

बी.एस.सी. द्वितीय वर्ष
प्राणीशास्त्र, द्वितीय प्रश्नपत्र

जन्तु कार्यािकी एवं
जैव-रसायनिकी
(Animal Physiology and
Bio-Chemistry)



मध्यप्रदेश भोज (मुक्त) विश्वविद्यालय – भोपाल

MADHYA PRADESH BHOJ (OPEN) UNIVERSITY-BHOPAL

Reviewer Committee

1. Dr. Mukesh Napit
Asst. Professor,
Govt. Dr. Shyama Prasad Mukarjee
Science & Commerce College, Bhopal.
2. Dr. K.K. Mishra
Asst. Professor,
Govt. Dr. Shyama Prasad Mukarjee
Science & Commerce College, Bhopal.
3. Dr. Mukesh Dixit
Professor,
Govt. Dr. Shyama Prasad Mukarjee
Science & Commerce College, Bhopal.

Advisory Committee

1. Dr. Jayant Sonwalkar
Hon'ble Vice Chancellor,
Madhya Pradesh Bhoj (Open) University,
Bhopal.
2. Dr. L.S. Solanki
Registrar,
Madhya Pradesh Bhoj (Open) University,
Bhopal.
3. Dr. Shailendra Kaushik
Asst. Director,
Madhya Pradesh Bhoj (Open) University,
Bhopal.
4. Dr. Mukesh Dixit
Professor,
Govt. Dr. Shyama Prasad Mukarjee
Science & Commerce College, Bhopal.
5. Dr. K.K. Mishra
Asst. Professor,
Govt. Dr. Shyama Prasad Mukarjee
Science & Commerce College, Bhopal.
6. Dr. Mukesh Napit
Asst. Professor,
Govt. Dr. Shyama Prasad Mukarjee
Science & Commerce College, Bhopal.

COURSE WRITER

Dr. Vibha Dave, Assistant Professor, Dept. of Zoology, PMB Gujarati Science College, Indore (MP).

Copyright © Reserved, Madhya Pradesh Bhoj (Open) University, Bhopal.

All rights reserved. No part of this publication which is material protected by this copyright notice may be reproduced or transmitted or utilized or stored in any form or by any means now known or hereinafter invented, electronic, digital or mechanical, including photocopying, scanning, recording or by any information storage or retrieval system, without prior written permission from the Registrar, Madhya Pradesh Bhoj (Open) University, Bhopal.

Information contained in this book has been published by VIKAS® Publishing House Pvt. Ltd. (Developed by Himalaya Publishing House Pvt. Ltd.) and has been obtained by its Authors from sources believed to be reliable and are correct to the best of their knowledge. However, the Madhya Pradesh Bhoj (Open) University, Bhopal, Publisher and its Authors shall in no event be liable for any errors, omissions or damages arising out of use of this information and specifically disclaim any implied warranties or merchantability or fitness for any particular use.

Published by Registrar, MP Bhoj (Open) University, Bhopal in 2020



VIKAS® is the registered trademark of Vikas® Publishing House Pvt. Ltd.

VIKAS® PUBLISHING HOUSE PVT. LTD.

E-28, Sector-8, Noida - 201301 (UP)

Phone: 0120-4078900 • Fax: 0120-4078999

Regd. Office: A-27, 2nd Floor, Mohan Co-operative Industrial Estate, New Delhi 1100 44

• Website: www.vikaspublishing.com • Email: helpline@vikaspublishing.com

SYLLABI-BOOK MAPPING TABLE

जन्तु कार्थिकी एवं जैव-रसायनिकी

Syllabi	Mapping in Book
इकाई- 1: पोषण एवं चयापचय <ol style="list-style-type: none">स्तनधारियों में पाचन की कार्थिकीप्रोटीन का चयापचय : अमीनों अम्ल का विएमिनीकरण, डिकार्बोक्सिलीकरण, ट्रान्सएमीनेशन एवं आर्निथिन चक्र।कार्बोहाइड्रेट का चयापचय – ग्लाइकोजेनेसिस, ग्लाइकोजेनोलाइसिस, ग्लाइकोलाइसिस। साइट्रिक अम्ल-चक्र, ग्लूकोनियोजेनेसिस।लिपिड (वसा) चयापचय – वसीय अम्ल का बीटा आक्सीकरण।	इकाई 1: पोषण एवं चयापचय (पृष्ठ 3–79)
इकाई- 2: श्वसन, उत्सर्जन एवं प्रतिरक्षा प्रणाली <ol style="list-style-type: none">स्तनधारियों में श्वसन तन्त्र एवं श्वसन कार्थिकी (गैसों का परिवहन, क्लोराइड शिपट)उत्सर्जन कार्थिकी – स्तनधारियों में यूरिया व मूत्र का निर्माण।सहज व उपार्जित इम्यूनिटी, इम्यून तन्त्र – संलग्न कोशिकाएँ, इम्यून अनुक्रिया – सेल्यूलर एवं ह्यूमोरल इम्यूनिटी।	इकाई 2: श्वसन, उत्सर्जन एवं प्रतिरक्षा प्रणाली (पृष्ठ 80–147)
इकाई- 3: एन्जाइमों के नियामक तन्त्र एवं विटामिन्स की भूमिका <ol style="list-style-type: none">ताप – नियमनएन्जाइम्स की परिभाषा एवं नाम पद्धति, एन्जाइमों का वर्गीकरणएन्जाइम अभिक्रिया की कार्यविधिको-एन्जाइम्सविटामिन	इकाई 3: एन्जाइमों के नियामक तन्त्र एवं विटामिन्स की भूमिका (पृष्ठ 148–204)
इकाई- 4: तन्त्रिका-पेशीय समन्वयन <ol style="list-style-type: none">तन्त्रिका के प्रकार एवं ग्लियल कोशिकाएँतन्त्रिका आवेग संवहन की क्रियाविधिपेशियों की संरचना और उनके प्रकारपेशीय संकुचन के सिद्धान्त एवं उसकी जैव-रसायनिकी	इकाई 4: तन्त्रिका-पेशीय समन्वयन (पृष्ठ 205–259)
इकाई- 5: अन्तःस्त्रावी प्रणाली <ol style="list-style-type: none">पीयूष ग्रन्थि की संरचना एवं कार्यथायरॉइड ग्रन्थि की संरचना एवं कार्यएड्रीनल ग्रन्थि की संरचना एवं कार्यपैराथायरॉइड, थायमस एवं लैन्गरहेन्स द्वीपिकाओं की संरचना एवं कार्यनर एवं मादा प्रजनन हार्मोन की कार्थिकी	इकाई 5: अन्तःस्त्रावी प्रणाली (पृष्ठ 260–325)

विषय-सूची

परिचय

1

इकाई 1: पोषण एवं चयापचय

3-79

- 1.0 परिचय
- 1.1 उद्देश्य
- 1.2 स्तनधारियों में पाचन की कार्यिकी
 - 1.2.1 पाचन के प्रकार
 - 1.2.2 पाचन कार्यिकी
 - 1.2.3 लार ग्रन्थियाँ
 - 1.2.4 मुख गुहा में पाचन
 - 1.2.5 ग्रासनली
- 1.3 मुख से आमाशय तक भोजन का पथ
 - 1.3.1 आमाशयी पाचन
 - 1.3.2 जठरीय रस का स्त्रावण
 - 1.3.3 हाइड्रोक्लोरिक अम्ल
 - 1.3.4 जठरीय रस के स्त्राव का नियन्त्रण
- 1.4 आमाशय से आँतों में भोजन का संवहन
 - 1.4.1 आँत में पाचन
 - 1.4.2 यकृत
 - 1.4.3 पित्त रस
- 1.5 पित्त स्त्रावण
 - 1.5.1 पित्त के कार्य
 - 1.5.2 अग्न्याशय रस
 - 1.5.3 छुद्र आँत
 - 1.5.4 बड़ी आँत में पाचन
 - 1.5.5 सीकम
- 1.6 क्षणिक दृष्टि में भोजन का पाचन
- 1.7 पचे हुए भोजन का अवशोषण तथा स्वांगीकरण
 - 1.7.1 अवशोषण
 - 1.7.2 विभिन्न पोषक पदार्थों का अवशोषण
 - 1.7.3 स्वांगीकरण
 - 1.7.4 मलत्याग
- 1.8 प्रोटीन चयापचय / मेटाबॉलिज्म
 - 1.8.1 मेटाबॉलिज्म
 - 1.8.2 प्रोटीन चयापचय
 - 1.8.3 ट्रान्सएमिनेशन का महत्व
 - 1.8.4 अमीनो अम्ल का प्रोटीन-रहित अन्य पदार्थों में परिवर्तन
 - 1.8.5 कार्बोहाइड्रेट्स का चयापचय
- 1.9 ऐनाबॉलिज्म
 - 1.9.1 ग्लाइकोजेनेसिस
 - 1.9.2 ग्लाइकोजिनोलाइसिस
 - 1.9.3 ग्लूकोनियोजेनेसिस
- 1.10 ग्लूकोस का अपचय
 - 1.10.1 ग्लाइकोलिसिस या अवायवीय ऑक्सीकरण
 - 1.10.2 क्रैब चक्र या साइट्रिक अम्ल चक्र

- 1.11 कार्बोहाइड्रेट चयापचय का नियमन एवं नियन्त्रण
 - 1.11.1 अग्न्याशय
 - 1.11.2 पीयूष ग्रन्थि
 - 1.11.3 एंज़ीमल ग्रन्थि
- 1.12 वसा (लिपीड) चयापचय
 - 1.12.1 वसा की संरचना
 - 1.12.2 वसा की श्रेणियाँ
 - 1.12.3 लिपिड्स के कार्य
 - 1.12.4 वसा के गुण
 - 1.12.5 वसा का जैविक महत्व
 - 1.12.6 वसा का चयापचय
 - 1.12.7 वसा चयापचय का नियन्त्रण
- 1.13 अपनी प्रगति जाँचिए प्रश्नों के उत्तर
- 1.14 सारांश
- 1.15 मुख्य शब्दावली
- 1.16 स्व-मूल्यांकन प्रश्न एवं अभ्यास
- 1.17 सहायक पाठ्य सामग्री

इकाई 2: श्वसन, उत्सर्जन एवं प्रतिरक्षा प्रणाली

80—147

- 2.0 परिचय
- 2.1 उद्देश्य
- 2.2 श्वासोच्छ्वास की विधि
- 2.3 ऑक्सीजन का परिवहन, श्वसन की विधि और कार्यिकी
 - 2.3.1 ऑक्सीजन का आदान-प्रदान
 - 2.3.2 ऑक्सीजन का ऊतकों में परिवहन
 - 2.3.3 कार्बन डाइऑक्साइड का परिवहन
- 2.4 कोशिकीय श्वसन
 - 2.4.1 फॉस्फोरिलीकरण
 - 2.4.2 शर्करा का विदलन
- 2.5 पाइरूविक अम्ल का ऑक्सीकरण
- 2.6 क्रैब्स चक्र या ट्राइकार्बोक्सिलिक चक्र
- 2.7 इलेक्ट्रान संवहन तन्त्र
- 2.8 क्लोराइड शिपट
- 2.9 उत्सर्जन
 - 2.9.1 उत्सर्जन की कार्यिकी
 - 2.9.2 उत्सर्जन एवं मल त्याग
- 2.10 उत्सर्जी पदार्थ एवं इनकी रासायनिक प्रकृति
- 2.11 नाइट्रोजनयुक्त पदार्थ
- 2.12 उत्सर्जी पदार्थों के आधार पर प्राणियों का वर्गीकरण
 - 2.12.1 वृक्क की कार्यिकी एवं मूत्र का निर्माण
 - 2.12.2 मूत्र निर्माण की विधि
- 2.13 प्रतिरक्षा प्रणाली
 - 2.13.1 सहज एवं उपार्जित इम्यूनिटी
- 2.14 इम्यून तन्त्र: संलग्न कोशिकाएँ
 - 2.14.1 T-लिम्फोसाइट
 - 2.14.2 B-लिम्फोसाइट

- 2.15 मैक्रोफाज
 - 2.15.1 लसिका तन्त्र
- 2.16 इम्यून अनुक्रिया
- 2.17 अपनी प्रगति जाँचिए प्रश्नों के उत्तर
- 2.18 सारांश
- 2.19 मुख्य शब्दावली
- 2.20 स्व-मूल्यांकन प्रश्न एवं अभ्यास
- 2.21 सहायक पाठ्य सामग्री

इकाई 3: एन्जाइमों के नियामक तन्त्र एवं विटामिन्स की भूमिका

148—204

- 3.0 परिचय
- 3.1 उद्देश्य
- 3.2 ताप नियमन
 - 3.2.1 शरीर के तापक्रम की वृद्धि की हायपोथैलेमिक विधि
 - 3.2.2 शरीर के तापक्रम की कमी हाइपोथैलेमिक विधि द्वारा
 - 3.2.3 शरीर का सामान्य तापक्रम
- 3.3 प्राणियों में ताप नियमन
 - 3.3.1 ऊष्मा/ताप का उत्पादन
 - 3.3.2 ऊष्मा की हानि
- 3.4 शरीर एवं वातावरण के मध्य ऊष्मा विनिमय
 - 3.4.1 विकिरण
 - 3.4.2 उत्सर्जकता
 - 3.4.3 चालन
 - 3.4.4 संवहन
 - 3.4.5 जल का वाष्पन
- 3.5 ताप-नियमन नियन्त्रण की विधि
 - 3.5.1 तन्त्रिकीय नियन्त्रण
 - 3.5.2 हॉर्मोनल नियन्त्रण
 - 3.5.3 नवजात शिशु में तापक्रम का नियमन
- 3.6 एन्जाइम्स की परिभाषा, नाम पद्धति एवं वर्गीकरण
 - 3.6.1 एन्जाइम की परिभाषा
 - 3.6.2 एन्जाइम्स की विशेषताएँ
 - 3.6.3 एन्जाइम्स की नाम पद्धति
 - 3.6.4 अन्य एन्जाइम्स
 - 3.6.5 एन्जाइम्स का वर्गीकरण
- 3.7 एन्जाइम अभिक्रिया की कार्यविधि
 - 3.7.1 मिचेलिस एवं मेण्टेन समीकरण
 - 3.7.2 एन्जाइम-क्रियाधार संकुल
- 3.8 एन्जाइम की सक्रियता को नियन्त्रित करने वाले कारक
- 3.9 एन्जाइम की विशिष्टता
- 3.10 एन्जाइम की उपयोगिता
 - 3.10.1 औद्योगिक उपयोग
 - 3.10.2 औषधियों में प्रयोग
- 3.11 को-एन्जाइम्स या को-फैक्टर

- 3.12 विटामिन
 - 3.12.1 विटामिन का वर्गीकरण
 - 3.12.2 विटामिन की परिभाषा
 - 3.12.3 विटामिन का स्रोत
- 3.13 अपनी प्रगति जाँचिए प्रश्नों के उत्तर
- 3.14 सारांश
- 3.15 मुख्य शब्दावली
- 3.16 स्व-मूल्यांकन प्रश्न एवं अभ्यास
- 3.17 सहायक पाठ्य सामग्री

इकाई 4: तन्त्रिका-पेशीय समन्वयन

205—259

- 4.0 परिचय
- 4.1 उद्देश्य
- 4.2 तन्त्रिका के प्रकार, न्यूरोग्लिया कोशिका और उसके कार्य
- 4.3 न्यूरोग्लिया के कार्य
 - 4.3.1 रासायनिक संगठन
- 4.4 तन्त्रिका आवेग संवहन की कार्यिकी
 - 4.4.1 तन्त्रिका आवेग
- 4.5 तन्त्रिका आवेग की कार्यिकी
 - 4.5.1 विश्राम क्षमता/विभव
 - 4.5.2 पुनःध्रुवण
 - 4.5.3 तन्त्रिका आवेग संवहन की क्रिया-विधि
- 4.6 उच्छलन प्रसारण
 - 4.6.1 युग्मानुबंधन
 - 4.6.2 तन्त्रिका आवेग की प्रकृति
 - 4.6.3 प्रतिक्षेप क्रिया/स्वतः प्रेरित क्रिया
 - 4.6.4 प्रतिक्षेप प्रतिक्रियाओं के प्रकार
- 4.7 पेशियों की संरचना और उनके प्रकार
 - 4.7.1 पेशियों के प्रकार
- 4.8 पेशीय संकुचन के सिद्धान्त एवं उसकी जैव-रसायनिकी
 - 4.8.1 पेशी-संकुचन की क्रियाविधि
 - 4.8.2 उत्तेजन-संकुचन युग्मन
 - 4.8.3 पेशी-संकुचन के सिद्धान्त
 - 4.8.4 पेशी-संकुचन का सर्पण सिद्धान्त
 - 4.8.5 विद्युत आवेशीय सिद्धान्त
 - 4.8.6 पेशीय संकुचन का आण्विक सिद्धान्त
 - 4.8.7 पेशी-संकुचन के समय होने वाले रासायनिक परिवर्तन
 - 4.8.8 कोरी चक्र
 - 4.8.9 हृदयी पेशी में संकुचन
 - 4.8.10 अरेखित पेशी में संकुचन
 - 4.8.11 पेशी थकान
- 4.9 पेशी संकुचन को प्रभावित करने वाले कारक
 - 4.9.1 पेशी संकुचन की और्जिकी
- 4.10 अपनी प्रगति जाँचिए प्रश्न के उत्तर
- 4.11 सारांश

- 4.12 मुख्य शब्दावली
- 4.13 स्व-मूल्यांकन प्रश्न एवं अभ्यास
- 4.14 सहायक पाठ्य सामग्री

इकाई 5: अन्तःस्त्रावी प्रणाली

260—325

- 5.0 परिचय
- 5.1 उद्देश्य
- 5.2 ग्रन्थियों के प्रकार
- 5.3 पीयूष ग्रन्थि की संरचना
- 5.4 एडीनोहायपोफाइसिस या अग्र पालि
- 5.5 एडिनोहायपोफाइसिस की संरचना
 - 5.5.1 पार्स डिस्टेलिस
 - 5.5.2 पार्स ट्यूबेरैलिस/पार्स गुलिका या इन्फन्डिबुलेरिस
 - 5.5.3 पार्स इन्टरमीडिया
- 5.6 न्यूरोहायपोफायसिस
- 5.7 पीयूष ग्रन्थि के कार्य
 - 5.7.1 एडिनोहायपोफायसिस के कार्य
 - 5.7.2 न्यूरोहायपोफाइसिस के कार्य
 - 5.7.2.1 अल्प पीयूष स्त्रावण
 - 5.7.2.2 अतिपीयूषकीय स्त्रावण
 - 5.7.2.3 हायपोफायसेक्टोमी
- 5.8 थायरॉइड ग्रन्थि की संरचना एवं कार्य
- 5.9 थायरॉक्सिन के कार्य
 - 5.9.1 थायरॉइड की अनियमितताएँ एवं रोग
- 5.10 एड्रीनल ग्रन्थि की संरचना एवं कार्य
 - 5.10.1 एड्रीनल ग्रन्थि की संरचना
 - 5.10.2 एड्रीनल कॉर्टेक्स की संरचना
- 5.11 एड्रीनल ग्रन्थि की इलेक्ट्रॉन सूक्ष्मदर्शीय संरचना
- 5.12 एड्रिनल मेडूला की संरचना एवं कार्य
 - 5.12.1 एड्रिनेलिन या एपीनेफ्रिन
 - 5.12.2 एड्रिनेलिन हॉर्मोन के प्रभाव
 - 5.12.3 नार-एपीनेफ्रिन हार्मोन का प्रभाव
 - 5.12.4 एड्रिनल ग्रन्थि के हॉर्मोन्स के स्त्रावण का नियमन
- 5.13 पैराथायराइड, थायमस एवं लैन्गरहैन्स द्विपिकाओं की संरचना एवं कार्य
 - 5.13.1 पैराथायरॉइड की संरचना एवं कार्य
 - 5.13.1.1 पैराथायरॉइड ग्रन्थि की संरचना
 - 5.13.2 पैराथार्मोन के कार्य
 - 5.13.3 पैराथायरॉइड की अनियमितताएँ एवं रोग
 - 5.13.3.1 अल्प-स्त्रावण
 - 5.13.3.2 अति-स्त्रावण
 - 5.13.4 पैराथायरॉइड के कार्य
- 5.14 थायमस ग्रन्थि की संरचना एवं कार्य
 - 5.14.1 थायमस की औतिकी संरचना
 - 5.14.2 थायमस ग्रन्थि के कार्य
 - 5.14.3 थायमस हॉर्मोन के कार्य

- 5.15 लैंगरहैन्स के द्वीप समूह की संरचना एवं कार्य
 - 5.15.1 संरचना
 - 5.15.2 लैंगरहैन्स के द्वीप समूह की औतिकी संरचना
 - 5.15.3 ग्लूकागॉन
- 5.16 नर एवं मादा प्रजनन हार्मोन की कार्यिकी
- 5.17 अपनी प्रगति जाँचिए प्रश्नों के उत्तर
- 5.18 सारांश
- 5.19 मुख्य शब्दावली
- 5.20 स्व-मूल्यांकन प्रश्न एवं अभ्यास
- 5.21 सहायक पाठ्य सामग्री

परिचय

परिचय

Zoology (प्राणी-विज्ञान), (प्राणी-शास्त्र), जीव-विज्ञान की वह शाखा है जिसके अन्तर्गत, प्राणियों और प्राणी-जीवन और प्राणी-जगत की विस्तृत जानकारी का अध्ययन करते हैं। इसे जन्तु-विज्ञान भी कहते हैं।

प्राणियों का अध्ययन बहुत प्राचीन काल से होता आ रहा है। इसका प्रमाण वे प्राचीन गुफाएँ हैं जिनकी पत्थर की दीवारों पर पशुओं की आकृतियाँ आज भी पाई जाती हैं।

यूनानी दार्शनिक अरस्तू ने ईसा के 300 वर्ष पूर्व जन्तुओं पर एक पुस्तक लिखी थी।

प्राणी की परिभाषा कई प्रकार से की गई है। कुछ शोधकर्ता ने प्राणियों को एक ग्रुप में रखा है जिसमें वे, कार्बोहाइड्रेट, प्रोटीन और वसा का सृजन तो नहीं करते, पर जीवनयापन के लिये इन पर निर्भर करते हैं। इन पदार्थों को जन्तु बाह्य स्रोत से ही प्राप्त करते हैं। और कुछ ऐसे जन्तु भी हैं, जो स्टार्च का सृजन स्वयं करते हैं।

B.Sc. – II Year कि II Paper, Zoology कि इस किताब में, एनिमल फिजियोलॉजी और बायो-केमिस्ट्री (Animal Physiology and Bio-Chemistry) के बारे में विस्तृत जानकारी सरल शब्दों और डायग्राम और चार्ट, केमिकल-रिएक्शन से समझायी गयी है।

इस II-Paper को पाँच-इकाई में बाँट रखा है। जिसमें, न्यूट्रिशन और मेटाबोलिज्म, रेस्पिरेशन-एक्सक्रीशन और इम्यून सिस्टम, एन्जाइम और विटामिन्स की उपयोगिता, नर्व और माँसपेशियों का को-ऑर्डिनेशन और एण्डोक्राइन-सिस्टम के बारे में विस्तृत जानकारी है।

इस पुस्तक में प्रत्येक टॉपिक पूर्ण होने के पश्चात, लघु उत्तरीय प्रश्न, दीर्घ उत्तरीय प्रश्न और वस्तुनिष्ठ प्रश्न दिये गये हैं। इनकी मदद से छात्रों को पुस्तक पढ़ने, टॉपिक समझने में अच्छे से मदद मिलेगी।

डॉ. विभा दवे

टिप्पणी

इकाई 1 पोषण एवं चयापचय (Nutrition and Metabolism)

पोषण एवं चयापचय

टिप्पणी

संरचना (Structure)

- 1.0 परिचय
- 1.1 उद्देश्य
- 1.2 स्तनधारियों में पाचन की कार्यिकी
 - 1.2.1 पाचन के प्रकार
 - 1.2.2 पाचन कार्यिकी
 - 1.2.3 लार ग्रन्थियाँ
 - 1.2.4 मुख गुहा में पाचन
 - 1.2.5 ग्रासनली
- 1.3 मुख से आमाशय तक भोजन का पथ
 - 1.3.1 आमाशयी पाचन
 - 1.3.2 जठरीय रस का स्त्रावण
 - 1.3.3 हाइड्रोक्लोरिक अम्ल
 - 1.3.4 जठरीय रस के स्त्राव का नियन्त्रण
- 1.4 आमाशय से आँतों में भोजन का संवहन
 - 1.4.1 आँत में पाचन
 - 1.4.2 यकृत
 - 1.4.3 पित्त रस
- 1.5 पित्त स्त्रावण
 - 1.5.1 पित्त के कार्य
 - 1.5.2 अग्न्याशय रस
 - 1.5.3 छुद्र आँत
 - 1.5.4 बड़ी आँत में पाचन
 - 1.5.5 सीकम
- 1.6 क्षणिक दृष्टि में भोजन का पाचन
- 1.7 पचे हुए भोजन का अवशोषण तथा स्वांगीकरण
 - 1.7.1 अवशोषण
 - 1.7.2 विभिन्न पोषक पदार्थों का अवशोषण
 - 1.7.3 स्वांगीकरण
 - 1.7.4 मलत्याग
- 1.8 प्रोटीन चयापचय / मेटाबॉलिज्म
 - 1.8.1 मेटाबॉलिज्म
 - 1.8.2 प्रोटीन चयापचय
 - 1.8.3 ट्रान्सएमिनेशन का महत्व
 - 1.8.4 अमीनो अम्ल का प्रोटीन-रहित अन्य पदार्थों में परिवर्तन
 - 1.8.5 कार्बोहाइड्रेट्स का चयापचय
- 1.9 ऐनाबॉलिज्म
 - 1.9.1 ग्लाइकोजेनेसिस
 - 1.9.2 ग्लाइकोजिनोलाइसिस
 - 1.9.3 ग्लूकोनियोजेनेसिस
- 1.10 ग्लूकोस का अपचय
 - 1.10.1 ग्लाइकोलिसिस या अवायवीय ऑक्सीकरण
 - 1.10.2 क्रेब चक्र या साइट्रिक अम्ल चक्र

स्व-अधिगम
पाठ्य सामग्री

- 1.11 कार्बोहाइड्रेट चयापचय का नियमन एवं नियन्त्रण
 - 1.11.1 अग्न्याशय
 - 1.11.2 पीयूष ग्रन्थि
 - 1.11.3 एड्रीनल ग्रन्थि
- 1.12 वसा (लिपीड) चयापचय
 - 1.12.1 वसा की संरचना
 - 1.12.2 वसा की श्रेणियाँ
 - 1.12.3 लिपिड्स के कार्य
 - 1.12.4 वसा के गुण
 - 1.12.5 वसा का जैविक महत्व
 - 1.12.6 वसा का चयापचय
 - 1.12.7 वसा चयापचय का नियन्त्रण
- 1.13 अपनी प्रगति जाँचिए प्रश्नों के उत्तर
- 1.14 सारांश
- 1.15 मुख्य शब्दावली
- 1.16 स्व-मूल्यांकन प्रश्न एवं अभ्यास
- 1.17 सहायक पाठ्य सामग्री

1.0 परिचय (Introduction)

भोजन ग्रहण करने के पश्चात इसका विभिन्न (Enzymes) कि मदद से पाचन होना आवश्यक है, इस विधि को समझना अत्यन्त आवश्यक है। ये पाचन कि कार्याकी के अन्तर्गत समझा जा सकता है।

1.1 उद्देश्य (Objectives)

प्राणियों में कौन-सा भोजन ग्रहण हो रहा है, उसके उपयोग को समझना, और समय-समय पर उपयुक्त (Healthy food) भोजन लेना ही इसको पढ़ने का उद्देश्य है।

सभी प्रकार के प्राणी विभिन्न प्रकार के कार्य करने के लिए गतिज ऊर्जा (Kinetic energy) का उपयोग करते हैं। वह ऊर्जा जीवों में वृद्धि (Growth) एवं मरम्मत (Repair) के लिए भोजन की आवश्यकता होती है। यह जटिल कार्बनिक लवणों (Complex organic salts) को ठोस या घुलित रूप में ग्रहण करते हैं तथा इसके लिए पौधों पर निर्भर करते हैं। अन्तः प्राणी जटिल कार्बनिक लवणों को गतिज ऊर्जा (Kinetic energy) में परिवर्तित करते हैं—

- भोजन को ग्रहण करना (Food ingestion)।
- भोजन का पाचन (Digestion), जिससे कि वह आसानी से अवशोषित (Absorbed) किया जा सके।
- शरीर की कोशिकाओं द्वारा भोजन को ग्रहण करना।
- भोजन का चयापचय (Metabolism) क्रिया में उपयोग करना।
- व्यर्थ भोज्य पदार्थों को शरीर से त्यागना (Egestion)।

भोज्य या खाद्य रासायनिक दृष्टि से कुल 6 श्रेणियों (Categories) में आते हैं— कार्बोहाइड्रेट (Carbohydrates), प्रोटीन (Protein), वसा (Fats), खनिज लवण (Mineral salts), विटामिन्स (Vitamins) एवं पानी (Water)।

टिप्पणी

1. कार्बोहाइड्रेट (Carbohydrates)— यह पोषक पदार्थ प्राणियों के भोजन में ऊर्जा (Energy) प्रदान करने वाले मूलभूत पदार्थ हैं। यह रासायनिक यौगिक हैं जिसमें कार्बन (C), हाइड्रोजन (Hydrogen) (H) एवं ऑक्सीजन (O₂) आते हैं। कार्बोहाइड्रेट्स को तीन वर्गों में विभाजित किया जा सकता है—

- (i) मोनोसेकेराइड्स (Monosaccharides),
- (ii) डाइसेकेराइड्स (Disaccharides),
- (iii) पॉलीसेकेराइड्स (Polysaccharides)।

ग्लूकोस (Glucose), फ्रक्टोस (Fructose) आदि मोनोसेकेराइड्स हैं। सुक्रोस (Sucrose) एवं माल्टोस (Maltose) डाइसेकेराइड्स (Disaccharides) हैं। स्टार्च (Starch) एवं सेल्यूलोस (Cellulose) पालीसेकेराइड्स हैं।

2. प्रोटीन (Proteins)— प्रोटीन सभी कोशिकाओं का सबसे अधिक भाग बनाते हैं एवं जीवन के लिए अति आवश्यक है। यह जटिल (Complex) कार्बनिक अणु है। यह अमीनो अम्ल (Amino acids) नामक सरल एककों से निर्मित होते हैं। यह अमीनो अम्ल नाइट्रोजन (N), कार्बन (C), हाइड्रोजन (H) एवं ऑक्सीजन (O) के यौगिक है। प्रोटीन्स मुख्य रूप से निम्न प्रकार के होते हैं—

- (a) सरल प्रोटीन्स (Simple proteins)— इनके विभाजन से केवल अमीनो अम्ल ही बनते हैं। यह सरल प्रोटीन्स—एल्ब्यूमिन्स (Albumins), ग्लोबुलिन्स (Globulins), हिस्टोन्स (Histones), स्क्लेरोप्रोटीन (Scleroprotein) एवं प्रोटैमीन्स (Protamines) होते हैं।
- (b) संयुग्मित प्रोटीन्स (Conjugated proteins)— यह सरल प्रोटीन्स के साथ अन्य पदार्थों के मिलने से बनते हैं। जैसे— क्रोमोप्रोटीन (Chromoprotein), ग्लाइकोप्रोटीन्स (Glycoproteins), फॉस्फोप्रोटीन (Phosphoprotein), न्यूक्लियोप्रोटीन (Nucleoprotein)।
- (c) अमीनो अम्ल (Amino acids)— पेप्टाइड बॉण्ड (Peptide bonds) द्वारा संयोजित रहते हैं। इस संयोजन को डाइपेप्टाइड (Dipeptide) कहते हैं। अनेक अमीनो अम्लों से बनी श्रृंखला को पॉलीपेप्टाइड (Polypeptide) कहते हैं। पॉलीपेप्टाइड्स जल अपघटन (Hydrolysis) के द्वारा डाइपेप्टाइड में एवं डाइपेप्टाइड, अमीनो अम्ल में विघटित हो जाते हैं। अमीनो अम्ल अधिक महत्वपूर्ण होते हैं।

3. वसा (Lipids)— कार्बोहाइड्रेट्स (Carbohydrates) के समान वसा भी कार्बन (C), हाइड्रोजन (H) एवं ऑक्सीजन (O) तत्वों की बनी होती है। वसा (Lipid) ऊर्जा (Energy) का अधिक स्रोत है—

- (a) फॉस्फोलिपिड्स (Phospholipids)— यह प्रतिस्थायी वसाएँ (Fats) हैं। इसमें वसा अम्लों, ग्लिसरॉल के अतिरिक्त फॉस्फोरिक अम्ल (Phosphoric

टिप्पणी

acids), एक नाइट्रोजन यौगिक (Nitrogen compound) एवं अन्य घटक (Components) होते हैं।

(b) ग्लाइकोलिपिड (Glycolipid)— इसमें वसा अम्ल, कार्बोहाइड्रेट, जटिल अमीनो एल्कोहाल (Amino-alcohol) घटक होते हैं।

(c) स्टरॉल (Sterol)— ये उच्च अणुभार (Molecular weight) वाले चक्रीय एल्कोहाल हैं।

उदाहरण— कोलेस्ट्रॉल (Cholesterol), लाइपोप्रोटीन्स (Lipoproteins)।

(d) वसाएँ—

- ऊर्जा का मुख्य स्रोत (Source) हैं। सबसे अधिक ऊर्जा इनमें पायी जाती है।
- यह कुछ विटामिन्स (Vitamins) एवं हार्मोन्स को भी बनाते हैं।
- कोशिका भित्ति (Cell wall) एवं अन्य संरचनाओं के निर्माण में सहायता करती हैं।

4. खनिज लवण (Mineral salts)— खनिज लवण प्राणी की शारीरिक क्रियाओं के लिए अति आवश्यक तत्व हैं। सोडियम (Sodium), कैल्शियम (Calcium), मैग्नीशियम (Magnesium), पोटेशियम (Potassium) एवं लोहे (Iron) के कार्बोनेट (Carbonate) सल्फेट (Sulphate), फॉस्फेट (Phosphate), क्लोराइड (Chloride) एवं आयोडाइड (Iodide) यह भोजन के अकार्बनिक घटक (Inorganic components) होते हैं। ये प्रोटीन्स को घुलनशील अवस्था में रखते हैं।

5. विटामिन्स (Vitamins)— प्राणियों को शुद्ध भोजन, कार्बोहाइड्रेट (Carbohydrate), प्रोटीन (Protein), वसा (Fat) तथा जल दिया गया तो यह देखा गया कि उन जन्तुओं की वृद्धि सामान्य नहीं हो पाती है। शरीर को क्रियाशील (Active) बनाने के लिए कुछ आवश्यक पदार्थों की आवश्यकता होती है। इन पदार्थों का भोजन में सूक्ष्म मात्रा में होना आवश्यक है। इन पदार्थों को विटामिन कहा गया।

हॉपकिन्स (Hopkins) एवं वैज्ञानिक लूनिन (Lunin, 1880) ने आवश्यक भोज्य कारक (Accessory food factor) इन पदार्थों का नाम रखा।

6. पानी (Water)— प्राणी शरीर के लिए यह अधिक आवश्यक घटक (Component) है। शरीर के विभिन्न भागों को हर प्रकार के आवश्यक पदार्थों के संवहन का कार्य करता है। पानी का अणु $H_2O - H^+$ व OH^- में विघटित हो जाता है।

पोषक तत्व को जटिल रूप में वातावरण से ग्रहण कर शरीर कोशिकाओं में काम आने योग्य बनाने की संपूर्ण क्रिया को पोषण (Nutrition) कहते हैं। पोषण के लिए शरीर में मुख गुहा से लेकर गुदा तक फैली आहार नाल (Alimentary canal) तथा उससे सम्बन्धित ग्रन्थियाँ (Glands) होती हैं। ये दोनों मिलकर पाचन तन्त्र का निर्माण करती हैं।

प्राणी के शरीर के अन्दर जिस भाग में पाचन (Digestion) होता है, उसको आहार नाल (Alimentary canal) कहते हैं। आहार नाल से सम्बन्धित जिन अंगों द्वारा पाचन क्रिया के लिए विशेष प्रकार के रस स्रावित किए जाते हैं, उनको पाचन ग्रन्थियाँ (Digestive glands) कहते हैं।

भोजन शरीर का ईंधन (Fuel) होता है। खाद्य पदार्थों के उपभोग (Consumption) से प्राणियों को ऊर्जा (Energy) प्राप्त होती है। जिस भोजन को हम ग्रहण करते हैं, वह अपघटित होकर अवशोषित हो जाता है। ग्रहण किए हुए भोजन का ऑक्सीकरण होता है, जिससे ऊर्जा निकलती है। वृद्धि एवं मरम्मत के लिए ऊर्जा (Energy) उत्पादन जीवों के पोषक पदार्थ (Nutrients) कहलाते हैं। कार्बोहाइड्रेट्स, प्रोटीन्स एवं वसा मुख्य पोषक पदार्थ होते हैं। भोजन में कार्बोहाइड्रेट्स प्रोटीन, वसा की आवश्यकता पौधे अथवा जन्तु उत्पादित कार्बनिक पदार्थों (Organic substances) से पूरी होती है।

1.2 स्तनधारियों में पाचन की कार्यिकी (Physiology of Digestion in Mammals)

पाचन (Digestion) एक यान्त्रिक (Mechanical) एवं रासायनिक (Chemical) क्रिया होती है जिसके द्वारा जटिल भोज्य पदार्थों को एक सरल एवं घुलनशील रूप में परिवर्तित किया जाता है, जिससे यह परिवर्तित पदार्थ आँतों के द्वारा अवशोषित होकर रक्त द्वारा शरीर की कोशिकाओं में पहुँचाया जा सके और अनेक चयापचय क्रियाओं के उपयोग में आ सके। पाचन क्रिया में जल अपघटन (Hydrolysis) द्वारा एन्जाइम्स भोजन को कार्बोहाइड्रेट्स की सरल शर्कराओं (Sugars) में, प्रोटीन्स को अमीनो अम्लों (Amino Acids) में एवं वसा को वसा अम्लों एवं ग्लिसरॉल (Fats and Glycerol) में परिवर्तित कर देते हैं।

पाचन क्रिया वह क्रिया है जिसके अन्तर्गत भोजन जीवीय-जल अपघटन (Hydrolysis) द्वारा रासायनिक यौगिकों में टूटकर इतना सूक्ष्म हो जाता है कि ये कोशिकाओं के द्वारा अवशोषित एवं उपयोग में लिया जा सकता है।

1.2.1 पाचन के प्रकार (Kinds of Digestion)

पाचन (Digestion) को दो प्रकार में विभाजित किया जाता है, अर्थात्— (i) अन्तःकोशिकीय पाचन (Intracellular Digestion) एवं (ii) बाह्यकोशिकीय पाचन (Extracellular Digestion)। इन दो पाचन विधियों के बीच में अन्तःवर्ती (Transitional) प्रकार की पाचन विधि भी पायी जाती है जिसको सम्पर्क पाचन (Contact Digestion) विधि कहते हैं—

- (i) **अन्तःकोशिकीय पाचन (Intracellular Digestion)**— भोज्य पदार्थ का पाचन कोशिका के अन्दर ही किया जाता है। इस पचित भोजन (Digested food) का कोशिकाद्रव्य (Cytoplasm) के अन्दर परिग्रहण आशयों (Vacuoles) द्वारा वितरण किया जाता है। इसलिए इस विधि को अन्तःकोशिकीय पाचन कहते हैं।

उदाहरण— प्रोटोजोअन्स (Protozoans), स्पन्ज (Sponges) तथा सीलेण्ट्रेट्स (Coelenterates) में भी यह पाचन विधि पायी जाती है।

- (ii) **बाह्यकोशिकीय पाचन (Extracellular digestion)**— यह पाचन विधि बहुकोशिकीय जीवों में पायी जाती है। इस प्रकार की पाचन विधि में भोजन पदार्थों का पाचन कोशिका के बाहर होता है तथा पचित पदार्थों (Digested substances) का अवशोषण एवं वितरण विभिन्न कोशिकाओं को किया जाता है। इस पाचन विधि में विशेष पदार्थों के पाचन के लिए कुछ विशेष प्रकार के एन्जाइम्स (Enzymes) का स्रावण विशेष ग्रन्थियों के द्वारा किया जाता है। बहुकोशिकीय प्राणियों में बाह्यकोशिकीय पाचन (Extracellular digestion) को क्रियाशील या प्रभावी बनाने के लिए प्राणियों के शरीर के अन्दर आहारनाल (Alimentary canal) पायी जाती है। आहारनाल दो छिद्रों द्वारा शरीर से बाहर खुलती है। एक छिद्र के द्वारा भोजन का अन्तर्ग्रहण (Ingestion) तथा दूसरे छिद्र द्वारा अपचित भोजन का बहिष्करण (Egestion) कर दिया जाता है।

1.2.2 पाचन कार्यिकी (Physiology of Digestion)

स्तनी प्राणियों में पाचन तन्त्र (Digestion tract) की कार्यिकी सभी पाचन प्रक्रियाओं की प्रारूपी (Typical) होती है। पाचन क्रिया बाह्यकोशिकीय (Extracellular) या आहार नलिका में होती है। आहार नलिका का अग्र भाग पाचन से सम्बन्धित होता है और पश्च भाग में शोषण (Absorption) होता है। भोजन के विभिन्न अवयव आहार नाल के विभिन्न भागों में अनेक प्रकार के एन्जाइम्स द्वारा पाचित होते हैं।

कशेरुकी प्राणियों तथा स्तनी प्राणियों में पाचन की प्रक्रियाओं को निम्नलिखित भागों में विभाजित किया जाता है—

1. मुखगुहिका पाचन (Buccal digestion)
2. आमाशयी पाचन (Gastric digestion)
3. आन्त्रीय पाचन (Intestinal digestion)
4. पाचन का नियन्त्रण (Regulation of digestion)
5. अवशोषण (Absorption)
6. मलोत्सर्ग (Defaecation)
7. स्वांगीकरण (Assimilation)

मुखगुहिका पाचन (Buccal Digestion)

मुख (Mouth) भोजन को पाचन के हेतु तैयार करता है। भोजन का पाचन मुख गुहिका में प्रारम्भ होता है। जब भोजन मुख गुहिका में प्रवेश करता है तब भोजन को पीसने (Mastication) का कार्य दाँतों की सहायता से प्रारम्भ होता है। दाँत भोजन को महीन एवं छोटे कणों में तोड़ता है। पीसने की विधि के समय मुख गुहिका में उपस्थित लार ग्रन्थियों (Salivary glands) से स्रावित लार (Saliva) द्वारा भोजन ढीला, नम व लसदार बनाया जाता है।

लार ग्रन्थियाँ (Salivary glands)– कशेरुक प्राणियों की मुखगुहिका (Buccal cavity) में चार जोड़ी ग्रन्थियाँ पायी जाती हैं–

- (i) **इन्फ्रा-ऑर्बिटल (Infra-orbital)**– यह ग्रन्थि मनुष्य में नहीं पायी जाती है।
- (ii) **पैरोटिड (Parotid)**– यह सभी प्रकार की लार ग्रन्थियों में सबसे बड़ी ग्रन्थि होती है, यह कान के नीचे एवं सामने की ओर स्थित होती है। इस ग्रन्थि का स्त्राव स्टेन्सेन्स नलिका (Stensen's duct) के द्वारा ऊपरी जबड़े के दूसरे चर्बक दाँत (Molar teeth) के सामने की ओर मुखगुहिका में स्त्रावित होता है। पैरोटिड ग्रन्थियाँ पूणतः सीरस (Serous) होती हैं और ये जाइमोजेन (Zymogen) कणिकाओं को स्त्रावित करती हैं।
- (iii) **सबमैन्डीबुलर/सबमैक्सीलरी (Sub-mandibular/Sub-maxillary)**– यह दोनों जबड़ों के कोणीय (Angular) स्थान पर पायी जाती हैं। इन ग्रन्थियों में श्लेष्मी (Mucus) एवं सीरस (Serous) दोनों प्रकार की कोशिकाएँ पायी जाती हैं। इन ग्रन्थियों का स्त्राव व्हार्टन्स नलिका (Wharton's Duct) के द्वारा मुखगुहिका के फर्श में स्त्रावित होता है।
- (iv) **सबलिंगुअल (Sub-lingual)**– यह ग्रन्थि मुखगुहिका के फर्श में जीभ के नीचे स्थित होती है। इस ग्रन्थि की नलिकाएँ जीभ के नीचे खुलती हैं और लार को स्त्रावित करती हैं।

टिप्पणी

1.2.3 लार ग्रन्थियाँ (Salivary Glands)

सामान्यतया प्रारूपी संयुक्त नलाकार (Compound tubular) या रेसीमोज (Racemose) ग्रन्थियाँ होती हैं। ग्रन्थियों में लोब्यूलस (Lobules) होते हैं जो कूपिकाओं (Alveoli) एवं इण्टरलोब्यूलर सेप्टम (Interlobular septum) के द्वारा बने होते हैं। प्रत्येक कूपिकाओं में आधार झिल्ली (Basement membrane) होती है जिसमें ग्रन्थिल कोशिकाएँ व्यवस्थित होती हैं। इन कोशिकाओं एवं आधार झिल्ली के बीच में कुछ बिखरी हुई चपटी कोशिकाएँ लम्बे सायटोप्लाज्मिक प्रवर्ध युक्त होती हैं।

ग्रन्थिल कोशिकाएँ दो प्रकार की होती हैं–

- (i) सीरस (Serous) एवं
- (ii) म्यूकस (Mucous)

इसी प्रकार ग्रन्थियाँ भी दो प्रकार की होती हैं। पैरोटिड ग्रन्थि (Parotid gland) में पूणतः सीरस कोशिकाएँ (Serous cells) पायी जाती हैं तथा सबलिंगुअल (Sublingual) म्यूकस प्रकार की ग्रन्थि होती है। जबकि सबमैक्सीलरी या सबमैन्डिबुलर ग्रन्थि (Submaxillary or submandibular) मिश्रित (Mixed) ग्रन्थि होती है, लेकिन मनुष्य में यह सीरस प्रकार की होती है। सीरस कोशिकाओं के केन्द्रक (Nucleus) गोलाकार मध्य की ओर होते हैं तथा म्यूकस कोशिकाओं के केन्द्रक (Nucleus) छोटे, गहरे रंग के होते हैं। सीरस ग्रन्थियों का स्त्रावित पदार्थ पतला, जलीय (Watery) तथा एन्जाइम्स में भरा होता है जैसे

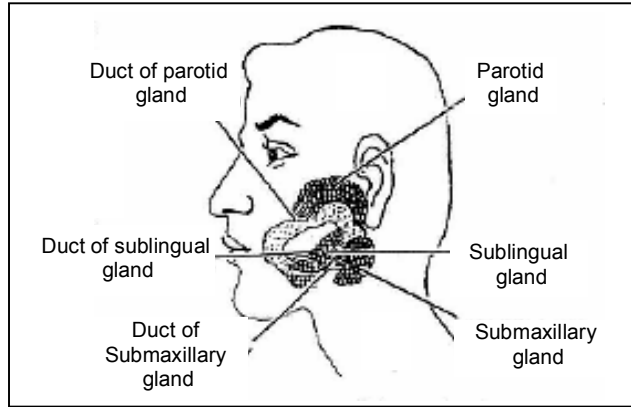
टिप्पणी

स्टार्च अपघटित एन्जाइम्स – एमाइलेज (Amylase) जिसको टायलिन (Ptyalin) भी कहते हैं। म्यूकस ग्रन्थियों का स्त्रावित पदार्थ गाढ़ा, श्यान (Viscid) अधिक म्यूकस श्लेष्म युक्त होता है।

सभी ग्रन्थियों से स्त्रावित मिश्रित लार (Mixed saliva) रंगहीन एवं अपारदर्शक होता है। मनुष्य में 1 से 1.5 लिटर लार (Saliva) 24 घन्टे में स्त्रावित होता है। सबमैक्सिलरी ग्रन्थि से कुल लार का 70% पैरोटिड (Parotid) के द्वारा 25% तथा सबलिंगुअल के द्वारा 5% लार स्त्रावित होती है। रात्रि को सोते समय कम मात्रा में प्रति घन्टे लार स्त्रावित होती है। गतिशील अवस्था में निरंतर लार स्त्रावित होती रहती है।

लार (Saliva)— लार उपर्युक्त सभी ग्रन्थियों से स्त्रावित एक मिश्रित स्त्राव होता है। मनुष्य एवं अन्य प्राणियों की लार रंगहीन, श्यान (Viscous) धुंधली, अपारदर्शक द्रव के रूप में होती है। यह हल्की सी अम्लीय (Acidic) pH 6.8 होती है। औसत pH 5.8 से pH 7.6 तक रहता है। इसका विशिष्ट गुरुत्व (Specific gravity) 1.002 से 1.008 तक होता है। 100 ml लार में लगभग 50 ml कार्बन डाइऑक्साइड घुली रहती है। लार में 98.5 से 99% पानी तथा 1 से 1.5% तक दूसरे अपशिष्ट घटक (Residue) पाए जाते हैं। इसके अन्तर्गत—

(i) कोशिकीय अवयव (Cellular components)— लार कोशिकीय अवयवों के अन्तर्गत मुख्य म्यूकोसा की श्लेष्म कोशिकाएँ ल्यूकोसाइट्स या सफेद रक्त कणिकाएँ (Leucocytes/W.B.C) एवं अनेक जीवाणु (Bacteria) आदि होते हैं। कभी-कभी यीस्ट कोशिकाएँ, कुछ प्रोटोजोअन्स (Protozoans) – अमीबा सेलेव्रीक्स (*Amoeba salivericus*) पाये जाते हैं।



चित्र क्र. 1.1: Location of Three Pairs of Salivary Gland

(ii) अकार्बनिक अवयव (Inorganic components)— लार में विभिन्न अकार्बनिक अवयव— सोडियम (Sodium), पोटेशियम (Potassium) कैल्शियम (Calcium) एवं मैग्नीशियम (Magnesium) के क्लोराइड्स, सल्फेट्स (Sulphates), कार्बोनेट्स (Carbonates) पाए जाते हैं। इन अवयवों के साथ कम मात्रा में अमोनिया भी पायी जाती है। मनुष्य एवं अन्य प्राणियों की लार में पोटेशियम सल्फोसायनेट (Potassium Sulphocyanate) 0.01% भी पाए जाते हैं।

(iii) कार्बनिक अवयव (Organic components)— इसके अन्तर्गत मुख्य अवयव म्यूसिन (Mucin) होता है, जो लार को श्यानता (Viscosity) कम करने का गुण प्रदान करता है, तथा एन्जाइम्स (Enzymes) होते हैं जो भोजन का पाचन करते हैं। लार में टायलिन (Ptyalin) या एमाइलेज (Amylase) एन्जाइम मुख्य रूप से होता है। इसके अतिरिक्त लाइसोजाइम (Lysozyme), एल्डोलेज (Aldolase), कोलेस्टेरेज (Cholesterase), माल्टेज (Maltase), लाइपेज (Lipase), यूरियेज (Urease) एवं प्रोटियेज (Protease) आदि एन्जाइम भी पाए जाते हैं। टायलिन (Ptyalin) एवं लाइसोजाइम (Lysozyme) एन्जाइम्स कार्याकी महत्व के एन्जाइम्स होते हैं।

लाइसोजाइम एन्जाइम एक पालीसेकेराइडेस (Polysaccharidase) एन्जाइम होता है जो माइक्रोकोकस लाइसोडेक्टिकस (*Micrococcus lysodeikticus*) की कोशिका भित्ति में पाए जाने वाले जटिल पॉलीसेकेराइड्स (Polysaccharides) को अपघटित करता है तथा यह जीवाणु को मारता एवं घोलता है। इसकी क्रिया म्यूसिन की उपस्थिति के कारण कम हो जाती है।

ग्रन्थियों का स्त्राव (Secretion) अनेक लार वाहिनियों के द्वारा संवाहित होता है। लार के संगठक को वाहिनियाँ रूपान्तरित कर देती हैं। कुछ वाहिनियों (Ducts) में पायी जाने वाली रेखित (Straited) वाहिनी कोशिकाएँ कैल्शियम (Calcium) एवं आयोडाइड (Iodide) को लार में स्त्रावित (Secrete) करती है और उसमें से सोडियम एवं पानी को शोषित करती हैं। तीन प्रकार की वाहिनियाँ (Ducts) होती हैं— उत्सर्जनीय (Excretory), रेखित (Striated) एवं इंटरकेलेटेड (Intercalated) वाहिनियाँ जिनमें चार प्रकार की कोशिकाएँ पायी जाती है। इंटरकेलेटेड वाहिनियाँ (Intercalated ducts) घनाकार इपीथीलियम (Cuboidal epithelium) के द्वारा आस्तरित होती है। इंटरालोब्यूलर वाहिनियाँ (Intralobular ducts) स्तम्भाकार इपीथीलियम (Columnar epithelium) के द्वारा आस्तरित होती है तथा कोशिकाओं का आधारीय 1/3 भाग रेखित होता है। इंटरालोब्यूलर वाहिनियाँ या उत्सर्जित वाहिनियाँ (Interlobular or Excretory ducts) दो स्तरीय इपीथीलियम से आस्तरित होती है, अन्तिम भाग में वाहिनी का स्तर स्ट्रेटिफाइड स्क्वेमस इपीथीलियम (Stratified squamous epithelium) के द्वारा आस्तरित होता है।

इन तीनों जोड़ी ग्रन्थियों के अतिरिक्त छोटी सहायक बक्कल/मुखीय (Buccal) ग्रन्थियाँ पायी जाती हैं जो म्यूकस मेम्ब्रेन में वितरित रहती है। म्यूकस प्रकार की कोशिकाएँ पायी जाती हैं। यह देखा गया है कि लार ग्रन्थियों की औतिकीय संरचना (Histological structure) थायराइड एवं लिंग अन्तःस्त्रावी हॉर्मोन्स के स्त्रावण के द्वारा प्रभावित होती है।

लार के कार्य (Functions of Saliva)

1. लार ठोस व सुखे पदार्थों को नम व लसलसा बनाकर निगलने (Swallow) में सहायता करती है। यह मुखीय म्यूकोसा को सूखने से बचाती है।

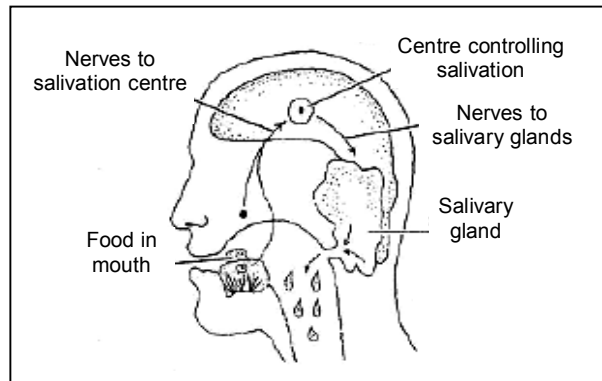
टिप्पणी

2. यह टायलिन या लार एमाइलेज (Salivary amylase) को स्त्रावित कर मण्ड (Starch) के पाचन में सहायता करती है।
3. यह मुख एवं दाँतों को साफ एवं स्वच्छ रखने में सहायता करती है।
4. यह शर्करा एवं लवणों को घोलने में सहायता करती है।
5. लार स्वाद ग्रन्थियों द्वारा भोजन का स्वाद ग्रहण करने में भी सहायता करती है।
6. भारी धातुओं— सीसा (Lead), पारा (Mercury), आयोडाइड्स (Iodides) आदि को उत्सर्जित करने में सहायता करती है। यह पदार्थ लार के साथ निगलने के समय शोषित हो जाते हैं।
7. लार के कुछ लवण म्यूसिन के साथ मिलकर बफर (Buffer) को भी बनाते हैं।
8. यह जीभ एवं ओष्ठों (Lips) की गति करने में सहायता करती है।

लार ग्रन्थियों का उत्तेजन (Stimulation of Salivary Glands)

लार का स्त्रावण भोजन के अन्तर्ग्रहण पर आधारित रहता है। सामान्य अवस्था में लार ग्रन्थियों का उत्तेजन तान्त्रिकीय आवेगों (Nervous reflex) पर निर्भर करता है। लार का स्त्रावण मुख्य रूप से परानुकंपी तन्त्रिका तन्तुओं (Parasympathetic nerve fibres) के नियन्त्रण में रहता है। इसके अतिरिक्त लार का स्त्राव—

- (i) अच्छे स्वादिष्ट भोजन को देखने से, मनोवैज्ञानिक प्रवृत्ति (Psychological reflex) के द्वारा,
- (ii) भोज्य पदार्थों के सूँघने, चखने या रसायनग्राही (Chemo-receptors) के उद्दीपन द्वारा,
- (iii) भोजन के चबाने या केवल जबड़ों (Jaws) को गति प्रदान करने पर दाबग्राही (Pressure receptors) के द्वारा नियन्त्रित होता है।



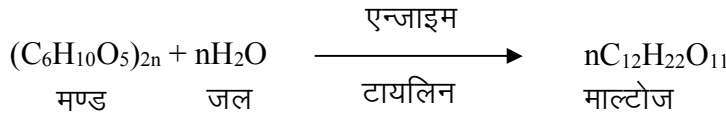
चित्र क्र. 1.2: Excitation of Salivary Glands by Various Agencies (in Man)

1.2.4 मुख गुहा में पाचन (Digestion in Buccal Cavity)

मुखगुहा में उपस्थित लार ग्रन्थियों से स्रावित लार द्वारा भोजन ढीला, नम व लसदार बनता है। लार (Saliva) में दो प्रकार के स्राव होते हैं—

- श्लेष्म (Mucous) भोजन को नम एवं चिकना करता है।
- सीरसी स्राव (Serous secretion) इसमें उपस्थित टायलिन नामक एन्जाइम मण्ड का पाचन करता है।

भोजन के मुखगुहा में पहुँचते ही प्रतिवर्ती क्रिया (Reflex action) होती है। साथ ही यह मोलर तथा प्रीमोलर दाँतो से भोजन को पीसकर बारीक करता है जो लार के साथ मिलकर लुग्दी (Bolus) का रूप ले लेता है। लार में उपस्थित श्लेष्म (Mucous) भोजन को रसदार बनाता है तथा टायलीन (Ptyalin) नामक एन्जाइम भोजन की मण्ड (Starch) का आंशिक पाचन कर इसे माल्टोज (Maltose) में बदल देता है। इस प्रकार प्राणी में भोजन का पाचन मुखगुहा से ही आरम्भ हो जाता है।

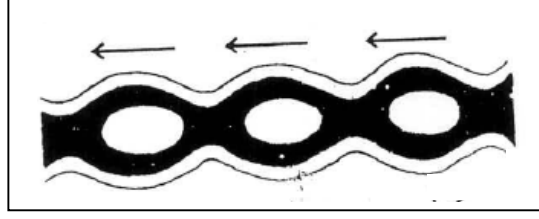


मुख गुहिका (Buccal cavity) में भोजन बहुत कम समय के लिए रुकता है, जिससे स्टार्च का पाचन अधिक समय तक नहीं हो पाता है। भोजन के निगलने के पश्चात् भी भोजन का pH कुछ समय के लिए एमाइलेज (Amylase) एन्जाइम की क्रिया के लिए अनुकूल रहता है, और स्टार्च के अणु (Molecules) डेक्स्ट्रिन (Dextrin) एवं माल्टोज (Maltose) में अपघटित हो जाता है। pH के कम होने पर अपघटन की क्रिया (Hydrolysis) रुक जाती है, और एमाइलेज एन्जाइम क्रिया भी रुक जाती है या समाप्त हो जाती है क्योंकि आमाशय का अम्लीय जठर रस (Gastric juice) भोजन के साथ मिल जाता है।

1.2.5 ग्रासनली (Oesophagus)

लुग्दीदार (Bolus) भोजन अब निगलद्वार (Gullet) द्वारा ग्रासनली से होता हुआ आमाशय में पहुँचता है। ग्रासनली में पाचक ग्रन्थियों के अभाव में किसी प्रकार का पाचन नहीं होता है। ग्रासनली की श्लेष्म ग्रन्थियाँ (Mucus glands) केवल श्लेष्म का स्रावण करती हैं जो भोजन को ग्रासनली के नीचे खिसकने में मदद के साथ-साथ भोजन की रगड़ से ग्रासनली की दीवारों की रक्षा करता है। भोजन के आने पर ग्रासनली की दीवार में उपस्थित अनुलम्ब भंजनाएँ (Longitudinal folds) आवश्यकतानुसार इसके आयातन को घटा-बढ़ा सकती हैं। मुख से भोजन ग्रसिका के माध्यम से आमाशय में पहुँचता है। यह अनैच्छिक प्रतिवर्त क्रिया (Involuntary reflex action) द्वारा ले जाया जाता है। ग्रसिका की पेशियों के संकुचन से क्रमाकुंचन तरंग (Peristaltic wave) उत्पन्न होती है जिससे भोजन आगे की ओर बढ़ता है। इसकी भित्ति की श्लेष्म ग्रन्थियाँ भोजन को फिसलने में सहायता करती हैं।

टिप्पणी



चित्र क्र. 1.3: Peristalsis

1.3 मुख से आमाशय तक भोजन का पथ (Passage of Food from the Mouth to the Stomach)

मुख गुहिका (Buccal cavity) में भोजन के पाचन के पश्चात् निगलने की विधि (Swallowing process) के द्वारा भोजन मुख गुहिका से ग्रसिका (Oesophagus) से होता हुआ आमाशय में पहुँचता है। भोजन को निगलने (Swallowing/deglutition) की विधि निम्नलिखित चरणों में पूर्ण होती है—

- (i) मुख गुहिका से भोजन की ग्रसनी तक गति।
- (ii) ग्रसनी (Pharynx) से ग्रसिका इंसोफेगस (Oesophagus) तक गति।
- (iii) ग्रसिका (Oesophagus) से भोजन की आमाशय तक गति।

(i) मुखगुहिका से भोजन की ग्रसनी तक गति (Movement of food from Buccal cavity to the pharynx)— यह विधि ऐच्छिक नियन्त्रण (Voluntary control) के अन्तर्गत होती है। जीभ मुख की छत की ओर उठती है और जीभ की गति के द्वारा भोजन बोलस (Bolus) जो जीभ और तालव (Palate) के बीच में होता है, ग्रसनी (Pharynx) की ओर जीभ की तरंगित गति के द्वारा धकेल दिया जाता है, जीभ मुख की छत से टकरा कर रुक जाती है जिससे भोजन वापस नहीं आ सके। इसी समय कोमल तालव (Soft palate) उपर की ओर उठकर ग्रसनी की पश्च भित्ति की ओर बढ़कर नासिका गुहिका एवं ग्रसनी (Nasal cavity and pharynx) के द्वार को बंद कर देता है। इस समय श्वसन क्रिया रुक जाती है।

(ii) ग्रसनी से ग्रसिका तक भोजन की गति (Movement of food from the pharynx to the oesophagus)— क्योंकि ग्रसनी (Pharynx) दोनों इंसोफेगस एवं ट्रैकिया (Trachea) से सम्बन्धित होती है, इस अवस्था में जो भोजन की गति होती है वह इस प्रकार होती है कि बोलस (Bolus) भोजन इंसोफेगस ग्रसिका में प्रवेश करे। जैसे ही भोजन जीभ से गुजरता है, लेरिक्स (Larynx) ऊपर की ओर उठता है, इपिग्लोटिस (Epiglottis) जो एक उपास्थि का वलन होता है, नासिका गुहिका (Nasal cavity) एवं ग्रसिका (Oesophagus) के द्वार को ढँक लेता है। इससे भोजन बोलस (Bolus) ट्रैकिया (Trachea) के ऊपर से होता हुआ, बिना उसके अन्दर गए, ग्रसिका/इंसोफेगस में प्रवेश करता है। यह सब क्रिया ऐच्छिक (Voluntary) होती है, लेकिन इसके पश्चात् निगलना (Swallowing)

स्वतः (Automatic) या प्रतिवर्ती क्रिया (Reflex action) के द्वारा होता है। भोजन क्रमाकुंचन (Peristalsis) विधि के द्वारा इसोफेगस में नीचे की ओर जाता है। लेरिक्स से सम्बन्धित क्रिकोफेरिन्जियस पेशी लेरिक्स को बंद कर देती है जिससे कि निःश्वसन (Inspiration) के समय वायु ग्रसिका में प्रवेश न कर जाये।

- (iii) **ग्रसिका से आमाशय तक भोजन की गति (Movement of food from the oesophagus to the stomach)**— ग्रसिका (Oesophagus) एक नालाकार (Tubular) संरचना होती है जो मुख-ग्रसनी (Bucco-pharyngeal) क्षेत्र को आमाशय से सम्बन्धित करती है। ग्रसिका से बोलस (तरल या ठोस रूप में) भोजन सीधे रूप से मायलोहायड पेशी (Mylohyoid muscles) के संकुचन से आमाशय में पहुँचता है। यदि भोजन का आकार बड़ा एवं ठोस होता है, तब यह क्रमाकुंचन गति (Peristaltic movement) द्वारा ग्रसिका से आमाशय में पहुँच जाता है।

ग्रसिका (Oesophagus) की भित्ति में वर्तुल (Circular) एवं अनुदैर्घ्य पेशी तन्तु (Longitudinal muscle fibres) होती है। पेशी गति के द्वारा भोजन ग्रसनी से आमाशय में पहुँचता है। ग्रसिका में दो प्रकार की क्रमाकुंचन गति पायी जाती है—

- **प्रारम्भिक क्रमाकुंचन (Primary peristalsis)**— प्रारम्भिक क्रमाकुंचन में एक संकुचनीय वलय/रिंग (Contractile ring) आहारनाल में उत्पन्न होती है और आगे की ओर गति करती है।
- **द्वितीयक क्रमाकुंचन (Secondary peristalsis)**— इसमें ग्रसिका (Oesophagus) जिसमें भोजन होता है संकुचन दर्शाता है और आगे का भाग फैलाव को दर्शाता है।

अनुदैर्घ्य पेशियों (Longitudinal muscles) के द्वारा ग्रसिका को छोटा कर दिया जाता है और व्यास में बढ़ाती है। वर्तुल पेशियों (Circular muscles) के संकुचन के द्वारा ग्रसिका के व्यास को कम कर देती है। दोनों प्रकार की पेशियों के द्वारा एकान्तर रूप में संकुचन द्वारा गति की एक लहर उत्पन्न की जाती है जिसको क्रमाकुंचन कहते हैं, जिसके द्वारा भोजन 6 सेकेण्ड में ग्रसिका से आमाशय में पहुँचता है।

1.3.1 आमाशयी पाचन (Gastric Digestion)

भोजन के निगलने के पश्चात् भोजन ग्रसिका (Oesophagus) से होता हुआ आमाशय में पहुँचता है जिससे कि भोजन में यान्त्रिकी (Mechanical) विघटन (Disintegration) एवं रासायनिक परिवर्तन हो सकें, मुख्य रूप से प्रोटीन अवयवों में। आमाशय का फन्डस (Fundus) भाग सबसे बड़ा होता है जो इसोफेगस से सम्बन्धित होता है। ड्यूडेनम (Duodenum) से सम्बन्धित आमाशय के भाग को पाइलोरिक (Pyloric) भाग कहते हैं। यह एक संकुचित संकरा भाग होता है। फन्डस एवं पाइलोरिक भागों के बीच के भाग को कार्डियक (Cardiac) भाग कहते हैं। आमाशय में मुख्य रूप से अनैच्छिक पेशियाँ होती है। आमाशय की गति या

टिप्पणी

क्रियाशीलता स्वतः तन्त्रिका तन्त्र (Automatic nervous system) के द्वारा नियन्त्रित होती है जिसमें परानुकंपी (Parasympathetic) उत्तेजन वृद्धि करता है तथा अनुकंपी क्रिया (Sympathetic activity) इसको रोक देती है।

आमाशय में भोजन काफी देर रुकता है। इसका कार्डियक स्फिक्टर वाल्व (Cardiac sphincter valve) भोजन की उगाली को रोकता है अर्थात् यह भोजन को ग्रासनली से आमाशय में तो आने देता है, परन्तु वापस ग्रासनली में जाने से रोकता है।

जैसे ही भोजन आमाशय की दिवारों को छूता है, इसके पाइलोरिक भाग की दीवारों में उपस्थित ग्रन्थियाँ गैस्ट्रिन (Gastrin) नामक हार्मोन का स्रावण करती हैं। यह हॉर्मोन जठर ग्रन्थियों (Gastric glands) को जठर रस (Gastric juice) के स्रावण के लिए उत्तेजित करता है। इसके अतिरिक्त जठर ग्रन्थियों का श्लेष्म भोजन को और अधिक ढीला व लुग्दीदार (Bolus) बनाता है। ऐसे भोजन को काइम (Chyme) कहते हैं। जठर रस में हाइड्रोक्लोरिक अम्ल (HCl) एवं प्रोटीन पाचक एन्जाइम होते हैं। आमाशय में जठर रस का स्रावण करने वाली प्रमुख फण्डिक ग्रन्थियाँ (Fundic glands) होती हैं। इन ग्रन्थियों में दो प्रकार की कोशिकाएँ होती हैं। केन्द्रीय कोशिकाएँ— इनमें पेप्सिन एवं रेनिन एन्जाइम्स स्रावित होते हैं। आक्सिपिटिक कोशिकाएँ— इनमें HCl स्रावित होता है।

जठरीय या आमाशयिक गति (Gastric movements) तीन प्रकार की होती है—

- (a) **क्षुधा/भूख संकुचन (Hunger contraction)**— जब आमाशय खाली होता है, यह संकुचन निरंतर करता रहता है। खाली पेट का निचोड़ना (Squeezing) आमाशय की भित्ति की तन्त्रिकाओं (Nerves) को उत्तेजित करता है, जिसके कारण भूख की पीड़ा या क्षुधा वेदना (Hunger Pangs) होती है।
- (b) **भरण/भराई (Filing)**— आमाशय की भित्ति की पेशियों के निरंतर शिथिलन (Relaxation) के कारण आमाशय के आकार में वृद्धि होती है। इसका मुख्य कारण निरंतर अधिक भोजन आमाशय में आता रहता है।
- (c) **रिक्तता/खाली करना (Emptying)**— आमाशय भोजन को तब तक अपने अन्दर रखता है जब तक जठरीय पाचन (Gastric digestion) पूर्ण नहीं हो जाता है। जैसे ही भोजन आमाशय में पहुँचता है, वैसे ही कुछ भाग आमाशय से ड्यूडेनम (Duodenum) में पहुँचता है, जिसके परिणामस्वरूप आन्त्रीय पाचन (Intestinal digestion) एवं शोषण (Absorption) प्रारंभ होता है। आमाशय में भोजन के पहुँचने के पश्चात् क्रमाकुंचन तरंगे (Peristaltic waves) प्रारंभ हो जाती हैं और भोजन, जठरीय रस (Gastric juice) के साथ मिलता है तथा भोजन के बड़े आकार के भागों का छोटे रूप में यान्त्रिकी विघटन होता है। क्रमाकुंचन तरंगे भोजन को पाइलोरिक अवरोधिका/स्फिन्कटर (Sphincter) की ओर ले जाती है। भोजन की अम्लीयता (Acidity) के कारण पाइलोरिक स्फिन्कटर (Pyloric sphincter) खुलता है और भोजन ड्यूडेनम में जाता है। भोजन की

मात्रा एवं प्रकार के अनुसार एक से चार घण्टे के अन्दर आमाशय खाली हो जाता है। कार्बोहाइड्रेट से संपन्न भोजन प्रोटीन की अपेक्षा तीव्रता से आमाशय को छोड़ता है तथा प्रोटीन संपन्न भोजन वसा की अपेक्षा तीव्रता से आमाशय को छोड़ता है।

1.3.2 जठरीय रस का स्त्रावण (Secretion of Gastric Juice)

आमाशय (Stomach) का आकार भिन्न होता है। एक औसत मनुष्य के आमाशय की क्षमता (Capacity) 2.5 लिटर होती है। एक औसत मनुष्य के आमाशय में लगभग 3,50,00,000 जठर ग्रन्थियाँ (Gastric glands) होती हैं जो प्रतिदिन 2 से 3 लिटर जठर रस को स्त्रावित करती हैं। जठर रस निरंतर आमाशय में स्त्रावित होता रहता है, क्योंकि आमाशय में कुछ न कुछ तरल मौजूद रहता है। भोजन पहुँचने के पूर्व ही 50 ml जठर रस आमाशय में होता है जिसको अवशेष/रेसिडुअम (Residuum) कहते हैं।

आमाशय में स्थिति के अनुसार जठर ग्रन्थियाँ (Gastric glands) तीन प्रकार की होती हैं—

- (i) **कार्डियक ग्रन्थियाँ (Cardiac glands)**— यह आमाशय के कार्डियक भाग में पायी जाती हैं। यह एकल (Single) या नलाकार रेसिमोज (Racemose) ग्रन्थियाँ होती हैं जो स्तम्भाकार कणिकीय (Columnar granular) कोशिकाओं के द्वारा आस्तरित होती हैं। इन ग्रन्थियों के द्वारा श्लेष्म/म्यूकस स्त्रावित किया जाता है जो आमाशय में आने वाले भोजन को नम एवं लसलसा बनाती है।
- (ii) **फण्डिक ग्रन्थियाँ (Fundic glands)**— यह ग्रन्थियाँ आमाशय के फण्डिक भाग में पायी जाती हैं और संयुक्त नलाकार (Compound tubular) ग्रन्थियाँ होती हैं और स्तम्भाकार इपीथीलियम (Columnar epithelium) के द्वारा आस्तरित होती हैं। कोशिकाएँ बहुभुजीय (Polyhedral) एवं सघन कणिकीय/ग्रैनूलर होती हैं, इनको केन्द्रीय या प्रमुख (Central or Chief) कोशिकाएँ कहते हैं। इसके अतिरिक्त गोलाकार कोशिकाओं का एक समूह और पाया जाता है जो आधारीय मेम्ब्रेन एवं केन्द्रीय कोशिकाओं के स्तर के बीच में होता है, इनको परिधीय या आक्सिन्टिक (Parietal or Oxyntic) कोशिकाएँ कहते हैं। यह HCl को स्त्रावित करती है जिससे कि जठरीय पाचन (Gastric digestion) के लिए उपयुक्त माध्यम प्रदान किया जा सके।
- (iii) **पाइलोरिक ग्रन्थियाँ (Pyloric glands)**— यह आमाशय के पाइलोरिक भाग में पायी जाती हैं। यह संयुक्त नलाकार ऐल्वूलर (Compound tubulo-alveolar) ग्रन्थियाँ होती हैं। यह ग्रन्थियाँ स्तम्भाकार (Columnar) कोशिकाओं एवं नलिकाओं के द्वारा आस्तरित होती हैं। यह ग्रन्थियाँ क्षारीय श्यान रस (Alkaline viscid juice) स्त्रावित करती हैं जिनमें एन्जाइम्स की मात्रा कम होती है।

जठरीय रस का संगठन एवं लक्षण (Composition and Character of Gastric Juice)

टिप्पणी

मनुष्य एवं अन्य प्राणियों में जठर रस (Gastric juice) पतला, पारदर्शक (Transparent) एवं हल्के रंग का द्रव होता है। यह अम्लीय (Acidic) होता है। इसका आपेक्षिक घनत्व (Specific gravity) 1.002 से 1.009 होती है। इसमें 99-45% पानी तथा 0.55% सोडियम (Sodium), फॉस्फेट्स (Phosphates), म्यूसिन (Mucin) एवं एन्जाइम्स-पेप्सिन (Pepsin), रेन्निन (Rennin) एवं गैस्ट्रिक लाइपेज (Gastric lipase) पाए जाते हैं। इस रस की अम्लीयता (Acidity) HCl की उपस्थिति के कारण होती है।

1.3.3 हाइड्रोक्लोरिक अम्ल (Hydrochloric Acid)

- भोजन के माध्यम को अम्लीय (Acidic) बनाता है ताकि जठर रस में उपस्थित एन्जाइम क्रियाशील होकर भोजन की पाचन-क्रिया में भाग ले सकें।
- भोजन को गला कर ढीला बनता है।
- भोजन के साथ आए हानिकारक बैक्टीरिया तथा प्रोटोजोआ को नष्ट करता है।
- भोजन को सड़ने से रोकता है।
- भोजन में उपस्थित कैल्शियम युक्त कठोर कणों को घुलनशील करता है।

जठर रस में प्रोपेप्सिन (Propepsin) तथा प्रोरेन्निन (Prorennin) नामक निष्क्रिय प्रोटीन पाचक एन्जाइम होते हैं जो अम्लीय माध्यम में सक्रिय होकर क्रियाशील पेप्सिन (Pepsin) तथा रेन्निन (Rennin) में बदल जाते हैं—

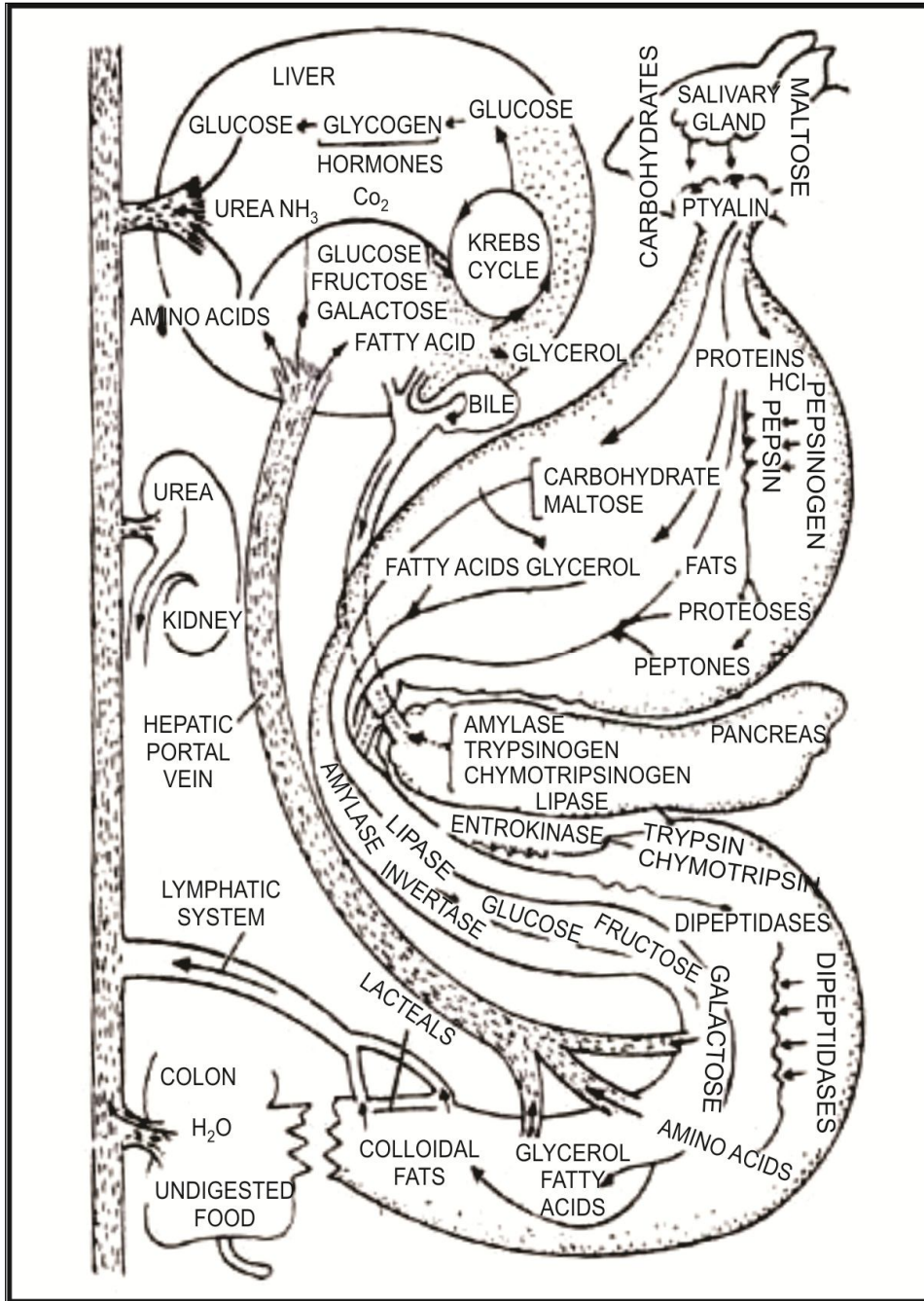
1. पेप्सिन (Pepsin)— यह एक प्रोटीन पाचित एन्जाइम होता है। आमाशय के फण्डियक भाग से एक अक्रियाशील एन्जाइम पेप्सिनोजेन (Pepsinogen) के रूप में परिवर्तित होता है। यह जैसे ही HCl के सम्पर्क में आता है क्रियाशील पेप्सिन (Pepsin) में परिवर्तित हो जाता है। इसका pH 1.6 से 2.4 तक होता है। पेप्सिन भोजन के प्रोटीन को प्रोटिएसेस (Proteases) एवं पेप्टोन्स (Peptones) में परिवर्तित कर देता है। यह प्रोटीन को छोटी श्रृंखलाओं में तोड़ देता है लेकिन स्वतन्त्र अमीनो अम्लों (Amino acids) को मुक्त नहीं करता है—

- पेप्सिनोजेन (Pepsinogen) $\xrightarrow{\text{HCl}}$ पेप्सिन (Pepsin)
अक्रियाशील एन्जाइम क्रियाशील एन्जाइम
- प्रोटीन्स + पेप्सिन $\xrightarrow{\text{pH 2.6}}$ प्रोटिओसेस + पेप्टोन्स
(Protein + Pepsin) (Proteoses + Peptones)

पेप्सिन (Pepsin) प्रोटीन को उसके मुख्य एकक अमीनो अम्ल तक को अपघटित करने में सक्षम नहीं होता है। इसकी क्रियाशीलता 2.6 से 2.4 pH पर अधिक होती है और pH 4 पर समाप्त हो जाती है।

पोषण एवं चयापचय

टिप्पणी



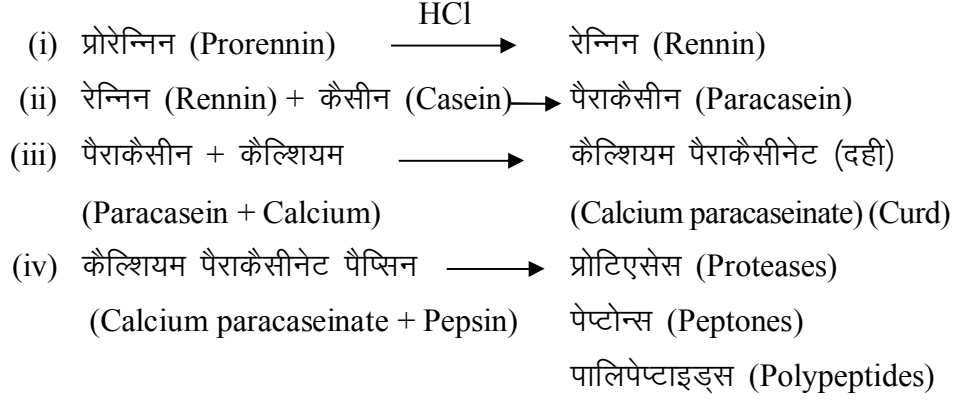
चित्र क्र. 1.4: Different Stages of Digestion of Food in the Alimentary Canal of a Mammal

2. रेन्निन (Rennin)— रेन्निन एन्जाइम बछड़ों (Calf) एवं अन्य शिशु प्राणियों के आमाशय में अत्यधिक मात्रा में पाया जाता है। वयस्क मनुष्य एवं अन्य प्राणियों के आमाशय में अक्रियाशील प्रोरेन्निन (Prorennin) के रूप में पाया

स्व-अधिगम
पाठ्य सामग्री

टिप्पणी

जाता है। जब कैल्शियम की उपस्थिति में रेन्निन क्रिया करता है तब दूध के घुलनशील प्रोटीन्स को स्कन्दित (Coagulate) करता है तथा इसको कैल्शियम पैराकैसीनेट (Calcium paracaseinate) में परिवर्तित करता है। अन्त में पेप्सिन इस पर क्रिया कर प्रोटीन का पाचन पूर्ण करता है। सम्पूर्ण क्रिया निम्नलिखित प्रकार से होती है—



आमाशय में भोजन एक अर्ध-ठोस लुग्दी के रूप में पाया जाता है जिसको काइम (Chyme) कहते हैं। यह पाइलोरिक आमाशय से ग्रहणी में जाता है।

इसके अतिरिक्त जठर रस (Gastric juice) में जठर लाइपेज (Gastric lipase) नामक एन्जाइम भी होता है जो वसा का आंशिक पाचन करता है या लाइपेज इमल्सीकृत (Emulsified) वसाओं को वसा अम्लों एवं ग्लिसरॉल में परिवर्तित करता है। इस प्रकार भोजन का अधिकांश भाग घुलनशील अवस्था में आ जाता है। आमाशय में भोजन लगभग चार घण्टे रहता है। इसी समय पाइलोरिक आमाशय में मंथन एवं क्रमाकुंचन गतियाँ (Churning and Peristaltic movement) प्रारंभ हो जाती हैं। अब यह काइम भोजन धीरे-धीरे पाइलोरिक स्फिंक्टर (Pyloric sphincter) से होता हुआ ग्रहणी में पहुँचता है।

1.3.4 जठरीय रस के स्राव का नियन्त्रण (Control of Gastric Secretion)

आमाशय में स्रावण (Secretion) दोनों तन्त्रिकीय (Neural) एवं हार्मोनल (Hormonal) विधि के द्वारा होता है। तन्त्रिकीय नियन्त्रण विधि वेगस तन्त्रिका के द्वारा होता है जो ग्रन्थिल कोशिकाओं में अपनी शाखाओं के द्वारा उत्तेजना उत्पन्न करती है। हार्मोनल विधि में विभिन्न अन्तःस्रावी एण्डोक्राइन ग्रन्थियों के द्वारा स्रावित हार्मोन्स, ग्रन्थिल कोशिकाओं को एन्जाइम/जठर रस स्रावित करने के लिए उत्तेजित करते हैं।

पाचन विधि में आमाशय का महत्व (Significance of Stomach During the Process of Digestion)

आमाशय का पाचन विधि में महत्व निम्न प्रकार है—

- आमाशय भोजन का संग्रहण करता है, क्योंकि अपचित भोजन अधिक समय तक आमाशय में रह सकता है।
- आमाशय से आंशिक रूप में पाचित (Digested) भोजन, आँतों में भेजा जाता है।
- आमाशय की भित्ति में पेशियों का विन्यास होता है जो बड़े आकार के भोजन को छोटे रूप में परिवर्तित करती हैं, अर्ध-द्रव (Semi-fluid) रूप में परिवर्तित करती है, जिसको काइम (Chyme) कहते हैं, तथा भोजन को पीसती है।
- आमाशय की जठर ग्रन्थियों के द्वारा स्रावित जठर रस (Gastric juice) के एन्जाइम्स भोजन के विभिन्न तत्वों को रासायनिक क्रिया के द्वारा इस रूप में परिवर्तित करते हैं, जिससे कि वह आसानी से शोषित (Absorb) हो सकें।

टिप्पणी

1.4 आमाशय से आँतों में भोजन का संवहन (Conduction of Food from Stomach to Intestine)

आमाशय में जब भोजन यान्त्रिकी (Mechanical) एवं रासायनिक (Chemical) क्रिया के द्वारा एक अर्ध-द्रव (Semi-fluid) के रूप में परिवर्तित होता है, इसको काइम (Chyme) कहते हैं। क्रमाकुंचन विधि के द्वारा जैसे ही काइम पाइलोरिक स्फिंक्टर (Pyloric sphincter) पर पहुँचता है, पाइलोरिक कपाट खुल जाते हैं और आमाशय से काइम धीरे-धीरे आँतों में जाता है। पाइलोरिक स्फिंक्टर भोजन को आँत में जाने के लिए नियन्त्रित करता है। धीरे-धीरे पाचित भोजन काइम के रूप में आँत के प्रथम भाग ड्यूडेनम (Duodenum) में पहुँचता है।

1.4.1 आँत में पाचन (Digestion in Intestine)

आँत में पाचन दो भागों में होता है— (1) ग्रहणी (Duodenum) में पाचन, (2) क्षुद्रान्त्र (Small intestine) में पाचन।

ग्रहणी (Duodenum)

काइम जैसे ही ग्रहणी (Duodenum) में पहुँचता है, इसकी दीवारें भोजन के प्रोटीन, वसा एवं HCl से उत्तेजित होकर श्लेष्म तथा कुछेक हार्मोन्स का स्रावण प्रारम्भ कर देती हैं। हार्मोन्स, जेजुनम (Jejunum) तथा छोटी आँत के अन्य भागों की कोशिकाओं से स्रावित होते हैं। ये रक्त में मुक्त होकर विभिन्न अंगों में पहुँचते हैं—

- एण्टीरोगैस्ट्रोन (Enterogastrone)**— यह आमाशय की दीवार में पहुँचकर जठर के स्रावण को रोकता है।

- (ii) **सीक्रेटिन (Secretin)**— यह हार्मोन अग्न्याशय (Pancreas) को अग्न्याशयी रस (Pancreatic juice) के स्रावण के लिए उत्तेजित करता है।
- (iii) **एण्टीरोक्राइनिन (Enterocrinin)**— यह आन्त्र (Intestine) की दीवार में पहुँचकर आन्त्रीय ग्रन्थियों (Intestinal glands) को आन्त्रीय रस (Intestinal juice) के स्रावण के लिए उत्तेजित करता है।
- (iv) **कॉलीसिस्टोकाइनिन (Cholecystokinin)**— यह पित्ताशय (Gall bladder) की दीवारों को संकुचन के लिए उत्तेजित करता है ताकि इससे पित्त रस (Bile juice) निकल सके।
- (v) **एण्टीरोकाइनेज (Enterokinase)**— आँत की भित्ति में स्थित आन्त्रीय ग्रन्थियों को उत्तेजित कर आन्त्रीय रस (Intestinal juice) के स्रावण को नियन्त्रित करता है।

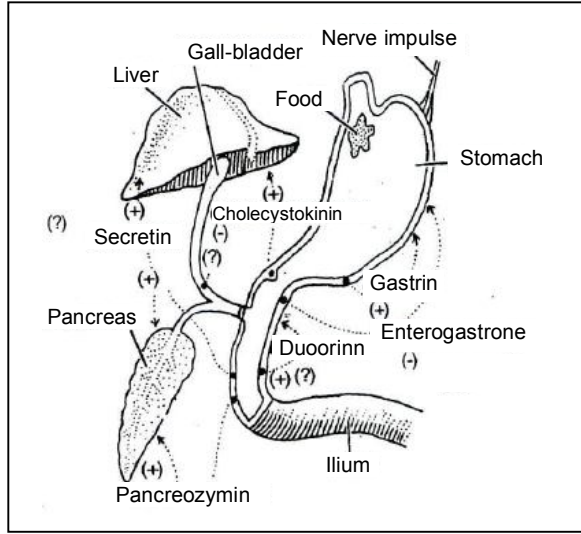
इसके अतिरिक्त पित्त नलिका (Bile duct) द्वारा यकृत के पित्त रस (Bile juice) एवं अग्न्याशय से अग्न्याशयी रस (Pancreatic juice) आकर ग्रहणी में काइम (Chyme) से क्रिया करते हैं।

1.4.2 यकृत (Liver)

यह सबसे बड़ी ठोस, चाकलेटी रंग की कोमल द्विपिण्डकीय (Bilobed) ग्रन्थिल संरचना है। आधुनिक खोजों के अनुसार यकृत कोशिकाएँ (Hepatic cells) लोब्यूलस (Lobules) में इकट्ठी पंक्ति में लगी रहती हैं। खोजों के अनुसार यकृत कोशिकाओं के बीच-बीच में स्थित साइनूसॉइडस (Sinusoids) की महीन दरारें एण्डोथीलियम (Endothelium) की बनी होती हैं। यकृत कोशिकाओं के बीच पालिकाओं में संकीर्ण ल्यूमेन/गुहिका (Lumen) में आन्तर-पिण्डकीय यकृत वाहिकाएँ (Inter-lobulated ductules) निकलकर अनेक महीन आन्तर-पिण्डकीय यकृत कोशिकाओं (Hepatic capillaries) के रूप में प्रत्येक पिण्ड में प्रवेश करती हैं तथा प्रत्येक यकृत कोशिका के चारों ओर फन्दा (Loop) सा बनाती है। सभी आन्तर-पिण्डकीय, यकृत वाहिनियाँ मिलकर एक बड़ी यकृत वाहिनी (Hepatic duct) बनाती हैं। इस प्रकार दायें व बायें पिण्डों की यकृत वाहिनियाँ मिलकर सह-यकृत वाहिनी (Common hepatic duct) बनाती हैं। पित्ताशय (Gall bladder) से निकलने वाली पित्तवाहिनी (Bile duct) से साथ मिलकर सह-पित्त वाहिनी (Common bile duct) बनाती है। पित्त वाहिनीयों में यकृत कोशिकाएँ अपना पित्त (Bile) स्रावित करती हैं। पित्त वाहिनियों से पित्त (Bile) रस सह-पित्त वाहिनी में जाता है।

1.4.3 पित्त रस (Bile Juice)

पोषण एवं चयापचय



टिप्पणी

चित्र क्र. 1.5: Gastro-intestinal Hormones

यह हरे रंग का क्षारीय (Alkaline) द्रव होता है जिसका pH 7.6 से 7.7 होता है। पित्त रस (Bile juice) में लगभग 92% जल, 6.0% पित्त लवण (Bile salt), 0.3% पित्त वर्णक (Bile pigments) एवं पित्त अम्ल (Bile acids), 0.6% से 0.9% कोलेस्ट्रॉल (Cholesterol) एवं 0.3% लिसाइथिन (Lecithin) तथा उदासीन वसाएँ (Neutral fats) 0.8% होती है। पित्त लवणों (Bile salts) में सोडियम (Sodium) एवं पोटेशियम क्लोराइड (Potassium chloride) एवं बाइकार्बोनेट (Bicarbonate) नामक अकार्बनिक तथा सोडियम एवं पोटेशियम ग्लाइकोकोलेट (Glycocholate) एवं टॉरोकोलेट (Taurocholate) कार्बनिक लवण होते हैं। ये लवण (Salts) लाइपेज की वसा पर क्रिया होने के पूर्व उसका जल के साथ इमल्सन (Emulsion) बना लेते हैं। इस विधि को इमल्सीकरण (Emulsification) कहते हैं। पित्त लवणों की उपस्थिति में आँत की भित्ति पूर्णरूप से वसा अम्ल (Fatty acids) व ग्लिसरॉल (Glycerol) का अवशोषण कर पाती हैं। ये लवण वसा में घुलनशील विटामिन्स A, D, E व K के अवशोषण में सहायता करते हैं।

पित्त वर्णक (Bile pigments) बाइलीरुबिन (Bilirubin) एवं बाइलिवर्डिन (Biliverdin) होते हैं। ये वर्णक हीमोग्लोबिन (Haemoglobin) के विघटन से बनते हैं। यह केवल उत्सर्जी पदार्थ हैं जो अपचित भोजन के साथ शरीर से बाहर निकाल दिये जाते हैं। मल का रंगीन होने का कारण पित्त वर्णक होते हैं—

- (a) **कोलेस्ट्रॉल (Cholesterol)**— बाइल/पित्त में जो कोलेस्ट्रॉल पाया जाता है वह शरीर से उत्सर्जित कर दिया है। अधिक मात्रा में कोलेस्ट्रॉल भोजन से प्राप्त होता है। पित्ताशय (Gall-bladder) में इसकी अधिक सान्द्रता के कारण पथरी (Stone) पित्ताशय में बनती है जिसके कारण यकृत में विकृति उत्पन्न होती है।

(b) **लिसाइथिन (Lecithin)**— एक प्रारूपी प्रकार का पदार्थ होता है जो पित्त रस में पाया जाता है। इसका कोई महत्वपूर्ण कार्य नहीं होता है।

(c) **क्षारीय फॉस्फेटेज (Alkaline phosphatase)**— केवल पित्त एन्जाइम (Bile enzyme) यकृत कोशिकाओं से प्राप्त होता है, लेकिन पाचन विधि में इसके बारे में ज्ञात नहीं हैं। जब पित्त का संवहन आँतों में जाने से रूक जाता है तब अवरोधी पीलिया (Obstructive jaundice) रोग होता है तथा यह फॉस्फेटेज रक्त में अधिक सान्द्रता में पाया जाता है तब एक प्रकार का पीलिया रोग उत्पन्न करता है।

उपर्युक्त पदार्थों के अतिरिक्त पित्तरस में कम मात्रा में म्यूसिन (Mucin), न्यूक्लियोप्रोटीन्स (Nucleoproteins), ट्राइग्लिसराइड्स (Triglycerides) एवं मुक्त अम्ल (Free acid) पाये जाते हैं।

1.5 पित्त स्रावण (Bile Secretion)

रक्त में पाये जाने वाला कोलसिस्टोकाइनिन (Cholecystokinin) पित्ताशय (Gall-bladder) को संकुचित करता है।

वेगस तन्त्रिका उत्तेजित होने पर पित्त रस को स्रावित करती है।

पित्त रस सहपित्त नलिका (Common bile duct) द्वारा ग्रहणी (Duodenum) के दूरस्थ भाग में पहुँच कर भोजन से मिलता है।

1.5.1 पित्त के कार्य (Functions of Bile)

1. पित्त रस एन्जाइम्स के अभाव में भोजन की पाचन-क्रिया में स्वयं भाग नहीं लेता है, फिर भी इसके बिना पाचन-क्रिया अधूरी रहती है।
2. पित्त भोजन को क्षारीय (Alkaline) बनाता है ताकि अग्न्याशयी (Pancreatic) तथा आन्त्रीय रस (Intestinal juice) क्रियाशील होकर पाचन-क्रिया में भाग ले सकें।
3. पित्त (Bile) भोजन के साथ आये बैक्टीरिया को नष्ट करता है।
4. पित्त के कार्बनिक लवण (Organic salts) वसाओं (Fats) के धरातल तनाव को कम कर इन्हें सूक्ष्म बिन्दुओं में तोड़ते हैं।
5. पित्त लवण (Bile salts) वसा के अवशोषण में भी मदद करते हैं।
6. पित्त आँत की क्रमाकुंचन गति में वृद्धि करता है। इस कारण भोजन में पाचक रस मिल जाता है।
7. अग्न्याशय रस में पाये जाने वाले स्टीऐप्सिन (Steapsin) एन्जाइम को क्रियाशील करता है।
8. पित्त वर्णकों, उत्सर्जी पदार्थों, विषैले पदार्थों एवं धातुओं के उत्सर्जन में सहायता करता है।

टिप्पणी

जैसे ही भोजन निगलने (Swallow) की किया द्वारा ग्रासिका (Oesophagus) से आमाशय में पहुँचता है, भोजन पुनः यान्त्रिका एवं रसायनिक परिवर्तनों से गुजरता है। आमाशय एक मोटी भित्ति वाला पेशीय थैला होता है, जो जठरीय श्लेष्मा (Gastric mucosa) से आस्तरित होता है। आमाशय कार्डियक एवं पाइलोरिक आमाशय में विभाजित होता है। सम्पूर्ण जठरीय म्यूकोसा में जठरीय ग्रन्थियाँ पायी जाती हैं। यह जठरीय ग्रन्थियाँ जठरीय रस (Gastric juice) को स्त्रावित करती हैं। जठरीय रस अम्लीय होता है— pH 0.9 से 1.5 तक होता है। इसमें 99.4% पानी तथा 0.4% से 0.5% HCl एवं एन्जाइम्स होते हैं। जठरीय ग्रन्थियों में तीन प्रकार की कोशिकाएँ पायी जाती हैं—

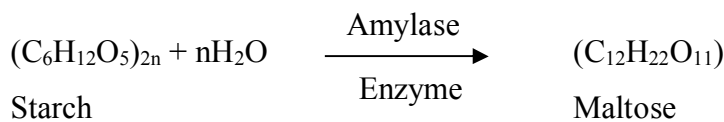
- म्यूकस कोशिकाएँ (Mucus cells) जो श्लेष्म (Mucus) को स्त्रावित करती हैं।
- मुख्य कोशिकाएँ (Chief cells) जो एन्जाइम्स को स्त्रावित करती हैं।
- परिधीय या ऑक्सिन्टिक कोशिकाएँ (Parietal or Oxyntic cells) ये HCl या हाइड्रोक्लोरिक अम्ल को स्त्रावित करती हैं। जठरीय रस के एन्जाइम्स पेप्सिन (Pepsin), रेन्निन (Rennin) एवं जठरीय लाइपेज (Gastric lipase) होते हैं।

1.5.2 अग्न्याशय रस (Pancreatic Juice)

अग्न्याशय (Pancreas) की एक्सोक्राइन बहिःस्त्रावी (Exocrine) कोशिकाओं के द्वारा स्त्रावित होता है। एक्सोक्राइन भाग से अग्न्याशयिक रस का स्त्रावण होता है जो अग्न्याशयिक वाहिनी के द्वारा ग्रहणी (Duodenum) में पहुँचता है। अग्न्याशयिक रस जल के समान पतला, रंगहीन, सोडियम बाइकार्बोनेट की उपस्थिति के कारण अत्यधिक क्षारीय (Alkaline) होता है जिसका pH 7.5 से 8.4 होता है। इसमें 98% पानी होता है तथा शेष 2% में लवण (Salts) एवं पाचक एन्जाइम्स होते हैं। यह एक पूर्ण पाचक रस है, क्योंकि इसमें तीनों प्रकार के पोषक पदार्थों — प्रोटीन्स, कार्बोहाइड्रेट्स एवं वसा को पचाने वाले एन्जाइम्स होते हैं।

यह अग्न्याशय द्वारा स्त्रावित होता है जो अग्न्याशय नलिका (Pancreatic duct) द्वारा ग्रहणी (Duodenum) के दूरस्थ भाग में पहुँचकर भोजन की पाचन-क्रिया में भाग लेता है। इसमें निम्नलिखित एन्जाइम्स पाये जाते हैं—

- (i) **ऐमाइलेज या ऐमाइलोप्सिन (Amylase or Amylopsin)**— यह स्टार्च (Starch) तथा ग्लाइकोजन को माल्टोज (Maltose) में बदलता है।



- (ii) **ट्रिप्सिन (Trypsin)**— यह निष्क्रिय ट्रिप्सीनोजन (Trypsinogen) अवस्था में स्त्रावित होता है जो क्षारीय (Alkaline) अवस्था में सक्रिय ट्रिप्सिन में बदलकर भोजन की प्रोटीन का पूर्ण पाचन करता है। यह प्रोटीन पेप्टोन

(Peptone) आदि को पॉलीपेप्टाइड्स (Polypeptides) तथा अमीनो अम्ल (Amino acids) में बदलता है।

टिप्पणी

(iii) **लाइपेज या स्टेप्सिन (Lipase or Steapsin)**— यह वसा पाचक एन्जाइम है। यह वसा का पूर्ण पाचन करता है। यह वसा को वसीय अम्लों (Fatty acids) तथा ग्लिसरॉल में तोड़ता है।

इस प्रकार भोजन के अधिकांश पोषक तत्वों का ग्रहणी के पश्च भाग में पाचन हो जाता है। अब भोजन छुद्र आँत (Small intestine or Ileum) में पहुँचता है।

1.5.3 छुद्र आँत (Ileum)

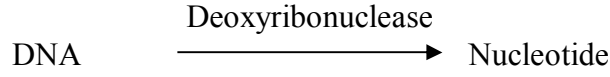
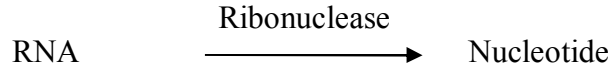
जैसे ही भोजन छोटी आँत में पहुँचता है, इसकी दीवारों में उपस्थित आन्त्रीय ग्रन्थियाँ (Intestinal glands) तथा लिबरकुहन की दरारें (Crypts of Leiberkuhns) नामक पाचक ग्रन्थियाँ स्वच्छ, पीले रंग के क्षारीय आन्त्रीय रस (Intestinal juice) का स्रावण करती हैं। इसमें निम्नलिखित पाचक एन्जाइम पाये जाते हैं—

- **इरेप्सिन (Erepsin)**— प्रोटीन पाचक एक्सोपेप्टिडेज एन्जाइमों का सामूहिक नाम है। यह प्रोटीन का पूर्ण पाचन करते हैं। इसमें उपस्थित अमीनोपेप्टिडेज (Aminopeptidase) तथा कार्बोक्सीपेप्टिडेज (Carboxypeptidase) पॉली तथा ट्राइपेप्टाइड्स को सीधे अमीनो आम्लों में तोड़ते हैं। डाईपेप्टिडेज (Dipeptidase) डाईपेप्टाइड्स को अमीनो अम्ल (Amino acids) में बदलता है।
- **कार्बोहाइड्रेट पाचक एन्जाइम (Carbohydrate digesting enzymes)**— ये माल्टेज (Maltase), सुक्रेज (Sucrase) तथा लैक्टोज (Lactase) नामक कार्बोहाइड्रेट पाचक एन्जाइम्स हैं जो क्रमशः भोजन के माल्टोज को ग्लूकोज में, सुक्रेज को फ्रक्टोज में एवं ग्लूकोज आदि को मोनोसैकेराइड्स (Monosaccharides) में बदलते हैं।
- **लाइपेज (Lipase)**— यह शेष वसाओं का पाचन करता है। अब भोजन घुलनशील अवस्था में इलियो-सीकल वाल्व (Ileo-Caecal Valve) द्वारा बड़ी आन्त्र में पहुँचने से पूर्व सीकम (Caecum) में पहुँचता है।

आँतों में पाये जाने वाले एन्जाइम्स और उनकी क्रिया (Intestinal Enzymes and their Actions)

- | | | |
|---|-------------------------|-----------------------------|
| (i) ट्रिप्सिनोजन | एण्टीरोकाइनेज
—————→ | ट्रिप्सिन (सक्रिय) |
| (ii) काइमोट्रिप्सिनोजेन | एण्टीकाइनेज
—————→ | काइमोट्रिप्सिन (सक्रिय) |
| (iii) ट्रिप्सिन + प्रोटीन्स | —————→ | पेप्टोन्स + पॉलीपेप्टाइड्स |
| (iv) काइमोट्रिप्सिन + प्रोटीन्स + पेप्टोन्स | —————→ | पॉलीपेप्टाइड्स + प्रोटिएसेस |
| (v) कार्बोक्सीपेप्टाइडेस + पॉलीपेप्टाइड्स | —————→ | अमीनो अम्ल |

- (vi) अमीनोपेप्टाइडेसेस + पॉलीपेप्टाइड्स \longrightarrow अमीनो अम्ल
 (vii) इरिप्सिन + पेप्टाइड्स \longrightarrow अमीनो अम्ल



- (viii) एमाइलेप्सिन + कार्बोहाइड्रेट \longrightarrow ग्लूकोस + फ्रुक्टोस
 (ix) लाइपेस + वसा \longrightarrow वसा अम्ल + ग्लिसरॉल

आन्त्रीय रस एक साफ एवं पीले रंग का पाचक रस है जो क्षारीय होता है—
 pH 7.6। इसके एन्जाइम्स निम्नलिखित प्रकार से पाचन करते हैं—

- (x) माल्टोस $\xrightarrow{\text{माल्टेस}}$ ग्लूकोस + ग्लूकोस
 (xi) सुक्रोस $\xrightarrow{\text{सुक्रेस}}$ ग्लूकोस + फ्रुक्टोस
 (xii) लेक्टोस $\xrightarrow{\text{लेक्टेस}}$ ग्लूकोस + गेलेक्टोस
 (xiii) सेल्यूलोज $\xrightarrow{\text{सेल्यूलेज}}$ शर्करा + ग्लिसरॉल

आन्त्रीय रस (Intestinal juice) में तीन एन्जाइम्स और पाये जाते हैं—

- (a) **फॉस्फेटेस (Phosphatase)**— यह एन्जाइम न्युक्लियोटाइड (Nucleotide) को न्युक्लियोसाइड (Nucleoside) एवं फॉस्फोरिक अम्ल (Phosphoric acid) में विघटित करते हैं। या यह एन्जाइम न्युक्लियोटाइड से फॉस्फोरिक अम्ल को अलग करते हैं।
 (b) **न्युक्लियोसिडेसेस (Nucleosidase)**— यह एन्जाइम न्युक्लियोसाइड्स को नाइट्रोजीनस बेसेस (Nitrogenous bases) एवं पेन्टोज शर्करा (Pentose sugar) में विघटित करता है।
 (c) **न्युक्लियेसेस (Nucleases)**— यह एन्जाइम न्युक्लिक अम्ल (Nucleic acid) को न्युक्लियोटाइड्स (Nucleotides) या मोनोन्युक्लियोटाइड्स (Mononucleotides) में अपघटित करता है।

आँत में पाचन की क्रिया लगभग पूर्ण होती है।

आँतों में जीवाणुओं की भूमिका (Role of Bacteria in Intestine) या सहजीवी पाचन (Symbiotic Digestion)

आहार नाल में जीवाणु (Bacteria) एवं प्रोटोजोआ (Protozoa) प्राणी पाये जाते हैं। यह दोनों प्रकार के प्राणी सहजीवी (Symbionts) के रूप में कार्य करते हैं। यह जीवाणु भोजन के विभिन्न पदार्थों के पाचन के साथ-साथ विषैले पदार्थों एवं गैसों को बनाते हैं। विषैले पदार्थ मल के बनने में वृद्धि करते हैं। यह सब क्रिया आहार नाल की बड़ी आँत में होता है।

टिप्पणी

टिप्पणी

अपचित (Undigested) कार्बोहाइड्रेट का जीवाण्वीय पाचन (Bacterial digestion) एक सायटेज (Cytase) एन्जाइम के द्वारा होता है। बड़ी आँत में कोई ग्रन्थि नहीं होती है, इसकी इपीथीलियम के गोब्लेट (Goblet) कोशिकाओं के द्वारा केवल म्यूकस स्रावित होता है जो अपचित भोजन को नम एवं लसलसा बनाकर बाहर निकलने में आसानी प्रदान करता है।

नवजात शिशु की आँत जीवाणुओं की दृष्टि से उदासीन (Sterile) या जीवाणु शुन्य होती है। इस शिशु की आँत के द्वारा जो भी पदार्थ उत्सर्जित किया जाता है वह अर्ध तरल (Semi fluid) एवं हरे रंग का पुन्ज होता है जिसे मेकोनियम (Meconium) कहते हैं। जीवाणुशून्यता (Sterility) कुछ दिनों तक ही रहती है, इसके पश्चात् अन्तः ग्रहण किये हुए भोजन के साथ जीवाणु पहुँच जाते हैं। छोटी आँत में स्ट्रेप्टोकोकाई (*Streptococci*), स्टेफायलोकोकाई (*Staphylococci*), लेक्टोबेसिली (*Lactobacilli*) आदि अत्यधिक मात्रा में पाये जाते हैं। कोलन (Colon) में भी समान जावाणु पाये जाते हैं।

स्तनी प्राणियों में सेल्यूलोज (Cellulose) का पाचन या तो पूर्व जठरीय (Pregastric) या पश्च जठरीय (Postgastric) होता है। पूर्व जठरीय पाचन जुगाली करने वाले प्राणीयो/रुमिनेन्ट्स (Ruminants) में होता है। इसके अतिरिक्त ऊँट (Camel) एवं अन्य मेक्रोपोड मार्सुपियल्स (Macropod marsupials) में भी पूर्व जठरीय पाचन होता है। पश्च जठरीय सूक्ष्मजीवीय पाचन (Microbial digestion) खरगोश (Rabbit), कुछ रोडेन्ट्स (Rodents) एवं घोड़ों (Horses) में पाया जाता है।

जुगाली करने वाले प्राणियों या रुमिनेन्ट्स (Ruminants) में वास्तविक आमाशय के पूर्व एक थैले समान कक्ष या भाग पाया जाता है जिसको रुमेन (Rumen) कहते हैं। इसोफेगस (Oesophagus) में से भोजन रुमेन में आता है, जहाँ पर भोजन का उत्क्षोभण/फर्मेंटेशन (Fermentation) होता है और अपघटित भोजन अवशोषित होकर उपयोग में लाये जाते हैं। शेष बचा हुआ भोजन पुनः मुख गुहिका में जाकर चबाया जाता है, चबाने के पश्चात् यह पुनः रुमेन (Rumen) के अन्दर आता है और निरन्तर फर्मेंटेशन होता रहता है। रुमेन से भोजन धीरे-धीरे आमाशय व अन्य भागों में पहुँचता है जहाँ एन्जाइम्स के द्वारा पाचित होता है। रुमेन में जीवाणुओं एवं सूक्ष्माणुओं की संख्या अत्यधिक होती है। यह सेल्यूलोज के पाचन में सहायक होते हैं। सहजीवी जीवाणु रुमिनेन्ट्स में अमोनिया का उपयोग कर प्रोटीन के निर्माण में सहायता करते हैं।

खरगोश (Rabbit) एवं उसकी अन्य जातियाँ एवं रोडेन्ट्स (Rodents) में सीकम (Caecum) एवं वर्मीफार्म ऐपेन्डिक्स (Vermiform appendix) पाया जाता है। यहाँ सेल्यूलोज का पाचन पूर्ण नहीं होता है, इसमें पाचन एवं किण्वन (Fermentation) अपूर्ण होता है। खरगोश में दो प्रकार के मल (Faeces) का निर्माण होता है—

- (i) गाढ़ा, छोटे आकार की गोलियों के रूप में होता है।
- (ii) बड़ा और हल्का, इसको खरगोश पुनः खा जाता है क्योंकि इसमें अपूर्ण पाचित पदार्थ होते हैं। पुनः अन्तःग्रहण (Ingestion) के कारण सेल्यूलोज का पाचन पूर्ण हो जाता है।

घोड़े (Horses) में सीकम एवं अन्धनाल आहार नाल के अन्तिम भाग में पाया जाता है। इस भाग में सूक्ष्माणु पूर्ण रूप से नहीं पचते हैं और भोजन का फर्मेन्टेशन अपूर्ण होता है। इस प्राणी के मल में अपचित अवशेष पाये जाते हैं।

मनुष्य की आँतो में पाये जाने वाले जीवाणु विटामिन K का संश्लेषण करते हैं। इसके अतिरिक्त यह जीवाणु विटामिन A, D एवं विटामिन B यौगिक/सम्मिश्रण का भी संश्लेषण करते हैं।

1.5.4 बड़ी आँत में पाचन (Digestion in Large Intestine)

बड़ी आँत में पाचन की क्रिया नहीं होती है, क्योंकि आँत की भित्ति में कोई भी पाचन ग्रन्थि (Digestive gland) नहीं पायी जाती है, केवल बड़ी आँत की म्यूकस मेम्ब्रेन से क्षारीय (Alkaline) स्त्राव निकलता है। इस क्षारीय स्त्राव में बाइकार्बोनेट (Bicarbonate) या पोटेसियम के यौगिक होते हैं। बड़ी आँत की गुहिका में जीवाणु (Bacteria) पाये जाते हैं, इनके द्वारा अपचित (Undigested) कार्बोहाइड्रेट को सायटेज (Cytase) एन्जाइम के द्वारा पाचित किया जाता है। बचे हुए अपचित भोजन पदार्थ उत्सर्जी या व्यर्थ पदार्थों के साथ मल (Faeces) के साथ मलद्वार से बाहर निकाल दिये जाते हैं।

बड़ी आँत में जल का अवशोषण अत्यधिक मात्रा में होता है। बड़ी आँत की इपीथीलियम में पायी जाने वाली गोब्लेट कोशिकाओं (Goblet cells) के द्वारा स्त्रावित श्लेष्म (Mucus) भोजन को नम, लसलसा करता है जिससे कि वह आसानी से मलद्वार से बाहर निकाला जा सके।

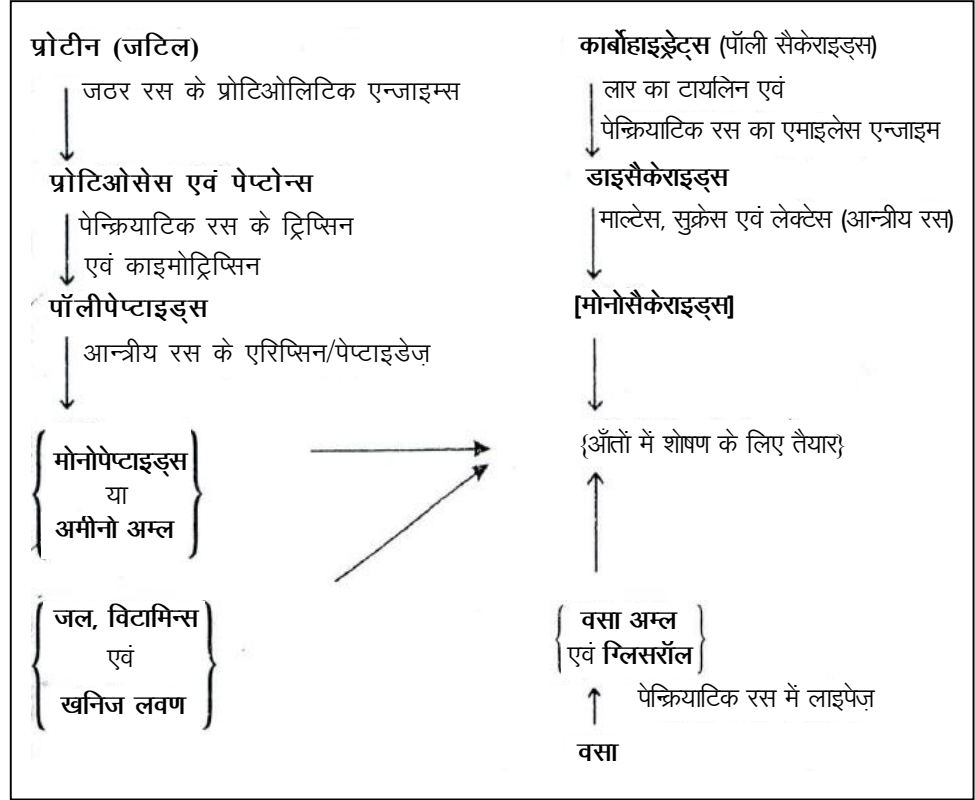
1.5.5 सीकम (Caecum)

कुछ प्राणी शाकाहारी भोजन ग्रहण करते हैं, अन्तः इनके भोजन में सेल्यूलोज की मात्रा अधिक होती है। इसके बैक्टीरिया (Bacteria) तथा प्रोटोजोआ (Protozoa) भोजन के सेल्यूलोज (Cellulose) को पचाकर शर्करा में बदल देते हैं। सेल्यूलोज का पाचन केवल सीकम में ही होता है। इसका अवशोषण भी सीकम में ही होता है।

टिप्पणी

1.6 क्षणिक दृष्टि में भोजन का पाचन (Digestion of Food at a Glance)

टिप्पणी



1.7 पचे हुए भोजन का अवशोषण तथा स्वांगीकरण (Absorption and Assimilation of Digested Food)

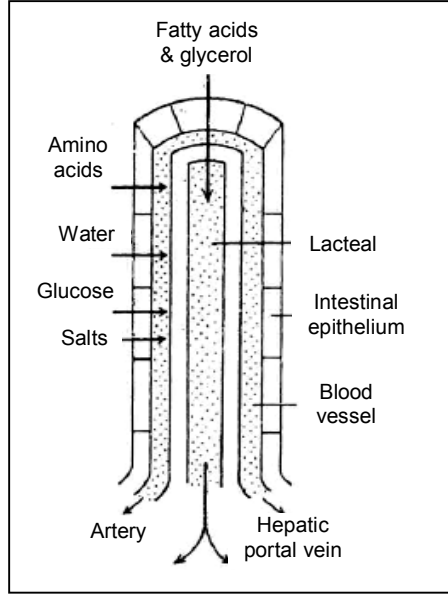
भोजन के पचे हुए सभी पोषक तत्व घुलनशील अवस्था में होते हैं, अन्तः ये कोशिका मेम्ब्रेन के आर-पार आ-जा सकते हैं जहाँ से रूधिर केशिकाएँ (Blood capillaries) इन्हें ग्रहण कर पूरे शरीर की कोशिकाओं में आवश्यकतानुसार वितरित करती हैं। भोजन का अवशोषण छोटी आन्त्र में ही होता है। क्षुद्रान्त (Ileum) में भोजन पाचन के पश्चात् सरल अणुओं के रूप में पाया जाता है। कार्बोहाइड्रेट्स परिवर्तित होकर मोनोसैकेराइड्स में तथा प्रोटीन्स विखण्डित होकर अमीनो अम्लों एवं वसा, वसा अम्लों एवं ग्लिसरॉल में बदल जाते हैं।

1.7.1 अवशोषण (Absorption)

आमाशय में पोषक पदार्थों का अवशोषण न के बराबर होता है। अधिकांश पोषक तत्वों का अवशोषण छोटी आन्त्र में होता है। छोटी आन्त्र की श्लेष्मिका (Mucous membrane) की स्तम्भी एपीथीलियम (Columnar epithelium) कोशिकाएँ चूषक (गोब्लेट-Goblet) होती हैं। आन्त्र का भीतरी स्तर सपाट न होकर उंगलीनुमा प्रवर्धों व रसांकुरों (Villi) के रूप में उभरा रहता है जिससे भोजन का अवशोषण तल लगभग 8 गुना बढ़ जाता है।

अवशोषण के द्वारा शोषित पदार्थ सीधे रक्त में नहीं मिलते हैं। निष्क्रिय अभिगमन (Passive transport) एवं ATP की ऊर्जा के व्यय से सक्रिय अभिगमन (Active transport) होने के कारण अवशोषण की क्रिया विधि में O_2 की खपत में वृद्धि होती है।

टिप्पणी



चित्र क्र. 1.6: Diagram Showing Physiology of Villus

1.7.2 विभिन्न पोषक पदार्थों का अवशोषण (Absorption of Different Nutrients)

शोषण की मूलभूत विधि विसरण (Diffusion) होती है, जिसके अन्तर्गत सक्रिय अभिगमन (Active Transport) एवं निष्क्रिय अभिगमन (Passive transport) आते हैं। फ्रुक्टोस (Fructose), ग्लूकोस (Glucose) एवं गैलेक्टोज (Galactose) आदि आकार में एवं रासायनिक संगठन (Chemical Composition) में समान होते हैं, फिर भी यह विभिन्न दर से शोषित होते हैं। एन्डरसन एवं यूसिंग (Anderson and Ussing, 1963) तथा होल्टर (Holter, 1961) के अनुसार आहार नाल में वाहक अणु (Carrier Molecules) पाये जाते हैं। यह अणु, अभिगमनीय पदार्थों (Transported material) के एक सम्मिश्रण (Complex) को झिल्ली या मेम्ब्रेन के एक ओर बनाते हैं और इसको दूसरी ओर छोड़ देते हैं, जहाँ यह विघटित (Dissociate) होकर मुक्त हो जाते हैं।

छोटी आन्त्र में भोजन का पाचन पूर्ण होने के पश्चात् भोजन पदार्थ इस रूप में परिवर्तित हो जाते हैं कि आन्त्र की अर्धपारगम्य (Semipermeable) मेम्ब्रेन से विसरित होकर रक्त प्रवाह एवं लिम्फ में पहुँच जाते हैं—

1. कार्बोहाइड्रेट का अवशोषण (Absorption of Carbohydrates)— कार्बोहाइड्रेट्स का अवशोषण मोनोसैकेराइड्स (Monosaccharides) के रूप में सीधे रक्त प्रवाह में होता है। यह देखा गया है कि आन्त्र की भित्ति पॉलीसैकेराइड्स

टिप्पणी

(Polysaccharides) के लिए अपारगम्य (Impermeable) होती है। लेकिन वर्तमान में वैज्ञानिकों ने यह पाया कि अधिक मात्रा में डाइसैकेराइड्स आन्त्र की इपीथीलियम के द्वारा शोषित होते हैं जबकि वह अधिक मात्रा में लिए जायें। सामान्य रूप से कुछ डाइसैकेराइड्स आन्त्र इपीथीलियम की कोशिकाओं में पहुँचते हैं जहाँ यह डाइसैकेराइड्स माल्टेस (Maltase) एवं लैक्टोस (Lactase) एन्जाइम के द्वारा विघटित होते हैं। अपचित एवं अशोषित डाइसैकेराइड्स आन्त्रों में पाये जाने वाले जीवों के लिए भोजन का कार्य करते हैं।

विभिन्न प्रकार के मोनोसैकेराइड्स (Monosaccharides) विभिन्न दरों में अवशोषित होते हैं। निम्नलिखित क्रम में विभिन्न शर्कराओं (Sugars) का अवशोषण पाया जाता है— गैलेक्टोस, ग्लूकोस, फ्रुक्टोस, मैनोस (Mannose) जाइलोस (Xylose) आदि पेन्टोसेस (Pentoses) राइबोस एवं डीऑक्सीराइबोस के अणु छोटे होते हैं, इस कारण हैक्सोसेस (Hexoses) की अपेक्षा अधिक तीव्रता से शोषित होती हैं।

कुछ मोनोसैकेराइड्स (Monosaccharides) निष्क्रिय अभिगमन (Passive transport) के द्वारा शोषित होते हैं। इस विधि के अन्तर्गत आन्त्रों में मोनोसैकेराइड्स की सान्द्रता रक्त कोशिकाओं (Blood capillaries) की अपेक्षा अधिक होती है, इस कारण अणु (Molecules) निष्क्रिय रूप से आँतों की गुहिका (Lumen) से रक्त में होते हैं। इस विधि में ऊर्जा (Energy) की आवश्यकता नहीं होती है। मोनोसैकेराइड्स सक्रिय अभिगमन (Active transport) के द्वारा भी शोषित होते हैं। अवशोषण Na^+ की उपस्थिति पर निर्भर होता है। अभिगमन के समय शर्करा (Sugar) गतिशील वाहक (Mobile carrier) से मिलकर शर्करा वाहक मिश्रण (Sugar carrier complex) को बनाती है। वाहक को ऊर्जा की आवश्यकता होती है। Na^+ , ATP से ऊर्जा प्रदाय को प्रभावित करता है। शर्करा के शोषण की दर थायरोक्सिन (Thyroxine), अग्र पीयूष ग्रन्थि से स्त्रावित हार्मोन्स, विटामिन B तथा म्यूकस मेम्ब्रेन की अवस्था पर निर्भर होती है।

2. प्रोटीन का अवशोषण (Absorption of Proteins)— प्रोटीन्स (Proteins) प्रोटियेसेस (Proteases) की क्रिया के द्वारा अमीनो अम्ल (Amino acids) में विघटित होते हैं। अमीनो अम्ल विभिन्न अणुभार (Molecular weight) के आधार पर विभिन्न दर के द्वारा शोषित होते हैं। ग्लाइसीन (Glycine) अधिक तीव्रता से शोषित होता है, इसके पश्चात् एलेनिन (Alanine), सिस्टीन (Cystine), ग्लूटेमिक अम्ल (Glutamic acid) आदि। α -अमीनो अम्ल सक्रिय अभिगमन विधि के द्वारा शोषित होते हैं। गिब्सन (Gibson) एवं वीजमेन (Weisman) ने 1951 में प्रमाणित किया कि अमीनो अम्ल का शोषण एक चयनित रासायनिक विधि (Selective chemical process) होती है क्योंकि α -अमीनो अम्ल अपने ऑप्टिकल आइसोमर (Optical isomer) की अपेक्षा अधिक तीव्रता से अवशोषित होते हैं। α -अमीनो अम्ल निष्क्रिय अभिगमन के द्वारा शोषित होते हैं। कभी-कभी डाइपेप्टाइड्स (Dipeptides) की कम/कुछ मात्रा शोषित होती है, लेकिन बहुत कम पिनोसायटोसिस (Pinocytosis) विधि के द्वारा सम्पूर्ण प्रोटीन कण शोषित हो सकते हैं। प्रोटियोसेस (Proteases) एवं पेप्टोन्स (Peptones) घुलनशील होते हुए भी आँतों की म्यूकस कोशिकाओं के द्वारा शोषित नहीं होते हैं।

3. वसा का अवशोषण (Absorption of fat)— पाचन विधि के अन्तर्गत वसा (Fat) ग्लिसरॉल (Glycerol), डाइग्लिसराइड्स (Diglycerides), मोनोग्लिसराइड्स (Monoglycerides) एवं स्वतन्त्र वसा अम्ल (Fat acids) के मिश्रण में विघटित होता है। वसा का अवशोषण सक्रिय अभिगमन (Active transport) विधि के द्वारा होता है। ग्लिसरॉल (Glycerol), आसानी से जल में घुल जाता है तथा आसानी से अवशोषित हो जाता है।

वसा अम्ल का अवशोषण हाइड्रोफिलिक/जलरागी (Hydrophilic) होता है, जबकि उच्च अणु भार के वसा अम्ल का शोषण हाइड्रोफोबिक/जलविरागी (Hydrophobic) होता है। निम्न/कम अणुभार के वसा अम्ल बिना कठिनाई के अवशोषित हो जाते हैं। उच्च अणुभार के वसा अम्ल का अवशोषण तब तक नहीं होता है जब तक घुलित रूप या घुलनशील अवस्था में नहीं हों। अर्थात् वसा अम्ल-पित्त लवणीय मिश्रण/पित्त लवण (Bile salt) की क्रिया के द्वारा वसा अम्ल के साथ जल घुलनीय मिश्रण के बनने की क्रिया को हायड्रोफोबिक क्रिया/जलानुवर्तिक क्रिया (Hydrotrophic action) कहते हैं।

4. जल का अवशोषण (Absorption of water)— पानी का अवशोषण आमाशय से प्रारम्भ होता है, लेकिन यह शीघ्र एवं तीव्र रूप से आन्त्रों में चला जाता है, इस कारण पानी का शोषण मुख्य रूप से आन्त्रों में होता है। मनुष्य में 15 से 20 लिटर पानी 24 घन्टे में आँतों के द्वारा शोषित होता है। पानी की आँतों में गति को जठरीय-आन्त्रीय संवहन (Gastrointestinal Circulation) कहते हैं। ऑस्मोसिस (Osmosis) या परासरण विधि पानी के अवशोषण की मुख्य विधि होती है क्योंकि भोजन का परासरणी दाब (Osmotic pressure) काइम (Chyme) के दाब से अधिक होता है।

5. विटामिन्स का अवशोषण (Absorption of Vitamins)— जल में घुलनशील विटामिन्स का अवशोषण, विसरण (Diffusion) की सामान्य विधि के द्वारा होता है। वसा घुलनशील विटामिन्स का अवशोषण पित्तरस की उपस्थिति में एमल्सीफाइड वसा (Emulsified fat) के साथ होता है। विटामिन B₁₂ के अवशोषण के लिए कुछ आन्तरिक कारकों द्वारा किया जाता है।

6. खनिज लवणों का शोषण (Absorption of mineral salts)— आन्त्रों की इपीथीलियम के द्वारा कुछ अकार्बनिक लवणों का शोषण किया जाता है। आन्त्रों के विभिन्न क्षेत्रों के द्वारा बाइकार्बोनेट (Bicarbonates) का शोषण होता है। सोडियम, पोटेशियम एवं क्लोराइड आयन्स का अवशोषण तीव्रता से होता है जबकि मैग्नीशियम एवं सल्फेट आयन्स का अवशोषण कठिनाई से होता है। बड़ी आन्त्र की म्यूकोसा सोडियम के अवशोषण का मुख्य अंग होता है। क्लोराइड, सोडियम आयन्स के साथ अवशोषित होता है। लौह (Iron) का अवशोषण ड्यूडेनम में होता है तथा कैल्शियम का अवशोषण सोडियम आयन्स की अपेक्षा धीमी गति से होता है।

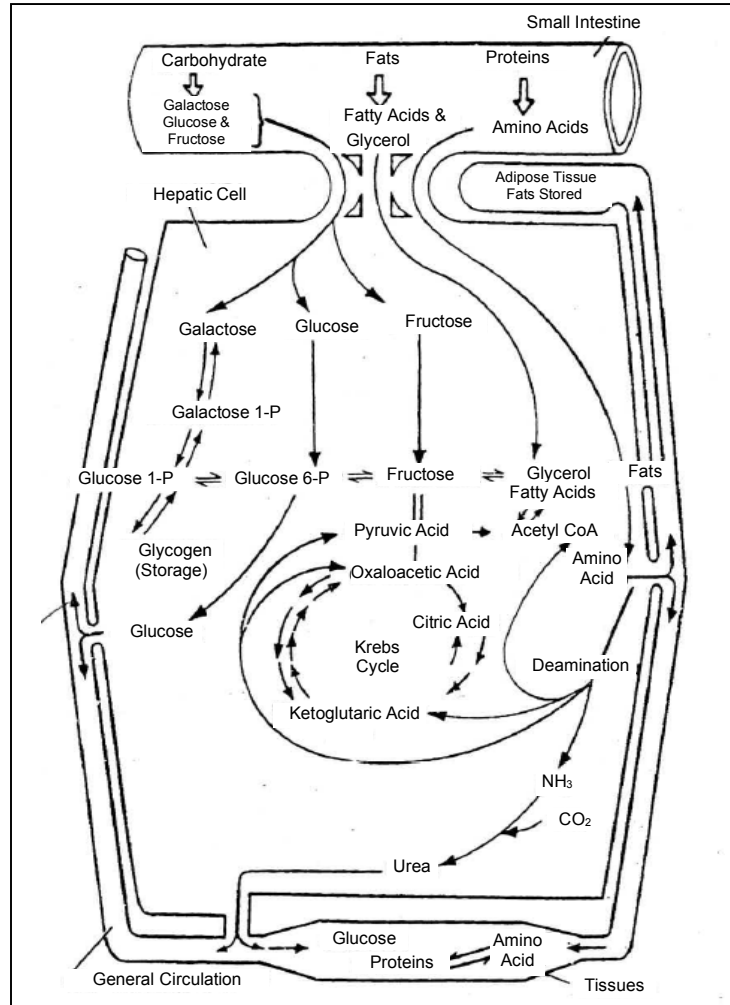
7. न्यूक्लिक अम्ल का अवशोषण (Absorption of Nucleic acid)— न्यूक्लिक अम्ल (Nucleic acid) का विसरणीय रूप न्यूक्लियोसाइड (Nucleoside) होता है। सर्वप्रथम न्यूक्लिक अम्ल का आन्त्र के अन्दर आर.एन.ए. एवं डी.एन.ए. के न्यूक्लियोसाइड (Nucleoside) में क्रमशः राइबोन्यूक्लेएज (Ribonuclease) एवं डी-ऑक्सी रिबोन्यूक्लेएज (Deoxyribonuclease) की उपस्थिति में होता है।

इसके अतिरिक्त कुछ भोज्य पदार्थों का अवशोषण न केवल छोटी आन्त्र में होता है बल्कि आहार नाल के अन्य भागों में भी होता है। आहार नाल के विभिन्न भागों की म्यूकस मेम्ब्रन के द्वारा अनेक औषधियों का अवशोषण हो सकता है।

1.7.3 स्वांगीकरण (Assimilation)

अवशोषित भोजन का शरीर में उपयोग किया जाना स्वांगीकरण कहलाता है।

आन्त्र की श्लेष्मिक कोशिकाओं द्वारा अवशोषित पोषक तत्व रूधिर में पहुँचते हैं। ये पदार्थ जैसे— ग्लूकोज, वसीय अम्ल, ग्लिसरॉल, अमीनो अम्ल, फॉस्फोलिपिड्स, यूरिया, जल, लवण तथा विटामिन्स आदि रूधिर प्लाज्मा में रहते हैं। रूधिर इन सभी पदार्थों को आवश्यकतानुसार पूरे शरीर की कोशिकाओं में वितरित करता है जिसमें यूरिया को वृक्क कोशिकाएँ ग्रहण कर मूत्र का निर्माण करती हैं। शरीर की अन्य कोशिकाएँ इन पोषक तत्वों को उपापचय (Metabolism) की आवश्यकतानुसार ग्रहण करती हैं जहाँ ये सायटोप्लाज्म/ कोशिकाद्रव्य (Cytoplasm) का ही अंश बनकर उसमें विलीन हो जाते हैं। इसी को पदार्थों का स्वांगीकरण कहते हैं।



चित्र क्र. 1.7: Diagrammatic Representation of Transformation of Food in Liver

ग्लूकोस (Glucose) आदि कार्बोहाइड्रेट पदार्थों का उपयोग कैटाबॉलिज्म (Catabolism) के अन्तर्गत जारण द्वारा ऊजा-उत्पादन में होता है। कुछ ग्लिसरॉल तथा वसाओं का उपयोग भी इसी काम के लिए होता है।

1.7.4 मलत्याग (Defaecation)

कोलन (Colon) में एन्जाइमों के अभाव के कारण किसी प्रकार का पाचन नहीं होता है। इसकी कोशिकाएँ केवल क्षारीय म्यूसिन (Mucin) का स्रावण करती हैं। कोलन (Colon) में उपस्थित सहजीवी बैक्टीरिया तथा प्रोटोजोआ काइम (Chyme) भोजन का किण्वन (फर्मेंटेशन-Fermentation) तथा सड़ाव (Putrefaction) करने लगते हैं।

कोलन (Colon) की श्लेष्मिका की कोशिकाएँ भोजन से अधिकांश जल तथा लवणों का शोषण कर रक्त में पहुँचाती हैं। इस प्रकार अपचित भोजन अर्धठोस/मल (Faeces) का रूप ले लेता है। शशक में यह छोटी-छोटी गोलियों के रूप में होता है।

कोलन से मल जैसे ही मलाशय (Rectum) में पहुँचता है, गुदा नाल (Anal canal) की पेशियाँ शिथिल होकर गुदाद्वार (Anus) को खोल देती हैं और मल बाहर निकल जाता है।

मलभोग (कोप्रोफैगी-Coprophygy)— शशक अपने रात्रि के अर्धाठोस मल को पुनः खा लेता है। अन्तः शशक एक बार के भोजन को दो बार में पचाता है। प्रथम बार में भोजन में उपस्थित सेल्यूलोज (Cellulose) का पाचन पूर्ण नहीं होता है, अन्तः मल को पुनः खाकर अर्धपचित पदार्थों को पचाकर पूर्ण लाभ प्राप्त करता है। शशक की इस आदत को मलभोग (Coprophygy) कहते हैं।

अपनी प्रगति जाँचिए (Check Your Progress)

1. लार परिवर्तित करती है—
 - (क) ग्लायकोजेन को ग्लूकोस में
 - (ख) स्टार्च को माल्टोज में
 - (ग) वसा को वसा अम्ल में
 - (घ) प्रोटीन्स को अमीनो अम्ल में
2. पित्त का मुख्य कार्य है—
 - (क) एन्जाइम की क्रिया द्वारा वसा का पाचन
 - (ख) पाचन के लिए वसा का एमल्सीकृत करना
 - (ग) व्यर्थ पदार्थों को बाहर निकालना
 - (घ) प्रोटीन के पाचन का नियमन

टिप्पणी

टिप्पणी

3. आमाशय का अम्लीय माध्यम किसके कारण है?
 - (क) गैस्ट्रिक इपीथीलियम के द्वारा म्यूकस के स्रावन से
 - (ख) पित्त के स्रावन से
 - (ग) पैंक्रियाटिक रस के स्रावन से
 - (घ) गैस्ट्रिक ग्रन्थियों के द्वारा HCl के स्रावन से
4. मनुष्य में सेल्यूलोज का पाचन होता है—
 - (क) आमाशय में
 - (ख) कोलन में
 - (ग) ऐपेन्डिक्स में
 - (घ) किसी में नहीं
5. वह एन्जाइम जो न तो अम्लीय और न ही क्षारीय माध्यम में कार्य करता है—
 - (क) इरेप्सिन
 - (ख) पेप्सिन
 - (ग) टायलिन
 - (घ) स्टेप्सिन

1.8 प्रोटीन चयापचय/मेटाबॉलिज्म (Protein Metabolism)

1.8.1 मेटाबॉलिज्म (Metabolism)

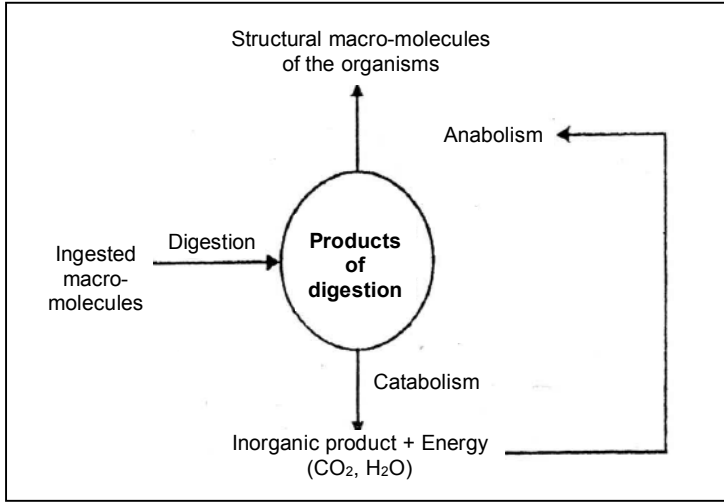
(Metabolism = Gk. = *Metabole* – Change – परिवर्तन)

“कोशिकाओं के आण्विक घटकों (Molecular constituents) में रासायनिक रूपान्तरण (Chemical transformation), प्रतिस्थापन (Replacement) एवं नवीनीकरण (Renewal) निरन्तर होते रहते हैं। आण्विक घटक की इस गतिक अवस्था (Dynamic state) को चयापचय (Metabolism) कहते हैं।”

अथवा

“सजीव के शरीर के भोज्य पदार्थ के रासायनिक रूपान्तरण में होने वाली समस्त भौतिक एवं रासायनिक प्रक्रियाओं को चयापचय या मेटाबॉलिज्म (Metabolism) कहते हैं।”

प्राणी को विभिन्न क्रियाओं के लिए भी ऊर्जा (Energy) की आवश्यकता होती है। ऊर्जा की प्राप्ति जीवधारी को भोजन से तथा ऑक्सीजन वातावरण से प्राप्त होती है। भोजन शरीर में पाचन के पश्चात् अवशोषित होता है तथा बाद में भौतिक (Physical) एवं रासायनिक प्रक्रियाओं के द्वारा भोजन का रासायनिक रूपान्तरण (Chemical transformation) होता है। शरीर में पदार्थों के इस रूपान्तरण के लिए निरन्तर होने वाली समस्त भौतिक एवं रासायनिक क्रियाओं को संयुक्त रूप से चयापचय (Metabolism) कहते हैं।



चित्र क्र. 1.8: Uses of Food

1.8.2 प्रोटीन चयापचय (Protein Metabolism)

‘प्रोटीन’ (Protein) शब्द ग्रीक भाषा से लिया गया है। (Gr. *Protos*-occupy first place) इसका अर्थ प्रारम्भिक आवश्यक पदार्थ होता है। प्रोटीन कोशिकाओं के घटकों का संरचनात्मक ढाँचा बनाती है। यह सजीव प्राणी के शरीर का 14% तथा मृत एवं शुष्क शरीर का 75% भाग बनाता है। प्रोटीन अमीनो अम्लों (Amino acids) की श्रृंखलाओं से बने अधिक आण्विक भार वाले पॉलीमर (Polymer) हैं। प्रोटीन्स में अमीनो अम्ल क्रमशः अमीनो ($-NH_2$) एवं कार्बोक्सिल ग्रुप ($-COOH$) द्वारा एक-दूसरे से संयोजित रहते हैं। प्राणी शरीर की वृद्धि (Growth), टूट-फूट की मरम्मत (Repair) एवं नवीनीकरण (Renewal) भी मुख्यतः प्रोटीन्स द्वारा होता है।

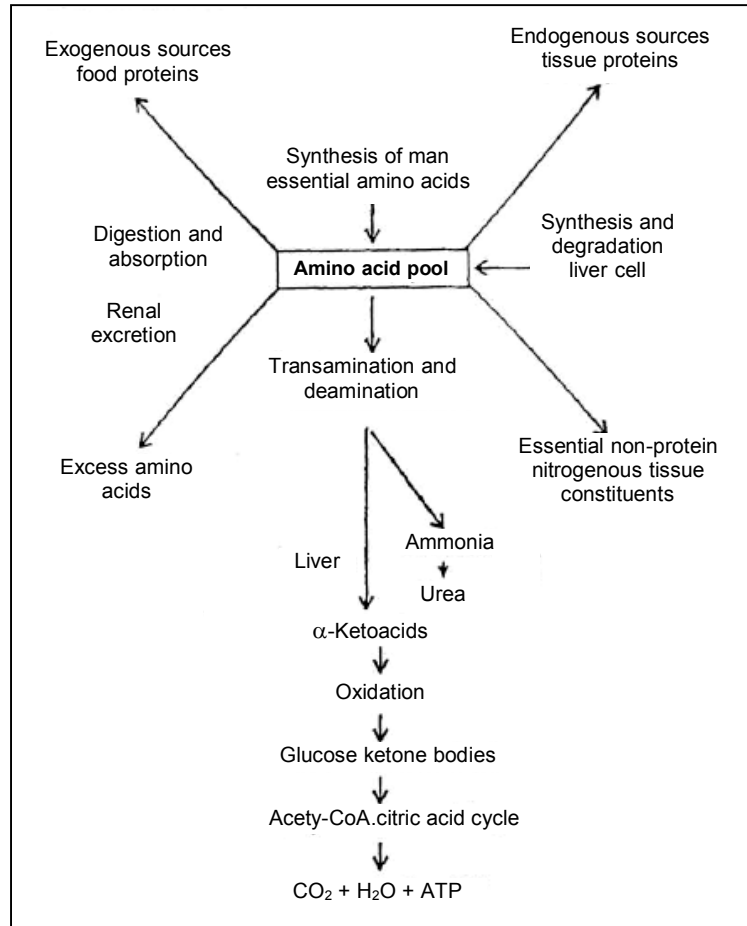
प्रोटीन चयापचय एक जटिल प्रक्रिया है। प्रोटीन्स अमीनों अम्लों से निर्मित होते हैं। शरीर में जब ग्लूकोस/शर्करा का भरण बंद हो जाता है, तब संग्रहित नाइट्रोजन धीरे-धीरे उत्सर्जित होने लगती है। नए अमीनो अम्लों का निर्माण कार्बोहाइड्रेट्स (Carbohydrates) या वसा (Fat) चयापचय (Metabolism) से प्राप्त यौगिकों के स्थानान्तरण के द्वारा होता है। अमीनों अम्लों के ऑक्सीकरण से CO_2 , NH_3 एवं H_2O बनते हैं। अमोनिया यकृत में जाकर यूरिया में परिवर्तित हो जाती है और मूत्र के रूप में बाहर निकल जाती है।

प्रोटीन युक्त भोजन लेने के उपरान्त भी रक्त में अमीनों अम्लों की मात्रा में विशेष परिवर्तन नहीं होता है। अमीनो अम्लों का मात्रा स्थिर रखने के लिए वृक्क (Kidney) विशेष कार्य करते हैं। प्रोटीन्स का उपयोग आंतरिक क्षति की पूर्ति के लिए भी हो सकता है।

प्रोटीन्स पाचन के पश्चात् अमीनो अम्लों में परिवर्तन हो जाते हैं जोकि प्रोटीन का रचनात्मक (Structural) इकाई होते हैं। प्राणियों में अमीनो अम्ल छोटी आँत में रक्त के द्वारा अवशोषित कर लिये जाते हैं। रक्त इनको यकृत में पहुँचा देता है।

टिप्पणी

अन्तर्जात अमीनो अम्ल को/एण्डोजीनस अमीनो अम्ल/एसिड्स (Endogenous amino acids) कहते हैं। बहिर्जात अमीनो अम्ल ऐक्सोजीनस अमीनो एसिड्स (Exogenous amino acid) कहलाते हैं। यकृत की कोशिकाओं में अमीनो अम्ल का भण्डारण (Pool) करते हैं।



चित्र क्र. 1.9: Metabolism of Proteins

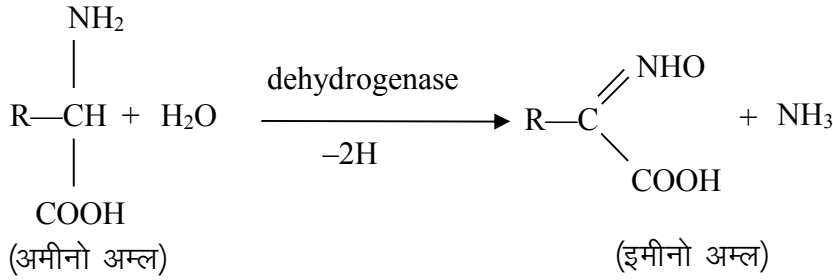
डीएमिनेशन (Deamination) या विएमिनीकरण— अमीनो अम्लों के नाइट्रोजनी समूह का अमोनिया के रूप में अपनयन (Removal) इनके अपघटन की प्रथम अवस्था है। अमीनो अम्लों के अमीनो समूह ($-NH_2$) के अपनयन की क्रिया को जिनके द्वारा यह कीटो अम्ल (Keto acid) में परिवर्तित हो जाता है, विएमिनीकरण (Deamination) कहते हैं। या अमीनो अम्ल के अल्फा-कीटो अम्ल में परिवर्तन के समय ऑक्सीकरण के द्वारा अमीनो समूह के हटने की प्रक्रिया को विएमिनीकरण (Deamination) कहते हैं।

विएमिनीकरण (Deamination) विविध प्रकार के एन्जाइमों की क्रिया द्वारा होता है जोकि ऑक्सीकरण (Oxidative) या जलअपघटनी (Hydrolytic) होते हैं—

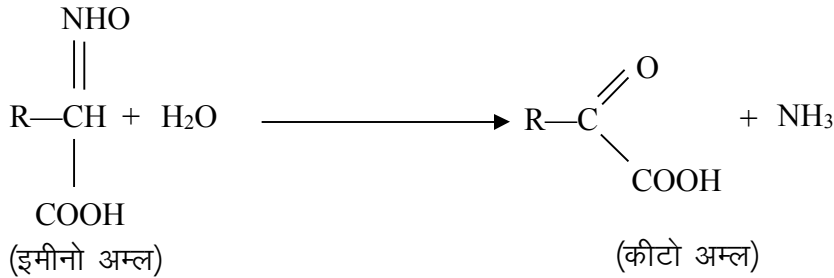
(a) **ऑक्सीकरण विएमिनीकरण (Oxidative Deamination)**— इस प्रकार की प्रक्रिया फ्लेविन (Flavin) एन्जाइमों के एक समूह द्वारा उत्प्रेरित होता

है जिनको अमीनो अम्ल ऑक्सीडेजेज (Amino acid Oxidases) कहा जाता है। यह क्रिया निम्नलिखित प्रकार से होती है—

- (i) उच्च श्रेणी के प्राणियों में अमोनिया (Ammonia), यूरिया (Urea) एवं यूरिक अम्ल (Uric acid) में परिवर्तित कर दिया जाता है। यह क्रिया दो प्रावस्थाओं में होती है। प्रथम अवस्था में डिहाइड्रोजिनेज (Dehydrogenase) नामक एन्जाइम की उपस्थिति में अमीनो अम्ल, इमीनो अम्ल (Imino acid) में परिवर्तित कर दिया जाता है तथा पानी का एक अणु बाहर निकलता है—



- (ii) दूसरे चरण में इमीनो अम्ल, जल के साथ क्रिया करके कीटो अम्ल (Keto acid) बनाता है एवं अमोनिया मुक्त कर दी जाती है—



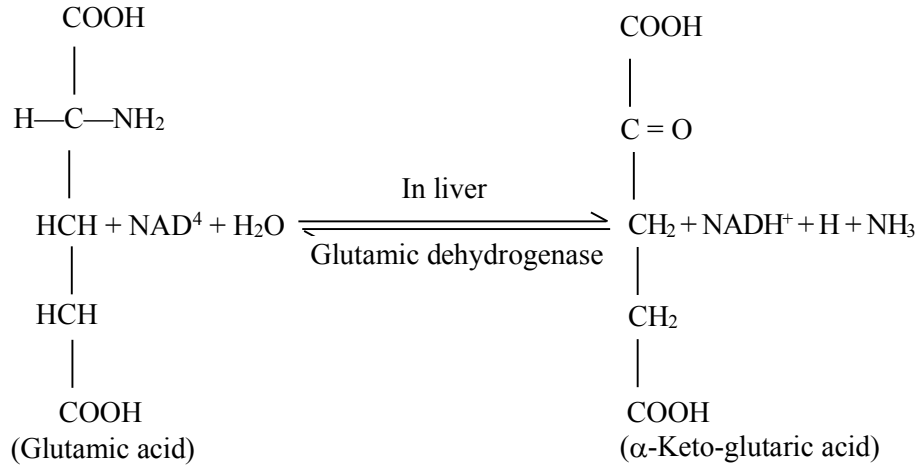
अमोनिया स्वभाव से अत्यन्त जहरीली होती है। यह यकृत में यूरिया (Urea) एवं यूरिक अम्ल (Uric acid) में परिवर्तित कर उत्सर्जित कर दी जाती है।

ऑक्सीकरण विअमीनीकरण (Oxidative Deamination) क्रिया के अन्तर्गत अमीनो अम्ल के α -अमीनो समूह को अपनयन कर सम्बन्धित कीटो अम्ल में परिवर्तित करते हैं। इसके लिए एन्जाइम अमीनो अम्ल ऑक्सीडेज (Amino acid Oxidase) होता है। अमीनो अम्ल ऑक्सीडेज क्रिया में अमीनो अम्ल सर्वप्रथम ऑक्सीडेज के फ्लेवोप्रोटीन (Flavoprotein) के द्वारा डिहाइड्रोजिनेट (Dehydrogenate) होता है और अमीनो अम्ल को बनाता है। इसमें पानी को मिलाकर सम्बन्धित α -कीटो अम्ल को α -अमीनो नाइट्रोजन के पश्चात् अमोनिया में परिवर्तित कर देता है।

टिप्पणी

टिप्पणी

(b) **जल अपघटनी विएमिनीकरण (Hydrolytic Deamination)**— प्राणियों के शरीर में विएमिनीकरण की क्रिया के लिए अनेक जल अपघटनी (Hydrolytic) एन्जाइम पाए जाते हैं जो कि विशिष्ट अमीनो अम्लों विशेषकर गंधक युक्त एसपार्टिक एवं ग्लूटैमिक अम्लों का विएमिनीकरण करते हैं। ग्लूटैमिक अम्लों के अनाॅक्सीकारक विएमिनीकरण में ग्लूटैमिक डिहाइड्रोजीनेज एन्जाइम द्वारा ग्लूटैमिक अम्ल और जल के संयोजन से H₂ के दो परमाणु पृथक् किए जाते हैं। NAD सहएन्जाइम के रूप में कार्य करता है एवं एक कीटो अम्ल की उत्पत्ति होती है—



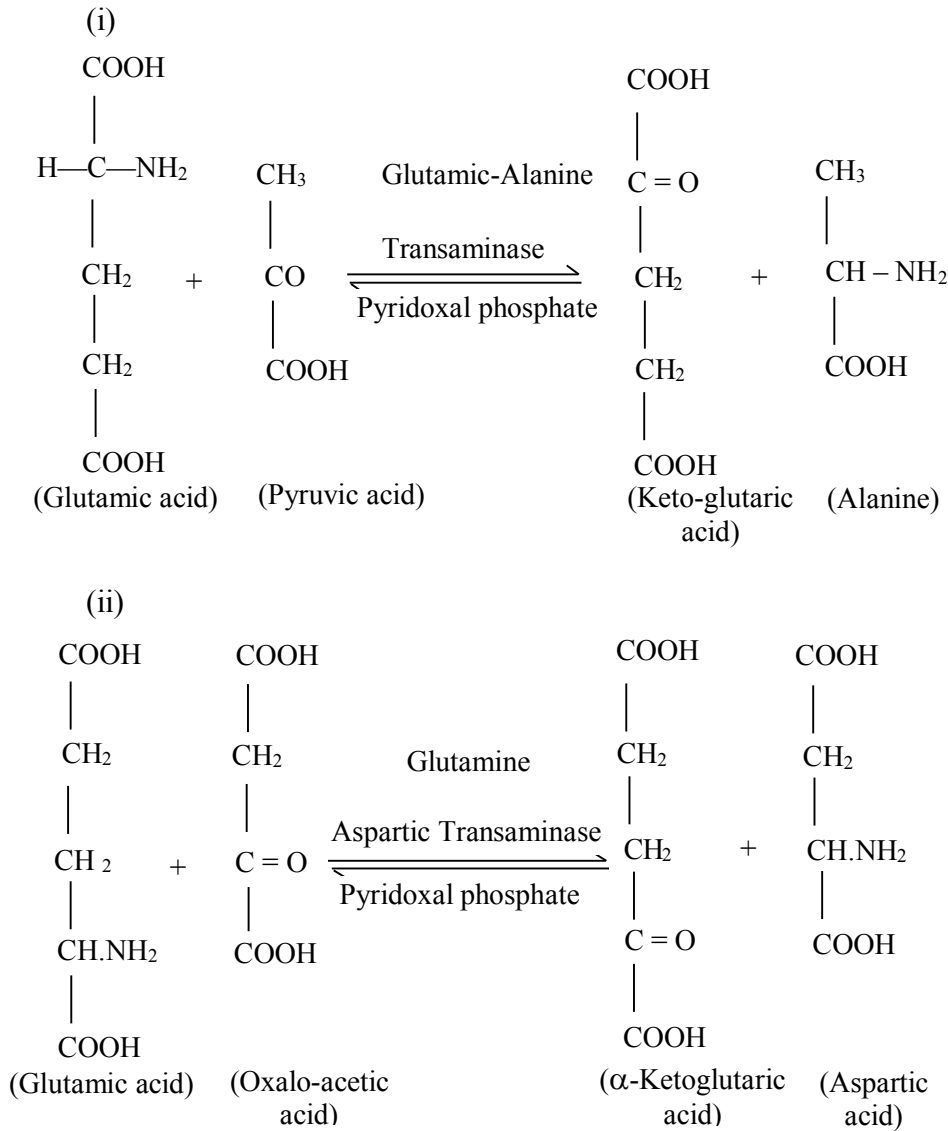
कशेरुक प्राणियों में यह प्रक्रिया यकृत (Liver) में होती है। कार्बोहाइड्रेट चयापचय में α -कीटो-ग्लूटैरिक अम्ल मध्यवर्ती यौगिक (Intermediate compound) में से एक है। इस प्रकार उत्पन्न होने वाली अमोनिया, रक्त के लिए विषैली होती है, इस कारण इसे शरीर से हटाना आवश्यक है। अन्तः अमोनिया अपरिवर्तित रूप में ही निष्कासित हो जाती है।

ऐमिनीपरिणमन या ट्रान्सऐमिनेशन (Transamination)— अमीनो अम्ल के अमीनो समूह (Amino group) निरंतर प्रवाह की अवस्था में प्रवृत्त रहते हैं, जिसमें एक कार्बन गठन से दूसरे में विस्थापन की प्रक्रियाएँ मध्यस्थ क्रियाओं (Intermediate reaction) के द्वारा सम्पन्न होती हैं। इस प्रकार के विस्थापन को ऐमिनीपरिणमन/ट्रान्सऐमिनेशन (Transamination) कहते हैं या इसके अन्तर्गत एक अमीनो समूह से कीटो अम्ल (Keto acid) के कीटो समूह (Keto group) में स्थानान्तरित होता है और एक अमीनो अम्ल तथा कीटो एसिड (Keto acid) बनता है। क्रिया रिवर्सिबिल होती है और ट्रान्सऐमिनेसेस (Transaminases) एन्जाइम के द्वारा उत्प्रेरित होती है। इन एन्जाइम्स को अमीनोट्रान्सफेरेसेस (Aminotransferases) कहते हैं। ट्रान्सऐमिनेसेस एन्जाइम्स सभी ऊतकों में पाए जाते हैं। ट्रान्सऐमिनेसेस को सह-एन्जाइम पिरिडॉक्सल फॉस्फेट (Pyridoxal phosphate) की आवश्यकता होती है। यह सह-एन्जाइम अमीनो समूह के लिये वाहक का कार्य करता है।

एलेनिन (Alanine), ऐस्पार्टिक अम्ल (Aspartic acid) एवं ग्लूटैमिक अम्ल (Glutamic acid) सभी ट्रान्सऐमिनेशन में कार्य करते हैं। लेकिन लायसिन (Lysine) एवं थ्योरिन (Theorine) नहीं करते हैं।

टिप्पणी

ट्रान्सएमिनेशन प्रक्रिया सामान्य रूप से यकृत (Liver) एवं रक्त प्लाज्मा (Blood Plasma) में होती है। यह प्रक्रिया आंशिक रूप से या कुछ अंशों में मस्तिष्क (Brain), हृदय (Heart), वृक्क/किडनी (Kidney) एवं पेशी (Muscles) में भी होती है। ट्रान्सएमिनेशन प्रक्रिया में ग्लाइसिन (Glycine), ल्यूसिन (Leucine), टायरोसिन (Tyrosine), एलेनिन (Alanine), प्रोलिन (Proline), आर्जीनाइन (Arginine), हिस्टीडीन (Histidine), ऐस्पार्टिक अम्ल (Aspartic acid) एवं ग्लूटेमिक अम्ल (Glutamic acid) सक्रिय रूप से कार्य करते हैं। ग्लूटेमिक अम्ल (Glutamic acid), पाइरूविक अम्ल (Pyruvic acid) के साथ मिलकर अल्फा-किटो-ग्लूटेरिक अम्ल (Alpha-Keto-Glutaric acid) एवं एलेनिन (Alanine) को बनाता है—

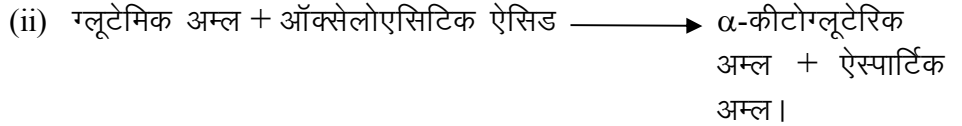
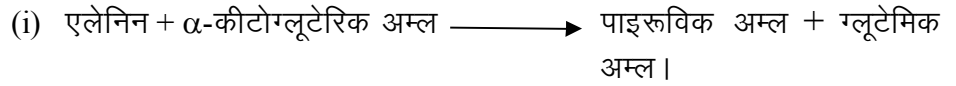


1.8.3 ट्रान्सएमिनेशन का महत्व (Importance of Transamination)

टिप्पणी

1. इस विधि के द्वारा प्राणियों के शरीर में इस प्रकार का एक स्रोत उपलब्ध होता है जिसके द्वारा शरीर की कोशिकाओं को अमीनो नाइट्रोजन (Amino-nitrogen) का पुनः वितरण किया जाता है।

उदाहरण— एक प्राणी अपने भोजन के द्वारा विभिन्न प्रकार के अमीनो अम्लों (Amino-acids) को प्राप्त करता है जोकि प्राणी की चयापचय/मेटाबॉलिज्म क्रियाओं के लिए आवश्यक होते हैं। जैसे की भोजन से प्राप्त अमीनो अम्ल में एलेनिन अमीनो अम्ल (Alanine Amino acid) की अधिकता होती है। इसके विपरीत ऐस्पार्टिक अम्ल (Aspartic acid) की कमी पायी जाती है। शरीर में ऐस्पार्टिक अमीनो अम्लों का निर्माण अग्रलिखित प्रकार से होता है—



2. यह विधि शरीर की सभी कोशिकाओं में पायी जाती है। मुख्य रूप से यह क्रिया यकृत (Liver) में पायी जाती है। इस विधि के द्वारा अमीनो अम्ल कार्बन यौगिक में परिवर्तित होकर नाइट्रिक अम्ल (Nitric acid) चक्र में प्रवेश करके ऊर्जा उत्पादन करते हैं। कुछ ट्रान्सएमिनेशन क्रियाएँ कीटो एसिड (Keto acid) का निर्माण करती हैं, जोकि साइट्रिक अम्ल (Citric acid) के यौगिक (Compound) होते हैं।

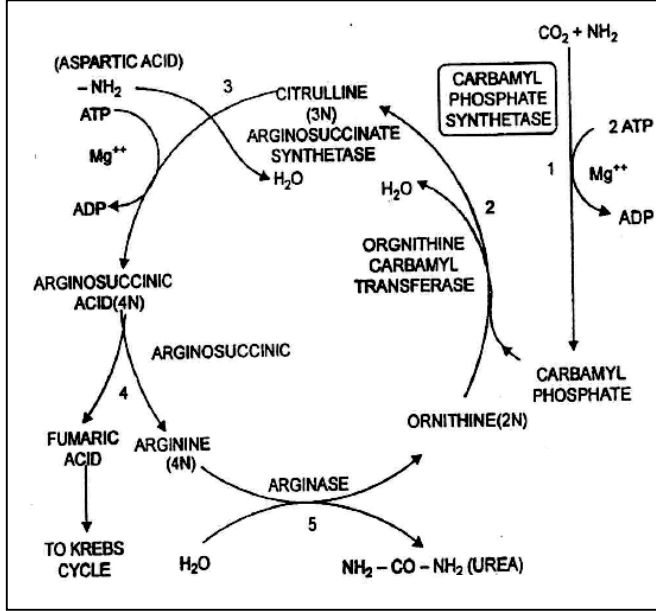
उदाहरण—

अमीनो अम्ल (Amino acids)	कीटो अम्ल (Keto acids)
1. ग्लूटेमिक अम्ल (Glutamic acid)	\longrightarrow α -कीटोग्लूटेरिक अम्ल (α -Keto gluteric acid)
2. एलेनिन (Alanine)	\longrightarrow पायरुविक अम्ल (Pyruvic acid)
3. ऐस्पार्टिक अम्ल (Aspartic acid)	\longrightarrow ऑक्सेलोऐसिटिक अम्ल (Oxaloacetic acid)

3. प्रोटीन (Protein) एवं वसा (Fats) का एक-दूसरे में अन्तरपरिवर्तन/इन्टरकन्वर्सन्स (Interconversions) ट्रान्सएमिनेशन विधि के द्वारा ही होता है।

अमोनिया की नियति (Fate of Ammonia)— आर्निथिन चक्र (Ornithine cycle) – यूरिया के निर्माण के लिए क्रैब्स एवं हेन्सलिट (Kreb's-Henseleit) के अनुसार उत्तरदायी आधार प्रतिक्रियाएँ निम्नलिखित प्रकार से है—

चित्र क्र. 1.10 के अनुसार अमोनिया, CO_2 व ATP के साथ मिलकर कार्बोनिल फॉस्फेट (Carbonyl phosphate) बनाती है जो कि आर्निथिन से क्रिया करके आर्निथिन चक्र में प्रवेश कर अन्त में यूरिया को निर्मित करती है।



चित्र क्र. 1.10: Ornithine Cycle

आधुनिक समय के वैज्ञानिकों के अनुसंधानों के अनुसार सर्वप्रथम CO_2 , बायोटिन (Biotin) ATP एवं N- ऐसिटाइल ग्लूटेमिक अम्ल (N- Acetyl glutamic acid) की उपस्थिति में सक्रिय अवस्था में आ जाती है। अब कार्बन डाइऑक्साइड अपनी सक्रिय (Active) अवस्था में ग्लूटामिन (Glutamine) से प्राप्त अमोनिया से अभिक्रिया कर कार्बामायल फॉस्फेट (Carbamyl Phosphate) एवं ATP रासायनिक प्रक्रियाओं को पूर्ण कराने में सहायता करते हैं। यह क्रिया कार्बामायल फॉस्फेट सिंथेटेज (Carbamyl phosphate synthetase) नामक एन्जाइम की उपस्थिति में पूर्ण होती है।

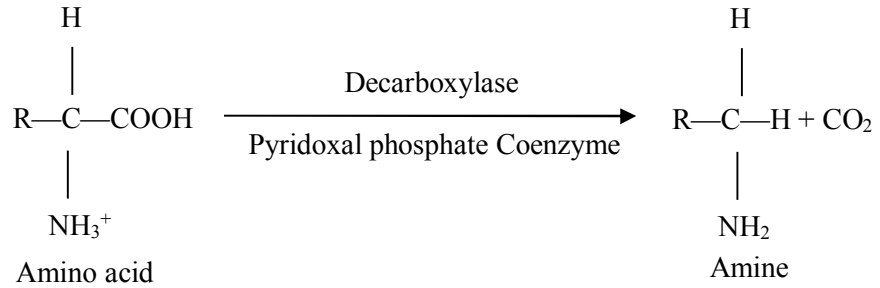
कार्बामायल फॉस्फेट, आर्निथिन ट्रान्सकार्ब-अमाइलेज की उपस्थिति में आर्निथिन से मिलकर सिट्रुलीन (Citrulline) को निर्मित करते हैं। सिट्रुलीन, ATP, Mg^{++} आयनों एवं आर्जिनोसक्सिनेट (Arginosuccinate) बनाता है। आर्जिनोसक्सिनेट, अब आर्जिनोसक्सिनेस (Arginosuccinase) एन्जाइम के साथ फ्यूमेरिक अम्ल (Fumeric acid) एवं आर्जिनीन में विखण्डित हो जाता है। यदि यकृत में इसका उपयोग प्रोटीन के निर्माण में नहीं होता है तब यह आर्जिनेज (Arginase) एन्जाइम द्वारा यूरिया (Urea) एवं आर्निथिन में विखण्डित हो जाता है। फ्यूमेरिक अम्ल क्रैब चक्र में आक्सेलो एसिटिक अम्ल (Oxalo-acetic acid) में परिवर्तित हो जाता है। ट्रान्सएमीनेज (Transaminase) एन्जाइम अब आक्सेलो एसिटिक अम्ल का ऐमिनीपरिणमन (Transamination) कर ऐस्पार्टिक अम्ल में परिवर्तित होता है।

ग्लूटेमिक अम्ल अपचयन (Reduction) एवं ट्रान्सएमिनेशन द्वारा भी आर्निथिन में परिवर्तित हो जाता है।

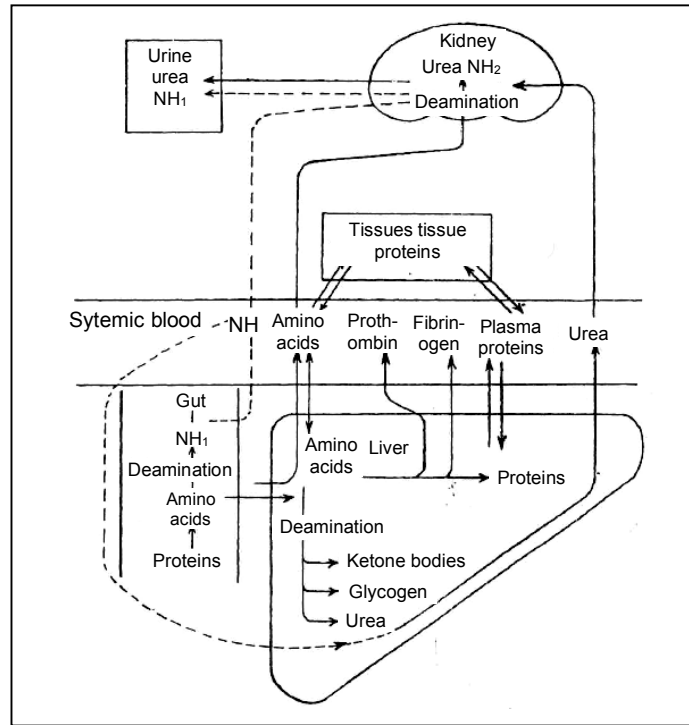
टिप्पणी

डिकार्बोक्सिलीकरण (Decarboxylation)— इस प्रक्रिया में $-COOH$ समूह अमीनो अम्ल से CO_2 के रूप में निर्मुक्त हो जाता है। यह मनुष्य के प्रोटीन चयापचय में महत्वपूर्ण नहीं है।

कोशिकाओं में विभिन्न डिकार्बोक्सिलेज (Decarboxylase) एन्जाइम होते हैं जो कि अमीनो अम्ल (Amino acid) के कार्बोक्सिल समूह को प्रभावित करके कार्बनडाइ-ऑक्साइड तथा एक एमीन (Amine) को बनाते हैं। इन क्रियाओं द्वारा अनेक कार्याकीय रूप से महत्वपूर्ण पदार्थ बनते हैं।



उदाहरण— हिस्टिडीन से हिस्टेमीन, टाइरोसीन से टायरैमीन, ग्लूटेमिक अम्ल से γ -अमीनो ब्यूटाइरिक अम्ल, टायरैमीन से ऐड्रीनेलीन, सैरीन से इथैनाल अमीन, ट्रिप्टोफेन से ट्रिप्टामीन, आर्जीनीन से एर्गोटामिन (केवल जीवणुओं में), 5-हाइड्रॉक्सी ट्रिप्टोफेन से 5-हायड्राक्सी ट्रिप्टामीन (सेरोटोनिन) आदि।



चित्र क्र. 1.11: Schematic Representation of Metabolism

1.8.4 अमीनो अम्ल का प्रोटीन-रहित अन्य पदार्थों में परिवर्तन (Change of Amino Acid in Protein-less other Substances)

अमीनो अम्ल द्वारा प्रोटीन एवं न्यूक्लियोप्रोटीन (Nucleoprotein) निर्माण के अतिरिक्त अनेक कार्बिकी महत्व के यौगिक निर्मित होते हैं। कुछ महत्वपूर्ण पदार्थों का वर्णन निम्नलिखित है—

1. **क्रिएटीन (Creatine), क्रिएटीन फॉस्फेट (Creatine phosphate) एवं क्रिएटिनीन (Creatinine)**— यह प्रोटीन चयापचय के उत्पाद (Products) हैं। क्रिएटीन (Creatine) अमीनो अम्ल ग्लाइसिन, आर्जीनीन तथा मैथियोनीन से संश्लेषित होती है। पेशियों (Muscle) में फॉस्फोरिक अम्ल (Phosphoric acid) के साथ यह क्रिएटीन फॉस्फेट (Creatine Phosphate) बनाती है। जिसमें अत्यधिक ऊर्जा बॉण्ड होते हैं। क्रिएटीन फॉस्फेट पेशी संकुचन के समय ATP के पुनर्निर्माण में ADP पर स्थानान्तरित होकर ऊर्जा (Energy) संग्रह का कार्य करता है। क्रिएटिनीन (Creatinine) क्रिएटीन से बनता है, मूत्र में पाया जाता है तथा नाइट्रोजन के चयापचय का सामान्य अन्तिम उत्पाद है।
2. **एपीनेफ्रिन एवं नारएपीनेफ्रिन (Epinephrine and Norepinephrine)**— यह दो हार्मोन्स ऐड्रीनल मेडूला (Adrenal medulla) द्वारा संश्लेषित होते हैं तथा संवेदी तन्त्रिका क्रिया में महत्वपूर्ण भाग लेते हैं। इनके निर्माण में फिनाइल लैवेलीन, टायरोसीन एवं मैथियोनीन, अमीनो अम्ल आवश्यक होते हैं।
3. **पोरफायरिन्स (Porphyrins)**— यह ग्लोसीन एवं ऐसिटेट द्वारा संश्लेषित होते हैं। जीवन के लिए महत्वपूर्ण अनेक पदार्थों में पोरफायरिन्स पाए जाते हैं। सायटोक्रोम एन्जाइम तथा हीमोग्लोबिन्स में पोरफायरिन्स IX महत्वपूर्ण होता है।
4. **सल्फर युक्त अमीनो अम्ल (Sulphur containing Amino acids)**— गन्धक युक्त अमीनो अम्ल जैसे— सिस्टीन (Cystine), मिथियोनीन (Methionine) एवं अमीनो अम्ल सिस्टीन (Cystine) गन्धक घटक होता है। गन्धक ग्लाइकोप्रोटीन्स (Glycoproteins), म्यूसिन (Mucine), सल्फोलिपिड्स (Sulpholipids), तन्त्रिका ऊतक (Nervous tissue) या अकार्बनिक सल्फेट्स (Inorganic sulphates) के रूप में पाया जाता है। यह ऊतक (Tissue) बालों, सींग, पंख, म्यूसिन एवं संयोजी ऊतकों, कार्निआ एवं कंडराओं (Hairs, Horns, Feathers, Mucin and Connective tissue, Cornea and Tendons) के ग्लाइकोप्रोटीन्स में होता है। गन्धक युक्त अमीनो अम्ल का थोड़ा सा भाग इन्सूलिन (Insulin) के निर्माण में उपयोग होता है। गन्धक युक्त अमीनो अम्लों का अधिकांश भाग यकृत (Liver) में यूरिया के निर्माण में उपयोग होता है एवं ऑक्सीकृत H_2SO_4 मूत्र में सल्फेट्स (Sulphates) के रूप में उत्सर्जित हो जाता है।

टिप्पणी

टिप्पणी

अपनी प्रगति जाँचिए (Check Your Progress)

6. वह विधि जिसमें रक्त में पायी जाने वाली प्रोटीन की अत्यधिक मात्रा यकृत के अन्दर अमोनिया एवं कार्बोहाइड्रेट में विघटित हो जाता है—

(क) डीएमिनेशन	(ख) एमोनिफिकेशन
(ग) अल्ट्राफिल्ट्रेशन	(घ) कोई नहीं
7. शरीर में प्रोटीन की आवश्यकता के लिए है—

(क) वृद्धि	(ख) मरम्मत
(ग) (क) व (ख) दोनों	(घ) कोई नहीं
8. कौन-सा अमीनो अम्ल आवश्यक होता है?

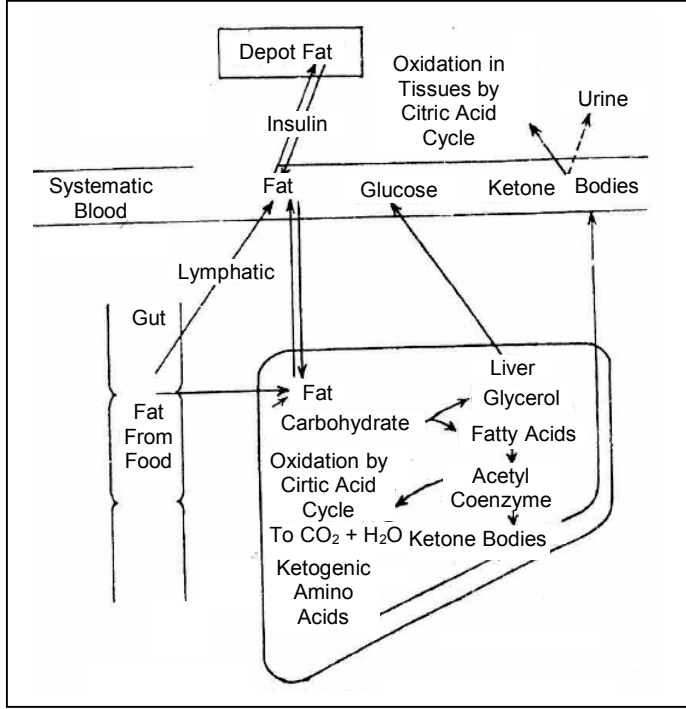
(क) ग्लाइसिन	(ख) एलेनिन
(ग) ट्रिप्टोफेन	(घ) टायरोसिन
9. मानव शरीर में पाए जाने वाले अमीनो अम्ल की संख्या है—

(क) 10	(ख) 12
(ग) 20	(घ) 26

1.8.5 कार्बोहाइड्रेट्स का चयापचय (Metabolism of Carbohydrates)

प्रत्येक प्राणी किसी-न-किसी रूप में भोजन ग्रहण करता है। पाचन के फलस्वरूप विभिन्न भोज्य पदार्थ अपने अन्तिम उत्पादों (End products) में टूट जाते हैं। अन्तिम उत्पाद घुलनशील होते हैं। इनको चयापचय या मेटाबोलाइट्स (Metabolites) कहते हैं। अधिकांश प्राणियों में पाचन के उपरान्त कार्बोहाइड्रेट्स (Carbohydrates) अपने अन्तिम उत्पाद ग्लूकोस (Glucose) में परिवर्तित हो जाते हैं। शरीर में रक्त और ऊतक द्रव्य (Tissue fluid) द्वारा यह अन्तिम उत्पाद एवं ऑक्सीजन कोशिकाओं में पहुँचते हैं जहाँ उचित वातावरण मिलने के कारण यह चयापचयी या मेटाबोलिक क्रियाओं में भाग लेते हैं। इसको कोशिकीय चयापचय (Cellular Metabolism) कहते हैं।

कार्बोहाइड्रेट्स ऊर्जा के मुख्य स्रोत होते हैं क्योंकि यह दिन-प्रतिदिन की ऊर्जा (Energy) को प्रदाय करते हैं। साधारण भोजन/आहार (Diet) में कुछ कैलोरी की आधे से अधिक कैलोरी, कार्बोहाइड्रेट से प्राप्त होती है। ऊर्जा के स्रोत के रूप में यह ऑक्सीकृत (Oxidised) होते हैं और ग्लायकोजेन (Glycogen) में रूपान्तरित/परिवर्तित हो जाते हैं या फिर कुछ अमीनो अम्ल की कार्बन श्रृंखलाओं (Carbon chains) को प्रदाय करते हैं या वसा में परिवर्तित करते हैं। मनुष्य को कार्बोहाइड्रेट की 450-500 ग्राम मात्रा की आवश्यकता होती है।



चित्र क्र. 1.12: Representation of Carbohydrate Metabolism (Diagrammatic)

मनुष्य या प्राणियों की आहार नलिका/पाचक नलिका में भोजन में पाये जाने वाले जटिल कार्बोहाइड्रेट्स या सैकेराइड्स (Saccharides), लार (Saliva), अग्न्याशयी रस (Pancreatic juice), आन्त्रीय रस (Intestinal juice) के एन्जाइम्स से क्रिया करते हैं। यह मोनोसैकेराइड्स (Monosaccharides) में अपघटित (Hydrolysed) हो जाते हैं।

यह मोनोसैकेराइड्स पानी में घुलनशील होते हैं और आँत की म्यूकोसा के द्वारा रक्त में शोषित हो जाते हैं। मनुष्य के प्रतिदिन के कार्बोहाइड्रेट आहार में स्टार्च, ग्लूकोस, सुक्रोस एवं लैक्टोज होते हैं। इन कार्बोहाइड्रेट के पूर्ण अपघटन के द्वारा मोनोसैकेराइड्स (Monosaccharides), ग्लूकोज (Glucose), गैलेक्टोज (Galactose), फ्रक्टोज (fructose) बनते हैं जोकि सीधे निवाहिका संवहन (Portal circulation) के द्वारा यकृत में ले जाये जाते हैं। यकृत में यह साधारण शर्करा, ग्लूकोस तथा रक्तप्रवाह एवं शरीर के प्रारम्भिक मोनोसैकेराइड्स (Monosaccharides) में परिवर्तित होते हैं।

मनुष्य के रक्त में ग्लूकोस की मात्रा 70-100 mg प्रति 100 ml रक्त के पायी जाती है। यदि ग्लूकोस की मात्रा सामान्य मात्रा से अधिक होती है, तब यकृत ग्लूकोस की अधिक मात्रा को रक्त से लेकर ग्लायकोजन में परिवर्तित करता है। ग्लूकोस से ग्लायकोजन के परिवर्तन में कार्बोहाइड्रेट एनाबोलिज्म (Carbohydrate anabolism) की सभी अवस्थाएँ होती हैं। यदि रक्त में ग्लूकोस की मात्रा सामान्य मात्रा से कम हो जाती है तब यकृत ग्लायकोजेन का एक भाग विघटित होकर रक्त में ग्लूकोस के रूप में मुक्त होता है।

अधिकांश प्राणियों के भोजन का मुख्य भाग कार्बोहाइड्रेट (Carbohydrate) होता है। यह शर्करा (Sugar), मंड या स्टार्च (Starch) के जटिल एवं बड़े अणुओं के रूप में होता है। पाचन के समय जटिल कार्बोहाइड्रेट्स, सरल 6 कार्बन अणु शर्करा (6-Carbon molecule sugar) में विभाजित हो जाता है। इनको मोनोसैकेराइड्स (Monosaccharides) कहते हैं। ग्लूकोस (Glucose) फ्रुक्टोस (Fructose) एवं गैलेक्टोज (Galactose) मोनोसैकेराइड्स हैं। यह रक्त द्वारा यकृत में पहुँचते हैं जहाँ गैलेक्टोज तथा फ्रुक्टोस को ग्लूकोस में परिवर्तित कर दिया जाता है। कार्बोहाइड्रेट्स चयापचय (Metabolism) में मुख्य भूमिका ग्लूकोस की ही होती है। ग्लूकोस ही रक्त में संवहन के समय उपस्थित रहता है। रक्त में सामान्यतः 0.1% ग्लूकोस की मात्रा होती है। यकृत (Liver) के द्वारा रक्त में ग्लूकोस की मात्रा को नियन्त्रित किया जाता है। ग्लूकोस में ऊर्जा का भण्डार रहता है तथा यह कोशिकीय चयापचय (Cellular Metabolism) में प्रमुख भाग लेता है। ग्लूकोस के जारण (Combustion) या दहन तथा ऑक्सीकरण (Oxidation) से ऊष्मा (Heat) एवं रासायनिक ऊर्जा निर्मित होती है जिसको ए.टी. पी. एडीनोसीन-ट्राई-फॉस्फेट (ATP-Adenosine-Triphosphate) के रूप में संचित किया जाता है। ग्लूकोस अभिरूचित ऊर्जा इंधन (Preferred energy fuel) भी है, क्योंकि यह ऊर्जा एवं कार्यशक्ति का सबसे अच्छा स्रोत है। यकृत में ग्लूकोस को ग्लायकोजन (Glycogen) में परिवर्तित कर दिया जाता है, इनकी अधिक मात्रा कोशिकाओं के उपयोग के लिए संचित रहती है। ग्लायकोजन की कुछ मात्रा पेशियों (Muscles) में भी संचित रहती है। सरल शर्कराएँ (Simple sugars) वसाओं (Fats) में रूपान्तरित कर दी जाती हैं एवं एडिपोज ऊतक (Adipose tissue) के रूप में संग्रहित की जाती है।

कोशिकाओं में कार्बोहाइड्रेट चयापचय (Carbohydrate metabolism) का अध्ययन निम्नलिखित वर्णित प्रक्रियाओं के द्वारा किया जाता है।

1.9 ऐनाबॉलिज्म (Anabolism)

1.9.1 ग्लाइकोजेनेसिस (Glycogenesis)

ग्लूकोस (Glucose) से ग्लाइकोजन (Glycogen) के बनने की प्रक्रिया ग्लाइकोजेनेसिस कहलाती है।

ग्लूकोस का ग्लाइकोजन में परिवर्तन उपचयी (Anabolic) क्रिया होती है। शरीर में ग्लाइकोजन का संचय मुख्य रूप से यकृत कोशिकाओं में एवं कुछ पेशी कोशिकाओं में होता है।

ग्लाइकोजेनेसिस निम्नलिखित चरणों में पूरी होती—

- कोशिकाओं में पहुँचकर ग्लूकोस का फॉस्फेटीकरण (Phosphorylation) होता है। हेक्सोकाइनेज (Hexokinase) नामक एन्जाइम एवं एडिनोसीन ट्राइफॉस्फेट (ATP-Adenosine triphosphate) की उपस्थिति में ग्लूकोस

पहले फॉस्फोरिक अम्ल (Phosphoric acid/ H_3PO_4) से क्रिया करके ग्लूकोस-6-फॉस्फेट (Glucose-6-फॉस्फेट) बनाता है।

- (ii) कोशिकाद्रव्य में उपस्थित एन्जाइम फॉस्फो-ग्लूकोम्यूटेज (Phosphoglucomutase) ग्लूकोस-6-फॉस्फेट को ग्लूकोस-1-फॉस्फेट (Glucose-1-Phosphate) में बदलता है।
- (iii) ग्लूकोस-1-फॉस्फेट अब यूरिडिन ट्राइफॉस्फेट (UTP) से अभिक्रियाशील होकर यूरिडिन-डाइ-फॉस्फेट ग्लूकोस (Uridine-di-phosphate glucose) संकुल बनाता है तथा अकार्बनिक फॉस्फेट मुक्त हो जाते हैं। यह अभिक्रिया एन्जाइम पायरो फॉस्फोराइलेज (Pyro Phosphorylase) के द्वारा पूर्ण होती है।
- (iv) यूरिडिन-डाइ-फॉस्फेट-ग्लूकोस के सक्रिय ग्लूकोस का प्रथम कार्बन, ग्लाइकोजन के अन्तस्थ (Terminal) ग्लूकोस अवशिष्ट (Residue) को चौथे कार्बन के साथ एक ग्लाइकोसाइडिक बंध (Glycosidic bond) बनाता है।

यह क्रिया ग्लाइकोजेन सिन्थेटेज (Glycogen synthetase) एन्जाइम द्वारा उत्प्रेरीत होती है एवं इसमें यूरिडिन डाइफॉस्फेट (Uridine diphosphate) स्वतन्त्र होता है।

- (v) अब एक अन्य एन्जाइम यूरिडिन डाइफॉस्फेट ग्लूकोस को ग्लाइकोजेन में परिवर्तित कर देता है।

Glucose (ग्लूकोस) + H_3PO_4 Phosphoric acid (फॉस्फोरिक अम्ल)

ATP Mg^{++} ↓ हेक्सोकाइनेज (Hexokinase)

Glucose-6-Phosphate (ग्लूकोस-6-फॉस्फेट)

↓ फॉस्फोग्लूकोम्यूटेज (Phosphoglucomutase)

Glucose-1-phosphate (ग्लूकोस-1-फॉस्फेट)

↓ फॉस्फोराइलेज (Phosphorylase)

ग्लाइकोजेन + फॉस्फोरिक अम्ल

(Glycogen) (Phosphoric acid)

1.9.2 ग्लाइकोजिनोलाइसिस (Glycogenolysis)

ग्लाइकोजेन से ग्लूकोस के बनने की क्रिया ग्लाइकोजिनोलाइसिस (Glycogenolysis) कहलाती है। यह क्रिया यकृत (Liver) में होती है।

ग्लाइकोजिनोलाइसिस निम्नलिखित चरणों में पूर्ण होती है—

- (i) कोशिका का एक एन्जाइम फॉस्फोराइलेज (Phosphorylase) ग्लाइकोजेन को ग्लूकोस-1-फॉस्फेट (Glucose-1-Phosphate) में बदल देता है।

टिप्पणी

(ii) दूसरा एन्जाइम-फॉस्फोग्लूकोम्यूटेज (Phosphoglucomutase) ग्लूकोस-1-फॉस्फेट को, ग्लूकोस-6-फॉस्फेट (Glucose-6-phosphate) में परिवर्तित करता है।

(iii) ग्लूकोस-6-फॉस्फेट, यकृत कोशिकाओं एवं आन्त्र श्लेष्मा (Intestinal mucosa) की कोशिकाओं में ग्लूकोस (Glucose) में परिवर्तित कर दिया जाता है, जबकि पेशी कोशिकाओं में यह ग्लूकोस-6-फॉस्फेट, श्वसन चक्र (Respiration cycle) में पहुँचकर ऊर्जा उत्पन्न करता है।

रक्त में ग्लूकोस की सामान्य मात्रा 80-110 mg प्रति 100 ml रक्त बनी रहती है।

अग्न्याशयी हार्मोन (Pancreatic hormone) ग्लूकागॉन (Glucagon) एवं ऐड्रीनल हॉर्मोन एपीनेफ्रिन (Epinephrine) से ग्लाइकोजिनोलाइसिस की दर में वृद्धि होती है।

Glycogen (ग्लाइकोजन)

↓ फॉस्फोराइलेज (Phosphorylase)

Glucose-1-Phosphate ग्लूकोस-1-फॉस्फेट

↓ Phosphoglucomutase (फॉस्फोग्लूकोम्यूटेज)

Glucose-6-Phosphate (ग्लूकोस-6-फॉस्फेट)

↓ Liver phosphatase (यकृत फॉस्फेटेज)

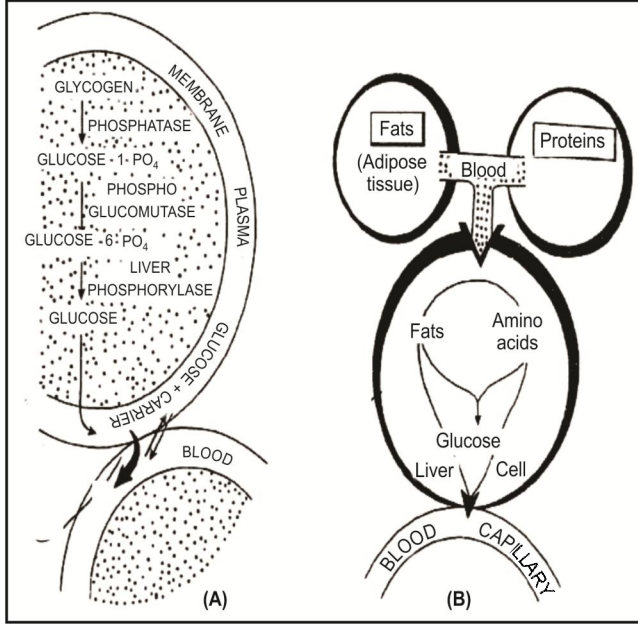
Glucose + Pi (Inorganic phosphate)

ग्लूकोस अकार्बनिक फॉस्फेट

1.9.3 ग्लूकोनियोजेनेसिस (Gluconeogenesis)

वसाओं (Fats), प्रोटीन्स (Proteins), वसा अम्लों (Fatty acids) से 'नई ग्लूकोस' (New glucose) बनाए जाने की प्रक्रिया को ग्लूकोनियोजेनेसिस (Gluconeogenesis) कहते हैं।

यह क्रिया भी यकृत कोशिकाओं में अनेक जटिल एन्जाइमों की प्रक्रिया के द्वारा होती है।

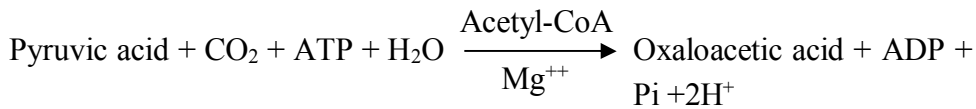


चित्र क्र. 1.13: (A) Process of Glycogenolysis in Liver Cell

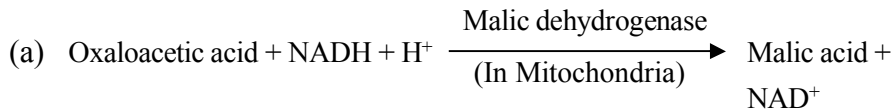
(B) Process of Gluconeogenesis in Liver Cell

ग्लूकोनियोजेनेसिस (Gluconeogenesis) से सम्बन्धित प्रमुख चयापचयिक पथ (Metabolic pathways), में निम्नलिखित क्रियाएँ भाग लेती हैं—

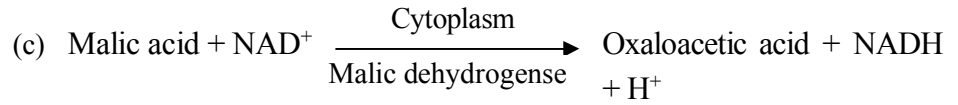
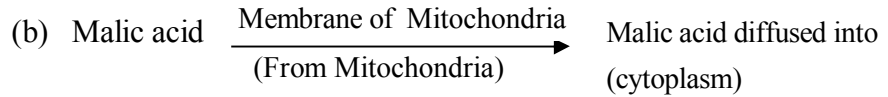
(i) पाइरुविक अम्ल (Pyruvic acid)– के द्वारा ऑक्सेलोएसिटिक अम्ल के मार्ग में फॉस्फोइनल पाइरुविक अम्ल का उत्पादन – सबसे पहले ATP के अणु के व्यय पर पाइरुविक अम्ल का ऑक्सेलोएसिटिक अम्ल में कार्बोक्सिलीकरण (Carboxylation) होता है।



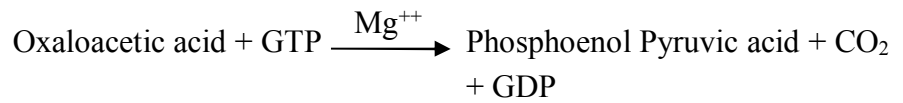
ऑक्सेलोएसिटिक अम्ल जोकि पाइरुविक कार्बोक्सीलेज (Carboxylase) द्वारा उत्प्रेरित अभिक्रिया का उत्पाद (Product) होता है जिसका माइटोकाण्ड्रिया के भीतर NADH- संलग्न एक एन्जाइम मैलिक डीहाइड्रोजिनेज (Malic dehydrogenase) द्वारा मैलिक अम्ल में अपचयन होता है। इसके पश्चात् मैलिक अम्ल माइटोकाण्ड्रिया की भित्ति में होकर जीवद्रव्य में विसरित हो जाता है—



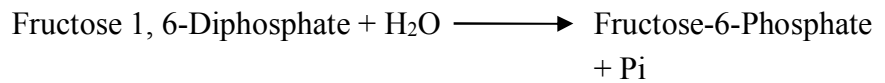
टिप्पणी



कोशिकाद्रव्य में एन्जाइम फॉस्फोइनॉल पाइरूविक कार्बोक्सीकाइनेज (Phosphoenol Pyruvic carboxykinase) द्वारा ऑक्सेलोएसिटिक अम्ल का समकालीन (Simultaneous) विकार्बोक्सिलीकरण एवं फॉस्फोरिलीकरण (Decarboxylation and Phosphorylation) हो जाता है।

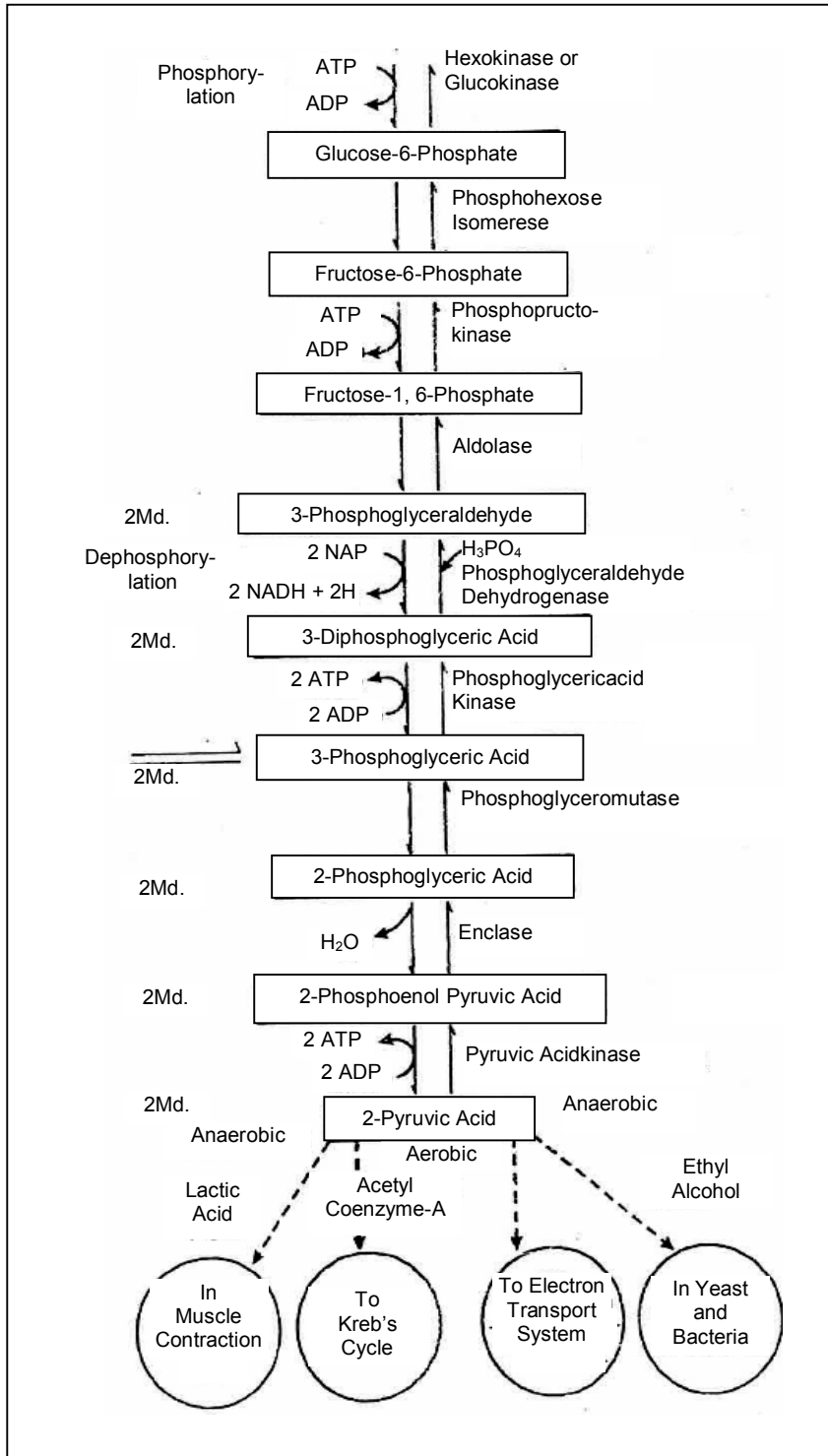


(ii) फ्रुक्टोस 1-6-डाइफॉस्फेट से फ्रुक्टोस-6-फॉस्फेट की उत्पत्ति— फ्रुक्टोस 1, 6-डाइफॉस्फेट का जलअपघटन (Hydrolysis) एक विशिष्ट एन्जाइम फ्रुक्टोस 1, 6-डाइफॉस्फेटेज द्वारा उत्प्रेरित होता है। ग्लूकोनिओजेनेसिस क्रिया के समय पाइरूविक अम्ल तथा ट्राइओज फॉस्फेटों के ग्लूकोस में परिवर्तन के लिए यह एक महत्वपूर्ण एन्जाइम है।



(iii) ग्लूकोस-6-फॉस्फेट के जल अपघटन द्वारा ग्लूकोस का निर्माण— ग्लूकोस-6-फॉस्फेट का ग्लूकोस में परिवर्तन एक विशिष्ट फॉस्फेटेज एन्जाइम, ग्लूकोस-6-फास्फेटेज द्वारा उत्प्रेरित होता है। यह आँतों (Intestine), यकृत (Liver) तथा वृक्कों (Kidney) में पाया जाता है। इन ऊतकों में आवश्यकतानुसार ग्लूकोस रक्त में पहुँचाया जाता है।

टिप्पणी



चित्र क्र. 1.14: Glycolysis

1.10 ग्लूकोस का अपचय (Catabolism of Glucose)

प्राणियों के शरीर में ग्लूकोस शरीर की कोशिकाओं में ऊर्जा उत्पादन का कार्य करता है। प्राणियों के शरीर की कोशिकाएँ ऑक्सीजन को रक्त से लेकर, ऊर्जा

स्व-अधिगम पाठ्य सामग्री

टिप्पणी

उत्पादक पदार्थों का जारण (Combustion or Oxidation) करती हैं। जारण की इस प्रक्रिया को अपचय (Catabolism) कहते हैं। ग्लूकोस का अपचय (Catabolism) निम्नलिखित तीन चरणों में होता है—

1. ग्लाइकोलिसिस (Glycolysis)
2. पाइरूविक अम्ल का एसिटाइल सहएन्जाइम—ए (Acetyl CoA) में ऑक्सीडेटिव डिकार्बोक्सिलेशन
3. क्रैब चक्र (Kreb's cycle)

1.10.1 ग्लाइकोलिसिस या अवायवीय ऑक्सीकरण (Glycolysis or Anaerobic Oxidation)

ग्लाइकोलिसिस (*Glykos* = sweet मीठा, *Lysis* = breaking टूटना) इस क्रिया में ग्लूकोस का पाइरूविक अम्ल में विघटन होता है। जिसके फलस्वरूप ग्लूकोस के एक अणु से दो अणु पाइरूविक अम्ल (Pyruvic acid) में अपघटित होते हैं तथा ATP के 2 अणुओं की प्राप्ति होती है। ग्लाइकोलिसिस क्रिया में ऑक्सीजन की आवश्यकता नहीं पड़ती है। यह क्रिया कोशिका के कोशिकाद्रव्य में होती है।

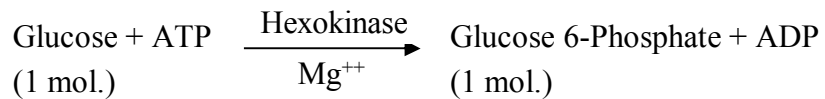
इस क्रिया की खोज जर्मनी के तीन वैज्ञानिकों Embden, Meyerhoff and Parnas ने की थी, इस कारण इस क्रिया को Embden-Meyerhoff-Parnas pathway or EMP pathway कहते हैं।

ग्लाइकोलिसिस की क्रिया निम्नलिखित तीन चरणों में होती है—

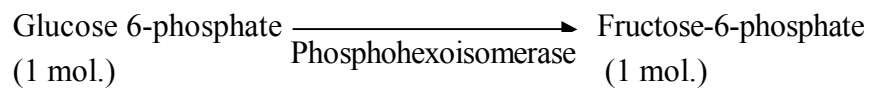
1. फॉस्फेटीकरण (Phosphorylation) की क्रिया के द्वारा शर्करा के साथ फॉस्फेट का जुड़ना।
2. शर्करा का विदलन (Splitting) होकर दो 3-कार्बनयुक्त अणुओं का निर्माण।
3. पाइरूविक अम्ल के दो अणुओं का निर्माण।

शर्करा का फॉस्फेटीकरण (Phosphorylation of Sugar)

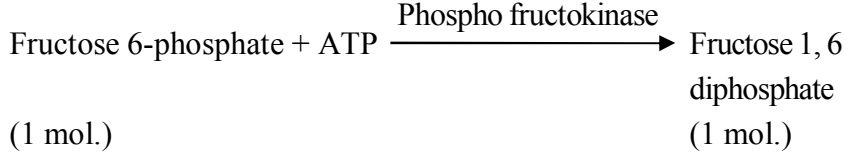
- (a) सर्वप्रथम ग्लूकोस अणु ATP से एक फॉस्फेट समूह लेकर हैक्सोकाइनेज (Hexokinase) एनजाइम की उपस्थिति में ग्लूकोस-6-फॉस्फेट में परिवर्तित हो जाता है।



- (b) समावयीकरण (Isomerization)— ग्लूकोस-6-फॉस्फेट अपने समावयी फ्रुक्टोस-6-फॉस्फेट में परिवर्तित हो जाता है।

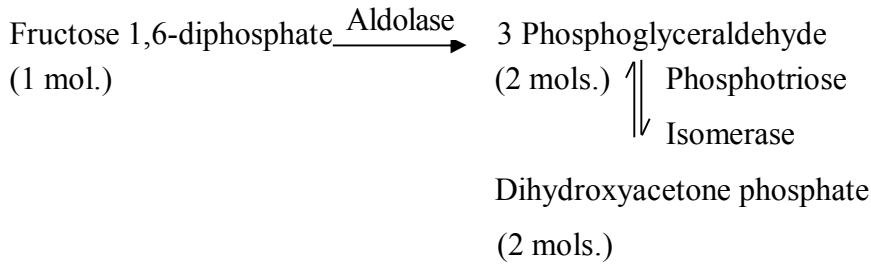


- (c) **द्वितीय फॉस्फेटीकरण (Second phosphorylation)**— इस प्रकार बने हुए फ्रुक्टोस-6-फॉस्फेट का ATP द्वारा पुनः फॉस्फेटीकरण होता है और फ्रुक्टोस 1, 6-डाइफॉस्फेट बनता है। यह क्रिया फॉस्फोफ्रुक्टोकाइनेज (Phosphofructokinase) एन्जाइम की उपस्थिति में होती है।

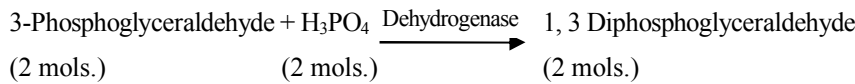


- (d) **फॉस्फोग्लिसराइड का निर्माण (Production of Phosphoglyceride)**— फ्रुक्टोस 1-6-डाइफॉस्फेट एल्डोलेज एन्जाइम की सहायता से 3-फॉस्फोग्लिसरेल्डिहाइड एवं डाइहाइड्रॉक्सी ऐसीटोन फॉस्फेट के एक-एक अणुओं में अपघटित हो जाता है। यह दोनों 3-कार्बन वाले यौगिक हैं और आइसोमेरेज एन्जाइम (Isomerase enzyme) की उपस्थिति में एक-दूसरे में रूपान्तरित होते रहते हैं। वास्तव में 3-फॉस्फोग्लिसरेल्डिहाइड क्रिया में जैसे-जैसे उपयोग होता रहता है डाइहाइड्रॉक्सीऐसीटोन फॉस्फेट, 3-फॉस्फोग्लिसरेल्डिहाइड में रूपान्तरित होता रहता है। अन्तः केवल 3-फॉस्फोग्लिसरेल्डिहाइड के ही दो अणु बनते हैं।

इसके पश्चात् 3-फॉस्फोग्लिसरेल्डिहाइड फॉस्फोरिक अम्ल से क्रिया करके 1, 3-डाइफॉस्फोग्लिसरेल्डिहाइड बनता है।



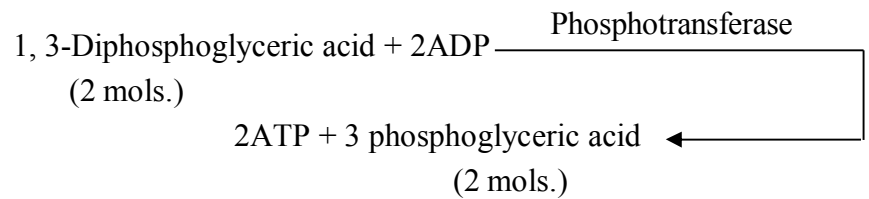
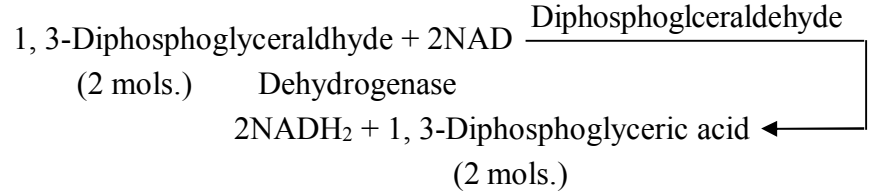
- (e) **फॉस्फोरइलेशन तथा 1-3 डाइफॉस्फोग्लिसरेल्डिहाइड का निर्माण (Phosphorylation and production of 1-3 diphosphoglyceraldehyde)**— 3, फॉस्फोग्लिसरेल्डिहाइड, फॉस्फोरिक अम्ल (H₃PO₄) के साथ मिलकर डिहाइड्रोजिनेस (Dehydrogenase) एन्जाइम की उपस्थिति में 1-3 डाइफॉस्फोग्लिसरेल्डिहाइड को निर्मित करता है।



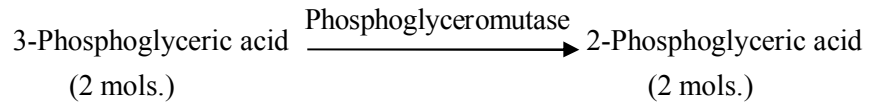
- (f) **विहाइड्रोजनीकरण तथा 1, 3-डाइफॉस्फोग्लिसरिक अम्ल का निर्माण (Dehydrogenation and production of 1, 3-diphosphoglyceric acid)**— 1-3-डाइफॉस्फोग्लिसरेल्डिहाइड, डाइफॉस्फोग्लिसरेल्डिहाइड डीहाइड्रोजिनेज एन्जाइम की उपस्थिति में 2H परमाणुओं को त्याग देता है। यह परमाणु NAD (निकोटिनामाइड एडिनीन डाइन्यूक्लियोटाइड) सह-एन्जाइम (Co-enzyme) के द्वारा ग्रहण कर लिये जाते हैं और 1, 4-डाइफॉस्फोग्लिसरिक अम्ल (1, 4-Diphosphoglyceric acid) बनता है।

टिप्पणी

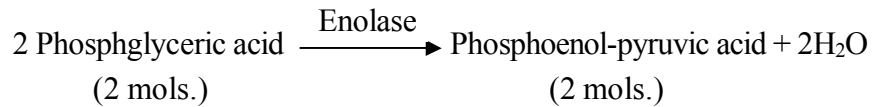
1-3 डाइफॉस्फोग्लिसरिक अम्ल से एक उच्च ऊर्जा वाला फॉस्फेट समूह निकलकर ADP से संयुक्त होकर ATP बनता है। एक अणु ग्लूकोस से दो अणु 1, 3-डाइफॉस्फोग्लिसरिक अम्ल बनते हैं और दो अणु ATP भी बनते हैं। फॉस्फेट के निकल जाने के पश्चात् 1, 3-डाइफॉस्फोग्लिसरिक अम्ल, 3-फॉस्फोग्लिसरिक अम्ल में रूपान्तरित हो जाता है।



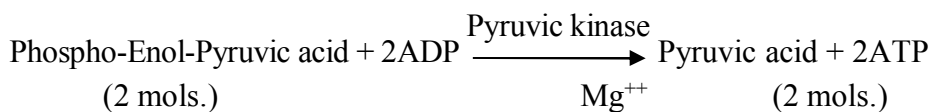
- (g) समावयवीकरण द्वारा 2-फॉस्फोग्लिसरिक अम्ल का निर्माण (Production of 2-Phosphoglyceric acids by Isomerisation)– 3-फॉस्फोग्लिसरिक अम्ल, फॉस्फोग्लिसरोम्यूटेज एन्जाइम की उपस्थिति में 2-फॉस्फोग्लिसरिक अम्ल से पुनर्विन्यसित हो जाता है।



- (h) डीहाइड्रेशन द्वारा फॉस्फोइनोंल पाइरुविक अम्ल का निर्माण (Production of Phosphoenol pyruvic acid by dehydration)– 2-फॉस्फोग्लिसरिक अम्ल, इनोलेज एन्जाइम की उपस्थिति में एक अणु जल त्यागकर 2-फॉस्फोइनोंल पाइरुविक अम्ल बनाता है।



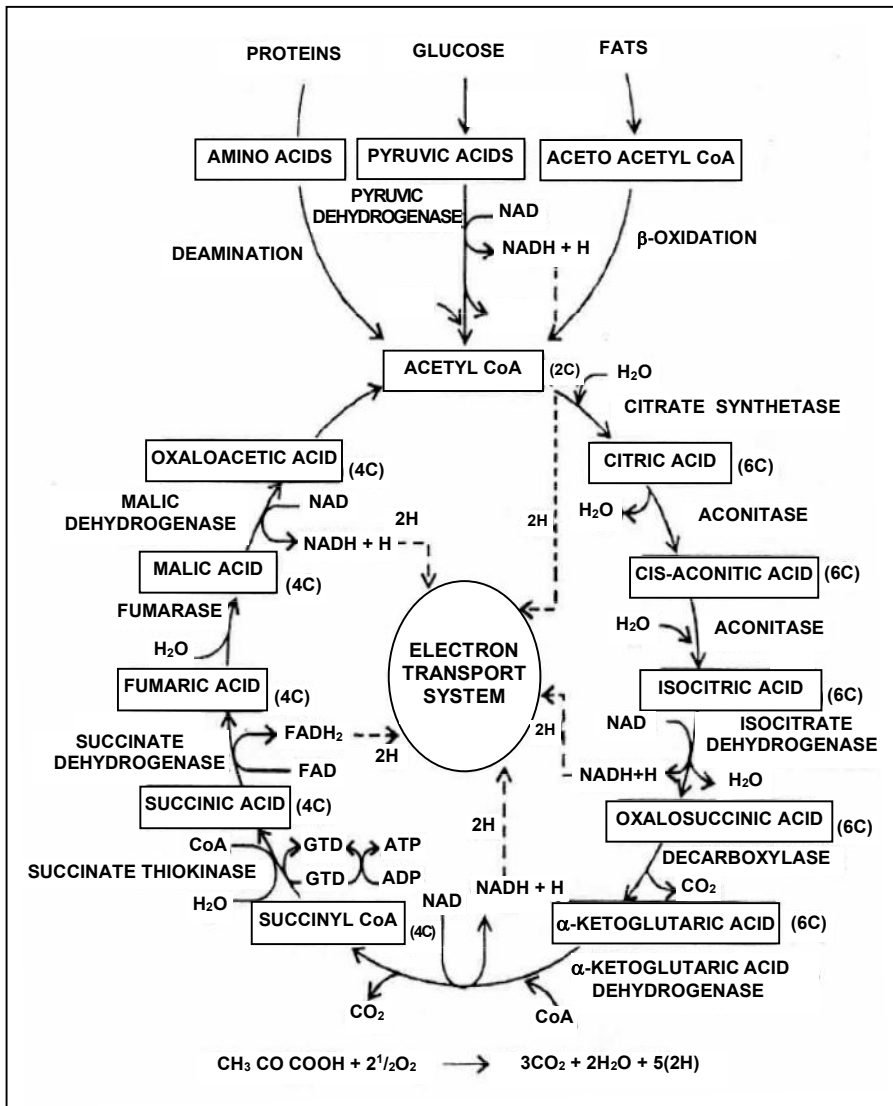
- (i) पाइरुविक अम्ल का निर्माण तथा दूसरी बार ATP उत्पादन (Production of Pyruvic acid and II ATP generation)– अन्तिम चरण में 2-फॉस्फोइनोंल पाइरुविक अम्ल अपने फॉस्फेट समूह को त्यागकर स्वयं पाइरुविक अम्ल को बना देता है। फॉस्फेट समूह ADP से मिलकर ATP बना देता है, क्योंकि एक ग्लूकोस अणु से पाइरुविक अम्ल के दो अणु बनते हैं, इस कारण यहाँ 2 ATP को भी बनाता है।



1.10.2 क्रैब चक्र या साइट्रिक अम्ल चक्र (Kreb Cycle or Citric Acid Cycle)

इस क्रिया का वर्णन, सर हान्स क्रैब (Sir Hans Krebs, 1973) ने किया था, अन्तः इनके नाम पर इस क्रिया को 'क्रैब चक्र' (Kreb cycle) कहते हैं। इस क्रिया में ऐसिटिल सह-एन्जाइम (Acetyl co-enzyme) का CO₂ एवं जल में निम्नीकरण होता है। यह क्रिया विविध एन्जाइम्स की उपस्थिति में कई प्रतिक्रियाओं की एक जटिल श्रृंखला है। ऐसिटाल सह-एन्जाइम A (Acetyl CoA) का एक चक्र में पूर्ण ऑक्सीकरण होता है। इस चक्र में साइट्रिक अम्ल (Citric acid) एवं तीन कार्बोक्सिलिक मूलक वाले अम्ल बनते हैं एवं अपघटित होते हैं। इसी कारण इस क्रिया को साइट्रिक अम्ल चक्र या ट्राइकार्बोक्सिलिक अम्ल चक्र भी कहते हैं।

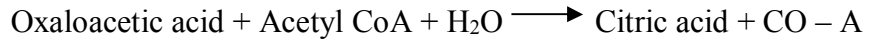
टिप्पणी



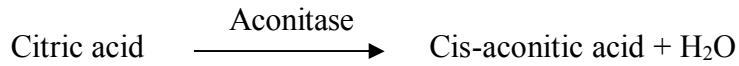
चित्र क्र. 1.15: Kreb's Cycle

क्रैब चक्र में क्रियाएँ निम्नलिखित क्रम में होती हैं—

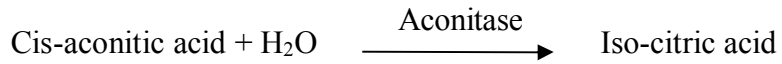
- (a) **साइट्रिक अम्ल का निर्माण (Formation of citric acid)**— ऐसीटिल सह-एन्जाइम A (Acetyl co-enzyme A) जोकि एक दो कार्बन वाला यौगिक है, माइटोकॉण्ड्रिया में प्रवेश करता है और चार कार्बन युक्त ऑक्सेलोऐसिटिक अम्ल (Oxaloacetic acid) बनाता है जोकि पानी से मिलकर 6-कार्बनिक यौगिक साइट्रिक अम्ल (Citric acid) में परिवर्तित हो जाता है, इसी के साथ सह-एन्जाइम स्वतन्त्र हो जाता है तथा पुनः ऐसीटिल सह-एन्जाइम 'A' के संश्लेषण के काम आता है।



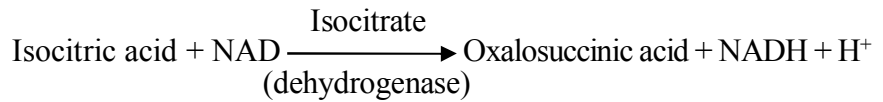
- (b) **निर्जलीकरण द्वारा सिसएकोनितिक अम्ल का निर्माण (Formation of Cis-aconitic acid by dehydration)**— साइट्रिक अम्ल का निर्जलीकरण (Hydrolysis) एकोनितेज (Aconitase) एन्जाइम की उपस्थिति में होता है। इस क्रिया से जल का एक अणु निकल जाता है और सिस-एकोनितिक अम्ल (Cis-aconitic-acid) बन जाता है।



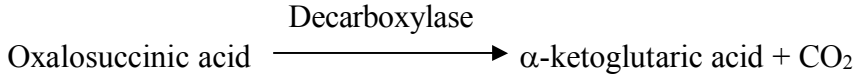
- (c) **जलयोजन द्वारा आइसोसाइट्रिक अम्ल का बनना (Formation of isocitric acid by hydration)**— एकोनितेज एन्जाइम की उपस्थिति में सिस-एकोनितिक अम्ल, जलयोजन (Hydration) की विधि से आइसोसाइट्रिक अम्ल (Isocitric acid) में परिवर्तित हो जाता है।



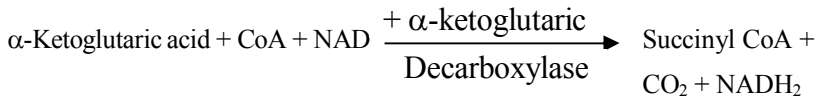
- (d) **विहाइड्रोजनीकरण द्वारा ऑक्सेलोसक्सीनिक अम्ल का निर्माण (Formation of Oxalosuccinic acid by dehydrogenation)**— डीहाइड्रोजिनेज एन्जाइम (Dehydrogenase enzyme) की उपस्थिति में आइसोसाइट्रिक अम्ल (Isocitric acid), हाइड्रोजन के दो अणुओं को खोकर ऑक्सेलो-सक्सीनिक अम्ल (Oxalo-Succinic acid) को बनाता है। हाइड्रोजन अणुओं को NAD लेकर NADH₂ में परिवर्तित हो जाता है।



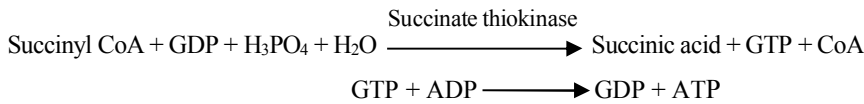
- (e) **विकारबनीकरण-I द्वारा α -कीटोग्लूटेरिक अम्ल का निर्माण (Formation of α -ketoglutaric acid by decarboxylation-I)**— ऑक्सेलोसक्सीनिक डिकारबोक्सिलेस (Oxalosuccinic dicarboxylase) एन्जाइम की उपस्थिति में ऑक्सेलोसक्सीनिक अम्ल का ऑक्सीडेटिव डिकारबोक्सिलेशन होने से अल्फा कीटोग्लूटेरिक अम्ल (α -ketoglutaric acid) बन जाता है तथा CO_2 बाहर निकलती है।



- (f) **विहाइड्रोजनीकरण एवं विकारबनीकरण द्वारा सक्सीनिल कोएन्जाइम A का निर्माण (Formation of Succinyl CoA by dehydrogenation and decarboxylation)**— α -कीटोग्लूटेरिक अम्ल, जल एवं सह-एन्जाइम के साथ मिलकर सक्सीनिल CoA (Succinyl CoA) में परिवर्तित हो जाता है तथा CO_2 का एक अणु स्वतन्त्र होता है तथा हाइड्रोजन के दो अणु NAD को NADH_2 में परिवर्तित करते हैं।

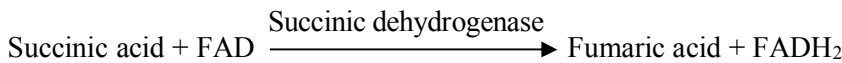


- (g) **सक्सीनिक अम्ल तथा ATP का निर्माण (Formation of Succinic acid and ATP)**— सक्सीनिक सह-एन्जाइम CoA एन्जाइम को खोकर सक्सीनिक अम्ल (Succinic acid) में परिवर्तित हो जाता है तथा इस क्रिया के समय एक फॉस्फेट अणु ADP को ATP में परिवर्तित करता है। इस क्रिया को क्रियाधार का फॉस्फेटीकरण (Substrate phosphorylation) कहा जाता है।

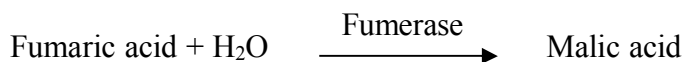


इस प्रकार से उत्पन्न अम्ल 4 कार्बन यौगिक होता है।

- (h) **विहाइड्रोजनीकरण द्वारा फ्यूमेरिक अम्ल का निर्माण (Production of fumaric acid by dehydrogenation)**— हाइड्रोजन के दो अणुओं को खोकर सक्सीनिक अम्ल फ्यूमेरिक अम्ल (Fumaric acid) में परिवर्तित हो जाता है तथा FAD , H^+ अणुओं के साथ मिलकर FADH_2 में परिवर्तित हो जाता है।

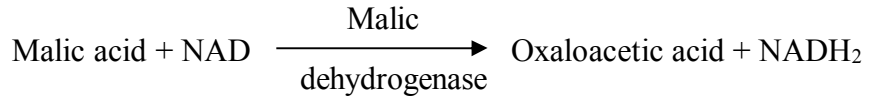


- (i) **जलयोजन द्वारा मैलिक अम्ल का बनना (Formation of Malic acid by hydration)**— फ्यूमेरेज (Fumerase) एन्जाइम एवं जल की उपस्थिति में फ्यूमेरिक अम्ल (Fumaric acid), मैलिक अम्ल (Malic acid) में परिवर्तित हो जाता है।

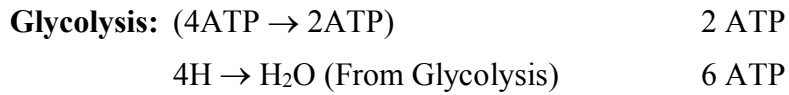
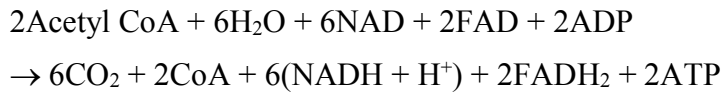
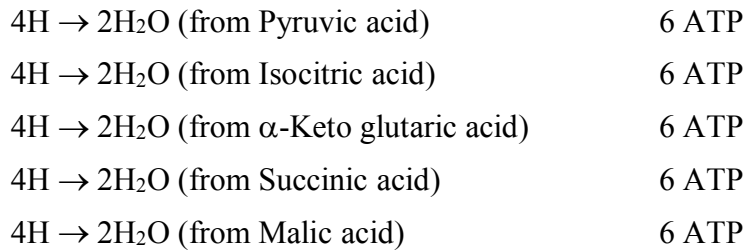


टिप्पणी

- (j) **विहाइड्रोजनीकरण द्वारा आक्सेलोएसिटिक अम्ल का पुनर्जनन (Regeneration of Oxaloacetic acid by dehydrogenation)**— अन्तिम चरण में मैलिक अम्ल डिहाइड्रोजिनेज एन्जाइम की सहायता से हाइड्रोजन के दो अणुओं को खोकर पुनः आक्सेलो-एसिटिक अम्ल (Oxalo-acetic acid) में परिवर्तित हो जाता है। यह पुनः एसिटिल सह-एन्जाइम 'A' के साथ मिलकर साइट्रिक अम्ल चक्र में भाग लेता है। स्वतन्त्र 2H अणु NAD को NADH₂ में परिवर्तित करता है।



ग्लूकोस के एक अणु को निम्नीकरण के लिए 'क्रैब चक्र' को निम्नलिखित समीकरण द्वारा प्रदर्शित करते हैं—

**Cytochrome system**

Total 38 ATP

1.11 कार्बोहाइड्रेट चयापचय का नियमन एवं नियन्त्रण (Control and Regulation of Carbohydrate Metabolism)

मानव शरीर में रक्त में शर्करा की सामान्य मात्रा 80-110 मि. ग्रा. प्रति 100 मि. ली. रक्त (80-110 mg per 100 ml of blood) की होती है। भोजन के अवशोषण के पश्चात् रक्त में ग्लूकोस/शर्करा की मात्रा शीघ्र ही बढ़ती है। मानव शरीर में पायी जाने वाली तीन अन्तःस्त्रावी ग्रन्थियाँ (Endocrine glands) कार्बोहाइड्रेट के चयापचय नियमन में मुख्य भूमिका निभाती हैं—

1. अग्न्याशय (Pancreas) का अन्तःस्त्रावी भाग (Endocrine part) जोकि हार्मोन्स स्त्रावित करता है।
2. पीयूष ग्रन्थि (Pituitary gland)
3. एड्रीनल ग्रन्थि (Adrenal gland)

1.11.1 अग्न्याशय (Pancreas)

इस ग्रन्थि की अन्तःकोशिकाएँ लैंगरहैन्स के द्वीप समूह (Islet of Langerhans) हैं। इनकी β कोशिकाएँ इन्सुलिन (Insulin) हार्मोन को स्रावित करती हैं। यह हार्मोन ग्लूकोस को कोशिका ऊतकों में स्थानान्तरित करता है। इससे रक्त की ग्लूकोस की मात्रा सामान्य मात्रा से कम हो जाती है। रक्त में ग्लूकोस शर्करा की मात्रा कम हो जाने पर हाइपोग्लाइसेमिया (Hypoglycemia) विसंगति हो जाती है। इस समय शरीर में ग्लाइकोजेनेसिस (Glycogenesis) की दर बढ़ जाती है।

जब रक्त में इन्सुलिन का कम स्रावण होता है तब शरीर की कोशिकाएँ ग्लूकोस को रक्त से ग्रहण नहीं कर पाती हैं और साथ ही यकृत एवं पेशियों में ग्लाइकोजेनेसिस (Glycogenesis) की दर घट जाती है अर्थात् ग्लूकोस से ग्लाइकोजन कम बनता है। इसके कारण रक्त में ग्लूकोस की मात्रा सामान्य मात्रा से अधिक हो जाती है, इस स्थिति को हाइपरग्लाइसेमिया (Hyperglycemia) कहते हैं। इन्सुलिन हार्मोन का मुख्य कार्य ग्लूकोस से ग्लाइकोजन के बनने की दर में वृद्धि करना एवं ऊतकों में ग्लूकोस के उपयोग में सक्रिय रहना है।

लैंगरहैन्स के द्वीप समूह की α कोशिकाओं के द्वारा ग्लूकागॉन (Glucagon) हार्मोन स्रावित किया जाता है। यह हार्मोन शरीर की कोशिकाओं में इन्सुलिन हार्मोन के विपरीत कार्य करता है। यह हार्मोन यकृत कोशिकाओं में ग्लाइकोजेनोलिसिस (Glycogenolysis) क्रिया की दर में वृद्धि कर संग्रहीत ग्लाइकोजन को ग्लूकोस में परिवर्तित करता है जिससे आवश्यकता होने पर शरीर कोशिकाओं को शर्करा/ग्लूकोस की मात्रा मिल सके।

1.11.2 पीयूष ग्रन्थि (Pituitary Gland)

पीयूष ग्रन्थि की अग्र पालि के द्वारा कुछ हार्मोन्स स्रावित किये जाते हैं जोकि कार्बोहाइड्रेट चयापचय के नियन्त्रण में सहायता करते हैं। यह हार्मोन्स हैं—

- (i) **वृद्धि हार्मोन (Growth hormone – GH)**— इस हार्मोन के द्वारा ग्लूकोनियोजेनेसिस (Gluconeogenesis) की दर में वृद्धि होती है। इस हार्मोन के स्रावण से संग्रहीत वसा विखण्डित होकर ग्लूकोस का निर्माण करती है। इस कारण वसा की मात्रा में कमी होती है तथा ग्लूकोस की मात्रा में वृद्धि होती है।
- (ii) **थायरॉइड उत्प्रेरक हार्मोन (Thyroid Stimulating Hormone – TSH)**— इस हार्मोन के द्वारा थायरॉइड ग्रन्थि की कोशिकाएँ उत्प्रेरित होती हैं जिससे थायरॉक्सिन हार्मोन (Thyroxin hormone) स्रावित होता है, यह हार्मोन प्राणी शरीर में ग्लूकोस के अपचय (Catabolism) की दर में वृद्धि कर ग्लूकोस को कोशिकीय श्वसन में सक्रिय करता है, इस कारण रक्त में ग्लूकोस की मात्रा में कमी हो जाती है।
- (iii) **ऐड्रिनोकार्टिकोट्रोपिक हार्मोन (Adrenocorticotropic Hormone – ACTH)**— यह हार्मोन एड्रीनल ग्रन्थि के कॉर्टेक्स के भाग को उत्प्रेरित कर ग्लूकोकार्टिकॉयड्स हार्मोन्स (Glucocorticoid hormones) को उत्तेजित

टिप्पणी

शरीर कोशिकाओं में जाकर प्रोटीन्स के अपघटन (Hydrolysis) से अमीनो अम्ल (Amino acid) के उत्पादन की वृद्धि करता है। अमीनो अम्ल रक्त के द्वारा यकृत कोशिकाओं में पहुँचती है जहाँ ग्लूकोनियोजेनेसिस (Gluconeogenesis) विधि के द्वारा अमीनो अम्ल को ग्लूकोस में परिवर्तित किया जाता है। इस प्रकार रक्त में ग्लूकोस की मात्रा में वृद्धि होती है।

1.11.3 एड्रीनल ग्रन्थि (Adrenal Gland)

इस ग्रन्थि के द्वारा स्रावित हॉर्मोन्स में से केवल दो हॉर्मोन्स कार्बोहाइड्रेट चयापचय नियन्त्रण में सहायता करते हैं—

- (i) **ग्लूकोकार्टिकायड हार्मोन्स (Glucocorticoid hormones)**— यह हॉर्मोन त्वचा, आहारनाल लिम्फॉयड ऊतकों एवं अस्थियों की कोशिकाओं में ग्लूकोस की खपत एवं प्रोटीन संश्लेषण पर रोक लगाकर प्रोटीन्स एवं वसाओं का विखण्डन ग्लूकोस, अमीनो अम्ल एवं वसा अम्ल में कर देता है। इसके कारण रक्त में ग्लूकोस की मात्रा में वृद्धि होती है। यकृत में कार्टिसोल हॉर्मोन ग्लूकोस को ग्लाइकोजन में परिवर्तित करता है— ग्लाइकोजेनेसिस (Glycogenesis) एवं आवश्यकता होने पर प्रोटीन्स एवं वसाओं से ग्लूकोस को बनाता है — ग्लूकोनियोजेनेसिस (Gluconeogenesis)।
- (ii) **इपिनेफ्रिन (Epinephrine)**— इस हॉर्मोन के द्वारा यकृत कोशिकाओं में फॉस्फोराइलेस (Phosphorylase) एन्जाइम को उत्प्रेरित कर ग्लाइकोजेनोलाइसिस (Glycogenolysis) क्रियाओं की वृद्धि कर संग्रहीत ग्लाइकोजन के जल अपघटन (Hydrolysis) क्रियाओं की वृद्धि कर रक्त में ग्लूकोस की मात्रा में वृद्धि करता है।

अपनी प्रगति जाँचिए (Check Your Progress)

- ऑक्सीकरण के समय फॉस्फोरिलेशन _____ में होता है।
 (क) माइटोकॉण्ड्रिया (ख) गाल्जीकाय
 (ग) लाइसोसोम (घ) राइबोसोम
- चयापचय में ग्लूकोस के उपयोग में प्रथम चरण है—
 (क) पायरुविक अम्ल (ख) ग्लायकोजेन
 (ग) ATP (घ) ग्लूकोस-6-फॉस्फेट
- ग्लायकोलिसिस विधि में अन्तिम परिवर्तन है—
 (क) स्टार्च ग्लूकोस में
 (ख) ग्लूकोस से फ्रुक्टोस
 (ग) ग्लूकोस से पायरुविक अम्ल
 (घ) प्रोटीन से ग्लायसिन

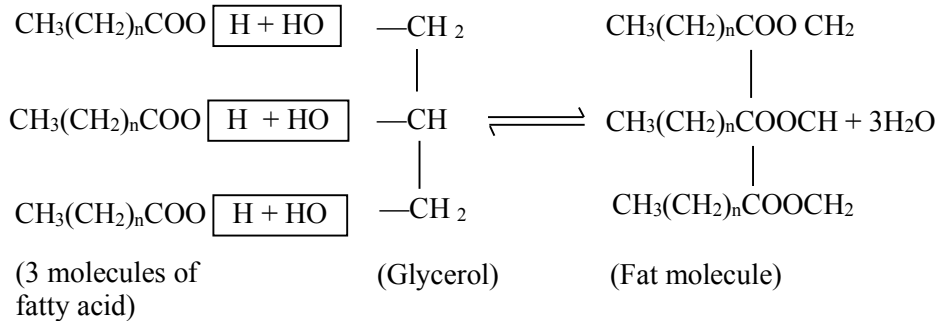
1.12 वसा (लिपीड) चयापचय (Lipid Metabolism)

वसा (Lipids) सजीवों में उत्पन्न प्राकृतिक यौगिक होते हैं जोकि कार्बनिक विलायकों (Solvents) में विलेय होते हैं तथा इनके जल अपघटन (Hydrolysis) में वसीय अम्ल (Fatty acids) प्राप्त होते हैं जोकि जीवधारियों द्वारा प्रयोग में लाये जाते हैं। अधिकांश वसा के मुख्य घटक वसीय अम्ल (Fatty acids) होते हैं। वसा कार्बन (Carbon-C), हाइड्रोजन (Hydrogen-H) एवं ऑक्सीजन (Oxygen-O) के बने कार्बनिक यौगिक हैं। जिनमें ऑक्सीजन की प्रतिशत मात्रा कार्बन से कम होती है। कुछ वसा में नाइट्रोजन, फॉस्फोरस एवं सल्फर भी पाये जाते हैं। वसा के अन्तर्गत मोम (Wax) खाद्य तेल (Oil) मक्खन (Butter) घी, प्राकृतिक रबर (Natural Rubber) एवं कॉलेस्ट्रॉल (Cholesterol) आदि शामिल हैं। प्राणियों के शरीर में वसा ऊतकों में अतिरिक्त भोज्य पदार्थ के रूप में – ऐडिपोस ऊतक (Adipose tissue) यकृत, अस्थि मज्जा (Bone marrow) आदि में संचित रहता है।

टिप्पणी

1.12.1 वसा की संरचना (Structure of Lipid)

रासायनिक संरचना— वसा के अणु के निर्माण में ग्लिसरीन $C_3H_5(OH)_3$ के एक अणु एवं वसा अम्ल (Fatty acid) के तीन अणुओं का संयोग और तीन H_2O के अणुओं के निकलने पर होता है। सरल वसीय अम्लों एवं ग्लिसरॉल के ईस्टर्स है।



वसीय अम्ल दो प्रकार के होते हैं— असंतृप्त वसीय अम्ल (Unsaturated fatty acid) एवं संतृप्त वसीय अम्ल (Saturated fatty acid)।

तैलीय व वाष्पशील वसा में छोटी श्रृंखलाएँ व असंतृप्त (Unsaturated) वसीय अम्ल होते हैं, जबकि कठोर वसाएँ बड़ी श्रृंखलाओं व संतृप्त वसीय अम्लों (Saturated fatty acids) की बनी होती हैं—

1. संतृप्त वसा अम्ल (Saturated fatty acid)— इसमें हाइड्रोकार्बन श्रृंखला के कार्बन के बीच दो बंध नहीं होते हैं। जैसे—

(i) पामिटिक एसिड (Palmitic acid) $CH_3(CH_2)_{14}COOH$ (16C)

(ii) स्टीरिक अम्ल (Stearic acid) $CH_3(CH_2)_{16}COOH$ (18C)

2. असंतृप्त वसा अम्ल (Unsaturated fatty acids)— इस प्रकार के वसा अम्लों में कार्बन श्रृंखला असंतृप्त होती है, इसमें एक या एक से अधिक द्विगुणक (Double bond) होते हैं। 18 कार्बन असंतृप्त वसा अम्ल — ओलिक

अम्ल (Oleic acid), लिनोलिक अम्ल (Linoleic acid) में क्रमशः 1, 2 व 3 द्विगुणक होते हैं।

टिप्पणी

सारणी क्र. 1.2: मुख्य वसीय अम्ल एवं उनके सूत्र
(Main Fatty Acids and their Formulaes)

क्र.	वसा अम्ल	आण्विक सूत्र	संरचनात्मक सूत्र
1.	लोरिक अम्ल (Lauric Acid)	$C_{11}H_{23} COOH$	$CH_3(CH_2)_{10}COOH$
2.	माइरिस्टिक अम्ल (Myristic Acid)	$C_{13}H_{27} COOH$	$CH_3(CH_2)_{12}COOH$
3.	पॉमिटिक अम्ल (Palmitic Acid)	$C_{15}H_{31} COOH$	$CH_3(CH_2)_{14}COOH$
4.	स्टिएरिक अम्ल (Stearic Acid)	$C_{17}H_{35} COOH$	$CH_3(CH_2)_{16}COOH$
5.	ऑलिक अम्ल (Oleic Acid)	$C_{17}H_{33} COOH$	$CH_3(CH_2)_7CH=CH(CH_2)_7COOH$
6.	लाइनोलिक अम्ल (Linoleic Acid)	$C_{17}H_{31} COOH$	$CH_3(CH_2)_4CH=CHCH_2CH=CH(CH_2)_7COOH$
7.	लाइनोलेनिक अम्ल (Linolenic Acid)	$C_{17}H_{29} COOH$	$CH_3CH_2(CH=CHCH_2)_3(CH_2)_6COOH$

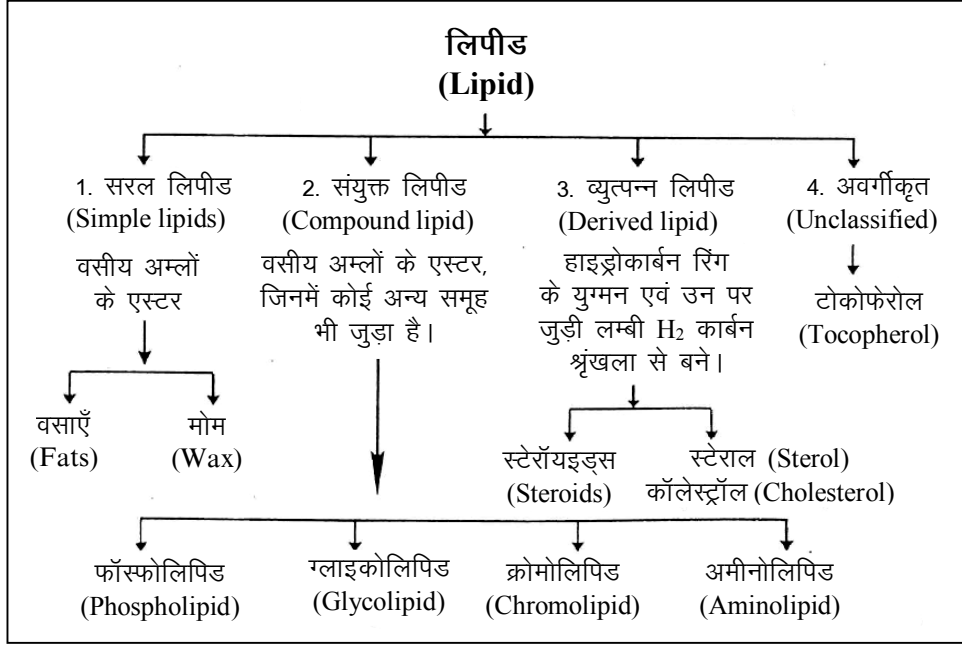
प्रकृति में संतृप्त वसा अम्लों की तूलना में असंतृप्त वसा अम्ल प्रचुरता से मिलते हैं।

1.12.2 वसा की श्रेणियाँ (Categories of Fats)

कुछ लिपिड सामान्य ताप $20^\circ C$ पर द्रव रूप में रहते हैं, इनको तेल (Oil) कहते हैं। कुछ लिपिड सामान्य ताप पर ठोस अवस्था में रहते हैं, इनको वसा (Fat) कहते हैं। असंतृप्त वसाओं में जब निकिल (Ni) उत्प्रेरक की उपस्थिति में हाइड्रोजन गैस (Hydrogen) प्रवाहित की जाती है, तब यह संतृप्त वसाओं (Saturated fats) में परिवर्तित हो जाते हैं। इनको वनस्पति घी कहते हैं तथा यह क्रिया हाइड्रोजिनेशन (Hydrogenation) कहलाती है।

जीव रसायनज्ञ (Biochemist) ब्लोर (Bloor) ने सभी प्रकार के लिपिड्स को निम्नलिखित रूप से विभाजित किया है—

टिप्पणी



1.12.3 लिपिड्स के कार्य (Function of Lipids)

- संचित भोजन के रूप में (As food reserve)**— अघुलनशील होने के कारण वसा प्राणियों एवं पौधों की कोशिकाओं एवं ऊतकों (Cells and Tissues) में अतिरिक्त भोजन के रूप में संचित किया जाता है।
- रक्षक आवरण के रूप में (As Protective layer)**— यह पादपों की बाहरी सतह पर एक मोम के स्तर के रूप में एकत्रित होकर रक्षक, आवरण का कार्य करता है।
- भोजन के रूप में (As food)**— लिपिड सभी प्राणियों का एक प्रमुख भोज्य पदार्थ है जिसको यह घी, मक्खन, मछली, दूध, मांस, पनीर आदि के रूप में लेता है।
- विलायक के रूप में (As a Solvent)**— लिपिड, विटामिन A, D, E एवं K के लिए विलायक (Solvent) का कार्य करता है। इस कारण लिपिड इन विटामिन्स के अवशोषण में सहायता करता है।
- ऊष्मारोधी के रूप में (As Heat Insulator)**— प्राणियों की त्वचा के नीचे एकत्रित होकर शरीर की ऊष्मा का संरक्षण करता है, ऊष्मा को निकलने नहीं देता है।
- वसा अभिगमन (Fat Transport)**— यह अनेक अम्लों (Acids) के अवशोषण एवं अभिगमन में सहायता करता है।
- हार्मोन संश्लेषण (Hormone Synthesis)**— प्राणियों के शरीर की विभिन्न कोशिकाओं या अंगों में लिंग हॉर्मोन (Sex hormone) ऐड्रीनोकार्टिकोइड्स (Adrenocorticoids) आदि का संश्लेषण करने में प्रमुख भूमिका निभाता है।

8. **अंकुरण (Germination)**— यह पौधों के बीजों (Seeds) के अंकुरण के लिए आवश्यक है।
9. **संरचनात्मक इकाई के रूप में (As a structural units)** फॉस्फोलिपिड्स कोशिकाओं की झिल्ली प्रणालियों – कोशिका झिल्ली (Cell membrane), केन्द्रकीय झिल्ली (Nuclear membrane) एवं अन्तःप्रद्रव्य जालिका (Endoplasmic reticulum) की संरचना में सहायता करते हैं। लिपिड कोशिकाद्रव्य (Cytoplasm) का भी एक अवयव है।
10. **लिपिड श्वसन (Respiration)** की क्रिया में भी उपयोग किया जाता है, इसका कैलोरी मान अत्यधिक होता है। इस कारण यह प्राणियों में ऊर्जा का संचय करता है।
11. **लिपिड तन्त्रिका तन्त्र (Nervous system)** के धूसर एवं श्वेत पदार्थ (Grey and White matter) की संरचना में प्रमुख भूमिका निभाता है।

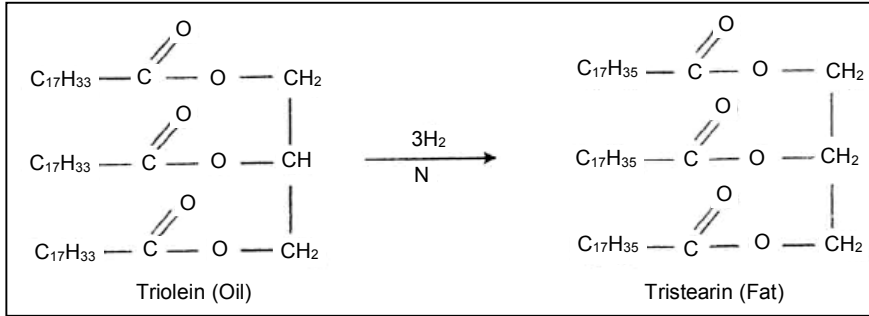
1.12.4 वसा के गुण (Properties of Fats)

(A) भौतिक गुण (Physical Properties)

1. **घुलनशीलता (Solubility)**— वसा एवं तेल पानी में अघुलनशील होते हैं लेकिन यह क्लोरोफार्म (Chloroform), बेंजीन (Benzene), ईथर (Ether) आदि विलायकों (Solvent) में घुलनशील होते हैं।
2. **स्वाद एवं गन्ध (Taste and Odour)**— वसाएँ स्वादहीन एवं गन्धहीन होती हैं।
3. **गलनांक (Melting point)**— यह अनेक वसाओं में पृथक्-पृथक् होता है। वसाएँ सामान्य ताप पर ठोस एवं तेल तरल (Fluid) होते हैं।
4. **आपेक्षिक घनत्व (Specific gravity)**— वसाओं का आपेक्षिक घनत्व लगभग 0.86 होता है। यह पानी से हल्के होते हैं।
5. **चालकता (Conductivity)**— वसाएँ ऊष्मा (Heat) के लिए कुचालक (Bad conductor) होती है। समस्त नियततापी प्राणियों में ऊष्मारोधक (Heat Insulator) का कार्य करती हैं, जैसे व्हेल में।
6. **क्रिस्टलीकरण (Crystallization)**— वसाएँ आसानी से रवे के रूप में परिवर्तित हो जाती हैं। ईथर (Ether) में वसाओं को घोलने के पश्चात् बराबर मात्रा में एल्कोहॉल (Alcohol) को मिलाने से एवं ईथर के वाष्पीकृत होने के पश्चात् वसाएँ रवे (Crystal) के रूप में रह जाती हैं।

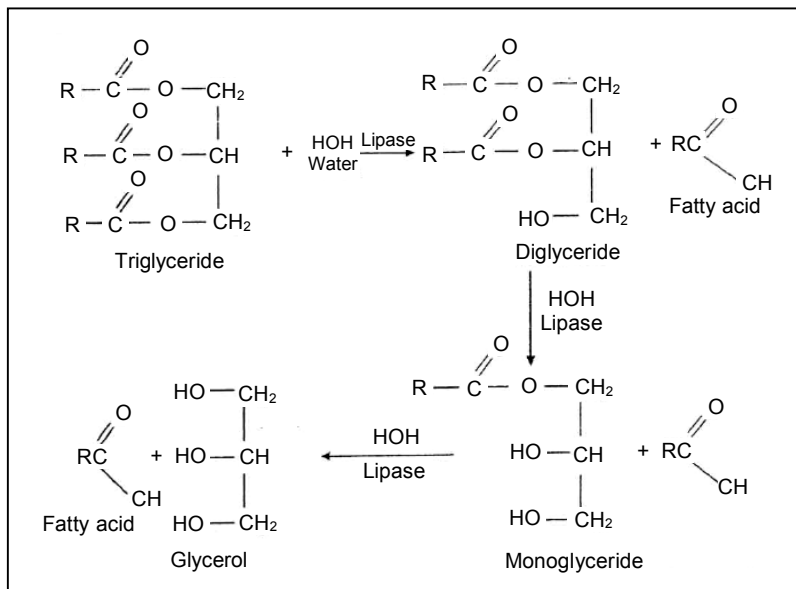
(B) रासायनिक गुण (Chemical Properties)

1. **हाइड्रोजनीकरण (Hydrogenation)**— असंतृप्त वसाओं (Unsaturated fats) में से हाइड्रोजन (Hydrogen) को पारित करने पर यह संतृप्त हो जाती है। निकल (Ni) की उपस्थिति में यह क्रिया तीव्र गति से होती है। तेल, घी के रूप में परिवर्तित हो जाता है।



चित्र क्र. 1.16: Hydrogenation

2. **जल अपघटन (Hydrolysis)**— अति तप्त वाष्प (Vapour) एवं क्षार (Alkali) द्वारा वसाएँ (Fats) ग्लिसरॉल (Glycerol) एवं वसा अम्लों (Fatty acids) में जल अपघटित हो जाती हैं। इसमें जल की आवश्यकता होती है।

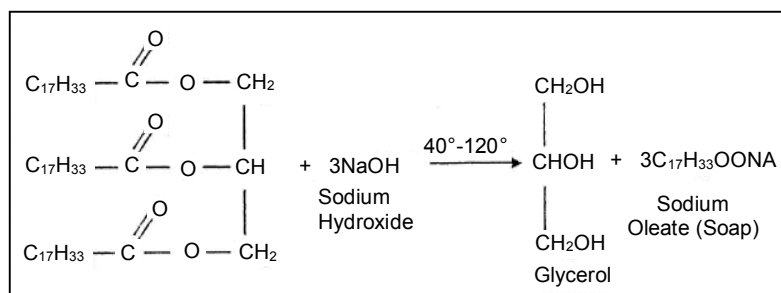


चित्र क्र. 1.17: Hydrolysis

3. **साबुनीकरण (Saponification)**— वसीय अम्लों (Fatty acids) की एल्कोहॉलिक पोटेशियम हाइड्रॉक्साइड (KOH) के साथ गर्म करने की क्रिया को साबुनीकरण कहते हैं जिसके कारण साबुन का निर्माण होता है।

टिप्पणी

टिप्पणी



चित्र क्र. 1.18: Saponification

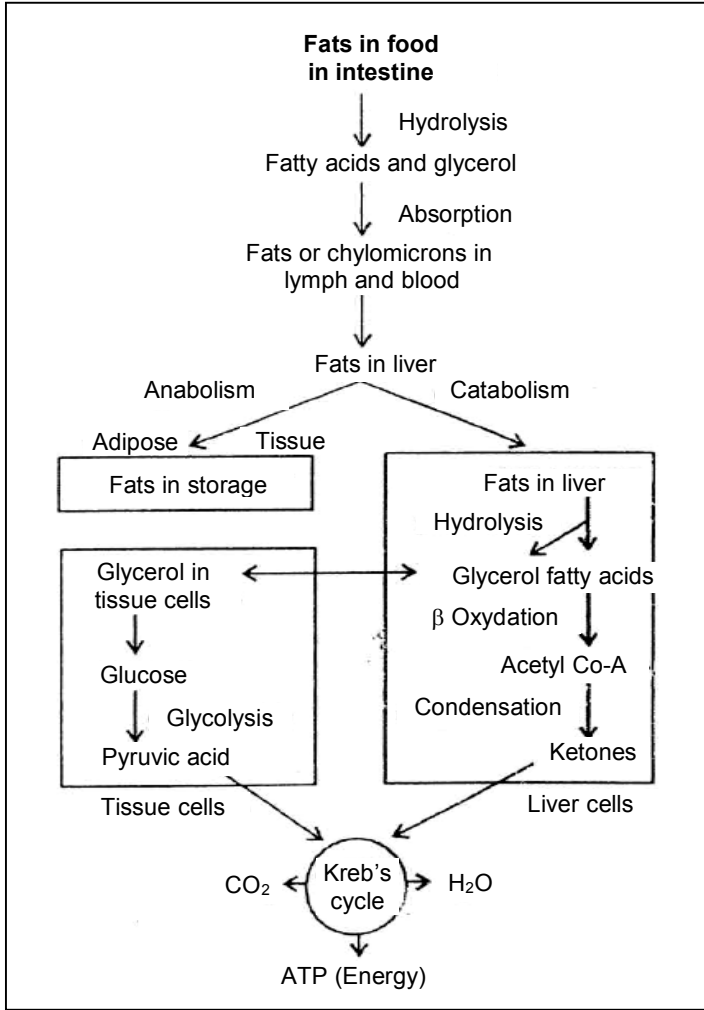
1.12.5 वसा का जैविक महत्व (Biological Significance of Fats)

1. भोजन संग्रहण के मुख्य यौगिक (Chief food storage compounds)— के रूप में जैसे ट्रायएसिलग्लिसरॉल (Triacylglycerol) के रूप में संचित रहता है।
2. यान्त्रिक सुरक्षा (Mechanical protection)— त्वचा के नीचे पाये जाने वाला भण्डार यान्त्रिक आघातों से शरीर की सुरक्षा करते हैं।
3. एन्जाइम सक्रियण (Enzyme Activation)— अनेक एन्जाइमों के अधिकतम सक्रियण के लिए लिपिड अणु आवश्यक होते हैं। जैसे— माइक्रोसोम में पाया जाने वाला एन्जाइम ग्लूकोस-6-फॉस्फेटेज एवं माइटोकॉण्ड्रिया (Mitochondria) का एन्जाइम β -हाइड्रॉक्सीब्यूटिरिक डी हाइड्रोजिनेज है।
4. श्वसनी ऊर्जा के समृद्ध स्रोत (Rich Source of respiratory energy)— ट्रायएसिलग्लिसरॉल (Triacylglycerols) शरीर में संग्रहीत की जाने वाली ऊर्जा के मुख्य रूप हैं जोकि प्रोटीन्स एवं कार्बोहाइड्रेट्स की अपेक्षा श्रेष्ठ हैं।

1.12.6 वसा का चयापचय (Metabolism of Fat)

प्राणियों के शरीर में पाचन एवं अवशोषण के पश्चात् वसाएँ (Fats) वसा अम्ल (Fatty acids), ग्लिसरॉल (Glycerol), फॉस्फोरिक अम्ल (Phosphoric acid) एवं कोलेस्ट्रॉल (Cholesterol) में विभाजित होती हैं। उदासीन वसाएँ, यकृत में फॉस्फोलिपिड (Phospholipid) में परिवर्तित हो जाती हैं। आन्त्र (Intestine) कोशिकाओं में इनका अवशोषण होने के पश्चात् वसा अम्ल (Fatty acid) एवं ग्लिसरॉल (Glycerol) मिलकर पुनः वसा (Fat) को बनाते हैं।

वसाओं (Fat) में क्योंकि ऑक्सीजन की कम मात्रा पाई जाती है इस कारण इनका ऑक्सीकरण (Oxidation) या जारण (Combustion) अधिक होता है। कार्बोहाइड्रेट की अपेक्षा वसाएँ दोगुनी से भी अधिक मात्रा में ऊर्जा (Energy) को स्वतन्त्र करती हैं। एक ग्राम कार्बोहाइड्रेट के अपचय से 4.1 कैलोरी ऊर्जा प्राप्त होती है जबकि एक ग्राम वसा से 9.0 कैलोरी ऊर्जा मिलती है।



चित्र क्र. 1.19: Fat Metabolism

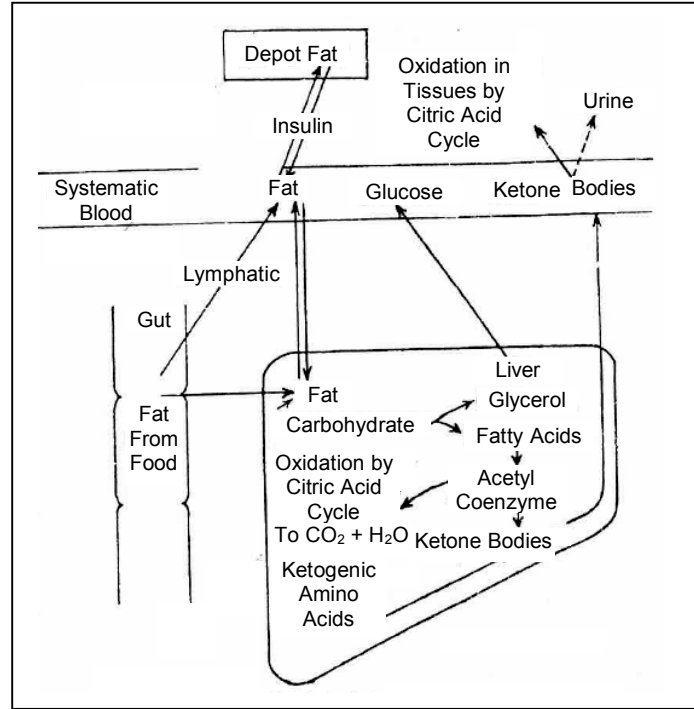
वसा चयापचय (Fat metabolism) का वर्णन अग्रलिखित चरणों में किया गया है—

1. वसा उपचय/ऐनाबोलिज्म (Fat Anabolism)

वसा की कुछ मात्रा अवशोषित होकर यकृत से रक्त में पहुँचती है जहाँ से इनको शरीर की कोशिकाओं में ले जाया जाता है। कुछ मात्रा फॉस्फोलिपिड्स (Phospholipids) आदि जटिल पदार्थों के संश्लेषण (Synthesis) में काम आती है तथा इससे जीवद्रव्य (Cytoplasm) के निर्माण में सहायता मिलती है।

आवश्यकता से अधिक बची शर्करा का यकृत में वसा में परिवर्तन कर लिया जाता है। वसा की कुछ मात्रा अमीनो अम्लों की अतिरिक्त मात्रा से भी संश्लेषित होती है। इन अमीनो अम्लों को ऐसीटाइल सह-एन्जाइम-ए (Acetyl-CoA) में परिवर्तित किया जाता है, जिससे वसीय अम्लों का निर्माण होता है। वसीय अम्लों से यकृत कोशिकाएँ वसा का निर्माण कर लेती हैं।

टिप्पणी

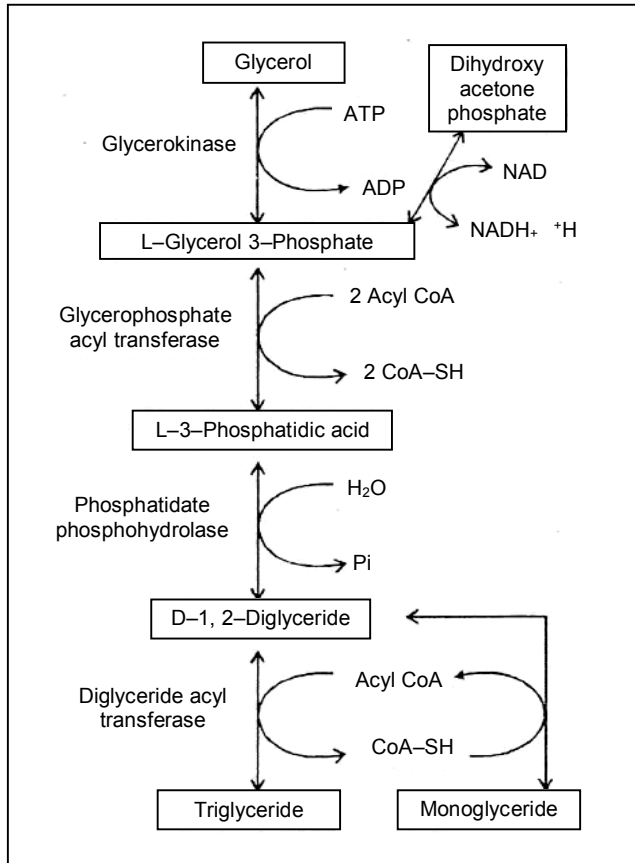


चित्र क्र. 1.20: Fat Metabolism, a Diagrammatic Representation

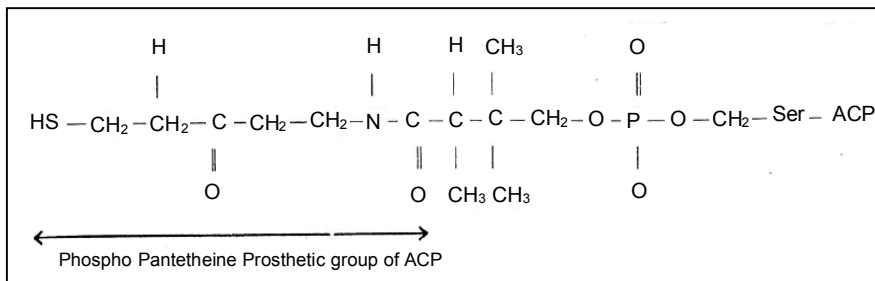
वसाओं (Fats) की शेष मात्रा जोकि कोशिकाद्रव्य (Cytoplasm) निर्माण से बची रहती है, उदासीन वसा (Neutral fat) के रूप में शरीर के विशेष ऊतकों (Tissues) में संग्रह कर ली जाती है। इन विशेष ऊतकों को ऐडिपोज ऊतक (Adipose tissue) कहते हैं।

वसा अम्ल का निर्माण (Synthesis of Fatty Acid)— वसाओं का निर्माण प्रोटीन्स एवं कार्बोहाइड्रेट्स दोनों से सम्भव है। वसीय अम्लों का जैव संश्लेषण एसिटाइल CoA से प्रारम्भ होता है। इस प्रक्रिया में एसिटाइल CoA का मैलोनिल-CoA में कार्बोक्सिलिकरण (Carboxylation) हो जाता है। इसमें CO_2 , Mn^{++} एवं एसिटिल CoA, कार्बोक्सिलेज की उपस्थिति में मैलोनिल सह-एन्जाइम A (Malonyl CoA) बनाते हैं। अब एसिटिल एवं मैलोनिल समूह एसाइल वाहक प्रोटीन (Acyl carrier protein – ACPSH) पर वसा एसाइल ट्रान्स एसाइलेज (Fatty acyltransferase) की सहायता से स्थानान्तरित कर दिये जाते हैं और 6 ASH मुक्त हो जाते हैं। इस प्रकार बने एसाइल ACP एवं मैलोनिल ACP, सल्फाहाइड्रिल (–SH) एन्जाइम द्वारा एसिटो एसिटाइल ACP (Aceto acetyl ACP) में परिवर्तित हो जाते हैं और CO_2 एवं ACPSH का अणु बनता है।

टिप्पणी



चित्र क्र. 1.21: Synthesis of Fatty Acids



एसिटो एसिटाइल ACP का आने वाली प्रावस्था में डिहाइड्रोजिनेज द्वारा NADPH की उपस्थिति में β -हाइड्रॉक्सी ब्यूटायरिल ACP नामक एन्जाइम की उपस्थिति में α एवं β स्थानों पर असंतृप्त (Unsaturated) कर दिया जाता है। α - β असंतृप्त ब्यूटायरिल ACP, डिहाइड्रोजिनेज द्वारा NADPH + H^+ की उपस्थिति में ब्यूटाइरिल ACP में परिवर्तित कर दिया जाता है। डिसाइक्लेज (Decyclase) एन्जाइम की उपस्थिति में वसा अम्ल का निर्माण होता है।

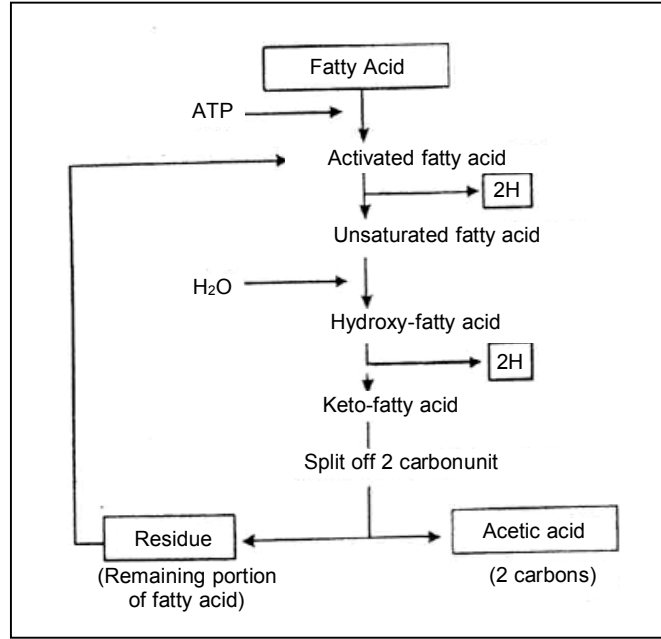
2. वसा अपचय/कैटोबोलिज्म (Fat Catabolism)

वसा अम्ल का ऑक्सीकरण (Oxidation of fatty acid)—ऑक्सीकरण द्वारा ग्लिसरॉल सर्वप्रथम ग्लिसरिक ऐल्डिहाइड (Glyceric aldehyde) में परिवर्तित होता है। यह फॉस्फोराइलेशन (Phosphorylation) के पश्चात् 3-फॉस्फोग्लिसरिक ऐल्डिहाइड (Phosphoglyceric aldehyde) उत्पन्न करता है जो

ग्लूकोस के चयापचय के परिपथ से प्रवेश कर पाइरूविक अम्ल (Pyruvic acid) बनाता है। अन्त में CO_2 एवं H_2O में ऑक्सीकृत होता है।

टिप्पणी

वसा अम्लों का β -ऑक्सीकरण (β -oxidation of Fatty acids)— सन् 1904 में वैज्ञानिक फ्रान्ज नूप (Franz Knoop) ने विस्तृत रूप से वर्णन किया कि वसीय अम्लों का निम्नीकरण (Degradation) उसके कार्बोक्सिल ($-\text{COOH}$) सिरे से दो कार्बन इकाइयों के अनुक्रमिक अपनयन (Sequential removal) द्वारा होता है। यह निम्नीकरण β कार्बन पर ऑक्सीकरण द्वारा होता है। प्रक्रियाओं के इस क्रम को β -ऑक्सीकरण पथ कहते हैं। इसको समझाने के लिए डेविड ग्रीन (David Green) एवं सेवेरो ओकोआ (Severo Ochoa) ने महत्वपूर्ण योगदान किया।

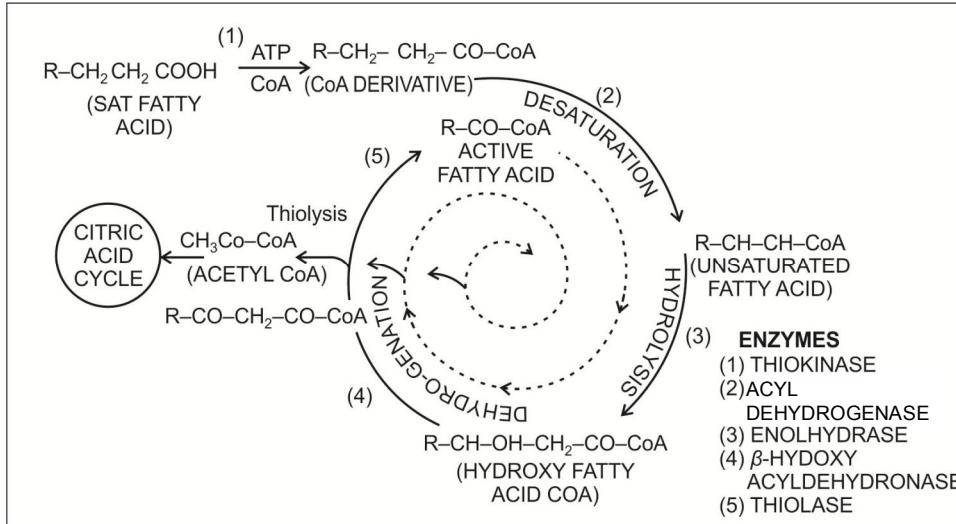


चित्र क्र. 1.22: Oxidation of Fatty Acids

सन् 1949 में ई. कैनेडी (E. Kenedy) एवं अल्बर्ट लेहनिन्जर (Albert Lehninger) ने दर्शाया कि वसीय अम्ल माइटोकॉण्ड्रिया में ऑक्सीकृत होते हैं। इस प्रक्रिया को उत्प्रेरित करने वाले एन्जाइम्स को सामूहिक रूप से वसीय अम्ल ऑक्सीडेजेज (Fatty acid oxidases) कहते हैं।

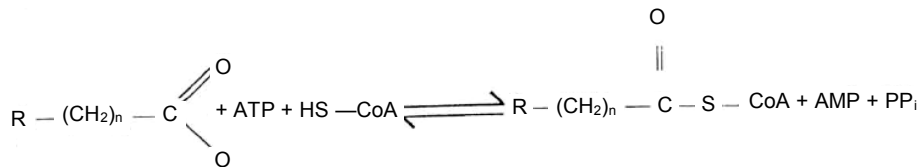
वसा अम्ल के ऑक्सीकरण को पाँच प्रावस्थाओं में निम्नलिखित प्रकार से दर्शाया जाता है—

टिप्पणी

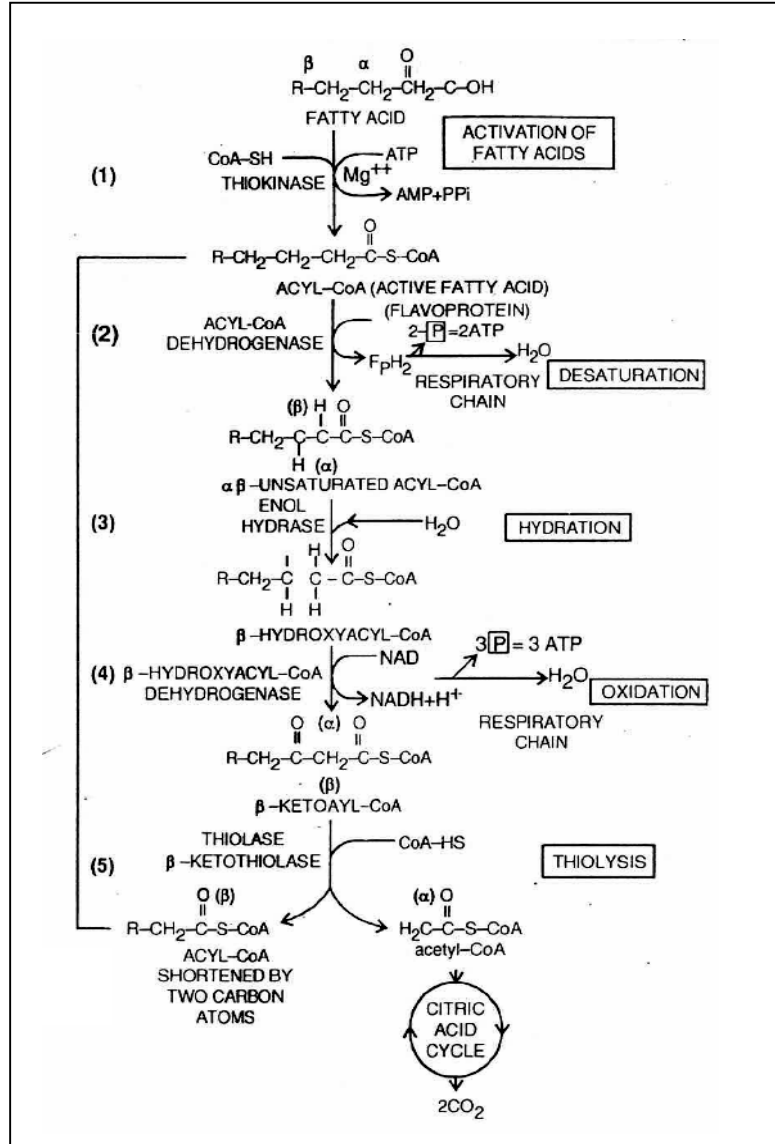


चित्र क्र. 1.23: Metabolism of Fatty Acids

(a) वसा अम्ल का सक्रियकरण (Activation of fatty acid)– वसीय अम्लों का सक्रियकरण, माइटोकॉण्ड्रिया के आधारक (Matrix) में प्रवेश करने से पूर्व होता है। इस क्रिया में वे $-CoA$ के साथ संलग्न होते हैं। ATP द्वारा वसीय अम्ल के कार्बोक्सिल समूह ($-COOH$) एवं CoA के सल्फाइड्रिल ($-SH$) समूह के बीच एक थायोएस्टर बंध (Thioester bond) का निर्माण होता है। यह प्रारम्भिक सक्रियण प्रक्रिया माइटोकॉण्ड्रिया की बाहरी झिल्ली पर होती है जहाँ पर इसका उत्प्रेरण थायोकाइनेज (Thiokinase) एन्जाइम-एसिल CoA सिन्थेटेज के द्वारा किया जाता है।



टिप्पणी



चित्र क्र. 1.24: β -Oxidation of Fatty Acids

(b) असंतृप्तिकरण (Desaturation)— एसिल CoA (Acyl CoA) के निर्माण के पश्चात् उसके α एवं β कार्बन परमाणुओं से हाइड्रोजन के दो परमाणुओं का अपनयन (Removal) होता है। यह निम्नीकरण एसिल-CoA डीहाइड्रोजिनेज (Acyl-CoA dehydrogenase) एन्जाइम के द्वारा होता है। इसके कारण ईनॉइल - CoA की उत्पत्ति होती है। डीहाइड्रोजिनेज का सह-एन्जाइम (Co-enzyme) FAD होता है जोकि हाइड्रोजन को ग्रहण करता है। 2 हाइड्रोजन परमाणु बाहर निकलते हैं। FAD से $FADH_2$ बनता है।

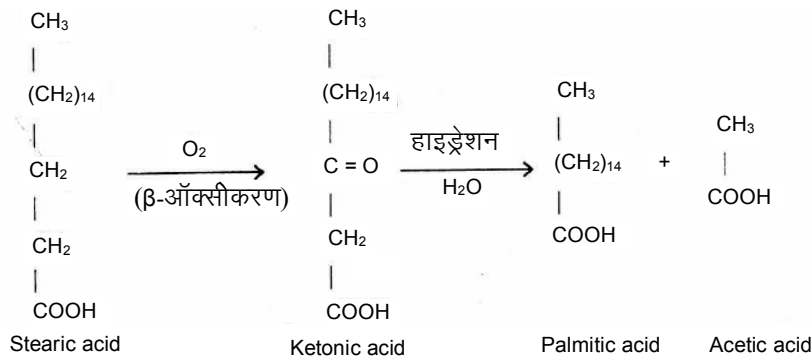
(c) जलयोजन/हाइड्रेशन (Hydration)— इस चरण या प्रावस्था में ईनाइल-CoA के C-2 तथा C-3 के बीच युग्मितबंध (Double bond) का ईनॉइल CoA हाइड्रेटेज द्वारा जलयोजन (Hydration) होता है जिसके कारण एक मध्यवर्ती यौगिक (Intermediate compound) β हाइड्रॉक्सी एसिल CoA बनता है।

टिप्पणी

(d) ऑक्सीकरण (Oxidation)— इस प्रावस्था में द्वितीय ऑक्सीकरण होता है जिसमें β -हाइड्रॉक्सीएसिल CoA के C-3 पर स्थित हाइड्रॉक्सिल समूह को कीटो समूह में परिवर्तित किया जाता है। यह ऑक्सीकरण 3-हाइड्रॉक्सीएसिल -CoA डिहाइड्रोजिनेज द्वारा उत्प्रेरित होता है। इसके कारण कीटोएसिल CoA बनता है। इस प्रक्रिया में NAD सह-एन्जाइम के समान कार्य करते हुए हाइड्रोजन का परिवहन करता है। NAD से NADH₂ बनता है।

(e) थायो-अपघटन/थायोलाइटिक विखण्डन (Thiolysis or Thiolytic cleavage)— अन्तिम चरण में कीटोएसाइल CoA का एक अणु दूसरे कीटोएसाइल CoA के अणु के थायोल (Thiol) समूह के विदलन (Cleavage) से एसिटाइल CoA तथा मौलिक (Original) एसिल CoA जिसका β ऑक्सीकरण होता है, की अपेक्षा दो कार्बन परमाणुओं से लघुकृत (Shortened by two carbon atoms) एसिल CoA मिलते हैं। इस प्रकार का थायोअपघटनी विदलन थायोलैज एन्जाइम के द्वारा उत्प्रेरित होता है।

इस विदलन क्रिया में उत्पन्न होने वाला एसिल CoA, ऑक्सीकरण पथ में पुनः प्रवेश करता है। इस प्रकार एक लम्बी शृंखला वाला वसीय अम्ल पूर्णरूप से CH₃CO-CoA में निम्नीकृत (Degrade) हो जाता है। एसिटाइल -CoA के साइट्रिक अम्ल चक्र से CO₂ एवं H₂O में ऑक्सीकृत होने पर वसीय अम्ल का पूर्ण ऑक्सीकरण हो जाता है।

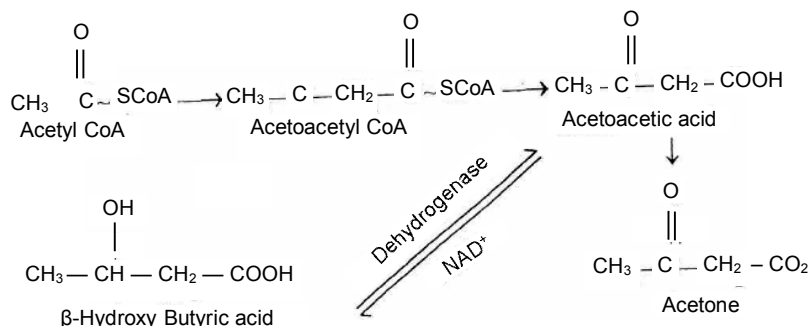


(f) कीटोसिस (Ketosis)— यह क्रिया सामान्यतया यकृत की कोशिकाओं में होती है। कुछ विशेष परिस्थितियों में भुखा (Starvation) रहने पर या उपवास रखने पर भोजन में वसा की अधिक मात्रा लेने पर या इन्सुलिन हॉर्मोन की कमी होने पर वसाएँ कीटोन (Ketone) में परिवर्तित हो जाती है। इस प्रक्रिया को कीटोसिस (Ketosis) कहते हैं। रक्त में कीटोन पिण्डों का सान्द्रण या सामान्य मात्रा 1 mg/100 ml से अधिक नहीं होता है। मनुष्य में मूत्र के साथ उत्सर्जन 1 mg से कम 24 घण्टे की दर हो जाती है। रक्त या मूत्र में कीटोन की सामान्य मात्रा से अधिक मात्रा होना कीटोनेमिया/कीटोनरक्तता (Ketonemia) कहलाता है।

कीटोसिस में विशेष एन्जाइमों द्वारा काइलोमाइक्रोन्स (Chylomicrons) यकृत कोशिकाओं में वसा अम्लों एवं ग्लिसरॉल में विभाजित होती है। बीटा ऑक्सीकरण (Beta Oxidation) के कारण वसा अम्ल एसिटाइल सह-एन्जाइम (Acetyl CoA) में बदलते हैं, जो कि कन्डेन्सेशन (Condensation) द्वारा एसिटो ऐसीटिक अम्ल

टिप्पणी

नामक कीटोन काय (Ketone body) में बदलता है। एसिटोएसिटिक अम्ल दो अन्य कीटोनों β -हाइड्रॉक्सीब्यूट्रिक अम्ल (β -hydroxybutyric acid) एवं एसिटोन (Acetone) में विभाजित होता है।



1.12.7 वसा चयापचय का नियन्त्रण (Control of Fat Metabolism)

प्रोटीन एवं कार्बोहाइड्रेट के चयापचय के समान मनुष्य के शरीर में वसा चयापचय विभिन्न प्रकार के हॉर्मोन जोकि अन्तःस्त्रावी ग्रन्थियों के द्वारा स्त्रावित होते हैं, के द्वारा नियन्त्रित होता है।

उदाहरण— पीयूष ग्रन्थि का वृद्धि हॉर्मोन (Growth hormone) एड्रीनोकार्टिको ट्रापिक हार्मोन (ACTH) अग्न्याशय (Pancreas) के द्वारा इन्सुलिन हार्मोन वसा संग्रह को उत्प्रेरित करता है। एड्रीनल ग्रन्थि के इपिनेफ्रिन हार्मोन एवं कार्टिसोल हार्मोन ऊर्जा उत्पादन को नियन्त्रित करता है।

अपनी प्रगति जाँचिए (Check Your Progress)

- यकृत में लाइपोजेनेसिस विधि होती है, इसको कहते हैं—
 - अतिरिक्त ग्लूकोस से वसा का निर्माण
 - ग्लाइकोजेन में वसा का निर्माण
 - वसा से ग्लाइकोजेन का निर्माण
 - वसा से ग्लाइकोज का निर्माण
- निम्न में से कौन वसा के ऑक्सीडेटिव चयापचय में महत्वपूर्ण है?

(क) एसिटिल Co-A	(ख) ग्लूकोस
(ग) पायरूविक अम्ल	(घ) CO ₂
- रक्त में अस्थि वसाएँ किस रूप में अभिगमन करती हैं?

(क) कोलेस्ट्रॉल	(ख) काइलोमाइक्रोम्स
(ग) ग्लिसरॉल	(घ) वसा अम्ल

1.13 अपनी प्रगति जाँचिए प्रश्नों के उत्तर (Answers to Check Your Progress)

- | | | |
|--------|---------|---------|
| 1. (ख) | 7. (ख) | 13. (ग) |
| 2. (ख) | 8. (घ) | 14. (क) |
| 3. (घ) | 9. (क) | 15. (क) |
| 4. (घ) | 10. (क) | 16. (ख) |
| 5. (ग) | 11. (क) | |
| 6. (क) | 12. (घ) | |

टिप्पणी

1.14 सारांश (Summary)

प्राणी को विभिन्न क्रियाओं के लिए ऊर्जा की आवश्यकता होती है जो उसे प्रोटीन, फैट और कार्बोहाइड्रेट के चयापचय से प्राप्त होती है। ये कोशिकाओं के आण्विक घटकों में रासायनिक रूपान्तरण से प्राप्त कि जाती है।

1.15 मुख्य शब्दावली (Key Terminology)

- उपचय (Anabolism) ऐनाबोलिज्म
- अपचय (Catabolism) केटाबोलिज्म
- कीटोनरक्तता (Ketonemia) किटोनीमिया
- भुखा (Starvation)

1.16 स्व-मूल्यांकन प्रश्न एवं अभ्यास (Self Assessment Questions and Exercises)

लघु उत्तरीय प्रश्न (Short Answer Type Questions)

1. आँतों में जीवाणुओं की भूमिका का वर्णन कीजिए।
2. स्तनी प्राणियों के अतिरिक्त अन्य कशेरुक प्राणियों में पाचन कार्यिकी का वर्णन कीजिए।
3. आँतो में पाये जाने वाले एन्जाइम और उसकी क्रिया का वर्णन कीजिए।
4. कार्बोहाइड्रेट्स मेटाबालिज्म का वर्णन कीजिये।
5. कोशिका मे कार्बोहाइड्रेट्स के उपापचय के सम्बन्ध में आप क्या जानते है लिखिए।

टिप्पणी

6. कार्बोहाइड्रेट्स की संरचना तथा उपापचय का वर्णन कीजिए।
7. ग्लाइकोलिसिस का वर्णन कजिए। इस क्रिया में कितने ATP बनते हैं।
8. निम्नलिखित पर संक्षिप्त टिप्पणी लिखिए—
 - (i) ग्लाइकोलाइसिस
 - (ii) ग्लाइकोनियोजिनोलिसिस
 - (iii) इलेक्ट्रान अभिगमन
 - (iv) ग्लाइकोलाइसिस का अन्तिम उत्पाद क्या है?
9. ग्लाइकोजेनेसिस एवं ग्लाइकोजिनोलिसिस में अन्तर स्पष्ट कीजिये।
10. निम्नलिखित पर संक्षिप्त टिप्पणी लिखिये—
 - (i) लिपिड्स उपापचय
 - (ii) बीटा ऑक्सीडेसन
11. लिपोजेनेसिस (Lipogenesis) से आप क्या समझते हैं?

दीर्घ उत्तरीय प्रश्न (Long Answer Type Questions)

1. भोजन की कार्यिकी का विस्तृत वर्णन स्तनी प्राणी में कीजिए जिसका अध्ययन आपने किया हो।
2. भोजन के पाचन में विभिन्न एन्जाइम्स की क्रिया-विधि का वर्णन कीजिए।
3. यकृत के कार्यों का वर्णन कीजिए।
4. प्रोटीन मेटाबलिज्म का वर्णन कीजिए।
5. प्रोटीन उपापचय का वर्णन कीजिए।
6. प्रोटीन के उपापचय को केवल चित्र द्वारा प्रदर्शित कीजिए।
7. वसा के उपापचय में होने वाली विभिन्न प्रक्रियाओं का वर्णन कीजिये।
8. β ऑक्सीकरण का वर्णन कीजिए। यह कहाँ होता है?

1.17 सहायक पाठ्य सामग्री (Suggested Readings)

Books of MP Hindi Granth Academy

1. Parker & Haswall : Text Book of Vertebrate Zoology
2. Kotpal, RL : Vertebrate
3. Jordan, EL and Verma, PS : Chordate Zoology
4. Rastogl, VB : Organic Evolution
5. Singh and Chaturvedi : Organic Evolution
6. Ernst W. Mayr : Evolution and the Diversity of life

7. Colbert : Evolution
8. Verma, PS and Agrawal, VK : Cell Biology, Genetics,
Molecular Biology, Evolution
9. Verma PS : Animal Physiology
10. Nigam, HL : Animal Physiology
11. Wood, DW : Principle of Animal Physiology
12. Berry, AK : Animal Physiology and
Biochemistry
13. Prosser, CL : Animal Physiology and
Biochemistry
14. Goyal and Shastri : Animal Physiology
15. Shrivastava, HS : Biochemistry
16. Lehninger : Biochemistry

पोषण एवं चयापचय

टिप्पणी

इकाई 2 श्वसन, उत्सर्जन एवं प्रतिरक्षा प्रणाली (Respiration, Excretion and Immune System)

संरचना (Structure)

- 2.0 परिचय
- 2.1 उद्देश्य
- 2.2 श्वासोच्छ्वास की विधि
- 2.3 ऑक्सीजन का परिवहन, श्वसन की विधि और कार्यिकी
 - 2.3.1 ऑक्सीजन का आदान-प्रदान
 - 2.3.2 ऑक्सीजन का ऊतकों में परिवहन
 - 2.3.3 कार्बन डाइऑक्साइड का परिवहन
- 2.4 कोशिकीय श्वसन
 - 2.4.1 फॉस्फोरिलीकरण
 - 2.4.2 शर्करा का विदलन
- 2.5 पाइरूविक अम्ल का ऑक्सीकरण
- 2.6 क्रैब्स चक्र या ट्राइकार्बोक्सिलिक चक्र
- 2.7 इलेक्ट्रान संवहन तन्त्र
- 2.8 क्लोराइड शिपट
- 2.9 उत्सर्जन
 - 2.9.1 उत्सर्जन की कार्यिकी
 - 2.9.2 उत्सर्जन एवं मल त्याग
- 2.10 उत्सर्जी पदार्थ एवं इनकी रासायनिक प्रकृति
- 2.11 नाइट्रोजनयुक्त पदार्थ
- 2.12 उत्सर्जी पदार्थों के आधार पर प्राणियों का वर्गीकरण
 - 2.12.1 वृक्क की कार्यिकी एवं मूत्र का निर्माण
 - 2.12.2 मूत्र निर्माण की विधि
- 2.13 प्रतिरक्षा प्रणाली
 - 2.13.1 सहज एवं उपार्जित इम्यूनैटी
- 2.14 इम्यून तन्त्र: संलग्न कोशिकाएँ
 - 2.14.1 T-लिम्फोसाइट
 - 2.14.2 B-लिम्फोसाइट
- 2.15 मैक्रोफाज
 - 2.15.1 लसिका तन्त्र
- 2.16 इम्यून अनुक्रिया
- 2.17 अपनी प्रगति जाँचिए प्रश्नों के उत्तर
- 2.18 सारांश
- 2.19 मुख्य शब्दावली
- 2.20 स्व-मूल्यांकन प्रश्न एवं अभ्यास
- 2.21 सहायक पाठ्य सामग्री

2.0 परिचय (Introduction)

पर्यावरण से O₂ लेना ही श्वसन नहीं होता बल्कि उसका विधिवत फेफड़ों तक पहुँचना और CO₂ का शरीर से बाहर निकालना यह श्वसन की क्रिया और कार्यिकी में आता है।

टिप्पणी

2.1 उद्देश्य (Objectives)

श्वसन कि क्रिया-विधि और श्वसन की कार्यिकी को समझना, इसमें विभिन्न प्रकार के enzymes कैसे उपयोग में आते हैं, फेफड़े कैसे कार्य करते हैं ये सरल भाषा में समझाना, यह उद्देश्य है।

गैसों का परिवहन (Transport of Gases)

फेफड़ों में गैसों का विनिमय (Gas Exchange in the Lungs)— अशुद्ध रक्त (Deoxygenated blood) फुफ्फुसीय (Pulmonary) धमनी के द्वारा फेफड़ों में लाया जाता है या आता है। फेफड़ों में यह अशुद्ध रक्त केशिकाओं (Capillaries) के जाल में वितरित होता है। यह रक्त केशिकाएँ प्रत्येक वायुकोष (Air Sac) को घेरे रहती हैं। दोनों, वायुकोषों एवं रक्त केशिकाओं की पतली एवं नम भित्तियाँ श्वसनीय गैसों का तीव्रता से गैसीय विनिमय करती हैं अर्थात् ऑक्सीजन वायु से रक्त में जाती है, जबकि रक्त में से कार्बन डाइऑक्साइड वायु में जाती है। फुफ्फुसीय शिरा (Pulmonary Vein) ऑक्सीकृत रक्त (Oxygenated blood) को हृदय में ले जाती है, जहाँ से वह श्वसन के कार्य के लिए ऊतकों (Tissues) एवं कोशिकाओं (Cells) में जाती है।

2.2 श्वासोच्छ्वास की विधि (Mechanism of Breathing)

श्वासोच्छ्वास (Breathing)

- (i) **इन्सपिरेशन या निश्वसन (Inspiration)**— इस अवस्था के अन्तर्गत वायु वातावरण से श्वसन-पथ (Respiratory passage) द्वारा फेफड़ों में प्रवेश करती है।
- (ii) **एक्सपिरेशन या उच्छ्वासन (Expiration)**— इसमें इन्सपिरेशन के पश्चात् वायु उसी श्वसन-पथ द्वारा फेफड़ों से बाहर निकलकर पुनः वातावरण में लौट जाती है।

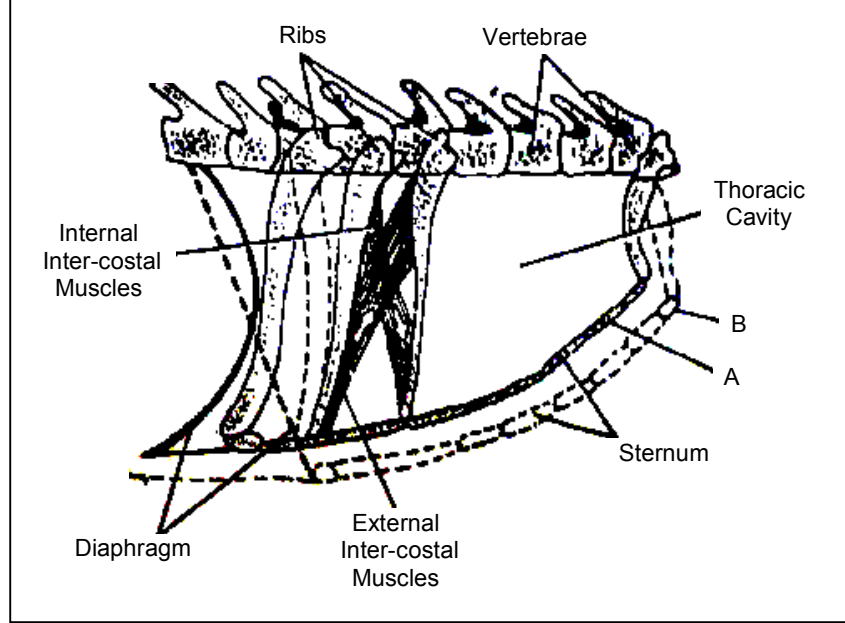
श्वासोच्छ्वास की क्रियाविधि (Mechanism of Breathing)

लीपस तथा अन्य स्तनियों में यह क्रिया दो प्रकार से होती है—

1. **कॉस्टल श्वासोच्छ्वास (Costal Breathing)**— यह पसलियों एवं उनके बीच स्थित कॉस्टल पेशियों (Costal muscles) द्वारा होती है। लीपस की थोरेसिक या वक्षीय गुहा एक बक्से की तरह होती है जिस के पृष्ठतल पर

टिप्पणी

थोरैसिक-वर्टिब्रल कॉलम (Thoracic vertebral column) अधरतल पर स्टर्नम तथा पार्श्वतलों पर पसीलियाँ पायी जाती है। पसीलियाँ ऊपर की ओर थोरैसिक कशेरुकाओं से तथा नीचे की ओर कमान की तरह झुकी होती है। प्रत्येक दो पसलियों के बीच में दो प्रकार की ऐच्छिक कॉस्टल पेशियाँ पायी जाती है।



चित्र क्र. 2.1: Mechanism of Breathing in Mammals

(A) Normal Position (B) During Inspiration

(i) इन्सपिरेटरी बाह्य इण्टरकॉस्टल पेशियाँ (Inspiratory external intercostal muscles)— ये पेशियाँ प्रत्येक पसली के ऊपरी सिरे से निकलकर अपने पीछे वाली पसली के निचले सिरे पर लगी होती है।

(ii) एक्सपिरेटरी आन्तरिक इण्टरकॉस्टल पेशियाँ (Expiratory internal intercostal muscles)— ये पेशियाँ प्रत्येक पसली के निचले भाग से निकलकर अपनी पीछे वाली पसली के ऊपरी भाग से लगी होती है। इन पेशियों में संकुचन (Contraction) सदैव इनके उद्गम (Origin) की ओर होता है।

(a) कॉस्टल इन्सपिरेशन (Costal Inspiration)— जब बाह्य-इण्टरकॉस्टल पेशियों (External intercostal muscles) में संकुचन होता है, तो पसलियाँ आगे को खिसकने के साथ कुछ बाहर पार्श्व तल की ओर भी खिसकती है जिससे स्टर्नम नीचे को झुकता है। इन क्रियाओं के फलस्वरूप थोरैसिक या वक्षीय गुहा का आयतन (Volume) पार्श्व दिशा में तथा नीचे की ओर बढ़ जाता है। वक्षीय गुहा का आयतन बढ़ने के साथ प्लूरल गुहाओं का आयतन भी बढ़ने लगता है जिससे इन गुहाओं के अन्दर बंद फेफड़े भी आयतन में बढ़कर फूल जाते हैं। फेफड़ों के फूल जाने से उनमें वायु का दबाव शरीर के बाहर की वायु के दबाव की अपेक्षा कम हो जाता है। शरीर से बाहर तथा फेफड़ों के भीतर वायु का दबाव एक-सा रखने के लिए वायु बाहरी नासाछिद्रों से नेजल चैम्बर्स

तथा श्वसन मार्ग से होती हुई ट्रैक्रिया द्वारा फेफड़ों में तेजी से खिंचती चली जाती है। इसको कॉस्टल इन्सपिरेशन कहते हैं।

(b) कॉस्टल एक्सपिरेशन (Costal Expiration)— साँस लेने की सामान्य दशाओं में लीपस में इन्सपिरेशन तो उपरोक्त विधि से चलता रहता है, परन्तु एक्सपिरेशन या उच्छ्वसन बिना किसी पेशी के संकुचन के ही होता रहता है। केवल बाह्य-इण्टरकॉस्टल पेशियों (External inter-costal muscles) के फैलने या शिथिलन (Relaxation) से पसलियाँ तथा स्टर्नम अपनी सामान्य दशाओं में लौटकर एक्सपिरेशन (Expiration) कराते हैं। इसको निष्क्रिय एक्सपिरेशन (Passive expiration) कहते हैं।

निष्क्रिय एक्सपिरेशन के विपरीत जब लीपस परिश्रम करता तथा दौड़ता हुआ लम्बी साँस भरता है तो उस समय इन्सपिरेशन की गति बढ़ जाती है और एक्सपिरेशन सक्रिय (Active) रूप से होता है। इस क्रिया के अन्तर्गत आन्तरिक इण्टरकॉस्टल पेशियों (Internal intercostal muscles) के सिकुड़ने के कारण पसलियाँ और स्टर्नम अपनी पहली जैसी दशा में पुनः वापस आ जाते हैं। इस दशा में वक्षीय गुहा का आयतन घटकर उतना रह जाता है जितना कि इन्सपिरेशन से पहले था। वक्षीय गुहा का आयतन घट जाने के कारण फेफड़ों में पहले की आयी हुई हवा पर दबाव पड़ता है जिससे फेफड़े पिचक कर अधिकांश वायु को ट्रैक्रिया में फेंकते हैं जहाँ से यह श्वसन मार्ग तथा नेजल चैम्बर्स से होती हुई बाहर पुनः वातावरण में निकल जाती है।

2. एब्डोमिनल या उदरीय श्वासोच्छ्वास (Abdominal breathing)— इस प्रकार का श्वासोच्छ्वास मुख्यतः डायफ्राम (Diaphragm) द्वारा सम्पन्न होता है। सामान्य दशा में डायफ्राम वक्षीय गुहा और उदर-गुहा के बीच में तथा वक्षीय गुहा की ओर गुम्बज (Dome) की तरह उठा रहता है। स्वयं डायफ्राम की पेशियाँ डायफ्राम के बीच से निकलकर स्टर्नम तथा पसलियों से लगी रहती हैं—

(a) उदरीय इन्सपिरेशन (Abdominal inspiration)— इन्सपिरेशन के समय डायफ्राम की पेशियों में शिथिलन संकुचन होता है जिसके कारण यह गुम्बज की तरह न रहकर, पीछे की ओर हटता हुआ चपटा हो जाता है। डायफ्राम के चपटे हो जाने से वक्षीय गुहा तथा प्लूरल गुहा का आयतन बढ़ता है जिसके कारण फेफड़ों का आयतन भी बढ़ जाता है जिससे वायु वातावरण से फेफड़ों में प्रवेश कर जाती है।

(b) उदरीय एक्सपिरेशन (Abdominal Expiration)— इसके अन्तर्गत डायफ्राम की सिकुड़ी हुई पेशियों में शिथिलन (Relaxation) होता है जिससे डायफ्राम चपटा न रहकर फिर वक्षीय गुहा की ओर उठकर गुम्बज-सा बना लेता है। डायफ्राम को गुम्बज का रूप देने में उदरीय-पेशियाँ (Abdominal muscles) भी सहायक होती हैं। उदर पेशियों के संकुचन से उदर-गुहा के आन्तरिक अंग डायफ्राम को धक्का देकर सामने तथा वक्षीय गुहा की ओर दबाते हैं। इस प्रकार डायफ्राम के वक्षीय गुहा की ओर गुम्बज के रूप में होने से वक्षीय गुहा का आयतन घटता है जिसके कारण फेफड़ों पर दबाव पड़ता है तथा फेफड़ों के सिकुड़ने से उनके अन्दर भरी वायु का निष्कासन हो जाता है।

टिप्पणी

टिप्पणी

फेफड़ों की कैपेसिटी या सामर्थ्य (Capacity of Lungs)

- (i) **टाइडल वॉल्यूम या मात्रा (Tidal volume)**— सामान्य श्वसन में प्रत्येक साँस के साथ वायु की जितनी मात्रा (Volume) फेफड़ों में भरती है और निकलती है उसे वायु का टाइडल वॉल्यूम कहते हैं। एक सामान्य युवा पुरुष में यह लगभग 500 मि. ली. होती है।
- (ii) **इन्सपिरेटरी या निश्वसन रिजर्व वॉल्यूम (Inspiratory reserve volume)**— सामान्य एक्सपिरेशन (Expiration) के पश्चात् कभी-कभी गहरी एवं बलकृत इन्सपिरेशन (Inspiration) होता है, जिसमें सामान्य टाइडल वायु की मात्रा से अधिक वायु फेफड़ों में प्रवेश करती है। वायु की इस अधिक मात्रा को इन्सपिरेटरी रिजर्व वॉल्यूम कहते हैं जो लगभग 3000 मि. ली. होती है।
- (iii) **एक्सपिरेटरी या उच्छ्वसन रिजर्व वॉल्यूम (Expiratory reserve volume)**— टाइडल वायु के निष्कासन के पश्चात् वायु की अधिक मात्रा का बलपूर्वक निष्कासन एक्सपिरेटरी रिजर्व वॉल्यूम कहलाता है। यह लगभग 1100 मि. ली. होता है।
- (iv) **रेसीडुअल या अवशेष वॉल्यूम (Residual volume)**— एक्सपिरेशन (Expiration) में अधिक से अधिक वायु की मात्रा के निष्कासन के पश्चात् भी कुछ वायु फेफड़ों में शेष रह जाती है। इसे रेसीडुअल वॉल्यूम कहते हैं जो लगभग 1200 मि. ली. होती है।
- (v) **इन्सपिरेटरी कैपेसिटी या निश्वसन सामर्थ्य (Inspiratory capacity)**— फेफड़ों को हम न तो हवा से पूरा भर सकते हैं और न ही पूरा खाली कर सकते हैं। अपनी चेष्टा एवं अभ्यास से हम टाइडल वायु की मात्रा को मिलाकर अधिकतम 3500 मि. ली. वायु एक बार की साँस में अपने फेफड़ों में खींच सकते हैं। यह हमारी इन्सपिरेटरी कैपेसिटी कहलाती है। वास्तव में इसमें वायु के टाइडल तथा इन्सपिरेटरी रिजर्व वॉल्यूमस सम्मिलित हैं।
- (vi) **फंक्शनल रेसीडुअल कैपेसिटी या कार्यात्मक अवशेष सामर्थ्य (Functional residual capacity)**— इसके अन्तर्गत वायु के एक्सपिरेटरी रिजर्व तथा रेसीडुअल वॉल्यूमस आते हैं। अन्तः यह वायु की वह मात्रा है जो फेफड़ों में सामान्य निष्कासन के पश्चात् रह जाती है। यह लगभग 2300 मि. ली. होती है।
- (vii) **वाइटल कैपेसिटी या सजीव सामर्थ्य (Vital capacity)**— इन्सपिरेटरी कैपेसिटी या निश्वसन सामर्थ्य से फेफड़ों को वायु से भरकर हम एक साँस में टाइडल वायु की मात्रा को मिलाकर अधिकतम 4600 मि. ली. वायु बाहर निकाल सकते हैं। यह फेफड़ों की वाइटल कैपेसिटी कहलाती है।

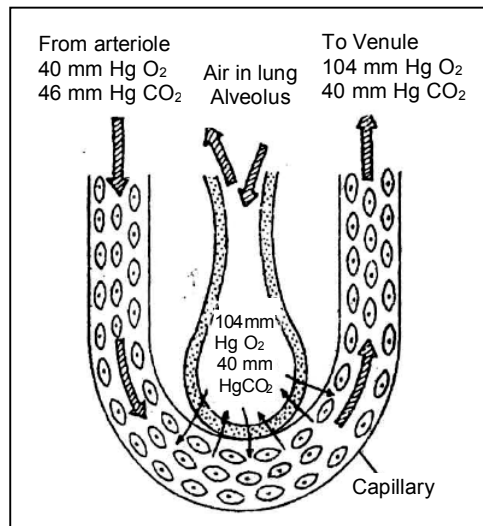
प्रायः नर स्तनियों की एक्सपिरेशन क्रिया में डायफ्राम अधिक सक्रिय रूप से भाग लेता है। परन्तु मादा स्तनियों की इस क्रिया में पसलियाँ ही केवल भाग लेती हैं। क्योंकि, एक्सपिरेशन में उदर गुहा के आन्तरिक-अंग सामने या ऊपर उठकर डायफ्राम को गुम्बज के आकार में बनाये रखने में

सहायक होते हैं। मादा स्तनियों में बार-बार आन्तरिक-अंगों के खिसकते रहने से गर्भाशय में पलते हुए शिशु को चोट आ जाने की अधिक सम्भावना होती है। इसलिए मादा में साँस लेने या निकालने में पसलियाँ ही अधिक सक्रिय कार्य करती हैं।

- (viii) **फेफड़ों की कुल सामर्थ्य (Total lung capacity)**— यह हमारे फेफड़ों में अधिक से अधिक वायु की मात्रा होती है जिसे पूरी चेष्टा के साथ साँस लेने पर फेफड़ों में भरते हैं। यह 5800 मि. ली. होती है (इन्सपिरेटरी कैपैसिटी = 3500 + फंक्शनल रेसीडुअल कैपैसिटी = 2300 = 5800 मि. ली.)।

2.3 ऑक्सीजन का परिवहन, श्वसन की विधि और कार्याकी (Transport of Oxygen, Mechanism and Physiology of Respiration)

ऑक्सीजन का आदान-प्रदान (Exchange of Oxygen)— फेफड़ों में गैसों का विनिमय, फेफड़ों में संवाहित अशुद्ध रक्त की कार्बन डायऑक्साइड एवं फुफ्फुसीय ऐल्वियोलि (Pulmonary alveoli) की ऑक्सीजन के दबाव में भिन्नता पर आधारीत होता है। फेफड़ों के वायुकोषों में पायी जाने वाली ऑक्सीजन का दबाव (100 mm Hg) फेफड़ों की केशिकाओं की ऑक्सीजन (40 mm Hg) की अपेक्षा अधिक होता है। जबकि फेफड़ों की केशिकाओं (Capillaries) की कार्बन डाइऑक्साइड का दबाव (46 mm Hg) वायुकोषों की कार्बन डायऑक्साइड (40 mm Hg) की अपेक्षा अधिक होगा। इस प्रकार ऑक्सीजन वायु से रक्त में चली जाती है, और कार्बन डाइऑक्साइड रक्त से वायु में चली जाती है और शरीर से बाहर निकाल दी जाती है। इस क्रिया को गैसों का परिवहन (Transport of Gases) कहते हैं जो अग्र चरणों में पूर्ण होती है—



चित्र क्र. 2.2: Physiology of Respiration: Gaseous Exchange between Alveolar Sac and Blood

टिप्पणी

श्वसन क्रिया में ग्रहण की गई वायु फेफड़ों के वायु कोष्ठकों (Alveoli) में भर जाती है। मनुष्य के दोनों फेफड़ों में लगभग 30 करोड़ कोष्ठक होते हैं। वायु कोष्ठकों (ऐल्वियोलर कोष Alveolar sac) की भित्तियाँ महीन होती हैं। इन पर रक्त केशिकाओं (Blood capillaries) का घना जाल बिछा रहता है। वायु कोष्ठकों की भित्ति ऑक्सीजन एवं कार्बन डायऑक्साइड के लिए अत्यधिक पारगम्य (Permeable) होती है। यह रक्त केशिकाओं की भित्ति से सटी रहती है और दोनों मिलकर एक श्वसन झिल्ली (Respiratory membrane) बनाती है। वायु कोष्ठकों में ऑक्सीजन का दबाव अधिक होने के कारण सामान्य दशा में लगभग 250 ml O₂- ऑक्सीजन प्रति मिनट विसरित (Diffused) होकर रक्त में पहुँचती है। इसी प्रकार कार्बन डायऑक्साइड लगभग 200 ml प्रति मिनट निकलकर वातावरण की वायु में चली जाती है। इसी प्रकार ऊतकों में रक्त केशिकाओं के मध्य गैसीय विनिमय ऊतक द्रव (Tissue fluid) के द्वारा होता है। केशिकाओं में सक्रिय चयापचय (Active metabolism) के कारण O₂ की सदैव कमी एवं CO₂ की अधिकता रहती है। अन्तः ऑक्सीजन रक्त से ऊतक द्रव्य में होती हुई हमेशा केशिकाओं में तथा CO₂ हमेशा केशिकाओं (Capillaries) से रक्त में प्रसारित होती है।

2.3.1 ऑक्सीजन का आदान-प्रदान (Exchange of O₂)

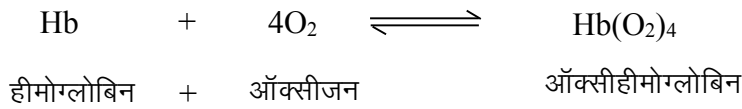
प्राणी शरीर के श्वसन अंगों द्वारा ग्रहण की गई ऑक्सीजन को ऊतकों (Tissues) एवं कोशिकाओं (Cells) तक पहुँचाने की क्रिया को ऑक्सीजन का आदान-प्रदान कहते हैं। यह क्रिया निम्नलिखित चरणों में पूरी होती है—

(a) ऑक्सीहीमोग्लोबिन का निर्माण (Formation of Oxyhaemoglobin)— एक सामान्य स्वस्थ मनुष्य में रक्त प्रतिदिन लगभग 350 लिटर ऑक्सीजन शरीर की कोशिकाओं तक पहुँचाता है। स्तनी प्राणियों, मनुष्य में 100 ml रक्त में 15-20 ml ऑक्सीजन संवहन करने की क्षमता पायी जाती है, लेकिन उसमें से कुल 3% भाग ही रक्त प्लाज्मा (Plasma) संवहन करता है। इसका कारण है कि सामान्य दाब पर ऑक्सीजन प्लाज्मा में अत्यधिक कम 24 ml/100 ml घुलनशील है। शेष बची ऑक्सीजन रक्त में पाये जाने वाले लाल रक्तानु (RBC) में पायी जाने वाली हीमोग्लोबिन (Haemoglobin) के साथ अस्थायी यौगिक को बनाती है, या ऑक्सीहीमोग्लोबिन (Oxy-haemoglobin) को बनाती है।

रक्त में ऑक्सीजन का परिवहन करने के लिए लाल रक्तानुओं (RBC) में विशेष रंगा पदार्थ हिमोग्लोबिन (Haemoglobin) होता है। हीमोग्लोबिन लौह (Iron) युक्त संयुक्त प्रोटीन (Conjugated protein) है। इसको श्वसन रंगा पदार्थ (Respiratory pigment) कहते हैं। इसकी लौह युक्त रंगा हीम (Haem) में ऑक्सीजन के वहन करने की क्षमता होती है। यह श्वसन रंगा पदार्थ, ऑक्सीजन को फेफड़े से ऊतक तक पहुँचाने का कार्य करते हैं। इसका लौह (Iron) युक्त रंगा भाग दो यौगिकों (Compound) से मिलकर बना होता है। प्रथम भाग हीमेटिन या हीम (Haematin or Haem) का बना होता है यह आयरन पोरफायरिन (Iron

Porphyrin) है जिसमें Fe⁺⁺ फेरस (Ferrous) अवस्था में ऑक्सीकृत हो जाता है। यही कारण है कि हीमोग्लोबिन का दूसरा भाग ग्लोबिन प्रोटीन (Globin protein) का होता है जो इसके अणु (Molecule) का 95% भाग होता है।

हीमोग्लोबिन (Haemoglobin) अणु के चारों आयरन परमाणु ऑक्सीजन के एक-एक अणु से प्रतिवर्ती (Reversible) बंधन बनाते हैं, जिसमें वे फेरस (Ferrous = Fe⁺⁺) दशा में रहते हैं। इस क्रिया को हीमोग्लोबिन का ऑक्सीजनीकरण कहते हैं। इस क्रिया में फेरस आयरन (Fe⁺⁺) ऑक्सीजन के साथ फेरिक (Ferric = Fe⁺⁺⁺) अवस्था में ऑक्सीकृत (Oxidised) हो जाता है। यही कारण है कि हीमोग्लोबिन ऑक्सीजन को ग्रहण कर ऑक्सीहीमोग्लोबिन (Oxyhaemoglobin) नामक अस्थिर यौगिक बनाता है। ऑक्सीजन (Oxygen) ऑक्सीहीमोग्लोबिन के रूप में रक्त के द्वारा संवाहित होता है।



हीमोग्लोबिन (Haemoglobin) बैंगनी (Purple) रंग का होता है, जब कि ऑक्सीहीमोग्लोबिन (Oxyhaemoglobin) चमकीले लाल रंग का होता है। एक ग्राम हीमोग्लोबिन लगभग 1.34 ml O₂ को बाँधता है। ऊतकों (Tissues) में ऑक्सीजन की सान्द्रता रक्त की अपेक्षा कम होती है, अन्तः ऊतकों में ऑक्सीहीमोग्लोबिन विघटित (Dissociate) होकर ऑक्सीजन मुक्त कर देता है, जो ऊतकों द्वारा श्वसन के उपयोग में आती है।

2.3.2 ऑक्सीजन का ऊतकों में परिवहन (Transport of Oxygen in the Tissues)

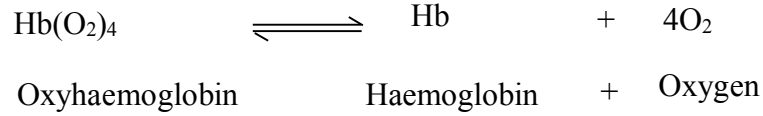
आराम अवस्था में ऊतकीय द्रव्य (Tissue fluid) में ऑक्सीजन का दबाव कम होता है, 40 mm Hg। धमनियों का रक्त 100 mm Hg ऑक्सीजन दाब के साथ तथा 98% ऑक्सीजन से संतृप्त हीमोग्लोबिन, ऊतकीय केशिकाओं (Tissue Capillaries) में प्रवेश करता है। प्लाज्मा (Plasma) से ऑक्सीजन दो द्रवों के दबाव के अन्तर से ऊतकीय द्रव में विसरित होती है। जैसे ही ऑक्सीजन विसरित होती है, घोल में ऑक्सीजन की मात्रा कम होती है और धमनियों के रक्त में ऑक्सीजन का दाब कम होता है। इस कारण हीमोग्लोबिन में ऑक्सीजन की सान्द्रता कम होती है, जिससे प्रथम ऑक्सीजन प्लाज्मा में जाती है, इसमें से ऑक्सीजन ऊतकीय द्रव में पहुँचती है। यह अभिक्रिया अधिक तीव्रता से होती है। इस प्रकार रक्त ऊतक में ऑक्सीजन दाब ऊतकीय द्रव के साथ समानता बनाता है अर्थात् 40 mm Hg। इसके परिणामस्वरूप हीमोग्लोबिन की ऑक्सीजन के साथ सान्द्रता/संतृप्तता 75% रह जाती है।

(b) ऑक्सीहीमोग्लोबिन का विघटन (Dissociation of Haemoglobin)– रक्त के द्वारा ऑक्सीहीमोग्लोबिन को ऊतकों (Tissue) एवं कोशिकाओं (Cells) तक संवाहित किया जाता है। ऊतकों की कोशिकाओं में ग्लूकोस (Glucose) एवं अन्य पोषक पदार्थों के चयापचय (Metabolism) के कारण CO₂ का निर्माण होता है। ऑक्सीजन का उपयोग निरन्तर होता रहता है। इस कारण CO₂ की सान्द्रता रक्त

टिप्पणी

में अधिक हो जाती है। जब रक्त के साथ ऑक्सीहीमोग्लोबिन ऐसे भाग में पहुँचती है तब यह ऑक्सीजन एवं हीमोग्लोबिन में विघटित हो जाती है।

टिप्पणी



ऑक्सीहीमोग्लोबिन (Oxyhaemoglobin) की बनने की मात्रा रक्त में ऑक्सीजन के आंशिक दबाव पर निर्भर करती है। यदि ऑक्सीजन का दबाव अधिक होता है तब ऑक्सीहीमोग्लोबिन की मात्रा अधिक बनती है। ऑक्सीहीमोग्लोबिन का विघटन (Dissociation) निम्नलिखित कारकों पर निर्भर करता है—

- (i) तापक्रम (Temperature)
- (ii) हाइड्रोजन-आयन सान्द्रता (Hydrogen-ion Concentration)
- (iii) इलेक्ट्रोलाइट (Electrolytes)

2.3.3 कार्बन डाइऑक्साइड का परिवहन (Transport of Carbon Dioxide)

कोशिकाओं में भोज्य पदार्थों के ऑक्सीकरण के कारण CO₂ उत्पन्न होती है। यह ऊतक द्रव्य (Tissue fluid) एवं ऊतक द्रव्य से केशिकाओं (Capillaries) के रक्त में पहुँच जाती है। CO₂ का दाब ऊतक द्रव्य में अधिक होता है, इस कारण O₂ के बदले CO₂ रक्त में मिलती है। लगभग 200 ml CO₂ प्रति मिनट रक्त द्वारा शरीर की केशिकाओं से फेफड़ों में पहुँचाई जाती है। CO₂ रक्त के प्लाज्मा एवं लाल रक्ताणुओं में क्रमशः 1/3 एवं 2/3 के अनुपात में रहती है। धमनियों के रक्त में 48% आयतन में CO₂ प्रति 100 ml दबाव पर तथा शिराओं के रक्त में CO₂ का आयतन 52% प्रति 100 ml दबाव पर होती है। कार्बन डाइऑक्साइड का दबाव 40 mm Hg एवं 46 mm Hg क्रमशः धमनियों एवं शिराओं के रक्त में होता है। रक्त की कणिकाएँ (Blood Corpuscles) एवं प्लाज्मा (Plasma) दोनों रक्त का परिवहन करते हैं।

कार्बन डाइऑक्साइड का परिवहन रक्त द्वारा निम्नलिखित प्रकार से किया जाता है—

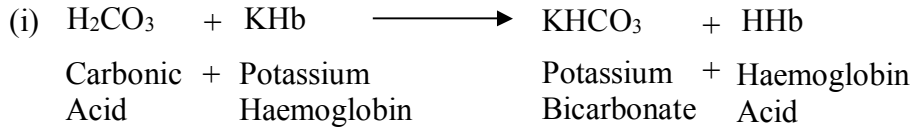
(a) कार्बोनिक अम्ल के रूप में (In the form of Carbonic Acid)–

CO₂ रक्त में प्रवेश करने के पश्चात् 5-10% भाग जल में घुलकर कार्बोनिक अम्ल को बनाता है—

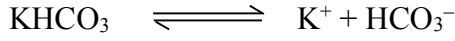


कार्बोनिक अम्ल का निर्माण कार्बोनिक एनहाइड्रेज (Carbonic anhydrase) एन्जाइम की उपस्थिति में अधिक तीव्र गति से होता है। कार्बोनिक अम्ल (Carbonic acid) बनने के तुरन्त पश्चात् हीमोग्लोबिन का पोटेशियम (Potassium) कार्बोनिक अम्ल से क्रिया कर पोटेशियम बाइकार्बोनेट (Potassium bicarbonate) बनाते हैं—

टिप्पणी

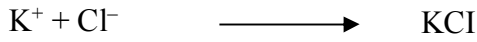
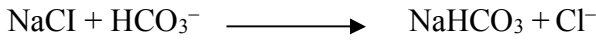


(ii) पोटेशियम बाइकार्बोनेट आयनीकृत हो जाता है—

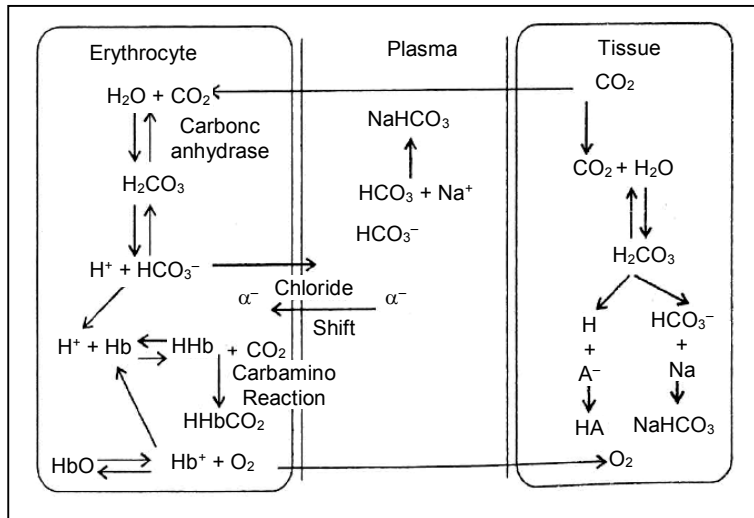


HCO_3^- रक्त के प्लाज्मा में विसरित हो जाता है।

प्लाज्मा में विसरित होने के पश्चात् रक्त प्लाज्मा के NaCl के साथ क्रिया कर सोडियम बाइकार्बोनेट (Sodium bicarbonate) बनाता है। Cl^- आयन मुक्त होकर लाल रक्तानुओं (RBC) में प्रवेश करते हैं। RBC में K^+ आयन के साथ मिलकर पोटेशियम क्लोराइड को बनाती है—



बाइकार्बोनेट के रूप में 80-85% CO_2 की मात्रा रक्त के द्वारा संवाहित होती है।

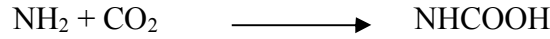


चित्र क्र. 2.3: Exchange of O_2 and CO_2 in Blood and Tissue

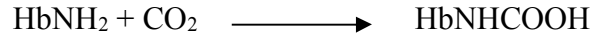
(b) कार्बनअमीनो यौगिक या कार्बोक्सिल हीमोग्लोबिन के रूप में (In the form of carbamino compound or carboxy haemoglobin)— CO_2 अमीनो अम्लों के साथ मिलकर अमीनो यौगिक को बनाती है। ऑक्सीकरण के द्वारा अमीनो अम्ल दो समूह बनाते हैं— (i) अमीनो समूह ($-NH_2$), (ii) कार्बोक्सिल समूह ($-COOH$)

टिप्पणी

- (i) अमीनो समूह के साथ CO₂ मिलकर कार्बन – अमीनो समूह को बनाती है।

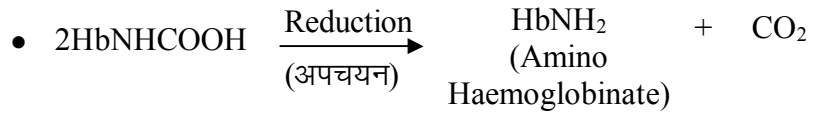
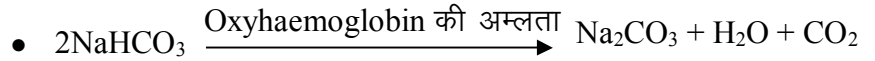
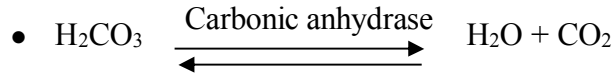


- (ii) कार्बन डाइऑक्साइड की कुछ मात्रा रक्त में हीमोग्लोबिन के साथ मिलकर कार्बोक्सी हीमोग्लोबिन (Carboxy haemoglobin) बनाती है।



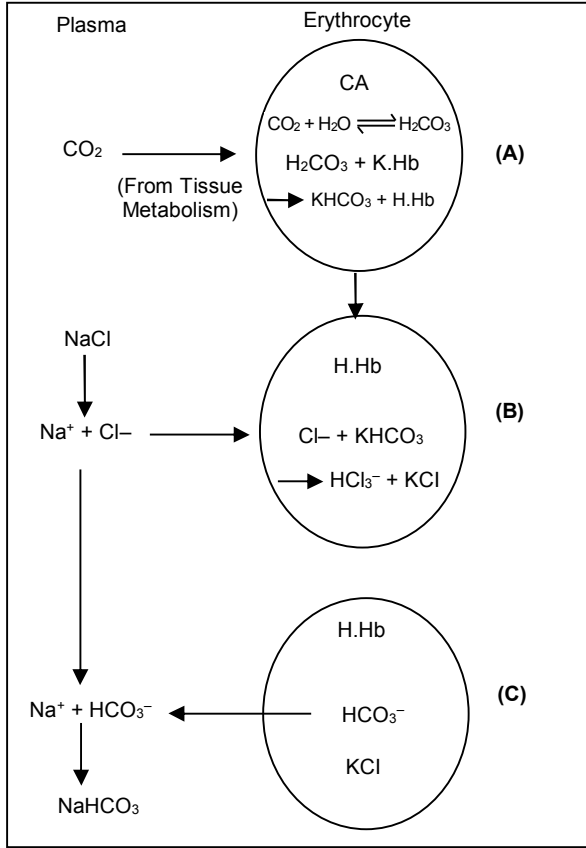
यह कुल CO₂ की मात्रा की 10% मात्रा के रूप में रक्त के साथ संवाहित होकर फेफड़ों में पहुँचती है।

फेफड़ों में CO₂ पहुँचकर निम्नांकित प्रकार से विघटित होकर फेफड़ों में CO₂ रहती है। फेफड़ों से O₂ रक्त में पहुँचती है तथा रक्त से CO₂ फेफड़ों में पहुँचती है—



प्लाज्मा में घुली अवस्था में कार्बन डायऑक्साइड O₂ की अपेक्षाकृत अधिक घुलनशील है फिर भी इसकी 7.5% मात्रा ही निम्नलिखित प्रकार से संवाहित होती है—

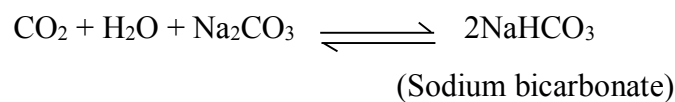
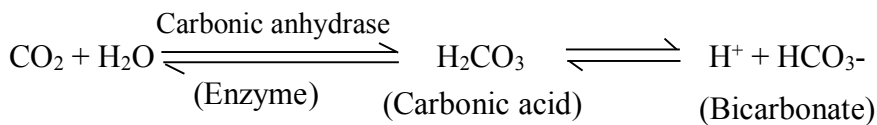
टिप्पणी



चित्र क्र. 2.4: Chloride Shift

(c) बाइकार्बोनेट आयनों के रूप में (In the form of Bicarbonate ion)— कार्बन डाइऑक्साइड की 70% से अधिक मात्रा प्लाज्मा के सोडियम (Sodium) एवं लाल रक्ताणुओं के पोटेशियम से मिलकर सोडियम बाइकार्बोनेट (Sodium bicarbonate) एवं पोटेशियम बाइकार्बोनेट (Potassium bicarbonate) बनाती है। वास्तव में CO₂, RBC के जल से निलकर कार्बोनेट एनहाइड्रेज (Carbonic anhydrase) एन्जाइम की उपस्थिति में कार्बोनिक अम्ल बनाती है। यह कार्बोनिक अम्ल, बाइकार्बोनेट एवं हाइड्रोजन आयनों में विखण्डित हो जाता है—

लाल रक्ताणु में (In RBC)

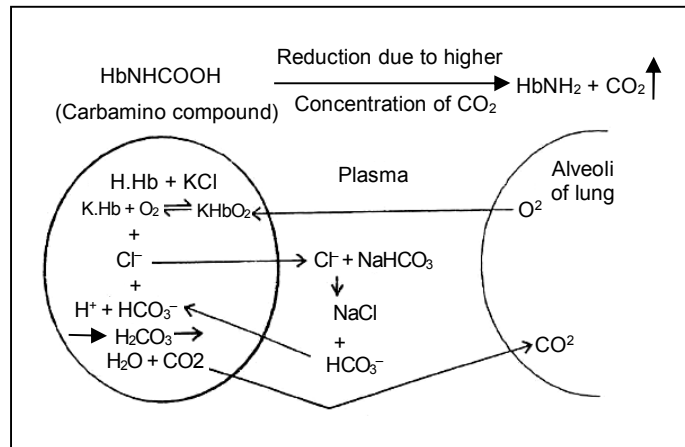


यह प्रतिक्रिया प्लाज्मा में कम, परन्तु RBC में कार्बोनिक एनहाइड्रेज (Carbonic anhydrase) नामक एन्जाइम की उपस्थिति में 5,000 गुना अधिक होती है। यह अधिक विसरणशील होने के कारण कार्बोनिक अम्ल (Carbonic acid) हाइड्रोजन एवं बाइकार्बोनेट आयनों (H⁺ एवं HCO₃⁻) में विघटित हो जाता है।

टिप्पणी

बाइकार्बोनेट आयन अधिक विसरणशील होने के कारण अधिकांश आयन लाल रक्ताणुओं (RBC) से विसरित होकर प्लाज्मा में चले जाते हैं। रक्त का सामान्य pH एवं विद्युत-तटस्थता (Electrostatic neutrality) बनाये रखने के लिए प्लाज्मा से उतने ही क्लोराइड (Chloride) आयन, लाल रक्ताणुओं (RBC) में चले जाते हैं। इसी प्रक्रिया को हैमबर्जर विधि (Hamburger phenomenon) या क्लोराइड शिफ्ट (Chloride shift) कहते हैं। श्वसन सतह पर प्रक्रियाएँ विपरीत दिशा में होती हैं। इससे CO₂ मुक्त होकर बाहरी वायु में चली जाती है। इस प्रकार CO₂ की अधिकांश मात्रा का सोडियम एवं पोटेशियम आयनों के रूप में होता है।

रक्त में O₂ एवं CO₂ की आनुपातिक मात्रा का गैसीय विनिमय (Gaseous exchange) पर अधिक प्रभाव पड़ता है। बोहर प्रभाव (Bohr effect) के अनुसार फेफड़ों में संवाहित रक्त में से CO₂ के बाहर निकल जाने से इनमें हाइड्रोजन आयन (H⁺) कम हो जाते हैं जिससे इसका pH बढ़ जाता है। इसके कारण अधिक मात्रा में O₂, हीमोग्लोबिन से बँध जाती है। ऊतकों (Tissues) में यही प्रभाव विपरीत दिशा में कार्य करता है। हैल्डेन प्रभाव (Haldane effect) के अनुसार हीमोग्लोबिन O₂ से मिलकर एक प्रभावशाली अम्ल (Acid) बन जाता है जिससे CO₂ के साथ मिलने की क्षमता कम हो जाती है। इसकी अम्लता में वृद्धि के साथ शरीर की अम्लता में वृद्धि होती है। इस कारण फेफड़ों में ऑक्सीहीमोग्लोबिन के बनते ही CO₂ रक्त से वायु में चली जाती है। ऊतकों में ऑक्सीहीमोग्लोबिन से O₂ के पृथक् होने पर इसके विपरीत दशाएँ विस्थापित होती हैं।



चित्र क्र. 2.5: Release of Carbon Dioxide

2.4 कोशिकीय श्वसन (Cellular Respiration)

टिप्पणी

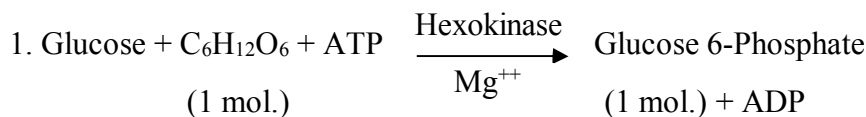
कोशिकीय श्वसन एक बहुत ही जटिल क्रिया है और अनेक चरणों में पूर्ण होती है। प्रत्येक चरण की क्रिया के लिए विशिष्ट एन्जाइम्स कोशिका के अन्दर ही पाये जाते हैं। सभी क्रियाओं का अध्ययन हम निम्नांकित प्रक्रमों के द्वारा करते हैं—

1. ग्लाइकोलिसिस (Glycolysis)
2. पाइरूविक अम्ल का ऑक्सीकरण (Oxidation of Pyruvic acid)—
 - (i) अवायवीय ऑक्सीकरण (Anaerobic oxidation)
 - (ii) वायवीय ऑक्सीकरण (Aerobic oxidation)
3. क्रेब चक्र (Kreb's cycle)
4. इलेक्ट्रान परिवहन पथ (Electron transport pathway)

1. ग्लाइकोलिसिस (Glycolysis) या EMP Pathway (Embden Meyerhof and Paranas Pathway)— ग्लाइकोलिसिस (Glycolysis-Glykos = Sweet, Lysis = Breaking) इस क्रिया में ग्लूकोस (Glucose) के एक अणु का पाइरूविक अम्ल (Pyruvic acid) के दो अणुओं में क्रमिक निम्नीकरण होता है तथा इस पूर्ण श्रृंखला में ATP के दो अणुओं का शुद्ध लाभ होता है। इसके अतिरिक्त इन क्रियाओं में हाइड्रोजन के चार परमाणु भी मुक्त होते हैं जिनको NAD^+ के दो अणु ग्रहण कर $NADH$ में परिवर्तित कर देते हैं। ग्लाइकोलिसिस की इस क्रिया में O_2 की आवश्यकता नहीं पड़ती है। दोनों प्रकार के श्वसनों में यह क्रिया एक समान होती है। सभी सजीवों में चाहे वह पौधे (Plants) हो या प्राणी (Animals) हों, बड़े आकार के हों या सूक्ष्म आकार के हों, ग्लाइकोलिसिस की क्रिया एक समान होती है। इस क्रिया की खोज जर्मनी के तीन वैज्ञानिकों ऐम्बडेन (Embden), मेयरहाफ (Meyerhof) एवं परनास (Paranas) ने की थी, इस कारण इस क्रिया को ई.एम.पी. मार्ग (EMP-6-pathways) कहते हैं। ग्लाइकोलिसिस निम्नलिखित चरणों में पूर्ण होती है।

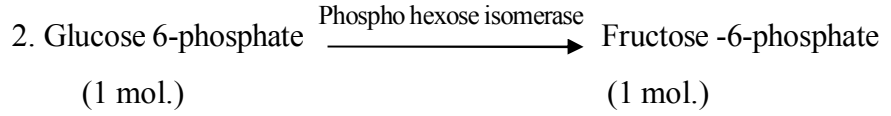
2.4.1 फॉस्फोरिलीकरण (Phosphorylation)

(i) प्रथम फॉस्फोरिलीकरण (First phosphorylation)— सर्वप्रथम ग्लूकोस अणु ATP से एक फॉस्फेट समूह को लेकर हेक्सोकाइनेस (Hexokinase) एन्जाइम की उपस्थिति में ग्लूकोस-6-फॉस्फेट (Glucose-6-Phosphate) में तथा ATP अणु ADP में परिवर्तित हो जाता है—

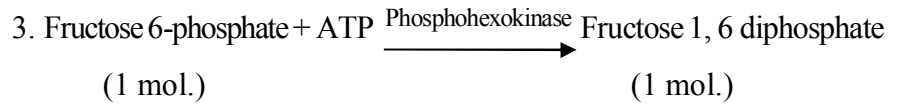


टिप्पणी

(ii) **समावयवीकरण (Isomerization)**— इस क्रिया में ग्लूकोस-6-फॉस्फेट, फॉस्फोहेक्सोस आइसोमेरेज (Phosphohexose isomerase) एन्जाइम की उपस्थिति में अपने समावयवी (Isomer) फ्रुक्टोस-6-फॉस्फेट में परिवर्तित होता है—



(iii) **द्वितीय फॉस्फोरिलीकरण (Second Phosphorylation)**— इस क्रिया में पुनः एक अणु ATP का फॉस्फेट समूह, फॉस्फोहेक्सोकाइनेज की उपस्थिति में फ्रुक्टोस-6-फॉस्फेट से मिलकर फ्रुक्टोस 1, 6 डाइफॉस्फेट बनाता है—



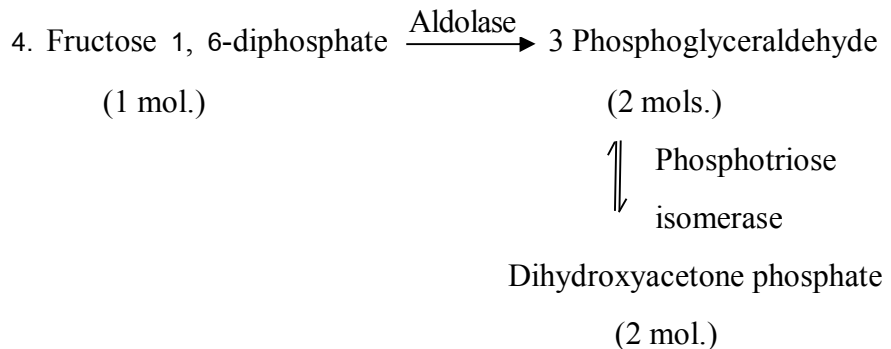
इस फॉस्फोरिलीकरण में ATP के दो अणुओं का उपयोग होता है।

2.4.2 शर्करा का विदलन (Splitting of Sugar)

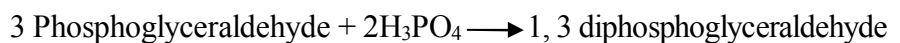
इस क्रिया में 2, 3-कार्बन वाले अणुओं का निर्माण होता है—

(i) **फॉस्फोग्लिसरेल्डिहाइड का निर्माण (Formation of Phosphoglyceraldehyde)**— इस क्रिया में फ्रुक्टोस 1-6 डाइफॉस्फेट ऐल्डोलेज एन्जाइम की सहायता से 3-फॉस्फोग्लिसरेल्डिहाइड एवं डाइ-हाइड्रॉक्सी ऐसीटोन फॉस्फेट के एक-एक अणुओं में अपघटित हो जाता है। यह दोनों 3-कार्बन वाले यौगिक हैं तथा आइसोमेरेज की उपस्थिति में एक-दूसरे में रूपान्तरित होते रहते हैं।

3-फॉस्फोग्लिसरेल्डिहाइड का आने वाली क्रिया में जैसे-जैसे प्रयोग होता रहता है, डाइहाइड्रॉक्सी ऐसीटोन फॉस्फेट-3 फॉस्फोग्लिसरेल्डिहाइड में परिवर्तित होता रहता है। इस क्रिया में 3-फॉस्फोग्लिसरेल्डिहाइड के दो अणु ही बनते हैं—



(ii) **1, 3 डाइ-फॉस्फोग्लिसरेल्डिहाइड का निर्माण (Formation of 1, 3 diphosphoglyceraldehyde)**— उपर्युक्त क्रिया के पश्चात् 3-फॉस्फोग्लिसरेल्डिहाइड, फॉस्फोरिक अम्ल से क्रिया करके 1, 3 डाइ-फॉस्फोग्लिसरेल्डिहाइड बनाता है।

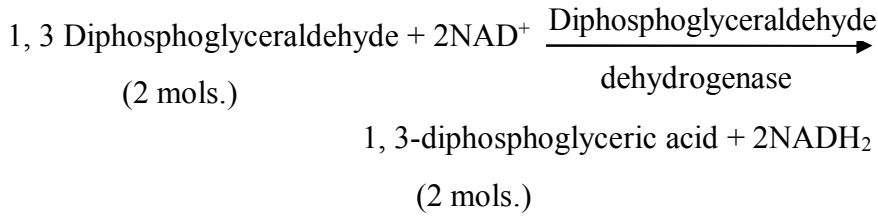


(c) पाइरूविक अम्ल का निर्माण (Formation of Pyruvic acid)

इस क्रिया में 3-फॉस्फोग्लिसरेल्डिहाइड से पाइरूविक अम्ल का निर्माण निम्नलिखित क्रियाओं के द्वारा होता है—

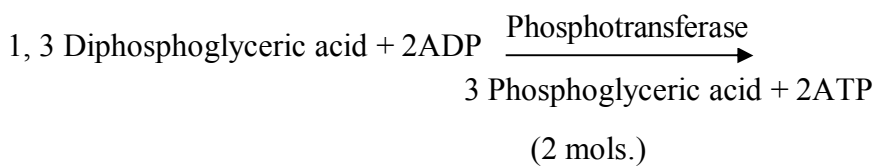
टिप्पणी

(i) फॉस्फोराइलेशन एवं 1-3 डाइफॉस्फोग्लिसरेल्डिहाइड का निर्माण (Phosphorylation and production of 1-3 diphosphoglyceraldehyde)— इस क्रिया में 1, 3 डाइ-फॉस्फोग्लिसरेल्डिहाइड, डीहाइड्रोजिनेज एन्जाइम की उपस्थिति में 2H परमाणुओं को निकाल देता है। यह परमाणु NAD (निकोटिनामाइड एडीनीन डाइ-न्यूक्लियोटाइड) सहएन्जाइम के द्वारा ग्रहण कर लिये जाते हैं और 1, 3 डाइ-फॉस्फोग्लिसरिक अम्ल निर्मित होता है—

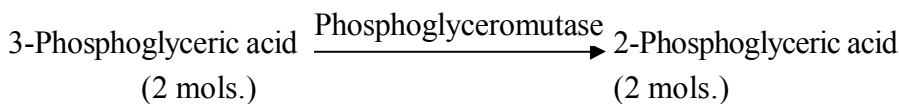


NADH₂ या तो सीधे अऑक्सी श्वसन के काम में आता है या ऑक्सीजन उपस्थित होने पर इलेक्ट्रान अभिगमन द्वारा 3 ATP का निर्माण करता है। इस प्रकार NADH₂ के दो अणुओं से 6 ATP का अतिरिक्त लाभ होता है।

(ii) फॉस्फोग्लिसरिक अम्ल का निर्माण एवं प्रथम ATP का उत्पादन (Production of 3 phosphoglyceric acid and first ATP generation) - 1-3— डाइ-फॉस्फोग्लिसरिक अम्ल से एक उच्च ऊर्जा वाला फॉस्फेट समूह निकलकर ADP से मिलकर ATP को बना देता है। एक अणु ग्लूकोस से दो अणु 1, 3 डाइ-फॉस्फोग्लिसरिक अम्ल बनते हैं। इस कारण दो अणु ATP भी बनते हैं। फॉस्फेट अणु के निकल जाने के पश्चात् 1, 3 डाइ-फॉस्फोग्लिसरिक अम्ल, 3 फास्फोग्लिसरिक अम्ल में रूपान्तरित हो जाता है—

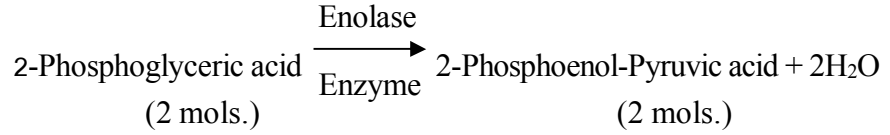


(iii) समावयवीकरण द्वारा 2-फॉस्फोग्लिसरिक अम्ल का निर्माण (Production of 2 Phosphoglyceric acids by Isomerization)— अब 3-फॉस्फोग्लिसरिक अम्ल, फॉस्फोग्लिसरोम्यूटेज एन्जाइम की उपस्थिति में 2-फॉस्फोग्लिसरिक अम्ल को बनाता है—

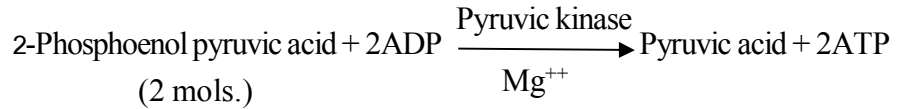


टिप्पणी

(iv) डीहाइड्रेशन/निर्जलीकरण द्वारा फॉस्फोइनाल पाइरूविक अम्ल का निर्माण (**Production of Phosphoenol Pyruvic acid by dehydration**)— इस क्रिया में 2 फॉस्फोग्लिसरिक अम्ल इनोलेज एन्जाइम की उपस्थिति में एक अणु जल त्यागकर 2 फॉस्फोइनाल पाइरूविक अम्ल बनते हैं।



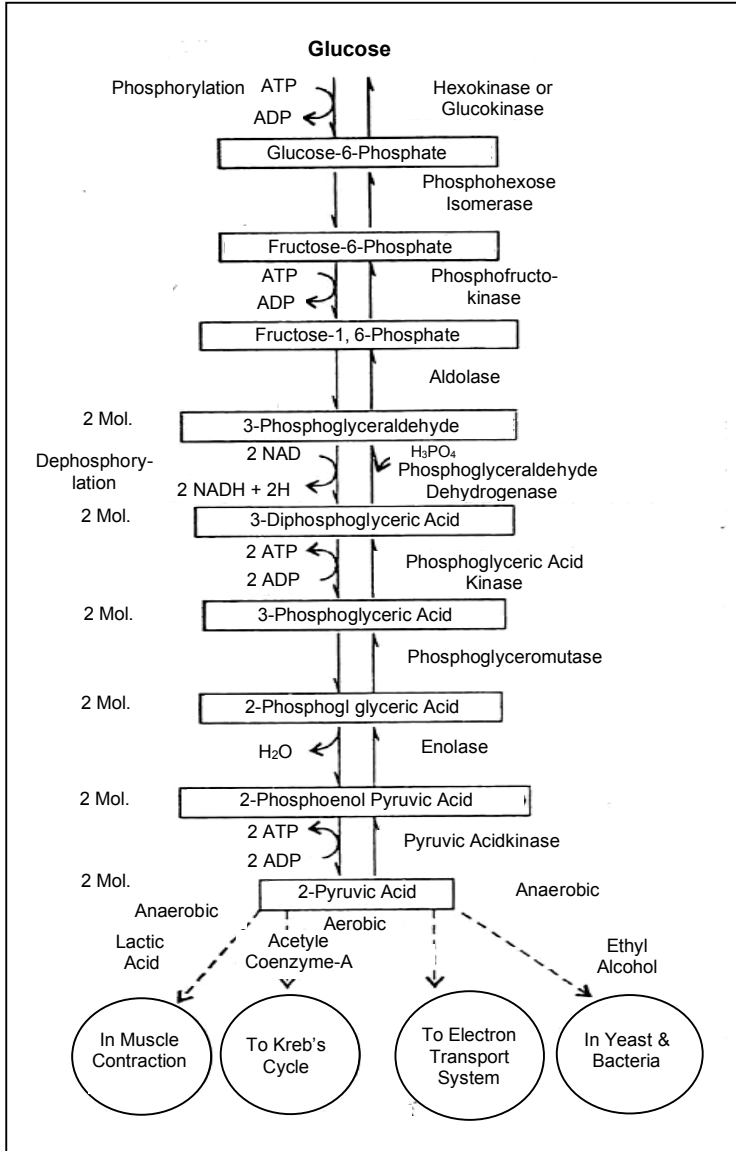
(v) पाइरूविक अम्ल का निर्माण एवं दूसरी बार ATP उत्पादन (**Production of Pyruvic acid and second ATP generation**)— अन्तिम चरण से 2-फॉस्फोइनाल पाइरूविक अम्ल अपने फॉस्फेट समूह को त्यागकर स्वयं पाइरूविक अम्ल बनाता है और फॉस्फेट समूह ADP से मिलकर ATP बना देता है, क्योंकि एक ग्लूकोस अणु में पाइरूविक अम्ल के दो अणु बनते हैं, इस कारण यहाँ 2 अणु ATP भी निर्मित होता है—



2.5 पाइरूविक अम्ल का ऑक्सीकरण (Oxidation of Pyruvic Acid)

पाइरूविक अम्ल का ऑक्सीकरण या अपघटन जीवों में दो प्रकार से होता है। प्रथम ऑक्सीकरण जो O₂ की अनुपस्थिति में होता है, इसको अनॉक्सी-ऑक्सीकरण या अनॉक्सी श्वसन (Anaerobic respiration) कहते हैं। दूसरा ऑक्सीजन की उपस्थिति में होता है, इस कारण इसको ऑक्सी-ऑक्सीकरण या ऑक्सी श्वसन (Aerobic respiration) कहते हैं। कुछ जीवों में दोनों प्रकार का ऑक्सीकरण होता है। कुछ जीवों में एक ही प्रकार का ऑक्सीकरण होता है। पाइरूविक अम्ल के ऑक्सीकरण की दोनों विधियाँ निम्नलिखित प्रकार से होती हैं।

टिप्पणी



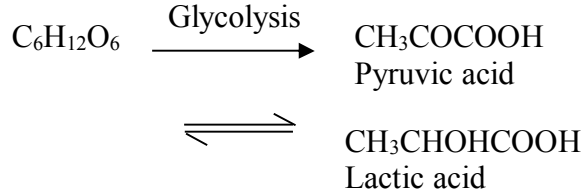
चित्र क्र. 2.6: Physiology of Respiration :
Glycolysis or EMP Pathway

(i) **अनॉक्सी ऑक्सीकरण (Anaerobic oxidation)**— पाइरूविक अम्ल (Pyruvic acid) के इस ऑक्सीकरण में ऑक्सीजन अनुपस्थित होती है, ऑक्सीजन की अनुपस्थिति में भी श्वसन क्रिया होती है। इसको अनॉक्सी श्वसन (Anaerobic respiration) कहते हैं। कुछ कोशिकाएँ O_2 की उपस्थिति में भी अनॉक्सी श्वसन करती हैं।

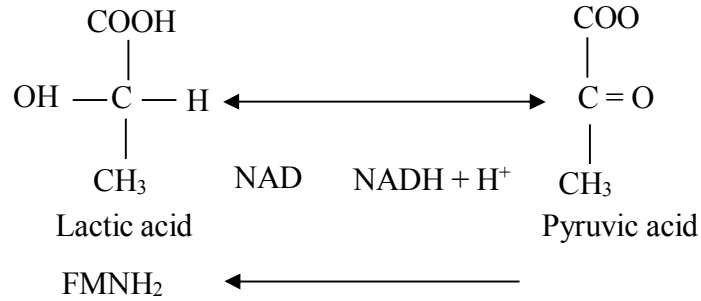
उदाहरण— प्राणियों में लैक्टिक अम्ल का निर्माण (Formation of Lactic acid in animals)— इस क्रिया के अन्तर्गत प्राणियों में पाइरूविक अम्ल को, लैक्टिक अम्ल (Lactic acid) में परिवर्तित कर दिया जाता है। कुछ समय पश्चात् लैक्टिक अम्ल पुनः पाइरूविक अम्ल में परिवर्तित हो जाता है। यह पाइरूविक अम्ल क्रैब चक्र (Kreb's cycle) के द्वारा

टिप्पणी

ऑक्सीकृत होता है। प्राणियों में एक साथ दोनों प्रकार का ऑक्सीकरण होता है। मनुष्य के शरीर में यह क्रिया पेशियों के अन्दर होती है। लैक्टिक अम्ल के बनने एवं एकत्रित होने के कारण पेशियाँ थकान महसूस करती हैं। कुछ देर आराम करने के पश्चात् लैक्टिक अम्ल पुनः पाइरूविक अम्ल में परिवर्तित हो जाता है—

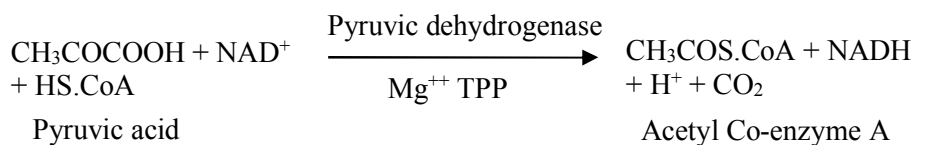


पेशियों में अनॉक्सी ऑक्सीकरण क्रिया निम्न प्रकार से होती है—



(ii) **ऑक्सी-ऑक्सीकरण (Aerobic Oxidation)**— इस प्रकार के ऑक्सीकरण में ऑक्सीजन की आवश्यकता होती है। यह क्रिया निम्नलिखित दो प्रक्रमों में पूर्ण होती है।

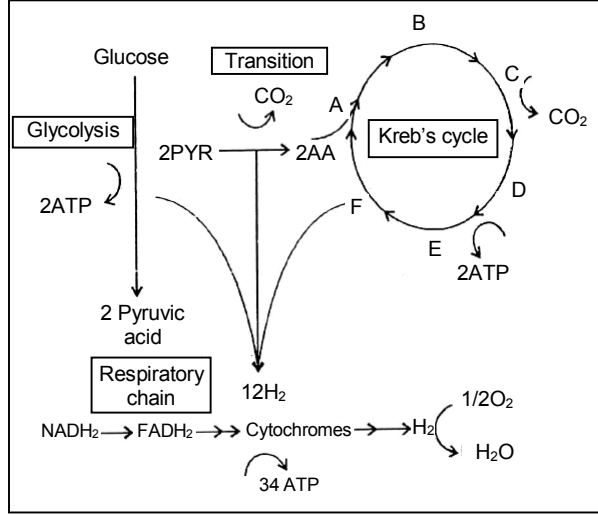
ऑक्सीकारी विकार्वोसिलीकरण या एसिटाइल कोएन्जाइम A का निर्माण (Oxidative decarboxylation or Formation of Acetyl Co-enzyme A)— माइटोकाण्ड्रिया में पहुँचने पर पाइरूवेट डि-हाइड्रोजीनेस (Pyruvate dehydrogenase) एन्जाइम की उपस्थिति में पाइरूविक अम्ल के प्रत्येक अणु के कार्बोक्सिल समूह (Carboxyl group) को पृथक् कर CO_2 तथा H^+ आयनों में तोड़ दिया जाता है। शेष बचा 2-कार्बनीय एसिटिल अंग ($\text{CH}_3\text{C}-\text{O}$) सह-एन्जाइम A (Co-enzyme A) से मिलकर ऐसिटिल सह-एन्जाइम 'ए' में बदल जाता है। इस क्रिया को पाइरूविक अम्ल का ऑक्सीकारी विकार्वोसिलीकरण (Oxidative Decarboxylation) कहते हैं। इस क्रिया में हाइड्रोजन के दो परमाणु मुक्त होते हैं तथा NAD का एक अणु उसे ग्रहण कर $\text{NAD} + \text{H}^+$ में बदल जाता है। इस क्रिया को निम्नलिखित समीकरण द्वारा प्रदर्शित कर सकते हैं।



इस क्रिया से बना एसिटिल सह-एन्जाइम A माइटोकाण्ड्रिया में प्रवेश करता है और इसका अगला ऑक्सीकरण माइटोकाण्ड्रिया में ही क्रैब चक्र के द्वारा पूर्ण होता है।

श्वसन, उत्सर्जन एवं
प्रतिरक्षा प्रणाली

टिप्पणी



चित्र क्र. 2.7: Physiology of Respiration: Different Types of Cellular Respiration

2.6 क्रैब्स चक्र या ट्राइकार्बोक्सिलिक चक्र (Kreb's Cycle or Tricarboxylic Cycle)

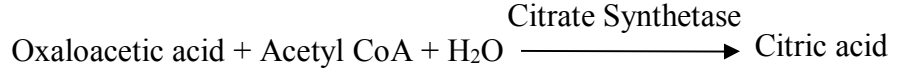
इस क्रिया का सर्वप्रथम वर्णन सर हान्स क्रैब (Sir Hans Krebs, 1937) ने किया था। इस कारण इनके नाम पर इस क्रिया को क्रैब चक्र कहते हैं। इस क्रिया में एसिटिल सह-एन्जाइम A (Acetyl Co-enzyme A) का CO₂ एवं H₂O में निम्नीकरण होता है। यह क्रिया विविध एन्जाइम की उपस्थिति में कई प्रतिक्रियाओं की एक जटिल श्रृंखला है।

इस सम्पूर्ण क्रिया में दो बार CO₂ स्वतन्त्र होती है तथा ADP के दो अणु ATP में परिवर्तित हो जाते हैं तथा 4 बार हाइड्रोजन के दो-दो अणु मुक्त होते हैं। इस श्रृंखला में एसिटिल सह-एन्जाइम A का ऑक्सीकरण (Oxidation) होता है। इस श्रृंखला में मुक्त हाइड्रोजन के परमाणुओं को तीन बार, हाइड्रोजनग्राही पदार्थ NAD⁺ ग्रहण करता है एवं चौथी बार FAD नामक हाइड्रोजन ग्राही पदार्थ ग्रहण करता है। चूँकि इस क्रिया में साइट्रिक अम्ल (Citric acid) एवं अन्य तीन कार्बोक्सिलिक (COOH) वाले मूलक कार्बनिक अम्ल बनते हैं एवं अपघटित होते हैं, इस कारण इस क्रिया को साइट्रिक अम्ल चक्र (Citric acid cycle) या ट्राइकार्बोक्सिलिक अम्ल चक्र (Tricarboxylic acid cycle-TCA) भी कहते हैं।

टिप्पणी

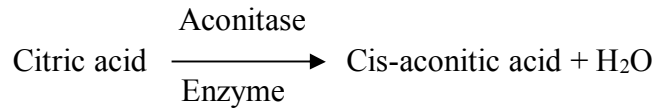
क्रैब चक्र में निम्नलिखित क्रियाएँ क्रम से होती हैं—

- (i) **साइट्रिक अम्ल का निर्माण (Production of citric acid)**— एसिटिल सह-एन्जाइम A (Acetyl Co-enzyme A) माइटोकॉण्ड्रिया में प्रवेश करता है और चार कार्बन युक्त ऑक्सेलोएसिटिक अम्ल (Oxaloacetic acid) एवं पानी से मिलकर 6 कार्बन यौगिक साइट्रिक अम्ल (Citric acid) में परिवर्तित हो जाता है। इसी के साथ सह-एन्जाइम स्वतन्त्र हो जाता है तथा पुनः एसिटिल सह-एन्जाइम A संश्लेषण के काम आता है।



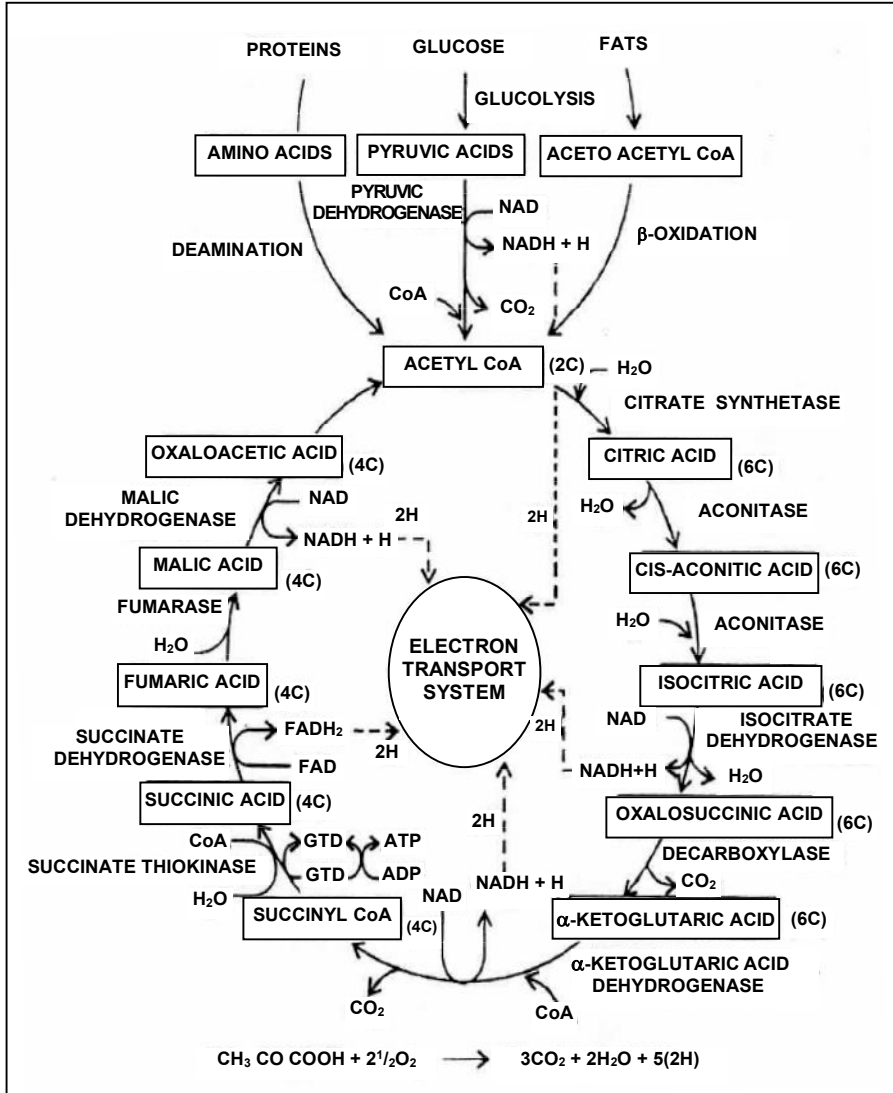
आने वाली क्रियाओं में साइट्रिक अम्ल (6-C) का न्हास होता जाता है व अम्ल ऑक्सेलोएसिटिक एसिड फिर से बनता है और CO₂ मुक्त होती है।

- (ii) **निर्जलीकरण द्वारा सिस-एकोनितिक अम्ल का निर्माण (Formation of Cis-aconitic acid by dehydration)**— साइट्रिक एसिड से पानी का एक अणु निकल जाता है और सिस-एकोनितिक अम्ल का निर्माण होता है।

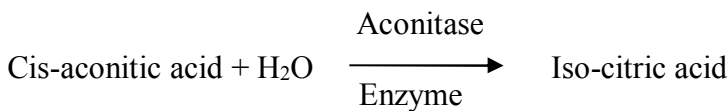


- (iii) **जलयोजन द्वारा आइसोसाइट्रिक अम्ल का निर्माण (Formation of Isocitric acid by hydration)**— सिस-एकोनितिक अम्ल, जल का एक अणु ग्रहण करके आइसोसाइट्रिक अम्ल को बनाता है। इस क्रिया में भी एकोनाइटेज एन्जाइम उत्प्रेरक का कार्य करता है।

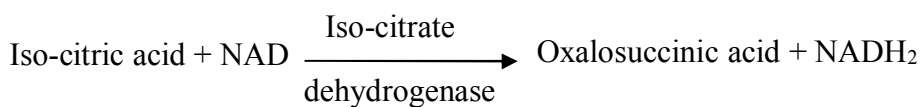
टिप्पणी



चित्र क्र. 2.8: Physiology of Respiration: Kreb's Cycle

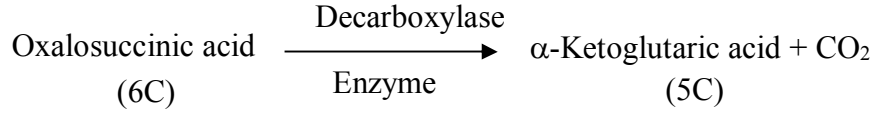


(iv) विहाइड्रोजनीकरण द्वारा ऑक्सैलोसक्सीनिक एसिड का निर्माण (Formation of Oxalosuccinic acid by dehydrogenation)— अब आइसोसाइट्रिक अम्ल में 2 हाइड्रोजन परमाणु मुक्त होकर NADP या NAD में मिलकर NADP.2H या NAD.2H और आक्सैलोसक्सीनिक अम्ल को बना देते हैं। सम्पूर्ण क्रिया में आइसोसाइट्रिक डिहाइड्रोजिनेज एन्जाइम उत्प्रेरक का कार्य करता है।

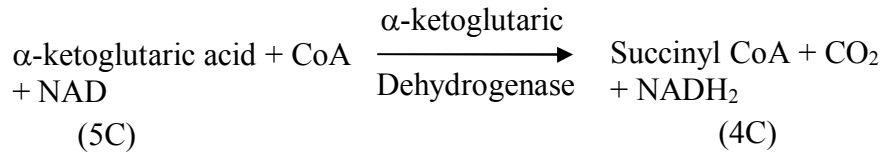


टिप्पणी

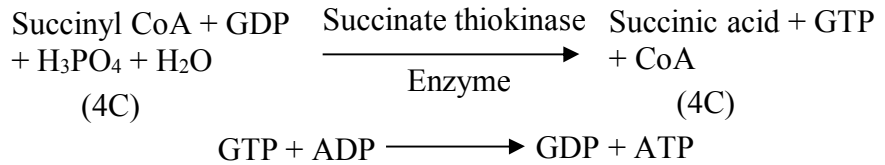
- (v) **विकार्वनीकरण-I द्वारा- α -कीटोग्लूटेरिक अम्ल का निर्माण (Formation of α -Ketoglutaric acid by decarboxylation-I)**— डिकारबोक्सिलेज एन्जाइम की उपस्थिति में ऑक्सेलोसक्सिनिक एसिड से CO₂ का नियोजन होता है और 5C परमाणु वाला α -कीटोग्लूटेरिक अम्ल बनता है।



- (vi) **विहाइड्रोजनीकरण तथा विकार्वनीकरण द्वारा सक्सिनिल को-एन्जाइम A का निर्माण (Formation of Succinyl Co-A by dehydrogenation and decarboxylation)**— α -कीटोग्लूटेरिक ऑक्सीडेज एन्जाइम की उपस्थिति में α -कीटोग्लूटेरिक अम्ल का ऑक्सीकीय विकार्वोक्सिलीकरण होता है, इस कारण सक्सिनिल CoA का निर्माण और एक CO₂ मुक्त होती है। इस क्रिया में दो हाइड्रोजन परमाणु मुक्त होकर NADH₂ का निर्माण भी होता है।

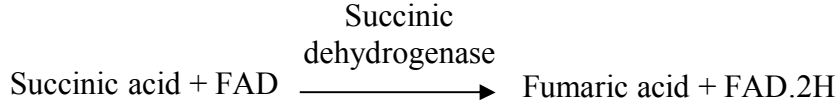


- (vii) **सक्सिनिक एसिड एवं ATP का निर्माण (Formation of Succinic acid and ATP)**— अब सक्सिनिल-CoA, गुआनीन डाइफॉस्फेट (GDP) (Guanine di-phosphate) एवं अकार्बनिक फॉस्फेट एवं सक्सिनिक थायोकाइनेज एन्जाइम की उपस्थिति में सक्सिनिक एसिड बनता है। इस क्रिया में मुक्त हुई ऊर्जा GDP में संचित होकर गुआनीन ट्राइ फॉस्फेट (GTP) बनाती है। GTP, ADP से पुनः क्रिया कर ATP का एक अणु बनाती है।

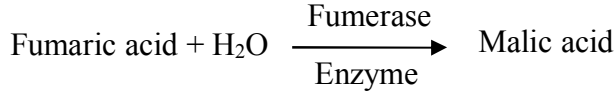


सक्सिनिक एसिड 4 कार्बन यौगिक होता है।

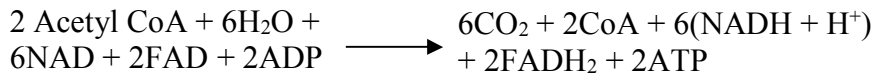
- (viii) **विहाइड्रोजनीकरण द्वारा फ्यूमेरिक अम्ल का निर्माण (Formation of fumaric acid by dehydrogenation)**— सक्सिनिक डिहाइड्रोजिनेज एन्जाइम की उपस्थिति में सक्सिनिल अम्ल 2 हाइड्रोजन परमाणुओं को निकालकर फ्यूमेरिक अम्ल को बनाता है। यह हाइड्रोजन परमाणु FAD (फ्लेविन-डाइ-न्यूक्लियोटाइड) के द्वारा ग्रहण कर FAD.2H बनाता है।



- (ix) फ्यूमेरिक अम्ल, फ्यूमेरेज एन्जाइम की उपस्थिति में पानी के एक अणु से मिलकर एक अणु मैलिक एसिड को बना देता है।



- (x) विहाइड्रोजनीकरण द्वारा आक्सेलोएसिटिक एसिड का पुनर्निर्माण (Regeneration of Oxaloacetic acid by dehydrogenation)– क्रैब चक्र के अन्तिम चरण में चौथे ऑक्सीकरण में मैलिक डिहाइड्रोजिनेज एवं NAD की उपस्थिति में मैलिक एसिड आक्सेलोएसिटिक एसिड को पुनः बनाता है, इसके अतिरिक्त एक NAD.2H भी बनता है। आक्सेलोएसिटिक एसिड पुनः साइट्रिक अम्ल चक्र में प्रवेश करता है। ग्लूकोस के अणु के निम्नीकरण के लिए क्रैब चक्र को निम्नलिखित समीकरण द्वारा प्रदर्शित कर सकते हैं–



2.7 इलेक्ट्रान संवहन तन्त्र (Electron Transport System)

श्वसन क्रिया के अन्तर्गत ग्लाइकोलाइसिस (Glycolysis) एवं क्रैब चक्र (Kreb cycle) की प्रक्रियाओं में ऊर्जा स्वतन्त्र होकर ATP में संग्रहीत रहती है। इस क्रिया में ईंधन पदार्थों से हाइड्रोजन परमाणुओं को पृथक् करके इनमें से अधिकांश को विभिन्न हाइड्रोजन ग्राहियों NAD या NADP या FAD में स्थानान्तरित किया जाता है। इस प्रकार बने NADH.H⁺ एवं FADH₂ के हाइड्रोजन परमाणुओं के इलेक्ट्रॉन (Electron) में अधिक स्वतन्त्र ऊर्जा होती है। ईंधन पदार्थों की ऊर्जा इसी रूप में होती है। माइटोकाण्ड्रिया में ही रासायनिक प्रतिक्रियाओं की एक अन्य प्रकार की श्रृंखलाओं द्वारा हाइड्रोजन परमाणुओं से इस ऊर्जा को मुक्त करके ATP में संग्रहीत किया जाता है। NADH.H⁺ एवं FADH₂ के अणु अपने हाइड्रोजन परमाणुओं को इन्हीं श्रृंखलाओं को देकर वापस NAD⁺ एवं FAD में ऑक्सीकृत (Oxidise) हो जाते हैं जिससे कि यह ग्लाइकोलिसिस एवं क्रैब चक्र में फिर से भाग ले सकें। इन श्रृंखलाओं में पहले हाइड्रोजन परमाणुओं का इनके आयनों [इलेक्ट्रॉन एवं प्रोटॉन्स (Electrons and Protons)] में विखण्डन होता है। केवल इलेक्ट्रॉन्स को कुछ इलेक्ट्रॉनग्राही प्रोटीन्स क्रम से एक से ग्रहण करके दूसरे को देते हैं। अन्तः इन श्रृंखलाओं को इलेक्ट्रॉन परिवहन तन्त्र कहते हैं। इन श्रृंखलाओं में इलेक्ट्रॉन्स की बहुत सी स्वतन्त्र ऊर्जा मुक्त हो जाती है जिससे कि यह इलेक्ट्रॉन श्रृंखलाओं के अन्त में आण्विक ऑक्सीजन (1/2 O₂) से प्रतिक्रिया करने योग्य हो जाती है।

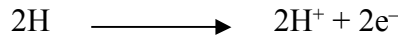
टिप्पणी

इस प्रकार यह श्रृंखलाएँ अन्त में जल का संश्लेषण कर देती हैं। इनको श्वसन श्रृंखलाएँ (Respiratory chains) भी कहते हैं।

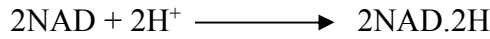
इलेक्ट्रॉन परिवहन तन्त्र के मुख्य ग्राही साइटोक्रोम (Cytochrome) होते हैं। इनका मुख्य भाग सह-एन्जाइम (Apoenzyme) प्रोटीन होता है एवं प्रोस्थेटिक समूह (Prosthetic group) हीम आयन (Haem ion) होता है। रेडॉक्स Redox क्रियाओं में इसके ऑक्सीकृत (Fe^{+++}) एवं अपचित (Fe^{++}) रूपों में एकान्तरण होता है। अन्त में साइटोक्रोम ऑक्सीडेज (Cytochrome oxidase = Cyt- δ एवं Cyt- δ_1) आण्विक ऑक्सीजन ($1/2 O_2$) को पानी में हसित करने में सहायता करता है।

इलेक्ट्रॉन परिवहन तन्त्र के एन्जाइम माइटोकॉण्ड्रिया की आन्तरिक झिल्ली में पाये जाते हैं। माइटोकॉण्ड्रिया की आन्तरिक झिल्ली के प्रति माइक्रोमीटर (μm) में 650 श्वसन श्रृंखलाएँ (Respiratory chains) होती हैं। माइटोकॉण्ड्रिया के आधार भाग (Matrix) में क्रैब चक्र से सम्बन्धित भी एन्जाइम पाये जाते हैं। इलेक्ट्रॉन परिवहन तन्त्र में निम्नलिखित चरण होते हैं—

- (i) हाइड्रोजन परमाणु आयनित होकर प्रोटॉन एवं इलेक्ट्रॉन में टूट जाते हैं।



- (ii) हाइड्रोजन आयन (प्रोटॉन) का अपचयन करते हैं।



- (iii) NAD.2H माइटोकॉण्ड्रिया के F_1 कणों में जाकर श्वसन श्रृंखला में प्रवेश करता है।

- (iv) NAD.2H के हाइड्रोजन परमाणु फ्लेवोप्रोटॉन (NAD) का FAD.2H में अपचयन करते हैं और NAD.2H से पुनः NAD उत्पन्न होता है। इस क्रिया में एक फॉस्फेट अणु मुक्त होता है जिससे ATP के एक अणु का निर्माण होता है।

- (v) FAD.2H के हाइड्रोजन अणु सह-एन्जाइम Q(Co-enzyme-Q) द्वारा ले लिये जाते हैं।

- (vi) CoQ से हाइड्रोजन आयन कोशिकाद्रव्य में चले जाते हैं तथा इलेक्ट्रॉन साइटोक्रोम द्वारा ग्रहण कर लिये जाते हैं।

साइटोक्रोम लौहयुक्त प्रोटीन यौगिक हैं जिसका लौह अणु इलेक्ट्रॉन को ग्रहण करके फेरिक (Fe^{+++}) से फेरस (Fe^{++}) में हसित हो जाता है तथा इलेक्ट्रॉन को आगे स्थानान्तरित करके पुनः फेरिक अवस्था में आ जाता है।

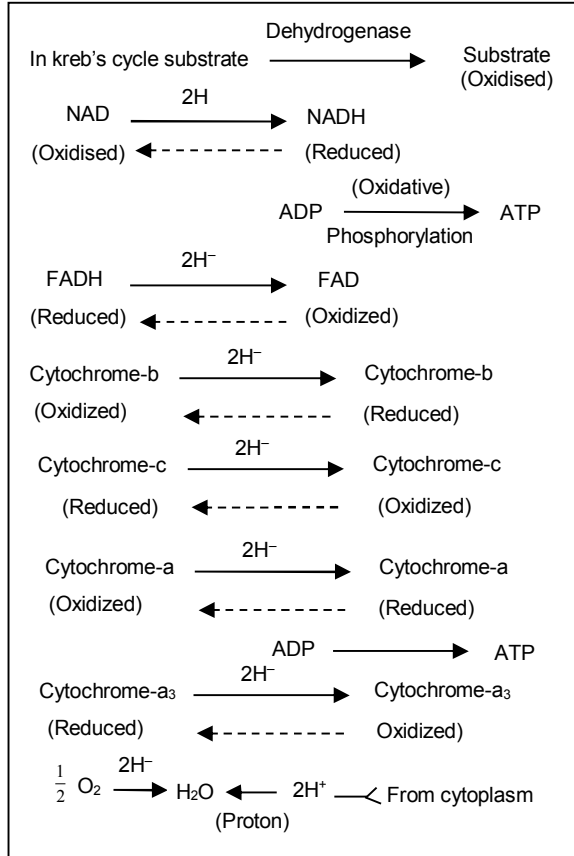
- (vii) साइटोक्रोम b से c_1c_2 एवं a से a_3 में पहुँचने के समय ATP के एक-एक अणु का निर्माण होता है।

- (viii) साइटोक्रोम ऑक्सीडेज (a_3) से इलेक्ट्रॉन ऑक्सीजन के एक परमाणु से मिलकर उसे ऊर्जा प्रदाय करते हैं या ऊर्जावित करते हैं।

- (ix) ऊर्जावित O_2 का परमाणु H_2 के एक परमाणु (प्रोटॉन) से मिलकर H_2O के एक अणु का निर्माण करता है।

टिप्पणी

- (x) एक साइटोक्रोम से दूसरे साइटोक्रोम में पारित होते समय विभिन्न चरणों में इसका ऑक्सीकरण होता है। प्रत्येक पद पर -P(फॉस्फेट) के रूप में ऊर्जा की एक निश्चित मात्रा उत्पन्न होती है। यह उच्च ऊर्जा धारक -P समूह ADP से मिलकर ATP का निर्माण करते हैं। इस प्रकार ग्लूकोस के एक अणु के निम्नीकरण से 38 अणु ATP के बनते हैं। ATP के प्रत्येक अणु के सिरे उच्च ऊर्जा फॉस्फेट बंध में 7,300 कैलोरी बाण्ड ऊर्जा होती है।



चित्र क्र. 2.9: Chain of Electron Transport

श्वसनीय झिल्ली के द्वारा गैसीय विसरण की दर को प्रभावित करने वाले कारक (Factors that affect the rate of gas diffusion through the Respiratory membrane)

वह कारक जो झिल्ली के द्वारा गैस कितनी तीव्रता से निकलती है, को प्रभावित या निर्धारित करते हैं वह निम्नलिखित होते हैं—

- (i) **झिल्ली की मोटाई (The thickness of membrane)**— झिल्ली से गैस के विसरण की दर, झिल्ली की मोटाई के व्युत्क्रम अनुपात (Inversely proportional) में होती है। कोई भी कारक जो झिल्ली की मोटाई में वृद्धि करते हैं या सामान्य से दोगुनी या तिगुनी वृद्धि होती है तब सामान्य गैसीय विनिमय को प्रमुख रूप से प्रभावित करता है। जैसेकि फुफ्फुसीय

टिप्पणी

विसंगतियाँ— फेफड़ों में फाइब्रोसिस (Fibrosis of Lungs), झिल्ली में सूजन, यह झिल्ली की मोटाई में वृद्धि करती है।

- (ii) **झिल्ली के दोनों ओर दबाव में भिन्नता (Pressure difference between the two sides of the membrane)**— झिल्ली के दोनों ओर दबाव में भिन्नता ऐल्वियोलि (Alveoli) की गैस का आंशिक दबाव एवं रक्त में गैस के दबाव का अन्तर होता है। जब ऐल्वियोलि (Alveoli) में गैस का आंशिक दबाव रक्त में गैस के दबाव से अधिक होता है, जैसा ऑक्सीजन का, तब ऐल्वियोलि से रक्त के अन्दर विसरण होता है। लेकिन जब रक्त में गैस का दबाव ऐल्वियोलि के आंशिक दबाव से अधिक होती है, जैसाकि कार्बन डाइऑक्साइड का, तब विसरण रक्त से ऐल्वियोलि (Alveoli) में होता है।
- (iii) **झिल्ली का सतही क्षेत्रफल (Surface area of the membrane)**— विभिन्न दशाओं के कारण श्वसनीय झिल्ली (Respiratory membrane) का सतही क्षेत्रफल अधिक कम हो जाता है, जैसे सम्पूर्ण फेफड़ों को शरीर से बाहर निकालने पर सामान्य से आधा सतही क्षेत्रफल कम हो जाता है। इसके अतिरिक्त एम्फायसेमा (Emphysema) विसंगति में अनेक ऐल्वियोलि भित्ति के समाप्ति या नष्ट होने के कारण अनेक ऐल्वियोलि (Alveoli) संकुचित होकर मिल जाती है। इस कारण श्वसनीय झिल्ली का सतही क्षेत्रफल अत्यधिक रूप से कम हो जाता है। जब कुल सतही क्षेत्रफल सामान्य $\frac{1}{3}$ से $\frac{1}{4}$ तक कम हो जाता है, तब श्वसन, सतह से गैसीय विनिमय अधिकांश अंशों तक अवरोधित (Impeded) हो जाता है। यह स्थिति सामान्य अवस्था में भी देखी जाती है।
- (iv) **विसरणीय क्वथांक (Diffusion Co-efficient)**— किसी भी श्वसनीय झिल्ली के द्वारा प्रत्येक गैस का स्थानान्तरण, झिल्ली में गैस की घुलनशीलता तथा उसके आण्विक भार के वर्गमूल (Square root of molecular weight) के व्युत्क्रम अनुपात (Inversely proportion) पर निर्भर होता है। श्वसन झिल्ली में विसरण की दर पानी के समान होती है। एक निश्चित दबाव की भिन्नता में किसी भी झिल्ली से CO_2 , ऑक्सीजन से 20 गुना तीव्रता से विसरित होती है, और ऑक्सीजन, नाइट्रोजन की अपेक्षा दोगुनी तीव्रता से विसरित होती है।

फुफुसीय आयतन एवं फुफुसीय क्षमता (Lung Volumes and Lung Capacities)

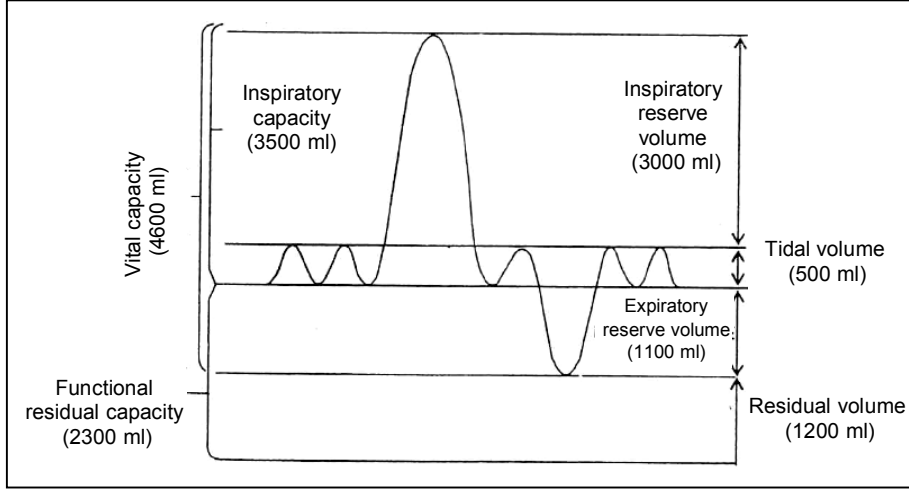
फेफड़ों में वायु को विभिन्न बिन्दुओं पर चार विभिन्न आयतनों एवं चार विभिन्न क्षमताओं (Capacities) में विभाजित किया जाता है। यह निम्न प्रकार है—

1. **श्वसन भागफल (Respiratory Quotient)**— श्वसन क्रिया के समय प्रयुक्त ऑक्सीजन (Oxygen) की मात्रा एवं निष्काशित की गई कार्बन डाइऑक्साइड की मात्रा को प्रायः किसी विशेष प्राणी में कार्बोहाइड्रेट (Carbohydrate), वसा (Fat), प्रोटीन (Protein) के ऑक्सीकरण की सीमा के मापक (Measurement)

के रूप में प्रयोग किया जाता है। अन्तः एक निश्चित समय में कार्बन डाइऑक्साइड का उत्पादन एवं ऑक्सीजन के उपयोग के अनुपात को श्वसन भागफल/ श्वसन क्वाथॉंक (Respiratory Quotient = RQ) कहते हैं।

श्वसन, उत्सर्जन एवं
प्रतिरक्षा प्रणाली

टिप्पणी



चित्र क्र. 2.10: Vital Capacity of an Adult at different Volume

यह श्वसन भागफल तीनों भोज्य पदार्थों में से प्रत्येक के लिए भिन्न होता है।

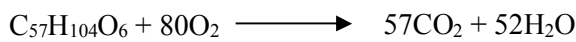
$$RQ = \frac{\text{कार्बन डाइऑक्साइड का उत्पादित आयतन}}{\text{ऑक्सीजन का उपयुक्त आयतन}}$$

इस अनुपात द्वारा पोषकों के चयापचय के बारे में जानकारी प्राप्त की जाती है—

(i) एक हैक्सोस शर्करा (Hexose sugar) के ऑक्सीकरण में उत्पन्न कार्बन डाइऑक्साइड की मात्रा प्रयुक्त ऑक्सीजन की मात्रा के समान/बराबर होती है।

$$RQ = \frac{\text{उत्पन्न CO}_2 \text{ का आयतन}}{\text{प्रयुक्त O}_2 \text{ का आयतन}} = \frac{6\text{CO}_2}{6\text{O}_2} = \frac{6}{6} = 1.0 \text{ है।}$$

वसा का ऑक्सीकरण निम्नांकित प्रकार से होता है—



$$RQ = \frac{57}{80} = \frac{\text{CO}_2}{\text{O}_2} = 0.71$$

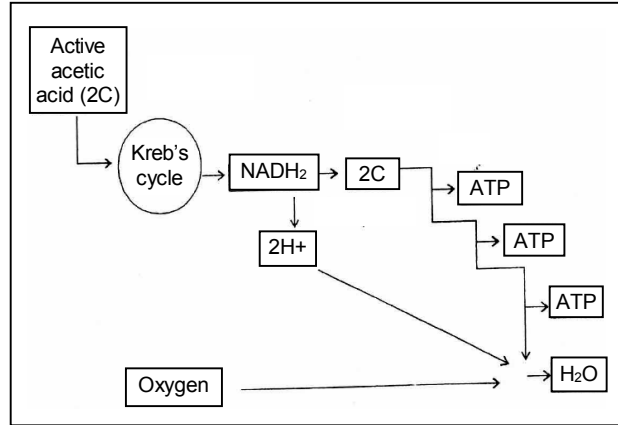
टिप्पणी

प्रोटीन पूर्णरूप से ऊतकों में ऑक्सीकृत नहीं होता, लेकिन इसका RQ अप्रत्यक्ष विधियों द्वारा निर्धारित किया जाता है जो 0.9 एवं 0.92 के मध्य है—

- मिश्रित भोजन – सर्वाहारी (Omnivorous) = 0.85
- उच्च कार्बोहाइड्रेट भोजन या शाकाहारी (Herbivorous) = 0.9 से अधिक
- कार्बोहाइड्रेट + वसा + प्रोटीन मिश्रित भोजन = 0.825

2. श्वसन का नियन्त्रण (Control of Respiration)— श्वसन क्रिया का नियन्त्रण सामान्यतया तन्त्रिकीय (Nervous) एवं रासायनिक (Chemical) होता है—

तन्त्रिकीय नियन्त्रण (Nervous Control)— श्वास लेने की क्रिया एक जटिल प्रक्रिया होती है। वक्ष (Thorax), उदर (Abdomen) एवं शरीर के अन्य भागों की पेशियाँ जो श्वसन में कार्य करती हैं, का समन्वय या संयोजन अनेक जटिल श्रेणियों की प्रतिवर्तित क्रियाओं पर निर्भर रहती है जो तन्त्रिका तन्त्र के द्वारा बनाए रखा जाता है। इस नियन्त्रण का केन्द्र मस्तिष्क के मेड्युला ऑब्लॉंगेटा (Medulla oblongata) में स्थित होता है। यह केन्द्र श्वसन क्रिया को नियन्त्रित करता है। इस केन्द्र के CO₂ की सान्द्रता अधिक होती है, तब कार्बन डायऑक्साइड स्वयं अपने आप को बाहर निकालने के लिए श्वसन क्रिया को तीव्र कर देती है।



चित्र क्र. 2.11: Various Steps of Energy Transport

जब रक्त में CO₂ की सान्द्रता कम होती है तब श्वसन क्रिया का केन्द्र हल्का उत्प्रेरित होता है और श्वास क्रिया धीमी गति से होती है। यह तब पाया जाता है जब मनुष्य आरामावस्था में होता है या फिर सोया हुआ होता है।

2.8 क्लोराइड शिफ्ट (Chloride Shift)

क्लोराइड आयन्स के शिफ्ट के द्वारा विद्युतीय उदासीनता या इलेक्ट्रोन्यूट्रैलिटी (Electroneutrality) बनी रहती है। इसको क्लोराइड शिफ्ट (Chloride Shift) या हैम्बर्गर्स विधि (Hamburger's Phenomenon) कहते हैं। अथवा प्लाज्मा से लाल

रक्त कणिकाओं में तथा रक्त कणिकाओं में से पुनः प्लाज्मा में एकान्तर रूप में Cl^- के परिवर्तन को क्लोराइड शिफ्ट (Chloride Shift) कहते हैं।

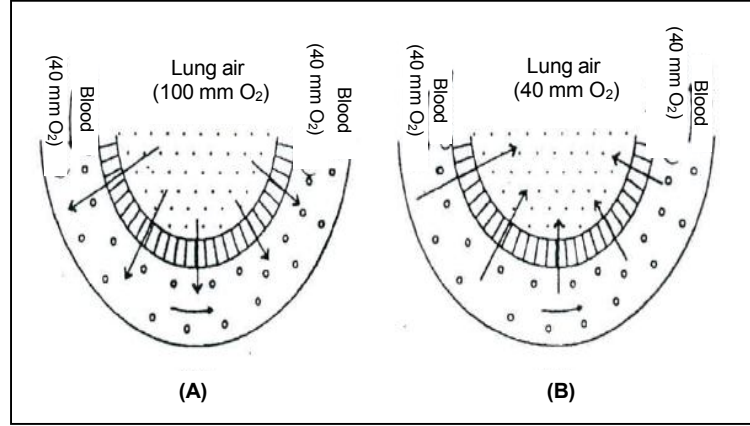
विभिन्न चयापचयिक पदार्थों के ऑक्सीकरण के कारण जो CO_2 कोशिकाओं में बनती है वह स्वतन्त्र रूप से प्लाज्मा में विसरित होती है और इसका अधिकांश भाग प्लाज्मा से लाल रक्त कणिकाओं (RBC) में विसरित होता है। लाल रक्त कणिकाओं में एक एन्जाइम कार्बोनिक एनहाइड्रेज (Carbonic anhydrase) संतृप्त रूप से पाया जाता है, जो सक्रिय रूप से एवं उत्क्रमणीय रूप से CO_2 को कार्बोनिक अम्ल में परिवर्तित करती है। लाल रक्त कोशिकाओं में कार्बोनिक अम्ल (Carbonic acid) का विघटन होता है और H^+ एवं HCO_2^- आयन्स को बनाता है। इन बाइकार्बोनेट्स में से कुछ आयन्स K^+ आयन्स से संयोजित हो जाते हैं, यह K^+ आयन्स उसमें पाए जाते हैं और पोटेशियम बाइकार्बोनेट को बनाते हैं। शेष बाइकार्बोनेट आयन्स लाल रक्त कणिकाओं से सान्द्रता के कारण प्लाज्मा में विसरित होते हैं और प्लाज्मा में पाए जाने वाले Na^+ आयन्स से संयोजित होकर सोडियम बाइकार्बोनेट को बनाते हैं। दोनों सोडियम एवं पोटेशियम बाइकार्बोनेट्स इलेक्ट्रोवैलेन्ट यौगिक (Electrovalent compounds) होते हैं, जो आसानी से pH के अम्लीय रूप में होने पर विसरित होते हैं। इसके परिणामस्वरूप HCO_2^- आयन्स का प्लाज्मा में प्रवेश के कारण प्लाज्मा की विद्युतीय उदासीनता या विद्युतीय निष्क्रियता (Electro neutrality) अनियन्त्रित हो जाती है। इसकी पूर्ति समान मात्रा में Cl^- आयन्स के प्लाज्मा से लाल रक्त कणिकाओं में शिफ्ट के द्वारा होती है। क्लोराइड आयन्स के शिफ्ट जिससे विद्युतीय निष्क्रियता को बनाए रखा जाता है क्लोराइड शिफ्ट या हैम्बर्गरस विधि (Chloride shift or Hamburger's phenomenon) कहलाती है। इस विधि को हैम्बर्गर (Hamburger) ने 1927 में खोजा था। इस विधि में परिवर्तन को निम्न प्रकार से समझाया जा सकता है—

- HCO_2^- आयन्स की सान्द्रता अनियमित अनुपात में लाल रक्त कणिकाओं में वृद्धि करती है तथा टॉनिक (Tonic) सन्तुलन प्लाज्मा एवं कार्पल्स/कणिकाओं के बीच में अनियमित या बिगड़ जाता है।
- लाल रक्त कणिकाओं की झिल्ली के विशिष्ट लक्षण के अनुसार HCO_2^- आयन्स लाल रक्त कणिकाओं के बाहर आ जाते हैं और क्लोराइड (Cl^-) आयन्स लाल रक्त कणिकाओं के अन्दर विसरित होते हैं, यह विसरण तब तक होता है जब तक सन्तुलन स्थापित न हो जाये।

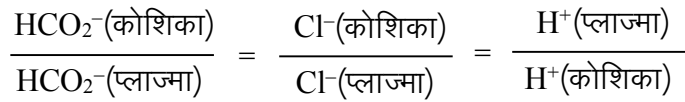
अग्र समीकरण के द्वारा प्लाज्मा एवं रक्त कणिकाओं के बीच एनियोन्स (Anions) एवं केटियोन्स (Cations) का सन्तुलन बना रहता है।

टिप्पणी

टिप्पणी



चित्र क्र. 2.12: (A) When blood that is low in oxygen reaches the lungs, oxygen enters the blood until its tension equals that of the Alveolar Air. (B) Similarly the blood gives off CO₂ in the lung, until its tension equals that in the lung. Arterial blood, therefore, has very constant content of oxygen as well as CO₂.



जब भी यह अनुपात बिगड़ता है आयनिक परिवर्तन आपस में तब तक होता है जब तक सन्तुलन न हो जाये। इसी सिद्धान्त पर क्लोराइड शिफ्ट होती है।

अपनी प्रगति जाँचिए (Check Your Progress)

- क्लोराइड शिफ्ट के परिवहन के लिए आवश्यक होती है—

(क) CO ₂ एवं O ₂	(ख) N ₂
(ग) CO ₂	(घ) O ₂
- हैम्बर्गर्स विधि को कहते हैं—

(क) HCO ₃ शिफ्ट	(ख) क्लोराइड शिफ्ट
(ग) H ₂ शिफ्ट	(घ) कोई नहीं
- प्रतिदिन की श्वसन क्रिया को नियन्त्रित करता है—

(क) सेरेबेलम	(ख) सेरेब्रम
(ग) डारेनसेफेलान	(घ) मेड्यूल्ला ऑब्लॉन्गेटा

4. स्तनी प्राणियों में अधिकांश CO_2 का परिवहन रक्त में NaHCO_3 एवं KHCO_3 के रूप में होता है। यह _____ के बीच में है।
- (क) 80-85% (ख) 90-95%
(ग) 10-30% (घ) 50-70%
5. श्वसन क्वथांक 1 से अधिक होता है यदि श्वसनीय पदार्थ होता है—
- (क) कार्बोनिक अम्ल (ख) स्टार्च
(ग) वसा (घ) प्रोटीन

2.9 उत्सर्जन (Excretion)

2.9.1 उत्सर्जन की कार्यिकी (Physiology of Excretion)

सभी जीवित प्राणियों के शरीर में निरन्तर अनेक रासायनिक क्रियाएँ होती हैं, इन क्रियाओं को सामूहिक रूप से चयापचय (Metabolism) कहते हैं। इन चयापचय क्रियाओं के द्वारा अनेक अनुपयुक्त, हानिकारक पदार्थ एवं अन्य उपजात पदार्थ बनते रहते हैं। कुछ पदार्थों एवं उपजात पदार्थों को प्राणियों के द्वारा उपयोग कर लिया जाता है, कुछ अपशिष्ट पदार्थ (Waste products) एवं अनुपयुक्त पदार्थ शेष बचते हैं। यह अपशिष्ट एवं अनुपयोगी पदार्थ यदि कुछ समय तक शरीर में एकत्रित रहे तो विषाक्त (Toxic) हो सकते हैं या विषाक्त पदार्थों (Toxic substances) को उत्पन्न करेंगे जो जीव शरीर के लिए घातक हो सकते हैं तथा प्राणी/जीव की मृत्यु हो जाती है। अन्तः इन पदार्थों को शरीर में अधिक समय तक एकत्रित नहीं होने दिया जाता है, बल्कि इनको शरीर से बाहर निकाल दिया जाता है। इन व्यर्थ एवं अपशिष्ट पदार्थों को बाहर निकालने की क्रिया विधि को उत्सर्जन (Excretion) कहते हैं। यह एक महत्वपूर्ण जैव क्रिया है।

उत्सर्जन वह जैव क्रिया है जिसके द्वारा शरीर से चयापचयिक अपशिष्ट पदार्थों (Metabolic wastes) का पृथक्करण (Separation) कर शरीर से बाहर निकाल दिया जाता है।

(The separation and elimination of the metabolic waste products from the body is known as excretion.)

जिन अंगों के द्वारा इन अपशिष्ट पदार्थों को पृथक् कर बाहर निकाला जाता है, उनको उत्सर्जक अंग (Excretory organs) कहते हैं। जिन चयापचयिक अपशिष्ट पदार्थों को पृथक् कर शरीर से बाहर उत्सर्जित किया जाता है उनको उत्सर्जक पदार्थ (Excretory products) कहते हैं।

यह उत्सर्जक पदार्थ सामान्य रूप से एक जलीय विलयन (Aqueous solution) के रूप में शरीर से बाहर निकाले जाते हैं। शरीर में कार्बोहाइड्रेट्स (Carbohydrates) तथा वसाओं (Fat) के अपचय से जल एवं CO_2 अपशिष्ट पदार्थों के रूप में बनते हैं जिनका शरीर से बाहर निकालना आसान होता है, लेकिन

टिप्पणी

प्रोटीन अपचयन (Protein catabolism) के कारण जटिल नाइट्रोजनी अपशिष्ट पदार्थ (Nitrogenous waste products) बनते हैं जिनको शरीर से बाहर निकालना एक जटिल प्रक्रिया है। पानी एवं CO_2 जहाँ मलमूत्र, पसीना एवं उच्छ्वास (Expiration) द्वारा शरीर से बाहर चले जाते हैं वहीं नाइट्रोजनी पदार्थों को बाहर निकालना जटिल रासायनिक प्रक्रियाओं द्वारा शरीर के विशिष्ट उत्सर्जी अंगों के द्वारा होता है। कुछ प्राणियों में विशिष्ट उत्सर्जी अंग नहीं पाये जाते हैं, यह प्राणी अपने शरीर के सतह से सामान्य विसरण (Diffusion) द्वारा उत्सर्जी पदार्थ शरीर से बाहर निकालते हैं।

2.9.2 उत्सर्जन एवं मल त्याग (Excretion and Defecation)

मल त्याग एक अन्य प्रक्रिया है जिसमें पाचन (Digestion) एवं अवशोषण (Absorption) के पश्चात् बचे अपचय (Undigested) एवं अवशोषित (Unabsorbed) भोज्य पदार्थों को विष्ठा (Faeces) के रूप में आहारनाल के अन्तिम भाग गूदा (Anus) या अवस्कर (Cloaca) के द्वारा शरीर के बाहर निकाल दिया जाता है। मल त्याग शरीर की कोशिकाओं के चयापचय (Metabolism) से सीधा सम्बन्धित नहीं है। यह शरीर की कोशिकाओं की अन्य क्रियाओं से भी सीधा सम्बन्धित नहीं है। मल त्याग के लिए शरीर में विशिष्ट अंग भी नहीं पाये जाते हैं। मल अधिकतर अर्ध ठोस रूप में त्यागा जाता है। अन्तः उत्सर्जन (Excretion) एवं मल त्याग (Defaecation) एक-दूसरे से भिन्न प्रक्रियाएँ हैं। उत्सर्जन क्रिया विशिष्ट अंगों के द्वारा होती है तथा इनका कोशिकाओं के चयापचय से सीधा सम्बन्ध है। उत्सर्जन के द्वारा अपशिष्ट पदार्थों को द्रव, ठोस एवं गैस के रूप में शरीर के बाहर निकाला जाता है।

2.10 उत्सर्जी पदार्थ एवं इनकी रासायनिक प्रकृति (Excretory Products and their Chemical Nature)

प्राणियों में जो चयापचयी अपशिष्ट (Metabolic wastes) शरीर से बाहर निकाले जाते हैं वह विभिन्न प्रकार के होते हैं। यह पदार्थ प्राणियों से प्राणियों में भिन्न होते हैं तथा एक ही प्राणी में समय समय पर भिन्न उत्सर्जी पदार्थ होते हैं। अपशिष्ट पदार्थों की प्रकृति में विभिन्नता प्राणियों की चयापचयी क्रियाओं से जो उनके शरीर में होती है उनसे सम्बन्धित होती है।

चयापचयी अपशिष्ट जो प्राणियों के द्वारा उत्सर्जित किये जाते हैं वह निम्नलिखित समूह में विभाजित किये जाते हैं—

1. **श्वसनीय व्यर्थ पदार्थ (Respiratory waste products)**— कार्बोहाइड्रेट्स (Carbohydrates) के ऑक्सीकर चयापचय (Oxidative metabolism) के द्वारा कार्बन-डाइ-ऑक्साइड (CO_2) एवं जल (H_2O) उत्सर्जी पदार्थों के रूप में उत्पन्न होते हैं। निम्न श्रेणी के प्राणियों में CO_2 सीधे वातावरण में शरीर की सतह के द्वारा विसरित (Diffused) होती है।

उच्च श्रेणी प्राणियों में CO₂ फेफड़ों के द्वारा बाहर निकाली जाती है। जल की अत्यधिक मात्रा मूत्र या पसीने के रूप में शरीर के बाहर निकाली जाती है।

2. **नाइट्रोजनयुक्त व्यर्थ पदार्थ (Nitrogen containing waste products)**— प्राणियों के शरीर में प्रोटीन्स के विघटन के द्वारा अमीनो अम्ल बनते हैं, जिनका अधिकांश भाग उत्सर्जित कर दिया जाता है। अमीनो अम्लों से उनके नाइट्रोजनी समूह का अमोनिया (Ammonia) के रूप में निष्कासन उनके विघटन की प्रथम अवस्था है। अत्यधिक अमीनो अम्लों से विएमिनीकरण (Deamination) के द्वारा अनेक नाइट्रोजनयुक्त व्यर्थ पदार्थ बनते हैं। विएमिनीकरण विभिन्न एन्जाइम्स की क्रियाओं के द्वारा होता है या तो ऑक्सीकर (Oxidative) या जल अपघटनी (Hydrolytic) के द्वारा होता है।

टिप्पणी

2.11 नाइट्रोजनयुक्त पदार्थ (Nitrogenous Products)

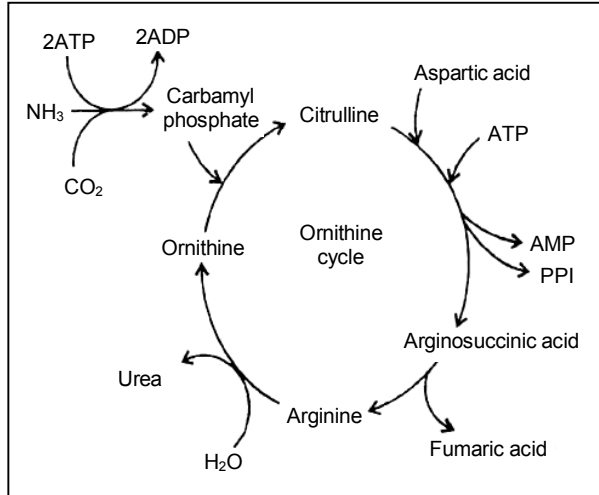
प्राणियों में प्रोटीन अपचय एवं विएमिनीकरण के द्वारा निम्नलिखित नाइट्रोजनयुक्त उत्पाद (Products) बनते हैं—

1. **अमोनिया (Ammonia)**— यह एक प्रमुख नाइट्रोजन युक्त यौगिक है जो शरीर के लिए अत्यधिक विषाक्त (Toxic) होता है। यह पानी में घुलनशील होती है। अमोनिया, अमीनो अम्लों के विएमिनीकरण (Deamination) क्रिया के द्वारा बनती है। अनेक प्राणियों के रक्त में इनकी सान्द्रता बहुत कम होती है, क्योंकि यह विषाक्त होती है। इस कारण इसके बनते ही तुरन्त उत्सर्जित किया जाना चाहिए या कम विषाक्त पदार्थ में परिवर्तित हो जाना चाहिए। इसकी कुछ मात्रा मूत्र में अमोनिया लवणों के रूप में होती है। अमोनिया जलीय प्राणियों (Aquatic animals) में उत्सर्जित होता है।

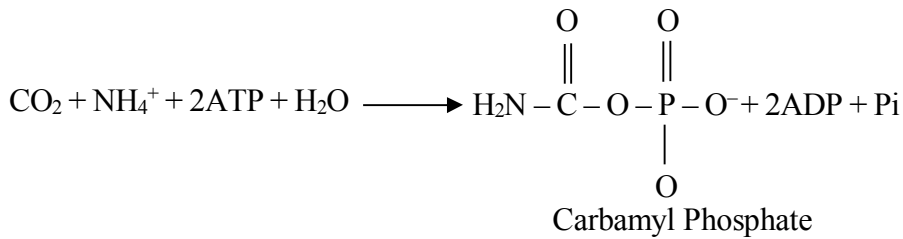
उदाहरण— प्रोटोजोआ, पोरीफेरा, सीलेन्ट्रेटा, ऐनिलिडा, मोलस्का, क्रस्टेशिया, समुद्री इलास्मोब्रेन्क मछलियाँ तथा उभयचरी प्राणियों के टेडपोल लार्वा आदि।

2. **यूरिया (Urea)**— यह सामान्य उत्सर्जी पदार्थ है। यह कम विषाक्त होता है। इसका संश्लेषण (Synthesis) अमोनिया से होता है। यूरिया नाइट्रोजनी उत्सर्जी पदार्थों में सबसे अधिक मात्रा में पाया जाता है। जल में यह अधिक घुलनशील होता है। कार्बोनिक अम्ल में दो NH₂ समूहों के जुड़ जाने से यूरिया NH₂ बनता है। इसके रंगहीन, गन्धहीन एवं स्वाद में कड़वे रवे गर्म करने पर बाइयूरेट (Biurate) में परिवर्तित हो जाते हैं। यूरिया को शरीर में अधिक समय तक रखा जा सकता है।

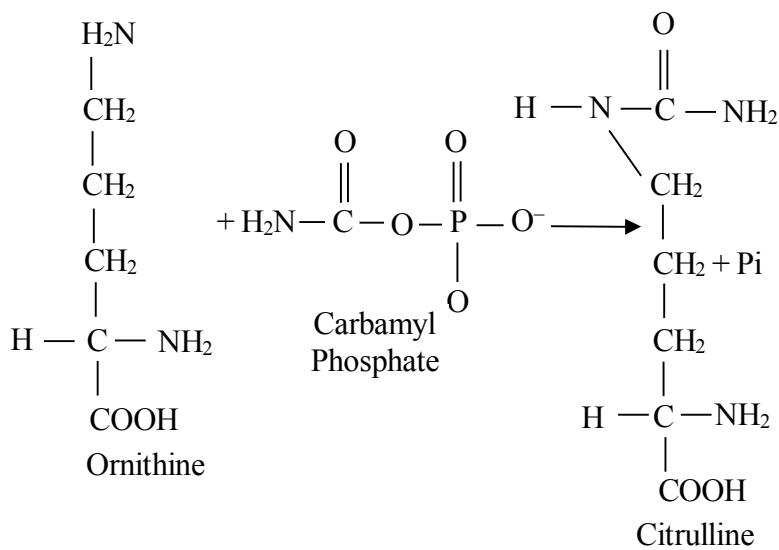
टिप्पणी



चित्र क्र. 2.13: Ornithine Cycle



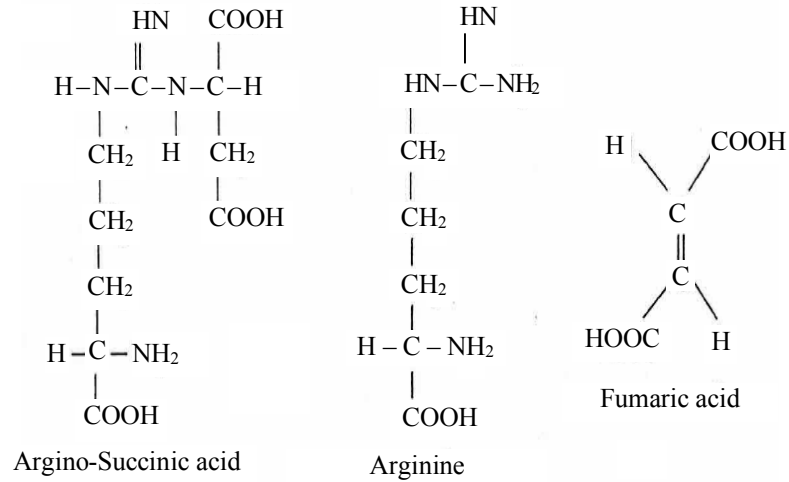
(ii) सिट्रुलिन का संश्लेषण (Synthesis of Citrulline)— आर्निथीन (Ornithine) से कार्बामाइल समूह (Carbamyl group) कार्बामाइल फॉस्फेट से पृथक् होकर क्रिया करता है तथा सिट्रुलिन (Citrulline) को निर्मित करता है। यह सम्पूर्ण क्रिया α -आर्निथीन-ट्रान्स-कार्बामाइलेज (α -Ornithine-trans-carbamylase) एन्जाइम की उपस्थिति में होती है।



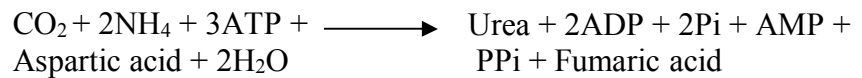
टिप्पणी

(iii) **अर्जिनो-सक्सीनिक अम्ल का निर्माण (Formation of argino-succinic acid)**— सिट्रुलिन (Citrulline) ATP की उपस्थिति में एस्पार्टिक अम्ल (Aspartic acid) से मिलकर आर्जिनो-सक्सीनिक अम्ल (Arginino-Succinic acid) बनाते हैं तथा ATP, ADP में विघटित होता है।

(iv) **आर्जिनो-सक्सीनिक अम्ल का आर्जिनीन एवं फ्यूमेरिक अम्ल में विघटन (Segmentation of Argino Succinic acid into Arginine and Fumaric acid)**— एन्जाइम आर्जिनो-सक्सीनेज (Arginino-succinase) की उपस्थिति में आर्जिनो-सक्सीनिक अम्ल, आर्जिनीन एवं फ्यूमेरेट फ्यूमेरिक अम्ल (Fumarate/fumaric acid) में विघटित हो जाता है।



(v) **यूरिया एवं आर्निथीन का निर्माण (Formation of Urea and Ornithine)**— आर्जिनेस एन्जाइम की उपस्थिति में आर्जिनीन विघटित होकर यूरिया (Urea) एवं आर्निथीन (Ornithine) को बनाता है। आर्निथीन चक्र (Ornithine cycle) के अन्तर्गत यूरिया निर्माण की सभी प्रक्रियाएँ निम्नलिखित प्रकार से होती हैं—

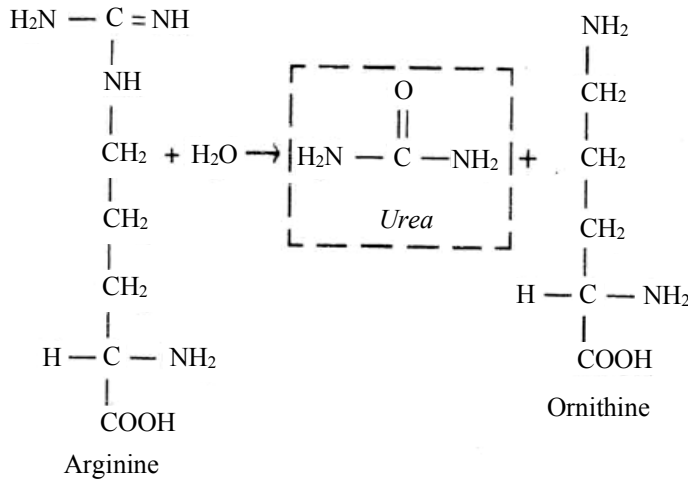


सम्पूर्ण चक्र में यूरिया के एक अणु के निर्माण के लिये अमोनिया के दो अणु, CO₂ का एक अणु तथा ATP के तीन अणु एवं पाँच एन्जाइम्स की आवश्यकता होती है।

3. अमीनो अम्ल (Amino acids)— प्रोटीन के पाचन के कारण विघटन द्वारा अमीनो अम्ल बनते हैं। यह रक्त द्वारा यकृत में पहुँचते हैं जहाँ इनसे डिएमीनेशन द्वारा अमोनिया का निर्माण होता है। कुछ प्राणियों द्वारा अमीनो अम्लों को उत्सर्जी पदार्थ के रूप में बाहर निकाला जाता है।

टिप्पणी

4. यूरिक अम्ल (Uric acid)— सूखे वातावरण में पाये जाने वाले प्राणियों में अमोनिया से यूरिक अम्ल बनता है, वह जल में अघुलनशील है। यूरिक अम्ल विषैला नहीं होता है। क्षारीय माध्यम में यूरिक अम्ल के ऑक्सीकरण से ऐलेन्टाइन (Allantoin) का निर्माण होता है। यह शरीर में संग्रहीत किया जा सकता है। यह उन प्राणियों में जो पानी को थल पर जीवन व्यतीत करने के लिए संग्रहीत करते हैं उनमें प्रमुख नाइट्रोजन युक्त उत्पाद है। यही एक ऐसा नाइट्रोजन युक्त उत्पाद है जो ठोस रूप में उत्सर्जित किया जाता है। नाइट्रोजन उत्सर्जन बिना पानी की हानि के द्वारा प्राणियों के द्वारा किया जाता है। अमोनिया से यूरिक अम्ल बनाने की क्रिया ज्ञात नहीं है।



2.12 उत्सर्जी पदार्थों के आधार पर प्राणियों का वर्गीकरण (Classification of Animals According to Excretory Products)

प्राणियों में मुख्य नाइट्रोजन युक्त अपशिष्ट पदार्थों (Waste products) के उत्पादन के आधार पर सभी प्राणियों को निम्नलिखित चार वर्गों में विभाजित किया जाता है—

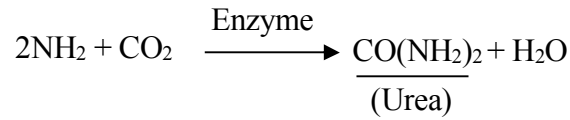
- 1. अमोनोटेलिक प्राणी (Ammonotelic animals)**— यह वह प्राणी हैं जो अपने द्वारा अमोनिया (Ammonia) को उत्सर्जित करते हैं। अमोनिया का उत्सर्जन अमोनोटेलिक उत्सर्जन (Ammonotelic excretion) कहलाता है। अमोनिया तब ही उत्सर्जित होता है जब पानी पर्याप्त मात्रा में उपलब्ध होता है। पानी अत्यधिक मात्रा में शरीर से बाहर निरन्तर निकाला जाता रहता है, जिसमें अमोनिया भी घुलकर शरीर से बाहर निकल जाती है।

उदाहरण— प्रोटोजोआ, पोरीफेरा, सीलेन्ट्रेटा, अलवणीय कशेरुक एवं अकशेरुक प्राणी—ऐनेलिडा, मोलस्का, क्रस्टेशिया एवं समुद्री इलास्मोब्रैन्क मछलियाँ एवं उभयचरी टेडपोल लार्वा आदि।

टिप्पणी

2. **यूरियोटेलिक प्राणी (Ureotelic animals)**— यह वह प्राणी होते हैं जो नाइट्रोजन युक्त अपशिष्ट पदार्थों (Nitrogenous waste products) के रूप में यूरिया (Urea) को उत्सर्जित करते हैं। इन प्राणियों को यूरियोटेलिक प्राणी (Ureotelic animals) कहते हैं। यह पदार्थ विषैला एवं पानी में घुलनशील होता है।

उदाहरण— टीलिओस्ट मछलियाँ (Teleost fishes), उभयचर (Amphibians) एवं स्तनी (Mammalia) वर्ग के प्राणी। यह सरल पदार्थ के रूप में उत्सर्जित किया जाता है।



3. **यूरिकोटेलिक प्राणी (Uricotelic animals)**— वह प्राणी होते हैं जो उत्सर्जी अपशिष्ट पदार्थ (Excretory waste products) के रूप में यूरिक अम्ल (Uric acid) को शरीर से बाहर निकालते हैं। यूरिक अम्ल 2, 7, 8-ट्राइऑक्सी प्यूरीन (2, 7, 8-Trioxo purine) होता है। पानी में अघुलनशील, कम विषैला पदार्थ होता है। प्राणी यूरिकोटेलिक कहलाते हैं। यह अपशिष्ट नाइट्रोजन युक्त पदार्थ अर्धतरल, ठोस एवं लेई (Paste) के रूप में उत्सर्जित किया जाता है।

उदाहरण— कीट (Insects), घोंघे (Snails) या कुछ गैस्ट्रोपोड मोलस्क, सरीसृप (Reptiles), पक्षी (Birds)।

4. **अमीनोटेलिक प्राणी (Aminotelic animals)**— अमीनो अम्ल के उत्सर्जन को अमीनोटेलिक (Aminotelic) उत्सर्जन कहते हैं। यह उत्सर्जन इकाइनोडर्मेटा (Echinodermata) एवं मोलस्का के कुछ प्राणियों में पाया जाता है।

2.12.1 वृक्क की कार्यिकी एवं मूत्र का निर्माण (Physiology of Kidney and Urine Formation)

स्तनी प्राणी यूरियोटेलिक प्राणी (Ureotelic animals) होते हैं। इन प्राणियों में यूरिया का निर्माण यकृत में होता है तथा किडनी/वृक्क के द्वारा यूरिया को रक्त से पृथक् करके शरीर से बाहर मूत्र (Urine) के रूप में निकालने का कार्य करते हैं। रक्त से यूरिया को पृथक् करना एवं उत्सर्जी पदार्थ मूत्र में परिवर्तित करना वृक्क की उत्सर्जी इकाई या वृक्क नलिकाओं (Uriniferous tubules) के द्वारा किया जाता है। अभिवाही धमनिकाओं के द्वारा यूरिया को रक्त के साथ केशिकागुच्छ (Glomerulus) में लाया जाता है। केशिकागुच्छ/ग्लोमेरुलस से बोमैन सम्पुट में छाना जाता है, इसके साथ अन्य लाभप्रद पदार्थ भी छन जाते हैं। छना हुआ पदार्थ कुण्डलित नलिका में पहुँचता है। कुण्डलित नलिका में पुनः अवशोषण एवं स्रावण का कार्य होता है। इसके पश्चात् जो द्रव कुण्डलित नलिका में होता है वह द्रव दूरस्थ नलिका से गुजरता है। अतिरिक्त पानी की मात्रा हट

जाती है। नाइट्रोजनिक उत्सर्जी गाढ़ा घोल एवं कुछ लवण संग्रह नलिका में मूत्र के रूप में एकत्रित किया जाता है।

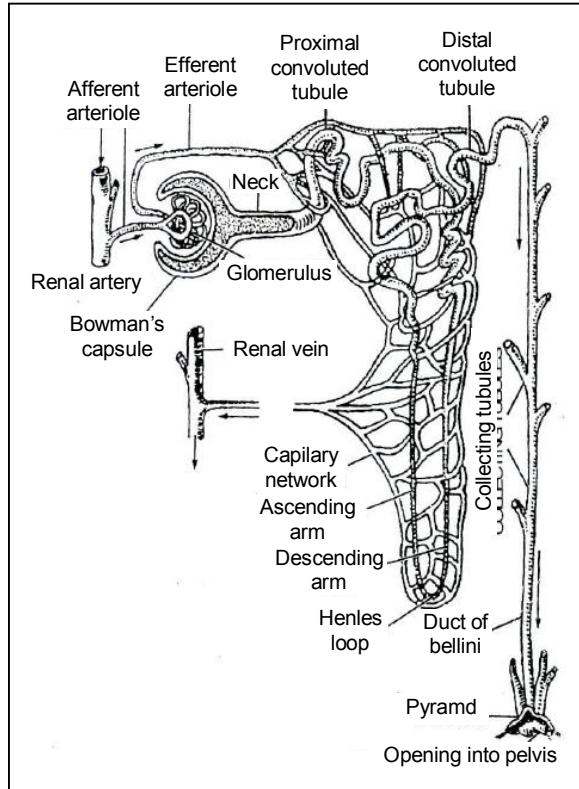
श्वसन, उत्सर्जन एवं प्रतिरक्षा प्रणाली

2.12.2 मूत्र निर्माण की विधि (Mechanism of Urine Formation)

टिप्पणी

मूत्र का निर्माण वृक्क की उत्सर्जीत इकाई नेफ्रान (Nephron) या वृक्क नलिका (Uriferous tubule) के द्वारा होता है। रक्त केशिकागुच्छ (Glomerulus) में अभिवाही धमनिका (Afferent arteriole) के द्वारा प्रवेश करता है। इसी समय मूत्र निर्माण (Urine formation) की क्रिया प्रारम्भ होती है। मूत्र के निर्माण में निम्नलिखित तीन प्रक्रम भाग लेते हैं—

1. अतिसूक्ष्म निस्पन्दन (Ultrafiltration)
2. चयनित पुनः अवशोषण (Selective Reabsorption)
3. स्त्रावण (Secretion)



चित्र क्र. 2.14: Structure of Uriferous Tubule

1. अतिसूक्ष्म निस्पन्दन (Ultra-Filtration or Glomerular Filtration)–

फिल्ट्रेशन या निस्पन्दन मूत्र-निर्माण का प्रथम स्टेप है, जिसके अन्तर्गत रुधिर-प्लाज्मा का नॉन-कोलॉइडल भाग (Non-colloidal part of blood plasma) जैसे— यूरिया, जल अनेक प्रकार के लवण तथा ग्लूकोज आदि, ग्लोमैरुलस तथा बोमेन्स कैप्सूल की सैमी-परमीएबिल दीवारों के द्वारा छाना जाता है। इस प्रक्रिया

स्व-अधिगम
पाठ्य सामग्री

टिप्पणी

के बारे में सबसे पहले रिचर्डस तथा उसके सहयोगियों (Richards and his associates) ने सन् 1924 में बताया था। इनके अनुसार रुधिर-प्लाज्मा का नॉन-कोलॉइडल भाग ग्लोमैरुलस की कैपिलरीज (Capillaries of glomerulus) की दीवारों द्वारा बोमेन्स कैप्सूल की गुहों में छनकर नेफ्रोन की बॉडी में आ जाता है। इस प्रक्रिया को उन्होंने ग्लोमैरुलर फिल्ट्रेशन का नाम दिया।

प्रत्येक नेफ्रोन के ग्लोमैरुलस में रुधिर ऐफेरेण्ट आर्टिरियोल्स द्वारा रीनल धमनी से आता है। अन्तः जब यूरिया, जल तथा अनेक प्रकार के लवण और प्रोटीन्स युक्त रुधिर ऐफेरेण्ट आर्टिरियोल्स द्वारा ग्लोमैरुलस में होकर इफेरेण्ट आर्टिरियोल्स की ओर बहता है तो उस समय रुधिर में अत्यधिक जल-दबाव (Osmotic pressure) होने के कारण रुधिर-प्लाज्मा का नॉन-कोलॉइडल भाग (प्लाज्मा-प्रोटीन्स को छोड़कर) ग्लोमैरुलस तथा बोमेन्स कैप्सूल की भित्ति से छनकर नेफ्रोन में आ जाता है। इसको हम इफैक्टिव फिल्ट्रेशन प्रेशर के द्वारा निम्न प्रकार से समझ सकते हैं।

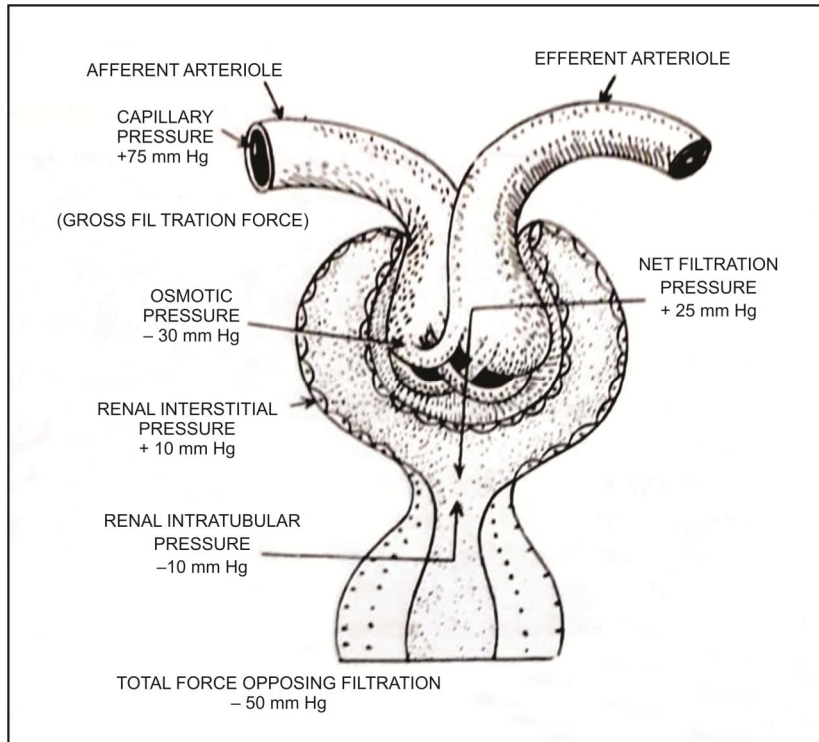
इफैक्टिव फिल्ट्रेशन प्रेशर (Effective Filtration Pressure = EFP)—नेफ्रोन या यूरिनिफैरस ट्यूब्यूल की संरचना में वर्णन किया जा चुका है कि, ग्लोमैरुलस आर्टिरियल कैपिलरीज (Arterial capillaries) का एक गुच्छा होता है जो बोमेन्स कैप्सूल की गुहा में स्थित रहता है। प्रत्येक ग्लोमैरुलस में रुधिर ऐफेरेण्ट आर्टिरिओल (Afferent arteriole) से प्रवेश करता है और इफेरेण्ट आर्टिरिओल (Efferent arteriole) के द्वारा बाहर निकलता रहता है, अर्थात् ग्लोमैरुलस में रुधिर ऐफेरेण्ट आर्टिरिओल से इफेरेण्ट आर्टिरिओल की ओर बहता है। ऐफेरेण्ट आर्टिरिओल की अपेक्षा इफेरेण्ट आर्टिरिओल का व्यास कम होता है। अतः ऐफेरेण्ट आर्टिरिओल में रुधिर तेजी से प्रवाहित होकर ग्लोमैरुलस में प्रवेश करता है। किन्तु इफेरेण्ट आर्टिरिओल का व्यास कम होने के कारण जितना रुधिर ग्लोमैरुलस में एक निश्चित समय में प्रवेश करता है, उतना ही उतने समय में निकल नहीं पाता है। अन्तः ग्लोमैरुलस की रुधिर कैपिलरीज में रुधिर-दाब (Blood-pressure) बढ़ जाता है जिसे ग्लोमैरुलर हाइड्रोस्टेटिक प्रेशर (Glomerular Hydrostatic Pressure = GHP) कहते हैं। ऐफेरेण्ट आर्टिरियोल में यह दाब (GHP) लगभग 75 mm Hg होता है इस दाब को दो विरोधी दाब (Opposite pressure) के विरुद्ध कार्य करना पड़ता है— (i) रुधिर का कोलाइडी ऑस्माटिक दाब (Blood Colloidal Osmotic Pressure = BCOP), यह लगभग 30 mm Hg होता है जो वास्तव में प्लाज्मा प्रोटीन्स का दाब होता है तथा (ii) कैप्सुलर हाइड्रोस्टेटिक दाब (Capsular Hydrostatic Pressure = CHP), यह बोमेन्स कैप्सूल की दीवार का दाब होता है। यह दाब कैप्सूल में मौजूद द्रव के कारण होता है जो लगभग 20 mm Hg होता है, इसमें 10 mm Hg रीनल इण्टरस्टीशियल दाब (Renal interstitial pressure) तथा 10 mm Hg रीनल इण्ट्राट्यूब्यूलर दाब कहते हैं। अन्तः कुल विरोधी दाब—

$$BCOP = 30 \text{ mm Hg} + CHP = 20 \text{ mm Hg} = 50 \text{ mm Hg}$$

इस प्रकार हम देखते हैं कि, ग्लोमैरुलस के अन्दर रुधिर का हाइड्रोस्टेटिक दाब (GHP) जो 75 mm Hg होता है, कुल विरोधी दाब, जो 50 mm Hg होता है,

से $75 - 50 = 25 \text{ mm Hg}$ अधिक होता है, जिसे इफैक्टिव फिल्ट्रेशन प्रेशर या दाब (Effective Filtration Pressure = EFP)

श्वसन, उत्सर्जन एवं प्रतिरक्षा प्रणाली



टिप्पणी

चित्र क्र. 2.15: Diagrammatic Representation of Ultra-filtration in Bowman's Capsule of Uriniferous Tubule

GHP = 75 mm Hg
(Glomerular Hydrostatic Pressure, due to narrower efferent arteriole)

→ Is the main driving force for fluid out of glomeruli

BCOP = -30 mm Hg
(Blood Colloidal Osmotic Pressure, due to plasma-protein)

CHP = -20 mm Hg
(Capsular, Hydrostatic Pressure, due to fluid preoccupying the Bowman's capsule)

← Total exert force in opposite direction:
 $30 + 20 = 50 \text{ mm Hg}$

Total Effective Filtration Pressure =
EFP : Net GHP
 $= 75 \text{ mm Hg} - \text{Net opposing force}$
 $= 50 \text{ mm Hg}$
 $= 25 \text{ mm Hg}$

2. चयनित पुनः अवशोषण (Selective reabsorption)–

परानिस्पन्द (Ultrafiltrate) द्रव्य धीरे-धीरे समीपस्थ कुण्डलित नलिका (Convoluting tubule), हेनले का लूप (Henle's loop) एवं दूरस्थ कुण्डलित नलिका (Distal convoluting tubule) में से होता हुआ संग्रहीत नलिका (Collecting tubule) में पहुँचता है। केवल 0.8% भाग ही मूत्र के रूप में बाहर निकलता है। शेष भाग पुनः शोषित हो जाता है।

परानिस्पन्द पूरा ज्यों का त्यों मूत्र (Urine) के रूप में बाहर नहीं निकलता है। केशिकागुच्छ परानिस्पन्द (Glomerular filtrate) में यूरिया के अतिरिक्त जल तथा अनेक लाभकारी पदार्थ अधिक मात्रा में होते हैं। इनके अतिरिक्त यूरिया, जल, अनावश्यक लवण एवं चयापचय के अन्य अपशिष्ट होते हैं। कुण्डलित नलिका में से जाते समय परानिस्पन्द के संगठन में अनेक परिवर्तन होते हैं। यदि लाभकारी पदार्थ परानिस्पन्द के साथ शरीर से बाहर ज्यों के त्यों निकाल दें तब शरीर में जल, लवण एवं आयनों एवं लाभकारी पदार्थों की कमी से सूखा या निर्जलीकरण (Dehydration) नामक रोग हो जाएगा। अन्तः कोशिकाओं में उपस्थित लाभदायक पदार्थों का चयनात्मक पुनः अवशोषण (Selective reabsorption) होता है।

वृक्क नलिकाओं के विभिन्न भागों एवं संग्रहीत नलिकाओं से निकाले गए तरल का परीक्षण करके वैज्ञानिकों ने दर्शाया कि किस भाग में किन पदार्थों का पुनः अवशोषण होता है, इसके कारण विभिन्न भागों में परानिस्पन्द की क्या दशा हो जाती है–

- (i) बोमैन सम्पुट के परानिस्पन्द में यूरिया, ग्लूकोस, लवणों, अमीनो अम्लों आदि की मात्रा उतनी ही होती है जितनी कि रक्त में, केवल प्लाज्मा प्रोटीन्स अनुपस्थित होते हैं। अन्तः परानिस्पन्द प्रोटीन रहित प्लाज्मा से समपरासरणी (Iso-osmotic/Istonic) होता है।
- (ii) समीपस्थ कुण्डलित नलिका की भित्ति की कोशिकाएँ घनाकार होती हैं। इसकी आन्तरिक सतह अनेक महीन नियन्त्रण करता है। यह पानी के पुनर्अवशोषण की वृद्धि करता है। पीयूष ग्रन्थि से यदि ADH की सामान्य मात्रा स्त्रावित होती है तब जल का पुनर्अवशोषण सामान्य रूप से होगा और मूत्र की सामान्य मात्रा शरीर से उत्सर्जित होगी।

ADH के अल्प-स्त्रावण (Hyposecretion) के समय जल का पुनर्अवशोषण कम होगा तथा मूत्र में जल की अधिक मात्रा उत्सर्जित होगी। इस स्थिति को डाइयूरेसिस (Diuresis) या डाइबिटीज इन्सीपिडस (Diabetes insipidus) कहते हैं।

ADH के अति-स्त्रावण (Hypersecretion) से जल का पुनर्अवशोषण अधिक मात्रा में होगा, मूत्र में जल की कम मात्रा उत्सर्जित होगी।

यदि मनुष्य कम पानी पीता है तब ADH अधिक मात्रा में स्त्रावित होगा, कम मूत्र मात्रा उत्सर्जित होगी।

अन्तः ADH वृक्क/किडनी को पानी संग्रह करने के लिए उत्प्रेरित करता है। ADH त्वचा पर क्रिया कर वातावरण से पानी को ग्रहण करने की क्रिया में वृद्धि करता है।

- (iii) **ऐल्डोस्टीरोन या मिनरेलोकार्टिकायड (Aldosteron or Mineralocorticoids)**— यह हार्मोन एड्रीनल ग्रन्थि के बल्कुट भाग (Cortex) से स्त्रावित होता है। यह हार्मोन सोडियम एवं पोटेशियम के उत्सर्जन को प्रभावित करता है।

यह हार्मोन उत्सर्जी नलिका के द्वारा सोडियम (Sodium) एवं क्लोराइड (Chloride) के पुनर्अवशोषण में वृद्धि करता है तथा पोटेशियम (Potassium) के उत्सर्जन में वृद्धि करता है। इस हार्मोन की अनुपस्थिति में मूत्र के साथ अधिक मात्रा में सोडियम एवं क्लोराइड बाहर निकलते हैं, अधिक मात्रा में जल की हानि होती है। इसके कारण बाह्य कोशिकीय द्रव (Extracellular fluid) का आयतन एवं रक्त का आयतन सामान्य से कम होगा। इस अवस्था को 'ऐडिसन रोग' (Addison's disease) कहते हैं। यदि यह हानि 4-5 दिन तक निरन्तर रही तो मनुष्य या प्राणी की मृत्यु हो सकती है।

- (iv) **पैराथार्मोन हार्मोन (Parathormone Hormone)**— यह यूरिनिफेरस ट्यूब्यूल्स (Urinerous tubules) में कैल्शियम के अवशोषण में वृद्धि करता है। इससे मूत्र में कैल्शियम की कम मात्रा उत्सर्जित होगी। यह वृक्क नलिकाओं के फॉस्फेट पुनर्अवशोषण को कम करता है जिससे मूत्र उत्सर्जन में वृद्धि होती है। बाह्य कोशिकीय द्रव में फॉस्फेट की सान्द्रता प्रभावित होती है।

- (v) **थायरॉक्सिन (Thyroxin)**— यह थायरॉइड से स्त्रावित होता है। यह उत्सर्जी नलिकाओं में जल के अवशोषण को कम करता है, इस कारण मूत्र में जल की अत्यधिक मात्रा उत्सर्जित होती है।

शरीर में जल सन्तुलन (Water equilibrium), लवण सन्तुलन (Salt balance) एवं अम्ल-क्षार सन्तुलन (Acid-base balance) को बनाये रखकर शरीर की स्थायी अवस्था बनाए रखने की प्रक्रिया को समस्थापन (Homeostasis) कहते हैं।

या

शरीर के चयापचयी सन्तुलन (Metabolic balance) को बनाए रखने की प्रक्रिया को समस्थापन कहते हैं।

3. स्त्रावण (Secretion)

गत वर्षों में मूत्र-निर्माण के सम्बन्ध में एक नये मत का प्रतिपादन हुआ है। इसको कॉन्करेंट थियोरी या कॉउण्टर करेंट सिस्टम ऑफ यूरिन कॉन्सैण्ट्रेशन कहते हैं। इस मत के अन्तर्गत वैज्ञानिकों ने परीक्षण करके पता लगाया है कि, नेफ्रोन के किस भाग में किन पदार्थों का पुनः अवशोषण होता है और इसके फलस्वरूप प्रत्येक भाग में फिल्ट्रेट की क्या दशा हो जाती है। कॉन्करेंट या मूत्र

टिप्पणी

सान्द्रा-संगामी प्रक्रिया मुख्य रूप से हेनले लूप (Loop of Henle) में पायी जाती है जो प्रत्येक नेफ्रोन में प्रॉक्सिमल तथा डिस्टल कॉन्वोल्यूटेड ट्यूब्यूल के मध्य मेड्यूलरी भाग में स्थित रहता है। इस लूप के अनुसार नेफ्रोन की हेनले लूप एवं कलेक्टिंग ट्यूब्यूल एक हेयरपिन बेण्ड (Hairpin bend) की भाँति रचना बनाते हैं, जिनमें विपरीत दिशा में धारा (Current) प्रवाहित होती है। इसलिए इसे कॉउण्टर करेंट सिद्धान्त भी कहते हैं। इन्हीं विपरीत धारा प्रवाह के मध्य, जल एवं कुछ सॉल्यूट्स (Solutes) या विलेय का विनिमय होता है। प्रयोगों के आधार पर यह सिद्ध किया गया है कि फिल्ट्रेट प्रॉक्सिमल कॉन्वोल्यूटेड ट्यूब्यूल में आइसोटॉनिक (Isotonic) होता है लेकिन जब यह धीरे-धीरे हेनले लूप की ओर बढ़ता है तो यह हाइपरटॉनिक (Hypertonic) होता जाता है। हेनले लूप की ऐसैण्डिंग ट्यूब्यूल में यह हाइपोटॉनिक (Hypotonic) होने लगता है, किन्तु जैसे ही यह कलेक्टिंग ट्यूब्यूल में पहुँचता है तो यह पुनः हाइपरटॉनिक हो जाता है।

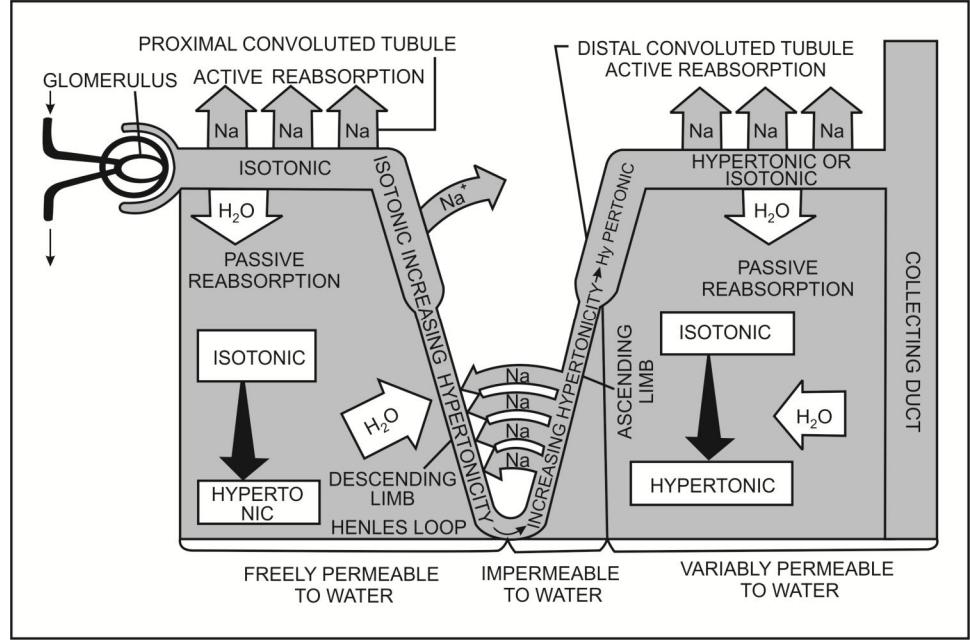
कॉन्करेंट थियोरी की आधारीय प्रक्रिया जिसके द्वारा स्तनधारियों में हारपरटॉनिक मूत्र (Hypertonic urine) का निर्माण होता है, को हम निम्न प्रकार से समझ सकते हैं—

- (i) बोमेन्स कैप्सूल के फिल्ट्रेट में यूरिया, ग्लूकोज, लवणों, अमीनो एसिड्स आदि की मात्रा उतनी ही होती है जितनी कि रुधिर में, बस इसमें प्लाज्मा प्रोटीन्स का अभाव होता है। अन्तः कैप्सूलर या ग्लोमेरुलर फिल्ट्रेट प्रोटीन्स-रहित प्लाज्मा से आइसोटॉनिक होता है। यह फिल्ट्रेट आइसोटॉनिक अवस्था में ही प्रॉक्सिमल कॉन्वोल्यूटेड ट्यूब्यूल में प्रवेश करता है।
- (ii) प्रॉक्सिमल कॉन्वोल्यूटेड ट्यूब्यूल की दीवार की घनाकार कोशिकाओं का स्वतन्त्र तल अनेक माइक्रोविलाई (Microvilli) के कारण ब्रश की तरह का (Brush border) होता है। प्रॉक्सिमल ट्यूब्यूल की ये कोशिकाएँ ग्लोमेरुलर फिल्ट्रेट के लगभग 65% से 80% भाग का पुनः अवशोषण करके ऊतक द्रव (Tissue fluid) के माध्यम से इसे वापस पैरिट्यूब्यूलर कैपिलरी-जाल की कैपिलरीज के रुधिर में पहुँचा देती है। इस प्रक्रिया में लगभग सारा ग्लूकोज, अन्य उपयोगी कार्बनिक पदार्थ एवं लाभदायक अकार्बनिक पदार्थों जैसे— Na^+ , Cl^- , K^+ , Ca^{++} , HCO_3^- , PO_4^{-3} , सल्फेट आदि के आयनों का अधिकतर ऐक्टिव ट्रान्सपोर्ट द्वारा फिल्ट्रेट से रुधिर में पुनः अवशोषण हो जाता है। इस प्रकार सम्पूर्ण प्रॉक्सिमल कॉन्वोल्यूटेड ट्यूब्यूल में फिल्ट्रेट रुधिर-प्लाज्मा से आइसोटॉनिक ही रहता है।
- (iii) अब फिल्ट्रेट हेनले लूप में पहुँचता है। लूप में तीन भाग होते हैं— मोटा डिसेण्डिंग खण्ड, हेनले का पतला खण्ड तथा मोटा ऐसैण्डिंग खण्ड। डिसेण्डिंग खण्ड की दीवार चपटी एवं बहुत कम सक्रिय कोशिकाओं की बनी होती है। यह दीवार जल के लिए अधिक, लेकिन सोडियम तथा अन्य विलेयों (Solutes) के लिए बहुत कम परमीएबिल (Permeable) होती है। दूसरे, लूप का यह भाग किडनी के मेड्यूलरी भाग में स्थित होता है, जहाँ गहराई के साथ-साथ किडनी के मेड्यूलरी अन्तराली ऊतक द्रव (Medullary

टिप्पणी

interstitial tissue fluid) सोडियम आयनों की बहुतायत के कारण अत्यधिक हाइपरटॉनिक होता है। अन्तः ज्यों-ज्यों फिल्ट्रेट हेनले लूप के डिसेण्डिंग खण्ड में नीचे की ओर बहता है, इसमें से जल की काफी मात्रा बाहर मेड्यूलरी अन्तराली ऊतक द्रव में निकलती या अवशोषित होती रहती है, जबकि मेड्यूलरी अन्तराली ऊतक द्रव से सोडियम (एवं क्लोराइड) आयन्स डिसेण्डिंग खण्ड में बहते हुए फिल्ट्रेट में इस खण्ड की कोशिकाओं द्वारा ऐक्टिवली पम्प होते रहते हैं; जिससे फिल्ट्रेट रुधिर प्लाज्मा से हाइपरटॉनिक होता जाता है।

- (iv) अब फिल्ट्रेट हेनले लूप के मोटे ऐसेण्डिंग खण्ड में प्रवेश करता है। इस खण्ड की दीवार की परमीएबिलिटी भिन्न होती है। यह जल के लिए लगभग इमपरमीएबिल (Impermeable) लेकिन Na^+ एवं Cl^- आयन्स के लिए पूरी तरह तथा यूरिया के लिए आंशिक रूप से परमीएबिल होती है। दूसरे ज्यों-ज्यों ऐसेण्डिंग खण्ड किडनी के बाहरी, कॉर्टेक्स भाग की ओर बढ़ता है, इसके बाहर के या कॉर्टिकल अन्तराली ऊतक द्रव (Cortical interstitial tissue fluid) में सोडियम आयनों की सान्द्रता कम होती जाती है। अन्तः ऐसेण्डिंग भाग में बहते हुए फिल्ट्रेट में से Na^+ (तथा Cl^-) के आयन्स सामान्य प्रसरण (Diffusion) द्वारा बाहर निकलकर कॉर्टेक्स के अन्तराली ऊतक द्रव में पहुँच जाते हैं और फिल्ट्रेट मात्रा में उतना ही रहकर भी, बाहरी कॉर्टिकल अन्तराली ऊतक द्रव और रुधिर प्लाज्मा से हाइपोटॉनिक (Hypotonic) अथवा आइसोटॉनिक (Isotonic) होता चला जाता है। यहाँ एक बात स्पष्ट रूप से समझ में आ जानी चाहिए कि, जो सोडियम आयन्स हेनले लूप के ऐसेण्डिंग खण्ड से कॉर्टिकल अन्तराली ऊतक द्रव में विसरित या स्थानान्तरित हुए थे, वे ही किडनी के भीतरी भाग या मेड्यूलरी अन्तराली ऊतक द्रव में विसरित हो जाते हैं, जहाँ से वे हेनले लूप के डिसेण्डिंग खण्ड में बहते हुए फिल्ट्रेट में खण्ड की कोशिकाओं द्वारा पुनः ऐक्टिवली पम्प होते रहते हैं, जिससे इस भाग में फिल्ट्रेट हाइपरटॉनिक होता रहता है। इस प्रकार हेनले लूप के डिसेण्डिंग एवं ऐसेण्डिंग खण्डों के मध्य सोडियम आयन्स की साइकिल (या आदान-प्रदान) चलती रहती है।
- (v) अब फिल्ट्रेट ऐसेण्डिंग खण्ड से बहता हुआ नेफ्रोन के डिस्टल कॉन्वोल्यूटेड ट्यूब्यूल में प्रवेश करता है। नेफ्रोन का यह भाग डायल्यूटिंग खण्ड (Diluting segment) कहलाता है। इसकी दीवार मोटी तथा जल एवं यूरिया के लिए इमपरमीएबिल होती है। इस दीवार के अधिकांश भाग की कोशाएँ फिल्ट्रेट में Cl^- आयन्स को ऐक्टिव ट्रान्सपोर्ट द्वारा अन्तराली ऊतक द्रव में निकालती हैं। इससे Na^+ आयन फिर अपने आप बाहर निकलते जाते हैं। अन्तः फिल्ट्रेट मात्रा में उतना ही रहकर बाहरी अन्तराली ऊतक द्रव एवं रुधिर प्लाज्मा में बहुत हाइपोटॉनिक (Hypotonic) हो जाता है।



चित्र क्र. 2.16: Diagram showing the Concurrent Mechanism of Urine Concentration in Mammal

- (vi) डिस्टल कॉन्वोल्यूटेड ट्यूब्यूल से हाइपोटॉनिक फिल्ट्रेट कलैक्टिंग ट्यूब्यूल में प्रवेश करता है जहाँ सान्द्रण या हाइपरटॉनिक मूत्र का निर्माण होता है। कलैक्टिंग ट्यूब्यूल का प्रथम भाग जल के लिए अत्यन्त परमीएबिल होता है। इसका दूरस्थ भाग, जो किडनी के मेड्यूलर गहराई में स्थित होता है, जल एवं यूरिया दोनों के लिए परमीएबिल होता है। कलैक्टिंग ट्यूब्यूल के इन भागों की जल के प्रति परमीएबिलिटी दो कैमिकल्स के नियन्त्रण में रहती है। इनमें प्रथम वेसोप्रेसिन या एण्टीडाइयूरैटिक हॉर्मोन (Vasopressin or Antidiuretic Hormone = ADH) है, जिसका स्रावण पिट्यूटरी ग्रन्थि के पश्च लोब या न्यूरोहाइपोफाइसिस में होता है तथा दूसरा हायलुरोनिडेज (Hyaluronidase) एन्जाइम है जो कलैक्टिंग ट्यूब्यूल की कोशिकाओं में पाया जाता है। अन्तः ज्यों-ज्यों हाइपोटॉनिक फिल्ट्रेट कलैक्टिंग ट्यूब्यूल में मड्यूला में गहराई की ओर बढ़ता है, इसमें से जल की सारी आवश्यक मात्रा का एवं कुछ यूरिया का पुनः अवशोषण मेड्यूलरी अन्तराली ऊतक द्रव के द्वारा रुधिर में हो जाता है तथा शेष हाइपरटॉनिक फिल्ट्रेट का बचा भाग मूत्र के रूप में रह जाता है।

इस प्रकार नेफ्रॉन्स में हेनले लूप की उपस्थिति के कारण किडनी की मेड्यूलरी अन्तराली ऊतक द्रव में स्तनधारी हाइपरटॉनिक माध्यम बनाये रखने तथा हाइपरटॉनिक मूत्र का निर्माण करके शरीर द्रव में जल की उचित आवश्यक मात्रा को बनाये रखने में सक्षम होते हैं।

शरीर में उत्सर्जी अंगों का कार्य शरीर से उत्सर्जी पदार्थों के उत्सर्जन के साथ ही समस्थापन भी होता है। समस्थापन मुख्य रूप से निम्नलिखित प्रकार से होता है—

टिप्पणी

1. **शरीर में जल सन्तुलन (Water regulation in the body)**— वृक्क रक्त से जल की अतिरिक्त मात्रा को पृथक् करके उसको मूत्र के रूप में शरीर से बाहर निकालते हैं। प्राणियों के चारों ओर के माध्यम की सान्द्रता के आधार पर जलीय प्राणियों में जल या लवण विसरण द्वारा शरीर में प्रवेश करते हैं या फिर बाहर की ओर विसरित होते हैं। थलीय प्राणियों में उपलब्ध जल की मात्रा को संक्षिप्त करना पड़ता है। प्राणियों के शरीर में जल की मात्रा का नियमन विभिन्न हार्मोन्स के द्वारा किया जाता है। इसके अतिरिक्त शरीर की कोशिकाएँ भोजन पदार्थों के ऑक्सीकरण के द्वारा कुछ चयापचयी जल (Metabolic water) का निर्माण स्वयं भी करती हैं। प्रत्येक प्राणी में चयापचयी जल की मात्रा का निर्माण उसकी चयापचय की दर के ऊपर निर्भर करता है, जो सामान्य रूप से 200-300 मि. ली. प्रतिदिन की दर से होती है—

(a) **जल की हानि (Loss of water)**— मनुष्य या प्राणी के शरीर में जल की हानि निम्नलिखित प्रकार से होती है—

- (i) वृक्कों/किडनी से मूत्र (Urine) के रूप में।
- (ii) फेफड़ों (Lungs) से उच्छ्वसित वायु (Expelled air) में जल वाष्प के रूप में।
- (iii) त्वचा से संवेदी एवं असंवेदी परिस्वेदन (Perspiration) के द्वारा।
- (iv) आँत से मल के रूप में।

मनुष्य के शरीर के तापक्रम के सामान्य रूप से अनुरक्षण के लिए स्वेद/पसीने का स्रावण आवश्यक होता है। उच्छ्वसित (Expired) वायु एवं मल (Faeces) के साथ बाहर निकलने वाले जल की मात्रा समान एवं स्थिर होती है। वृक्क/किडनी जल को ग्रहण करने एवं बाहर निकलने के मध्य सन्तुलन बनाये रखता है। यह जल की मात्रा पीयूष ग्रन्थि से स्रावित ADH हॉर्मोन के द्वारा नियन्त्रित की जाती है।

(b) **जल का नियन्त्रण (Regulation of water)**— मनुष्य के मस्तिष्क में अग्र हाइपोथैलेमिक क्षेत्र (Hypothalamic area) में परासरण ग्राही (Osmo receptor) संवेदी भाग होता है। ADH परासरण ग्राही की सहायता से दूरस्थ कुण्डलित नलिकाओं (Distal convoluted tubules) एवं संग्रहीत नलिकाओं (Collecting tubules) में जल के अवशोषण की मात्रा को नियन्त्रित एवं नियमित करता है। परासरणग्राही भाग रक्त के ओस्मोटिक दाब (Osmotic pressure) में होने वाले परिवर्तनों पर निर्भर करता है।

टिप्पणी

2. रक्त में पाये जाने वाले लवणों का सन्तुलन— लवणों की आवश्यकता से अधिक मात्रा, वृक्क किडनी द्वारा पृथक् कर दी जाती है एवं इनको शरीर से बाहर निकाल दिया जाता है। इस प्रकार रक्त में लवणों की निश्चित मात्रा बनी रहती है।

3. अम्ल-क्षार सन्तुलन (Acid – Base balance)— शरीर की चयापचय क्रिया में कुछ अम्लों का निर्माण होता है। इनसे हाइड्रोजन आयनों को पृथक् करके अम्ल तथा क्षार का सन्तुलन निश्चित रूप से बनाये रखा जाता है। इसी हेतु अमोनिया का अवशोषण भी होता है।

कुछ बाह्य पदार्थ—विष (Poison) एवं औषधियों के उत्पादों को आवश्यक न होने पर शरीर से बाहर उत्सर्जित कर दिया जाता है और इस प्रकार आन्तरिक वातावरण का सन्तुलन निश्चित रखा जाता है।

4. चयापचय क्रिया के कारण यदि अम्ल एवं क्षार अधिक मात्रा में निर्मित होते हैं तो वृक्क इनको चयनात्मक उत्सर्जन (Selective excretion) के द्वारा रक्त का pH बनाये रखते हैं।

5. किडनी रक्त के विभिन्न पदार्थों का चयनात्मक उत्सर्जन कर शरीर के रासायनिक सन्तुलन को बनाने में सहायक होता है।

अपनी प्रगति जाँचिए (Check Your Progress)

6. मूत्रलता एक दशा होती है जो कि _____ से विशेषित होती है।
(क) मूत्र आयतन में वृद्धि
(ख) ग्लूकोस का अधिक उत्सर्जन
(ग) मूत्र के आयतन में कमी
(घ) इलेक्ट्रोलाइट सन्तुलन में कमी
7. यूरिया का _____ में संश्लेषण होता है।
(क) वृक्क (ख) यकृत
(ग) आहार नाल (घ) मूत्राशय
8. ग्लोमेरुलर ऐफरेन्ट आर्टिरियोल में द्रव स्थैतिक दाब है—
(क) +80 mm Hg (ख) +75 mm Hg
(ग) +70 mm Hg (घ) +65 mm Hg

2.13 प्रतिरक्षा प्रणाली (Immune System)

श्वसन, उत्सर्जन एवं
प्रतिरक्षा प्रणाली

2.13.1 सहज एवं उपार्जित इम्युनिटी (Innate and Acquired Immunity)

टिप्पणी

सारणी क्र. 2.1: सहज एवं उपार्जित इम्युनिटी
(Innate and Acquired Immunity)

प्रतिरक्षा (Immunity)	प्रकार (Types)	कारण (Reason)
सहज (Innate)	जन्मसिद्ध (Inborn) – आनुवंशिक संगठन पर निर्भर तथा पूर्व-अनुभव से स्वतन्त्र	प्रतिरक्षा भक्षक कोशिकाओं एवं लाइसोजाइम जैसे रक्षात्मक पदार्थों द्वारा उपलब्ध। उदाहरण – कुत्ते-बिल्ली में होने वाले घातक डिस्टेम्पर रोग से मानव प्रतिरक्षित होता है।
उपार्जित (Acquired)	प्राकृतिक (Natural)	किसी बाह्य-उत्पाद के प्रभावन के पश्चात् एण्टीबॉडीज का उपार्जन।
प्राकृतिक (Natural)	सक्रिय (Active)	दीर्घकालीन एवं विशिष्ट प्रतिरक्षा। उदाहरण – पोलियो (Polio-myelitis) का संक्रमण।
	निश्चेष्ट (Passive)	वाइरस के प्रभावन के पश्चात् इण्टरफेरान (Interferons) का निर्माण। अस्थायी एवं सामान्य (Non-specific)। उदाहरण – पोलियो की प्रतिरक्षा का जनक से संतति में प्लेसेन्टल स्थानान्तरण (Placental transfer)। अस्थायी एवं विशिष्ट प्रतिरक्षा।
कृत्रिम (Artificial)	सक्रिय (Active)	प्रतिरक्षण (Immunization) के पश्चात् उपार्जन। उदाहरण – पोलियो के टीके (Vaccine) के पश्चात्। दीर्घकालीन एवं विशिष्ट प्रतिरक्षा।
	निश्चेष्ट (Passive)	रक्षात्मक एण्टीबॉडीज के ग्रहण करने के पश्चात् उपार्जन। उदाहरण – पोलियो वाइरस के प्रति विरोधी पूर्व-निर्मित। एण्टीबॉडीज के स्थानान्तरण के पश्चात् अस्थायी एवं विशिष्ट प्रतिरक्षा।

स्व-अधिगम
पाठ्य सामग्री

सहज इम्युनिटी (Innate Immunity)

यह दो प्रकार की होती है— 1. विशिष्ट एवं 2. अविशिष्ट।

टिप्पणी

1. विशिष्ट सहज इम्युनिटी (Specific innate immunity)— किसी विशेष रोगाणु अथवा रोगकारक के लिए प्रतिरोध क्षमता विशिष्ट सहज इम्युनिटी कहलाती है।

2. अविशिष्ट सहज इम्युनिटी (Non-specific innate immunity)— अनेक संक्रामक कारकों व रोगाणुओं के लिए प्रतिरोध क्षमता अविशिष्ट सहज इम्युनिटी (Non-specific innate immunity) कहलाती है। यह जाति, प्रजाति तथा व्यक्ति के अनुसार तीन प्रकार की होती है—

(a) जातीय इम्युनिटी (Specific immunity),

(b) प्रजातीय इम्युनिटी (Racial immunity),

(c) व्यक्तिगत इम्युनिटी (Individual immunity)।

(a) जातीय इम्युनिटी (Specific immunity)— इसका अर्थ है कि किसी भी विशिष्ट रोगकारक अथवा रोगाणु के लिए प्रतिरोध क्षमता एक ही जाति के समस्त सदस्यों में पायी जाती है। जैसे सूअर में हैजा फैलाने वाले रोगाणु द्वारा मनुष्यों में हैजे का संक्रमण नहीं होता और पौधों के रोगाणु मनुष्यों में संक्रमण उत्पन्न नहीं कर सकते। जातीय इम्युनिटी (Specific immunity) किसी जाति के समस्त सदस्यों में जन्मजात होती है तथा विभिन्न जातियों के ऊतकों में एनाटॉमिकल (Anatomical) तथा फिजियोलॉजिकल (Physiological) अन्तर होने के कारण हो सकती है। जैसे, चूजों के शरीर का ताप 45° होने के कारण एन्थ्रैक्स बैसिली (Anthrax bacilli) बैक्टीरिया (Bacteria) उनके शरीर में भली-भाँति वृद्धि नहीं कर सकते, अन्तः चूजों में यह रोग नहीं होता है।

(b) प्रजातीय इम्युनिटी (Racial immunity)— इसका अर्थ है कि एक ही जाति की विभिन्न प्रजातियों में विशिष्ट संक्रमण के प्रति सेन्सिटिविटी (Sensitivity) में अन्तर हो सकता है। जैसे, अल्जीरियन भेड़ों में एन्थ्रैक्स जीवाणु (Anthrax bacteria) के लिए उच्च प्रतिरोध में क्षमता होती है जबकी अन्य भेड़ों में कम होती है।

(c) व्यक्तिगत इम्युनिटी (Individual immunity)— इसमें रोग विशेष के लिए प्रतिरोध क्षमता किसी एक ही व्यक्ति तक सीमित होती है, उसी प्रजाति के अन्य व्यक्तियों में यह क्षमता नहीं होती है। व्यक्तिगत इम्युनिटी (Individual immunity) विभिन्न कारकों जैसे पोषण, अणु तथा हार्मोनों (Hormones) द्वारा प्रभावित होती है। वयस्क की अपेक्षा बच्चों तथा वृद्धों में इम्युनिटी (Immunity) अधिक होती है। कुपोषण तथा इन्सुलिन (Insulin), थायरॉक्सिन (Thyroxine) व कॉर्टिको-स्टीरॉइड (Cortico-steroid) हॉर्मोनों की कमी का इम्युनिटी पर प्रतिकूल प्रभाव पड़ता है।

उपार्जित इम्यूनिटी (Acquired Immunity)

किसी जीव द्वारा अपने जीवनकाल में रोग विशेष के लिए प्रतिरोध क्षमता बाहरी स्रोत से प्राप्त करना उपार्जित इम्यूनिटी (Acquired immunity) कहलाती है। इसका प्रभाव एक निश्चित अवधि के पश्चात् समाप्त हो जाता है। उपार्जित इम्यूनिटी (Acquired immunity) दो प्रकार की होती है—

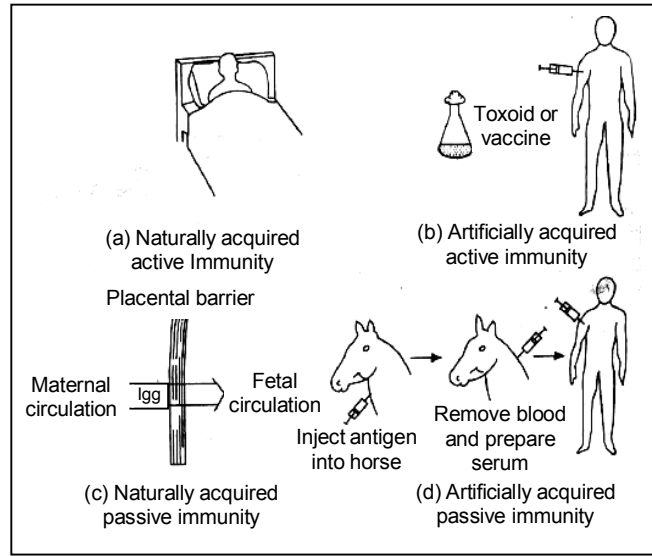
- (i) सक्रिय उपार्जित इम्यूनिटी (Active acquired immunity),
- (ii) निष्क्रिय उपार्जित इम्यूनिटी (Passive acquired immunity)।

(i) सक्रिय उपार्जित इम्यूनिटी (Active acquired immunity)– विशिष्ट एंटीजेन (Antigen) को शरीर में इन्जेक्ट (Inject) करने पर शरीर का इम्यून तन्त्र (Immune system) सक्रिय होकर एंटीबॉडी (Antibody) और प्रतिरक्षात्मक रूप से सक्रिय कोशिकाओं का उत्पादन करने लगता है, जो रोग विशेष के लिए प्रतिरोध-क्षमता उत्पन्न करती है। सक्रिय उपार्जित इम्यूनिटी (Active acquired immunity) का प्रभाव लम्बे समय तक बना रहता है। यह दो प्रकार की होती है—

- (a) प्राकृतिक उपार्जित सक्रिय इम्यूनिटी (Naturally acquired active immunity)
- (b) कृत्रिम उपार्जित सक्रिय इम्यूनिटी (Artificially acquired active immunity)
- (a) प्राकृतिक उपार्जित सक्रिय इम्यूनिटी (Naturally acquired active immunity)–** यह बीमारी के बाद उत्पन्न होती है। जैसे चेचक से पीड़ित व्यक्ति के लिम्फाइड ऊतक (Lymphoid tissue) में उपस्थित स्मृति कोशिकाएँ रोगी के स्वस्थ हो जाने के पश्चात् भी कई वर्षों तक सक्रिय रहती हैं। दुबारा चेचक के एंटीजेन (Antigen) के शरीर में प्रवेश करते ही ये तुरन्त एंटीबॉडी (Antibody) का निर्माण कर रोग से रक्षा करती है।

टिप्पणी

टिप्पणी



चित्र क्र. 2.17: **The Four Types of Immunity:** (a) **Naturally acquired active Immunity** arises from an exposure to antigens often accompanying a disease, (b) **Artificially acquired active immunity** results from an inoculation of toxoid or vaccine, (c) **Naturally acquired passive immunity** stems from the passage of IgG across the placenta from the maternal to the fetal circulation, (d) **Artificially acquired passive immunity** is induced by an injection of antibodies taken from the circulation of an animal or another individual.

(b) **कृत्रिम उपार्जित सक्रिय इम्यूनिटी (Artificially acquired active immunity)**— बाहरी स्रोत से एण्टीजेन (Antigen) या इम्यून कारक (Immune factors) जैसे, वाइरल वैक्सीन (Viral vaccine) को शरीर में इन्जेक्ट (Inject) करने पर उत्पन्न हुई इम्यूनिटी (Immunity) कृत्रिम उपार्जित सक्रिय इम्यूनिटी (Artificially acquired active immunity) होती है। वाइरल वैक्सीन (Viral vaccine) में विशिष्ट रोग के निष्क्रिय, मरे हुए अथवा क्षीणीकृत (Attenuated) वाइरस (Virus) होते हैं।

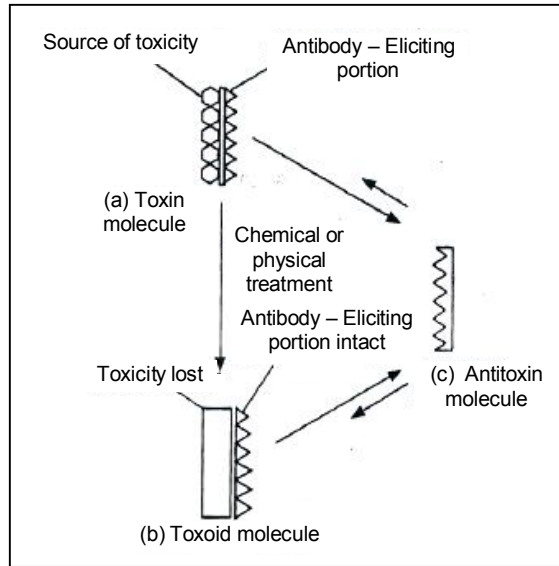
(ii) **निष्क्रिय उपार्जित इम्यूनिटी (Passive acquired immunity)**— एण्टीबॉडी (Antibody) को बाहरी स्रोत से शरीर में प्रविष्ट करा कर विशिष्ट रोग के लिए उत्पन्न की गयी इम्यूनिटी (Immunity) निष्क्रिय उपार्जित इम्यूनिटी (Passive acquired immunity) कहलाती है। एण्टीबॉडी (Antibody) ग्रहण करने वाले का इम्यून तन्त्र (Immune system) सक्रिय नहीं होता। इस प्रकार की इम्यूनिटी (Immunity) अस्थायी होती है। इनका प्रभाव एण्टीबॉडी (Antibody) के निष्क्रिय होने तक केवल कुछ दिन या कुछ सप्ताह ही रहता है।

टिप्पणी

सक्रिय इम्यूनिटी (Active immunity) की अपेक्षा निष्क्रिय इम्यूनिटी (Passive immunity) कम प्रभावी होती है। निष्क्रिय इम्यूनिटी (Passive immunity) का एक ही लाभ है कि तुरन्त सक्रिय होकर रोग से शीघ्र ही मुक्त करती है। अन्तः इसका उपयोग तुरन्त इम्यूनिटी (Immunity) उत्पन्न करने के लिए किया जाता है।

निष्क्रिय उपार्जित इम्यूनिटी (Passive acquired immunity) भी दो प्रकार की होती है—

- प्राकृतिक उपार्जित निष्क्रिय इम्यूनिटी (Naturally acquired passive immunity)।
- कृत्रिम उपार्जित निष्क्रिय इम्यूनिटी (Artificially acquired passive immunity)।



चित्र क्र. 2.18: A Comparison of Toxin,
Toxoid and Antitoxin Molecules

(a) टॉक्सिन अणु में दो क्षेत्र होते हैं— एक टॉक्सिसिटी का क्षेत्र तथा दूसरा एण्टीबॉडी उत्पादन बढ़ाने का क्षेत्र। (b) जब कैमिकल या फिजीकल ट्रीटमेंट किया जाता है तो टॉक्सिसिटी क्षेत्र खत्म हो जाता है लेकिन एण्टीबॉडी उत्पादक क्षेत्र बचा रहता है। इस अणु को टॉक्साइड अणु (Toxoid molecule) कहते हैं। (c) टॉक्सिन तथा टॉक्साइड दोनों अणु शरीर को एण्टीबॉडी के उत्पादन के लिए प्रेरित करते हैं। जिसे एण्टीटॉक्सिन कहते हैं। यह एण्टीटॉक्सिन अणु ऑक्सिन के प्रति इम्यूनिटी उत्पन्न करते हैं।

टिप्पणी

(a) **प्राकृतिक उपार्जित निष्क्रिय इम्यूनिटी (Naturally acquired passive immunity)**— यह बिना किसी अभिप्राय के एण्टीबॉडी (Antibody) के बाहरी स्रोत से शरीर में प्रविष्ट होने के फलस्वरूप उत्पन्न होती है। इसको जन्मजात (Congenital) इम्यूनिटी (Immunity) भी कहते हैं, क्योंकि कुछ एण्टीबॉडी (Antibody) माता का रूधिर परिसंचरण (Blood circulation) से प्लैसेन्टा (Placenta) में होकर भ्रूण के रूधिर परिसंचरण (Blood circulation) में पहुँच जाती है। सामान्यतया यह मातृ एण्टीबॉडी (Mother antibody), शिशु के जन्म के पश्चात् उसमें 6 महीने तक सक्रिय रहती है। लेकिन चेचक की मातृ एण्टीबॉडी (Mother antibody) जन्म के बाद 12 से 15 महीने तक सक्रिय रहती है। कुछ महत्वपूर्ण मातृ एण्टीबॉडी (Mother antibody) शिशु को घातक रोगों जैसे काली खांसी, स्टैफाइलोकोकोस (Staphylococcus) संक्रमण, सांस के रोग आदि के प्रति, जन्म के बाद कुछ महीनों तक प्रतिरोध क्षमता प्रदान करती है।

कोलोस्ट्रम (Colostrum) द्वारा भी मातृ एण्टीबॉडी (Mother antibody) नवजात शिशु में पहुँचकर जठरान्त्र तथा सांस की नली के रोगों के लिए प्रतिरोध क्षमता प्रदान करती है।

(b) **कृत्रिम उपार्जित निष्क्रिय इम्यूनिटी (Artificially acquired passive immunity)**— यह किसी विशेष अभिप्राय से विशिष्ट एण्टीबॉडी (Antibody) को शरीर में प्रविष्ट कराने के फलस्वरूप उत्पन्न होती है। कुछ घातक रोगों जैसे हिपैटाइटिस (Hepatitis), लासा बुखार (Lassa fever), डिफ्थीरिया (Diphtheria) तथा टेटनस (Tetanus) की चिकित्सा के लिए रोगी को पहले से तैयार एण्टीबाडी (Antibody) दी जाती है। यह इम्यूनिटी (Immunity) अस्थायी होती है, केवल कुछ सप्ताह तक ही रहती है।

2.14 इम्यून तन्त्र: संलग्न कोशिकाएँ (Immune System: Involved Cells)

किसी एण्टीजेन (Antigen) के विरुद्ध प्रतिक्रिया में शरीर की विभिन्न कोशिकाओं, कारक तथा अभिक्रियाओं की श्रृंखला को मिलाकर एक इम्यून तन्त्र कार्य करता है। इस इम्यून तन्त्र (Immune system) की उत्पत्ति दो महीने के भ्रूण में ही हो जाती है। उस समय प्रीमोर्डियल कोशिकाएँ (Primordial cells) जिन्हें स्टेम कोशिकाएँ (Stem cells) भी कहते हैं, बोन मैरो (Bone marrow) में उत्पन्न होती है। ये कोशिकाएँ एक जटिल प्रक्रिया के बाद निम्न दो प्रकार की कोशिकाओं में परिवर्तित हो जाती हैं—

1. **एरिथ्रोपोएटिक कोशिकाएँ (Erythropoietic cells)**— ये लाल रूधिर कोशिकाएँ (Red blood cells) बनाती हैं।

2. **लिम्फोपोएटिक कोशिकाएँ (Lymphopoietic cells)**— ये लिम्फोसाइट्स (Lymphocyte) का निर्माण करती हैं। यहाँ हम इन्हीं कोशिकाओं का वर्णन करेंगे।

शरीर का इम्यून तन्त्र (Immune system) लिम्फोसाइट (Lymphocytes) की सहायता से कार्य करता है। लिम्फोसाइट (Lymphocyte) रूधिर तथा लसिका तन्त्र में घूमती रहती है। लिम्फोसाइट (Lymphocyte) दो प्रकार की होती हैं—

1. T-लिम्फोसाइट (T-lymphocyte, T-cells),
2. B-लिम्फोसाइट (B-lymphocyte, B-cells)

2.14.1 T-लिम्फोसाइट (T-lymphocyte)

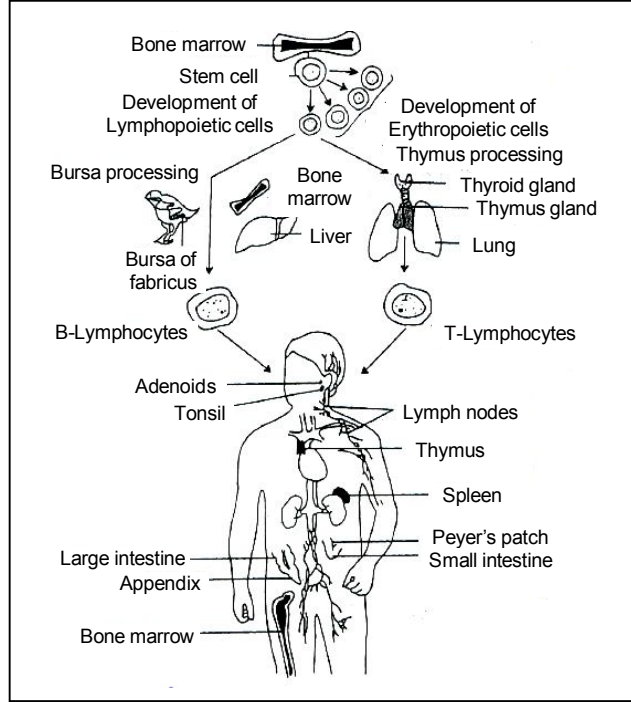
भ्रूण अवस्था में T-लिम्फोसाइटों (T-lymphocytes) का निर्माण बोन मैरो (Bone marrow) में होता है। अपरिपक्व T-लिम्फोसाइट (T-lymphocyte) बोन मैरो (Bone marrow) से बाहर आकर रूधिर परिवहन द्वारा थायमस ग्रन्थि (Thymus gland) में पहुँचकर वहीं परिपक्व होती है। परिपक्व होने के पश्चात् थायमस से रूधिर परिवहन द्वारा दूसरे लिम्फॉइड अंगों (Lymphoid organs); जैसे लिम्फ नोड (Lymph node), स्प्लीन (Spleen), टॉन्सिल (Tonsils) आदि में पहुँच जाते हैं, जहाँ पर यह सक्रिय होकर एण्टीबॉडीज का निर्माण करते हैं। T-लिम्फोसाइट (T-lymphocyte) यहाँ से रूधिर तन्त्र में तथा पुनः लिम्फॉइड तन्त्र (Lymphoid system) में आ-जा सकते हैं। रूधिर में परिसंचरण करने वाली लिम्फोसाइटों (Lymphocytes) का 65-80% T-लिम्फोसाइट (T-lymphocyte) होती हैं। आकार के अनुसार लिम्फोसाइट दो प्रकार के होते हैं—

- (a) माइक्रोलिम्फोसाइट (Microlymphocyte),
- (b) मैक्रोलिम्फोसाइट (Macrolymphocyte)

- (a) **माइक्रोलिम्फोसाइट (Microlymphocyte)**— इनका व्यास लगभग 7-5 μ (लाल रूधिर कणिकाओं, red blood corpuscles, से थोड़ा-सा बड़ा) होता है। केन्द्रक अपेक्षाकृत बड़ा व दाँतेदार (Indented) होता है और कोशिका का अधिकांश भाग घेरे रहता है। कोशिकाद्रव्य केन्द्रक के चारों तरफ पतली सीमा रेखा के रूप में, बहुत ही कम, कणिका-विहीन तथा बेसोफिलिक (Basophilic) होता है। बच्चों में लिम्फोसाइटों के लगभग 50% माइक्रोलिम्फोसाइट (Microlymphocyte) होते हैं। बड़ों में इनकी संख्या लगातार कम होते-होते 2-10 वर्ष आयु में केवल 35% रह जाती है। इनका जीवन काल 2 सप्ताह से कई वर्ष होता है।

टिप्पणी

टिप्पणी



चित्र क्र. 2.19: Origin of the Immune System

बोन मैरो में स्टेम कोशाएँ (Stem cells) एरिथ्रोपोएटिक तथा लिम्फोपोएटिक कोशाओं में परिवर्तित हो जाती है। एरिथ्रोपोएटिक कोशाएँ एरिथ्रोसाइट तथा लिम्फोपोएटिक कोशाएँ लिम्फोसाइट का निर्माण करती है। लिम्फोपोएटिक कोशाएँ दो तरीकों से लिम्फोसाइट बनाती हैं। कुछ लिम्फोपोएटिक कोशाएँ चिक (भ्रूण अवस्था में) के बर्सा ऑफ फ़ैब्रिसियस (Bursa of fabricius) भी आदमी के लिवर (Liver) या अस्थि मज्जा (Bone marrow) की मदद से B-लिम्फोसाइट बनाती है। दूसरी तरफ कुछ लिम्फोपोएटिक कोशाएँ थायमस की मदद से T-लिम्फोसाइट बनाती है। ये दोनों प्रकार की लिम्फोसाइट लिम्फॉएड ऊतक (Lymphoid tissue) में इकट्ठा होती है।

(b) मैक्रोलिम्फोसाइट (Macrolymphocyte)— इनका व्यास 12μ होता है। केन्द्रक गोलाकार, अण्डाकार या किडनी के आकार (Kidney shaped) होता है। कोशिकाद्रव्य कणिका-विहीन होता है। वयस्क में केवल 4-8% तथा बच्चों में बहुत अधिक संख्या में होते हैं।

कार्य के आधार पर T-लिम्फोसाइटों (T-Lymphocytes) को तीन समूहों में बाँटा जाता है—

- किलर या साइटोटॉक्सिक T-लिम्फोसाइट (Killer or cytotoxic T-lymphocytes)
- सहायक T-लिम्फोसाइट (Helper T-lymphocytes)
- सप्रेसर T-लिम्फोसाइट (Suppressor T-lymphocytes)

- (i) **किलर या साइटोटॉक्सिक लिम्फोसाइट (Killer or cytotoxic T-lymphocyte)**— ये सीधे एंटीजेन (Antigen) पर आक्रमण करते हैं या पोषक (Host) की संक्रमित कोशिकाओं को ही नष्ट कर देते हैं। T-लिम्फोसाइटों (T-lymphocytes) की सतह पर विशिष्ट प्रोटीन होती है जो T-कोशिका रसेप्टर (T-cell receptor) कहलाती है। यह संरचनात्मक रूप से एंटीबॉडीज (Antibodies) के समान होती है तथा एंटीजेन (Antigen) पहचानने में सक्षम होती है। ये बाहरी कोशिकाओं की पहचान करके उन्हें मार देती है, अन्तः इन्हें मारक या किलर कोशिकाएँ (Killer T-cells or Killer T-lymphocytes) कहते हैं।
- (ii) **सहायक T-लिम्फोसाइट (Helper T-lymphocyte)**— यह एंटीजेन से बंध कर एंटीबॉडीज (Antibodies) का उत्पादन करने वाली अन्य कोशिकाओं जैसे B-कोशिकाएँ (B-cells) व T-कोशिकाएँ (T-cells) के इम्यून रिस्पॉन्स (Immune response) से सम्बन्धित कार्यों में उनकी सहायता करते हैं। यह B-कोशिकाओं तथा साइटोटॉक्सिक कोशिकाओं (Cytotoxic cells) के परिपक्वन (Maturation) में भी सहायता करते हैं।
- (iii) **सप्रेसर T-लिम्फोसाइट (Suppressor T-lymphocytes)**— आवश्यकता पड़ने पर ये B-कोशिकाओं (B-cells) तथा T-कोशिकाओं (T-cells) के सामान्य कार्य में अवरोध बनकर इम्यून रिस्पॉन्स (Immune response) रोकते हैं। जैसे AIDS के रोगियों के इम्यून तंत्र (Immune system) में सहायक T-लिम्फोसाइट (Helper T-lymphocytes) बहुत कम तथा सप्रेसर T-लिम्फोसाइट (Suppressor T-lymphocytes) बहुत अधिक होने के कारण इम्यून तंत्र को सप्रेस (Suppress) कर देते हैं।
- सप्रेसर तथा सहायक T-लिम्फोसाइटों को B-कोशिकाओं के कार्य का नियन्त्रण करने के कारण नियन्त्रक कोशिकाएँ (Regulator cells) भी कहते हैं।

2.14.2 B-लिम्फोसाइट (B-Lymphocyte)

T-लिम्फोसाइटों (T-lymphocytes)— के समान B-लिम्फोसाइटों (B-lymphocytes) का भी भ्रुण अवस्था में बोन मैरो (Bone marrow) में ही निर्माण होता है। परन्तु T-लिम्फोसाइटों (T-lymphocytes) के विपरीत, इनका परिपक्वन बोन मैरो (Bone marrow) में होता है। सबसे पहले इन लिम्फोसाइटों (Lymphocytes) का अध्ययन पक्षियों में किया गया था जहाँ इनका परिपक्वन गैस्ट्रोइन्टेस्टाइनल ट्रैक्ट (Gastrointestinal tract) की बर्सा ऑफ फ़ैब्रीसियस (Bursa of fabricius) नामक ग्रन्थि में होता है। इसलिए इन कोशिकाओं को B-कोशिकाएँ या B-लिम्फोसाइट (B-cells/B-lymphocytes) कहते हैं (B = Bursa)। स्तनियों में इन ग्रन्थियों का अभाव होता है, परन्तु यहाँ इनका परिपक्वन बोन मैरो

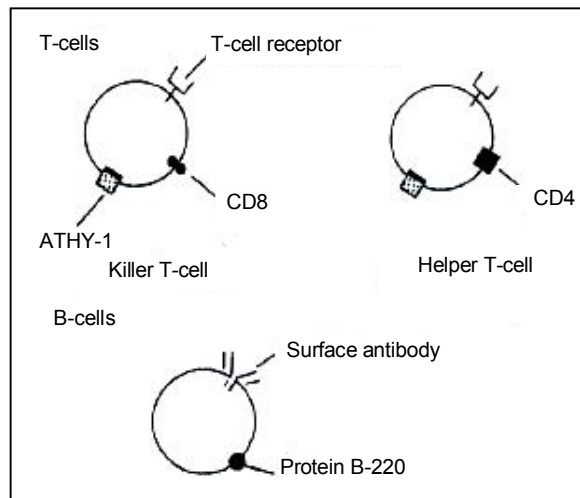
टिप्पणी

(Bone marrow) में होता है, अन्तः इनका नाम B-लिम्फोसाइट या B-कोशिकाएँ (B-lymphocytes or B-cells) यहाँ भी सही है (B = Bone)।

परिपक्व होने के पश्चात् ये कोशिकाएँ बोन मैरो (Bone marrow) से निकलकर लिम्फॉइड अंगों (Lymphoid organs) में पहुँच जाती हैं। गोलाकार B-कोशिकाएँ T-लिम्फोसाइटों (T-lymphocytes) की अपेक्षा बड़ी होती हैं। इनके कोशिका द्रव्य में अण्डाकार केन्द्रक के अतिरिक्त एण्डोप्लाज्मिक रेटिकुलम (Endoplasmic reticulum) तथा अन्य कोशिकांग भी पाये जाते हैं। इनका जीवनकाल केवल 5-7 दिन होता है। B-कोशिकाओं को इनकी सतह पर पाये जाने वाले रासायनिक पदार्थ के कारण T-लिम्फोसाइटों (T-lymphocytes) से अलग पहचाना जा सकता है।

B-लिम्फोसाइट (B-lymphocyte) एण्टिबॉडीज (Antibodies) का संश्लेषण करती हैं, जो अवांछित एन्टीजेन (Antigens) का एग्लूटिनेशन (Agglutination) करती हैं। इनके साथ ही ये विशिष्ट प्लाज्मा (Plasma) कोशिकाओं में भी विभेदित होती हैं जो जरूरत पड़ने पर भारी मात्रा में एण्टिबॉडीज (Antibodies) का निर्माण करती हैं। इन प्लाज्मा कोशिकाओं (Plasma cells) को मेमोरी कोशिकाएँ (Memory cells) भी कहते हैं।

B- तथा T- लिम्फोसाइट (lymphocyte) आकार तथा रूप में एक समान होती हैं। परन्तु इसके सतह पर पाये जाने वाले प्रोटीन भिन्न होते हैं। इन प्रोटीनों को सतह पहचान चिन्ह (Surface markers) कहते हैं। B-कोशिकाओं पर सतह एण्टिबॉडी (Surface antibody) तथा B-220 जैसे प्रोटीन होते हैं। B-220 प्रोटीन T-कोशिकाओं पर नहीं पाया जाता है। इसी प्रकार T-कोशिकाओं की सतह पर एण्टिबॉडी (Antibody) जैसी T-कोशिका रसेप्टर (T-cell receptors) तथा Thy-1 प्रोटीन पाये जाते हैं। T-कोशिकाओं (T-cells) की सतह पर अन्य प्रकार के प्रोटीन भी पाये जाते हैं जो विभिन्न प्रकार की T-कोशिकाओं में भी अन्तर कर देते हैं; जैसे— CD4 प्रोटीन सहायक T-कोशिकाओं (Helper T-cells) तथा CD8 प्रोटीन किलर T-कोशिकाओं (Killer T-cells) पर पाये जाते हैं।



चित्र क्र. 2.20: Surface Markers on Lymphocytes

2.15 मैक्रोफाज (Macrophages)

लिम्फोसाइटों से अलग तरह की यह कोशिका इम्यून प्रतिक्रिया (Immune response) के लिए बहुत महत्वपूर्ण होती है। ये कोशिकाएँ सभी प्रकार के ऊतकों में पायी जाती हैं तथा रूधिर में भी भ्रमण करती हैं। रूधिर में इन्हे मोनोसाइट (Monocytes) कहते हैं। किसी बाहरी कण या पदार्थ का भक्षण करने वाली ये पहली कोशिकाएँ होती हैं। ये बिना किसी भेदभाव के इन पदार्थों का भक्षण करती हैं। ये शरीर की अवांछित कोशिकाओं का भी भक्षण करती हैं। इन कोशिकाओं में भक्षण हाइड्रोलाइटिक एन्जाइमों (Hydrolytic enzymes) तथा ऑक्सिडेटिव (Oxidative attack) की मदद से पूरा होता है। नष्ट किये गये प्रोटीनों के पेप्टाइड (Peptide) बाद में इन कोशिकाओं में सतह पर आ जाते हैं जहाँ इनकी पहचान T-कोशिकाएँ करती हैं। स्वयं के शरीर की कोशिकाओं के पेप्टाइड को छोड़कर अन्य बाहरी प्रोटीनों के पेप्टाइड (Peptides) सहायक T-कोशिकाओं (Helper T-cells) के प्रीकर्सरों (Precursors) को उत्तेजित कर देते हैं जिससे ये पूर्ण विकसित सहायक T-कोशिकाओं (Helper T-cells) में परिवर्तित हो जाती हैं और इम्यून प्रतिक्रिया की शुरुआत होती है।

इस प्रकार हम देखते हैं कि विभिन्न प्रकार की कोशिकाएँ जो लिम्फ तथा रूधिर में पायी जाती हैं, शरीर की सामान्य तथा विशिष्ट प्रकार की इम्यून प्रतिक्रिया में सहायता करती हैं।

2.15.1 लसिका तन्त्र (Lymphoid System)

लसिका तन्त्र का निर्माण शरीर के विभिन्न लिम्फॉइड ऊतकों (Lymphoid tissues) को मिलाकर होता है। इस तन्त्र के दो भाग हैं—

- (a) प्राथमिक अंग (Primary organs)
 - (b) द्वितीयक अंग या पेरीफेरल लिम्फॉइड ऊतक (Secondary organs or peripheral lymphoid tissues)
- (a) **प्राथमिक अंग (Primary organs)**— बोन मैरो (Bone marrow), जहाँ B-कोशिकाओं का जन्म होता है तथा थायमस (Thymus), जहाँ T-लिम्फोसाइटों का परिपक्वण होता है, को प्राथमिक अंग (Primary organs) कहते हैं। यहां पर लिम्फोसाइट्स (Lymphocytes) की सतह पर रसेप्टरों (Receptors) की स्थापना होती है।
- (b) **द्वितीयक अंग या पेरीफेरल लिम्फॉइड ऊतक (Secondary organs or peripheral lymphoid tissues)**— लिम्फ नोड (Lymph nodes) जैसे टॉन्सिल (Tonsil), एडिनोइड (Adenoids) तथा लिम्फैटिक वेसेल (Lymphatic vessels) आदि द्वितीयक अंग कहलाते हैं। परिपक्वण के बाद लिम्फोसाइट (Lymphocytes) इन अंगों में भ्रमण करते रहते हैं।

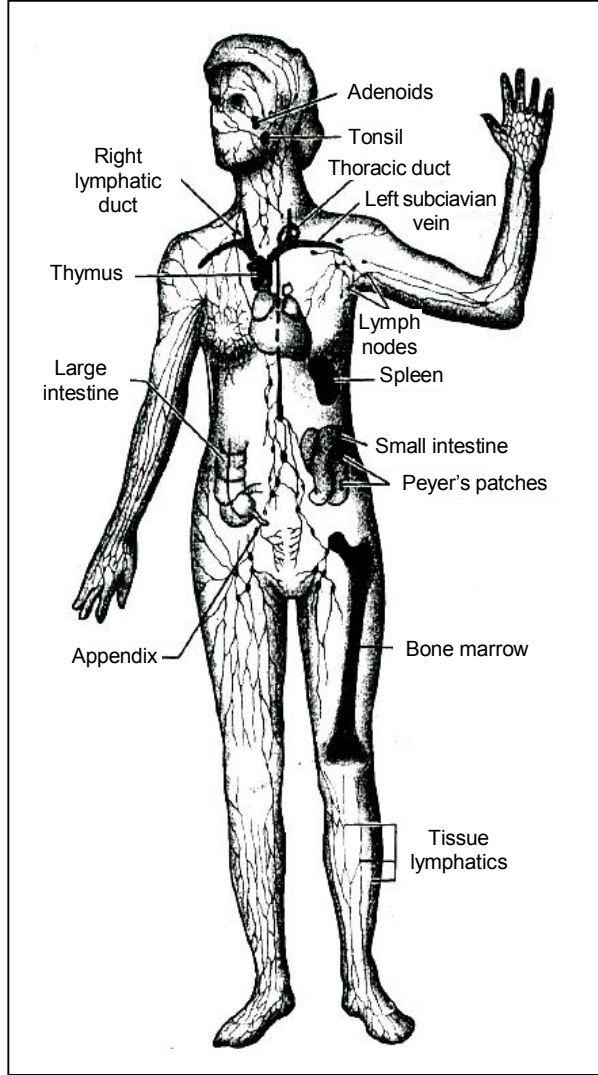
टिप्पणी

टिप्पणी

लिम्फ (Lymph, a fluid) रूधिर से होकर ऊतकों के अन्दर तथा चारों तरफ पहुँचता है। इन स्थानों से होकर लिम्फ, पतली दीवार वाली, लिम्फेटिक वेसेल (Lymphatic vessels) में पहुँचता है, यहाँ से यह धीरे-धीरे बड़ी केन्द्रीय वेसेल (Large central vessels) में इकट्ठा होता है। अन्त में लिम्फ पुनः रूधिर वेन (Vein) में पहुँचता है तथा रूधिर में मिल जाता है। इस प्रकार पेरीफेरल लिम्फॉइड ऊतक (Peripheral lymphoid tissue) रूधिर तथा लिम्फ से निर्मित होता है।

मानव के रूधिर में 20-30% कोशिकाएँ लिम्फोसाइट होती हैं, जबकि लिम्फ में कोशिकाएँ 99% तक होती हैं। जब तक ये कोशिकाएँ किसी बाहरी एण्टिजेन द्वारा उत्प्रेरित नहीं होती हैं तब तक ये दिन में एक या दो बार लगातार रूधिर से लिम्फ तथा लिम्फ से रूधिर में चक्कर लगाती रहती हैं। लिम्फोसाइट (Lymphocyte) एण्डोथीलियल कोशाओं (Endothelial cells) के बीच से होकर रूधिर तन्त्र में प्रवेश करती हैं या बाहर निकलती हैं। लिम्फ नोड, लिम्फ को फिल्टर करते हैं, यहाँ पर लिम्फोसाइट थोड़ी देर के लिए रहती हैं। जो भी एण्टीजेन शरीर में प्रवेश करता है, रूधिर या लिम्फ में अपना स्थान बनाता है जहाँ ये लिम्फ नोड या स्प्लीन (Spleen) में फिल्टर कर लिये जाते हैं। लिम्फ नोड में मैक्रोफाज (Macrophages) इन्हें निगल लेते हैं।

टिप्पणी



चित्र क्र. 2.21: The Human Lymphoid System

प्राथमिक अंग (थायमस तथा बोन मैरो) द्वितीयक अंग और लिम्फ वैसेल यहाँ दिखाये गये हैं। सम्पूर्ण तन्त्र परिसंचरण करती लिम्फोसाइटों, कोशाओं को लाने वाली वेसेल (ब्लड वेसेल तथा लिम्फैटिक वेसेल दोनों) तथा लिम्फॉइड अंगों को मिलाकर बनता है। यहाँ केवल एक हड्डी दिखायी गयी है, परन्तु लगभग प्रत्येक बड़ी हड्डी में मैरो होता है।

2.16 इम्यून अनुक्रिया (Immune Response)

कशेरुकियों में अनेक प्रकार के हानिकारक एण्टीजेन्स (Antigens) से सम्पूर्ण बचाव के लिए दो इम्यून विधियाँ हैं—

1. ह्यूमोरल इम्यूनिति या एण्टीबॉडी मेडिएटेड इम्यूनिति (Humoral Immunity or Antibody Mediated Immunity)— मैक्रोफेज (Macrophages) द्वारा प्रेषित एण्टीजेनिक निर्धारक (Antigenic determinants) सहायक T-लिम्फोसाइटों (Helper T-lymphocytes) को उद्दीप्त करते हैं।

टिप्पणी

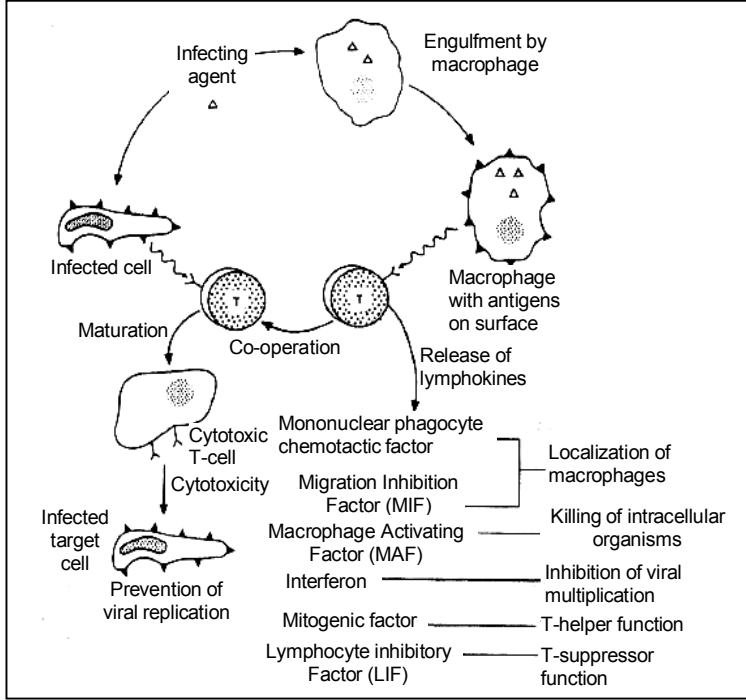
B-लिम्फोसाइट (B-lymphocyte) रूधिर परिवहन (Blood circulation) में प्रविष्ट न होकर लिम्फॉइड ऊतक (Lymphoid tissue) में ही गुणन तथा रूपान्तरण द्वारा अपने से 2 या 3 गुना बड़ी प्लाज्मा कोशिकाओं (Plasma cells) का निर्माण करते हैं। प्लाज्मा कोशिकाएँ एंटीबॉडी (Antibody) का संश्लेषण कर हजारों एंटीबॉडी प्रति सेकण्ड की दर से रूधिर परिवहन में मुक्त कर देती हैं। एंटीबॉडी-एंटीजेन क्रिया (Antibody-antigen reaction) रूधिर में होने के कारण ही इसको ह्यूमोरल इम्यूनिटी (Humoral immunity) कहते हैं।

प्लाज्मा कोशिकाएँ (Plasma cells) 2 या 3 दिन एंटीजेनिक (Antigenic) उद्दीपन समाप्त होने तक एंटीबॉडीज (Antibodies) उत्पन्न करती रहती हैं। इसके पश्चात प्लाज्मा कोशिकाएँ नष्ट होकर स्मृति-B-कोशिकाओं (Memory B-cells) द्वारा प्रतिस्थापित हो जाती हैं। स्मृति B-कोशिकाएँ (Memory B-cells) लिम्फॉइड ऊतक (Lymphoid tissue) में अनेक वर्षों तक रहती हैं और एंटीजेन (Antigen) के पुनः प्रकट होने पर सक्रिय हो रोग से सुरक्षा प्रदान करती हैं।

2. सेल्यूलर मेडिएटेड इम्यूनिटी (Cellular mediated immunity)– T-लिम्फोसाइट (T-lymphocyte) केवल उन एंटीजेनों (Antigens) के प्रति अनुक्रिया करते हैं जो कोशिका की सतह पर उपस्थित होते हैं। यह अनुक्रिया भी केवल एक निर्धारक (Determinant) प्रोटीन, मुख्य हिस्टोकॉम्पैटिबिलिटी कॉम्प्लैक्स (Major histocompatibility complex or MHC) की उपस्थिति में ही होती है। यह कॉम्प्लैक्स (Complex) T-लिम्फोसाइटों (T-lymphocytes) को केवल पोषक की वाइरस इन्फेक्टेड (Virus infected) कोशिकाओं को पहचानने में सहायता करता है, परन्तु उसी होस्ट (Host) की असंक्रमित कोशिकाओं तथा दूसरे जीव की संक्रमित कोशिकाओं को नहीं पहचानता।

T-कोशिकाओं (T-cells) का यह विशिष्ट गुण उनकी सतह पर पायी जाने वाली विशिष्ट प्रोटीन, T-कोशिका ग्राही (T-cell receptor) की उपस्थिति के कारण है। इस प्रकार T-लिम्फोसाइट (T-lymphocyte) एंटीबॉडीज (Antibodies) की मध्यस्थता के बिना ही, अपनी ही सतह पर उपस्थित एंटीबॉडी सदृश संरचना वाली T-कोशिका ग्राही प्रोटीन की सहायता से ही सेल्यूलर इम्यून अनुक्रिया (Cellular immune response) उत्पन्न करते हैं तथा इनके द्वारा उत्पन्न इम्यूनिटी (Immunity) सेल्यूलर-मेडिएटेड इम्यूनिटी (Cellular-mediated immunity) कहलाती है।

टिप्पणी



चित्र क्र. 2.22: The cell-mediated immune response, the response of T-cells to antigen, showing lymphokines and cytotoxic cell formation

कुछ वाइरस (Virus) और बैक्टीरिया (Bacteria) तथा अनेक कवक (Fungi) और प्रोटोजोआ (Protozoa) द्वारा उत्तेजित T-लिम्फोसाइट (T-lymphocyte) रूधिर परिसंचरण (Blood circulation) द्वारा एण्टीजेन (Antigen) स्थल तक पहुँचकर, लिम्फोब्लास्ट (Lymphoblast) के रूप में 4 प्रकार की लिम्फोकाइन्स (Lymphokines) नामक प्रोटीन का स्रावण करते हैं जो मैक्रोफेज (Macrophage) द्वारा एण्टीजेन (Antigen) को भक्षण करने की दक्षता बढ़ाती हैं। एण्टीजेन (Antigen) के नष्ट होने के साथ ही लिम्फोकाइन्स (Lymphokines) भी अदृश्य हो जाती हैं, परन्तु समरूप T-लिम्फोसाइटों का एक समूह बाद तक बना रहता है। यह स्मृति T-लिम्फोसाइट (Memory T-lymphocyte) कहलाते हैं। पुनः इसी एण्टीजेन (Antigen) द्वारा प्रभावित होने की दशा में T-लिम्फोसाइट (T-lymphocyte) तेजी से कार्य कर एण्टीजेन को नष्ट कर देते हैं।

सेल्युलर इम्यूनैटी (Cellular immunity) बैक्टीरिया, कवक तथा कोशिकाओं में मौजूद वाइरसों के प्रति प्रतिरोध क्षमता प्रदान करती है तथा अति-संवेदनशीलता (Hypersensitivity) को रोकती है।

इस प्रकार मानव शरीर में सेल्युलर इम्यूनैटी, ह्यूमोरल इम्यूनैटी (Cellular immunity, humoral immunity) तथा स्रावित लिम्फोकाइन प्रोटीनों (Lymphokine proteins) की इम्यूनैटी होती है।

टिप्पणी

2.17 अपनी प्रगति जाँचिए प्रश्नों के उत्तर (Answers to Check Your Progress)

1. (ग)
2. (ख)
3. (घ)
4. (क)
5. (क)
6. (क)
7. (ख)
8. (ख)

2.18 सारांश (Summary)

श्वसन कि क्रिया-विधि, श्वसन की कार्यिकी को समझना, फेंफड़े कैसे कार्य करते हैं ये सरल भाषा में enzymes की मदद से समझना, फिर इसी पाठ में उत्सर्जन की कार्यिकी को समझना, उत्सर्जन भी एक प्रकार की जैव क्रिया है, जिसके द्वारा शरीर से चयापचयिक अपशिष्ट पदार्थों का पृथक्करण कर शरीर से कैसे निकाले जाते हैं उसका अध्ययन किसी एण्टीजेन के विरुद्ध प्रतिक्रिया में शरीर की विभिन्न कोशिकायें कारक तथा अभिक्रियाओं को मिलकर एक इम्यून तन्त्र कार्य करता है। उसका सरल अध्ययन करते हैं।

2.19 मुख्य शब्दावली (Key Terminology)

- Oxygenated blood (ऑक्सीकृत रक्त)
- Air Sac (वायुकोष)
- Lungs (फेफड़े)
- Capillaries, Oxyhaemoglobin, Haemoglobin (उत्सर्जन)
- Defaecation (डिफेकेशन)
- Glomerulus (ग्लोमेरुलस) Toxic substance, Nitrogenous waste products, CO₂, O₂
- Ammonia (अमोनिया)
- Urea (यूरिया)
- Toxin (टोक्सीन)
- Antitoxin (ऐन्टीटोक्सीन)
- Toxid (टोक्सीड कण)
- T-Lymphocyte, B-Lymphocyte Cells

टिप्पणी

1. **रक्त में पाये जाने वाले लवणों का सन्तुलन**— लवणों की आवश्यकता से अधिक मात्रा, वृक्क/किडनी द्वारा पृथक् कर दी जाती है एवं इनको शरीर से बाहर निकाल दिया जाता है। इस प्रकार रक्त में लवणों की निश्चित मात्रा बनी रहती है।
2. **अम्ल-क्षार सन्तुलन (Acid-Base balance)**— शरीर की चयापचाय क्रिया में कुछ अम्लों का निर्माण होता है। इनसे हाइड्रोजन आयनों को पृथक् करके अम्ल तथा क्षार का सन्तुलन निश्चित रूप से बनाये रखा जाता है। इसी हेतु अमोनिया का अवशोषण भी होता है।
कुछ बाह्य पदार्थ-विष (Poison) एवं औषधियों के उत्पादों को आवश्यक न होने पर शरीर से बाहर उत्सर्जित कर दिया जाता है और इस प्रकार आन्तरिक वातावरण का सन्तुलन निश्चित रखा जाता है।
3. चयापचाय क्रिया के कारण यदि अम्ल एवं क्षार अधिक मात्रा में निर्मित होते हैं तो वृक्क इनको चयनात्मक उत्सर्जन (Selective excretion) के द्वारा रक्त का pH बनाये रखते हैं।
4. किडनी रक्त के विभिन्न पदार्थों का चयनात्मक उत्सर्जन कर शरीर के रासायनिक सन्तुलन को बनाने में सहायक होता है।

2.20 स्व-मूल्यांकन प्रश्न एवं अभ्यास (Self Assessment Questions and Exercises)

लघु उत्तरीय प्रश्न (Short Answer Type Questions)

1. निम्नलिखित का वर्णन कीजिए
 - (i) क्रैब चक्र
 - (ii) ऑक्सीजन का परिवहन
 - (iii) ग्लाइकोलिसिस
 - (iv) क्लोराइड शिफ्ट
2. श्वसन की कार्यात्मक के नियन्त्रण विधि का वर्णन कीजिए।
3. संक्षिप्त में वर्णन कीजिए
 - (i) गैसों का परिवहन
 - (ii) ऑक्सीजन का ऊतकों में परिवहन
 - (iii) हीमोग्लोबिन की गैसों के परिवहन में भूमिका
4. अल्ट्राफिल्ट्रेशन क्रिया-विधि संक्षेप में लिखिए।
5. स्तनधारियों में मूत्र निर्माण विधि का वर्णन कीजिए।
6. मूत्र निर्माण विधि का संक्षिप्त वर्णन कीजिए।

टिप्पणी

दीर्घ उत्तरीय प्रश्न (Long Answer Type Questions)

1. क्लोराइड शिफ्ट क्या है। इसके महत्व का वर्णन कीजिए।
2. कोशिकीय श्वसन में ग्लाइकोलिसिस का वर्णन कीजिए।
3. क्रैब चक्र का वर्णन कीजिए।
4. श्वसन की कार्यात्मिकी का वर्णन कीजिए।
5. स्तनियों में मूत्र सान्द्रता-संगामी सिद्धान्त द्वारा सान्द्रण मूत्र निर्माण को समझाइए।
6. स्तनधारी जन्तु में उत्सर्जन कार्यात्मिकी एवं क्रिया-विधि का वर्णन कीजिए।
7. स्तनधारी के शरीर में कौन-कौन से नाइट्रोजिनस अवशिष्ट पदार्थ होते हैं? शरीर में यूरिया का निर्माण तथा उत्सर्जन का वर्णन कीजिए।
8. उत्सर्जन की कार्यात्मिकी का वर्णन कीजिए।
9. विभिन्न प्रकार के सामान्य (Non-specific) प्रतिरोध की प्रक्रियाओं का वर्णन कीजिए।
10. T-कोशिका क्या है? प्रतिरक्षा में इनकी भूमिका का वर्णन कीजिए।
11. एण्टीबॉडी क्या है? एण्टीबॉडी (Antibodies) कितने प्रकार की होती हैं? इनके कार्यों का वर्णन कीजिए।

2.21 सहायक पाठ्य सामग्री (Suggested Readings)

Books of MP Hindi Granth Academy

1. Parker & Haswall : Text Book of Vertebrate Zoology
2. Kotpal, RL : Vertebrate
3. Jordan, EL and Verma, PS : Chordate Zoology
4. Rastogl, VB : Organic Evolution
5. Singh and Chaturvedi : Organic Evolution
6. Ernst W. Mayr : Evolution and the Diversity of life
7. Colbert : Evolution
8. Verma, PS and Agrawal, VK : Cell Biology, Genetics, Molecular Biology, Evolution
9. Verma PS : Animal Physiology

10. Nigam, HL : Animal Physiology
11. Wood, DW : Principle of Animal Physiology
12. Berry, AK : Animal Physiology and
Biochemistry
13. Prosser, CL : Animal Physiology and
Biochemistry
14. Goyal and Shastri : Animal Physiology
15. Shrivastava, HS : Biochemistry
16. Lehninger : Biochemistry

श्वसन, उत्सर्जन एवं
प्रतिरक्षा प्रणाली

टिप्पणी

इकाई 3 एन्जाइमों के नियामक तन्त्र एवं विटामिन्स की भूमिका (Regulatory Mechanisms of Enzymes and the Role of Vitamins)

संरचना (Structure)

- 3.0 परिचय
- 3.1 उद्देश्य
- 3.2 ताप नियमन
 - 3.2.1 शरीर के तापक्रम की वृद्धि की हायपोथैलेमिक विधि
 - 3.2.2 शरीर के तापक्रम की कमी हाइपोथैलेमिक विधि द्वारा
 - 3.2.3 शरीर का सामान्य तापक्रम
- 3.3 प्राणियों में ताप नियमन
 - 3.3.1 ऊष्मा/ताप का उत्पादन
 - 3.3.2 ऊष्मा की हानि
- 3.4 शरीर एवं वातावरण के मध्य ऊष्मा विनिमय
 - 3.4.1 विकिरण
 - 3.4.2 उत्सर्जकता
 - 3.4.3 चालन
 - 3.4.4 संवहन
 - 3.4.5 जल का वाष्पन
- 3.5 ताप-नियमन नियन्त्रण की विधि
 - 3.5.1 तन्त्रिकीय नियन्त्रण
 - 3.5.2 हॉर्मोनल नियन्त्रण
 - 3.5.3 नवजात शिशु में तापक्रम का नियमन
- 3.6 एन्जाइम्स की परिभाषा, नाम पद्धति एवं वर्गीकरण
 - 3.6.1 एन्जाइम की परिभाषा
 - 3.6.2 एन्जाइम्स की विशेषताएँ
 - 3.6.3 एन्जाइम्स की नाम पद्धति
 - 3.6.4 अन्य एन्जाइम्स
 - 3.6.5 एन्जाइम्स का वर्गीकरण
- 3.7 एन्जाइम अभिक्रिया की कार्यविधि
 - 3.7.1 मिचेलिस एवं मेण्टेन समीकरण
 - 3.7.2 एन्जाइम-क्रियाधार संकुल
- 3.8 एन्जाइम की सक्रियता को नियन्त्रित करने वाले कारक
- 3.9 एन्जाइम की विशिष्टता
- 3.10 एन्जाइम की उपयोगिता
 - 3.10.1 औद्योगिक उपयोग
 - 3.10.2 औषधियों में प्रयोग
- 3.11 को-एन्जाइम्स या को-फैक्टर
- 3.12 विटामिन
 - 3.12.1 विटामिन का वर्गीकरण
 - 3.12.2 विटामिन की परिभाषा
 - 3.12.3 विटामिन का स्रोत

- 3.13 अपनी प्रगति जाँचिए प्रश्नों के उत्तर
 3.14 सारांश
 3.15 मुख्य शब्दावली
 3.16 स्व-मूल्यांकन प्रश्न एवं अभ्यास
 3.17 सहायक पाठ्य सामग्री

टिप्पणी

3.0 परिचय (Introduction)

ताप नियमन में हम, सामान्य तापमान, असमतापी प्राणियों में तापमान नियन्त्रण, समतापी प्राणियों में ताप नियन्त्रण, उष्मा-ताप का उत्पादन, उष्मा कि हानि आदि पर तन्त्रिकिय और हॉर्मोनल नियन्त्रण को विस्तार से पढ़ते हैं।

3.1 उद्देश्य (Objectives)

तापमान नियन्त्रण, उसका विभिन्न प्राणी अपनी शारीरिक क्षमता के अनुकूल कैसे रह पाते हैं, अलग-अलग पारिस्थितिक परिस्थितियों में इसको जानना ही इसका उद्देश्य है।

इस पृथ्वी पर ऊष्मा मुख्य रूप से सूर्य से प्राप्त होती है। ऊष्मा का कुछ भाग तापीय ऊष्मा के रूप में विकिरण (Radiation), संवहन (Conduction), क्रियाओं के द्वारा जीव मण्डलों के विभिन्न घटकों से गुजरता हुआ वायुमण्डल में विलीन हो जाता है।

ब्रोक (Brock, 1967) ने दर्शाया कि कुछ शैवाल (Algae) गर्म झरनों (Springs) में लगभग 70°C पर रह सकते हैं। सन् 1969, में बोट एवं ब्रोक (Bott and Brock) ने दर्शाया कि कुछ तापरागी (Thermophilic) जीवाणु (Bacteria) पानी के क्वथनांक (Boiling) बिन्दु पर जीवन व्यतीत करते हैं। ये तथ्य पृथ्वी पर प्राणियों के वितरण को सीमित करता है, क्योंकि पृथ्वी पर/वातावरण में तापक्रम की अधिक विभिन्नता पायी जाती है।

प्रत्येक प्राणी में तापमान सहन/वहन करने की क्षमता एक निश्चित सीमा में पायी जाती है। ये ताप सहन करने की क्षमता भिन्न-भिन्न जातियों के प्राणियों में भिन्न-भिन्न होती है। सहन करने की क्षमता के आधार पर प्राणी दो प्रकार के होते हैं—

(a) **मिततापी/स्टिनोथर्मल (Stenothermal)**— वह प्राणी होते हैं जो कि तापमान के अपेक्षाकृत कम-विस्तार को सहन कर सकते हैं।

उदाहरण— मछलियाँ (Fishes), कोरल (Coral), घोंघा (Snail) आदि।

(b) **असीमतापी/यूराईथर्मल (Eurythermal)**— वह प्राणी जो तापमान के अधिक विस्तार को सहन करने की क्षमता रखते हैं।

उदाहरण— टोड (Toad), सर्प (Snakes), छिपकली (Lizards), पक्षी (Birds) एवं मनुष्य (Man) आदि।

संसार के सभी प्राणियों को तापक्रम परिवर्तनों से सहनशीलता के आधार पर/दैनिक ताप के आधार पर तीन समूहों में विभाजित किया जाता है—

टिप्पणी

1. **असमतापी (Poikilothermic)**— ये वह प्राणी होते हैं जिनके शरीर का ताप वातावरण (Environment) के तापक्रम के साथ परिवर्तित/घटता-बढ़ता जाता है। इन प्राणियों को शीत रक्त (Cold blooded) वाले प्राणी कहते हैं।

उदाहरण— सभी अकशेरुक प्राणी (Invertebrate animals) एवं अधिकांश जलीय कशेरुक (Aquatic vertebrates) प्राणी इसके अन्तर्गत आते हैं। सामान्यतया शीत रक्त वाले प्राणियों के शरीर का तापक्रम गर्म रक्त (Warm blooded) वाले प्राणियों की अपेक्षा कम होता है। लेकिन धूप में बैठे कीट (Insect) का, एवं मरुस्थल में छिपकली के शरीर का तापक्रम स्तनी प्राणी की अपेक्षा अधिक होता है। शीत रक्त वाले प्राणी ताप/ऊष्मा वातावरण से प्राप्त कर अपने शरीर के तापक्रम को शरीर में उत्पादित ऊष्मा के विपरीत स्वतन्त्र रूप में नियन्त्रित करते हैं। इन प्राणी को बाह्य ऊष्मीय प्राणी (Ectothermic animals) भी कहते हैं। इसके विपरीत अन्तः ऊष्मीय प्राणी (Endothermic animals) अपने शरीर में पर्याप्त ऊष्मा को चयापचय क्रियाओं के समय उत्पादित करते हैं और शरीर के तापक्रम को स्थिर बनाए रखते हैं। पक्षी एवं स्तनी प्राणी अन्तःऊष्मीय प्राणी होते हैं।

असमतापी प्राणियों (Poikilothermic animals) की दो श्रेणियाँ होती हैं—

- (a) जलीय (Aquatic) असमतापी प्राणी,
- (b) थलीय (Terrestrial) असमतापी प्राणी।

2. **समतापी (Homeothermic) प्राणी**— यह प्राणी स्थिर एवं उच्च शारीरिक तापक्रम को बनाए रखने की क्षमता रखते हैं। ये तापक्रम वातावरण के तापक्रम पर निर्भर नहीं करता है, लेकिन इन प्राणियों में ऊष्मा विनिमय (Heat exchange) बाह्य ऊष्मीय अवस्थाओं द्वारा प्रभावित होती है। जब प्राणी के शारीरिक तापक्रम से वातावरणीय तापक्रम (Environmental temperature) कम हो जाता है तब विकिरण (Radiation) द्वारा प्राणी के शरीर से ताप की हानि होती है। इस अवस्था में समतापी प्राणियों की चयापचयिक (Metabolic) दर में वृद्धि हो जाती है। प्राणी के शरीर में तापक्रम का नियन्त्रण करने के लिए ताप नियन्त्रक केन्द्र (Heat regulatory centre) मस्तिष्क में होता है, यह केन्द्र तापक्रम के परिवर्तनों के प्रति अधिक संवेदी होता है। उच्च ताप पर या जब वातावरण में ताप की वृद्धि होती है तब प्राणी का शरीर ताप ग्रहण करने लगता है, इस प्रकार तापक्रम की हानि वाष्पीकरण (Evaporation) के रूप में की जाती है।

उदाहरण— पक्षी (Birds) एवं स्तनी प्राणी (Mammals) मनुष्य सहित।

इन प्राणियों के शरीर में एक अत्यधिक विकसित तापक्रम नियन्त्रण विधि (Temperature regulating mechanism) पायी जाती है, इस कारण समतापन (Homeothermy) एक अत्यधिक प्रमुख लक्षण उच्च श्रेणियों के

टिप्पणी

जीवन में होता है और उत्तरजीविता (Survival) का एक मुख्य मान होता है। कुछ स्तनी प्राणी जैसे- डार्मीस (Dormice) एवं हैज हॉग (Hedge hog) शीत निष्क्रियता (Hibernation) को दर्शाते हैं और शीत निष्क्रियता के समय शरीर का तापक्रम कम हो जाता है, लेकिन शरीर को कोई हानि नहीं होती है। इसी प्रकार ध्रुवीय भालू (Polar bear), उष्ण कटिबंधीय बन्दर (Tropical monkey) एवं वालरस (Walrus) के शरीर का तापक्रम समान रहता है- 38°C, चाहे वह किसी भी विभिन्न तापक्रम वाले वातावरण में रहते हों।

3. **विषमतापीय / हैटेरोथर्म (Heterothermy)**— कुछ प्राणी कुछ समय तक शरीर के तापक्रम को अन्तःऊष्मीय (Endothermic) विधि के द्वारा नियन्त्रण करते हैं और दूसरे समय में उनके शरीर का तापक्रम वातावरण के तापक्रम के अनुसार भिन्न होता है। इन प्राणियों को विषमतापीय (Heterotherms) कहते हैं। मोनोट्रीम्स (Monotremes), कुछ मार्सुपियल्स (Marsupials), आर्मेडिलोस (Armadillos), स्लोथ (Sloth) आदि इस श्रेणी के कुछ उदाहरण हैं। ये प्राणी अपने शरीर के तापक्रम को, जब अधिक क्रियाशील होते हैं तब नियन्त्रित करते हैं, लेकिन कम नियन्त्रित करते हैं, जब ये आराम अवस्था में होते हैं। अन्तः ये सीमित तापक्रम को नियन्त्रण करते हैं।

3.2 ताप नियमन (Temperature Regulation)

शरीर में होने वाली विभिन्न रासायनिक क्रियाएँ ताप द्वारा प्रवाहित होती हैं। निम्न ताप पर चयापचय इतना कम होता है कि प्राणी की जैविक क्रियाएँ सुचारु रूप से नहीं हो पाती हैं। उच्च ताप (High temperature) पर चयापचय इतनी तीव्रता से होता है कि इसमें ऊर्जा को बंधित नहीं किया जा सकता है। वॉण्ट हॉफ (Van't Hoff) वैज्ञानिक ने दर्शाया कि ताप सहन करने की क्षमता में 10°C की वृद्धि से जैविक क्रियाओं की दर दुगुनी या तिगुनी हो जाती है तथा कुछ प्राणियों में तापक्रम की वृद्धि अनुकूलतम तापक्रम से अधिक हो जाती है तब जैविक क्रियाओं की दर में कमी आ जाती है। अन्तः ताप नियन्त्रण की आवश्यकता केवल गर्म रक्त वाले प्राणियों में उत्पन्न होती है।

तन्त्रिकीय केन्द्र मस्तिष्क के हाइपोथैलेमस (Hypothalamus) में स्थित होते हैं जोकि शरीर के ताप का नियन्त्रण करते हैं। हाइपोथैलेमस में दो मुख्य केन्द्र होते हैं—

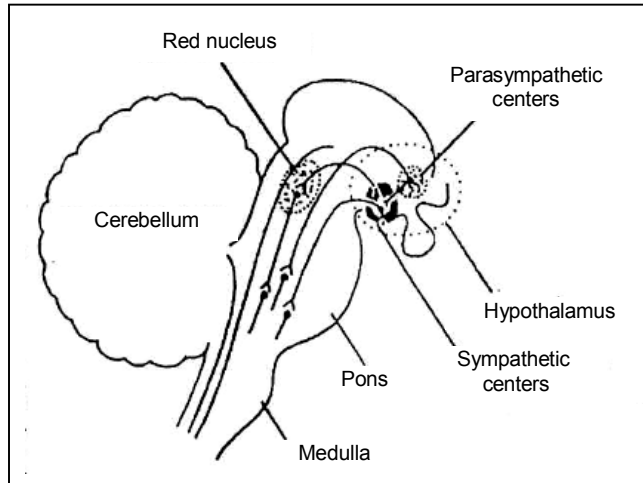
- (i) परानुकम्पी (Parasympathetic) केन्द्र एवं
- (ii) अनुकम्पी (Sympathetic) केन्द्र।

जब परानुकम्पी केन्द्र उत्प्रेरित होता है तब शरीर के ताप को कम कर देता है। जब अनुकम्पी केन्द्र उत्प्रेरित होता है तब शरीर के ताप में वृद्धि करता है।

3.2.1 शरीर के तापक्रम की वृद्धि की हायपोथैलेमिक विधि (Hypothalamic Mechanism for Increasing the Body Temperature)

जब शरीर का रक्त सामान्य से ठण्डा होता है, हायपोथैलेमिक क्षेत्र (Hypothalamic region) में जाता है, तब अनुकम्पी केन्द्र (Sympathetic centre) अत्यधिक उत्प्रेरित होते हैं। केन्द्र का उत्प्रेरण स्वतः ही अनेक विभिन्न विधियों को उत्प्रेरित कर देता है जिससे शरीर के ताप में वृद्धि होती है। इस क्रिया के हेतु निम्न विधियाँ होती है—

- (a) **वाहिका संकुचन (Vasoconstriction)**— अनुकम्पी केन्द्र के उत्प्रेरण के कारण प्रेरणाओं (Impulses) को वाहिका संकुचनीय तन्त्रिकाओं (Vasoconstrictor nerve) के द्वारा शरीर के विभिन्न भागों को भेजता है (अनुकम्पी तन्त्र की तन्त्रिकाओं का हाइपोथैलेमस से उद्गम होता है) जिसके कारण त्वचा की रक्त वाहिनियों का संकुचन होता है। इस कारण आन्तरिक अंगों से त्वचा को गर्म रक्त प्रवाह कम हो जाता है। इस कारण उन अंगों से जो शरीर की सतह को ऊष्मा/ताप का स्थानान्तरण कम होता जाता है। इसी समय पसीने का स्रावण भी कम हो जाता है। इसके अतिरिक्त ताप की कमी को त्वचा के नीचे उप-त्वचीय वसा (Subcutaneous fat) भी रोकता है।
- (b) **चयापचय में वृद्धि (Increased metabolism)**— अनुकम्पी केन्द्रों (Sympathetic centres) के उत्प्रेरण से एक रासायनिक पदार्थ— इपीनेफ्रिन (Epinephrine) शरीर के सम्पूर्ण ऊतकों से स्रावित होता है। यह रासायनिक पदार्थ शरीर की चयापचय क्रिया में वृद्धि करता है। इस कारण अधिक ऊष्मा/ताप उत्पादित होती है।



चित्र क्र. 3.1: Temperature Regulating Nervous Centres of the Brain

- (c) **कम्पन/कंपकंपी (Shivering)**— अनुकम्पी केन्द्रों की उत्प्रेरणा के कारण सतर्कता की स्थिति (Alertness) के अंशों में वृद्धि होती है, परिणामस्वरूप अधिक से अधिक उत्प्रेरणाएँ बल्बो रेटिकुलर (Bulbo-reticular) के निर्माण एवं पश्च मस्तिष्क में लाल केन्द्रकों (Red nucleus) को बनाने में संवाहित होती है। इसके परिणामस्वरूप पेशियों का संकुचन होता है। इस कारण अधिक ऊष्मा उत्पादित होती है। ये जब अत्यधिक बड़ी हो जाती है, लाल केन्द्रक शरीर में कंपकंपी (Shivering) को प्रारम्भ करता है। कंपकंपी ऊष्मा को अधिक उत्पादित करती है।
- (d) **अत्यधिक थायराइड हॉर्मोन का उत्पादन (Increased thyroid hormone production)**— अनेक सप्ताहों तक जब शरीर ठण्ड के सम्पर्क में रहता है अर्थात् जाड़ों में अनुकम्प उत्प्रेरण होता है। ऐसा विश्वास किया जाता है कि अनुकम्पी उत्प्रेरण के कारण पीयूष ग्रन्थि (Pituitary gland) के द्वारा अधिक थायरोट्रोपिक हॉर्मोन (Thyrotropic hormone) स्त्रावित किया जाता है। इस हॉर्मोन के स्त्रावण के कारण थायराइड ग्रन्थि उत्प्रेरित होती है और अधिक थायराइड हॉर्मोन को स्त्रावित करती है। एक सप्ताह तक थायराइड हॉर्मोन का स्त्रावण/उत्पादन ऊष्मा उत्पादन की दर में वृद्धि करता है।

3.2.2 शरीर के तापक्रम की कमी हाइपोथैलेमस विधि द्वारा (Hypothalamic Mechanism for Decreasing the Body Temperature)

जब मस्तिष्क में स्थित हाइपोथैलेमस का तापक्रम अत्यधिक बढ़ता है तब परानुकम्पी केन्द्र (Parasympathetic centres) उत्प्रेरित होता है। इसके परिणामस्वरूप अनुकम्पी केन्द्रों की सभी क्रियाएँ रूक जाती हैं/बंद हो जाती हैं। वाहिका संकुचन (Vasoconstriction) की अपेक्षा वाहिका प्रसार या वाहिका शिथिलन (Vasodilation) होता है, जिसके परिणामस्वरूप त्वचा में अधिक रक्त प्रदाय होता है। इसके कारण त्वचा गर्म हो जाती है जिसके कारण ऊष्मा तीव्रता से कम होती है। इसी प्रकार चयापचय दर में कमी हो जाती है। पेशीय स्फूर्ति (Muscular tone) कम हो जाती है और थायराइड ग्रन्थि का स्त्रावण कम हो जाता है। सभी विपरीत अनुकम्पी प्रभाव ऊष्मा/ताप की वृद्धि करते हैं और ऊष्मा उत्पादन को कम कर देते हैं जिससे शरीर का तापक्रम कम हो जाता है।

परानुकम्पी (Parasympathetic) उत्प्रेरणाओं के कारण पसीना निकलना (Sweating) एवं हॉफना (Panting) प्रारम्भ होता है, जिससे शरीर का तापक्रम कम हो जाता है—

- (a) **पसीना निकलना (Sweating)**— परानुकम्पी केन्द्र वाहिका प्रसारणीय तन्त्रिका (Vasodilator nerve) के द्वारा त्वचा को अत्यधिक रक्त प्रदाय के कारण पसीने (Sweat) का स्त्रावण प्रारम्भ करता है। यदि त्वचा के रक्त प्रवाह में वृद्धि होती है तब ऊष्मा (Heat) की अधिक हानि संवहन

(Conduction), विकिरण (Radiation), वाष्पीकरण (Vaporisation) के कारण होती है।

(b) **हाँफना (Panting)**— यह एक दूसरी विधि है जिसके द्वारा शरीर का तापक्रम नियन्त्रित होता है।

3.2.3 शरीर का सामान्य तापक्रम (Normal Body Temperature)

वातावरण में अधिक उतार-चढ़ाव (Fluctuation) के परिणामस्वरूप गर्म रक्त वाले प्राणी-मनुष्य आदि शरीर का उच्च एवं स्थिर तापक्रम को बनाए रखते हैं। मनुष्य में नितान्त (Deep) या आन्तरतम (Core) तापक्रम अर्थात् हृदय का, फेफड़े, मस्तिष्क या आन्तरांग (Viscera) कम सीमा के अन्तर्गत 37°C (98.6°F) रहता है।

3.3 प्राणियों में ताप नियमन (Thermal Regulation in Animals)

शरीर में रासायनिक क्रियाओं की दर तापक्रम से प्रभावित होती है। कम तापक्रम पर शरीर की अनेक जैविक क्रियाएँ धीमी हो जाती हैं, यहाँ तक कि प्राणी कार्य नहीं कर सकता है। अधिक तापक्रम पर चयापचय (Metabolism) क्रिया इतनी तीव्र होती है कि ऊर्जा/ऊष्मा की मात्रा प्रदाय करना सम्भव नहीं होता है। अन्तः प्राणियों में अधिक तापक्रम का पाया जाना एक समस्या बनी रहती है—

(a) **असमतापी प्राणियों में तापक्रम नियन्त्रण (Temperature Regulation in Poikilotherm)**— समतापी प्राणियों में गर्मी या सर्दी (Heat and Cold) की पराकाष्ठाओं से निदान पाने के लिए कोई भी विधि नहीं पायी जाती है। ये प्राणी ताप की पराकाष्ठा से बचने के लिए उन स्थानों को गति करते हैं जहाँ तापक्रम अनुकूलतम (Congenial) होता है/या इस प्रकार की अलैंगिक कायों (Asexual bodies) को बनाते हैं जोकि तापक्रम की प्रतिकूल अवस्थाओं में सुप्त (Dormant) अवस्था में रहती है।

कुछ असमतापी प्राणियों में ताप नियमन की कुछ विधियाँ पायी जाती हैं।

उदाहरण— अनेक समुद्री छिपकलियों (Marine lizards) में शरीर के तापक्रम में परिवर्तनों के लिए मध्यस्थ (Mediate) रहते हैं। तीव्रता से अपने शरीर की ऊष्मा या ताप को रोकने के लिए त्वचा की सतह पर रक्त को ले जाने वाली रक्त वाहिनियों को संकुचित कर जल के वाष्पीकरण एवं शीतलन प्रभाव को कम करती है और हृदय स्पन्दन की गति/दर को कम करने के द्वारा करती है। पायथन (Python) शरीर के तापक्रम की वृद्धि के लिए चयापचय की दर में वृद्धि करता है।

उदाहरण— अकशेरुक प्राणी, मछलियाँ, ऐम्फिबियन्स एवं रेप्टाइल्स।

- (b) **समतापी प्राणियों में ताप नियन्त्रण (Temperature Regulation in Homeotherms)**— समतापी प्राणी शरीर के तापक्रम को स्थिर बनाए रखते हैं और कम-से-कम निम्न तापक्रम -40°C तक भी तथा $+40^{\circ}\text{C}$ तक के उच्च ताप पर सक्रिय रह सकते हैं। आर्कटिक लोमडियाँ (Arctic foxes) उत्तरी ध्रुव या आर्कटिक क्षेत्र के तापक्रम या अत्यधिक ठण्ड में भी सक्रिय रहती हैं। एण्टिलोप (Antelope) एवं कुछ थलीय गिलहरियाँ (Ground Squirrels) मरुस्थलों में 40°C या इससे अधिक तापक्रम पर भी जीवित रहने में समर्थ होती हैं।

उदाहरण— पक्षी एवं स्तनधारी प्राणी।

प्राणी शरीर की ऊष्मा/ताप स्थिर बनाए रखने के लिए निम्नलिखित विधियाँ पायी जाती हैं।

3.3.1 ऊष्मा/ताप का उत्पादन (Heat Production)

प्राणी के शरीर में चार प्रमुख कारक ऊष्मा का उत्पादन करने में सहायक होते हैं। ताप के उत्पादन करने की विधि को तापजनन (Thermogenesis) कहते हैं—

- (a) **एक्सर्गोनिक क्रियाएँ (Exergonic reactions)**— ऑक्सीकृत (Oxidative) क्रियाएँ विशेष प्रकार की विभिन्न चयापचयी विधियों के द्वारा ताप ऊर्जा (Heat energy) को मुक्त करती रहती हैं तथा इस प्रकार की ऊष्मा किसी भी प्राणी के सम्पूर्ण जीवन काल में शरीर के ताप पूल को बनाए रखती हैं। समतापी प्राणी विभिन्न दशाओं—ठण्ड (Cold) या निम्न ताप (Low temperature) की स्थिति में अधिक ताप का उत्पादन करके शरीर के ताप को स्थिर बनाए रखते हैं। शरीर में ऊष्मा चयापचय क्रियाओं के द्वारा उत्पादित होती है। सील (Seal) एवं वालरस (Walrus) स्तनी प्राणी शरीर के द्वारा इतनी अधिक ऊष्मा उत्पादित करते हैं कि ध्रुवीय ठण्ड या कम तापक्रम में भी अपने को बनाए रखते हैं या जीवन व्यतीत करते हैं।

शरीर में चयापचय क्रियाओं के द्वारा ऊष्मा का उत्पादन होता है। अधिक ऊष्मा का उत्पादन अधिक पेशीय सक्रियता के कारण होता है। अनैच्छिक पेशियों के संकुचन के कारण तापक्रम कम होता है, इसको कंपकंपी (Shivering) कहते हैं। पेशियों के छोटे-छोटे समूह अतुल्यकालिक (Asynchronously) रूप में संकुचन करते हैं, शरीर के भाग कोई गति नहीं करते हैं। इन पेशीय प्रभावों (Responses) को कंपकंपी तापजनन (Shivering thermogenesis) कहते हैं।

- (b) **भोज्य पदार्थों का अन्तर्ग्रहण (Ingestion of Food stuffs)**— प्राणियों में भोज्य पदार्थों का अन्तर्ग्रहण आधार ऊष्मा (Basal heat) का अधिक उत्पादन होता है, जो कि भोज्य पदार्थों के प्रकार एवं मात्रा पर निर्भर करती है, जो कि प्राणियों के द्वारा ग्रहण किये जाते हैं। इस प्रभाव को भोजन की विशेष गतिशील (Dynamic) क्रिया कहते हैं।

गर्म भोज्य पदार्थों या तरल पदार्थों को अन्तर्ग्रहण करने पर बहुत कम मात्रा या शून्य मात्रा में ताप का उत्पादन होता है।

टिप्पणी

- (c) **पेशीय संकुचन (Muscular contraction)**— प्राणियों के शरीर में ऊष्मा (Heat) का प्रमुख स्रोत पेशीय कार्य होता है। अत्यधिक तीव्र शारीरिक कार्यों या कसरत के समय जो ऊष्मा उत्पादित होती है वह शरीर के अन्दर इस प्रकार संग्रहीत रहती है कि मलाशय (Rectal) का तापक्रम 40°C के ऊपर वृद्धि कर जाता है। ठण्डे वातावरण में शरीर की कंकालीय पेशियों (Skeletal muscles) का क्रमिक अनैच्छिक संकुचन एक कार्यिकी विधि होती है जो ऊष्मा उत्पादन करता है, कंपकंपी कहलाती है।
- (d) यकृत के द्वारा अत्यधिक मात्रा में ताप का उत्पादन किया जाता है। यकृत और हृदय के द्वारा जो ताप उत्पादित की जाती है वह स्थिर होती है।
- (e) कुछ आन्तरिक स्रावण (Internal secretion) की तथा एन्जाइम्स एवं हार्मोन्स का स्रावण जैसे कि थायरोक्सिन (Thyroxine) एवं एपिनेफ्रिन (Epinephrine) भी ताप के उत्पादन में सहायता करते हैं।
- (f) पाचन क्रिया एवं क्रमाकुंचन क्रिया (Peristaltic action) मुख्य रूप से आँतों में तथा विभिन्न पाचक ग्रन्थियों की अभिक्रिया के द्वारा भी ताप का उत्पादन होता है।

आधारिय चयापचयिक दर (BMR) एवं चयापचयिक अभिक्रिया की वृद्धि के कारण जो ताप के उत्पादन में वृद्धि होती है, उसको रासायनिक तापजनन (Chemical thermogenesis) कहते हैं, जब कि पेशीय सक्रियता की वृद्धि के कारण जो ताप के उत्पादन में वृद्धि होती है उसको भौतिक तापजनन (Physical thermogenesis) कहते हैं।

3.3.2 ऊष्मा की हानि (Heat Loss)

ऊष्मा की हानि की विधि को तापलयन/तापक्षय (Thermolysis) कहते हैं। शरीर के मुख्य अंग जिनके द्वारा ताप की हानि होती है, वह हैं—

- (i) त्वचा (Skin)
- (ii) फेफड़ें (Lungs) एवं
- (iii) उत्सर्जन के द्वारा।

प्राणियों के शरीर से ऊष्मा की हानि विकिरण (Radiation), संवहन (Conduction), चालन (Conduction) एवं वाष्पीकरण (Vaporization) के द्वारा होती है। जलीय (Aquatic) वातावरण में चालन (Conduction) के द्वारा ही ऊष्मा की हानि होती है। थलीय वातावरण में विकिरण एवं संवहन के द्वारा ऊष्मा की हानि होती है। शरीर के परिवर्तन जोकि शरीर एवं बाहरी वातावरण के बीच ताप के विनिमय का नियमन करते हैं उसको भौतिक ताप नियमन (Physical heat regulation) कहते हैं।

प्राणियों की त्वचा (Skin) से रक्त के संवहन के समय ऊष्मा की अतिरिक्त मात्रा की हानि को त्वचा में से रक्त के संवहन पर नियन्त्रण रखकर किया जाता है। धमनिकाएँ (Arterioles) खुलती एवं बंद होकर धमनियों में रक्त संवहन को नियन्त्रित करती हैं। धमनिकाओं के व्यास में परिवर्तन वाहिका गति (Vasomotion) कहलाती है। ठण्डे मौसम में धमनिकाएँ संकुचित होती हैं— वाहिका संकुचन

(Vasoconstriction) तथा ग्रीष्म मौसम में धमनिकाओं का व्यास बढ़ता है जो वाहिका प्रसारण (Vasodilation) कहलाता है। वाहिका गति धमनिकाओं की पेशियों की वर्तुल पट्टिकाओं (Circular bands) के द्वारा होती है, ये तन्त्रिकाओं के नियन्त्रण में रहती हैं।

ऊष्मा के संग्रहण करने की दूसरी विधि प्रतिधारा ऊष्मा विनिमय (Counter current heat exchanger) कहलाती है। जब ऊष्मा संग्रहण आवश्यक होता है उस समय परिधीय संवहन (Peripheral circulation) सीमित होता है। इस समय रक्त परिधीय शिराओं (Veins) से लम्बी शिराओं में प्रवेश करता है और आसपास की धमनिकाओं (Arterioles) से विकिरण (Radiation) एवं चालन (Conduction) द्वारा ताप को लेकर गर्म हो जाता है। अन्तः शरीर के सिरों का ठण्डा रक्त हृदय में वापस पहुँचने के पूर्व शरीर के ताप के अनुसार हो जाता है—

- (a) **अन्तःस्त्रावी कारक (Endocrine factors)**— अन्तःस्त्रावी ग्रन्थियों से स्त्रावित हॉर्मोन्स भी प्राणियों के शरीर में ऊष्मा उत्पादन का मुख्य कार्य करते हैं। हॉर्मोन्स, जैसे— एपीनेफ्रिन (Epinephrine) एवं नार-एपीनेफ्रिन (Nor-epinephrine) क्षणिक स्थायी (Evanascent) ऊष्मा उत्पादन में वृद्धि करते हैं जबकि थायरॉक्सिन (Thyroxin) शरीर की ऊष्मा में वृद्धि करते हैं जोकि धीरे-धीरे कई दिनों या सप्ताह में होती है। अन्तः हायपरथायराइडिज्म (Hyperthyroidism) में शरीर का तापक्रम धीरे-धीरे सामान्य श्रेणी में 0.5°C वृद्धि करता है।
- (b) **ऊष्मा-रोधन (Insulation)**— समतापी प्राणियों में ऊष्मा हानि को रोकने के लिए रोम या पंख (Feathers) शरीर पर पाये जाते हैं। रोम या पंख ठण्डे मौसम में सीधे खड़े होकर शरीर के चारों ओर वायु का एक स्तम्भ बनाते हैं और त्वचा से ठण्डी वायु को दूर रखते हैं। रोमों एवं पंखों के सीधे खड़े होने को पाइलोइरेक्शन (Piloerection) कहते हैं।
- (c) **भूरी वसा/ब्राउन वसा (Brown fat)**— प्राणियों में भूरी वसा अत्यधिक विकसित एवं अनेक नये जन्मे शिशुओं में अधिक क्रियाशील होती है। भूरी वसा को सर्वप्रथम शीतनिष्क्रिय मारमोट्स (Marmots)— 'मोरिस एल्पिनस' (Mauris alpinus) में वर्णन किया गया था। इसको शीतनिष्क्रिय ग्रन्थि (Hibernating gland) कहते थे और ऐसा समझा जाता था कि ये शीत निष्क्रियता में अधिक कार्य करती हैं। इसमें मायोग्लोबिन (Myoglobin), सायटोक्रोम (Cytochrome) एवं फ्लेविन यौगिकों (Flavin compounds) की अधिकता पायी जाती है। भूरी वसा में जो ऊष्मा उत्पादित होती है, मस्तिष्क को एवं शीर्ष भाग को रक्त के द्वारा संवाहित होती है। ये स्तनी प्राणियों के शरीर में मिलने वाला एक विशेष प्रकार का ऊष्मोत्पादक ऊतक (Thermogenic tissue) होता है।

टिप्पणी

टिप्पणी

3.4 शरीर एवं वातावरण के मध्य ऊष्मा विनिमय (Heat Exchange between the Body and Environment)

यदि शरीर का तापक्रम स्थिर रहता है, तब शरीर के द्वारा ऊष्मा प्राप्त करना ऊष्मा क्षय (Heat loss) के बराबर होता है। ऊष्मा लाभ, क्षय से अधिक होता है, अधिक ऊष्मा शरीर में संग्रहीत रहती है जोकि शरीर के तापक्रम में वृद्धि करती है (Hyperthermic) सन्तुलन को निम्न समीकरण (Equation) के द्वारा दर्शाते हैं—

$$M \pm ER \pm EC \pm EG - EE \pm S = 0$$

जबकि

- M = चयापचयी ऊष्मा उत्पादन
- ER = विकिरण
- EC = चालन (Conduction)
- EG = संवहन
- EE = वाष्पन (Evaporation)
- S = ऊष्मा (Heat) संग्रहण
- (+) = लाभ
- (-) = हानि

3.4.1 विकिरण (Radiation)

सभी वस्तुएँ जिनमें पूर्ण शून्य (Absolute zero) से तापक्रम अधिक होता है (-273 K) विकिरण द्वारा ऊष्मा क्षय करती है। विकिरण विद्युत-चुम्बकीय तरंगों के रूप में उत्पन्न होता है और इसको कोई माध्यम संवहन के लिए आवश्यक नहीं होता है। अन्तः विकिरण गर्म से ठण्डी वस्तुओं की ओर गमन करता है। क्योंकि मनुष्य के शरीर की सतह गर्म होती है, यह भी विकिरण गर्म ऊष्मा को निकालती है। इस प्रकार शरीर से कुछ ऊष्मा क्षय विकिरण द्वारा वातावरण की ठण्डी वस्तुओं में होता है।

3.4.2 उत्सर्जकता (Emissivity)

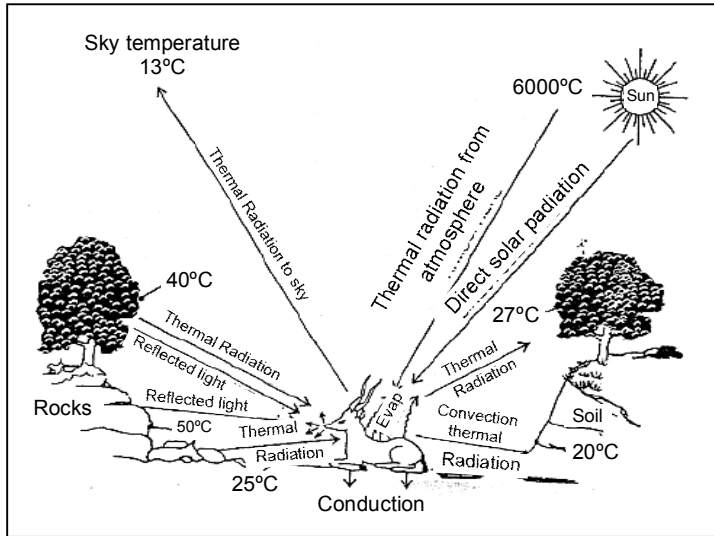
किसी भी वस्तु की सतह का तापक्रम एवं वस्तु की सतह का प्रकार या गुण विकिरण के द्वारा ऊष्मा अभिवाह (Energy flux) को ज्ञात करने के लिए प्रमुख होते हैं। किसी भी सतह की उत्सर्जकता उसके विकिरण को कहते हैं। एक सतह जो पूर्ण ऊष्मा को शोषित करती है लेकिन कोई भी विकिरण ऊष्मा को परावर्तित नहीं करती है, की अधिक से अधिक उत्सर्जकता 0.1 होती है। जब सतह सम्पूर्ण ऊष्मा का विकिरण करती है तब उस सतह की उत्सर्जकता 0 (शून्य) होती है।

3.4.3 चालन (Conduction)

जब ऊष्मा दो वस्तुओं के बीच जिनकी सतह एक-दूसरे के सम्पर्क में होती है बहती है, चालन कहलाता है। ऊष्मा गर्म से ठण्डी वस्तुओं की ओर संवाहित होती है। इसमें ऊर्जा अणुओं की सतह से बिना अणुओं के स्थानान्तरण के स्थानान्तरित होती है। किसी 'गर्म' या 'ठण्डी' वस्तु को छूने की संवेदना ऊष्मा संवहन, चालन द्वारा दिशा को दर्शाती है। चालन त्वचा के तापक्रम को बनाए रखने में सहायता करता है। नंगे पैर किसी ठण्डी सतह पर खड़े होने पर तलुवों (Soles) के द्वारा कम ऊष्मा क्षय होती है। इसके विपरीत बर्फ समान ठण्डी झील में तैरना या नहाना शरीर से अधिक ऊष्मा क्षय चालन के द्वारा ही नहीं बल्कि संवहन धाराओं के द्वारा भी होती है जो शरीर के सम्पर्क में होती है।

3.4.4 संवहन (Convection)

संवहन के द्वारा ऊष्मा का स्थानान्तरण वस्तुओं के घेरने वाले माध्यम के कारण होता है। संवहनीय ऊष्मा विनिमय, चालन की अपेक्षा अणुओं के साथ-साथ ऊर्जा के विनिमय के द्वारा होता है। यदि त्वचा का तापक्रम वातावरण की अपेक्षा गर्म होता है तब ऊष्मा शरीर से बाहरी वातावरण में स्थानान्तरित होती है। गर्म वायु शरीर के पास उठती है और अधिक घनी, ठण्डी वायु नीचे से बदलती है। इस प्रकार इस विधि का कुल प्रभाव शरीर से निरन्तर ठण्डी वायु का प्रवाह जहाँ वायु गर्म होती है को होता है। इस प्रकार निरन्तर शरीर से कुछ ऊष्मा क्षय होती है।



चित्र क्र. 3.2: Showing Thermal Radiation

टिप्पणी

3.4.5 जल का वाष्पन (Vaporization of Water)

किसी सतह से जब पानी का वाष्पन होता है सतह ठण्डी हो जाती है, क्योंकि ऊर्जा का उपयोग द्रव का स्थानान्तरण वाष्प या गैस अवस्था में होता है। प्रत्येक ग्राम पानी के वाष्पन से लगभग 0.5 watt ऊष्मा का क्षय होता है। वाष्पन के अधिक मार्ग त्वचा सतह एवं श्वसन पथ होते हैं। ताप नियमन के लिए मनुष्य में वाष्पन का रूप पसीना (Sweating) होता है। आरामावस्था में मनुष्य 30g जल की हानि त्वचा एवं श्वसन सतह के द्वारा प्रति घण्टे वाष्पन से करता है। पसीने के उत्सर्जन से ऊष्मा की हानि में वृद्धि होती है।

3.5 ताप-नियमन नियन्त्रण की विधि (Regulatory Mechanism of Thermo-regulation)

शरीर का ताप नियमन दो विधियों से होता है—

- तन्त्रिकीय (Nervous)
- हॉर्मोनल (Hormonal)।

3.5.1 तन्त्रिकीय नियन्त्रण (Nervous)

प्राणियों के शरीर में मस्तिष्क में पाया जाने वाला हायपोथैलेमस (Hypothalamus) ताप का नियन्त्रण करता है। हायपोथैलेमस में दो तन्त्रिकीय केन्द्र होते हैं जोकि प्राणियों के शरीर के ताप का नियन्त्रण करते हैं—

- अनुकम्पी (Sympathetic) केन्द्र तथा
- परानुकम्पी केन्द्र (Parasympathetic centre)

जब परानुकम्पी केन्द्र उत्प्रेरित होता है तब शरीर का ताप कम हो जाता है। जब अनुकम्पी केन्द्र उत्प्रेरित होता है तब प्राणियों के शरीर में ताप की वृद्धि होती है। शरीर की त्वचा में तापग्राही (Thermo-receptors) पाये जाते हैं। वातावरण के ताप में होने वाले परिवर्तन से त्वचा उत्प्रेरित/उत्तेजित होकर आवेगों (Impulses) को मस्तिष्क की ओर संवाहित करती है। हायपोथैलेमस के दोनों केन्द्र ऊष्मा एवं ठण्ड से संरक्षण का कार्य करते हैं।

तन्त्रिका तन्त्र दोनों ताप उत्पादन (Heat production) एवं ताप हानि (Heat loss) को नियन्त्रित करता है—

- प्रमस्तिष्क की भूमिका (Role of cerebrum)**— प्रमस्तिष्क (Cerebrum) को शरीर से बाहर निकाल दिये जाने पर बहुत कम परिवर्तन होता है। नियमन क्षमता अधिक सीमित होती है। प्राणी बाहरी गर्मी और ठण्ड के प्रति सामान्य रूप से व्यवहार करता है, लेकिन शरीर का तापक्रम कम हो जाता है यदि ठण्डे कमरे में अधिक समय तक रखा जाये।
- हायपोथैलेमस की भूमिका (Role of hypothalamus)**— ताप को नियमन करने वाला केन्द्र हायपोथैलेमस में पाया जाता है। हायपोथैलेमस

टिप्पणी

के अग्र या शीर्ष (Cephalic) भाग उत्प्रेरित होने के कारण वाहिका प्रसारण (Vasodilation), पसीना आदि होता है जो ताप की हानि में सहायता करते हैं। हायपोथैलेमस के अग्र भाग के रोगी होने के कारण इन क्रियाओं को समाप्त कर देता है और उच्च तापक्रम को सहन करने की क्षमता कम हो जाती है। ताप को कम करने के लिए हायपोथैलेमस का पश्च भाग नियन्त्रित करता है। हायपोथैलेमस के पश्च भाग के रोगी होने पर शरीर का तापक्रम अनियमित हो जाता है। यह दर्शाता है कि हायपोथैलेमस का अग्र भाग प्रतिवृद्धि केन्द्र (Antirise centre) का कार्य करता है जोकि ताप की हानि को नियन्त्रित करता है और अधिक गर्म अवस्था को रोकता है। हायपोथैलेमस का पश्च भाग ताप का उत्पादन करता है, ठण्डक से शरीर को रोकता है। शरीर कम्पन्न (Shivering) का केन्द्र भी पश्च भाग में स्थित होता है। हायपोथैलेमस अपना प्रभाव स्वायत्त तन्त्रिका तन्त्र (Autonomic Nervous System) को नियन्त्रित करने तथा नलिकाविहीन ग्रन्थियों (Ductless glands) को नियन्त्रित करने में डालता है।

- (c) **स्वायत्त तन्त्रिका तन्त्र की भूमिका (Role of autonomic nervous system)**— परानुकम्पी तन्त्र (Parasympathetic System) के द्वारा कुछ ही तापीय प्रेरणाओं की मध्यस्थता करता है। जैसे कि लार का स्रावण, ग्रसनी की ग्रन्थियों का स्रावण आदि। अधिकांश तापीय प्रेरणाओं को अनुकम्पी तन्त्र (Sympathetic System) के द्वारा संचालित किया जाता है, जैसे कि— बालों का खड़ा होना, परिधीय वाहिकाओं का संकुचन, त्वचीय वाहिका संकुचन (Cutaneous vasodilation) आदि। यह तथ्य स्थापित किया गया है कि एड्रीनल मेडूला (Adrenal medulla) अनुकम्पी तन्त्र का अन्तरंग भाग होता है।
- (d) **ताप नियमन में सुषुम्ना की भूमिका (Role of Spinal cord in heat regulation)**— सुषुम्ना (Spinal cord) ताप नियमन केन्द्र जोकि हायपोथैलेमस में स्थित होता है और परिधीय तापीय ग्राहता (Peripheral thermo receptors), एवं पेशियों (Muscles) के बीच एक संयोजी पथ होता है। सुषुम्ना का ग्रीवा भाग अनुकम्पी बहिर्वाह को संचारित करता है जो कि परिधीय संवहन का नियमन करता है। इस प्रकार ताप का नियमन किया जाता है। सुषुम्ना थैलेमिक पथ (Spinothalamic tract) कंपकंपी (Shivering) एवं पसीना आने की क्रिया को नियन्त्रित करता है।
- (e) **केन्द्रीय एवं परिधीय कारक में परस्पर क्रिया (Interaction of central and peripheral factor)**— सामान्य उत्प्रेरणा (Stimulus) जो तन्त्रिकीय प्रभाव की गतिशीलता को दो प्रकार से प्राप्त होती है—
- (i) बाहरी तापक्रम में विभिन्नता त्वचा की तापीय ग्राहता को प्रभावित करता है और प्रतिवर्ती (Reflexly) रूप से ताप नियमन केन्द्र (हायपोथैलेमस) का नियमन करता है। हायपोथैलेमस में ताप संवेदी कोशिकाएँ पायी जाती है जोकि उच्च तापक्रम से प्रभावित होता है।

- (ii) रक्त का तापक्रम ताप नियमन केन्द्र को प्रत्यक्ष रूप से घेरे रहता है, उसकी क्रियाओं का समायोजन करता है। जैसे कि कैरोटिड धमनी का गर्म रक्त उन परिवर्तनों को करता है जोकि ताप हानि की वृद्धि करता है, जैसे कि पसीना आना, त्वचीय वाहिका प्रसारण (Vasodilation), श्वसन की वृद्धि आदि, कैरोटिड धमनी का ठण्डा रक्त विपरीत क्रिया परिवर्तन करता है। त्वचीय तापीय ग्राहता (Thermal receptors) शीघ्र ही बाहरी वातावरणीय तापक्रम परिवर्तन के अनुसार तापीय परिवर्तन को नियन्त्रित करते हैं।

3.5.2 हॉर्मोनल नियन्त्रण (Hormonal Control)

शरीर में पायी जाने वाली अन्तःस्त्रावी ग्रन्थि—एड्रीनल ग्रन्थि भी ताप के नियन्त्रण में सहायक होती है। एड्रीनल ग्रन्थि (Adrenal gland) का मेडुलरी (Medullary) भाग इपिनेफ्रिन (Epinephrine) हॉर्मोन स्त्रावित करती है। इपिनेफ्रिन रक्त के माध्यम से शरीर के प्रत्येक भाग में पहुँचकर ऊष्मा (Heat) के उत्पादन की विभिन्न क्रियाओं को तीव्र करता है। इसी के साथ इपिनेफ्रिन हॉर्मोन पाइलोइरेक्शन (Piloerection) या बालों को सीधा खड़ा करने एवं वाहिका संकुचन (Vaso constriction) करने वाली पेशियों पर क्रिया कर ऊष्मा बनाए रखता है—

1. **एड्रीनल कार्टेक्स (Adrenal cortex)**— का कार्टिकाइड स्त्रावण (Corticoid secretion) वातावरण के तापक्रम में वृद्धि या कमी के द्वारा उत्प्रेरित होता है। शरीर के कम तापक्रम के कारण एडीसन रोग (Addison disease) हो जाता है।
2. **थायरॉइड (Thyroid)**— इस ग्रन्थि के द्वारा स्त्रावित थायरॉक्सिन (Thyroxine) हार्मोन आधारीय चयापचयिक दर (BMR) को उत्प्रेरित करता है। ठण्ड (Cold) में थायरॉइड स्त्रावण को तथा ताप स्त्रावण को कम उत्प्रेरित करता है। शरीर के कम तापक्रम को थायरॉइड हार्मोन के अत्यधिक स्त्रावण के द्वारा नियन्त्रित/नियमन किया जाता है। क्रिटिनिज्म (Crittinism) एवं मिक्सीडेमा (Myxaedema) रोग में शरीर का तापक्रम अनियमित होता है।
3. **अग्र पीयूष ग्रन्थि (Anterior pituitary gland)**— इस भाग से स्त्रावित थायरोट्रोपिक हार्मोन (Thyrotropic hormone) थायरॉक्सिन को स्त्रावित करता है और शरीर के तापक्रम का नियमन किया जाता है। ठण्ड एवं गर्मी के कारण या शरीर के कम या अधिक तापक्रम पर एड्रिनोकॉर्टिकोट्रोपिक हार्मोन (Adrenocorticotrophic hormone) स्त्रावित होता है।

3.5.3 नवजात शिशु में तापक्रम का नियमन (Temperature Regulation in Newly Born Infant)

नवजात शिशु के शरीर का तापक्रम अस्थिर होता है। यह ताप की क्षति/हानि को स्वेद ग्रन्थियों (Sweat glands) एवं त्वचीय संवहन (Cutaneous circulation) के नियन्त्रण के द्वारा नियमन होता है। शिशु में कम कंपकंपी (Shivering) होती है। लेकिन 2-3 गुना चयापचयिक दर में वृद्धि करता है। यह दो प्रकार से होता है—

- (i) ब्राउन वसा का उपयोग कर,
- (ii) ऑक्सीजन की खपत में वृद्धि कर।

सभी नवजात शिशु में भूरी वसा पायी जाती है, जिससे अत्यधिक रक्त एवं अनुकम्पी तन्त्र विकसित होता है। ठण्ड के समय भूरी वसा रक्त संवहन में वृद्धि होती है। इसी के साथ भूरी वसा के जारण (Combustion) को प्रारम्भ कर ताप को बनाए रखा जाता है।

टिप्पणी

3.6 एन्जाइम्स की परिभाषा, नाम पद्धति एवं वर्गीकरण (Definition, Nomenclature and Classification of Enzymes)

एन्जाइम्स (Enzymes) प्रोटीन के बने अधिक अणुभार वाले जटिल कार्बनिक (Complex organic) पदार्थ हैं। ये जीव-शरीर में होने वाली जैव-रसायनिक प्रक्रियाओं में उत्प्रेरक (Catalyst) की भाँति कार्य करते हैं, क्योंकि यह एन्जाइम्स प्राणियों के शरीर की कोशिकाओं में विभिन्न जैव-रसायनिक क्रियाओं (Biochemical reactions) या चयापचय क्रियाओं को सामान्य तापक्रम पर पूर्ण करने की क्षमता रखते हैं। सभी एन्जाइम प्रोटीन उत्प्रेरक (Catalysts) होते हैं। यदि इन्जाइम प्रोटीन उत्प्रेरक के रूप में नहीं होते तो अधिकतर जैव-रसायनिक अभिक्रियाएँ (Biochemical reactions) अधिक धीमी गति से होती। नॉन-प्रोटीन उत्प्रेरक (Non-protein catalyst) $-H^+$, OH^- धातु आयन के विपरीत प्रत्येक एन्जाइम अधिकतर एक अभिक्रिया को ही उत्प्रेरित करते हैं। इस प्रकार एन्जाइम अभिक्रिया विशिष्ट उत्प्रेरक (Reaction specific catalysts) के रूप में जाने जाते हैं। प्रतिक्रियाओं में भाग लेते समय इनमें स्वयं में कोई परिवर्तन नहीं होता, लेकिन जैव-रसायनिक क्रियाओं को उत्तेजित करते हैं और क्रियाओं के समाप्त होने पर, क्रियाओं के अन्तिम उत्पाद को प्रभावित किए बिना स्वयं को उसी प्रकार से बनाए रखते हैं। यह जीवित कोशिकाओं के द्वारा ही उत्पन्न किए जाते हैं। इनको 'एन्जाइम' नाम कुहने (Kuhne, 1878) ने दिया। इनका संश्लेषण स्वयं कोशिकाओं के प्रोटोप्लाज्म में होता है। एन्जाइम शब्द की उत्पत्ति ग्रीक भाषा के 'एन्जाइम' (Enzyme, Gr.en = in + zyme = Yeast) से हुई जिसका अर्थ होता है— 'In yeast'

3.6.1 एन्जाइम की परिभाषा (Definition of Enzyme)

एन्जाइम को निम्नलिखित प्रकार से परिभाषित किया जाता है—

टिप्पणी

- (i) जीवित कोशिकाओं द्वारा जो उत्प्रेरक पदार्थ सञ्चावित किए जाते हैं इनको एन्जाइम कहते हैं।
- (ii) पावलोव (Pavlov), रूसी वैज्ञानिक ने एन्जाइम को जीवन की कुँजी एवं उत्प्रेरक कहा।

वर्तमान में एन्जाइम को निम्नलिखित प्रकार से परिभाषित करते हैं—

“एन्जाइम्स सजीव कोशिकाओं के द्वारा उत्पन्न उत्प्रेरक होते हैं जोकि अपने आपमें कोई परिवर्तन लाए बिना विभिन्न प्रकार के कोशिकीय जैव-रसायनिक क्रियाओं को उत्तेजित करते हैं और अपनी सक्रियता हेतु कोशिका पर निर्भर नहीं करते हैं।”

या

एन्जाइम एक प्रोटीन है, जो कि रासायनिक क्रिया की गति परिवर्तित करता है, किन्तु अन्त-उत्पाद (End-product) की प्रकृति पर प्रभाव नहीं होता है अर्थात् यह एक उत्प्रेरक के रूप में कार्य करता है।

अथवा

एन्जाइम एक प्रोटीन उत्प्रेरक होता है, जो कि कोशिका में रासायनिक क्रिया के संचालन के लिए उत्तरदायी होते हैं। यह रासायनिक क्रियाओं की गति में वृद्धि करते हैं तथा रासायनिक क्रिया के समय भौतिक रूप से परिवर्तित हो जाते हैं, क्रिया की समाप्ति पर अपनी भौतिक अवस्था में आ जाते हैं।

3.6.2 एन्जाइम्स की विशेषताएँ (Characteristics of Enzymes)

1. अधिकांश एन्जाइम्स जहर या नमक के घोलों में घुलनशील होते हैं।
2. ये जटिल प्रकार के गोलाकार प्रोटीन्स हैं।
3. ये प्रायः रंगीन, कुछ लाल, पीले, नीले, हरे व भूरे होते हैं। कुछ एन्जाइम्स ठोस व रवेदार रूप में पाए जाते हैं।
4. ये एल्केलॉयड प्रतिकारकों (Alkaloid reagents) के साथ अवशेष बनाते हैं। जैसे— अमोनियम सल्फेट, मैग्नीशियम सल्फेट के द्वारा अवशोषित हो जाते हैं।
5. एन्जाइम्स की सूक्ष्म मात्रा प्रतिकारकों में मिलकर उन्हें सक्रिय बनाती है अर्थात् प्रतिक्रिया के लिए प्रेरित करती है। ऐसे पदार्थों को एन्जाइम का सबस्ट्रेट (Substrate) कहते हैं।
6. प्रत्येक एन्जाइम प्रतिक्रिया में एक विशेष माध्यम से पूरी तरह सक्रिय होते हैं। अन्तः कुछ एन्जाइम्स अम्लीय तथा कुछ क्षारीय माध्यम में क्रियाशील होते हैं। प्रत्येक एन्जाइम का एक अनुकूलतम pH होता है।

टिप्पणी

7. एन्जाइम्स प्रायः 25-40°C के मध्य पूर्ण रूप से सक्रिय होते हैं। इससे कम या अधिक ताप पर इनकी सक्रियता घट जाती है। 0°C पर ये निष्क्रिय होकर परिरक्षित हो जाते हैं। इनका गलनांक (Melting point) निश्चित नहीं होता है।
8. एक प्रकार का एन्जाइम किसी एक प्रकार की प्रक्रिया का उत्प्रेरक होता है, जैसे— यूरिएज (Urease), जिसका कार्य क्षेत्र सीमित होता है। कुछ एन्जाइम परऑक्सीडेज (Peroxidase) होते हैं जो कई समान सबस्ट्रेटों को सक्रिय बनाते हैं। कुछ लाइपेज (Lipase) जैसे एन्जाइम्स विविध पदार्थों का उत्प्रेरण करते हैं जिसमें एक समान बाण्ड (Bond) होता है।
9. एन्जाइम्स प्रतिक्रिया में न तो स्वयं परिवर्तित होते हैं और न ही प्रतिक्रिया के अंतिम फल (End product) को बदलते हैं।
10. इसमें उत्प्रेरण की क्षमता बहुत अधिक होती है, जैसे— पशुओं की यकृत कोशिका में पाया जाने वाला कैटालेज (Catalase) नामक एन्जाइम का एक अणु 0°C पर एक मिनट में H₂O₂ के 50 लाख अणुओं को विघटित कर सकता है। इस कारण इनको जैव उत्प्रेरक (Biocatalysts) कहते हैं।
11. एन्जाइम्स द्वारा नियन्त्रित प्रतिक्रियाएँ प्रतिवर्ती (Reversible) होती हैं। यह प्रतिक्रिया की केवल दर बढ़ाता है, परन्तु उसकी प्रवृत्ति (Nature) में कोई परिवर्तन नहीं करता है, इसीलिए कोशिकाओं में उपचयी तथा अपचयी क्रियाएँ साथ-साथ चलती हैं।
12. किसी अभिक्रिया के उत्प्रेरण के लिए एन्जाइम की बहुत थोड़ी मात्रा ही पर्याप्त होती है। एन्जाइम का एक अणु प्रति मिनट क्रियाकारक (Substrate) के 50,000 अणुओं पर क्रिया कर सकता है।
13. कुछ एन्जाइम्स में प्रोटीन का अणु एपोएन्जाइम (Apoenzyme) के साथ एक अन्य पदार्थ से जुड़ा रहता है। इस पदार्थ को को-फैक्टर (Co-factor) कहते हैं। ये को-फैक्टर निम्नलिखित प्रकार के होते हैं—
 - (i) **प्रोस्थेटिक गुट (Co-enzyme)**— यह एपोएन्जाइम के साथ केवल उत्प्रेरण के समय अस्थायी रूप से जुड़ता है।
 - (ii) मैग्नीशियम (Mg⁺⁺), क्लोरीन (Cl⁻), लोहा (Fe⁻), जिंक (Zn) तत्वों के आयन सह-एन्जाइम युक्त हेलोएन्जाइम (Heloenzyme) कहलाते हैं। इनके सहएन्जाइम अणु में प्रायः कोई न कोई विटामिन का अणु होता है।
14. यह कोलायडल प्रकृति (Colloidal nature) के होते हैं।

3.6.3 एन्जाइम्स की नाम पद्धति (Nomenclature of Enzymes)

प्रकिण्वकी या एन्जाइमोलॉजी (Enzymology) के ज्ञान की वृद्धि के साथ-साथ, अनेक तन्त्र या विधियाँ विकसित हुईं जिसके द्वारा इन्जाइम्स का नामकरण एवं वर्गीकरण किया गया। कुछ एन्जाइम्स का नाम उनका कोई महत्व नहीं होने पर भी किया गया, जैसे कि— डायस्टेस (Diastase), इमल्सिन (Emulsin), पेप्सिन

(Pepsin), ट्रिप्सिन (Trypsin) एवं रेन्निन (Rennin) आदि। एन्जाइम का नामकरण कई पद्धतियों के द्वारा किया जाता है—

टिप्पणी

1. किण्वभोज पर एन्जाइम की क्रिया के द्वारा (Substrate acted upon by the enzyme)— वह पदार्थ जिस पर एन्जाइम क्रिया करता है किण्वभोज/सबस्ट्रेट (Substrate) कहलाता है। किसी भी एन्जाइम का नाम उसके द्वारा प्रभावित होने वाले विशिष्ट पदार्थ किण्वभोज (Substrate) के नाम के अन्त में -ase को जोड़कर किया जाता है। डूक्लॉक्स (Duclaux, 1838) ने जो विशेष पदार्थ/किण्वभोज (Substrate) उत्प्रेरित (Catalyze) किया जाता है उसके नाम के अन्त में -ase को लगाकर एन्जाइम को नाम दिया। जैसे कि— यूरिया को अपघटन (Hydrolysis) करने वाले एन्जाइम यूरियेज (Urease) एवं फॉस्फेट (Phosphate) को विघटन करने वाला एन्जाइम फॉस्फेटेज (Phosphatase)। वह एन्जाइम जोकि कार्बोहाइड्रेट्स पर क्रिया करते हैं कार्बोहाइड्रेसेस (Carbohydrases), एवं प्रोटीन पर क्रिया करने वाले एन्जाइम को प्रोटीनेसेस (Proteinases), लिपिड पर क्रिया करने वाले एन्जाइम को लाइपेसेस (Lipases) कहते हैं। इसी प्रकार न्यूक्लिक अम्ल (Nucleic acid) पर क्रिया करने वाले एन्जाइम को न्यूक्लियेसेस (Nucleases) कहते हैं। एन्जाइम के कुछ नाम कुछ विशिष्ट (Specific) होते हैं, जैसे कि— माल्टेज (Maltase) माल्टोस पर क्रिया करता है। सुक्रेस (Sucrase) सुक्रोस (Sucrose) पर क्रिया करता है। लिसाइथिनेज (Lecithinase) लिसाइथिन पर क्रिया एवं टायरोसिनेज (Tyrosinase) टायरोसिन पर क्रिया करता है।

2. रासायनिक अभिक्रियाओं के प्रकार को उत्प्रेरित करने वाले एन्जाइम (Types of chemical reaction catalyzed by enzyme)— एन्जाइम का नामकरण एक ही प्रकार की रासायनिक अभिक्रियाओं को उत्प्रेरित करने वाले समूहों के रूप में किया जाता है। अभिक्रिया के नाम के अन्त में -ase को लगाकर नामकरण किया जाता है। जैसेकि— हाइड्रोलेसेज (Hydrolases) जोकि अपघटन (Hydrolysis) को उत्प्रेरित करते हैं, आइसोमेरेसेज (Isomerases) जोकि आइसोमराइजेशन (Isomerization) को, ऑक्सीडेसेज (Oxidases) जोकि ऑक्सीकरण (Oxidation) को, डीहाइड्रोजिनेसेस (Dehydrogenases) डीहाइड्रोजिनेशन (Dehydrogenation) को, ट्रान्सएमीनेसेस (Transaminases) ट्रान्सएमीनेशन (Transamination) को, फॉस्फोरिलेसेज (Phosphorylases) फॉस्फोरिलेशन (Phosphorylation) को तथा ट्रान्सएल्डोलेसेस (Transaldolases) ट्रान्सएल्डोलेशन (Transaldolation) आदि को उत्प्रेरित करते हैं।

3. किण्वभोज जो क्रिया करता है एवं अभिक्रिया का प्रकार जो उत्प्रेरित होती है (Substrate acted upon and the type of reaction catalysed)— कुछ एन्जाइम का नाम दोनों किण्वभोज (Substrate) जो उपयोग होता है एवं अभिक्रिया का प्रकार जो उत्प्रेरित होती है के बारे में बताता है। जैसेकि— एन्जाइम सक्सिनिक डीहाइड्रोजिनेस (Succinic dehydrogenase) जो सक्सिनिक अम्ल (Succinic acid) किण्वभोज की डीहाइड्रोजिनेशन

(Dehydrogenation) को उत्प्रेरित करता है। इसी प्रकार L-ग्लूटेमिक-डी-हाइड्रोजिनेस (L-glutamic dehydrogenase) एन्जाइम L-ग्लूटेमिक अम्ल (L-glutamic acid) की डीहाइड्रोजिनेशन अभिक्रिया को उत्प्रेरित करता है।

4. पदार्थ जो संश्लेषित होता है (Substance that is synthesized)— कुछ एन्जाइम्स का नाम उस पदार्थ के नाम के अन्त में -ase को लगाकर नामकरण किया जाता है जो कि संश्लेषित किया जाता है। जैसे कि— रोहडोनेज (Rhodonase) जो कि हाइड्रोसायनिक अम्ल (Hydrocyanic acid) एवं सोडियम थायोसल्फेट (Sodium thiosulphate) के साथ उत्क्रमण के द्वारा र्होडोनेट (Rhodonate) को बनाता है।

5. कुछ किण्वभोज/सबस्ट्रेट (Substrate)— के पीछे लाइटिक (Lytic) का उपयोग किया जाता है, जैसे कि— प्रोटिओलाइटिक (Proteolytic) एवं लाइपोलाइटिक (Lipolytic) आदि।

6. कुछ एन्जाइम्स जैसे कि— टायलिन (Ptyalin), पेप्सिन (Pepsin), रेन्निन (Rennin) आदि अपने पुराने नाम से ही जाना जाता है।

7. एन्जाइम का रासायनिक संगठन (Chemical composition of the enzyme)— एन्जाइम के रासायनिक संगठन के अनुसार एन्जाइम्स निम्न प्रकार से तीन श्रेणियों (Categories) में वर्गीकृत किए जाते हैं—

(a) एन्जाइम अणु जिनमें केवल प्रोटीन पाया जाता है।

उदाहरण— पेप्सिन (Pepsin), ट्रिप्सिन (Trypsin), यूरिऐज (Urease), पेपैन (Papain), एमाइलेज (Amylase), आदि।

(b) एन्जाइम अणु जिसमें एक प्रोटीन एवं केटियोन (Cation) पाया जाता है।

उदाहरण— कार्बोनिक एनहाइड्रेस (Carbonic anhydrase), जिसमें (Zn²⁺), केटियोन के रूप में, ऑर्जिनेस (Arginase) (Mn²⁺), टायरोसिनेज (Cu²⁺) Tyrosinase आदि।

(c) एन्जाइम अणु जिसमें एक प्रोटीन एवं नॉन-प्रोटीन (Non-protein) कार्बन यौगिक, जिसे प्रोस्थेटिक समूह (Prosthetic group) कहते हैं, पाया जाता है। टोबर (Tauber, 1950) ने इस श्रेणी के एन्जाइम्स को प्रोस्थेटिक समूह के अनुसार उपभागों में विभाजित किया है—

(i) **आयरन-पोरफायरिन एन्जाइम (Iron prophyrin enzyme)**— कैटेलेज (Catalase), सायटोक्रोम c परऑक्सीडेज I एवं II (Cytochrome c peroxidase I & II)

(ii) **प्लेवोप्रोटीन एन्जाइम (Flavoprotein enzyme)**— ग्लायसिन ऑक्सीडेज (Glycine oxidase), पायरूवेट ऑक्सीडेज (Pyruvate oxidase), हिस्टामिन (Histamine)।

(iii) **डाइफॉस्फोथायमिन एन्जाइम (Diphosphothiamine enzyme)**— β -कार्बोक्सीलेज (β -Carboxylase), पायरूवेट म्यूटेज (Pyruvate mutase)।

टिप्पणी

- (iv) एन्जाइम्स जिनको अन्य दूसरे सह-एन्जाइम्स की आवश्यकता होती है (Enzymes requiring other coenzymes)– फॉस्फोरिलेज (Phosphorylase), अमीनो एसिड डीकार्बोक्सीलेज (Amino acid decarboxylase)।

8. पदार्थों का अपघटन तथा समूहों का अन्तर्गत होना (Substance Hydrolysed and the Group Involved)– इसके अन्तर्गत निम्नलिखित प्रकार के एन्जाइम्स को सम्मिलित किया गया है–

(a) कार्बोहाइड्रेट को अपघटन करने वाले एन्जाइम्स (Carbohydrate Hydrolyzing Enzymes)–

(i) ग्लाइकोसाइडेस (Glycosidase)– सेल्यूलेस (Cellulase), एमाइलेस (Amylase), सुक्रेस (Sucrase), लेक्टोस (Lactase), एवं माल्टेस (Maltase), आदि।

(ii) β -ग्लूकोरिनाइडेज (β -Glucorinidase)

(b) प्रोटीन को अपघटन करने वाले एन्जाइम्स (Protein hydrolyzing enzymes)–

(i) पेप्टाइड बंध (Peptide bonds)–

- एन्डोपेप्टाइडेसेज (Endopeptidases)– प्राणियों में पाए जाने वाले–पेप्सिन (Pepsin), ट्रिप्सिन, (Trypsin), रेन्निन (Rennin)।
- पादपों में पाए जाने वाले– पेपैन (Papain), ब्रोमोलिन (Bromolin), फिसिन (Ficin)।
- एक्सोपेप्टाइडेसेज (Exopeptidases)– डाइपेप्टाइडेज (Dipeptidase), ट्राइपेप्टाइडेज (Tripeptidase)।

(ii) नॉन-पेप्टाइड्स (Non-Peptides) (-N बंधन) (Linkages)– एमाइडेसेज (Amidases) = यूरियेज (Urease), अर्जीनेज (Arginase) आदि।

(c) लिपिड को अपघटन करने वाले एन्जाइम्स (Lipid-hydrolyzing Enzymes)–

(i) लाइपेसेज (Lipases)

(ii) ऐस्टीरेसेज (Esterases)

(iii) लिसाइथिनेसेज (Lecithinases)

(d) अन्य ईस्टर को अपघटित करने वाले एन्जाइम्स (**Other ester hydrolyzing enzymes**)—

- (i) फॉस्फेटेसेज (Phosphatases)
- (ii) कोलिनईस्टीरेसेज (Cholinesterases)
- (iii) सल्फाटेसेज (Sulfatases)
- (iv) मिथाइलेसेज (Methylases)
- (v) क्लोरोफायलेसेज (Chlorophyllases)

(e) ऑक्सीकृत-अपचयन करने वाले एन्जाइम्स (**Oxidation-reduction enzymes**)—

- (i) हाइड्रेसेज (Hydrases)
- (ii) मुटेसेज (Mutases)
- (iii) ऑक्सीडेसेज (Oxidases)
- (iv) डीहाइड्रोजिनेसेज (Dehydrogenases)
- (v) परऑक्सीडेसेज (Peroxidases)

3.6.4 अन्य एन्जाइम्स (Other Enzymes)

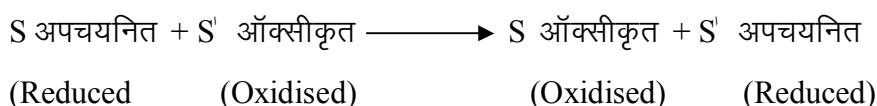
कैटेलेज (Catalase), कार्बोनिक एनहाइड्रेस (Carbonic anhydrase), कार्बोक्सीलेज (Carboxylase) आदि।

किसी भी एन्जाइम की रासायनिक क्रिया एक विशिष्ट गुण होता है जो कि एक एन्जाइम की दूसरे एन्जाइम से भिन्नता दर्शाता है। 1961 में अन्तर्राष्ट्रीय जैव-रसायनिकी की यूनियन (International Union of Biochemistry- I.U.B.) ने सभी प्रकार की रासायनिक क्रियाओं को विचार में लेकर वर्गीकरण आधार बनाया।

I.U.B. के वर्गीकरण के अनुसार 6 प्रमुख वर्ग एवं उदाहरण निम्न प्रकार से हैं—

उदाहरण—

1. **ऑक्सीडोरिडक्टेसेज (Oxidoreductases)**— इस वर्ग के अन्दर वह एन्जाइम्स आते हैं जो कि दो किण्वभोज (Substrate) S एवं S' के बीच ऑक्सीकरण-अपचयन (Oxidation-reduction) अभिक्रिया करते हैं।



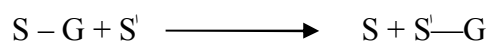
टिप्पणी

टिप्पणी

उदाहरण—

- (i) सायटोक्रोम c ऑक्सीडोरिडक्टेज (Cytochrome c oxidoreductase)
- (ii) एल्कोहॉल डीहाइड्रोजिनेज (Alcohol dehydrogenase)
- (iii) एसिल-CoA डीहाइड्रोजिनेज (Acyl-CoA dehydrogenase)
- (iv) कैटेलेज (Catalase)

2. ट्रान्सफेरेसेज (Transferases)— वह एन्जाइम जो एक समूह G (हाइड्रोजन के अतिरिक्त) को एक युग्म किण्वभोज (Pair of substrate) के बीच S एवं S' स्थानान्तरित के लिए उत्प्रेरित करता है।



उदाहरण—

- (i) एसिल ट्रान्सफेरेसेज (Acyl transferases)
- (ii) फॉस्फोरिलेज (Phosphorylase)
- (iii) हैक्सोकाइनेज (Hexokinase)
- (iv) ग्लायकोसिल ट्रान्सफेरेसेज (Glycosyl transferases)

3. हायड्रोलेसेज (Hydrolases)— यह एन्जाइम्स अपने किण्वभोज (Substrate) का जल अपघटन (Hydrolysis) उस बंध के साथ जोड़कर करते हैं जिसको एन्जाइम्स अपघटित करता है।

उदाहरण—

- (i) ग्लिसरॉल ईस्टर हायड्रोलेस (Glycerol Ester Hydrolase)
- (ii) β-D-गैलेक्टोसाइड गैलेक्टोहाइड्रोलेज (β-D-galactoside galactohydrolase)
- (iii) आर्जिनेज (Arginase)-L-आर्जिनाइन यूरियो हाइड्रोलेज (L-Arginine ureohydrolase)

4. लाइसेज = डेस्मोलेसेज (Lyases = Desmolases)— यह वह एन्जाइम्स होते हैं जोकि किण्वभोज (Substrate) से समूह को निकालने के जल अपघटन विधि के अलावा दूसरी विधि के द्वारा उत्प्रेरित करता है।

उदाहरण—

- (i) कार्बन-कार्बन लायसेज (Carbon-Carbon lyases)
- (ii) कार्बन-ऑक्सीजन लायसेज (Carbon-Oxygen lyases)

5. आइसोमेरेसेज (Isomerases)—

उदाहरण—

- (i) रेसीमेसेज (Racemases)
- (ii) इपिमेरेसेज (Epimerases)
- (iii) ग्लूकोस फॉस्फेट आइसोमेरेसेज (Glucose phosphate isomerases)

6. लाइगेस (Ligases) या सिन्थेटेस (Synthetases)–

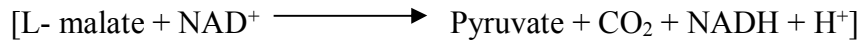
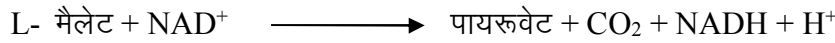
उदाहरण–

- (i) ग्लूटेमाइन सिन्थेटेज (Glutamine synthetases)
- (ii) एसिटिल-CoA सिन्थेटेज (Acetyl CoA synthetase)

I.U.B. की पद्धति जटिल होते हुए भी परिशुद्ध (Precise), वर्णनीय (Descriptive), एवं सूचनापूर्ण (Informative) होती है।

उपयुक्त पद्धति की कुछ विशेषताएँ निम्नलिखित हैं–

- (a) अभिक्रिया तथा एन्जाइम जोकि अभिक्रिया को उत्प्रेरित करते हैं 6 प्रमुख वर्गों (Major classes) में विभाजित किए गए हैं तथा प्रत्येक वर्ग 4 से 13 उपवर्गों में विभाजित किया गया है।
- (b) प्रत्येक एन्जाइम के दो भाग होते हैं–
 - प्रथम भाग का नाम किण्वभोज (Substrate) पर होता है तथा
 - दूसरे भाग के नाम के अन्त में –ase होता है जो यह दर्शाता है कि कौन-सी अभिक्रिया उत्प्रेरित होती है।
- (c) यदि अभिक्रिया (Reaction) की प्रकृति के बारे में अतिरिक्त सूचना प्राप्त करना होती है, यह सूचना लघु कोष्ठक (Parenthesis) में दी जाती है। जैसे कि– एन्जाइम मैलेट डीहाइड्रोजिनेज (Malate dehydrogenase) निम्नलिखित अभिक्रिया को उत्प्रेरित करता है–



एन्जाइम को अब यह नाम दिया जाता है L-(malate)– मैलेट–NAD ऑक्सीडोरिडक्टेज (Oxidoreductase) (डिकारबोक्सीलेटिंग = Decarboxylating)

- (d) प्रत्येक एन्जाइम को एक निम्नानुसार कूट (Code) संख्या दी गई है जिसको एन्जाइम कमीशन (Enzyme Commission = E.C.) कहते हैं। प्रत्येक एन्जाइम की E.C. संख्या चार स्थानों पर श्रेणीयुक्त संख्या होती है–
 - प्रथम संख्या प्रमुख वर्ग (Major class) को दर्शाती है, जिसके अन्तर्गत एन्जाइम आते हैं, दो मध्ययी (Median) संख्या उपवर्ग (Sub-class) तथा अधो उपवर्ग (Sub-subclass) को एन्जाइम के अन्दर दर्शाती है तथा अन्तिम स्थान की संख्या या चौथी संख्या अधो-उप-वर्ग में एन्जाइम की श्रेणी संख्या (Serial number) या क्रम संख्या को दर्शाती है।

टिप्पणी

टिप्पणी

उदाहरण— 2.7.1.1 = वर्ग-2 ट्रान्सफेरेस (Transferase) उपवर्ग -7 = फॉस्फेट का स्थानान्तरण, अधो-उप-वर्ग-1 एक एल्कोहॉल जो फॉस्फेट के ग्राहता का कार्य करता है, अन्तिम संख्या 1 एन्जाइम के नाम को दर्शाता है हैक्सोकाइनेज (Hexokinase) या ATP : D हैक्सोज-6-फॉस्फोट्रान्सफेरेज (D-hexose-6-phosphotransferase) – यह एन्जाइम ATP से फॉस्फेट के ट्रान्सफेरेस को ग्लूकोस 6 कार्बन पर हाइड्रॉक्सिल समूह पर उत्प्रेरित करता है।

- (e) जब किसी भी एन्जाइम को कोई भी विशिष्ट श्रेणी नहीं दी जाती है तब वह अन्तिम अंक 99 से दर्शाया जाता है, जिससे कि नए खण्ड (Division) के लिए स्थान रिक्त रहे।

उपर्युक्त विशेषताओं वाला वर्गीकरण अधिक विस्तृत (Exhaustive) है, उसका वर्णन पूर्ण रूप से नहीं किया गया है, अन्तः कुछ उदाहरण दिए गए हैं—

उदाहरण—

1. ग्लूटेमिक डीहाइड्रोजिनेज (**Glutamic dehydrogenase**)— 1.4.1.3.L-ग्लूटामेट (Glutamate) : NAD(P) ऑक्सीडोरिडक्टेज (Oxidoreductase)
2. केटेलेज (**Catalase**)— 1.11.1.6.H₂O₂:H₂O₂ ऑक्सीडोरिडक्टेज (Oxidoreductase)
3. एल्कोहॉल डिहाइड्रोजिनेस (**Alcohol dehydrogenase**)— 1.1.1.1. एल्कोहॉल : NAD ऑक्सीडोरिडक्टेज (Oxidoreductase)
4. फॉस्फोरीलेज (**Phosphorylase**)— 2.4.1.1. α -1, 4-ग्लूकेन : आर्थोफॉस्फेट ग्लूकोसिल ट्रान्सफेरेज
5. हैक्सोकाइनेज (**Hexokinase**)— 2.7.1.1.ATP : D हैक्सोज-6-फॉस्फोट्रान्सफेरेज
6. स्यूडोकोलिन एस्टेरेज (**Pseudocholine esterase**) 3.1.1.8. एसिटिल-कोलिन एसिल हाइड्रोलेज
7. फ्यूमेरेज (**Fumarase**)— 4.2.1.2.L-मैलेट हाइड्रोलिऐज
8. ट्रायोसफॉस्फेट आइसोमेरेज (**Triosephosphate isomerase**)— 5.3.1.1-D ग्लिसरेल्डिहाइड - 3 : फॉस्फेट कीटोल आइसोमेरेज
9. सक्सीनीक थायोकाइनेज (**Succinic thiokinase**)— 6.2.1.4. सक्सिनेज : CoA लाइजेज
10. एसिटिल CoA कार्बोक्सीलेज (**Acetyl CoA carboxylase**)— 6.4.1.2. एसिटिल CoA : CO₂ लाइजेज

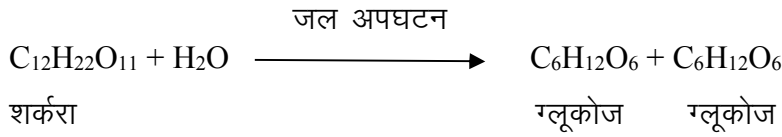
3.6.5 एन्जाइम्स का वर्गीकरण (Classification of Enzymes)

उत्प्रेरित प्रतिक्रियाओं के अनुसार I.U.B. की पद्धति को ध्यान में रखकर वैज्ञानिक लेहलिंगर (Lehlinger) ने सन् 1970 में एन्जाइम्स को 6 प्रमुख वर्गों (Classes) में विभाजित किया। प्रत्येक वर्ग के एन्जाइम का उदाहरण सहित वर्णन निम्न प्रकार से है—

टिप्पणी

1. हाइड्रोलेज (Hydrolase)

यह पाचक एन्जाइम्स जल-अपघटन (Hydrolysis) के द्वारा भोजन के जटिल अणुओं को सरल अणुओं में परिवर्तित कर देते हैं।



A. प्रोटिओलिटिक एन्जाइम (Proteolytic Enzymes)— यह जल-अपघटन के द्वारा प्रोटीन्स का पाचन करते हैं। जटिल प्रोटीन्स को सरल प्रोटीन्स में परिवर्तित करते हैं। यह दो प्रकार के होते हैं—

(a) **एक्सोपेप्टिडेज (Exopeptidases)**— यह प्रोटीन्स को अमीनो अम्ल में परिवर्तित करते हैं। यह निम्नलिखित प्रकार के होते हैं—

(i) **कार्बोक्सिपेप्टिडेज (Carboxypeptidase)**— यह पेप्टाइड्स पर क्रिया कर अमीनो अम्ल में परिवर्तित करते हैं।

(ii) **डाइपेप्टिडेज (Dipeptidase)**— यह डाइपेप्टाइड्स पर क्रिया कर अमीनो अम्ल में परिवर्तित करते हैं।

(iii) **अमीनोपेप्टिडेज (Aminopeptidase)**— यह पेप्टाइड्स को अमीनो अम्ल में परिवर्तित करते हैं।

(b) **एण्डोपेप्टिडेज (Endopeptidases)**— यह प्रोटीन्स के आन्तरिक पेप्टाइड बंधों (Bonds) पर क्रिया करते हैं। निम्नलिखित प्रकार के होते हैं—

(i) **पेप्सिन (Pepsin)**— यह जटिल प्रोटीन्स को अम्लीय माध्यम में पेप्टोन्स एवं प्रोटिएजेज में बदलते हैं।

(ii) **ट्रिप्सिन (Trypsin)**— यह सरल प्रोटीन्स को क्षारीय माध्यम में पॉलीपेप्टाइड्स में बदलते हैं।

(iii) **इरिप्सिन (Erypsin)**— यह पॉलीपेप्टाइड्स को अमीनो अम्ल में बदलते हैं।

B. कार्बोहाइड्रेजेज (Carbohydrases)— यह एन्जाइम्स सरल ग्लाइकोसाइड्स और पॉलीसेकेराइड्स को ग्लाइकोसाइडिक बंधनों का जल अपघटन करते हैं।

यह एन्जाइम कार्बोहाइड्रेट्स का पाचन करते हैं—

- (a) टायलिन (Ptyalin)— यह स्टार्च को माल्टोस में बदलता है।
- (b) सुक्रेज (Sucrase)— यह आँत में सुक्रोस को ग्लूकोस में बदलता है।
- (c) लेक्टोज (Lactase)— यह आँत में लेक्टोस को ग्लूकोस में बदलता है।

C. लाइपोलिटिक (Lipolytic)— यह वसा को वसा अम्ल एवं ग्लिसरॉल में बदलते हैं—

- (a) गैस्ट्रिक लाइपेज (Gastric lipase)— यह आमाशय में वसा को वसा अम्ल में परिवर्तित करते हैं।
- (b) पैंक्रियाटिक लाइपेज (Pancreatic lipase)— यह आँतों में वसा को वसा अम्ल एवं ग्लिसरॉल में बदलते हैं।
- (c) आँत्रीय लाइपेज (Intestinal lipase)— यह आँतों में फॉस्फेटाइड्स को ग्लिसरॉल, वसा अम्ल एवं फॉस्फोरिक अम्ल में बदलते हैं।

2. ऑक्सीडोरिडक्टेज (Oxidoreductase)

यह हाइड्रोजन आयन को एक अणु से दूसरे अणु में स्थानान्तरण करते हैं। यह एन्जाइम्स वह होते हैं जो ऑक्सीकरण-अपचयन (Oxidation-reduction) अभिक्रिया करते हैं। यह एन्जाइम्स अपने पदार्थों की ऑक्सीजन को मिलाकर और हाइड्रोजन को निकालकर ऑक्सीकृत (Oxidise) करता है। इस अभिक्रिया के विपरीत क्रिया के कारण अपचयन क्रिया होती है।

उदाहरण—

- (a) सायटोक्रोम ऑक्सीडेज (Cytochrome oxidase)
- (b) एल्कोहॉल डीहाइड्रोजिनेज (Alcohol dehydrogenase)
- (c) ग्लूटेमिक डीहाइड्रोजिनेज (Glutamic dehydrogenase)
- (d) केटेलेज (Catalase) तथा
- (e) परऑक्सीडेज (Peroxidase) आदि।

3. ट्रान्सफेरेज (Transferase)

यह एन्जाइम्स एक सबस्ट्रेट के अणु के समूह को पृथक् कर दूसरे सबस्ट्रेट के अणु में स्थानान्तरित करते हैं। यह समूह एल्काइल (Alkyl), ग्लाइकोसिल (Glycosil), एसिल (Acyl), एल्डीहाइड (Aldehyde), कीटोल (Ketol), एल्डोल (Aldol), थयोल (Thiol) सल्फर फॉस्फोरस हो सकते हैं।

उदाहरण—

- (a) ट्रान्सअमिनेजेस (Transaminases) या अमीनोट्रान्सफेरेसेज (Aminotransferases)
- (b) ट्रान्सफार्मिलेसेज (Transamylases) या फार्मिल ट्रान्सफेरेसेज (Formyl transferases)

- (c) ट्रान्सकीटोलेसेज (Transketolases) या कीटोल ट्रान्सफेरेसेज (Ketol transferases)
- (d) ट्रान्सएल्डोलेसेज (Transaldolases) या एल्डोल ट्रान्सफेरेसेज (Aldol transferases)
- (e) ट्रान्सएसिलेसेज (Transacylases) या एसिल ट्रान्सफेरेसेज (Acyl transferases)
- (f) ट्रान्समिथाइलेसेज (Transmethylases) या मिथाइल ट्रान्सफेरेसेज (Methyl transferases)

टिप्पणी

4. लाइएजेज (Lyases) या डेस्मोलेसेज (Desmolases)

ये अपने सबस्ट्रेट (Substrate) अणु से जल-अपघटन के बिना ही किसी गुट को अलग कर मूल अणु में एक दोहरा बॉण्ड छोड़ देते हैं।

उदाहरण—

- (a) फ्यूमेरेज (Fumarase)
- (b) अल्डोलेज (Aldolase)
- (c) डीकार्बोक्सीलेसेज (Decarboxylases)
- (d) कार्बोनिक एन्हाइड्रेस (Carbonic anhydrase)

5. लाइगेजेज (Ligases)

ये ऊर्जा की उपस्थिति में दो यौगिकों को परस्पर जोड़ने की प्रतिक्रियाओं के उत्प्रेरक होते हैं। इस क्रिया में ATP अथवा अन्य कोई ट्राइफॉस्फेट आवश्यक होता है। जैसे कि—

- (a) सक्सिनिक थायोकाइनेज (Succinic thiokinase)
- (b) ग्लूटेमाइन सिन्थेटेस (Glutamine synthetase)
- (c) एसिटिल -CoA कार्बोक्सीलेज (Acetyl CoA-Carboxylase)

6. आइसोमेरेजेज (Isomerases)

ये किसी अणु की संरचना में विभिन्न समूहों के विन्यास को बदलकर इसका एक आइसोमर (Isomer) बनाते हैं।

उदाहरण—

- (a) फॉस्फो हेक्सो आइसोमेरेज (Phospho hexo isomerase)
- (b) इपीमेरेसेज (Epimerases)
- (c) एकोनिटेज (Aconitase)
- (d) ट्रायोस फॉस्फेट आइसोमेरेज (Triose phosphate isomerase)
- (e) फॉस्फोग्लिसरोमूटेस (Phosphoglyceromutase)
- (f) फॉस्फोहेक्सोसमूटेस (Phosphohexosemutase)

वर्तमान समय तक 2,000 से अधिक विभिन्न एन्जाइम ज्ञात हो चुके हैं, जिनमें ऑक्सीडोरिडक्टेज (Oxidoreductase), ट्रान्सफेरेसेज (Transferases), एवं हायड्रोलेसेज (Hydrolases) अधिक प्रमुख रूप से पाए जाते हैं।

टिप्पणी

अपनी प्रगति जाँचिए (Check Your Progress)

1. प्रोटीन का पाचक होता है—
(क) लाइपोलिटिक एन्जाइम
(ख) प्रोटियोलिटिक एन्जाइम
(ग) पित्तरस
(घ) HCl
2. पेप्सिन का एक उदाहरण है—
(क) एन्जाइम
(ख) विटामिन
(ग) हार्मोन
(घ) पोषण पदार्थ
3. मनुष्य के जठर रस में कौन से एन्जाइम्स पाए जाते हैं?
(क) एमाइलेसेज, पेप्सिन, रेन्निन
(ख) पेप्सिन केवल
(ग) लाइपेसेज, पेप्सिन, रेन्निन
(घ) ट्रिप्सिन, पेप्सिन एवं रेन्निन
4. रासायनिक रूप से सभी एन्जाइम्स होते हैं—
(क) कार्बोहाइड्रेट
(ख) लिपिड
(ग) लाइपोप्रोटीन
(घ) प्रोटीन्स
5. एण्टीरोकाइनेज है—
(क) एक एन्जाइम जो ट्रिप्सिनोजेन को ट्रिप्सिन में परिवर्तित करता है।
(ख) एक हार्मोन जो आँत को उत्प्रेरित करता है।
(ग) एन्जाइम की एक निष्क्रिय अवस्था।
(घ) हॉर्मोन जो HCl के स्रावण को रोकता है।
6. यदि प्रोटीन का pH 1.6 होता है तो कौन-सा एन्जाइम इसका पाचन करता है?
(क) ट्रिप्सिन
(ख) एमाइलेज
(ग) पेप्सिन
(घ) इरिप्सिन

7. निम्नलिखित में से कौन-सा एन्जाइम केवल मनुष्य में ही पाया जाता है?
- (क) इरेप्सिन (ख) रेन्निन
(ग) टायलिन (घ) (क) + (ग) दोनों
8. प्रोटियोलिटिक एन्जाइम किस भोज्य पदार्थ का पाचन करते हैं?
- (क) कार्बोहाइड्रेट (ख) प्रोटीन
(ग) वसा (घ) सभी का

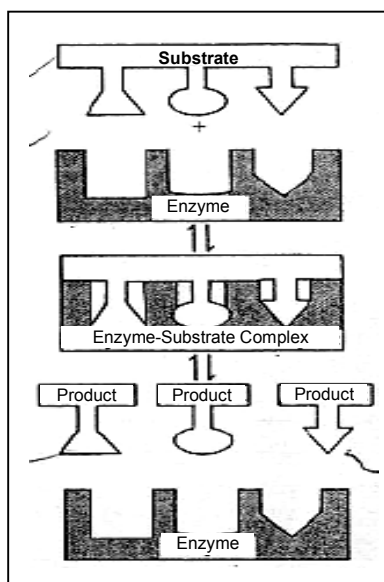
3.7 एन्जाइम अभिक्रिया की कार्यविधि (Mechanism of Enzymes Action)

एन्जाइम जो वर्तमान में अभी तक ज्ञात हैं वह सभी प्रोटीन्स (Proteins) होते हैं, इनमें से कुछ एन्जाइम जटिल प्रकृति के प्रोटीन्स के बने होते हैं। एन्जाइम स्वभाव के प्रोटीन्स होने के साथ-साथ कार्बनिक उत्प्रेरक (Organic Catalyst) होते हैं। यह एन्जाइम रासायनिक अभिक्रिया को प्रारम्भ एवं तीव्र करते हैं। यह उत्कृमिक अभिक्रियाओं (Reversible reactions) को उत्प्रेरित करते हैं। एन्जाइम (Enzyme) किसी भी अभिक्रिया का उत्प्रेरक है या वह किसी यौगिक की अभिक्रिया को उत्तेजित करता है, किन्तु अन्त में स्वयं अपघटित नहीं होता है। एन्जाइम उत्प्रेरण (Enzyme Catalysis) किस विधि के द्वारा होता है, बहुत कम ज्ञात है। आधुनिक अनुसंधान से यह ज्ञात होता है कि एन्जाइम (Enzyme) और किण्वभोज (Substrate) का अभिक्रिया (Reaction) और अपघटन (Reduction) के पूर्व एक अस्थायी यौगिक बनाता है। यह सक्रिय जटिल अणु (Activated complex molecule) पुनः अपघटित हो जाता है और किण्वभोज (Substrate) का रासायनिक परिवर्तन होता है जिसमें नवीन यौगिक बनता है। एन्जाइम अभिक्रिया की विधि के मुख्य बिन्दु निम्नलिखित हैं—

1. एन्जाइम अभिक्रिया के समय एन्जाइम (Enzyme) एवं किण्वभोज/सबस्ट्रेट (Substrate) के बीच में रासायनिक (Chemical) या भौतिक (Physical) संयोजन होता है। किण्वभोज/सबस्ट्रेट (Substrate) का अर्थ होता है प्रमुख रासायनिक यौगिक (Chemical Compound) जिसमें रासायनिक अभिक्रिया (Chemical reaction) के समय परिवर्तन होता है और जिस पर एन्जाइम अपना प्रभाव डालता है। जब किण्वभोज (Substrate) अघुलनशील (Insoluble) या कम घुलनशील/कोलाइडल (Colloidal) होता है एन्जाइम सामान्यतया उस पर शोषित हो जाता है।
2. एन्जाइम का सक्रिय मूलांकुर/मूलतन्तु (Radicle) शायद किण्वभोज/सबस्ट्रेट (Substrate) के विशेषित समूह पर आक्रमण करता है जैसे कि प्रोटियोलिटिक एन्जाइम (Proteolytic enzyme) प्रोटीन अणुओं के पेप्टाइड बंधनों (Peptide linkages) पर आक्रमण करता है।

टिप्पणी

3. विभिन्न अवस्थाओं में रासायनिक अभिक्रिया की वास्तविक प्रकृति जिस पर एन्जाइम कार्य करता है भिन्न होती है। यह जल अपघटनीय (Hydrolysis), ऑक्सीकरण (Oxidation) एवं अपचयन (Reduction) आदि हो सकती है।
4. एन्जाइम कभी-कभी अकेले कार्य नहीं करते हैं। यह दूसरे पदार्थों की सहायता से कार्य करते हैं जैसे कि सह-एन्जाइम (Co-enzyme), सक्रिय कारक (Activators) आदि।
5. एन्जाइम दोनों संश्लेषित (Synthetic), के साथ-साथ विघटनित विधियों (Breakdown process) को करते हैं। समान प्रकार का एन्जाइम विभिन्न दशाओं में दोनों प्रकार के परिवर्तन करता है।
6. माध्यम (Medium) की अनुकूल दशाएँ जैसे कि अनुकूलतम (Optimum) pH, तापक्रम (Temperature) आदि आवश्यक होती हैं।



चित्र क्र. 3.3: Demonstration of the Mechanism of Enzyme Action

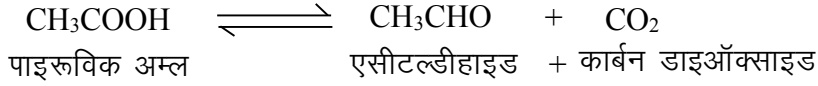
एन्जाइम की कार्यविधि के अन्तर्गत होने वाले परिवर्तन निम्नलिखित प्रकार के होते हैं—

1. **जल अपघटन (Hydrolysis)**— एन्जाइम की इस क्रिया के अन्तर्गत विभिन्न पदार्थों के अणु, पानी के अणुओं को ग्रहण करने के पश्चात् छोटे अणुओं में विघटित हो जाते हैं।

उदाहरण— जल अपघटन के कारण प्रोटीन्स प्रोटीएसेस (Proteases), पेप्टोन्स (Peptones) तथा अन्त में अमीनो अम्ल में परिवर्तित हो जाते हैं। इसी प्रकार जीवित कोशिकाओं में निर्जलीकरण की उतनी ही प्रतिशत सम्भावनाएँ हैं जितनी कि जल विश्लेषण की सम्भावनाएँ होती हैं।

उदाहरण— ग्लूकोस निर्जलीकरण के कारण अमीनों अम्ल पोलिमेराइज (Polymerise) होता है।

2. **कार्बोक्सिलीकरण (Decarboxylation)**— एन्जाइम की इस कार्यविधि के अन्तर्गत समूह COOH पृथक् होता है और CO₂ का निर्माण होता है।

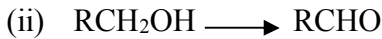
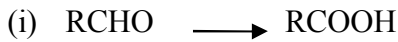


पाइरूविक अम्ल, डीकार्बोक्सिलेज एन्जाइम के द्वारा एसीटल्डीहाइड में परिवर्तित और CO₂ में विघटित होता है।

3. **ऑक्सीकरण एवं अवकरण (Oxidation and reduction)**— प्राणी के शरीर में चयापचय क्रियाओं के समय खाद्य पदार्थों के ऑक्सीकरण (Oxidation) के कारण ऊर्जा (Energy) उत्पन्न होती है।

उदाहरण— ग्लूकोस के पानी एवं CO₂ में ऑक्सीकरण के कारण ऊर्जा उत्पन्न होती है। ऑक्सीकरण की क्रिया के अन्तर्गत एक पदार्थ का ऑक्सीजन कमी के कारण हाइड्रोजन को ग्रहण कर अवकरण (Reduction) होता है। ऑक्सीजन की कमी के द्वारा अवकृत पदार्थ O₂ का दाता कहलाता है और ऑक्सीकृत पदार्थ ग्राहक कहलाता है।

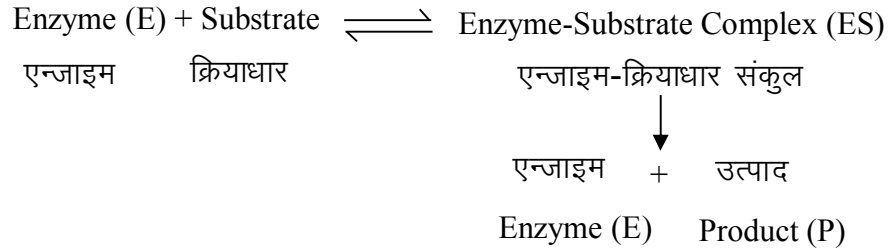
उदाहरण—



प्रथम उदाहरण में एल्डीहाइड ऑक्सीजन ग्राही है और दूसरे उदाहरण में एल्कोहॉल हाइड्रोजन दाता है।

4. **एन्जाइम अभिक्रिया (Enzyme action)**— मिचेलिस एवं मेण्टेन (Michaelis and Menten) के सिद्धान्त एन्जाइम-किण्वभोज-संकुल (Enzyme-Substrate-Complex) पर आधारित है। 1913 ई. में मिचेलिस एवं मेण्टेन (Michaelis and Menten) ने प्रस्तावित किया कि एन्जाइम की क्रिया के समय एक मध्यवर्ती (Intermediatory) एन्जाइम-क्रियाधार संकुल (Enzyme-Substrate-Complex) बनता है। यह सक्रिय जटिल अणु पुनः अपघटित हो जाता है और सबस्ट्रेट (Substrate) का रासायनिक परिवर्तन होने के कारण एक नया यौगिक बनता है।

टिप्पणी



3.7.1 मिचेलिस एवं मेण्टेन समीकरण (Michaelis and Menten Equation)

मिचेलिस एवं मेण्टेन (Michaelis and Menten, 1913) ने, जब वह सुक्रोस के जल अपघटन (Hydrolysis) का अध्ययन कर रहे थे जो कि एन्जाइम इनवर्टेज (Invertase) के द्वारा उत्प्रेरित किया गया था, सिद्धान्त प्रस्तावित किया। इन वैज्ञानिकों का सिद्धान्त निम्न बिन्दुओं पर आधारित था—

1. केवल एक किण्वभोज (Substrate) एवं एक उत्पाद/पदार्थ निवेशित होता है।
2. विधि पूर्ण होने तक चलती रहती है।
3. तन्त्र में किण्वभोज (Substrate) की सान्द्रता एन्जाइम की सान्द्रता की अपेक्षा अधिक होती है।
4. एक मध्यस्थ (Intermediate) एन्जाइम-सबस्ट्रेट संकुल (Enzyme-Substrate Complex) बनता है।
5. सबस्ट्रेट विगलन/विघटन (Decomposition) की दर एन्जाइम-सबस्ट्रेट संकुल की सान्द्रता के अनुपात में होती है।

सिद्धान्त के अनुसार एन्जाइम (E) एक शिथिल बंधनीय काम्प्लेक्स/संकुल (ES) को सबस्ट्रेट (S) के साथ बनाता है। यह एन्जाइम सबस्ट्रेट-काम्प्लेक्स, अपघटन (Hydrolysis) के पश्चात् अभिक्रिया पदार्थ (P) को विघटित करता है तथा एन्जाइम (E) को मुक्त करता है। इस अभिक्रिया को निम्न प्रकार से दर्शाया जाता है—



इस समीकरण में उपयुक्त किये गये अक्षरों का तात्पर्य निम्न प्रकार है—

- E_t = एन्जाइम की कुल सान्द्रता
- S = सबस्ट्रेट की कुल सान्द्रता
- ES = एन्जाइम सबस्ट्रेट काम्प्लेक्स/संकुल की सान्द्रता
- $E_t - ES$ = मुक्त एन्जाइम की सान्द्रता

3.7.2 एन्जाइम-क्रियाधार संकुल (Enzyme-Substrate Complex)

एन्जाइम-क्रियाधार संकुल (Enzyme-Substrate Complex) फिर विघटित हो जाता है और अभिक्रिया के उत्पाद को देता है। एन्जाइम मुक्त होता है और पुनः उपयोग होता रहता है।

अधिकांश एन्जाइम उत्प्रेरित अभिक्रियाएँ व्युत्क्रमित (Reversible) होती हैं, अर्थात् समान एन्जाइम एक विशिष्ट अभिक्रिया को अग्रसर (Forward) और साथ-साथ विमुख (Backward) दिशा में उत्प्रेरित कर सकता है। अभिक्रिया का संतुलन विभिन्न समय पर किण्वभोज की सान्द्रता या अभिक्रिया के पदार्थों पर आधारित किसी भी दिशा में हट सकती है।

इस अभिक्रिया में सह-एन्जाइम (Co-enzyme) या प्रोस्थेटिक समूह (Prosthetic group) का भी स्थान महत्वपूर्ण है। सह-एन्जाइम, अपघटन क्रिया में एन्जाइम की सहायता करते हैं। वे किसी एक विघटित यौगिक (Dissociated compound) के साथ सक्रिय जटिल अणु बनाते हैं। किण्वभोज (Substrate) एवं एपोएन्जाइम (Apoenzyme) सह-एन्जाइम की उपस्थिति में एक सक्रिय यौगिक बनाते हैं।

एन्जाइम स्वयं सक्रिय नहीं होता है, निष्क्रिय रहता है। एन्जाइम केवल एक प्रकार का प्लेटफार्म (Platform) या साँचा (Template) बनाता है, जिस पर कुछ अणु एक-दूसरे के साथ क्रिया कर सकें। एन्जाइम सक्रियण ऊर्जा को कम करते हैं। एन्जाइम मुक्त सक्रियण ऊर्जा को घटाकर अभिक्रियाओं की गति में वृद्धि करते हैं। विभिन्न एन्जाइम की संरचना, विशिष्टता एवं उत्प्रेरण की क्रियाविधि में अन्तर होता है, लेकिन उनके उत्प्रेरक स्थलों के विषय में कुछ सरल नियम बनाए गये हैं—

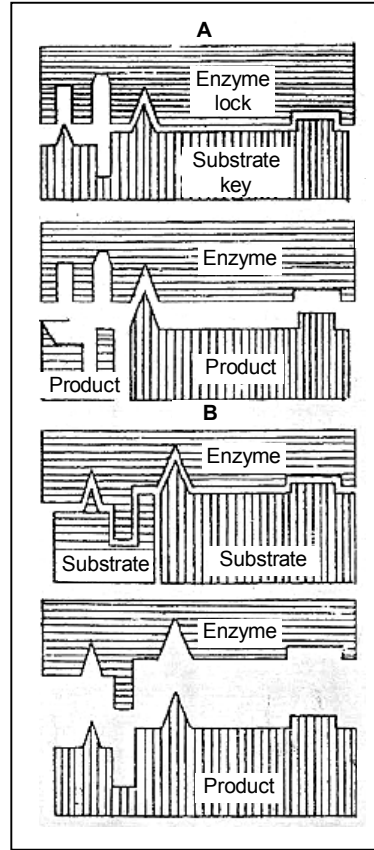
1. उत्प्रेरक स्थल एन्जाइम के कुल आयतन का एक लघुभाग होता है।
2. उत्प्रेरक स्थल एक त्रि-विमीय स्थल (3-dimensional entity) होता है।
3. उत्प्रेरक स्थल दरार के रूप में होते हैं।
4. क्रियाधार एन्जाइम के साथ अपेक्षाकृत कम शक्तियों द्वारा संयोजित होते हैं।

एन्जाइम की क्रियाविधि को समझाने के लिये निम्नलिखित प्रमुख परिकल्पनाएँ हैं—

1. वर्ष 1880 में वर्ट्ज (Wurtz)– ने पाया कि घुलनशील प्रोटीनेज पेपैन (Papain) अघुलनशील प्रोटीन, फाइब्रिन (Fibrin) में मिलाने पर बार-बार धोने पर फाइब्रिन कभी भी प्रोटियोलिसिस (Proteolysis) को नहीं रोकता है। वैज्ञानिक उपसंहृत/समाप्त करता है (Concluded) कि पेपैन (Papain) से एक पदार्थ बनाया जो फाइब्रिन के साथ संकुल (Complex) बनाता है।

टिप्पणी

टिप्पणी

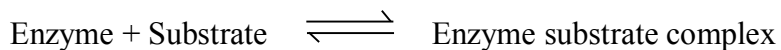


चित्र क्र. 3.4: Mode of Action of Enzyme

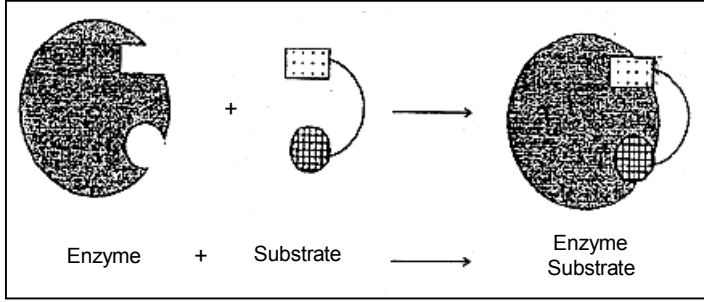
वर्ष 1890 में ओ 'सुल्लिवान (O'Sullivan) एवं थॉम्पसन (Thompson) ने पाया कि एन्जाइम इन्वर्टेज (Invertase) किण्वभोज (Substrate) सुक्रोज (Sucrose) की उपस्थिति में, अनुपस्थिति की अपेक्षा उच्च तापक्रम पर अभिक्रिया कर सकता है। इसने दर्शाया कि इन्वर्टेज (Invertase) सुक्रोज के साथ संकुल (Complex) बनाता है।

2. ताला-कुँजी या साँचा परिकल्पनाएँ (Lock and key or template hypothesis)— इस परिकल्पना का प्रतिपादन एमिल फिशर (Emil Fisher, 1894) ने किया। इसके मतानुसार प्रत्येक एन्जाइम अणु की संरचना विशेष प्रकार की होती है। इसमें कोई ऐसा ही पदार्थ (कुँजी) जुड़ सकता है जिसका अणु एन्जाइम अणु के किसी विशेष भाग (ताला) में फिट हो जाता है। इसके अनुसार एक निश्चित संरचना वाला उत्प्रेरक स्थल केवल उन्ही क्रियाधार अणुओं को स्वीकार करेगा जिसका आकार समान होगा तथा भिन्न रचना वाले अणुओं को दूर हटायेगा। इस सिद्धान्त के अनुसार एन्जाइम अणु की सतह पर सक्रिय स्थल (Active site) होते हैं। किण्वभोज (Substrate) के अणु एन्जाइम की सतह पर स्थित सक्रिय स्थलों में स्थित या चिपक जाते हैं। इसके परिणामस्वरूप एक मध्यस्थ यौगिक बनता है जिसको एन्जाइम-किण्वभोज संकुल (Enzyme-Substrate Complex) कहते हैं। यह अभिक्रिया व्युत्क्रमित (Reversible) होती है।

स्व-अधिगम
पाठ्य सामग्री



ऐसा विश्वास किया जाता है कि जब किण्वभोज अणु सक्रिय स्थल से बँधता है इसके भाग इस प्रकार से सम्बन्धित रहते हैं कि रासायनिक बंधन विघटित होता है अर्थात् बंधन कमजोर होता है। यह विघटन किण्वभोज के रासायनिक बंधनों की अभिक्रिया में वृद्धि करते हैं और अभिक्रिया की दर में वृद्धि होती है। मध्यस्थ यौगिक वास्तविक सबस्ट्रेट की अपेक्षा कम स्थिर होते हैं। इस कारण यह यकायक टूट जाते हैं और एन्जाइम पुनः स्वतन्त्र होता है।



चित्र क्र. 3.5: Formation of an Enzyme Substrate Complex According to Fischer's Lock and Key Model

3. एन्जाइम सबस्ट्रेट कॉम्प्लेक्स (Enzyme substrate complex)— इस परिकल्पना का प्रतिपादन हेनरी (Henry, 1903) ने किया। इसके मतानुसार एन्जाइम अपने सबस्ट्रेट (Substrate) के साथ जुड़कर यौगिक बना लेता है।

4. अभिप्रेरित अनुरूपता परिकल्पना (Induced fit model)— इस परिकल्पना का प्रतिपादन कोश्लैण्ड (Koshland 1963-64) ने किया। इसके मतानुसार एन्जाइम की आण्विक संरचना निश्चित नहीं होती। प्रतिक्रिया के समय ही सबस्ट्रेट के प्रभाव से एन्जाइम के अणु की संरचना में ऐसा परिवर्तन हो जाता है कि यह सबस्ट्रेट के अणु से जुड़ सकें।

एन्जाइम में सक्रिय स्थल पूर्व से ही नियोजित होता है जो कि किण्वभोज को संयत करता है। एन्जाइम के गुणों को उचित प्रकार से दर्शाने के लिए कोश्लैण्ड (Koshland) ने फिशर (Fisher) के मॉडेल (Model) को रूपांतरित किया। कोश्लैण्ड (Koshland) ने स्वीकृत किया कि एन्जाइम अणु कभी भी वास्तविक आकार/रूप एवं संरचना को नहीं रख पाते हैं, लेकिन किण्वभोज (Substrate) का सम्पर्क कुछ ज्यामिति (Geometrical) परिवर्तनों को एन्जाइम अणु के सक्रिय स्थल पर उत्प्रेरित करता है। परिणामस्वरूप एन्जाइम अणु पुर्णतः किण्वभोज के सक्रिय केन्द्र से बंध जाता है। इसी समय अन्य अमीनो अम्ल अवशेष अणु के आन्तरिक भाग में धँस जाते हैं। कोश्लैण्ड की परिकल्पना को वर्तमान में लिप्सकोम्ब (Lipscomb) ने प्रमाणीकृत किया।

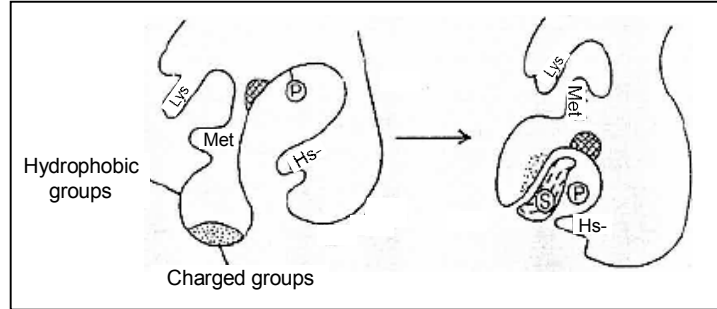
इस सिद्धान्त को समझाने के लिए निम्नलिखित उदाहरण प्रस्तुत किया गया है—

टिप्पणी

उदाहरण—

किण्वभोज बंधन (Substrate binding) में जल विरागी (Hydrophobic) एवं आवेशित (Charged) समूह दोनों सम्मिलित होते हैं। सिस्टिन अवशेषी (Cystein residue) के फॉस्फोसेरीन (Phosphoserine, P) एवं SH समूह उत्प्रेरक क्रिया में निवेशित होते हैं। दूसरे अमीनों अम्ल अवशेष (Residues) न तो किण्वभोज (Substrate) बंधन और न ही उत्प्रेरण क्रिया (Catalysis) में निवेशित होते हैं। यह है लाइसिन (Lysine) एवं मीथियोनीन (Methionine) सबस्ट्रेट या किण्वभोज की अनुपस्थिति में किण्वभोज/सबस्ट्रेट बंधन एवं उत्प्रेरक समूह दोनों एक-दूसरे से अधिक दूरी पर होते हैं। एन्जाइम अणु में संरूपणीय परिवर्तन (Informational Changes) किण्वभोज/सबस्ट्रेट उत्प्रेरित करता है जिससे कि समूह को दोनों किण्वभोज/सबस्ट्रेट बंधन एवं उत्प्रेरण क्रिया (Catalysis) को श्रेणीबद्ध कर सके। इसी के साथ दूसरे क्षेत्रों के स्थानिक अभिविन्यास (Spatial Orientation) में भी परिवर्तन होते हैं जिससे कि लाइसिन (Lysine) एवं मीथियोनीन (Methionine) अब और पास आ जाते हैं।

कोशलैण्ड (Koshland) को अधिक प्रायोगिक सहायता मान्यता प्राप्त हुई है। अनेक एन्जाइम्स जैसे कि फॉस्फोग्लूकोमूटेज (Phosphoglucosmutase), क्रियेटीन काइनेज (Creatine kinase) एवं कार्बोक्सी-पेप्टाइडेज (Carboxy-peptidase) आदि सबस्ट्रेट बंधन (Substrate binding) एवं उत्प्रेरण क्रिया (Catalysis) के लिए संरूपणीय परिवर्तनों को दर्शाया गया है।



चित्र क्र. 3.6: Changes Brought about by Induced Fit in an Enzyme Molecule

3.8 एन्जाइम की सक्रियता को नियन्त्रित करने वाले कारक (Factors to Control the Activeness of Enzymes)

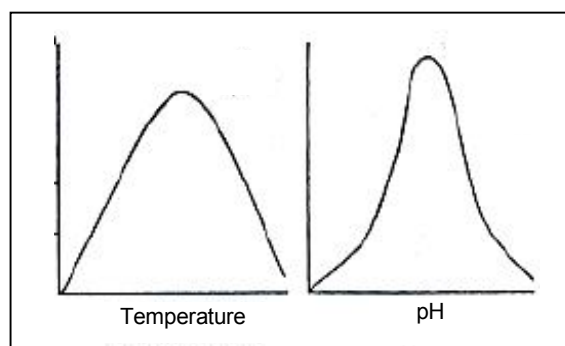
टिप्पणी

एन्जाइम की सक्रियता को प्रभावित करने वाले भौतिक तथा रासायनिक कारक निम्नलिखित हैं—

1. **पी-एच (pH)**— एन्जाइम विभिन्न pH वाले घोलों में भिन्न-भिन्न प्रकार से प्रतिक्रिया करते हैं। प्रत्येक प्रतिक्रिया का एक अनुकूलतम मान (Optimum value) होता है जो इसके समविद्युत बिन्दु के निकट होता है। समविद्युत बिन्दु पर प्रतिक्रिया में पृथक् होने वाले परिवर्तन एक-दूसरे के सन्तुलन में रहते हैं।

हाइड्रोजन आयन के सान्द्रण में परिवर्तन होने से एन्जाइम की क्रिया की तीव्रता पर अधिक प्रभाव पड़ता है। 'H' आयन की सक्रियता को हम निम्न चित्र के द्वारा प्रदर्शित करते हैं।

उपर्युक्त चित्र में pH का अभिक्रिया वेग (Reaction velocity) के साथ आलेखित किया गया है। वक्र के आलेखन से ज्ञात होता है कि अत्यन्त कम pH पर एन्जाइम का अभिक्रिया वेग कम हो जाता है। यही स्थिति अधिक अभिक्रिया वेग पर पायी जाती है। जिस pH पर एन्जाइम का अभिक्रिया वेग अत्यधिक होता है उसे pH अनुकूलतम (pH Optimum) कहते हैं। अग्र तालिका में कुछ एन्जाइम का अनुकूलतम मान (Optimum value) को दर्शाया गया है।



चित्र क्र. 3.7: Effect of pH on Enzyme

2. **ताप (Temperature)**— एन्जाइम की क्रिया के लिए उत्तेजित होने में कम ऊर्जा की आवश्यकता होती है, ताप ऊर्जा प्रदान करता है। इस कारण कम तापमान पर एन्जाइम अभिक्रियाशील होता है। बहुत कम तापमान पर या अधिक तापमान पर एन्जाइम निष्क्रिय ही रहता है। इससे यह प्रमाणित होता है कि एन्जाइम अण्ड एक प्रोटीन है उसका विकृतीकरण (Denaturation) हो जाता है। अनेक एन्जाइम का विकृतीकरण 60°C पर हो जाता है। 10°C के नीचे भी यही अवस्था पायी जाती है। तापमान एवं अभिक्रिया वेग (Reaction velocity) को निम्न चित्र में दर्शाया गया है।

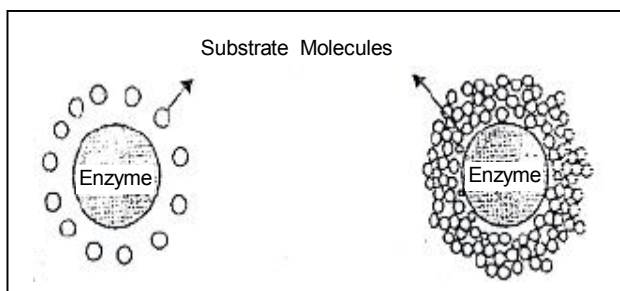
सभी एन्जाइम 40°C पर उचित प्रकार से क्रियाशील होते हैं। तापमान अधिक होने पर एन्जाइम का विकृतीकरण होना प्रारम्भ होता है।

टिप्पणी

3. किण्वभोज सान्द्रता (Substrate concentration)— प्रतिक्रिया की अन्य परिस्थितियों को स्थिर रखने पर, एक निश्चित सान्द्रता तक पहुँचने तक किण्वभोज की सान्द्रता में वृद्धि एन्जाइम उत्प्रेरित प्रतिक्रियाओं को प्रभावित करती है तथा अन्तिम उत्पादों के निर्माण में वृद्धि होती है। एक निश्चित बिन्दु पर पहुँचने पर एन्जाइम संतृप्त हो जाता है तथा किण्वभोज की सान्द्रता में और अधिक वृद्धि का अन्तिम उत्पादों के निर्माण की गति पर कोई प्रभाव नहीं पड़ता है।

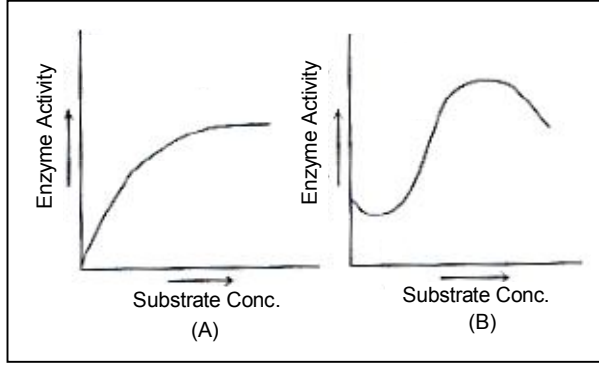
1902 में हैनरी (Henry) ने सुक्रोस (Sucrose) पर सुक्रेस (Sucrase) एन्जाइम के प्रभाव का अनुसंधान किया। उसके अनुसार किण्वभोज (Substrate) के कम सान्द्रता की अवस्था में एन्जाइम की क्रियाशीलता में निरन्तर वृद्धि होती है, लेकिन सान्द्रता (Concentration) के अधिक हो जाने पर क्रियाशीलता कम हो जाती है। हैनरी के निष्कर्ष के अनुसार एन्जाइम किण्वभोज सम्मिश्रण का होना एन्जाइम क्रियाशीलता के लिए आवश्यक है। अनेक अनुसंधानों के पश्चात् हैनरी के अनुसंधान की पुष्टि हो गई। कम से कम किण्वभोज सान्द्रता की अवस्था में दो बिन्दु होते हैं जो कि क्रियाशीलता वेग (Reaction velocity) को प्रभावित करती हैं—

- (i) एन्जाइम द्वारा उत्प्रेरित नैज क्रियाशीलता वेग (Intrinsic velocity of reaction)।
- (ii) एन्जाइम अणुओं की किण्वभोज अणुओं के साथ आवृत्ति (Collision frequency)।



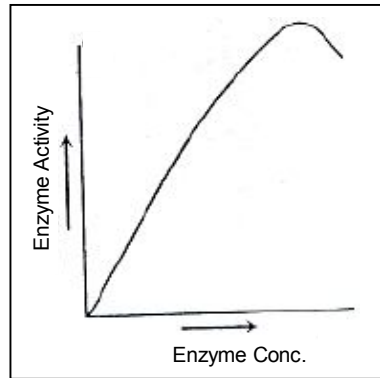
चित्र क्र. 3.8: Collision Frequency of Enzyme Molecules

जब किण्वभोज की मात्रा में वृद्धि होती है तब संघट्ट आवृत्ति का क्रियाशीलता वेग के साथ कोई सम्बन्ध नहीं होता। इस दशा में केवल नैज अभिक्रिया वेग ही कार्य करता है। जब किण्वभोज कम होगा तब एन्जाइम किण्वभोज में संघट्ट आवृत्ति अधिक होगी तथा एन्जाइम अधिक क्रियाशील होंगे। चित्र द्वारा यह निष्कर्ष निकलता है कि एन्जाइम द्वारा उत्प्रेरित क्रियाओं का वेग किण्वभोज की सान्द्रता के साथ एक विशेष उच्चतम गति से वृद्धि करता है। इसके विपरीत यदि किण्वभोज की मात्रा पूर्व से ही एन्जाइम के अनुपात (Ratio) से अधिक है, तब अधिक किण्वभोज के प्रभाव से क्रिया पर कोई प्रभाव नहीं पड़ता।



चित्र क्र. 3.9: Effect of Substrate Concentration on Enzyme Activity

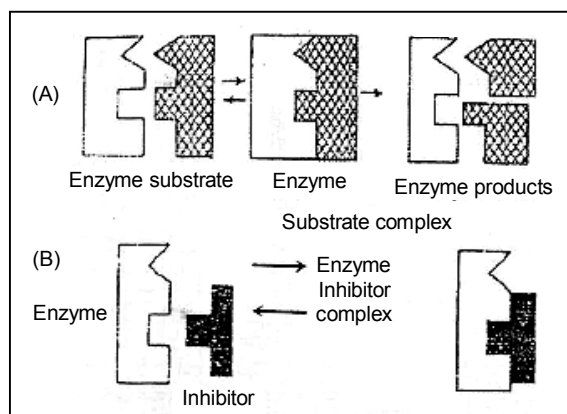
4. एन्जाइम की सान्द्रता (Concentration of Enzymes)— यदि एन्जाइम की सान्द्रता में वृद्धि होती है तब एन्जाइम की अभिक्रिया में भी वृद्धि होती है। जब अत्यधिक मात्रा में सबस्ट्रेट उपस्थित होता है एन्जाइम की सान्द्रता में दोगुनी वृद्धि होती है, सामान्य रूप से उत्पाद के निर्माण की दर से दोगुनी वृद्धि होती है। एक निश्चित एन्जाइम की सान्द्रता पर एक ऐसा बिन्दु आता है जब सबस्ट्रेट के सभी अणु एन्जाइम से बंध जाते हैं और एन्जाइम की वृद्धि का प्रभाव उत्पाद के निर्माण पर बिल्कुल नहीं होता है।



चित्र क्र. 3.10: Effect of Enzyme Concentration on Enzyme Activity

5. एक्टिवेटर्स (Activators)— यह सामान्य रूप में अकार्बनिक उत्प्रेरक हैं जो उत्प्रेरकों (Catalyst) की सक्रियता को प्रभावित करते हैं। इसके अन्तर्गत धात्विक आयन्स (Metallic ions) एवं प्रोएन्जाइम सक्रियकारक (Proenzyme activators) आते हैं। इनमें से कुछ एन्जाइम के भाग हैं और कुछ सह-एन्जाइम (co-enzyme) के समान क्रियाशील होते हैं और कुछ बाहर की स्थिति में रहते हुए क्रियाशील होते हैं। जैसा कि ATP की अभिक्रियाएँ Mg^{++} आयन्स की सान्द्रता एवं थोम्बिन की सक्रियता कैल्शियम आयन्स पर निर्भर करती है।

टिप्पणी



चित्र क्र. 3.11: (a) Enzyme Action (b) Inhibition

कुछ धातुयुक्त एवं धातु द्वारा उत्तेजित एन्जाइम

- | | |
|------------------------------|---|
| (i) लोहा (Iron) | – साइटोक्रोम (Cytochrome) |
| | – साइटोक्रोम-C-रिडक्टेस (Cytochrome-C-reductase) |
| | – हाइड्रोपेरोक्सीडेस (Hydroperoxidase) |
| (ii) ताँबा (Copper) | – ट्राइओसिनेस (Triosinase) |
| | – ऐस्कार्बिक अम्ल ऑक्सीडेस (Ascorbic acid oxidase) |
| (iii) मैग्नीशियम (Magnesium) | – फॉस्फेटेस (Phosphatase) |
| | – ए.टी.पी.एन्जाइम (A.T.P. Enzyme) |
| | – पेप्टाइडेस (Peptidase) |
| (iv) पोटेशियम (Potassium) | – फॉस्फोपाइरूवेट ट्रान्स फॉस्फोराइलेस (Phosphopyruvate trans phosphorylase) |
| (v) कैल्शियम (Calcium) | – एक्टोमायोसिन (Actomyosin) |
| (vi) जिंक (Zinc) | – कार्बोनिक एनहाइड्रेस (Carbonic anhydrase) |
| (vii) मैंगनीज (Manganese) | – पेप्टाइडेस (Peptidase) |

6. निरोधक (Inhibitors)— यह एन्जाइम की क्रियाशीलता में अवरोध उत्पन्न करते हैं। इसके अन्तर्गत Cu, Hg, Fe, Cl, As के आयन निरोधक का कार्य करते हैं तथा इनकी बंधुता एन्जाइम द्वारा प्रक्रिया करने वाले पदार्थों से अत्यधिक होती है। साथ ही साथ यह जीवद्रव्य में पाये जाने वाले प्रोटीन्स को अवक्षेपित कर देते हैं।

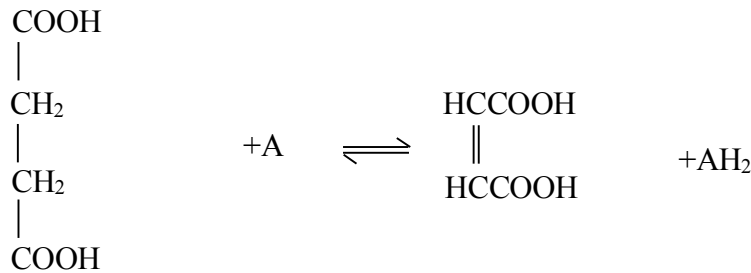
टिप्पणी

एन्जाइम एवं निरोधक एक एन्जाइम-निरोधक संकुल (Enzyme-Inhibitor Complex) को बनाते हैं। ऐसे यौगिक जो कि एन्जाइम के साथ इस प्रकार संयोजन करते हैं कि सामान्य सबस्ट्रेट/किण्वभोज एन्जाइम के संयोजन तथा उत्प्रेरक क्रिया को अवरोधित करते हैं। इनको एन्जाइम निरोधक (Enzyme inhibitors) कहते हैं।

निरोधकों को प्रतिस्पर्धात्मक (Competitive) एवं नॉन-प्रतिस्पर्धात्मक (Non-competitive)/अप्रतिस्पर्धात्मक (Enzyme inhibitors) में वर्गीकृत करते हैं—

1. प्रतिस्पर्धात्मक निरोधक (Competitive inhibitors)— इस प्रकार के निरोधन में दोनों निरोधक एवं सबस्ट्रेट अणु एन्जाइम के साथ संयोजन करने के लिए प्रतिस्पर्धा करते हैं। यदि निरोधक अत्यधिक उच्च सान्द्रता में होते हैं तब यह सबस्ट्रेट अणुओं को हटा देते हैं। इसके विपरीत यदि सबस्ट्रेट की सान्द्रता अधिक होती है तब निरोधक हटा दिये जाते हैं। इसका मुख्य कारण है कि अवरोधक एन्जाइम से दूर कर दिया जाता है और एन्जाइम अभिक्रिया की दर सामान्य सबस्ट्रेट के लिए बढ़ जाती है।

उदाहरण— इस प्रतिस्पर्धात्मक अवरोधन को सक्सिनेट डीहाइड्रोजिनेस (Succinate dehydrogenase) के द्वारा दर्शाया गया है, यह निम्नलिखित अभिक्रिया को उपयुक्त हाइड्रोजन ग्राहिता (Acceptor 'A') की उपस्थिति में उत्प्रेरण करता है—

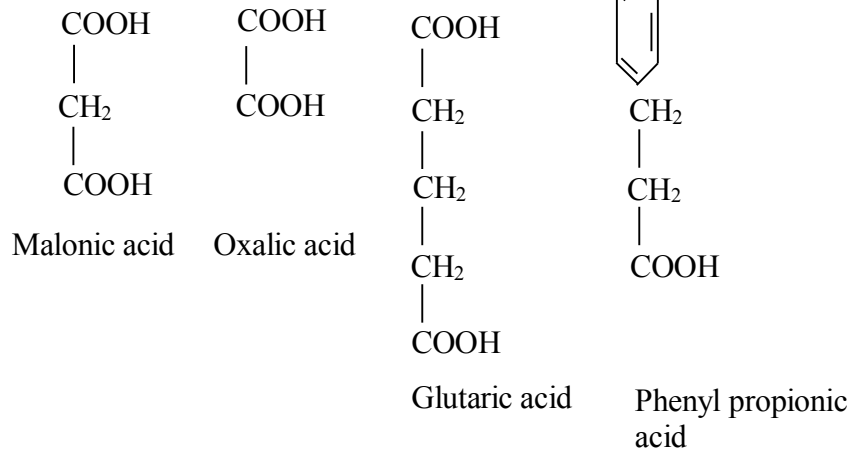


सक्सिनिक अम्ल + ग्राहता \rightleftharpoons फ्यूमेरिक अम्ल + अपचयित ग्राहता
 (Succinic acid) (Acceptor) (Fumaric acid) (Reduced acceptor)

अधिकांश यौगिक जो कि संरचना की दृष्टि से सक्सिनिक अम्ल (Succinic acid) के समान होते हैं और वह डीहाइड्रोजिनेटेड (Dehydrogenated) नहीं होते हैं तथा एन्जाइम के साथ संयोजन करते हैं, सामान्य अभिक्रिया के उत्प्रेरण के सक्रिय स्थल को अवरोधित कर रोक देते हैं। अनेक यौगिक जो सक्सिनेट डीहाइड्रोजिनेस को अवरोधित करते हैं निम्नलिखित हैं—

- मेलोनिक अम्ल (Malonic acid)
- ऑक्सैलिक अम्ल (Oxalic acid)
- फिनाइलप्रोपियोनिक अम्ल (Phenylpropionic acid), आदि।

टिप्पणी



प्रतिस्पर्धात्मक अवरोधक व्युत्क्रमित (Reversible) होते हैं, अर्थात् जब एन्जाइम के अणु से अवरोधक अणु को हटा दिया जाता है तब एन्जाइम की अभिक्रिया व्युत्क्रमित होती है। तब उत्प्रेरित अभिक्रिया की दर अवरोधक सान्द्रता, सबस्ट्रेट सान्द्रता एवं एन्जाइम के साथ निरोधक एवं सबस्ट्रेट की आपेक्षिक सजातीयता पर पूर्णतः आधारित होती है।

2. नॉन-प्रतिस्पर्धात्मक अवरोधक (Non-Competitive inhibitors)— इसके अन्तर्गत अवरोधक/निरोधक (विष) एन्जाइम के विभिन्न कार्यात्मक समूहों के साथ क्रिया करते हैं। यह एन्जाइम की सामान्य अभिक्रिया के उत्प्रेरण को अवरोधित कर देते हैं, परिणामस्वरूप मृत्यु हो जाती है। सबस्ट्रेट की सान्द्रता की वृद्धि के कारण नॉन-प्रतिस्पर्धात्मक निरोधक व्युत्क्रमित नहीं होता है।

3. अप्रतिस्पर्धात्मक निरोधक (Uncompetitive inhibitors)— इसके अन्तर्गत एन्जाइम सबस्ट्रेट एवं निरोधक अणु के बीच एक संकुल (Complex) बनता है, एन्जाइम-निरोधक संकुल नहीं बनता।

4. अन्य प्रकार के निरोधक (Other inhibitors)— इस श्रेणी के अन्तर्गत कोई भी यौगिक पदार्थ जो कि एन्जाइम प्रोटीन के साथ अभिक्रियाशील है वह एन्जाइम की वास्तविक क्रिया को रोकता है।

उदाहरण—

- (i) ट्राईआयडोऐसीटेट (Tri iodoacetate) पेपैन एन्जाइम की क्रिया का निरोध करता है।
- (ii) आर्सेनिक (Arsenic) सक्सिनो ऑक्सीडेस की क्रिया का निरोध करता है।
- (iii) फेरीसायनाइड, B एमाइलेस की क्रिया का निरोध करता है।
- (iv) आयोडीन (Iodine) लैक्टिक डिहाइड्रोजेनेस की क्रिया का निरोध करता है।
- (v) आरसेनेट (Arsenate) फॉस्फो ट्रान्स एसिटाइलेस की क्रिया का निरोध करता है।
- (vi) फ्लोराइड (Fluoride) इनोलेस एन्जाइम की क्रिया को रोकता है।

3.9 एन्जाइम की विशिष्टता (Specificity of Enzymes)

उत्प्रेरक (Catalyst) की क्रिया में एक विशेषता होती है कि प्रत्येक उत्प्रेरक किसी भी समूह के सभी यौगिकों पर या एक यौगिक पर क्रिया करता है। इसी प्रकार एन्जाइम भी क्रिया करता है। इस तथ्य को निम्न सारणी के द्वारा दर्शाया गया है—

टिप्पणी

सारणी क्र. 3.1

एन्जाइम (Enzyme)	किण्वभोज (Substrate)	किण्वभोज के अणु (Molecules of Substrate)
1. युरियेस (Urease)	यूरिया (Urea) $\text{CO} \begin{cases} \text{NH}_2 \\ \text{NH}_2 \end{cases}$	एक कार्बनिक यौगिक
2. पेप्टाइडेस (Peptidase)	प्रोटीन (Protein)	एक समूह जिसको प्रोटीन कहते हैं
3. ग्लूकोसाइडेस (Glucosidase)	(a) α -ग्लूकोसाइड (Glucoside) (b) α -मिथिल-D-ग्लूकोसाइड (α -Methyl-D-Glucoside) (c) माल्टोज (Maltose)	एक समूह के यौगिक
4. डीकार्बोक्सीलेस (Decarboxylase)	$\text{RCOOH} \longrightarrow \text{RH} + \text{CO}_2$	एक समूह जिसको कार्बनिक अम्ल कहते हैं।

किण्वभोज (Substrate) एवं एन्जाइम की अणु संरचना पर विशिष्टता निर्भर होती है। एन्जाइम की विशिष्टता निम्न तीन प्रकार की होती है—

- निरपेक्ष विशिष्टता (Absolute specificity)**— इस प्रकार की विशिष्टता में एक एन्जाइम की किसी विशेष समूह या बंधन पर अभिक्रिया होती है, जैसे— पेप्सिन (Pepsin) एन्जाइम केवल पेप्टाइड बंध CO-NH का जल अपघटन (Hydrolysis) करता है। इसी प्रकार से हाइड्रोजिनेस (Hydrogenase) एन्जाइम भी विशेष समूह के यौगिक पर क्रिया करता है। एल्कोहॉल लेक्टिक डीहाइड्रोजिनेस (Lactic dehydrogenase) केवल एल्कोहॉल अम्ल एवं हाइड्रॉक्सी अम्ल (Hydroxy acid) अपचय करता है।
- प्रकाशिक विशिष्टता (Optical specificity)**— कुछ एन्जाइम ऐसे होते हैं जो कि त्रिविम रासायनिक (Stereochemical) विशिष्टता को दर्शाते हैं। एक एन्जाइम एक ही ध्रुवण घूर्णक यौगिक अर्थात् दक्षिण ध्रुवण घूर्णक एवं दूसरा एन्जाइम वाम ध्रुवण घूर्णक पर क्रियाशील होता है।

उदाहरण—

माल्टेस (Maltase) एन्जाइम L-ग्लूकोसाइड (Glucoside) से क्रिया करता है, लेकिन ये D-ग्लूकोसाइड पर क्रियाशील नहीं होता है। इसी प्रकार कार्बोक्सी पेप्टाइडेस (Carboxy peptidase) केवल कार्बो बेंजोक्सी (Carbo benzoxy) ग्लाइसिल L-फेनिल अलानीन के L-समावयवी पर क्रियाशील होता है, असमावयवी पर क्रियाशील नहीं होता है।

3. **आपेक्षिक विशिष्टता (Relative specificity)**— इसका यह अर्थ होता है कि एक ही एन्जाइम का एक से अधिक किण्वभोज (Substrate) पर क्रियाशील होना। ट्रिप्सिन (Trypsin) एन्जाइम एमाइड बंध = R-CONH₂ का जल अपघटन करता है, लेकिन यह एन्जाइम ईस्टर बंध R-COOR का भी जल-अपघटन करता है।

3.10 एन्जाइम की उपयोगिता (Utility of Enzyme)

एन्जाइम की खोज अनेक वर्षों से होती चली आ रही है। शरीर की कोशिकाओं में एन्जाइम की उपस्थिति को जानने के पूर्व मनुष्य को किण्वन (Fermentation) का ज्ञान था, इसकी भी खोज हो चुकी थी कि किण्वन (फर्मेंटेशन) क्रिया में एन्जाइम का महत्वपूर्ण स्थान है। एन्जाइम की उपयोगिता निम्नलिखित प्रकार है—

3.10.1 औद्योगिक उपयोग (Industrial Utility)

1. दही बनाने में एन्जाइम रेन्निन का उपयोग किया जाता है।
2. पनीर बनाने में रेन्निन का उपयोग किया जाता है। रेन्निन एन्जाइम कैल्शियम केसीनेट (Calcium caseinate) को जमाने के पश्चात् पनीर में परिवर्तित करता है।
3. पेक्टिनेज (Pectinase) एन्जाइम, फलों के रस में स्थित पेक्टिक पदार्थों पर क्रिया कर जल-अपघटन (Hydrolysis) कर रस की गंदगी को दूर करता है।
4. कपड़े की धुलाई में स्टार्च का उपयोग होता है। कपड़ों के बन जाने के पश्चात् रंगने के लिए स्टार्च को हटाया जाता है। इसके लिए एमाइलेज (Amylase) एन्जाइम उपयोग में लाया जाता है।
5. निर्जल धुलाई (Dry cleaning) में एन्जाइम का उपयोग किया जाता है।

3.10.2 औषधियों में प्रयोग (Use in Medicine)

पाचन शक्ति में वृद्धि करने के लिए औषधियों में डायस्टेस (Diastase), पेप्सिन (Pepsin) का उपयोग किया जाता है जो कि स्टार्च तथा प्रोटीन का जल-अपघटन (Hydrolysis) करने में सहायक होते हैं।

3.11 को-एन्जाइम्स या को-फैक्टर (Co-enzymes or Co-factors)

टिप्पणी

वास्तव में को-एन्जाइम शब्द का प्रयोग कुछ ऐसे पदार्थों जैसे— Ca, Co, Cu, Na, K and Zn के आयन्स के लिए किया जाता है, जिनकी बहुत ही कम मात्रा की उपस्थिति में कोई भी एन्जाइम ऐक्शन (Action) या क्रियाशील अवस्था में आ जाता है। आधुनिक एन्जाइमॉलाजी (Enzymology) में इन साधारण अकार्बनिक पदार्थों को को-एन्जाइम्स न कहकर, मेटेलोएन्जाइम्स (Metalloenzymes) कहा जाता है। बर्सिन (Bersin) ने इन्हें सामान्यतः “कॉम्प्लीमेंट्स (Complements)” कहा। कुछ एन्जाइम्स में ये मेटल आयन्स प्रोटीन्स से दृढ़ता से जुड़े रहते हैं, जबकि कुछ एन्जाइम्स से इन्हें आसानी से अलग किया जा सकता है।

अनेक एन्जाइम्स में उनके प्रोटीन के भाग से एक कम अणुभार वाला नॉन-प्रोटीनेशियस ऑर्गेनिक अंश या भाग (Non-proteinaceous organic component) जैसे— विटामिन B, जुड़ा रहता है। इसे को-एन्जाइम कहते हैं। यह एन्जाइमेटिक प्रतिक्रिया के लिए आवश्यक होता है। एन्जाइम का प्रोटीन वाला भाग (जो वास्तव में एन्जाइम होता है) एपोएन्जाइम (Apoenzyme) कहलाता है। एपोएन्जाइम तथा को-एन्जाइम को मिलाकर होलोएन्जाइम (Holoenzyme) कहते हैं।

को-एन्जाइम्स साधारणतः हाइड्रोजन एटमस् या अन्य फंक्शनल या कार्यशील समूहों (Functional groups) जिन्हें सब्स्ट्रेट से अलग किया गया हो या सब्स्ट्रेट के भाग हैं, के लिए ग्राही या डोनर्स (Acceptor or Donors) की तरह कार्य करते हैं। चूँकि ये को-फैक्टर्स (Co-factors) जिनको एन्जाइम प्रोटीन से बहुधा या बारम्बार पृथक किया जा सकता है, को स्पष्ट तौर पर को-सब्स्ट्रेट (Co-substrate) कहा जा सकता है। को-एन्जाइम को प्रोस्थेटिक समूह (Prosthetic group) भी कहते हैं। प्रत्येक प्रोटीन एन्जाइम से एक विशेष को-एन्जाइम जुड़ा रहता है, जो प्रतिक्रिया को एक नॉन-प्रोटीन प्रोस्थेटिक समूह की तरह उत्प्रेरित करता है। अकेले, को-एन्जाइम कोई भी केटेलिटिक या उत्प्रेरिक कार्य नहीं कर सकते और न अकेला एन्जाइम ही ऐक्टिव (Active) होता है। इस प्रकार, यद्यपि हाइड्रोजन एटम या फंक्शनल समूह के स्थानान्तरण में वास्तव में को-एन्जाइम ही भाग लेता है, किन्तु एन्जाइम का प्रोटीन अंश केटेलिटिक ऐक्टिविटी (Catalytic activity) के लिए आवश्यक होता है। एन्जाइम सभी रिएक्टेन्ट्स (Reactants) के सुनिश्चित कार्य को तय या ज्ञात करता है तथा उसी के मुताबिक विशेष प्रतिक्रिया के लिए को-एन्जाइम से संयोग करता है।

सभी कोशिकाओं में को-एन्जाइम्स सूक्ष्म मात्रा में पाये जाते हैं तथा एन्जाइम्स की तरह ये बार-बार क्रिया करते हैं। जो हाइड्रोजन एटमस् एक प्रतिक्रिया में को-एन्जाइम के द्वारा ग्रहण किये जाते हैं, वे दूसरी प्रतिक्रिया में को-एन्जाइम के द्वारा अन्य अणु को स्थानान्तर कर दिये जाते हैं। पौधे आवश्यक को-एन्जाइम्स को संश्लेषित करने में सक्षम होते हैं, जबकि जन्तु इनका संश्लेषण करने में असमर्थ होते हैं।

प्रायः सभी को-एन्जाइम्स विटामिन्स (विटामिन B) होते हैं। मुख्य को-एन्जाइम्स को निम्न सारणी में दर्शाया गया है।

टिप्पणी

Table no. 3.2: Classification of Co-enzymes Based on Functional Characteristic

(A) Co-enzymes for Transfer of H

Sr. No.	Co-enzyme	Function	Essential Nutritional Factor or Vitamin
1.	Nicotinamide adenine di-nucleotide (NAD ⁺)	Hydrogen Carrier	Nicotinic acid
2.	Nicotinamide adenine di-nucleotide phosphate (NADP ⁺)	”	Nicotinic acid
3.	Flavin mononucleotide (FMN)	”	Riboflavin
4.	Flavin adenine dinucleotide (FAD)	”	”
5.	Lipoic acid	”	None
6.	Co-enzyme Q(Ubiquinone)- An important component of ETS in the mitochondria.	”	None

(B) Co-enzymes for Group Transfer of Groups Other than H

Sr. No.	Co-enzyme	Function	Nutrient Factor or Essential Vitamins
1.	ATP and its relatives	Transphosphorylation	None
2.	Co-enzyme A (CoA)	Acetyl or Other acyl group transfer; fatty acid synthesis and oxidation	Pantothenic acid
3.	Thiamin pyrophosphate (Carboxylase)	Oxidative decarboxylation of α-Keto acids; active aldehyde carrier	Thiamin
4.	Pyridoxal phosphate	Reactions involving amino-acids- e.g. Decarboxylation, transamination	Pyridoxine

5.	Tetrahydrofolic acid	Reactions involving one carbon compounds	Folic acid
6.	Biotin	CO ₂ transfer	Biotin
7.	Cobamide coenzyme	Carbon chain isomerizations and certain -CH ₃ group transfer	Cyanocobalamin (B ₁₂)
8.	Lipoic acid	Oxidative decarboxylation; acyl acceptor	None

टिप्पणी

3.12 विटामिन (Vitamin)

विटामिन भोजन सुरक्षात्मक अवयव हैं, जो शरीर को रोगों से सुरक्षा प्रदान करते हैं। विटामिन एक जटिल कार्बनिक यौगिक है, जो शरीर की विभिन्न उपापचयी क्रियाओं, वृद्धि एवं विकास को नियन्त्रित करता है। यद्यपि शरीर को इनकी बहुत सूक्ष्म मात्रा में आवश्यकता होती है, फिर भी इनकी कमी या अनुपस्थिति से कई रोग उत्पन्न हो जाते हैं। जैसे- रतौंधी, बेरीबेरी, पेलाग्रा, अरक्तता, स्कर्वी, रिकेट्स, रूधिर का थक्का नहीं जमना, जनन शक्ति का कम होना इत्यादि। विटामिन की कमी से होने वाले रोगों को अल्पता रोग या अपूर्णता रोग (Deficiency diseases) कहते हैं। पादपों में विटामिन का संश्लेषण होता है। जन्तु एवं मनुष्य विटामिन्स की आपूर्ति पौधों एवं उनके उत्पादों से करते हैं। भोजन पकाने की दोषपूर्ण पद्धति (अधिक समय तक गर्म करते रहना) के कारण कुछ विटामिन्स नष्ट हो जाते हैं, जो हमें भोजन से प्राप्त नहीं होते हैं।

सन् 1911 में सी. फंक (C. Funk) ने बताया कि भोजन में साधारण पोषक तत्वों के अलावा भी कुछ आवश्यक पदार्थ होते हैं, जो जन्तु शरीर में सामान्य कार्य करते हैं। उसने इन्हे विटामिन नाम प्रदान किया। विटामिन का नामकरण अंग्रेजी वर्णमाला के बड़े अक्षरों के अनुसार दिया गया है। जैसे- A, B, C, D, E, K इत्यादि। अभी तक लगभग 20 प्रकार के विटामिन का पता लगाया जा चुका है।

विटामिन का रासायनिक संघटन (Chemical Composition of Vitamin)— रासायनिक दृष्टि से विटामिन भिन्न-भिन्न होते हैं। इनमें से कुछ विटामिन अल्कोहल, कुछ स्टेरॉल (Sterol) एवं कुछ क्विनोन (Quinone) होते हैं।

टिप्पणी

3.12.1 विटामिन का वर्गीकरण (Classification of Vitamin)

विटामिन्स को उनकी घुलनशीलता के आधार पर दो भागों में विभक्त किया गया है—

1. वसा में घुलनशील विटामिन (Fat Soluble Vitamins)

उदाहरण—

- विटामिन A (Retinol)
- D (Calciferol)
- E (Tocopherol)
- K (Phylloquinone)

2. जल में घुलनशील विटामिन (Water Soluble Vitamins)

उदाहरण—

- विटामिन B₁ (Thiamine)
- B₂ (Riboflavin)
- B₃ (Pantothenic acid)
- B₁₂ (Cyanocobalamine)
- H (Biotene)
- फोलिक अम्ल (Folic acid)
- C (Ascorbic acid)

3.12.2 विटामिन की परिभाषा (Definition of Vitamin)

विटामिन जटिल कार्बनिक पदार्थों का एक समूह है, जो कोशिकीय उपापचय में उत्प्रेरकीय रूप से सह-प्रकिण्व (Co-enzyme) की भाँति कार्य करता है।

3.12.3 विटामिन का स्रोत (Source of Vitamin)

पौधों, कवकों तथा जीवाणुओं द्वारा विभिन्न प्रकार के विटामिन्स का संश्लेषण, हरी पत्तेदार सब्जियाँ, फल, अनाज, दूध, मक्खन, माँस, अण्डा, खमीर, गाजर, पपीता, मटर, सूर्य का प्रकाश इत्यादि।

सारणी क्र. 3.3: विटामिन्स के कार्य और उनके महत्वपूर्ण स्रोत
(Functions of Vitamins and their Important Source)

एन्जाइमों के नियामक...

क्र.	विटामिन का नाम	घुलनशीलता एवं नष्ट होना	कार्य	स्रोत एवं वयस्क शरीर की नियमित आवश्यकता	कमी से होने वाले रोग व लक्षण
1	विटामिन A (Retinol or Aexophthol) C ₄₀ H ₅₆	वसा में घुलनशील एवं तीव्र प्रकाश में नष्ट	शरीर की वृद्धि, रात्रि दृष्टि के लिये, त्वचा को स्वस्थ रखने के लिये एवं श्लेष्मिक झिल्ली की सक्रियता के लिये	मटर, टमाटर, पपीता, गाजर, फल, दूध, मक्खन, मछली के यकृत का तेल, अण्डे की जर्दी, हरी पत्तेदार सब्जियों में इत्यादि। (2 mg.)	वृद्धि रुकना, रोग प्रतिरोधक क्षमता में कमी आना, त्वचा का शुष्क व शल्की होना, रतौंधी रोग होना, कंजकटाइवा व कार्निया का शुष्क होना फलतः नेत्र का शुष्क होना। अन्धापन (जेरोफथैल्मिया)
2	विटामिन B यह नाइट्रोजन युक्त विटामिन है। यह सहप्रकिण्व के रूप में कार्य करता है। यह लगभग 11 विटामिन्स का समूह है। इसलिये इसे विटामिन B समुदाय (Vitamin B Complex) कहते हैं।				
3	विटामिन B ₁ (Thiamine) C ₁₂ H ₁₇ ON ₄ S	जल में घुलनशील एवं खाना पकाने व मीठे सोडे में नष्ट	सामान्य वृद्धि, कार्बोहाइड्रेट उपापचय में, हृदय, तन्त्रिका एवं पेशियों की सक्रियता के लिए, सहप्रकिण्व की तरह	अनाज, दालों, फलियों, सोयाबीन कड़े छिलके वाले फल, पत्तेदार सब्जियाँ, अंकुरित अनाज, दुध, अण्डा, खमीर इत्यादि। (1.5 mg)	वृद्धि रुकना, भूख कम लगना, वजन घटना, बेरे-बेरी रोग होना, थकान लगना, बदहजमी, पेट की खराबी, हृदय का कमजोर होना।

टिप्पणी

स्क-अधिगम
पाठ्य सामग्री

टिप्पणी

4	विटामिन B ₂ (Riboflavin) C ₁₇ H ₂₀ O ₆ N ₄	जल में घुलनशील एवं प्रकाश में नष्ट	शरीर की वृद्धि, कार्बोहाइड्रेट उपापचय आँखों की सक्रियता, सहविकर के रूप में	यकृत, मांस, दूध, हरी पत्तेदार सब्जियों, अण्डा, खमीर, गेहूँ, चना, प्याज इत्यादि। (2 mg.)	वृद्धि का रुक जाना, धुंधली दृष्टि का होना (मोतियाबिन्दु) जीभ पर छाले पड़ जाना, असमय बुढ़ापा आना, अधिक प्रकाश को सहन नहीं कर पाना, त्वचा में जलन व सूजन आ जाना।
5	विटामिन B ₃ (Pentothenic acid) C ₉ H ₁₇ O ₅ N	जल में घुलनशील एवं नष्ट होने का स्पष्ट नहीं	सहप्रकिण्व का घटक, उपापचयी क्रियाओं में भाग लेना	यकृत, वृक्क, मांस, मटर, खमीर, टमाटर, मूँगफल्ली, गुड़, दूध, अण्डे इत्यादि में। (5-10 mg)	बाल सफेद होना, बुढ़ापे के लक्षण जल्दी प्रकट होना, त्वचा शोथ इत्यादि।
6	विटामिन B ₅ (Niacin or Nicotinamide) C ₆ H ₅ NO ₂	जल में घुलनशील एवं पकाने में नष्ट।	सहप्रकिण्व की भाँति कार्य करना, उपापचय क्रिया में भाग लेने वाले NAD और NADP का भाग होता है।	वृक्क, यकृत, दूध, खमीर, अण्डे, अनाज के छिलके, मूँगफली, मटर, सेम, मछली, हरी पत्तेदार सब्जियाँ, टमाटर, आलू इत्यादि। (20 mg)	पेलाग्रा (Pellagra) रोग होना, जिसमें मस्तिष्क एवं पाचन तन्त्र ठीक प्रकार से कार्य नहीं करते, जीभ का चिकनापन त्वचा पर फोड़े-फुंसी का होना।
7	विटामिन B ₆ (Pyridoxine) C ₈ H ₁₂ O ₃ N	जल में घुलनशील एवं पकाने व मुख्य गर्भ निरोधक गोलियों से नष्ट।	हीमोग्लोबिन संश्लेषण में भाग लेना, अमीनो अम्ल व प्रोटीन के उपापचय में सहप्रकिण्व का कार्य।	अनाज, हरी पत्तेदार, सब्जियाँ, यकृत, वृक्क, मांस, मछली, ब्रेड, फली वाले बीज, अनाज, दूध, खमीर इत्यादि। (2 mg)	चर्म रोग, वजन की कमी, अरक्तता होना, मस्तिष्क का ठीक से कार्य नहीं करना।
8	विटामिन B ₉ या M (Folic acid) C ₁₉ H ₁₉ N ₇ O ₆	जल में घुलनशील	रूधिर कणिकाओं के निर्माण में, न्यूक्लिक अम्ल के उपापचय में	पालक, पत्तागोभी, वृक्क, यकृत, मशरूम, गेहूँ, सोयाबीन, मटर,	मनुष्य के मुख में नासूर पड़ जाना, अरक्तता, पेचिश

टिप्पणी

				टमाटर, केला इत्यादि। (0.5 mg)	
9	विटामिन B ₇ या H (Biotin) C ₁₂ H ₁₆ N ₂ O ₃ S	जल में घुलनशील एवं प्रतिजैविकी व सल्फा औषधियों के लम्बे समय तक उपयोग करने से नष्ट।	विभिन्न कार्बोक्सली-करण एवं विकारोक्सलीकरण क्रियाओं में भाग लेना, कार्बोहाइड्रेट उपापचय में त्वचा एवं बालों की सुरक्षा।	यकृत, वृक्क, अण्डपीतक, दूध, सब्जियाँ, फलों, दालों, मांस, गिरीदार फल, इत्यादि आँत में उपस्थित जीवाणुओं द्वारा भी संश्लेषित होता है। (साधारण खुराक में पर्याप्त मात्रा)	मानव में लकवा, शरीर में दर्द, बालों का गिरना, वृद्धि में कमी।
10	विटामिन B ₁₂ (Cyanocobalamin) C ₆₃ H ₉₀ O ₁₄ N ₁₄	जल में घुलनशील एवं अधिक ताप से नष्ट	लाल रूधिर कणिकाओं के निर्माण एवं परिपक्वण में, न्यूक्लिक अम्ल के संश्लेषण में, नाइट्रोजन उपापचय में	यकृत, अण्डयोक्त, मछली, दूध, पनीर इत्यादि में (3 mg)	रूधिर की कमी होना, लाल रूधिर कणिकाओं का आकार बढ़ जाना।
11	विटामिन C (Ascorbic acid) C ₆ H ₈ O ₆	जल में घुलनशील एवं ताप व प्रकाश में नष्ट	दाँतों का डेन्टीन व अस्थियों का आधारि बनाता है। दाँतों का विकास एवं मजबूती, मसूड़ों की निरोगता, घाव भरना इत्यादि।	खट्टे फलों में जैसे— संतरा, नींबू, टमाटर, अनानस, अंगूर, आँवला इत्यादि में (50 mg)	स्कर्वी रोग होना जिसमें मसूड़ों से रक्त व मवाद आना, मसूड़ों का फूलना, अस्थियों का कमजोर होना, त्वचा का फटना, त्वचा पर लाल धब्बे व चकते होना
12	विटामिन D (Calciferol) C ₂₈ H ₄₄ O	वसा में घुलनशील एवं मुख्य गर्भनिरोधक गोलियों से	रूधिर में Ca व P का संतुलन बनाना, दाँतों व अस्थियों की सामान्य वृद्धि, Ca व P के अवशोषण की क्षमता में वृद्धि करना।	दूध, मक्खन, अण्डा, कॉड या हेलिबार यकृत का तेल, त्वचा द्वारा सूर्य के प्रकाश में विटामिन D का संश्लेषण इत्यादि। (0.01 mg)	बच्चों में रिकेट्स (सूख रोग) दाँतों का कमजोर होना, दाँतों का सड़ना (पायरिया) बड़ों में ऑस्टियोमेलिसिया रोग होना।
13	विटामिन E (Tocopherol) C ₂₉ H ₅₀ O ₂	वसा में घुलनशील एवं ताप में नष्ट	जनन अंगों की सामान्य वृद्धि के लिये,	पत्तेदार सब्जियों, बिनौला एवं सोयाबीन तेल में	जनन शक्ति का कम होना (बन्ध्यता),

टिप्पणी

			उपापचय एवं पेशियों की वृद्धि के लिए कार्य करता है।	दूध, मक्खन, अंकुरित गेहूँ, सलाद, अल्फा, अल्फा की पत्तियों में। (15 mg)	पक्षाघात की स्थिति आना।
14	विटामिन K (Phylloquinone) $C_{31}H_{46}O_2$	वसा में घुलनशील एवं प्रति जैविकीय सल्फा औषधियों के लम्बे समय तक उपयोग करने से नष्ट।	रुधिर में प्रोथ्रोम्बिन के निर्माण में, रुधिर का थक्का बनाने में। सहप्रकिण्व Q के रूप में इलेक्ट्रॉन वाहक का कार्य।	बथुआ, पालक, फुलगोभी, पत्तागोभी, अण्डयोक, पनीर, टमाटर, आँत में सहजीवी जीवाणुओं द्वारा संश्लेषण। (0.07-0.14 mg)	रुधिर का लगातार बहना, ऐंठन आदि।

3.13 अपनी प्रगति जाँचिए प्रश्नों के उत्तर (Answers to Check Your Progress)

1. (ख)
2. (क)
3. (ग)
4. (घ)
5. (क)
6. (ग)
7. (घ)
8. (ख)

3.14 सारांश (Summary)

प्रत्येक प्राणी में तापमान सहन/वहन करने की क्षमता एक निश्चित सीमा में पायी जाती है। ये क्षमता तापमान सहन करने की विभिन्न जातियों में भिन्न होती है। इसका इस पाठ में सरल तरीके से विस्तार से समझाया है। एन्जाइम्स (Enzymes) प्रोटीन के बने, अधिक अणुभार वाले जटिल कार्बनिक पदार्थ हैं। इनकी परिभाषा, नाम एवं वर्गीकरण को विस्तार से बताया गया है।

इस पाठ में विटामिन भोजन का सुरक्षात्मक अवयव है। ये शरीर की रोगों से सुरक्षा प्रदान करते हैं।

3.15 मुख्य शब्दावली (Key Terminology)

- मिततापी (Stenothermal)
- असीमतापी (Eurythermal)
- असमतापी (Poikilothermic)
- समतापी (Homeothermic)
- विषमतापीय (Heterothermy)
- विकिरण (Radiation)
- उत्सर्जकता (Emissivity)
- चालन (Conduction)
- अपघटन (Hydrolysis)
- आइसोमेरेसेज (Isomerases)
- आइसोमराइजेशन (Isomerization)
- ट्रान्सामीनेसेस (Transaminases)
- Vitamins, A, B, C, D, E, K Retinol, Thiamine

टिप्पणी

3.16 स्व-मूल्यांकन प्रश्न एवं अभ्यास (Self Assessment Questions and Exercises)

लघु उत्तरीय प्रश्न (Short Answer Type Questions)

1. संक्षिप्त टिप्पणी लिखिए—
 - (i) असमतापी
 - (ii) विकिरण
 - (iii) संवहन
 - (iv) उत्सर्जकता
2. ताप उत्पादन का संक्षिप्त में वर्णन कीजिए।
3. ताप नियन्त्रण का वर्णन कीजिए।
4. संक्षिप्त टिप्पणी लिखिए—
 - (i) विषमतापी
 - (ii) असीमतापी
 - (iii) कम्पन/कंपकंपी
 - (iv) समतापी
5. ताप नियमन के कारकों का वर्णन कीजिए।

टिप्पणी

6. गर्म रक्त प्राणियों के शरीर का आन्तरतम तापक्रम का वर्णन कीजिए।
7. शरीर एवं वातावरण के मध्य ऊष्मा विनिमय का संक्षिप्त में वर्णन कीजिए।
8. संक्षिप्त में वर्णन कीजिए—
 - (i) ऊष्मा की हानि
 - (ii) एक्सर्गोनिक क्रियाएँ
 - (iii) ऊष्मा रोधन
 - (iv) जल का वाष्पन
 - (v) हॉर्मोनल नियन्त्रण (ताप नियमन)
 - (vi) मिततापी
9. समतापी एवं असमतापी में अन्तर उदाहरण सहित वर्णन कीजिए।
10. निम्नलिखित पर टिप्पणी लिखिए—
 - (i) ट्रान्सफेरेज
 - (ii) हाइड्रोलेजेज
 - (iii) ऑक्सीडेशन-रिडक्शन एन्जाइम
11. एन्जाइम की नाम पद्धति का संक्षिप्त में वर्णन कीजिए।
12. एन्जाइम के वर्गीकरण का संक्षिप्त में वर्णन कीजिए।
13. लेहलिंगर का एन्जाइम का वर्गीकरण वर्णन करो।
14. संक्षिप्त टिप्पणी लिखो—
 - (i) रासायनिक अभिक्रियाओं के प्रकार को उत्प्रेरित करने वाले एन्जाइम्स
 - (ii) एन्जाइम्स की रासायनिक संगठन के अनुसार श्रेणियाँ
 - (iii) प्रोटीन को अपघटन करने वाले एन्जाइम्स
15. एन्जाइम्स की अभिक्रिया के मुख्य बिन्दुओं का वर्णन कीजिए।
16. एन्जाइम्स की सक्रियता को नियन्त्रित करने वाले कारक का नाम बताइये।
17. निम्नलिखित पर टिप्पणी लिखिए—
 - (i) एन्जाइम अभिक्रिया के अन्तर्गत होने वाले परिवर्तन
 - (ii) अभिप्रेरित अनुरूपता परिकल्पना
 - (iii) ताला कुँजी साँचा की परिकल्पना
18. एन्जाइम की सक्रियता को नियन्त्रित करने वाले कारकों का संक्षिप्त वर्णन कीजिए।
19. किन्हीं दो पर संक्षिप्त टिप्पणी लिखिए—
 - (i) एन्जाइम निरोधक
 - (ii) एक्टिवेटर्स
 - (iii) किण्वभोज सान्द्रता।

दीर्घ उत्तरीय प्रश्न (Long Answer Type Questions)

एन्जाइमों के नियामक...

1. ताप नियन्त्रण से आप क्या समझते हैं? प्राणियों में ताप नियन्त्रण का वर्णन कीजिए।
2. समतापी एवं असमतापी से आप क्या समझते हैं? प्राणियों में ताप नियन्त्रण एवं ताप नियन्त्रण कारकों का वर्णन कीजिए।
3. प्राणियों में ताप नियन्त्रण पर एक निबंध लिखिए।
4. प्राणियों में ताप नियमन, नियन्त्रण एवं विभिन्न कारकों का वर्णन कीजिए।
5. शरीर के सामान्य तापक्रम से आप क्या समझते हैं प्राणियों के शरीर एवं वातावरण के मध्य ऊष्मा विनिमय का वर्णन कीजिए।
6. ताप नियमन की परिभाषा दीजिए। असमतापी एवं समतापी प्राणियों में ताप नियमन एवं नियन्त्रण का वर्णन कीजिए।
7. मिततापी, असीमतापी से आप क्या समझते हैं? प्राणियों में ताप उत्पादन एवं नियमन का वर्णन कीजिए।
8. प्राणियों के शरीर में ऊष्मा उत्पादन एवं शरीर एवं वातावरण के मध्य ऊष्मा विनिमय का विस्तार से वर्णन कीजिए।
9. जल का वाष्पन, उत्सर्जकता एवं विकिरण से आप क्या समझते हो? ताप नियमन एवं नियन्त्रण को कशेरुक प्राणियों में वर्णन कीजिए।
10. ताप नियमन को किस वैज्ञानिक ने दर्शाया था? असमतापी एवं समतापी प्राणियों में अन्तर दर्शाते हुए, ताप नियमन पर एक संक्षिप्त निबंध लिखिए।
11. एन्जाइम क्या है? इनकी विशेषताओं का वर्णन कीजिए।
12. एन्जाइम से आप क्या समझते हैं? एन्जाइम कितने प्रकार के होते हैं?
13. एन्जाइम की परिभाषा दीजिए। एन्जाइम की नाम पद्धति एवं वर्गीकरण का वर्णन करो।
14. एन्जाइम की नाम पद्धति एवं वर्गीकरण पर एक निबंध लिखो।
15. एन्जाइम की परिभाषा दीजिए। एन्जाइम का अन्तर्राष्ट्रीय जैव-रसायनिकी युनियन के अनुसार वर्गीकरण का वर्णन कीजिए।
16. एन्जाइम की नाम पद्धति एवं लेहलिंगर की वर्गीकरण पद्धति का वर्णन कीजिए।
17. एन्जाइम की परिभाषा दीजिए। एन्जाइम की नाम पद्धति एवं वर्गीकरण पर एक लेख लिखिए।
18. एन्जाइम अभिक्रिया की क्रियाविधि पर एक निबंध लिखिए।
19. एन्जाइम क्या है? एन्जाइम्स की क्रियाविधि का वर्णन कीजिए।
20. एन्जाइम क्या है? एन्जाइम्स की विशेषताएँ एवं क्रियाविधि का उल्लेख कीजिए।

टिप्पणी

टिप्पणी

21. एन्जाइम्स की कार्यविधि के अन्तर्गत होने वाले परिवर्तन एवं क्रियाविधि का वर्णन कीजिए।
22. एन्जाइम्स अभिक्रिया की क्रियाविधि एवं नियन्त्रित करने वाले कारकों का वर्णन कीजिए।
23. एन्जाइम्स की क्रियाविधि को समझाइये।
24. एन्जाइम्स की क्रियाविधि को समझाने के लिए विभिन्न परिकल्पनाओं का वर्णन कीजिये।
25. मिचेलिस एवं मेण्टेन के सिद्धान्त का वर्णन कीजिए।
26. एन्जाइम अभिक्रिया की क्रियाविधि पर एक लेख लिखिए।

3.17 सहायक पाठ्य सामग्री (Suggested Readings)

Books of MP Hindi Granth Academy

1. Parker & Haswall : Text Book of Vertebrate Zoology
2. Kotpal, RL : Vertebrate
3. Jordan, EL and Verma, PS : Chordate Zoology
4. Rastogl, VB : Organic Evolution
5. Singh and Chaturvedi : Organic Evolution
6. Ernst W. Mayr : Evolution and the Diversity of life
7. Colbert : Evolution
8. Verma, PS and Agrawal, VK : Cell Biology, Genetics, Molecular Biology, Evolution
9. Verma PS : Animal Physiology
10. Nigam, HL : Animal Physiology
11. Wood, DW : Principle of Animal Physiology
12. Berry, AK : Animal Physiology and Biochemistry
13. Prosser, CL : Animal Physiology and Biochemistry
14. Goyal and Shastri : Animal Physiology
15. Shrivastava, HS : Biochemistry
16. Lehninger : Biochemistry

इकाई 4 तन्त्रिका-पेशीय समन्वयन (Neuro-Muscular Co-ordination)

टिप्पणी

संरचना (Structure)

- 4.0 परिचय
- 4.1 उद्देश्य
- 4.2 तन्त्रिका के प्रकार, न्यूरोग्लिया कोशिका और उसके कार्य
- 4.3 न्यूरोग्लिया के कार्य
 - 4.3.1 रासायनिक संगठन
- 4.4 तन्त्रिका आवेग संवहन की कार्यिकी
 - 4.4.1 तन्त्रिका आवेग
- 4.5 तन्त्रिका आवेग की कार्यिकी
 - 4.5.1 विश्राम क्षमता/विभव
 - 4.5.2 पुनःध्रुवण
 - 4.5.3 तन्त्रिका आवेग संवहन की क्रिया-विधि
- 4.6 उच्छलन प्रसारण
 - 4.6.1 युग्मानुबंधन
 - 4.6.2 तन्त्रिका आवेग की प्रकृति
 - 4.6.3 प्रतिक्षेप क्रिया/स्वतः प्रेरित क्रिया
 - 4.6.4 प्रतिक्षेप प्रतिक्रियाओं के प्रकार
- 4.7 पेशियों की संरचना और उनके प्रकार
 - 4.7.1 पेशियों के प्रकार
- 4.8 पेशीय संकुचन के सिद्धान्त एवं उसकी जैव-रसायनिकी
 - 4.8.1 पेशी-संकुचन की क्रियाविधि
 - 4.8.2 उत्तेजन-संकुचन युग्मन
 - 4.8.3 पेशी-संकुचन के सिद्धान्त
 - 4.8.4 पेशी-संकुचन का सर्पण सिद्धान्त
 - 4.8.5 विद्युत आवेशीय सिद्धान्त
 - 4.8.6 पेशीय संकुचन का आण्विक सिद्धान्त
 - 4.8.7 पेशी-संकुचन के समय होने वाले रासायनिक परिवर्तन
 - 4.8.8 कोरी चक्र
 - 4.8.9 हृदयी पेशी में संकुचन
 - 4.8.10 अरेखित पेशी में संकुचन
 - 4.8.11 पेशी थकान
- 4.9 पेशी संकुचन को प्रभावित करने वाले कारक
 - 4.9.1 पेशी संकुचन की और्जिकी
- 4.10 अपनी प्रगति जाँचिए प्रश्न के उत्तर
- 4.11 सारांश
- 4.12 मुख्य शब्दावली
- 4.13 स्व-मूल्यांकन प्रश्न एवं अभ्यास
- 4.14 सहायक पाठ्य सामग्री

4.0 परिचय (Introduction)

इसके अन्तर्गत तन्त्रिका तन्त्र और पेशीय संकुचन आता है। तन्त्रिक और पेशी, शरीर में कैसे कार्य करती है, और शरीर को अलग-अलग परिस्थिति में कैसे सम्भालती है।

4.1 उद्देश्य (Objectives)

तन्त्रिका और पेशी के कार्य और इनका शरीर को चलाने में सन्तुलन विभिन्न, (Enzymes) और (Chemical reaction) और हारमोन की मदद से कैसे होता है, यही उद्देश्य से इसको पढ़ाई में सम्मिलित किया है।

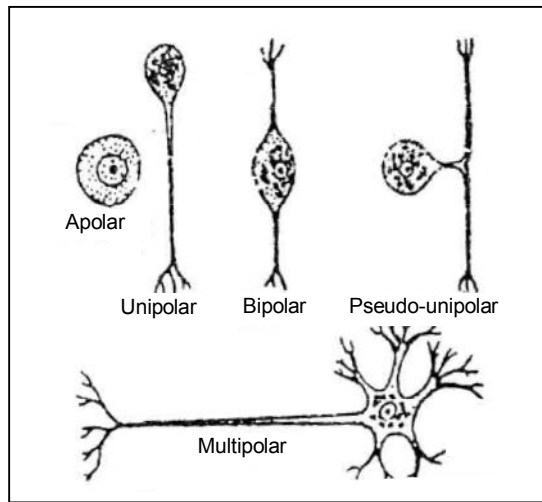
4.2 तन्त्रिका के प्रकार, न्यूरोग्लिया कोशिका और उसके कार्य (Types of Neurons, Neuroglia Cells and their Function)

तन्त्रिका कोशिकाओं से निकलने वाले प्रवर्धों की संख्या के आधार पर यह कोशिकाएँ तीन प्रकार की होती हैं—

1. **अध्रुवीय (Apolar)**— न्यूरोन्स इसमें प्रवर्धों का अभाव होता है। यह भ्रूणी न्यूरोएक्टोडर्मल (Neuroectodermal) कोशिकाओं में पाये जाते हैं।
2. **एकध्रुवीय (Unipolar)**— इस प्रकार की तन्त्रिका कोशिकाओं में एक्सॉन (Axon) नामक प्रवर्ध एक ही होता है। डेन्ड्रॉन (Dendron) का अभाव होता है। इस प्रकार की तन्त्रिका कोशिकाएँ सेरेब्रोस्पाइनल गैंगलियोन (Cerebrospinal ganglion) में मिलती हैं।
3. **द्विध्रुवीय (Bipolar)**— इन तन्त्रिका कोशिकाओं के दोनों सिरों से एक-एक प्रवर्ध निकला होता है। इनमें से एक प्रवर्ध लम्बा एक्सॉन (Axon) तथा छोटे आकार का डेन्ड्रॉइट (Dendrite) कहलाता है। यह तन्त्रिकाएँ आँख की रेटिना (Retina of eyes) एवं आठवीं कपाल तन्त्रिकाओं में मिलती हैं।
4. **स्यूडोयूनिपोलर न्यूरोन्स (Pseudounipolar neurons)**— इस प्रकार के द्विध्रुवीय न्यूरोन्स सभी सुषुम्ना की गुच्छिकाओं में पाये जाते हैं, साथ-ही-साथ यह कपालीय तन्त्रिकाओं (Cranial nerves) की गुच्छिकाओं में पाये जाते हैं। प्रारंभ में यह न्यूरोन्स प्रारूपी द्विध्रुवी एवं तर्कु-रूपी (Spindle-shaped) होते हैं। विकास जैसे ही आगे बढ़ता है प्रवर्ध एक स्थान पर आपस में मिल जाते हैं। कोशिकाकाय के एक ओर T-आकार की संरचना बन जाती है। इसकी एक शाखा डेन्ड्राइट तथा दूसरी शाखा एक्सॉन के रूप में होती है।

5. **बहुध्रुवीय (Multipolar)**— इस प्रकार की तन्त्रिकाओं में एक एक्सॉन (Axon) तथा अनेक डेन्ड्राइट्स (Dendrites) तन्त्रिका कोशिकाओं के सिरों से निकलते हैं। यह तन्त्रिका कोशिकाएँ मस्तिष्क (Brain) एवं सुषुम्ना (Spinal cord) में पायी जाती हैं। इस प्रकार के न्यूरॉन्स का आकार डेन्ड्राइट्स (Dendrites) की स्थिति एवं संख्या पर निर्भर करता है।

उदाहरण— सेरेब्रल कार्टेक्स (Cerebral Cortex) की पर्किन्जे कोशिकाएँ (Purkinje cells) तथा चालक कार्टेक्स (Motor cortex), पिरेमिडल कोशिका (Pyramidal cell) एवं ट्राइजेमिनल तन्त्रिका के सुषुम्ना केन्द्रक (Spinal nucleus) से छोटे न्यूरॉन्स सुषुम्ना (Spinal cord) के अधरीय श्रंगु (Ventral horn) से चालक न्यूरॉन्स आदि।



चित्र क्र. 4.1: Diagram to Show basic Morphological Features of the Types of Neurones

दूसरे वर्गीकरण के अनुसार न्यूरॉन्स (Neurons) दो समूहों (Groups) में वर्गीकृत किये गये हैं—

- **समूह I— गाल्जी प्रकार-I (Golgi type I)**— इस प्रकार के न्यूरॉन्स (Neurons) का एक्सॉन/तन्त्रिकाक्ष (Axon) अत्यधिक लम्बा होता है, इसका केन्द्रीय तन्त्रिका तन्त्र (Central nervous system) के धूसर पदार्थ (Grey Matter) उस बाहरी भाग से विस्तृत पथ होता है जहाँ कोशिकाकाय पाये जाते हैं और यह श्वेत पदार्थ (White matter) में जाता है। यह कोशिकाएँ न्यूरॉन्स का समूह बनाते हैं। सुषुम्ना एवं मस्तिष्क की परिधीय तन्त्रिकाएँ (Peripheral nerves) मुख्य तन्तु के पथ को बनाते हैं।
- **समूह II— गाल्जी प्रकार-II न्यूरॉन्स (Golgi type II-neurons)**— यह स्टीलेट प्रकार के तथा इनके न्यूरॉन्स छोटे होते हैं। यह धूसर पदार्थ (Grey matter) का वह भाग नहीं छोड़ते जिसमें कोशिकाकाय (Cell bodies) होती हैं। यह कोशिकाएँ नेत्र की रेटिना, सेरेब्रेलर (Cerebreller and celebral) कार्टेक्स में पाये जाते हैं। यह न्यूरॉन्स गोलाकार, अण्डाकार

टिप्पणी

(Oval), नाशपाती के आकार का (Pyriform) बहुभुजीय (Polyhedral) होते हैं जिसमें उनके प्रवर्ध निकले रहते हैं जो इसको तारे (Star) की आकृति देते हैं।

रासायनिक पदार्थों को मुक्त करने के आधार पर न्यूरॉन्स (Neurons) दो प्रकार के होते हैं—

- (i) **ऐड्रेनर्जिक न्यूरॉन (Adrenergic neuron)**— इस प्रकार के न्यूरॉन्स हार्मोन स्वभाव के रासायनिक पदार्थ को मुक्त करते हैं। अधिकांश पश्च गुच्छकीय अनुकम्पी तन्तु (Post ganglionic sympathetic fibres) सिम्पेथिन (Sympathin) को मुक्त करते हैं; यह एड्रोनेलिन (Adrenaline) हार्मोन के समान होता है, इस कारण इनको ऐड्रेनर्जिक न्यूरॉन्स (Adrenergic neurons) कहते हैं।
- (ii) **कॉलिनर्जिक न्यूरॉन्स (Cholinergic neurons)**— यह एक प्रकार का रासायनिक पदार्थ एसिटिल कोलाइन (Acetyl choline) को उत्पादित करती है, इसी कारण इसको कॉलिनर्जिक न्यूरॉन्स (Cholinergic neurons) कहते हैं। इस श्रेणी के अन्तर्गत पश्च गुच्छकीय परानुकम्पी (Post ganglionic para sympathetic) एवं अनुकम्पी (Sympathetic) तन्तु जो स्वेद ग्रन्थियों (Sweat glands) एवं गर्भाशय (Uterus) में पाये जाते हैं, आते हैं।

कार्यात्मक रूप से न्यूरॉन्स (Neurons) निम्नलिखित प्रकार के होते हैं—

- (a) **संवेदी न्यूरॉन्स (Sensory neurons)**— संवेदी न्यूरॉन्स में केवल एक तन्तु होता है जो कोशिकाकाय के पास दो शाखाओं में विभाजित होता है। संवेदी न्यूरॉन्स केवल ग्राहता अंगों (Receptor organs) में पाये जाते हैं। यह न्यूरॉन्स केन्द्रीय तन्त्रिका तन्त्र की ओर आवेग को संवाहित करते हैं।
- (b) **चालक न्यूरॉन्स (Motor neurons)**— इस प्रकार के न्यूरॉन्स मस्तिष्क एवं सुषुम्ना से आवेगों को शरीर के अन्य भागों को संवाहित करते हैं।
- (c) **अभिवाही तन्त्रिका तन्तु (ऐफेरेन्ट नर्व फाइबर— Afferent nerve fibres)**— इन तन्तुओं द्वारा उद्दीपन/उत्पीड़न (Stimuli) संवेदी अंगों (Sensory organs) से मस्तिष्क (Brain) या सुषुम्ना (Spinal cord) को ले जाये जाते हैं। इस कारण इन तन्त्रिकाओं का स्वभाव संवेदी (Sensory) होता है। यह दो प्रकार की होती हैं—
 - (i) दैहिक संवेदी (Somatic sensory) एवं
 - (ii) विसरल संवेदी (Visceral sensory)। यह तन्त्रिकाएँ शरीर की बाह्य सतह (External surface) एवं अन्तरांगों (Internal organs) से उद्दीपन के प्रभावों को ग्रहण करते हैं।

(d) अपवाही तन्त्रिका तन्तु (इफेरेन्ट नर्व फाइबर— Efferent nerve fibres)— यह तन्त्रिका तन्तु मस्तिष्क (Brain) या सुषुम्ना (Spinal cord) से प्राप्त उद्दीपन के प्रभावों को अंगों तक संवाहित करती हैं। इस कारण यह स्वभाव प्रेरक/चालक (Motor) होते हैं। यह दो प्रकार के होते हैं—

- (i) दैहिक प्रेरक (Somatic motor),
- (ii) विसरल प्रेरक (Visceral motor)।

इण्टेर्न्यूरोन्स (Interneurons) संवेदी/अभिवाही (Sensory) एवं अपवाही/चालक (Motor) न्यूरोन्स के बीच में पाये जाते हैं, जो अनेक महत्वपूर्ण कार्य एक तथा अनेक परिवर्तनीय पथों द्वारा संकेतों को प्रवाह करते हैं, कुछ संकेतों की तीव्रता में वृद्धि करते हैं, दूसरों की शक्ति को कम करते हैं और विसरित स्त्रोतों के संकेतों को अनेक चालक क्रियाओं के लिए सीखने के लिए समायोजित करते हैं।

न्यूरोस्रावी न्यूरोन्स (Neurosecretory Neurons) वह होते हैं जो कि न्यूरोहार्मोन्स (Neuro-hormones) को स्रावित करने के लिए विशिष्टता रखते हैं, तथा यह स्वतन्त्र रूप से एक इकाई के रूप में आवेगों को तन्त्रिका तन्त्र के अन्दर ही संवाहित या संचारित करने के लिए कार्य करते हैं, लेकिन तन्त्रिकाक्ष (Axon) का दूरस्थ भाग रक्त धारा के पास रहता है।

टिप्पणी

अपनी प्रगति जाँचिए (Check Your Progress)

1. निम्न में से कौन-सी एक तन्त्रिका ऊतक की इकाई है?

(क) एक्सॉन	(ख) न्यूरोन्स
(ग) डेन्ड्राइट्स	(घ) मायलीन शीथ
2. प्रत्येक तन्त्रिका तन्तु चारों ओर एवं दूसरे बन्डल से एक पतले स्तर से घिरी रहती है इसको कहते हैं _____

(क) एण्डोन्यूरियम	(ख) इपिन्यूरियम
(ग) ऐक्सोन्यूरियम	(घ) पेरिन्यूरियम
3. तन्त्रिका तन्तु पेशी तन्तु से _____ के द्वारा भिन्न होती है।

(क) सार्कोलेमा	(ख) रेखाएँ
(ग) डेन्ड्राइट्स	(घ) मायोफाइब्रिल्स
4. मेडुलेटेड तन्त्रिका तन्तु में रेन्वियर के नोड हैं _____

(क) एक्सॉन के फूलने का क्षेत्र	(ख) रेखित पेशियों में बनने वाले नोडस
(ग) आमाशय की भित्ति में पाये जाने वाले क्षेत्र	(घ) वह क्षेत्र जहाँ मायलिन शीथ एक्सॉन को छूती है

टिप्पणी

5. निम्नलिखित में से कौन सी संरचनाएँ विशेष रूप से तन्त्रिका कोशिका की हैं?
 - (क) केन्द्रक एवं सायटोप्लाज्म
 - (ख) एक्सॉन एवं डेन्ड्राइट्स
 - (ग) वेक्यूल्स एवं तन्तु
 - (घ) युग्मानुबंधन एवं गुच्छिका
6. निसल ग्रेन्यूल्स प्रमुख रूप से पाये जाते हैं _____
 - (क) नेफ्रान
 - (ख) न्यूरोन
 - (ग) सायटोन
 - (घ) डेन्ड्राइट्स
7. श्वान कोशिकाएँ एवं रेन्वियर के नोड _____ में पाये जाते हैं।
 - (क) न्यूरोन्स
 - (ख) कान्द्रोब्लास्ट
 - (ग) मास्ट कोशिको
 - (घ) ओस्टियोब्लास्ट
8. पूर्ण तन्त्रिका संयोजी ऊतक की एक सफेद मोटी स्तर से आवरित होती है जो _____ कहलाती है।
 - (क) एण्डोन्यूरियम
 - (ख) इपिन्यूरियम
 - (ग) न्यूरेलेमा
 - (घ) पेरिन्यूरियम

4.3 न्यूरोग्लिया के कार्य (Function of Neuroglia)

- (i) सहारा (Support) प्रदान करते हैं।
- (ii) अपरोधन (Insulation) का कार्य करते हैं।
- (iii) फैंगोसायटोसिस/जीवाणुभक्षण (Phagocytosis) का कार्य करते हैं। विकृति या रोगाणु अवस्था में माइक्रोग्लिया, अमीबा समान और जीवाणुभक्षी हो जाते हैं। यह केन्द्रीय तन्त्रिका तन्त्र की रक्त वाहिनियों एवं मेनिन्जेस (Meninges) में घूमकर जीवाणुओं का भक्षण करते हैं। सूजन (Inflammation) या रोगी अवस्था में इनकी संख्या में वृद्धि हो जाती है।
- (iv) ऐस्ट्रोसायट्स (Astrocytes) रक्त वाहिनियों की भित्ति के चारों ओर पाये जाते हैं और न्यूरोन्स (Neurons) के आयनिक वातावरण के नियमन का कार्य करते हैं तथा रक्त-मस्तिष्क के विलगन (Barrier) का कार्य करते हैं।
- (v) केन्द्रीय तन्त्रिका तन्त्र (Central nervous system) में श्वान कोशिका (Schwann cells) के समान ओलिगोडेन्ड्रोसायट (Oligodendrocyte) मायलिन आवरण/शीथ (Myelin sheath) का निर्माण करते हैं।

4.3.1 रासायनिक संगठन (Chemical Composition)

जीवित विश्राम अवस्था में तन्त्रिका ऊतक हल्का क्षारीय (Alkaline) होता है। सक्रिय अवस्था या मृत्यु के पश्चात् यह अम्लीय (Acidic) होता है।

तन्त्रिका ऊतक का प्रमुख लक्षण है— अत्यधिक कोलेस्ट्रॉल (Cholesterol) एवं फॉस्फोलिपिड (Phospholipid) की उपस्थिति।

तन्त्रिका ऊतक का औसतन रासायनिक संगठन निम्न प्रकार होता है—

- पानी (Water) 80%
- ठोस (Solid) 20% लगभग।
- शिशुओं में या बच्चों में लगभग 46% ठोस पदार्थ होते हैं एवं
- 37% ठोस पदार्थ वयस्क प्राणियों में पाये जाते हैं।

ठोस पदार्थों के अन्तर्गत (Under the Solid Materials)

(a) **प्रोटीन (Protein)**— सफेद पदार्थ (White matter 10%) एवं धूसर पदार्थ (Grey matter) में 8%। इसके अन्तर्गत फॉस्फोलिपिड्स (Phospholipids), लिसाइथिन (Lecithin), स्फिंगोमायलिन (Sphingomyelin); कोलेस्ट्रॉल (Cholesterol) एवं आंशिक रूप से न्यूट्रल वसा (Neural fat) आते हैं।

(b) **कार्बोहाइड्रेट (Carbohydrate)**— इसके अन्तर्गत सेरेब्रोसाइड (Cerebrosides), इसको गैलेक्टोसाइड (Galactoside) भी कहते हैं। यह नाइट्रोजनयुक्त ग्लूकोसाइड्स (Glucosides) होते हैं, जोकि अपघटन के पश्चात् गैलेक्टोज (Galactose) को बनाते हैं। इनके तीन प्रकार होते हैं—

- (i) फ्रेनोसिन (Phrenosin)
- (ii) केरासिन (Kerasin)
- (iii) नर्वोन (Nervon)

आंशिक (Traces) रूप से ग्लूकोस (Glucose) एवं ग्यालकोजेन (Glycogen) भी पाये जाते हैं।

(c) **वसा (Fat)**— इसके अन्तर्गत—

- (i) **फॉस्फोलिपिड्स (Phospholipid)**— लिसाइथिन (Lecithin), सेफेलिन (Cephalin) एवं स्फिंगोमायलिन (Sphingomyelin)
- (ii) कोलेस्ट्रॉल
- (iii) न्यूट्रल वसा (Neutral fat) आंशिक रूप से पाये जाते हैं।

(d) **अकार्बनिक लवण (Inorganic salts)**— इसके अन्तर्गत प्रमुख रूप से पोटेशियम लवण (Potassium salt) लेकिन Na^+ , Ca^{++} और आंशिक रूप से अन्य अकार्बनिक लवण पाये जाते हैं।

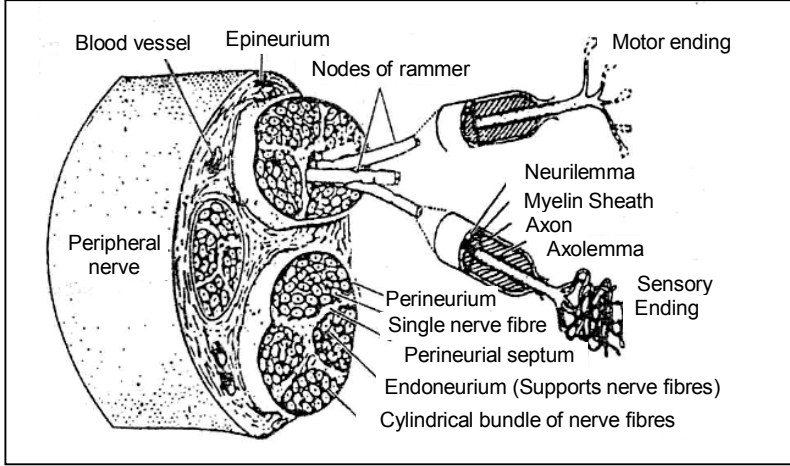
टिप्पणी

(e) सारतत्व/सारवस्तु (Extractives)— इसके अन्तर्गत अमोनिया (Ammonia-NH₃), लेक्टिक अम्ल (Lactic acid), क्रिएटीन फॉस्फेट (Creatine phosphate), एडिनिल पायरोफॉस्फेट (Adenyl pyrophosphate) आदि।

ठोस पदार्थों की सभी मात्रा श्वेत पदार्थ (White matter) में पाये जाते हैं, केवल अकार्बनिक लवण (Inorganic salts) समान मात्रा में सफेद एवं धूसर पदार्थ (White and Grey matter) में पाये जाते हैं।

नवोदित एक ध्रुवीय (Young unipolar) न्यूरोब्लास्ट (Neuroblast) में DNA की सान्द्रता, RNA की सान्द्रता से अधिक होती है। कोशिका के विकास के साथ RNA के साथ-साथ प्रोटीन्स अनुपात में वृद्धि करते हैं। मस्तिष्क (Brain) का आंशिक प्रोटीन, ताँबा (Copper) के साथ संयोजित होता है और उसको सेरुलोप्लाज्मिन (Ceruloplasmin) कहते हैं। विल्सन रोग (Wilson's disease) में मस्तिष्क में ताँबा (Copper) अधिक मात्रा से संग्रहित होता है, जिससे बुद्धिमानी कम होती जाती है।

तन्त्रिका (Nerves)/न्यूरोन्स (Neurons) के कोशिका प्रवर्ध एकल रूप से प्राणी ऊतक के पैरेनकाइमा (Parenchyma) में पाये जाते हैं और यह प्रवर्ध आपस में सामूहिक रूप से मिलकर तन्त्रिका (Nerve) को बनाते हैं। अन्तः तन्त्रिका (Nerves) कोशिका प्रवर्धों की अधिक संख्या का समूहन होती है जिसे तन्तु (Fibre) कहते हैं। प्रत्येक तन्त्रिका (Nerve) ढीले संयोजी ऊतक (Connective tissue) के द्वारा आच्छादित होती है जिसको इपिन्यूरियम (Epineurium) कहते हैं जिसके कारण यह शरीर के अन्य ऊतकों से पृथक् होती है। एकल तन्त्रिका तन्तु (Nerve fibre) के बन्डल/पूल (Bundle) तन्त्रिका के अन्दर संयोजी ऊतक के मजबूत आवरण से आच्छादित होते हैं, इसको पेरिन्यूरियम (Perineurium) कहते हैं। प्रत्येक बन्डल/पूल के अन्दर प्रत्येक तन्त्रिका तन्तु (Nerve fibre) पाये जाते हैं। प्रत्येक तन्त्रिका तन्तु संयोजी ऊतक के जाल के द्वारा आच्छादित होता है, इस आवरण को एन्डोन्यूरियम (Endoneurium) कहते हैं। प्रत्येक तन्त्रिका में अत्यधिक संख्या में रक्त वाहिनियाँ पायी जाती हैं। छोटी धमनियाँ (Arteries) एवं धमनिकाएँ (Arterioles), इपिन्यूरियम (Epineurium) एवं पेरिन्यूरियम (Perineurium) में पायी जाती हैं एवं एण्डोन्यूरियम (Endoneurium) में रक्त केशिकाएँ (Blood capillaries) पायी जाती हैं।



चित्र क्र. 4.2: Axon in both Sensory and Motor Fibres

टिप्पणी

4.4 तन्त्रिका आवेग संवहन की कार्यिकी (Nerve Impulse Conduction)

जन्तु-शरीर में इस समन्वय तथा समाकलन को बनाये रखने के लिए दूरसंचार तारों की भाँति पूर्ण शरीर में महीन धागों के समान तन्त्रिकाएँ (Nerves) फैली रहती हैं। ये वातावरणीय उद्दीपनों (Stimuli) को संवेदी अंगों से ग्रहण कर विद्युत-आवेगों या प्रेरणाओं (Electrical impulses) के रूप में तीव्रता के साथ इनका प्रसारण (Conduction) करके शरीर के विभिन्न अंगों, भागों तथा ग्रन्थियों आदि के बीच समन्वय स्थापित करती हैं।

प्राणियों के शरीर में तन्त्रिका आवेगों को एक स्थान से दूसरे स्थान तक ले जाने का कार्य तन्त्रिका ऊतक के द्वारा किया जाता है। यह तन्त्रिका ऊतक (Nervous tissue) भ्रूण की एक्टोडर्म (Ectoderm) से विकसित होता है तथा शरीर के सम्पूर्ण भागों में फैला रहता है। तन्त्रिका ऊतक (Nervous tissue) तन्त्रिका कोशिकाओं या न्यूरॉन्स (Neurons), तन्त्रिका तन्तुओं (Nerve fibres) एवं न्यूरोग्लिया (Neuroglia) से निर्मित होता है।

4.4.1 तन्त्रिका आवेग (Nerve Impulse)

तन्त्रिका आवेग (Nerve impulse) किसी एक तन्त्रिका तन्तु (Nerve fibre) पर संचरित कार्यकारी क्रिया (Physiological activity) की एक तरंग की भाँति होता है, जिसमें रासायनिक (Chemical) एवं भौतिक (Physical) घटनाएँ सम्मिलित होती हैं।

अथवा

तन्त्रिका आवेग (Nerve Impulse) एक रासायनिक एवं भौतिक परिवर्तनों का जोड़ है जो किसी उद्दीपन (Stimuli) के कारण न्यूरॉन्स (Neurons) में एक लहर

के समान संवाहित होने वाली कार्यिकी क्रिया (Physiological activity) के रूप में होता है।

टिप्पणी

तन्त्रिका तन्तुओं में आवेग का संवहन एक विद्युत-रासायनिक प्रेरणा (Electrochemical impulse) के रूप में होता है। तन्त्रिका आवेग का आधार सब या कोई नहीं सिद्धान्त (All or none-principle) है। इसको इस प्रकार भी समझाया जाता है कि एक उद्दीपन, यदि एक उत्तेजना (Response) उत्पन्न करने की क्षमता रखता है, तब यह सारी उत्तेजनाएँ उत्पन्न कर सकता है। गोथलीन (Gothlin) वैज्ञानिक ने बहुत पूर्व में यह दर्शाया था कि एक तन्त्रिका आवेग एक भौतिक एवं रासायनिक क्रियाओं (Physical and Chemical reactions) द्वारा सम्पन्न होने वाली प्रक्रिया है। फास्टर (Foster) वैज्ञानिक के अनुसार तन्त्रिका आवेग (Nerve impulse) के निम्नलिखित प्रमुख लक्षण होते हैं—

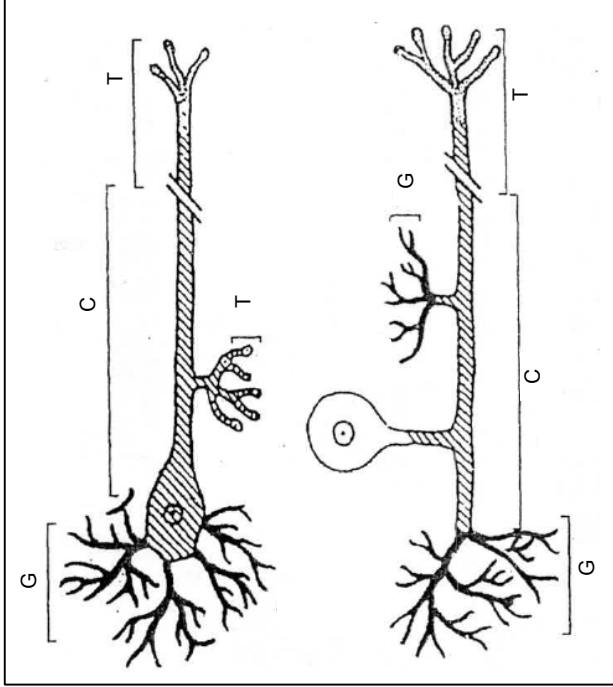
- (i) जब किसी तन्त्रिका (Nerve) को कोई बाह्य उद्दीपन (External stimuli) मिलता है तब तन्त्रिका उत्तेजित हो उठती है। तन्त्रिका उत्तेजित हो जाने के पश्चात् तन्त्रिका में आवेगों (Impulses) की तरंग (Wave) उठती है जो तन्त्रिका में संवाहित होने लगती है।
- (ii) तन्त्रिका तन्तु (Nerve fibre) में आवेग केवल एक ही दिशा में संवाहित होता है। संवेदी तन्त्रिका (Sensory nerve) में केवल मस्तिष्क (Brain) की ओर तथा चालक तन्त्रिका (Motor nerve) में प्रभावी अंग (Effector organs) की ओर संवाहित होती है।
- (iii) सामान्य रूप से एक आवेग समीप की अन्य तन्त्रिका तन्तुओं में नहीं फैल पाता, क्योंकि इन तन्त्रिका तन्तुओं में मेडुलेटेड आवरण (Medullated sheath) चढ़ा रहता है।
- (iv) एक उद्दीपन (Stimuli) के दिये जाने के पश्चात् तन्त्रिका तन्तुओं में एक अनुत्तेजन अवधि या रिफ्रेक्टरी पीरियड (Refractory period) होता है।
- (v) निरन्तर ऑक्सीजन की सप्लाई मिलते रहने पर तन्त्रिका आवेग को काफी समय तक ले जा सकती है। यद्यपि तन्त्रिकाओं में अधिकतर थकावट नहीं पायी जाती है।
- (vi) शरीर के अन्दर तन्त्रिका तन्तु अनेक आवेगों का संवहन कर सकते हैं।
- (vii) तन्त्रिका आवेग का संवहन 'सब या कोई नहीं सिद्धान्त' (All or none-principle) को मानते हैं।

तन्त्रिका कोशिकाओं (Nerve cells) की आकार (Size), स्थिति (Position) एवं संरचना (Structure) में अत्यधिक विभिन्नता होने पर भी कार्यात्मक (Functionally) रूप से तन्त्रिका कोशिका को तीन क्षेत्रों (Region) में विभाजित करते हैं—

- (a) उत्पादनीय क्षेत्र (Generator region),
- (b) संवाहकीय क्षेत्र (Conductive region) एवं
- (c) पारगमनीय क्षेत्र (Transmissional region)।

उत्पादनीय (Generator) क्षेत्र केवल डेन्ड्राइट्स (Dendrites), सोमा (Soma) एवं कोलेटरल्स (Collateral) क्षेत्र तक ही सीमित रहता है। संवाहकिय/संवहनीय क्षेत्र (Conductile region) एक्सान/तन्त्रिकाक्ष (Axon) होता है। पारगमनीय क्षेत्र (Transmissional region) के अन्तर्गत तन्त्रिका का अन्तस्थ (Ending) या अन्तिम (Terminal) भाग होता है।

टिप्पणी



चित्र क्र. 4.3: Functional regions of nerve cells, G - Generator Portion; C - Conductile; T - Transmissional region, Above vertebrate nerve cell; Below typical neuron of invertebrate

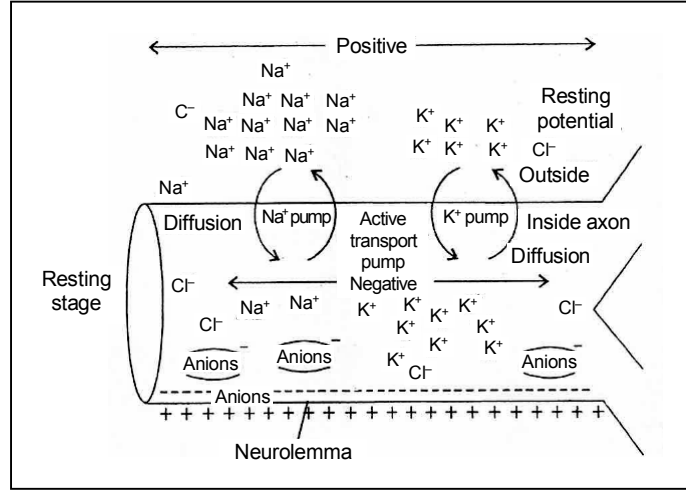
4.5 तन्त्रिका आवेग की कार्यिकी (Physiology of Nerve Impulse)

4.5.1 विश्राम क्षमता/विभव (Resting Potential)

यदि सुप्त तन्त्रिका कोशिका (Resting nerve cell) में एक इलेक्ट्रोड (Electrode) को रखा जाए तथा दूसरा इलेक्ट्रोड तन्त्रिका कोशिका की सतह पर रखा जाये, तो धारा प्रवाहित होती है। दो इलेक्ट्रोड्स (Electrodes) के बीच को विश्राम क्षमता/विभव (Resting potential) कहते हैं, और जब यह अन्तर रहता है तब तन्त्रिका कोशिका (Nerve cell) को ध्रुवित (Polarised) कहते हैं। दो इलेक्ट्रोड्स (Electrodes) के बीच विभव का अन्तर समाप्त हो जाता है तब उस अवस्था को विध्रुवित (Depolarisation) कहते हैं। विश्राम क्षमता/विभव (Resting potential) को तन्त्रिका कोशिका के अन्दर एवं बाहर पोटेशियम आयन्स की सान्द्रता के द्वारा निर्धारित किया जाता है या मापा जाता है। विश्राम अवस्था में पोटेशियम आयन्स

टिप्पणी

अपनी अत्यधिक सान्द्रता के कारण तन्त्रिका कोशिका के बाहर की ओर विसरित होते हैं। इसके कारण कोशिका के अन्दर ऋणात्मक (Negative) अवस्था विकसित होती है। आन्तरिक ऋणात्मक अवस्था इतनी अधिक होती है कि पोटेशियम आयन्स के विसरण को आगे रोकती है इस प्रकार सन्तुलन विकसित होता है। इसको विश्राम विभव/क्षमता (Resting potential) कहते हैं। प्लाज्मा मेम्ब्रेन (Plasma membrane) की विश्राम अवस्था में विश्राम विभव (Resting potential) 60-70 mV होता है। तन्त्रिकाओं का विश्राम विभव (Resting potential) उन दीर्घ तन्त्रिकाक्ष/एक्सॉन (Axon) तथा केन्द्रीय तन्त्रिका (Central nervous) काय में मापा जाता है, जो सूक्ष्म इलेक्ट्रोड (Micro electrode) का समायोजन कर सके। लेकिन नोड्स (Nodes) एवं अध्रुवीय सिरों (Depolarised ends) पर मापने पर ज्ञात होता है कि छोटी माइलीनेटेड (Myelinated) एवं नॉन-मायलीनेटेड (Non-myelinated) तन्तुओं में विश्राम विभव/क्षमता समान होती है।



चित्र क्र. 4.4: R.M.P. Stage of Neurolemma

तन्त्रिका तन्तु प्रेरणा-प्रसारण (Impulse transmission) की विद्युत प्रक्रिया तीन बातों पर आधारित होती है—

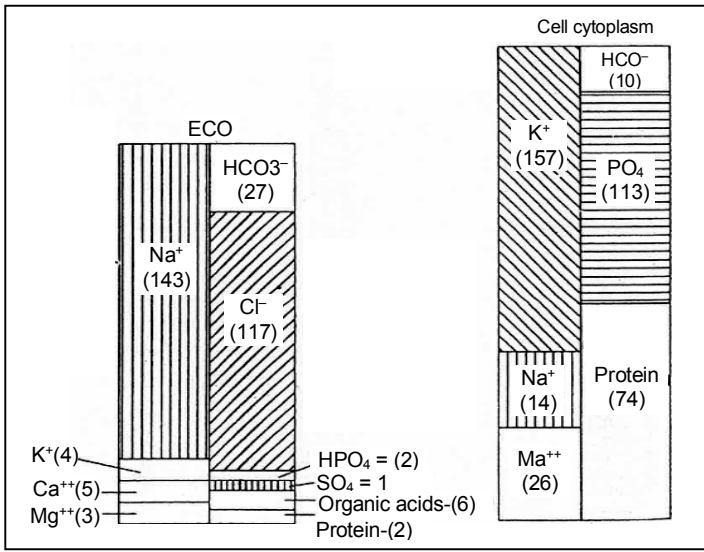
- एक्सोप्लाज्म या ऐक्सॉन के कोशिकाद्रव्य का रासायनिक संयोजन (Chemical composition)।
- ऐक्सॉन की कला (एक्सोलिमा—Axolemma) की पारगम्यता (Permeability)।
- ऐक्सॉन के बाहर तरल वातावरण का रासायनिक संयोजन।

प्रेरणा संवहन या तन्त्रिका संवहन की प्रक्रिया को हम दो प्रावस्थाओं में बाँट सकते हैं—

- विश्राम-क्षमता (Resting Potential) तथा
- प्रेरणा-क्षमता (Action Potential)

1. विश्राम-क्षमता या सुप्त कला विभव (Resting Membrane Potential- RMP)– जन्तु शरीर में बाह्य कोशिकीय वातावरण में रक्त ऊतक द्रव आते हैं। इसमें ऊतक द्रव तन्त्रिका कोशिकाओं के बाहर भी होता है। इस वातावरण में मुख्य रूप से सोडियम (Na^+), क्लोराइड (Cl^-) तथा बाइकार्बोनेट आयनों (HCO_3^-) की संख्या अधिक होती है। इसके अतिरिक्त ऑक्सीजन, पोषक पदार्थ भी पाये जाते हैं, जो कोशिका के अन्दर पहुँचते रहते हैं। साथ ही अपशिष्ट पदार्थ के रूप में बनी कार्बन डाइ-ऑक्साइड भी इस वातावरण में पायी जाती है। एक्सोप्लाज्म ऊतक द्रव से बहुत भिन्न होता है। इसमें प्रोटीन तथा अन्य कार्बनिक पदार्थों के जटिल अणुओं के अतिरिक्त (Na^+) तथा (Cl^-) आयनों के बजाय पोटेशियम (K^+), मैग्नीशियम (Mg^{++}) तथा फॉस्फेट (PO_4) आयन बड़ी संख्या में होते हैं। साथ ही प्रोटीन एवं जटिल कार्बनिक अणु भी पाये जाते हैं।

टिप्पणी



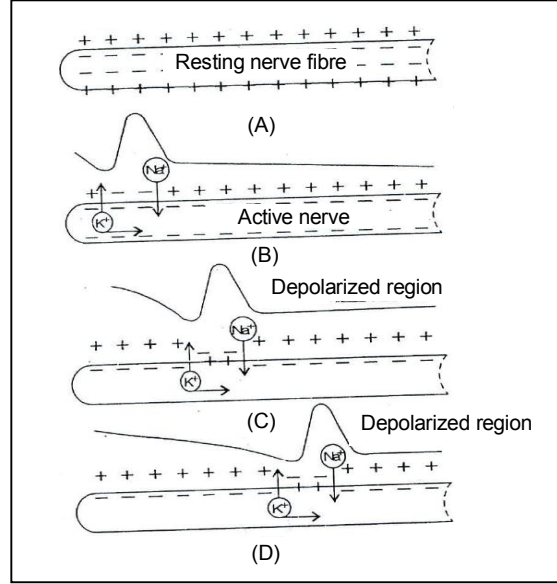
चित्र क्र. 4.5: RMP (Active Transport)

कोशिका कला (Cellular membrane) के आस-पास पदार्थों के विनिमय (Exchange) में दो प्रक्रियाएँ होती हैं— विसरण (Diffusion) तथा चेष्टा आवागमन (Active transport)।

विसरण क्रिया में कोशिका कला जिन पदार्थों के लिए पारगम्य होती है, उनके अणु या आयन कोशिका कला के आर-पार अधिक संख्या वाले तरल से कम संख्या वाले तरल की ओर अर्थात् कोशिकाद्रव्य से ऊतक द्रव में या ऊतक द्रव्य से कोशिकाद्रव्य में आते-जाते हैं। यहाँ पर एक अन्य क्रिया सक्रिय गमन (Active transport) भी होती है जिसमें विसरण प्रवणता के विपरीत ATP की ऊर्जा व्यय की जाती है। इस क्रिया में पदार्थों को ऊतक द्रव्य में भी पहुँचाया जा सकता है एवं यहाँ से लिया भी जा सकता है। बाह्य कोशिकाद्रव्य एवं ऊतक द्रव्य का रासायनिक संगठन (Chemical composition) भिन्न होता है, लेकिन इसके बीच परासरणी सन्तुलन (Osmotic balance) बनाये रखने के लिए दोनों माध्यम समपरासरणी (Isotonic) हो जाते हैं, क्योंकि अर्धपारगम्य झिल्ली में होकर जल तनु घोल से गाढ़े घोल की ओर तब तक जाता है जब तक दोनों समान न हो जायें। इसी प्रकार, यदि कोशिका कला के आर-पार विद्युत-विभव (Electric

टिप्पणी

potential) में अन्तर हो तो ऋणात्मक (Negative) तथा धनात्मक (Positive) विद्युतावेशी आयन-विभव के अनुसार कोशिका कला के आरपार आते-जाते हैं। इसी को चेष्टा आवागमन (Active transport) कहते हैं।



चित्र क्र. 4.6: An Outline Diagram of Resting and Action Potential in an Axon

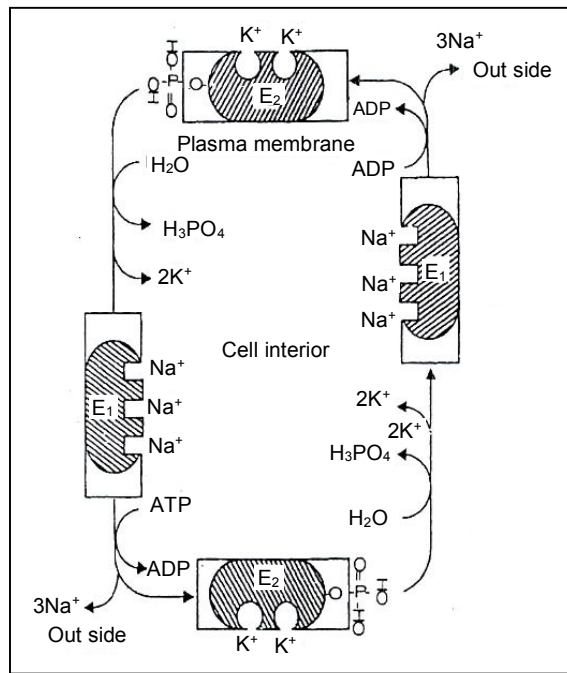
सोडियम-पोटेशियम पम्प (Sodium-Potassium pump)— कोशिका कला कोशिका द्रव्य में उपस्थित जल, कार्बनिक एवं अकार्बनिक अणुओं के लिए चयनात्मक रूप से पारगम्य होती है। विश्रामावस्था में यह सोडियम (Na^+) आयनों के लिए कम तथा पोटेशियम (K^+) एवं क्लोराइड (Cl^-) आयनों के लिए अधिक पारगम्य होती है।

ऊतक द्रव्य में Na^+ तथा Cl^- आयनों की संख्या कोशिका द्रव्य से लगभग 10-14 गुणा अधिक होती है। इसके विपरीत, कोशिका द्रव्य में पोटेशियम (K^+) की संख्या ऊतक द्रव्य से 30 गुणा अधिक होती है। अन्तः विसरण अनुपात के अनुसार Na^+ तथा K^+ आयनों की कोशिका कला के आर-पार जाने की प्रवृत्ति होती है। जिससे परासरणी असन्तुलन पैदा हो सकता है। अन्तः इसे रोकने के लिए कोशिकाएँ विसरल अनुपात के विरुद्ध चेष्टा आवागमन द्वारा Na^+ को बाहर निकालती हैं तथा K^+ को ऊतक से ग्रहण करती हैं। इसी को कोशिकाओं का सोडियम-पोटेशियम पम्प कहते हैं। इसमें ऊर्जा (Energy) का उपयोग होता है।

जन्तु-शरीर में अधिकतर विलेयों (Solvents) के कण विद्युतावेशी (Electrically charged particles) होते हैं। कोशिका द्रव्य के जटिल कार्बनिक अणु प्रायः ऋणात्मक विद्युतावेशी (Negatively charged) होते हैं। इनके ऋण आवेग की पूर्ति धनात्मक विद्युतावेशी पोटेशियम आयनों (K^+) द्वारा होती है। यदि ऋण तथा धनात्मक आयनों का अनावृत्तीकरण (न्यूट्रलाइजेशन— Neutralization) न हो तो कोशिका द्रव्य में दोनों विद्युत धाराएँ उत्पन्न होकर इसका स्कंदन कर

देती हैं। इसी प्रकार का सन्तुलन ऊतक द्रव्य में होता है। K^+ आयन विसरण अनुपात के कारण बड़ी संख्या में कोशिका द्रव्य से ऊतक द्रव्य में आते रहते हैं तथा Na^+ ऊतक द्रव्य से कोशिका द्रव्य में जाते हैं, लेकिन इनके लिए कोशिका कला कम पारगम्य होती है, अन्तः कोशिका द्रव्य में जाने वाले Na^+ आयन बाहर निकलने वाले K^+ आयन की क्षतिपूर्ति नहीं कर पाते हैं। इसके कारण कोशिका मेम्ब्रेन की बाहरी सतह पर धन आवेशी K^+ का कुछ अभाव हो जाता है। ये कोशिका द्रव्य के ऋण आवेशी आयनों को आकर्षित करते हैं जिससे ऋण आवेशी आयन का जमाव मेम्ब्रेन की भीतरी सतह पर हो जाता है। इस प्रकार मेम्ब्रेन की दोनों बाहरी तथा भीतरी सतहों पर विद्युत-विभव (Electrical potential) स्थापित हो जाता है। विश्रामावस्था में कोशिका मेम्ब्रेन की इसी विद्युतावेशी ध्रुवण अवस्था को विश्राम मेम्ब्रेन विभव (Resting Membrane Potential – RMP) कहते हैं।

टिप्पणी



चित्र क्र. 4.7: An Outline Diagram of Sodium-Potassium Pump

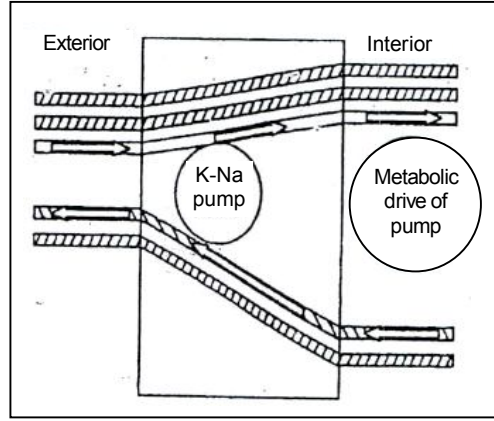
2. प्रेरणा-क्षमता या क्रियात्मक कला विभव (Action Membrane Potential – AMP)— विश्राम मेम्ब्रेन विभव तो शरीर की अधिकांश कोशिकाओं में होता है, परन्तु तन्त्रिका कोशिका का यह विशिष्ट लक्षण है कि कोई भी बाहरी उद्दीपन इसकी मेम्ब्रेन की सोडियम आयनों के प्रति पारगम्यता को बढ़ा देता है। इसी प्रकार प्रेरणा प्रसारण का कार्य तन्त्रिका कोशिकाएँ ही करती हैं।

यदि एक्सॉन (Axon) को हम किसी बिन्दु पर दबाएँ या किसी अन्य प्रकार से उद्दीप्त करें तो इसकी कला के प्रतिरोध के कारण कोई प्रतिक्रिया नहीं होगी। जैसे ही प्रतिरोध समाप्त होगा, उद्दीपन की प्रेरणा एक्सॉन की पूर्ण लम्बाई में फैल जायेगी। रासायनिक स्तर पर एक्सॉन की मेम्ब्रेन किसी बिन्दु पर उद्दीप्त होते ही केवल इस बिन्दु पर कोशिका मेम्ब्रेन आयन Na^+ आयन के लिए अधिक पारगम्य हो

टिप्पणी

जाती है। अन्तः Na^+ आयन बड़ी संख्या में भीतर पहुँचकर विश्राम क्षमता को समाप्त ही नहीं कर देते वरन् इस क्षमता को उल्टा कर देते हैं, अन्तः मेम्ब्रेन के बाहर की तुलना में क्षण भर के लिए, भीतर 45 मिली वोल्ट का धनात्मक विद्युतावेश (+45 mV) हो जाता है। इसी से उद्दीपन की प्रेरणा स्थापित होकर तन्त्रिका कोशिका के मेम्ब्रेन में प्रसारित होने लगती है।

जिस बिन्दु पर प्रेरणा-क्षमता स्थापित होती है, उसके समीपी भागों में विश्रामावस्था होने के कारण मेम्ब्रेन के आर-पार भीतर की ओर ऋणात्मक आवेग होता है, अन्तः धनात्मक भाग से विद्युत प्रेरणा मेम्ब्रेन के भीतर ऋणात्मक भागों की ओर बहती है तथा बाहर की ओर वापस लौटकर विद्युत पथ स्थापित करती है। नए भाग में पहुँचते ही यह विद्युत मेम्ब्रेन को उद्दीप्त कर Na^+ आयनों के प्रति पारगम्य बना देता है और यहाँ भी पिछले बिन्दु की भाँति प्रेरणा-क्षमता स्थापित हो जाती है। इसी प्रकार, बिन्दु पर बिन्दु बहते हुए प्रेरणा की लहर ऐक्सॉन के छोर तक स्वसंचारित हो जाती है।

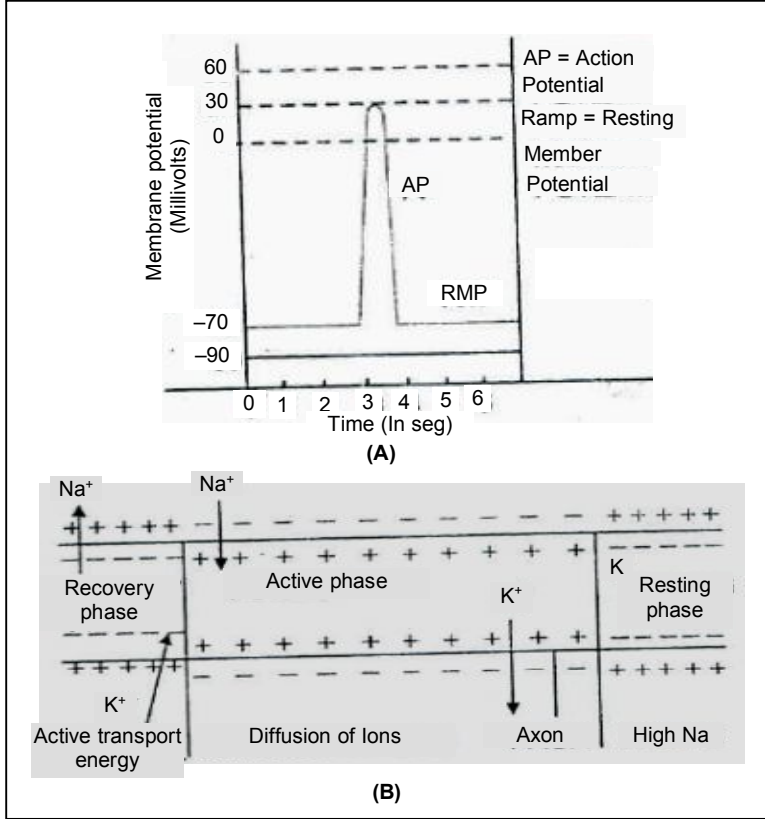


चित्र क्र. 4.8: Sodium Pump (Cation)

4.5.2 पुनःध्रुवण (Repolarization)

प्रत्येक बिन्दु पर प्रेरणा-क्षमता केवल 1 मिली सेकण्ड के लिए ही सम्बोन्धित (Generate) होती है, क्योंकि बाहर की तुलना में भीतर +45mV का धनात्मक विद्युतावेश होते ही इस बिन्दु पर मेम्ब्रेन की पारगम्यता बदल जाती है अर्थात् इसके सोडियम द्वार बंद तथा पोटेशियम द्वार खुल जाते हैं जिससे अनेक K^+ आयन वेगपूर्वक बाहर निकलकर विश्राम क्षमता को पुनः स्थापित करते हैं। इस समय 2-3 मिली सेकण्ड तक इस बिन्दु पर नई प्रेरणा-क्षमता तब तक स्थापित नहीं हो जाती जब तक कि कला की पारगम्यता तथा सोडियम-पोटेशियम पम्प द्वारा इसके दोनों ओर के द्रव्यों के रासायनिक संयोजन में सामान्य संतुलन स्थापित नहीं हो जाता है। इस अवधि को दुर्जेय अनुत्तेजन अवधि (रिफ्रेक्टरी पीरियड - Refractory period) कहते हैं। इससे प्रेरणा सदैव एक ओर साइटॉन से ऐक्सॉन के छोर की ओर प्रसारित होती है।

टिप्पणी



चित्र क्र. 4.9: Process of Depolarization and Repolarization During Nerve Impulse

4.5.3 तन्त्रिका आवेग संवहन की क्रिया-विधि (Mechanism of Nerve Impulse Transmission)

तन्त्रिका आवेग के संवहन की क्रिया निम्नलिखित विधियों के द्वारा वर्णन की गई है—

1. तन्त्रिका तन्तु (Nerve fibre) द्वारा
2. उच्छलन प्रसारण (Saltatory transmission)
3. युग्मानुबंधन द्वारा (Through Synapse)

1. तन्त्रिका तन्तु (Nerve fibre) के द्वारा— तन्त्रिका तन्तु (Nerve fibre) या एक्सॉन (Axon) एक सिलिन्डर (Cylinder) के समान होती है। इसके अन्दर ऐक्सोप्लाज्म (Axoplasm) भरा रहता है तथा तन्त्रिका तन्तु के बाहर की ओर एक पतली झिल्ली के द्वारा आच्छादित रहता है। इस झिल्ली को एक्सॉन मेम्ब्रेन (Axon membrane) कहते हैं। एक्सॉन मेम्ब्रेन (Axon membrane) लाइपो प्रोटीन (Lipoprotein) की बनी होती है। इसकी मोटाई 100 Å होती है। इस झिल्ली में कुछ सूक्ष्म छिद्र (Pores) होते हैं। इन छिद्रों का व्यास 7 से 10 Å तक होता है। इन छिद्रों में से जल और छिद्रों के व्यास के अनुसार अन्य पदार्थ अन्दर और बाहर होते रहते हैं। इसका तात्पर्य होता है कि एक्सॉन मेम्ब्रेन, अर्धपारगम्य

टिप्पणी

(Semi-permeable) होती है। विभिन्न आयन्स की मेम्ब्रेन पारगम्यता भिन्न होती है और तन्त्रिका तन्तु (Nerve fibre) की कार्य की अवस्था के अनुसार निरन्तर परिवर्तित होती रहती है। सामान्य अवस्था में मेम्ब्रेन विभव (Membrane potential) = 80 mV होता है। एक्सॉन मेम्ब्रेन के अर्धपारगम्य स्वभाव के कारण कुछ आयन्स, एक्सोप्लाज्म (Axoplasm) से अन्तराली द्रव (Interstitial fluid) में तथा कुछ आयन्स अन्तराली द्रव से एक्सोप्लाज्म में संवाहित होते हैं। इसके कारण आन्तरिक एक्सोप्लाज्म (Axoplasm) में आयन्स की सान्द्रता बाहरी अन्तराली द्रव (Interstitial fluid) से भिन्न होती है। तन्त्रिका की आराम/विश्राम अवस्था में तन्त्रिका जब उद्दीप्त नहीं होती है सोडियम आयन्स अन्दर से बाहर की ओर संचारित होते हैं; परिणामस्वरूप सोडियम आयन्स की सान्द्रता तन्त्रिका तन्तु के एक्सोप्लाज्म (Axoplasm) में नगण्य/शून्य हो जाती है, इसके विपरीत पोटेशियम आयन्स की सान्द्रता अधिक हो जाती है। सामान्यतया सोडियम आयन्स की सान्द्रता अन्तराली द्रव (Interstitial fluid) में आन्तरिक एक्सोप्लाज्म की अपेक्षा 100 गुणा अधिक होती है।

जब एक्सॉन (Axon) एक उपयुक्त उद्दीपन यान्त्रिकी (Mechanical), रासायनिक (Chemical) या विद्युतिय (Electrical) आवेग से उत्तेजित होती है, तब तन्त्रिका आवेग का संवहन निम्न प्रकार से होता है—

1. तन्त्रिका आवेग का संचालन झिल्ली में होने वाले अध्रुवित (Depolarised) का तरंग के रूप में आगे बढ़ता है। विश्रामावस्था में झिल्ली ध्रुवित (Polarised) अवस्था में रहती है। सोडियम पम्प के कारण अन्दर से अत्यधिक ऋणात्मक (Negative) हो जाती है।
2. जब किसी स्थान पर तन्त्रिका तन्तु को उद्दीपन प्रदान करने पर वहाँ पर झिल्ली की ध्रुवता बिल्कुल विपरित हो जाती है—
 - (a) विश्रामावस्था पर विश्राम विभव (Resting potential) -70 millivolts (mV) होता है। इस अवस्था में Ca^{++} आयन्स बाँधने वाले आयन्स के रूप में कार्य करते हैं।
 - (b) उत्तेजित हो जाने पर कैल्शियम आयन पृथक् हो जाते हैं। सोडियम की पारगम्यता में वृद्धि होती है। विध्रुवीय तरंग (Depolarisation wave) उत्पन्न हो जाती है। सोडियम आयन कोशिकाद्रव्य के अन्दर संवाहित होते हैं और पोटेशियम आयन बाहर की ओर संवाहित होते हैं।
इस समय झिल्ली -70 mV से शून्य (Zero) में परिवर्तित हो जाती है। इस समय झिल्ली अध्रुवीय (Depolarised) हो जाती है।
 - (c) सोडियम आयन्स के अन्दर की ओर संवहन से विभव (Potential) में अन्तर होता है। अन्दर की ओर धनात्मक (Positive) एवं बाहर की ओर ऋणात्मक (Negative) होता है।

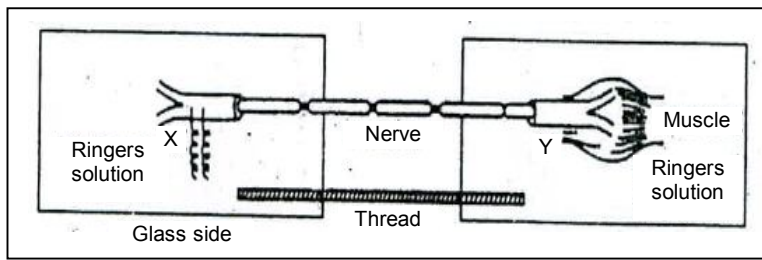
विभव मान -70 mV से शून्य (Zero) में परिवर्तित होता है और फिर $+30$ mV। जैसे ही क्रियाशील विभव $+30$ mV तक होता है K^{++} आयन अन्दर से झिल्ली के बाहर जाते हैं।

- (d) यह विद्युवीय तरंग विश्रामावस्था वाले भाग को उद्दीप्त (Stimulate) करती हुई आगे की ओर बढ़ती जाती है।
- (e) जिस स्थान पर उद्दीपन प्रारंभ होता है वहाँ कुछ ही देर पश्चात् (कुछ मिली सेकण्ड) पुनःध्रुवण (Repolarisation) प्रारंभ हो जाता है। विद्युवण तरंग के पीछे-पीछे दिशा में फैलती जाती है। इस समय $+30$ mV \rightarrow शून्य (Zero) में $\rightarrow -70$ mV में परिवर्तित हो जाता है। इस प्रकार का संवहन आवेग माइलिन आवरण विहिन तन्त्रिका में होता है। अब तन्त्रिका आवेग को पुनः ग्रहण करने के लिए तैयार होती है।

टिप्पणी

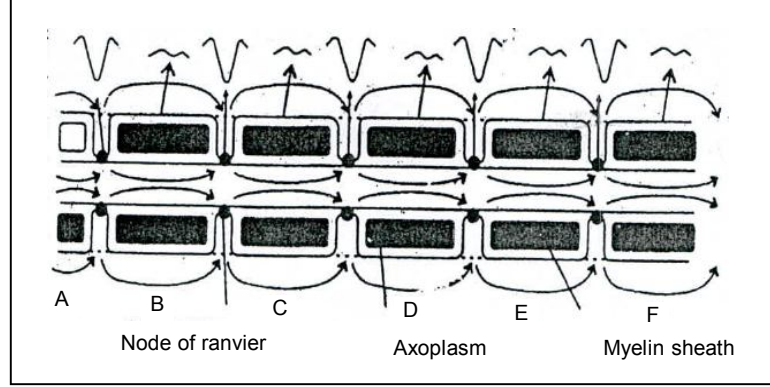
4.6 उच्छलन प्रसारण (Saltatory Transmission)

स्तनियों में तन्त्रिका कोशिकाओं के चारों ओर बना श्वान कोशिकाओं (Schwann cells) का खोल कुण्डलित होकर मोटा, वसायुक्त मायलिन खोल (Myelin sheath) बना लेता है। थोड़ी-थोड़ी दूर यह खोल पिचका हुआ होता है। इन बिन्दुओं को रैनवियर की नोड (Ranvier's Node) कहते हैं तथा इनके बीच के स्थानों को इन्टरनोड कहते हैं। नोडों पर वह मायलिन खोल नहीं होता है। मायलिन खोल विद्युतरोधी खोल का काम करते हैं। अन्तः ऐसे तन्तुओं में प्रेरणा केवल नोडों पर उत्पन्न होकर लगभग 10 गुणा अधिक तीव्र गति से प्रसारित होती है। प्रेरणा एक नोड से उछल कर दूसरे नोड पर जाती है। इस प्रकार के प्रसारण को उच्छलन प्रसारण (Saltatory transmission) कहते हैं।



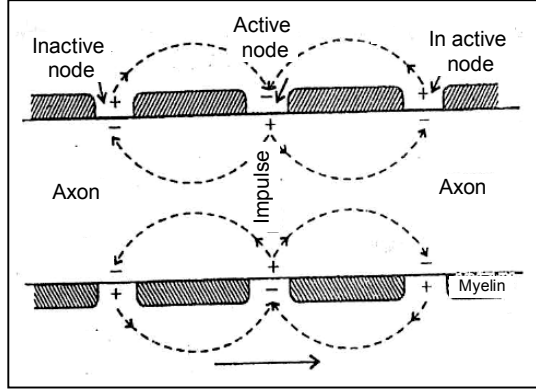
चित्र क्र. 4.10: Huxley and Stampfli's experiment to demonstrate the conduction of nerve impulse depending upon action current flowing outside the myelin sheath X = Proximal, Y = Distal portion of the nerve to the muscle

धारा जो नोड्स तक सीमित रहती है वह इन्टरनोडल (Internodal) भाग को स्थानीय क्रिया के द्वारा अध्रुवित (Depolarise) करती है। मायलिन शीथ (Myelin sheath) संवहन के वेग में वृद्धि करती है। इसको हक्सले एवं स्टैम्पफ्ली (Huxley and Stampfli) ने 1949 में निम्नलिखित प्रयोग द्वारा दर्शाया—



चित्र क्र. 4.11: Saltatory Conduction along a Myelinated Fibre

मेंढक की गेस्ट्रोनीमियस पेशी (Gastrocnemius muscles) के विच्छेदन के पश्चात् एक छोटी मेड्यूलेटेड तन्तु को दो ग्लास स्लाइड (Glass slide) पर रखा, स्लाइड पर एक नम तन्तु सेतु (Bridge) का कार्य करता है। दोनों स्लाइड्स को कुछ दूरी पर रखा और रिंगर्स घोल (Ringer's solution) की परत से ढँक दिया। तन्त्रिका का लिपिड भाग शीघ्रता से सूख जाता है। लेकिन नोड्स नम रहते हैं। उत्तेजित करने पर पेशी संकुचित होती है लेकिन यदि नम धागे को हटा दिया जाये तब संवहन रुक जाता है और पेशी संकुचित नहीं होती है। विधि (Mechanism) के अन्तर्गत जब तन्त्रिका X बिन्दु पर उद्दीप्त होती है, अभिक्रिया धारा Y बिन्दु तक फैल जाती है। लेकिन संवहन तभी होगा जब वापसी चक्र/पथ (Circuit) वापस X बिन्दु तक पहुँचता है। इन्टरनोड सूखा ही होता है और कुचालक हो जाता है, अन्तः वापसी धारा चक्र नम धागे के कारण संभव होता है जो स्लाइड पर सेतु (Bridge) बनाता है। प्रयोग निश्चित रूप से दर्शाता है कि जब इन्टरनोड सूखा एवं बाहर की ओर कुचालक होता है, लेकिन नम धागे की उपस्थिति के कारण संवहन होता है।



चित्र क्र. 4.12: Representation of Local Current Flow Around an Impulse on Axon in the Myelinated Nerve fibre (Saltatory Conduction)

4.6.1 युग्मानुबंधन (Synapsis)

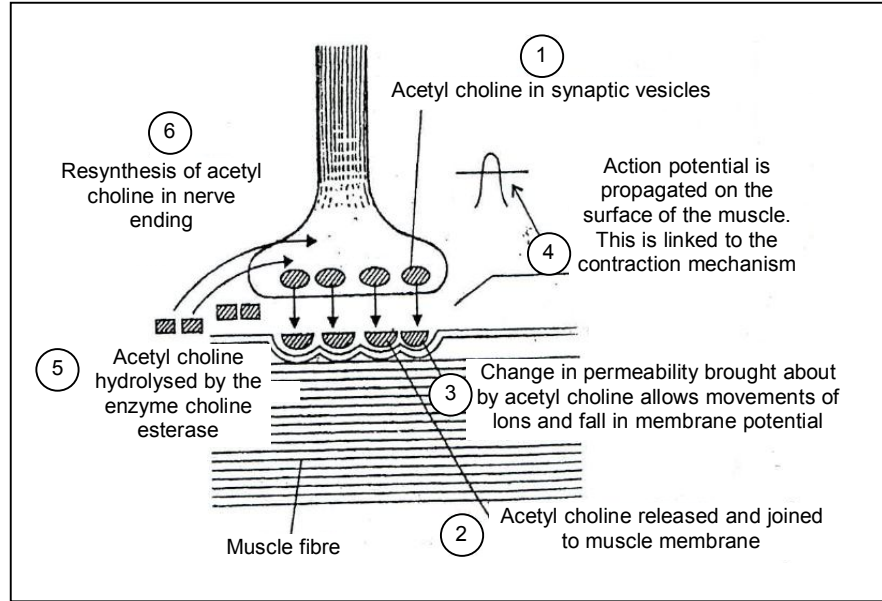
तन्त्रिका कोशिका पृथक्-पृथक् होती हैं, फिर भी ये बिजली के तारों की भाँति जुड़-जुड़कर एक अविच्छिन्न संचार तन्त्र (Continuous transmission system) की भाँति कार्य करती हैं। प्रत्येक न्यूरॉन कोशिका (Neuron cell) के ऐक्सॉन तन्तु पर छोटी-छोटी शाखाएँ समीपवर्ती न्यूरॉन्स की कोशिकाकाय तथा डेन्ड्राइट्स पर फैली रहती हैं। इन शाखाओं के छोर छोटी-छोटी घुण्डियों के रूप में फैले रहते हैं। इन घुण्डियों को सिनैप्टिक घुण्डियाँ (Synaptic knobs) कहते हैं। इनके तथा इन रचनाओं के बीच जिन पर ये शाखाएँ फैली रहती हैं कोई भौतिक स्पर्श (Physical contact) नहीं होता है बल्कि इनके बीच तरल पदार्थ भरा रहता है जिसे सिनैप्टिक द्रव (Synaptic fluid) कहते हैं। इन सन्धि-स्थानों को युग्मानुबंधन (Synapsis) कहते हैं। किन्हीं दो न्यूरॉन्स (Neurons) के बीच युग्मानुबंधन को अन्तःतन्त्रिकीय युग्मानुबंधन (Interneuronal synapsis) कहते हैं। एक न्यूरॉन तथा एक पेशी के बीच के युग्मानुबंधन को पेशी तन्त्रिकीय युग्मानुबंधन (Myoneuronal synapsis) कहते हैं। इससे स्पष्ट होता है कि प्रेरणा एक न्यूरॉन से दूसरे न्यूरॉन पर सिनैप्टिक द्रव्य (Synaptic fluid) के द्वारा जाती है। यह क्रिया विद्युती (Electrical) न होकर रासायनिक (Chemical) होती है।

युग्मानुबंधन (Synapse) के द्वारा आवेग का संवहन दो सिद्धान्तों के द्वारा स्पष्ट किया गया है। यह सिद्धान्त है—

- (i) रासायनिक सिद्धान्त (Chemical transmission theory) एवं
- (ii) विद्युतीय संवहन सिद्धान्त (Electrical transmission theory)।

टिप्पणी

टिप्पणी

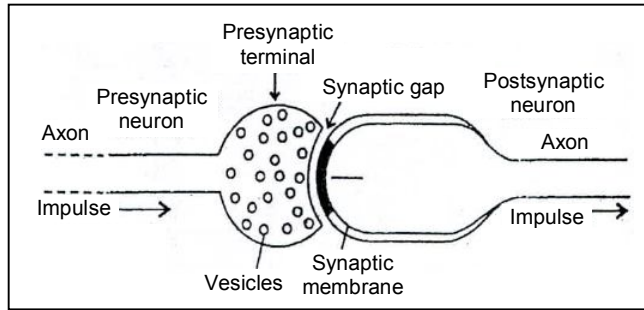


चित्र क्र. 4.13: Transmission of Nerve Impulse through the Synapse

- (i) रासायनिक संवहन सिद्धान्त (Chemical transmission theory)— वैज्ञानिक हेनरी डेल (Henry Dale) के अनुसार सिनैप्टिक नोडस में किनारे की कला के ठिक नीचे ऐसीटिल कोलीन (Acetyl choline) नामक पदार्थ से भरी थैलियाँ होती हैं। प्रेरणा जैसे ही घुण्डियों में पहुँचती है, ऊतक द्रव्य से Ca^{++} आयन घुण्डियों में प्रसारित होकर ऐसीटिल कोलीन को मुक्त करते हैं जो प्रेरणा को विदर (Cleft) के पार ले जाता है। विदर में पहुँचकर यह रासायनिक द्रव युग्मानुबंधन पश्च झिल्ली को उत्तेजित करता है। पश्च झिल्ली विध्रुवित (Depolarise) होती है। इससे Na^{+} की पारगम्यता बढ़ जाती है। इस कारण Na^{+} भीतर की ओर तथा K^{+} आयन बाहर की ओर प्रवेश करता है। इससे झिल्ली के बाहर की ओर ऋणात्मकता (Negativity) और अन्दर की ओर धनात्मकता (Positivity) बढ़ जाती है।
- (ii) विद्युतीय संवहन सिद्धान्त (Electrical transmission theory)— ऐसा विश्वास किया जाता है कि स्तनी प्राणियों में युग्मानुबंधन (Synapse) के द्वारा संवहन प्लाज्मा मेम्ब्रेन (Plasma membrane) पर तथा न्यूरॉन्स के पूर्व युग्मानुबंधन (Presynaptic) एवं पश्च युग्मानुबंधन (Postsynaptic) के बीच धारा प्रवाहित होने पर होती है। पूर्वयुग्मानुबंधन न्यूरॉन (Presynaptic neuron) वह न्यूरॉन होता है जिस पर क्रिया विभव (Action potential) का स्रोत होता है, और वह कोशिका जो डेन्ड्राइट्स (Dendrites) स्थल को रखती है पश्च युग्मानुबंधन न्यूरॉन (Postsynaptic neuron) कहलाती है। वह पूर्व युग्मानुबंधन (Presynaptic) न्यूरॉन की मेम्ब्रेन जो पश्च युग्मानुबंधन न्यूरॉन के युग्मानुबंधन (Synaptic) क्षेत्रों पर निवेशित होती है, उसको पूर्व युग्मानुबंधन मेम्ब्रेन (Presynaptic membrane) कहते हैं। पश्चयुग्मानुबंधन न्यूरॉन की मेम्ब्रेन जो पूर्वयुग्मानुबंधन न्यूरॉन के द्वारा प्रभावित होती है अर्थात् पूर्व युग्मानुबंधन न्यूरॉन के नीचे प्रत्यक्ष रूप से पायी

टिप्पणी

जाती है। इसको उपयुग्मानुबंधन मेम्ब्रेन (Sub-synaptical membrane) कहते हैं। जब कोई भी विध्रुवीय धारा (Depolarisation wave) या तन्त्रिका आवेग पूर्ण युग्मानुबंधन न्यूरॉन पर से युग्मानुबंधन (Synapse) पर पहुँचती है, यह पश्चयुग्मानुबंधन न्यूरॉन के लिए उद्दीपन (Stimuli) प्रदाय करती है और पश्चयुग्मानुबंधन न्यूरॉन की डेन्ड्राइट्स (Dendrites) को विध्रुवीय (Depolarise) करती है। अब विध्रुवीय धारा (Depolarisation wave) या तन्त्रिका आवेग (Nerve impulse) दूसरे न्यूरॉन में संवाहित हो जाती है। अन्तः यह ज्ञात होता है कि विद्युत आवेग युग्मानुबंधन में दो पास के न्यूरॉन्स प्रत्यक्ष रूप से एक-दूसरे से पृथक् होते हुए भी प्रभावी (Effective) स्थानीय (Local) परिपथ का संचालन करते हैं जिससे बिना किसी रासायनिक पदार्थ की सहायता से तन्त्रिका आवेग एक न्यूरॉन से दूसरे न्यूरॉन में प्रेषित होता है।



चित्र क्र. 4.14: Synapses

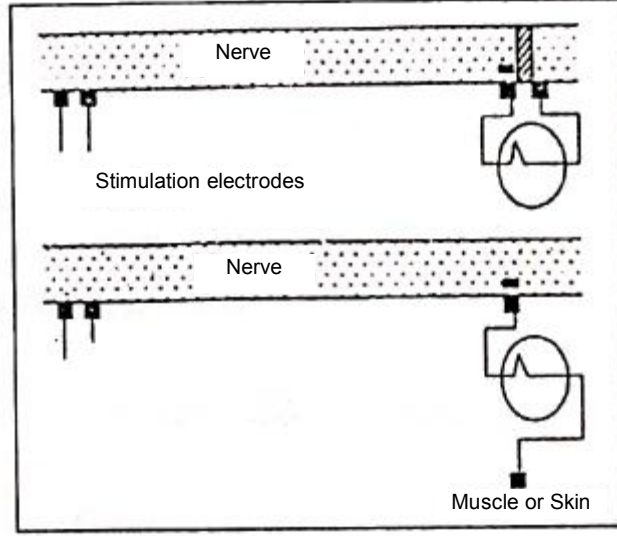
विद्युतीय युग्मानुबंधन (Electrical synapses) संरचनात्मक रूप से प्रारूपी रासायनिक युग्मानुबंधन (Chemical synapse) से भिन्न होते हैं। विद्युतीय युग्मानुबंधन पर न्यूरॉन्स की मेम्ब्रेन आपस में बहुत पास होती है और कभी-कभी पूर्वयुग्मानुबंधन एवं पश्चयुग्मानुबंधन मेम्ब्रेन आपस में मिली होती है। परिणामस्वरूप अन्तःकोशिकीय प्रतिरोध कम होता है और पश्च युग्मानुबंधन न्यूरॉन्स के विध्रुवीकरण (Depolarisation) के लिए उपयुक्त धारा संवाहित होती है।

4.6.2 तन्त्रिका आवेग की प्रकृति (Nature of Nerve Impulse)

तन्त्रिका आवेग दो प्रकार की होती हैं— (i) मोनोफेजिक (Monophasic) (ii) बाइफेजिक (Biphasic)

- (i) मोनोफेजिक आधार रेखा के केवल एक ही ओर बनते हैं जबकी
- (ii) बाइफेजिक आधार रेखा के दोनों ओर बनते हैं।

टिप्पणी



चित्र क्र. 4.15: Monophasic Recording of Action Potential

4.6.3 प्रतिक्षेप क्रिया / स्वतः प्रेरित क्रिया (Reflex Action)

उद्दीपनों (Stimuli) के प्रति जन्तुओं में दो प्रकार की प्रतिक्रियाएँ होती हैं—

- (i) ऐच्छिक (Voluntary)
- (ii) अनैच्छिक (Involuntary)।

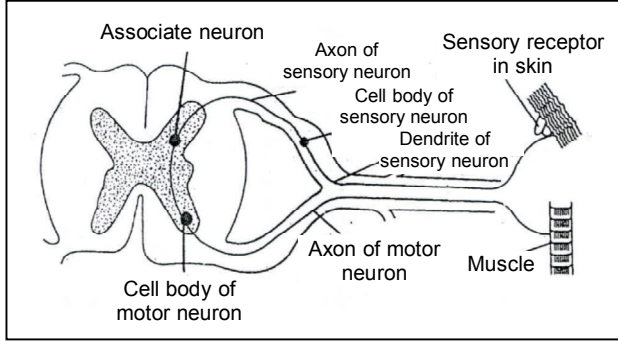
ऐच्छिक क्रियाएँ जन्तु की चेतना तथा इच्छा के अनुसार सुनियोजित तथा उद्देश्यपूर्ण होती हैं। ये प्रमस्तिष्क (Cerebrum) द्वारा नियन्त्रित होती हैं।

उदाहरण— शत्रु से बचाव, भोजन की तलाश आदि ऐच्छिक क्रियाएँ होती हैं।

इसके विपरीत, हृदय-स्पंदन (Heart beat), ताप-नियन्त्रण (Regulation of temperature) आन्तरांगों की पेशियों की क्रियाएँ जिन पर जन्तु की चेतना तथा इच्छा-शक्ति का नियन्त्रण नहीं होता है, आदि अनैच्छिक क्रियाएँ (Involuntary actions) हैं। ये मस्तिष्क के अचेतन नियन्त्रण में होती हैं, अन्तः इनका नियन्त्रण केन्द्र हाइपोथैलेमस (Hypothalamus) में होता है। ये क्रियाएँ दो प्रकार की होती हैं—

- स्वायत्त (Autonomic)
- प्रतिक्षेप / स्वतः प्रेरित (Reflex)।

प्रतिक्षेप क्रियाओं पर मस्तिष्क का कोई नियन्त्रण नहीं होता है। इनका संचालन मेरुरज्जु (Spinal cord) द्वारा होता है। ये क्रियाएँ अनायास ही यन्त्रवत् तथा सरल होती हैं, जैसे— नेत्रों के सामने किसी वस्तु के आते ही पलकों का झपकना, मिठाई देखकर मुँह में लार का आना आदि।



चित्र क्र. 4.16: Reflex Actions

प्रतिक्षेप क्रिया/स्वतः प्रेरित क्रियाएँ (Reflex actions)– प्रत्येक स्पाइनल तन्त्रिका के दो मूल होते हैं–

- (i) संवेदी तन्तुओं से बना पृष्ठ मूल (Dorsal root), तथा
- (ii) चालक तन्तुओं से बना अधर मूल (Ventral root)।

संवेदी अंगों से संवेदी तन्त्रिकाएँ, प्रेरणा को लेकर मेरुरज्जु के पृष्ठ मूल (डार्सल रूट) के न्यूरोन्स में पहुँचाती हैं। इन कोशिकाओं के ऐक्सॉन (Axon) प्रेरणा को धूसर द्रव्य (Grey matter) में ले जाते हैं। यहाँ से प्रेरणा ऐक्सॉन (Axon) की सिनैप्टिक घुण्डियों (Synaptic knobs) से समीपवर्ती चालक तन्त्रिका कोशिकाओं के डेन्ड्राइट्स में जाती है जो प्रेरणा को अपवाहक अंगों में ले जाती है। ये क्रियाएँ बहुत तीव्रता से होती हैं। इस प्रकार संवेदांग से मेरुरज्जु होते हुए अपवाहक अंगों (Effector organs) तक प्रेरणा के पहुँचने को प्रतिक्षेप क्रिया/स्वतः प्रेरित क्रिया तथा इस पथ को प्रतिवर्ती चाप/स्वतः (Reflex arch) कहते हैं।

4.6.4 प्रतिक्षेप प्रतिक्रियाओं के प्रकार (Types of Reflex Action)

ये दो प्रकार की होती हैं–

- (i) अनुबंधित (Unconditioned) प्रतिक्षेप प्रतिक्रिया तथा
- (ii) बंधित (Conditioned) प्रतिक्षेप प्रतिक्रिया।

1. **अनुबंधित प्रतिक्षेप प्रतिक्रिया**– ये क्रियाएँ जन्मजात होती हैं। इसे सामान्य स्वतः प्रेरित क्रिया भी कहते हैं। इनमें जन्तु अपनी इच्छानुसार कोई परिवर्तन नहीं कर सकता है। इस प्रकार की क्रियाएँ स्तनियों के अलावा प्रायः सभी जन्तुओं में होती हैं; किसी विशेष मौसम में जनन करना, घोंसला बनाना या देशाटन (Migration) आदि। ये क्रियाएँ जन्तु की प्राकृतिक मूल प्रवृत्ति के अन्तर्गत आती हैं, अन्तः जन्तु इन्हे किसी पूर्व-अनुभव से ही करता है। इस क्रिया को सर्वप्रथम वैज्ञानिक मार्शल (Marshall) ने 1883 में दर्शाया।
2. **बंधित प्रतिक्षेप प्रतिक्रिया**– ये क्रियाएँ जन्तु में प्रारम्भ में प्रशिक्षण (Training) द्वारा होती हैं, फिर स्वतः ही होने लगती हैं। अन्तः ये क्रियाएँ प्रारंभ में प्रमस्तिष्क (Cerebrum) के अधीन होती हैं, परन्तु बारम्बार अभ्यास

टिप्पणी

करने से ज्ञान-आचरण के अन्तर्गत आदतन स्वतः होने लगती हैं, जैसे- साइकिल चलाना, नाचना, तैरना, गाना-बजाना आदि। इस प्रतिक्रिया को सर्वप्रथम पावलोव (Pavlov) रूसी वैज्ञानिक ने कुत्ते में लार के स्रावण के द्वारा दर्शाया।

अपनी प्रगति जाँचिए (Check Your Progress)

9. तन्त्रिका तन्तु की झिल्ली का विश्राम विभव है।
 - (क) 60-70 mV
 - (ख) 50-100 mV
 - (ग) -20 से -30 mV
 - (घ) -100 से -120 mV
10. एक आवेग का ऐक्सॉन पर संवहन _____ से सम्बन्धित होता है।
 - (क) CI-सान्द्रता
 - (ख) आवेग का बल
 - (ग) विश्राम विभव
 - (घ) क्रिया विभव
11. उच्छलन प्रसारण _____ में पाया जाता है।
 - (क) मायलीनेटेड तन्त्रिका तन्तु
 - (ख) नॉन-मायलीनेटेड तन्तु
 - (ग) दोनों मायलीनेटेड एवं नॉन-मायलीनेटेड तन्तु
 - (घ) कंकालीय पेशी तन्तु
12. अभिवाही तन्त्रिका तन्तु आवेग को _____ ले जाती है।
 - (क) अपवाही अंग से केन्द्रीय तन्त्रिका तन्त्र को
 - (ख) ग्राहता से केन्द्रीय तन्त्रिका तन्त्र को
 - (ग) केन्द्रीय तन्त्रिका तन्त्र से पेशी को
 - (घ) केन्द्रीय तन्त्रिका तन्त्र से ग्राहता को
13. विश्राम तन्त्रिका में एक विधि होती है जिसे सोडियम पम्प कहते हैं, उसका _____ परिणाम है।
 - (क) Na^+ को बाहर निकाला जाता है
 - (ख) Na^+ को अन्दर किया जाता है
 - (ग) Na^+ एवं K^+ का आदान-प्रदान
 - (घ) Na^+ कोशिका में पम्प किये जाते हैं

4.7 पेशियों की संरचना और उनके प्रकार (Types and Structure of Muscles)

टिप्पणी

मनुष्य के शरीर का 2/3 भाग पेशियों के द्वारा बना होता है। पेशी ऊतक (Muscular tissue) में कोशिका द्रव्य के दो मुख्य लक्षण— संकुचनशीलता (Contractibility) एवं चालकता (Conductibility) विशेष रूप से पाये जाते हैं। इसी कारण यह अंगों को गतिमय या हिलाने-डुलाने में मुख्य कार्य करते हैं। पेशी ऊतक का संकुचनशील भाग पेशी कोशिकाएँ (Muscle cells) होती हैं। यह पेशी कोशिकाएँ लम्बी, सँकरी एवं कुंचनशील तन्तुओं के रूप में होती हैं। इस कारण इनको पेशी-तन्तु (Muscles fibres) कहते हैं।

मनुष्य में 639 पेशियाँ पायी जाती हैं, जिसमें 5 एकाकी (Unpaired) होती हैं, 317 युग्मित (Paired) होती हैं, जो कि निम्न प्रकार से वितरित होती हैं— सिर (Head) = 53, ग्रीवा (Neck) = 32, पीठ (Back) = 180, छाती (Breast) = 54, पेट (Belly) = 15, पैर (Legs) = 124, भुजाएँ (Arms) = 98, आन्तरांग (Viscera) = 83।

4.7.1 पेशियों के प्रकार (Types of Muscles)

(A) वैज्ञानिक प्रोसर (Prosser) ने सन् 1960 में पेशियों (Muscles) को दीर्घ समूहों (Major groups) में विभाजित किया है—

1. **स्वरूपात्मक पेशियाँ (Phasic muscles)**— इस प्रकार की पेशियों में संकुचन तीव्र होता है। पेशियाँ संस्थितिय (Postural) होती हैं या प्रचलनीय पेशियाँ (Locomotory muscles) जिनकी उत्पत्ति (Origin) एवं अन्तर्वेशन बाह्य (Exo) या अन्तःकंकाल (Endoskeleton) या त्वचा पर होती है। यह हमेशा प्रतिरोधी युग्म (Antagonistic pairs) में व्यवस्थित होती है। युग्म पेशियों में से एक प्रकार की पेशी दूसरी पेशी के विरुद्ध खींचती है, तथा युग्म में से एक प्रकार की पेशी के संकुचन कार्य को दूसरे प्रकार की पेशी संकुचन को अवरोधित करती है।
2. **तानिक पेशियाँ (Tonic muscles)**— यह पेशियाँ धीमी गति से संकुचित होती हैं और सामान्यता खोखली (Hollow) संरचनाओं के चारों ओर व्यवस्थित होती हैं जैसे कि जठरीय-आन्त्रीय पथ (Gastro-intestinal tract) या मूत्रजनन पथ (Urino-genital tract)। पेशी का एक भाग पेशी के दूसरे भाग से अन्तर्वेशित (Inserted) होता है। यह पेशियाँ युग्म समूहों (Paired group) के रूप में व्यवस्थित होती हैं जैसे कि वर्तुल (Circular) एवं अनुदैर्घ्य (Longitudinal) पेशियाँ।

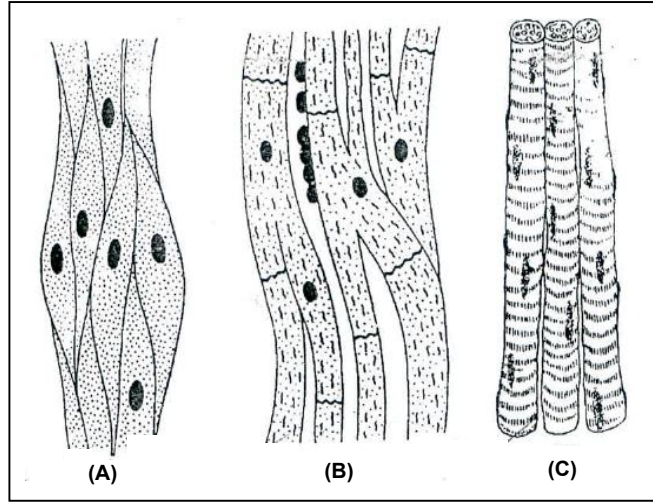
टिप्पणी

(B) कशेरुक प्राणियों में प्रमुख प्रकार की पेशियाँ तीन प्रकार की होती हैं जो कि औतिकी/संरचना (Histologically) स्थिति (Location) में, कार्य में (Physiologically) भिन्न होती हैं। यह तीन प्रकार की पेशियाँ होती हैं—

1. रेखित पेशियाँ (Striated muscles)
2. चिकनी पेशियाँ (Smooth muscles)
3. हृदयी पेशियाँ (Cardiac muscles)

1. रेखित पेशियाँ (Striated Muscles)

इन पेशियों को कंकालीय पेशियाँ (Skeletal muscles) भी कहते हैं, क्योंकि ये कंकाल/अस्थियों (Skeleton/bones) से जुड़ी रहती हैं। इनकी क्रिया पर चेतना-शक्ति का नियन्त्रण होता है, अन्तः इनको ऐच्छिक पेशियाँ (Voluntary muscles) भी कहते हैं।



चित्र क्र. 4.17: Different Types of Muscle Fibre

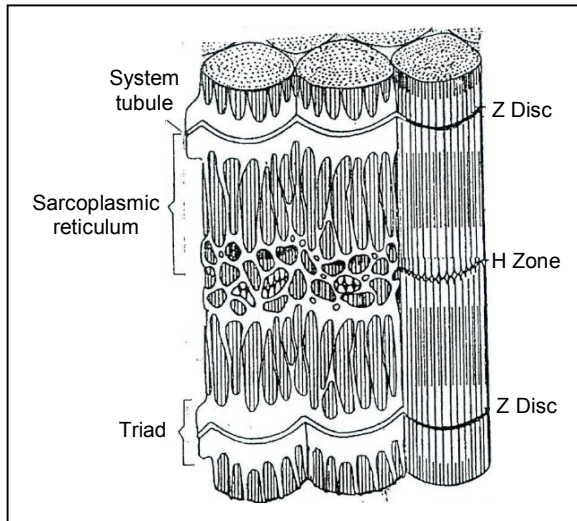
(A) Smooth muscle (B) Cardiac muscle (C) Striated muscle

रेखित पेशियाँ शरीर के कुल भाग का 40-50% भाग को बनाती हैं। इन पेशियों में शरीर में पाये जाने वाले पानी का आधा भाग पाया जाता है। ये पेशियाँ मायोटोम्स (Myotomes) के द्वारा विकसित होती है; इस कारण इनको मायोटोमल पेशियाँ (Myotomal muscles) भी कहते हैं। अपनी उत्पत्ति के स्थान से मायोटोम्स (Myotomes) त्वचा (Skin) और हायपोमीयर (Hypomere) के बीच में नीचे की ओर जाते हैं और अपनी दूसरी ओर की पेशियों के साथ मध्य अधरीय रेखा (Mid-ventral line) में मिलती है। इस प्रकार यह पूर्ण पेशियों के अस्तर त्वचा के नीचे बनाती हैं। क्षैतिज (Horizontal) कंकालीय भाग त्वचा को पार्श्व रेखा पर विभाजित करती है— पृष्ठीय इपेक्सियल पेशियाँ (Dorsal epaxial muscles) एवं अधरीय हायपेक्सियल पेशियाँ (Ventral hypaxial muscles)।

टिप्पणी

रेखित या कंकालीय पेशियाँ (Striated or skeletal muscles) बहुकेन्द्रकीय (Multinucleated), बेलनाकार (Cylindrical) होती हैं। कंकाली पेशी को बनाने वाली पेशी तन्तु (Muscle fibre) या पेशी कोशिकाएँ (Muscle cells) 1 मिमी से 30 मिमी तब लम्बी और दोनों सिरों पर गोल होती हैं। प्रत्येक पेशी कोशिका के चारों तरफ एक पतली झिल्ली पायी जाती है, जिसको सार्कोलेमा (Sarcolemma) कहते हैं। प्रत्येक कोशिका के बीच में एक केन्द्रक पाया जाता है जो कि आगे चलकर विभाजित होता है और अनेक केन्द्रकों में विभाजित हो जाता है। इन केन्द्रकों के चारों तरफ कोशिका द्रव्य-सार्कोप्लाज्म (Sarcoplasm) होता है। सार्कोप्लाज्म में हजारों महीन एक-दूसरे के समानान्तर पेशी तन्तुक पाये जाते हैं।

रेखित पेशियाँ (Striated muscles query) अनेक महीन पेशी तन्तुओं के समूहबद्ध होने पर बनती हैं। प्रत्येक पेशी तन्तु (Muscle fibre) एवं तन्तु समूहों/बन्डल्स (Bundles) के चारों ओर संयोजी ऊतक (Connective tissue) का एक आवरण पाया जाता है। प्रत्येक पेशी तन्तु के चारों ओर पाये जाने वाली संयोजी ऊतकों का आवरण महीन जाल (Network) के रूप में होता है, इसको एण्डोमायसियम (Endomysium) कहते हैं। इस आवरण के द्वारा पेशी के अन्दर पाये जाने वाले ऊतकों-रक्त एवं लिम्फ वाहिनियाँ (Blood and lymph vessels) एवं तन्त्रिका तन्तु (Nerve fibre) को ढँका जाता है। पेशी तन्तुओं के बन्डल्स (Bundles) आपस में संयोजी ऊतक (Connective tissue) के स्तर से बंधे रहते हैं, इसको पेरिमायसियम (Perimysium) कहते हैं। एक अन्य संयोजी ऊतक मेम्ब्रेन इपिमायसियम (Epimysium) सम्पूर्ण पेशी के चारों तरफ एक आवरण बनाती है।



चित्र क्र. 4.18: Structure of Skeletal Muscles

ऐच्छिक पेशियों के प्रकार (Kinds of Voluntary Muscles)

वैज्ञानिक विल्डर (Wilder) ने ऐच्छिक पेशियों को तीन श्रेणियों (Three categories) में विभाजित किया है—

- (a) **मेटामेरिक/समखण्डीय पेशियाँ (Metameric muscles)**— इस श्रेणी के अन्तर्गत अक्षीय (Axial) एवं उपांगीय (Appendicular) पेशियाँ आती हैं, जो कि शरीर के अधिकांश भाग में पायी जाती हैं।
- (b) **ब्रेन्कियोमेरिक/श्वसनीय समखण्डीय पेशियाँ (Branchiomeric muscles)**— यह पेशियाँ आदिम स्प्लेन्चनोक्रेनियम (Splanchnocranium) और उससे व्युत्पन्न भागों में पायी जाती हैं।
- (c) **इन्टेग्यूमेन्टरी/अध्यावरणीय पेशियाँ (Integumentary muscles)**— इस श्रेणी के अन्तर्गत वह पेशियाँ आती हैं जो कि द्वितीयक रूप से उपर्युक्त दोनों समूहों में से विभाजित होकर कंकाल की अपेक्षा अध्यावरण से सम्बन्धित हो जाती हैं।

2. चिकनी पेशियाँ (Smooth Muscles)

समतल या अरेखित पेशी कार्यात्मिक कार्य (Physiological function) के अनुसार दो प्रकार में विभाजित होती हैं—

- (i) ऐकिक पेशी (Unitary muscles),
 - (ii) बहु-इकाईय पेशी (Multiunit muscles)।
- (i) **ऐकिक पेशी (Unitary muscles)**— यह स्तरों (Layers) या अस्तर/पत्र (Sheet) के रूप में पायी जाती है और इन पेशियों में यकायक संकुचन की शक्ति पायी जाती है। यह क्रिया पेशी के अन्दर ही उत्पन्न होती है, क्योंकि पेस मेकर्स (Pace makers) जिसमें संकुचन अभिक्रिया उत्पन्न होती है, पेशी में पायी जाती है। एकाकी पेशियाँ खिँचाव के यान्त्रिकी उद्दीपन (Mechanical stimulus) के लिए उत्तरदायी होती हैं। लेकिन इनकी अभिक्रिया तन्त्रिकीय प्रभाव के द्वारा समन्वयित होती है। जठरीय-आन्त्रीय पथ (Gastro-intestinal tract) एवं गर्भाशय (Uterus) में पायी जाने वाली पेशियाँ इसका उदाहरण होती हैं। इन पेशी ऊतक में तन्तु (Fibres) आपस में दृढ़ रूप से व्यवस्थित होती हैं और पास वाली पेशी कोशिकाओं की परिसीमा को ज्ञात करना कठिन होता है। इसी कारण इन पेशियों को एकाकी पेशियाँ (Unitary muscles) कहते हैं। एकल आन्तरांगी पेशी तन्तु के उद्दीपन से अनेक पास के तन्तुओं में भी संकुचन होता है।
- (ii) **बहुइकाईय पेशी (Multiunit muscles)**— यह वह अरेखित पेशी होती है जो यकायक संकुचित नहीं होती है। यह खिँचाव के लिए कोई क्रिया नहीं दर्शाती है। इन पेशियों में अनेक चालक तन्त्रिकाओं का निवेशन पाया जाता है, जिससे कि प्रत्येक कोशिका में तन्त्रिका भरण या तन्त्रिकोत्तेजन (Innervation) हो सकता है। इस प्रकार की पेशी में एकाकी तन्तु होते हैं जिनकी लम्बाई 100-200 μ एवं व्यास 10 μ तक

होता है। इस प्रकार की पेशी में एक एकाकी तन्तु में संकुचन उसी तन्तु को ही संकुचित करता है। इस प्रकार की पेशियाँ रक्त वाहिनियों (Blood vessels) की भित्ति में पायी जाती हैं इसके अतिरिक्त एरेक्टर पिली (Arrector Pili) में भी पायी जाती है।

पेशी कोशिकाओं के बण्डलों के बीच में पाये जाने वाले संयोजी ऊतक (Connective tissue) में रक्त वाहिनियाँ (Blood vessels) पायी जाती हैं। संयोजी ऊतक लिम्फेटिक वाहिनियाँ (Lymphatic vessels) भी पायी जाती हैं। इन पेशी तन्तु में स्वायत्त: तन्त्रिका तन्तु (Autonomic nerve fibres) का जाल संयोजी ऊतक में पाया जाता है। तन्त्रिकाओं के संवेदी सिरे अन्तःपेशीय संयोजी ऊतक में स्थित होते हैं।

मूत्राशय (Urinary bladder) की अरेखित पेशियाँ दोनों एकाकी (Unitary) एवं बहुइकाईयी (Multi unit) पेशियों के समान होती हैं। यह मूत्राशय की पेशियाँ यकायक अभिक्रिया के साथ-साथ चालक तन्त्रिका आवेग (Motor nerve impulse) के द्वारा भी अभिक्रिया करती हैं।

अरेखित पेशियों का प्रमुख कार्य क्रमिक रूप से संकुचन करना है, इसका कारण ज्ञात नहीं है। यह पेशियाँ जब भी क्रमिक संकुचन करती हैं तब इन पेशियों में तन्त्रिकाएँ नहीं होती हैं। अनुकम्पी तन्त्रिका तन्त्र (Sympathetic nervous system) अरेखित पेशियों के संकुचन को कुछ अंगों में उत्तेजित करता है तथा दूसरे अंगों में शिथिलन करता है। इस प्रकार का कार्य भी परानुकम्पी तन्त्रिका तन्त्र (Parasympathetic nervous system) के द्वारा किया जाता है। लेकिन परानुकम्पी तन्त्रिका तन्त्र का कार्य अरेखित पेशी के लिए अनुकम्पी तन्त्रिका तन्त्र के कार्यों के विपरित होता है।

3. हृदयी पेशियाँ (Cardiac Muscles)

यह हृदय की भित्ति में पायी जाने वाली अनैच्छिक (Involuntary) रेखित पेशियाँ हैं जो स्वयं ही बिना रुके निरन्तर संकुचन करती रहती हैं। इन पेशी के तन्तु (Fibres) दोनों अनुदैर्घ्य (Longitudinally) एवं अनुप्रस्थ (Transverse) रूप से रेखित (Striated) होती हैं, यह रेखित या कंकालीय (Skeletal) पेशियों के समान होती हैं, लेकिन इसके तन्तु (Fibres) में शाखाएँ (Branches) एवं मायोफाइब्रिल्स (Myofibrils) तथा ऐक्टिन एवं मायोसिन तन्तु कंकालीय पेशियों के समान होती हैं। इन पेशियों में एकल केन्द्रक पाया जाता है। हृदयी पेशी एवं कंकालीय पेशी में निम्नलिखित अन्तर पाये जाते हैं—

- (i) हृदयी पेशी में जो यकायक एवं बारम्बार संकुचन की प्रकृति पायी जाती है वह ऐच्छिक पेशी के विपरीत होती है।
- (ii) पेशी तन्तु सामान्य रूप से बेलनाकार (Cylindrical) नहीं होते हैं, लेकिन यह शाखान्वित होते हैं और पास वाले तन्तु के सम्पर्क में आने पर त्रिदर्शीय जालक (Network) को बनाती हैं जो कि मिथ्या बहुकेन्द्रकीय (Syncytial) रूप को दर्शाती है।

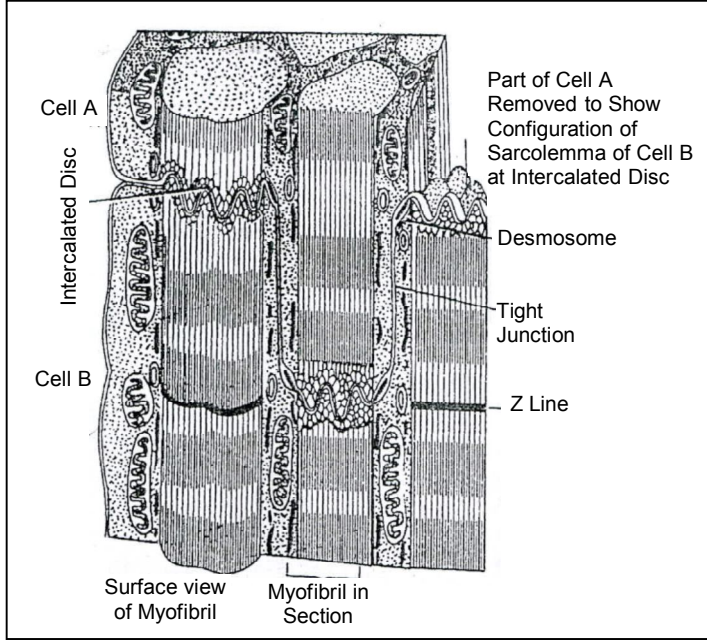
(iii) एक केन्द्रक पाया जाता है जो कि सार्कोप्लाज्म में गहराई में स्थित होता है।

टिप्पणी

यह पेशियाँ मुख्य रूप से हृदय (Heart) में ही पायी जाती हैं लेकिन कुछ मात्रा में बड़ी रक्त वाहिनियों (Large vessels) में जो हृदय में समाप्त होती हैं या हृदय से निकलती हैं, पायी जाती हैं। इन पेशियों की उत्पत्ति मीसेनकाइमा (Mesenchyma) ऊतकों से होती है। पेशी तन्तु 50-100 μ लम्बे तथा 20 μ चौड़े होते हैं। पेशियों या पेशी कोशिकाओं में इन्टरकेलेटेड डिस्क (Intercalated disc) होती है जिसके पास केन्द्रक स्थित होता है। इन पेशियों से परानुकम्पी एवं अनुकम्पी तन्त्रिका तन्त्र की तन्त्रिका संभरित होती है।

विभिन्न प्रकार की होने वाली गतियों के आधार पर पेशियाँ निम्न प्रकार की होती हैं—

1. **फ्लेक्सर (Flexer) या आकोचनी पेशी**— जब पेशियाँ शरीर के किसी भाग को दूसरे भाग के ऊपर मोड़ती या झुकाती हैं, उन पेशियों को आकोचनी या फ्लेक्सर पेशी कहते हैं। जैसे कि हाथों की बाइसेप्स (Biceps) पेशी, जो कि हाथ को पेशी संकुचन द्वारा कन्धे की ओर मोड़ती है या पूर्व बाहु (Fore arm) को ऊपरी बाहु (Upper arm) की ओर झुकाती या मोड़ती है।
2. **प्रसारणी या एक्सटेन्सर (Extensor)**— यह वह पेशियाँ होती हैं जो शरीर के किसी एक भाग को दूसरे भाग के ऊपर सीधा करती है।
उदाहरण— हाथों की ट्राइसेप्स (Triceps) पेशी के संकुचन द्वारा भुजा का प्रसार होता है या अग्रबाहु (Fore arm) या ऊपरी बाहु (Upper arm) का प्रसारण।
3. **अभिवर्तनी या एडक्टर (Adductor)**— वह पेशियाँ होती हैं जो कि अपने संकुचन द्वारा शरीर के किसी भाग को अक्ष (Axis) से दूर ले जाती है। जैसे— डेल्टाइड (Deltoid) पेशी बाँह को आगे की ओर खींचती है।



टिप्पणी

चित्र क्र. 4.19: Structure of Cardiac Muscles

4. **अपवर्तनी या एब्दक्टर (Abductor)**— वह पेशियाँ होती हैं जो शरीर के किसी भाग को शरीर के अक्ष (Axis) की ओर खींचती है।
उदाहरण— लेटिसिमस (Latissimus) डार्सी पेशी अपने संकुचन द्वारा बाँह को ऊपर की ओर उठाती है तथा पीठ (Back) की ओर खींचती है।
5. **प्रोनेटर या अवतानिनी (Pronators)**— वे पेशियाँ हैं जो संकुचन के द्वारा शरीर के उल्टे हुए भाग को पुनः सामान्य स्थिति में ले आती हैं।
उदाहरण— हथेली का पलटकर फिर से सीधा हो जाना।
6. **सुपाइनेटर (Supinator)**— वे पेशियाँ जो कि अपने संकुचन द्वारा हाथों को घुमाने एवं हथलियों को पलटने में सहायक हो।
7. **उन्नयनी या एलीवेटर (Elevator)**— वे पेशियाँ होती हैं जो अपने संकुचन के द्वारा शरीर के किसी भी भाग को ऊपर उठाती हैं।
उदाहरण— मैसेटर (Masseter) पेशियाँ निचले जबड़े (Lower jaw) को ऊपर करके मुख को बंद करती हैं।
8. **अवनमी या डेप्रेसर (Depressor)**— वे पेशियाँ हैं जो अपने संकुचन द्वारा उन्नयनी पेशी द्वारा ऊपर उठाये भाग को नीचे करती हैं।
उदाहरण— डेप्रेसर मैन्डीबुलेरिस (Depressor mandibularis), निचले जबड़े को नीचे की ओर करके मुख को खोलती हैं।
9. **घूर्णी या रोटेटर्स (Rotators)**— वे पेशियाँ हैं जो कि अपने संकुचन द्वारा शरीर के किसी भी भाग को घुमाती हैं।
उदाहरण— पायरीफार्मिस (Pyriformis) फीमर अस्थि को घुमाती है।

टिप्पणी

10. संकोचनी या कान्सट्रिक्टर (Constrictor)— यह वे पेशियाँ हैं जो अपने संकुचन के द्वारा किसी भी छिद्र को सँकरा करती हैं या बंद करती हैं।

उदाहरण— संकोचनी (Constrictor) पेशी संकुचन कर गुदा द्वार को बंद करती है।

11. प्रसारणी/डायलेटर्स (Dilator)— यह वे पेशियाँ हैं जो अपने संकुचन द्वारा किसी भी छिद्र को खोलती हैं या चौड़ा करती हैं।

उदाहरण— गुदा द्वार की डायलेटर पेशी जोकि संकुचन गुदा द्वार को खोलती है।

12. विपक्षी/प्रतिरोधी/एण्टेगोनिस्टिक (Antagonistic) पेशी— यह वे पेशियाँ होती हैं जब एक ही स्थान पर दो पेशियों में एक-दूसरे के विपरीत संकुचन होता है, इनको विरोधी/प्रतिरोधी पेशी कहते हैं। बाँहों (Arms) में पायी जाने वाली बाइसेप्स पेशी कोहनी सन्धि (Elbow joint) के लिए आकुंचन (Flexor) का कार्य करती है, जबकी ट्राइसेप्स (Triceps) पेशी प्रसारणी पेशी (Extensor muscles) के रूप में कार्य करती हैं। जब बाइसेप्स पेशियों में संकुचन होता है, उस समय ट्राइसेप्स शिथिल होती है। दोनों में एक साथ संकुचन एवं शिथिलन क्रिया नहीं पायी जाती है।

संचालकता (Conductive)— पेशी में जिस स्थान पर उत्तेजना उत्पन्न होती है उसके दोनों ओर ही संकुचन तरंगों (Contraction waves) प्रसारित होती हैं। जब एक बार पेशी तन्तु एक उपयुक्त शक्ति की उत्तेजना से उत्तेजित होती है, यह उत्तेजना एकदम सभी भागों में संवाहित हो जाती है। इस गुण को संवाहकता या संचालकता (Conductivity) कहते हैं। रेखित पेशियों में संवाहकता अन्य प्रकार की पेशियों की अपेक्षा अधिक तीव्रता से होती है। शीत रक्त वाले प्राणियों – मेंढक (Cold blooded animals – frog) में संवाहकता की दर 3-4 मीटर प्रति सेकण्ड होती है जबकि गर्म रक्त वाले प्राणियों (Warm blooded animals) में संवाहकता की दर 6-12 मीटर प्रति सेकण्ड होती है।

खिंचाव/लचीलापन (Elasticity)— पेशियों को यदि खिंचा जाये तब वह बढ़ जाती है और जैसे ही खिंचाव शक्ति हट जाती है वह पुनः अपनी पूर्व स्थिती में आ जाती है। खिंचाव या लचीलेपन का गुण सभी प्रकार की पेशियों में पाया जाता है, अर्थात् एक सीमित दूरी तक खिंचने की क्षमता, जब पेशी में खिंचाव का कारण लुप्त हो जाता है तब पेशी अपनी पूर्ण शिथिल अवस्था में आ जाती है, इस गुण को लचीलापण (Elasticity) कहते हैं।

अवसीमा उद्दीपन (Threshold stimulus)— सभी पेशियाँ केवल उस स्थिती में संकुचित होंगी जब उद्दीपन किसी निश्चित शक्ति/बल का होगा। पेशी में अभिक्रिया उत्पन्न करने के योग्य उद्दीपन (Stimulation) की निम्नतम सीमा अवसीमा उद्दीपन (Threshold stimulus) कहलाती है। इससे कम शक्ति उद्दीपन जो कि पेशी में संकुचन उत्पन्न नहीं कर सकता सबलिमिनल (Subliminal) कहलाता है। अवसीमा से अधिक शक्ति का उद्दीपन अधोः अवसीमा या सुप्रालिमिनल (Supraliminal) कहलाता है। पेशी के संकुचित होने की शक्ति कुछ

सीमा तक उद्दीपन (Stimulus) की शक्ति पर निर्भर करती है क्योंकि पेशी को निर्मित करने वाले पेशी तन्तुओं की उत्तेजन करने की शक्ति भिन्न-भिन्न होती है। इसमें से कुछ पेशी तन्तुओं का संकुचन (Contraction) निम्न या क्षीण उद्दीपन की अनुक्रिया में हो जाता है तथा कुछ पेशी तन्तुओं का संकुचन अधिक शक्तिशाली उद्दीपन की अनुक्रिया में होता है। इस कारण उद्दीपन की शक्ति में वृद्धि (अवसीमा उद्दीपन से अधिक) के कारण पेशी के संकुचन की शक्ति में वृद्धि होती है।

संकलन (Summation)— कंकालीय या रेखित पेशी को दोबारा संकुचित किया जा सकता है यदि यह पेशी संकुचन के पश्चात् विश्राम अवस्था में न आयी हो। यहाँ पर संकुचन तरंगों के योग को संकलन कहते हैं।

पेशी के संकुचन एवं उत्तेजनशीलता का अव्यक्त काल (The latent period of muscles contraction and excitation)— उद्दीपन के प्रारंभ में पेशी संकुचन के बीच की अवधि को उत्तेजनशीलता का अव्यक्त काल (Period of latent excitation) कहते हैं या फिर अव्यक्त काल या अव्यक्त अवधि (Latent period) कहलाता है। वह अवधि जिसमें पेशी संकुचन अवस्था में रहती है संकुचन की अवधि (Period of contraction) कहते हैं। अव्यक्त काल की अवधि 0.01 सेकण्ड होती है। मनुष्य की पेशियों के लिए इस अव्यक्त काल को एक सेकण्ड (Seconds) के हजारवें अंश में मापा जाता है। संकुचन के बाद की अवस्था पेशी का विश्राम काल (Resting period) कहलाता है। एकल संकुचन के समय पेशी प्रारंभ में अनुत्तेजित (Unexcited) रहती है, संकुचन काल (Contraction period) में पेशी का उत्तेजन धीरे-धीरे वृद्धि करता है और विराम अवस्था (Resting phase) में अधिक उच्च स्तर पर पहुँच जाता है। अन्त में विश्राम अवधि पेशी का उत्तेजन कम हो जाता है।

टिटनेस अवस्था (Tetanus stage)— पेशियों को उत्तेजित किये जाने के पश्चात् यह संकुचित होकर पुनः पूर्व स्थिति में लगभग 1/10 सेकण्ड में वापस आ जाती है। यदि पेशियों को विश्राम में आने से पूर्व उद्दीप्त किया जाये तब पेशी संकुचन की अवस्था में ही रहती है। इस अवस्था को टिटनेस कहते हैं। इसका वक्र ऊपर की ओर बढ़ता है। पेशी को उद्दीपन के बीच विराम का समय नहीं मिलता है। जब पेशी तन्तु (Muscles fibre) को 40-100 उद्दीपन (Stimulus) प्रति सेकण्ड की दर से उद्दीप्त या उत्तेजित किया जाये तब पेशी पूर्ण टिटनेस (Tetanus) अवस्था में हो जाती है। नियमित अन्तराल (Interval) से पेशियों का निरन्तर उद्दीपित (Stimulate) करने पर सर्वप्रथम कुछ संकुचन आयामों में (Amplitude) निरन्तर वृद्धि होती है, इसको ट्रेपे या स्टेरकेस (Treppe or staircase) अभिक्रिया कहते हैं। यह स्थिति पेशियों की उत्तेजनशीलता (Irritability) एवं तापक्रम (Temperature) की वृद्धि के कारण होता है।

थकान (Fatigue)— यदि पेशी को लम्बे समय तक उद्दीप्त किया जाए तब उसमें संकुचन निरन्तर कम होता जाता है। अन्त में वह पेशी इस अवस्था में पहुँच जाएगी, जबकि संकुचन बिल्कुल नहीं हो पाएगा। इस स्थिति को पेशी थकावट (Fatigue) कहते हैं। पेशी को ऑक्सीजन की पर्याप्त मात्रा मिलने एवं पर्याप्त विश्राम मिलने से थकान दूर हो जाती है। पेशी थकावट (Muscles fatigue) की

टिप्पणी

टिप्पणी

अवस्था इस कारण से होती है क्योंकि पेशियों में लेक्टिक अम्ल (Lactic acid) एवं CO₂ की अत्यधिक मात्रा एकत्रित हो जाती है। पेशियों की कार्यक्षमता में कमी होना तान्त्रिक (Nervous) एवं रासायनिक (Chemical) कारणों पर निर्भर करता है।

अपनी प्रगति जाँचिए (Check Your Progress)

14. रेखित पेशी में पाया जाता है—
 (क) केन्द्रक नहीं (ख) अनेक केन्द्रक
 (ग) दो केन्द्रक (घ) एक केन्द्रक
15. भुजा की गति से सम्बन्धित पेशी होती है—
 (क) रेखित पेशी (ख) अरेखित पेशी
 (ग) हृदय पेशी (घ) फेसियल पेशी
16. ऐच्छिक पेशी में _____ पायी जाती है—
 (क) फेफड़े (ख) यकृत
 (ग) पश्च उपांग (घ) हृदय

4.8 पेशीय संकुचन के सिद्धान्त एवं उसकी जैव-रासायनिकी (Theory of Muscle Contraction and its Biochemistry)

पेशियों (Muscles) को उत्तेजित (Stimulate) करने पर संकुचन (Contraction) एवं शिथिलन (Relaxation) होता है। सार्कोमीयर (Sarcomere) पेशी संकुचन की इकाई होती है। प्रत्येक पेशी तन्तु (Muscle fibre) चालक तन्त्रिका तन्तु (Motor nerve fibres) से सम्बन्धित होता है। प्रत्येक चालक तन्त्रिकाएँ (Motor nerves) पेशीय संकुचन (Muscle contraction) को प्रारम्भ करती हैं। ऐसी तन्त्रिकाएँ जो पेशियों के संकुचन को रोकती हैं अवरोधी तन्त्रिकाएँ (Inhibiting nerves) कहलाती हैं। जहाँ पर अपवाही तन्त्रिका (Efferent nerve) एवं पेशीय तन्तु (Muscle fibres) युग्मानुबंधन (Synapse) करते हैं उस बिन्दु को तन्त्रिका पेशीय सन्धि स्थान (Neuro muscular junction) कहते हैं। जब चालक तन्त्रिका (Motor nerve) के अनेक पेशी तन्तुओं से सम्बन्ध होते हैं उसको पॉलीन्यूरल जंक्शन (Polyneural junction) कहते हैं। चालक तन्त्रिकाओं (Motor nerves) द्वारा पेशीय संकुचन (Muscle contraction) प्रारम्भ होता है।

एक रेखित पेशी (Striated muscle) में अनेक संख्या में मायोफाइब्रिल्स (Myofibrils) पाए जाते हैं, जो सार्कोमीयर (Sarcomere) पेशी संकुचन की इकाई को निरूपित करते हैं। इसमें गहरी पट्टियों (Dark bands) को A-पट्टियाँ तथा हल्की पट्टियों (Light bands) को I-पट्टियाँ कहते हैं। A-पट्टि (Band) मायोसिन (Myosin) नामक प्रोटीन की बनी होती है, जबकि I-पट्टि (Band) एक्टिन (Actin)

नामक प्रोटीन की बनी होती है। I-पट्टि के मध्य में एक अनुप्रस्थ (Transverse) विभाजक पद होता है जिसको Z-रेखा (Line) या क्राउस की झिल्ली (Krause's membrane) कहते हैं। A-पट्टि के बीच का अधिकांश भाग दोनों ओर हल्का दिखाई देता है, जिसको H-क्षेत्र (Zone) कहते हैं।

रेखित पेशियों को उत्तेजित (Stimulate) करने पर संकुचन (Contraction) एवं शिथिलन (Relaxation) होता है। पेशी संकुचन के समय, सारकोमीयर (Sarcomere) पेशी संकुचन इकाई में निम्नलिखित परिवर्तन होते हैं—

- (i) A-पट्टि में कोई परिवर्तन नहीं होता है, परन्तु इसमें उपस्थित H-क्षेत्र (Zone) लुप्त हो जाता है।
- (ii) दो Z-रेखा (Lines) पास-पास आती हैं।
- (iii) I-पट्टि (Band) गायब हो जाती है।
- (iv) पेशी संकुचन के समय विश्राम विभव (Resting potential) -70 mV से परिवर्तित होता है तथा विध्रुवण विभव (Depolarisation) 0 mV तक हो जाता है और फिर $+35$ mV का धनात्मक विभव उत्पन्न होता है। इसको क्रिया विभव (Action potential) कहते हैं।
- (v) विध्रुवण पर तन्त्रिकाओं के द्वारा एसिटिकोलीन (Acetylcholine) पदार्थ को तन्त्रिका पेशीय जंक्शन पर स्त्रावित करता है, पेशीय झिल्ली विध्रुवित (Depolarise) हो जाती है। झिल्ली की पारगम्यता में वृद्धि होती है।
- (vi) सोडियम आयन्स बाहर से अन्दर की ओर और पोटेशियम आयन्स अन्दर से बाहर की ओर विसरित होते हैं। इसके परिणामस्वरूप क्रिया विभव (Action potential) विकसित होता है, जो पेशी तन्तु पर संवाहित होता है। पेशी संकुचित होती है।
- (vii) पेशी संकुचन में विध्रुवण (Depolarisation) के पश्चात् पुनःध्रुवण (Repolarisation) की क्रिया होती है। इसके परिणामस्वरूप Ca^{++} सारकोप्लाज्म से निकलते हैं, जो एक्टिन के मायोसिन पर आच्छादित होने के लिए आवश्यक है।

4.8.1 पेशी-संकुचन की क्रियाविधि (Mechanism of Muscle Contraction)

1. पेशी-संकुचन के समय होने वाले भौतिक परिवर्तन (Physical changes)— पेशी-संकुचन प्रक्रम मायोफाइब्रिल के प्रोटीन फिलामेन्ट से सम्बन्धित होता है। सारकोमीयर (Sarcomere) को संकुचनशीलता की इकाई मानते हैं। यह दो Z-discs के बीच की दूरी होती है।

पेशी-संकुचन के समय महीन एक्टिन फिलामेन्ट मोटे फिलामेन्ट के बीच फिसलते हैं जिससे सारकोमीयर में संकुचन होता है और पेशी सिकुड़कर छोटी हो जाती है। इस समय I-band छोटे हो जाते हैं, H-disc लुप्त हो जाती है तथा A-band की लम्बाई स्थिर हो जाती है।

टिप्पणी

2. पेशी-संकुचन के समय होने वाले रासायनिक परिवर्तन (Chemical changes)— पेशी-संकुचन के समय सार्कोप्लाज्मिक जालिका (Sarcoplasmic reticulum) से Ca^{++} आयन मुक्त होकर मायोसिन के ATP से एक फॉस्फेट गुट को पृथक् करते हैं जिससे यह ADP में बदल जाता है।

4.8.2 उत्तेजन-संकुचन युग्मन (Excitation-contraction Coupling)

तन्त्रिका तन्त्र (Nervous system) का आवेग, तन्त्रिका-पेशीय युग्मानुबंधन (Neuro-muscular synapse) पर पहुँचकर तन्त्रिकाओं के अन्तिम सिरों से एसिटिलकोलीन (Acetylcholine) को स्त्रावित करती है।

सार्कोलेमा (Sarcolemma) उत्तेजित होती है। पेशी में उपस्थित Na^+ एवं K^+ के गतिशील होने से इनका विसरण होता है। Na^+ आयन्स अन्दर की ओर विसरित होते हैं और K^+ आयन्स बाहर की ओर विसरित होते हैं। इस समय सार्कोलेमा का विध्रुवीकरण (Depolarisation) हो जाता है। Na^+ एवं K^+ का विसरण एसिटिलकोलीन के सार्कोलेमा के सम्पर्क के कारण होता है। विध्रुवीकरण (Depolarisation) की यह तरंग (Wave) सार्कोलेमा में पायी जाने वाली T-नलिकाओं के द्वारा पेशियों के आन्तरिक भाग में प्रवेश करती है। विध्रुवीकरण की तरंग T-नलिकाओं एवं सार्कोप्लाज्मिक रेटिकुलम (Sarcoplasmic reticulum) के परस्पर सम्बन्ध के कारण सार्कोप्लाज्मिक रेटिकुलम (Sarcoplasmic reticulum) की मेम्ब्रेन का भी विध्रुवीकरण कर देती है।

सार्कोप्लाज्म (Sarcoplasm) में उपस्थित सार्कोप्लाज्मिक रेटिकुलम (Sarcoplasmic reticulum) के अन्दर Ca^{++} आयन्स संग्रहित रहता है जो विध्रुवीकरण के कारण बाहर निकल जाते हैं। ये Ca^{++} सार्कोप्लाज्म (Sarcoplasm) में प्रवेश करते हैं। Ca^{++} आयन्स मायोसिन तन्तुओं (Myosin filament) का उत्प्रेरण करते हैं। इसके परिणामस्वरूप एक्टिन (Actin) एवं मायोसिन (Myosin) के बीच क्रॉस ब्रिजेस (Cross bridges) बनते हैं और पेशी में संकुचन होता है। जब संकुचन समाप्त हो जाता है तब इन संकुचनशील तन्तुओं में आए Ca^{++} आयन्स को पुनः सार्कोप्लाज्मिक रेटिकुलम में वापस भेज दिया जाता है।

4.8.3 पेशी-संकुचन के सिद्धान्त (Theories of Muscle Contraction)

उन्नीसवीं सदी में पेशी संकुचन के बारे में अनेक सिद्धान्त प्रतिपादित किए गए। सभी वैज्ञानिकों ने पेशी के संकुचन (Contraction) एवं शिथिलन (Relaxation) विधि को समझने का प्रयास किया। लेकिन सभी सिद्धान्तों में से केवल दो सिद्धान्त वर्तमान समय में अध्ययन किए जाते हैं। इनमें से सबसे प्राचीन सिद्धान्त आसान है जो दर्शाता है कि तन्तु प्रोटीन जिससे पेशी बनी होती है संकुचन (Contraction) के समय वलनित/फोल्डिंग (Folding) तथा शिथिलन (Relaxation) के समय अवलनित/अनफोल्डिंग (Unfolding) होते हैं। इस

सिद्धान्त का विभिन्न प्रकार से वर्णन किया गया है। सभी समझते हैं कि संकुचन तत्व प्रसारित रहता है जबकि अणु (Molecule) पर समान आवेशों में परस्पर प्रतिरोध होता है या हटाव होता है। संकुचन परिवर्तन के समय धनात्मक आवेश के समान ऋणात्मक आवेश होता है जिसके कारण संकुचन तत्व (Contractile element) बलनित (Folded) हो जाता है जिससे पेशी संकुचित हो जाती है या छोटी हो जाती है लेकिन इस सिद्धान्त के अनेक बिन्दुओं के द्वारा मान्य नहीं किया गया।

पेशी संकुचन को समझाने के लिए निम्नलिखित सिद्धान्तों का वर्णन किया गया है—

- (i) सर्पण सिद्धान्त (Sliding theory),
- (ii) विद्युत आवेशीय सिद्धान्त (Electrokinetic theory),
- (iii) आण्विक सिद्धान्त (Molecular theory),
- (iv) जेण्ट-ग्योरग्याई सिद्धान्त (Szent-Georgyi theory)।

4.8.4 पेशी-संकुचन का सर्पण सिद्धान्त (Sliding Theory of Muscle Contraction)

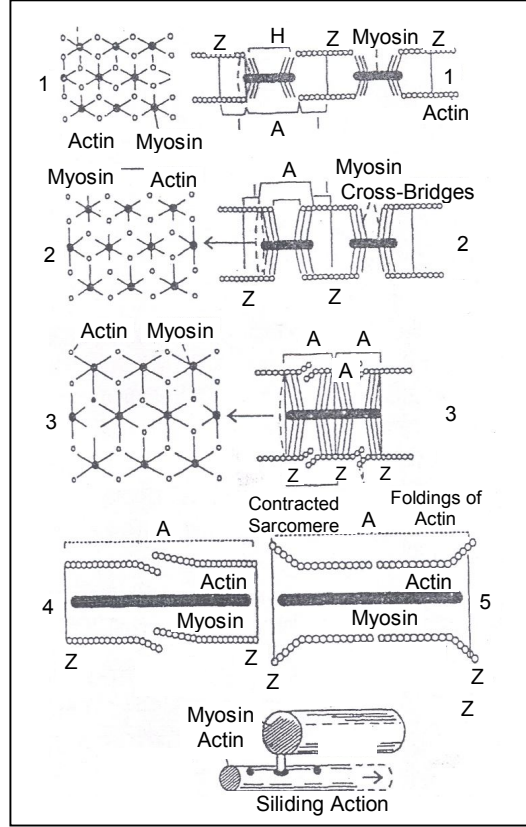
इस सिद्धान्त को हैन्सन (Hanson, 1960) तथा हक्सले (Huxley) ने 1965 में प्रस्तुत किया। इस सिद्धान्त के अनुसार महीन एक्टिन फिलामेन्ट मोटे फिलामेन्ट के बीच सार्कोमीयर के मध्य में A तथा H-band की ओर खिसकते हैं। विश्रामावस्था में ये तन्तु क्रॉस ब्रिज द्वारा सम्बन्धित रहते हैं। पेशी-संकुचन के समय क्रॉस ब्रिज मुड़कर अस्थायी रूप से एक्टिन तन्तुओं के सक्रिय स्थानों से जुड़ जाते हैं। अब इन क्रॉस ब्रिज के सीधा होने पर एक्टिन तन्तु मायोसिन तन्तुओं के ऊपर फिसलते हैं। इस समय I-band तथा A-bands में स्थित H-discs लुप्त हो जाती हैं तथा सार्कोमीयर में संकुचन होता है और पेशी सिकुड़ जाती है। पेशी का आकार छोटा हो जाता है।

इस सिद्धान्त के अनुसार पेशी-संकुचन निम्नलिखित प्रक्रमों के अन्तर्गत होता है—

1. सार्कोमीयर (Sarcomere) पेशी संकुचन की इकाई होती है। सार्कोमीयर दो क्रमिक Z-पट्टियों (Bands) के मध्य की दूरी 1.5μ होती है। प्रत्येक सार्कोमीयर के मध्य में A-पट्टिका की मायोसिन प्रोटीन की मोटी स्तर (Thick filaments of myosin protein) एवं इसके दोनों ओर I पट्टिका की एक्टिन प्रोटीन की पतली छड़ें (Thin filament of action protein) पायी जाती हैं। यह पेशी कोशिका की विश्राम अवस्था/संकुचनशील अवस्था (Resting stage) में एक-दूसरे के ऊपर स्थित होती हैं।
2. जब रेखित पेशियाँ (Striated muscles) चालक तन्त्रिका तन्तु (Motor nerve fibres) के द्वारा उद्दीप्त होती हैं तब यह शिथिल एवं सिकुड़ती हैं। तन्त्रिका तन्तु अपने सिरों पर एसिटिलकोलीन (Acetylcholine) नामक रासायनिक पदार्थ स्त्रावित कर संकुचन की प्रेरणाओं (Impulses) को पेशी

टिप्पणी

कोशिकाओं में संवाहित करती हैं। पेशी में सार्कोप्लाज्मिक रेटिकुलम (Sarcoplasmic reticulum) इन प्रेरणाओं को मायोफाइब्रिल्स (Myofibrils) तक संवाहित करता है।



चित्र क्र. 4.20: Diagrammatic (hypothetical) representation of the sliding filament mechanism of muscular contraction showing also the cross-bridge in between actin and myosin filaments. No. 1 shows the sarcomere in partially contracted state. Nos. 3, 4 & 5 depict the sarcomere in maximally contracted states

- इस प्रकार मस्तिष्क द्वारा संवाहित प्रेरक/चालक उत्प्रेरणाएँ पेशी कोशिका के आन्तरिक भाग पेशी तन्तुक (मायोफाइब्रिल्स-Myofibril) तक पहुँचते हैं, यह पेशी कोशिका उत्तेजित हो जाते हैं। इस प्रकार पेशी में संकुचन होता है। इस प्रकार पेशी-संकुचन के समय पट्टिकाओं में कार्यात्मक परिवर्तन होते हैं। पेशी-संकुचन के समय एक्टिन प्रोटीन (Actin protein) मायोसिन प्रोटीन (Myosin protein) के ऊपर फिसलती है जिसके कारण 'I' पट्टिका की लम्बाई में कमी हो जाती है, लेकिन 'A' पट्टिका की लम्बाई में कोई परिवर्तन नहीं होता है। एक्टिन प्रोटीन की स्तर इस प्रकार सरकती है कि M- रेखा पर इनके सिरे एक-दूसरे के ऊपर हो जाते हैं। 'I' तथा 'A' पट्टिका के मध्य 'H' रेखा पूर्णता: लुप्त हो जाती है। उपर्युक्त सभी परिवर्तनों के कारण पेशी तन्तुक (Myofibrils) संकीर्ण या छोटे हो जाते

हैं। इस प्रकार पेशी में संकुचन हो जाता है। प्रेरणा बिन्दु से प्रारम्भ होकर पेशी कोशिका के दोनों ओर संकुचन संवाहित होता है, लेकिन संकुचन एक ही दिशा में उस ओर होता है जिस दिशा में पेशी अस्थि से सम्बन्धित रहती है।

4. संकुचन के समय मायोसिन स्तर पर क्रॉस ब्रिजेस (Cross bridges) का निर्माण होता है जो एक्टिन प्रोटीन के पतली स्तर को रैचेट क्रिया (Ratchet action) के समान मायोसिन प्रोटीन के मध्य स्थित स्थानों में सरकने की गति से खिंचते हैं तथा पेशी शिथिलन (Relaxation) पर समाप्त हो जाते हैं। इस कारण एक्टिन स्तर पुनः अपने स्थान पर वापस आ जाती है।

4.8.5 विद्युत आवेशीय सिद्धान्त (Electro-Kinematic Theory)

इस सिद्धान्त के अनुसार मायोसिन प्रोटीन (Myosin protein) की स्तर ऋणात्मक (Negative) आवेशों की श्रृंखला (Chain) एवं एक्टिन तन्तु समान मात्रा में ऋणात्मक एवं धनात्मक (Negative and Positive) दोनों आवेशों की श्रृंखला पायी जाती है। इस कारण एक्टिन तन्तु आवेशहीन होते हैं।

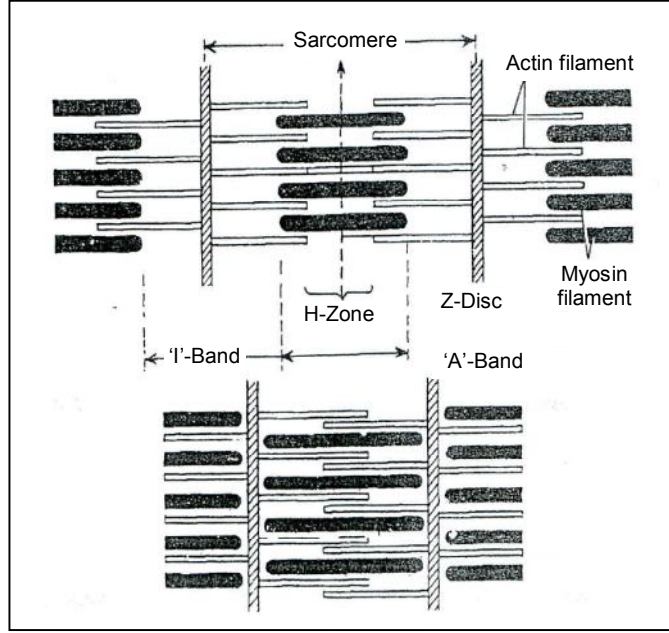
पेशी की शिथिलन अवस्था में दोनों तन्तुओं (फाइब्रिल्स-Fibrils) के मध्य में कोई भी विद्युताकर्षण बल (Electric potential force) नहीं पाया जाता है। तान्त्रिका से पेशी में उत्तेजना आती है तो Ca^{++} आयन स्वतन्त्र होते हैं। यह Ca^{++} आयन दोनों प्रकार की तन्त्रिका पर स्थित हो जाते हैं तथा इसका ऋणात्मक (Negative) आवेश पूर्व की अपेक्षा अधिक कम हो जाता है तथा धनात्मक आवेश अधिक हो जाता है। Ca^{++} आयन इन तन्तुओं के सिरों पर चिपकते हैं जो Z-रेखा के समीप होते हैं। इस प्रकार एक्टिन तन्तु का Z-रेखा की ओर वाला भाग सर्वाधिक धनावेशित (Positively charged) तथा मायोसिन के बीच वाला भाग ऋणावेशित (Negatively charged) हो जाता है। इस प्रकार मायोसिन (Myosin) का ऋणात्मक (Negative) आवेश एक्टिन के धनात्मक (Positive) आवेश को आकर्षित करता है, इस प्रकार एक्टिन स्तर मायोसिन पर सरकती है तथा पेशी संकुचित हो जाती है।

4.8.6 पेशीय संकुचन का आण्विक सिद्धान्त (Molecular Theory of Muscle Contraction)

डेवीस (Davies, 1963) ने दर्शाया कि पेशीय संकुचन में दो प्रकार के उत्प्रेरक (Catalyst) कार्य करते हैं। प्रथम है, आयन्स (Ions) एवं दूसरा कैल्शियम (Calcium)।

टिप्पणी

टिप्पणी



चित्र क्र. 4.21: Mechanism of Contraction of Sarcomere

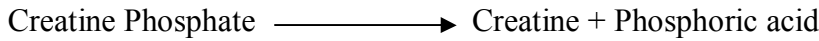
डेवीस के अनुसार हल्के मेरोमायोसिन (L-meromyosin) ATPase एन्जाइम के समान कार्य करते हैं। यह अनुमानतः अनुप्रस्थ सेतु (Cross bridges) के आधार के पास होते हैं तथा आयनों के समूहन के कारण इन पर ऋणात्मक (Negative) आवेश होता है और क्रॉस ब्रिज के दूरस्थ सिरे पर आयनित ATP उपस्थित होती है। आयनित ATP पर भी Mg^{++} के युग्मन के कारण ऋणात्मक आवेश (Negative) होता है। आधार और शीर्ष दोनों सिरो पर ऋणात्मक आवेश होने पर दोनों के बीच प्रतिकर्षण (Repulsion) होता है और अनुप्रस्थ सेतु (Cross bridges) फैले रहते हैं। इस प्रकार ATP सक्रिय भाग से दूर होता है। सार्कोप्लाज्मिक नलिका (Sarcoplasmic tube) से निकले कैल्शियम आयन अनुप्रस्थ सेतु के दूरस्थ सिरे एवं समीप के एक्टिन सूत्र के मध्य रासायनिक बंध बना देते हैं। इस प्रकार ऋणात्मक (Negative) आवेश समाप्त हो जाता है। सेतु (Bridge) के मायोसिन (Myosin) में α -हेलिक्स (Helix) बनाने की प्रवृत्ति होती है लेकिन विश्रामावस्था के समय स्थिर विद्युत प्रतिकर्षण (Electrical repulsion) कुण्डली बनाने से रोकता है। जब यह प्रतिकर्षण समाप्त हो जाता है उस समय हेलिक्स बनता है। कुण्डली बनने से सेतु (Bridge) छोटा होता है और एक्टिन खिंचता है और सेतु से दूरस्थ सिरे पर ATP सक्रिय क्षेत्र में आता है। मेरोमायोसिन के ATPase द्वारा ATP को ADP एवं फॉस्फेट अणु में विघटित होता है। ADP शीघ्र फॉस्फोरिलिकरण के द्वारा पुनः ATP बन जाता है। अनुप्रस्थ सेतु के दोनों सिरो पर विद्युत प्रतिकर्षण होने के कारण सेतु पुनः फैल जाता है और एक्टिन अपने स्थान पर आ जाएगा। यह क्रम बराबर होता है।

4.8.7 पेशी-संकुचन के समय होने वाले रासायनिक परिवर्तन (Chemical Changes During Muscle Contraction)

पेशी संकुचन के समय निम्नलिखित रासायनिक परिवर्तन होते हैं—

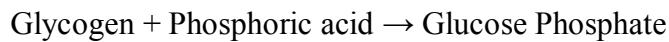
टिप्पणी

- 1. ATP का ADP में बदलना (Conversion of ATP in ADP)**— यह प्रक्रिया एडिनोसिन ट्राइफॉस्फेटेज (ATPase) की उपस्थिति में होती है। ATP से एक फॉस्फोरिक अम्ल का अणु अलग होकर ADP बनाता है जिसके फलस्वरूप निकली ऊर्जा पेशी संकुचन में उपयोग आती है। यह प्रक्रिया एनएरोबिक भी हो सकती है।
- 2. क्रिएटिन फॉस्फेट का टूटना (Break down of creatine phosphate)**— पेशी कोशिका में उपस्थित क्रिएटिन फॉस्फेट (Creatine phosphate) टूटकर क्रिएटिन (Creatine) तथा फॉस्फोरिक अम्ल बनाता है। फॉस्फोरिक अम्ल (Phosphoric acid) का अणु ADP से जुड़कर ATP का निर्माण करता है।

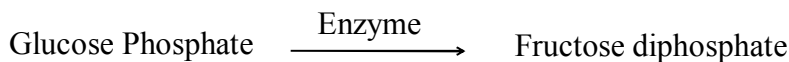


ATP से ADP में परिवर्तन पेशी तन्तुओं के संकुचन के लिए तुरन्त ऊर्जा का स्रोत होता है। ADP एवं H_3PO_4 से ATP के पुनः निर्माण के लिए आवश्यक ऊर्जा फॉस्फोक्रिएटिन (Phosphocreatine) के विच्छेद से प्राप्त होती है। फॉस्फोक्रिएटिन भी पुनः संश्लेषित किया जाता है। इस प्रक्रिया के लिए ऊर्जा ग्लूकोफॉस्फेट के लैक्टिक अम्ल में बदलने से प्राप्त होती है। लैक्टिक अम्ल यकृत का 2% CO_2 एवं H_2O में परिवर्तित होता है। शेष लैक्टिक अम्ल यकृत (Liver), पेशियों (Muscles) एवं शारीरिक ऊतकों में, फिर ग्लाइकोजन में संश्लेषित हो जाता है। इस प्रकार चक्र वापस शुरू होता है।

- 3. ग्लाइकोजन का टूटना (Break down of glycogen)**— पेशी कोशिका के सार्कोप्लाज्म (Sarcoplasm) में उपस्थित ग्लाइकोजन ATP से फॉस्फोरिक अम्ल के अलग होने पर उससे जुड़कर ग्लाइकोजन को ग्लूकोस फॉस्फेट में बदल देता है।

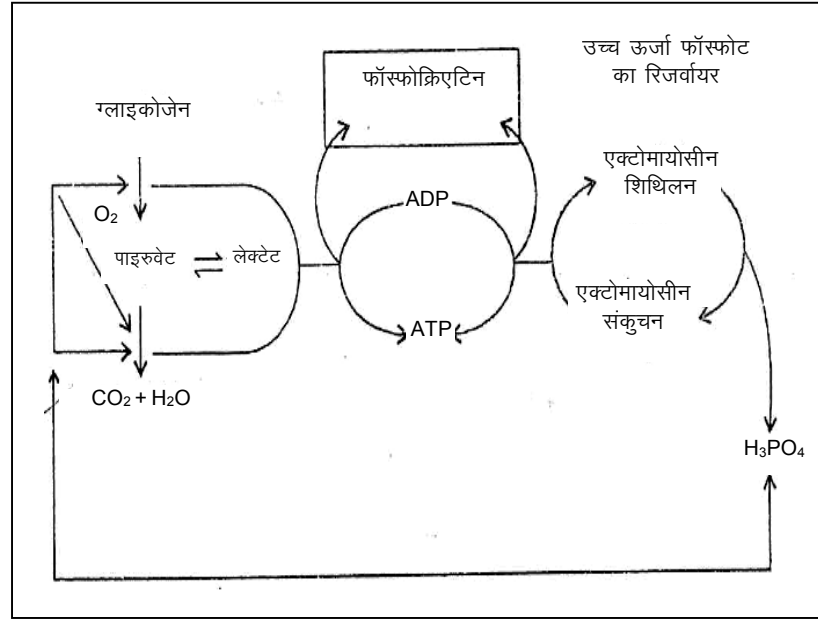


- 4. फ्रुक्टोस डाइफॉस्फेट का बनना (Formation of fructose diphosphate)**— पेशी कोशिका में बना ग्लूकोस फॉस्फेट अनेक रासायनिक प्रतिक्रियाओं के बाद फ्रुक्टोस डाइफॉस्फेट में बदल जाता है।



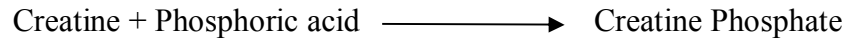
- 5. लैक्टिक एसिड का बनना (Formation of lactic acid)**— पेशी कोशिका में बना फ्रुक्टोस डाइफॉस्फेट पुनः रासायनिक प्रतिक्रियाओं के बाद लैक्टिक अम्ल में बदल जाता है जिसके फलस्वरूप ATP के तीन अणु मुक्त होते हैं।

टिप्पणी



चित्र क्र. 4.22: Chemical basis of Muscle Contraction

6. **क्रिएटिन-फॉस्फेट का पुनः संश्लेषण (Resynthesis of creatine phosphate)**— पेशी कोशिका में क्रिएटिन का रिफॉस्फोरिलेशन (Rephosphorylation) होता है। इसके अन्तर्गत ATP के एक फॉस्फोरिक एसिड का अणु अलग होकर क्रिएटिन से जुड़कर क्रिएटिन फॉस्फेट बनाता है। इस हेतु आवश्यक ऊर्जा ग्लाइकोजेन के लैक्टिक एसिड में टूटने से प्राप्त हो जाती है।



सामान्यतया पेशी कोशिका के सार्कोप्लाज्म का pH 7.3 होता है, परन्तु लैक्टिक अम्ल के एकत्रित हो जाने से माध्यम अम्लीय (pH 6.0) हो जाता है।

4.8.8 कोरी चक्र (Cori Cycle)

शरीर की पेशियों द्वारा अत्यधिक कार्य या अभिक्रिया करने के कारण पेशी में कुछ विशेष परिवर्तन होते हैं। इन अभिक्रियाओं के द्वारा परिवर्तनों में लैक्टिक अम्ल (Lactic acid) को बाहर निकाला जाता है। यह अभिक्रिया पेशियों के अतिरिक्त यकृत (Liver) में भी होती है। इन सभी परिवर्तनों को कोरी चक्र (Cori Cycle) कहते हैं।

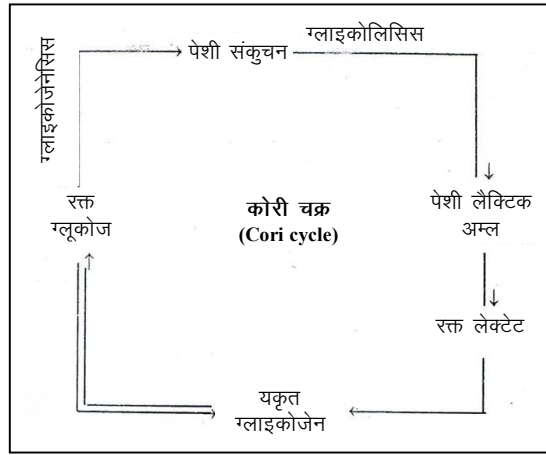
पेशी संकुचन (Muscle Contraction) के समय पेशी की ग्लाइकोजेन (Glycogen) से ग्लाइकोलिसिस (Glycolysis) विधि के द्वारा ऊर्जा (Energy) उत्पन्न होती है। ग्लाइकोलिसिस में उत्पन्न पाइरुविक अम्ल (Pyruvic acid) एवं लैक्टिक अम्ल (Lactic acid) शीघ्र ही CO₂ एवं H₂O में ऑक्सीकृत (Oxidised) होते हैं। यह अभिक्रिया इतनी तीव्रता से होती है कि लैक्टिक अम्ल पेशी तन्तुओं में एकत्रित नहीं हो पाता है।

टिप्पणी

अत्यधिक क्रियाशील या अधिक कार्य करने के समय पेशियों में लैक्टिक अम्ल (Lactic acid) अधिक मात्रा में बनता है। यह लैक्टिक अम्ल क्रैब चक्र के द्वारा आसानी से निष्कासित नहीं होता है। लैक्टिक अम्ल रक्त संवहन में प्रवाहित होता है और रक्त संवहन के द्वारा लैक्टिक अम्ल यकृत (Liver) में पहुँचता है। यकृत में लैक्टिक अम्ल, ग्लाइकोजेन (Glycogen) में परिवर्तित हो जाता है।

यकृत में ग्लाइकोजेन पुनः ग्लूकोस (Glucose) में परिवर्तित होता है। यह ग्लूकोस पेशियों में पहुँच जाता है। ग्लूकोस पेशियों में पुनः ग्लाइकोजेन में परिवर्तित कर दिया जाता है। पेशी में ऊर्जा (Energy) ATP के रूप में आती है। ATP एक्टिन एवं मायोसिन में पहुँच जाता है। पेशी में जब क्रिया विभव (Action potential) पहुँचता है तब ATPase एन्जाइम के द्वारा ATP में विघटित हो जाता है और एक्टिन एवं मायोसिन निर्मित होते हैं। इस समय सार्कोमियर (Sarcomere) आकार में छोटा होता है। Mg^{++} आयन्स की उपस्थिति में संकुचन नहीं होता है। फिर भी यदि कैल्शियम का घोल डाला जाये तब अवरोध से मुक्त होकर पेशी में संकुचन होता है।

पेशी संकुचन के पूर्व और बाद में ऊष्मा (Heat) उत्पन्न होती है। इस ऊष्मा को आरम्भिक (Initial heat) कहते हैं। पेशी विश्राम के पश्चात् रासायनिक अभिक्रिया के द्वारा ऊष्मा (Heat) निरन्तर निकलती रहती है। इस ऊष्मा को रिकवरी/प्रतिलाभ ऊष्मा (Recovery heat) कहते हैं।

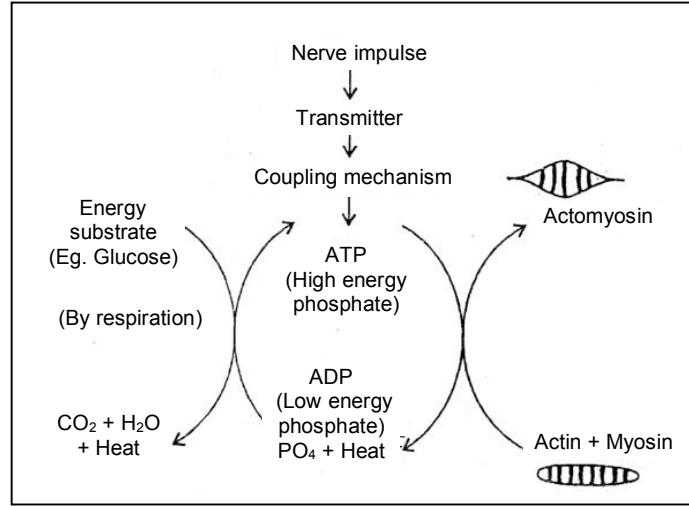


चित्र क्र. 4.23: Cori Cycle

इन प्रोटीन्स (Proteins) के अतिरिक्त विशेष प्रकार के आयनों (Ions) एवं ऊर्जा (Energy) की भी आवश्यकता होती है। जैसे Mg^{++} , Ca^{++} , K^+ आदि। Ca^{++} आयन के बारे में वैज्ञानिकों ने अधिक अध्ययन किया है। जब पेशी को तन्त्रिका तन्तु से उद्दीपन/उत्पीड़न (Stimulus) प्राप्त होती है तब सार्कोप्लाज्मिक रेटिकुलम (Sarcoplasmic reticulum) में Ca^{++} आयन स्वतन्त्र हो जाते हैं तथा संकुचन क्रिया में सहायता करते हैं, तत्पश्चात् यह पुनः ऊर्जा (Energy) की सहायता से सार्कोप्लाज्मिक रेटिकुलम (Sarcoplasmic reticulum) में एकत्रित कर लिये जाते हैं। यह क्रिया पुनः दोहराई जाती है।

टिप्पणी

पेशी ऊतक में ऊर्जा (Energy) ATP से प्राप्त होती है। ATP में यह ऊर्जा पेशीय ग्लाइकोजेन के श्वसनी ऑक्सीकरण (Respiratory oxidation) से प्राप्त होती है। ATP से ऊर्जा को लेकर एक्टिन (Actin) एवं मायोसिन (Myosin) प्रोटीन आपस में मिलकर एक्टोमायोसिन कॉम्प्लेक्स (Actomyosin complex) बनाते हैं। यह कॉम्प्लेक्स शीघ्र एवं तीव्र गति से संकुचन करता है। इस ATP से प्राप्त ऊर्जा पेशी के संकुचन में पर्याप्त नहीं होती, अन्तः शेष ऊर्जा के लिए क्रिएटिन फॉस्फेट (Creatine phosphate) उपयोग में लाया जाता है।



चित्र क्र. 4.24: Role of ATP in Muscle Contraction

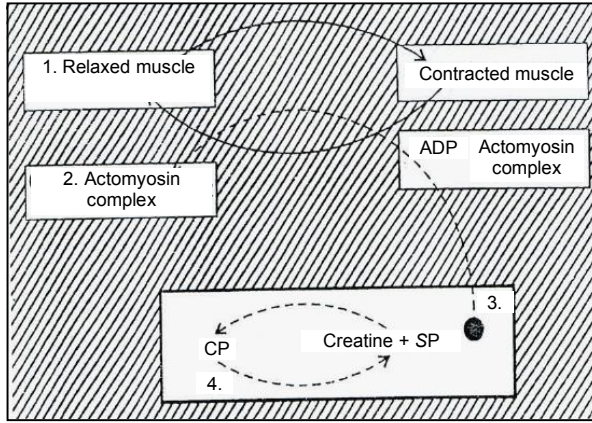
जब पेशियाँ शिथिल अवस्था में होती हैं या संकुचन नहीं कर रही होती हैं तब ATP ग्लाइकोजेन के विघटन से प्राप्त होती है, यह मात्रा आवश्यकता से अधिक होती है। यह अत्यधिक ATP की मात्रा अपनी ऊर्जा क्रिएटिन फॉस्फेट (Creatine Phosphate) को स्थानान्तरित (Transfer) कर देते हैं, जहाँ पर यह अधिक ऊर्जा संग्रहित कर ली जाती है। जब पेशी के द्वारा अधिक संकुचन का कार्य किया जाता है तब क्रिएटिन फॉस्फेट में संग्रहित ऊर्जा पुनः उपयोग में लायी जाती है।

4.8.9 हृदयी पेशी में संकुचन (Contraction in Cardiac Muscle)

हृदयी पेशियों (Cardiac muscles) में संकुचन विधि कंकालीय पेशियों की संकुचन विधि के समान होती है। आवेग हृदय में पाए जाने वाले पेस-मेकर क्षेत्र (Pacemaker area) में उत्पन्न होती है। यह आवेग विभिन्न संवहनीय ऊतकों (Conducting tissue) के द्वारा संवाहित होती है और हृदयी पेशी तन्तुओं में पहुँचती है और इसमें से आवेग एक कोशिका से दूसरी कोशिका में तीव्रता से विभिन्न इन्टरकेलेटेड डिस्क की जंक्शन सतह के द्वारा संवाहित होती है। कोशिका की सतह से आवेग मायोफाइब्रिल्स की संकुचन इकाई में सार्कोट्यूबुलर तन्त्र (Sarcotubular system) के द्वारा संवाहित होती है। इन्टरकेलेटेड डिस्क

(Intercalated disc) डेस्मोसोम्स (Desmosomes) 200 Å व्यास के पाए जाते हैं। कोशिका से कोशिका जंक्शन (Cell-to-cell junction) अधिक मेम्ब्रेन सम्पर्क के क्षेत्र रखता है। इस क्षेत्र पर कम विद्युत प्रतिरोध होता है जो कि उत्तेजना को शीघ्रता से सम्पूर्ण हृदय में, कोशिका से कोशिका में तीव्रता से संवाहित करता है। अनुप्रस्थ भाग के डेस्मोसोम्स (Desmosomes) कोशिका से कोशिका के सम्पर्क में संकुचन इकाई संवहनीय खिंचाव से सम्बन्धित होते हैं, साथ ही एक कोशिका से दूसरी कोशिका में अनुदैर्घ्य दिशा में भी संवाहित करने में सहायता करते हैं। इस कार्य को करने के लिए Ca^{++} प्रमुख भूमिका निभाते हैं।

टिप्पणी



चित्र क्र. 4.25: 1. Relaxed muscle is charged with energy which it loses as it contracts, 2. The loss in energy changes the actomyosin complex, 3. The high energy phosphate recharges the contracted muscle causing it to relax, 4. Creatine Phosphate (CP) supplies the high energy phosphate.

4.8.10 अरेखित पेशी में संकुचन (Contraction in Smooth Muscle)

ऐसा समझा जाता है कि अरेखित पेशी (Smooth/unstriated muscle) में संकुचन कंकालीय पेशी (Skeletal muscles) के समान होता है, क्योंकि यह ज्ञात है कि संकुचन के समय अरेखित पेशी के एक्टिन (Actin) एवं मायोसिन (Myosin) तन्तु लम्बाई में परिवर्तित नहीं होते हैं। आन्तरांगी पेशी स्वतः संकुचन करने की क्षमता हृदयी पेशी के समान रखती है। इन पेशियों का संकुचन धीमा होता है। इस समूह की पेशियों में हृदयी पेशियों (Cardiac muscles) के समान कुछ कार्यात्मक (Functional) समानता पाई जाती है, विशेष रूप से स्वतः तालता (Rhythmicity) में समानता पायी जाती है। संवहनीय चिकनी पेशियों (Vascular smooth muscles) में कंकालीय पेशियों से समानता पाई जाती है क्योंकि दोनों पेशी समूह में चालक तन्त्रिका (Motor nerve) की उत्तेजना से परिवर्तन होते हैं।

4.8.11 पेशी थकान (Muscle Fatigue)

1. अनेक बार संकुचित होने के बाद पेशी में संकुचित फॉस्फेट तथा ग्लाइकोजन समाप्त हो जाते हैं तथा इसमें लैक्टिक अम्ल (Lactic acid) एकत्रित हो जाता है, जिससे इसमें और अधिक संकुचन नहीं हो पाता। इस दशा को थकान कहते हैं। संकुचन करती हुई पेशी में ऊर्जा के प्रमुख स्रोत ATP (क्रिएटिन फॉस्फेट / Creatine phosphate) के उपयोग में आने के कारण ही थकान होती है। धीरे-धीरे लैक्टिक अम्ल के ग्लूकोज में बदलने पर तथा ऊर्जा संकुचित हो जाने पर थकान दूर हो जाती है।
2. **लकवा (Paralysis)**— जब कंकाल पेशी चाहने पर भी नहीं सिकुड़ती और संवेदनाएँ ग्रहण नहीं कर पाती तो पेशी की इस निष्क्रिय अवस्था को लकवा या अंगघात कहते हैं और पेशी को अशक्त (Paralysed) कहते हैं। यह मुख्यतः किसी कारणवश मस्तिष्क में उपस्थित पेशी नियन्त्रण केन्द्र के असफल होने अथवा पेशी को प्रेरणा पहुँचाने वाली चालक तन्त्रिका (Motor nerve) के नष्ट होने के कारण होता है।
3. **कंपकंपी (Shivering)**— जाड़े के दिनों में कभी-कभी कुछ समय के लिए हमें अपने आप कंपकंपी आ जाती है। यह कंकाल पेशियों की एक अनैच्छिक क्रिया (Involuntary action) होती है। इसमें कोई गति उत्पन्न नहीं होती है, वरन् शरीर को कुछ ताप के रूप में गर्मी मिल जाती है।
4. **ऑक्सीजन ऋण (Oxygen debt)**— सक्रिय (Active) शारीरिक कार्य या व्यायाम के समय पेशियों में ऊर्जा का व्यय अधिक हो जाता है। अधिक ATP, ADP में बदल जाती है। ग्लूकोज का जारण/(Combustion) अधिक होता है। फेफड़े इनके लिए आवश्यक O₂ की पूर्ति नहीं कर पाते। साँस फूल जाती है। इसी दशा को शरीर का O₂ ऋण कहते हैं। जिन मनुष्यों में ग्लूकोज की कमी रहती है वे अधिक मेहनत का कार्य नहीं कर पाते हैं।

पेशी-संकुचन दो प्रकार के होते हैं—

- (i) **समतानी संकुचन (Isotonic Contraction)**— सामान्य अवस्था में पेशी-संकुचन को समतानी संकुचन कहते हैं। जब पेशी किसी भार को वहन करने में सक्षम होती है, पेशी छोटी हो जाती है तथा यान्त्रिक कार्य (Mechanical function) निष्पादित करती है, इस स्थिति में संकुचन के अंश/सीमा के अनपेक्षित, समान ताल (Tonus) में असुरक्षित होता है। इस प्रकार के संकुचन को समतानी संकुचन (Isotonic contraction) कहते हैं। इस संकुचन में कुल रासायनिक स्थितिज ऊर्जा (Chemical potential energy) के व्यय का 20%-25% भाग यान्त्रिक कार्य (Mechanical work) के रूप में उत्पन्न होता। शेष ताप में प्रकट होता है।
- (ii) **सममितीय संकुचन (Isometric contraction)**— इस प्रकार के संकुचन में पेशी की लम्बाई छोटी नहीं होती है। जब कोई भी उद्दीप्त पेशी (Stimulated muscle) अपने भार को गति प्रदान करने में असमर्थ होती है, लम्बाई छोटी नहीं होती तो इस प्रकार के संकुचन को सममितीय संकुचन

कहते हैं। इसमें तनाव उत्पन्न होता है तथा पेशी के ताल (टोनस-Tonus) में भी वृद्धि होती है, यान्त्रिक कार्य का निष्पादन नहीं होता है। उपयोग में आने वाली ऊर्जा ताप के रूप में प्रकट होती है।

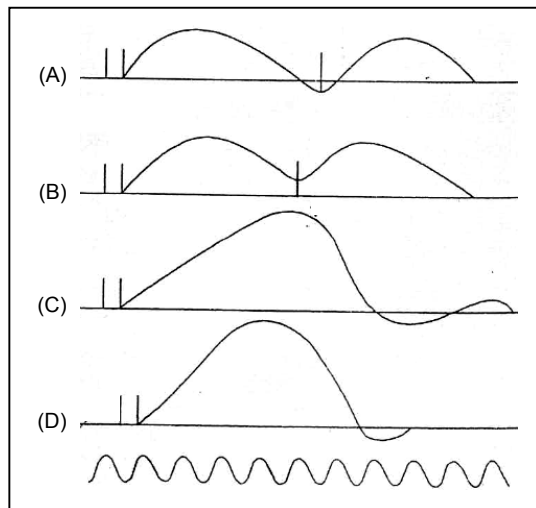
टिप्पणी

4.9 पेशी संकुचन को प्रभावित करने वाले कारक (Factors Affecting Muscular Contraction)

पेशी संकुचन को प्रभावित करने वाले कारक निम्नलिखित हैं—

- (a) **उद्दीपन की अवधि एवं शक्ति (Strength and duration of stimulus)**— पेशी उद्दीपन के लिए उद्दीपन में एक न्यूनतम शक्ति एवं उद्दीपन को प्रभावशाली बनाने के लिए इसकी कुछ निश्चित अवधि आवश्यक होती है। इस निश्चित अवधि से कम शक्ति व समय का उद्दीपन पेशी को उद्दीप्त नहीं कर पाएगा।
- (b) **एक के बाद दूसरा उद्दीपन का प्रभाव (Successive stimuli)**— यदि किसी उद्दीप्त पेशी को कुछ समय पश्चात् पुनः उद्दीप्त किया जाए तब पेशी दो बार संकुचित होगी। इसको कायमोग्राफ (Kymograph) उपकरण पर देखा जा सकता है। इस उपकरण पर दो वक्र (Curve) बनेंगे, परन्तु यदि दूसरा उद्दीपन प्रथम उद्दीपन की शिथिलन अवधि में किया जाए तो वक्र फिर भी दो बनेंगे, परन्तु दूसरा वक्र प्रथम की अपेक्षा बड़ा होगा। इसको पहले उद्दीपन का लाभकारी प्रभाव भी मिल जाता है। इस प्रकार के वक्र को सुपर अध्यारोपण वक्र (Super position curve) कहते हैं।

यदि दूसरा उद्दीपन पेशी के संकुचन के समय ही किया जाए तब पेशी और अधिक संकुचित हो जाती है, इसके द्वारा एक ही वक्र (Curve) बनता है जो बड़ा होता है। यह संकलन प्रभाव (Summation effect) कहलाता है।



चित्र क्र. 4.26: Contraction One after Another

टिप्पणी

- (c) **ताप का प्रभाव (Effect of temperature)**— सामान्य तापमान 25°C पर ऊत्तेजनशीलता एवं संकुचन-शीलता में वृद्धि होती है। कम तापक्रम 5°C पर दोनों क्रियाएँ घट जाती हैं। यदि तापक्रम 42°C या अधिक होता है तब पेशी के अन्दर का प्रोटीन जम जाता है। पेशी में ताप निष्क्रियता में वृद्धि होती है।
- (d) **भार का प्रभाव (Load effect)**— भार के कारण सुप्त काल (Latent period) बढ़ जाता है, लेकिन संकुचन एवं प्रसार समय घट जाता है। संकुचन की तीव्रता घट जाती है।
- (e) **निरन्तर उद्दीपनों का प्रभाव (Effect of Continuous stimuli)**— यदि पेशी को निरन्तर उद्दीपन दिए जायें तब उद्दीपनों के अनुसार निम्नलिखित प्रभाव होते हैं—
- सीढ़ी सिद्धान्त (Staircase phenomenon)**— यदि किसी पेशी को निरन्तर थोड़ी-थोड़ी देर में उद्दीप्त किया जाए तब प्रारम्भिक कुछ संकुचन धीरे-धीरे बढ़ते जाते हैं, इनके वक्र सीढ़ी के समान ऊपर की ओर बढ़ते जाते हैं।
 - टिटनेस अवस्था (Tetanus stage)**— पेशियों को उत्तेजित किए जाने के पश्चात् यह संकुचित होकर पुनः पूर्व स्थिति में लगभग 1/10 सेकण्ड में वापस आ जाती है। यदि पेशियों को विश्राम में आने से पूर्ण उद्दीप्त किया जाए तब पेशी-संकुचन की अवस्था में ही रहती है। इस अवस्था को टिटनेस कहते हैं। इसका वक्र ऊपर की ओर बढ़ता है।
 - थकान (Fatigue)**— यदि पेशी को लम्बे समय तक उद्दीप्त किया जाए तो उसमें संकुचन निरन्तर कम होता है और अन्त में यह पेशी इस अवस्था में पहुँच जाएगी, जब इसमें संकुचन बिल्कुल नहीं हो पाएगा। इस स्थिति को पेशी थकावट (Fatigue) कहते हैं। पेशी को ऑक्सीजन की पर्याप्त मात्रा मिलने एवं पर्याप्त विश्राम मिलने से थकान दूर हो जाती है।

4.9.1 पेशी संकुचन की और्जिकी (Energetics of Muscle Contraction)

पेशी संकुचन के समय स्थितिज ऊर्जा (Potential energy) गतिज ऊर्जा में बदल जाती है। यह स्थितिज ऊर्जा ATP से प्राप्त होती है तथा मायोसिन फिलामेन्ट्स से सम्बन्धित हो जाती है। पेशी-संकुचन के समय में ATP से एक PO_4 गुट पृथक् होकर लगभग 12 कैलोरी ऊर्जा मुक्त करता है जो मायोसिन में स्थानान्तरित हो जाती है।

अब पेशी में ATP की इतनी मात्रा नहीं होती है कि वह अधिक समय तक संकुचन स्थिति में रह सके, अन्तः इसका अपनी वास्तविक स्थिति में आना आवश्यक है।

अपनी प्रगति जाँचिए (Check Your Progress)

17. पेशी संकुचन के समय ऊर्जा का मुख्य स्रोत है—
 (क) ग्लाइकोजेन (ख) रक्त
 (ग) ATP (घ) प्लाज्मा
18. निम्न में से कौन-सा संकुचनशील प्रोटीन पेशी का होता है?
 (क) ट्रॉपोमायोसिन (ख) मायोसिन
 (ग) एक्टिन (घ) सभी
19. पेशी संकुचन का सर्पण सिद्धान्त _____ ने प्रतिपादित किया था।
 (क) एच.ई. हक्सले
 (ख) ए.एफ. हक्सले
 (ग) (क) तथा (ख) दोनों
 (घ) आर.ई. डेविस
20. पेशी में संकुचन _____ के कारण होता है।
 (क) एक्टिन (ख) मायोसिन
 (ग) (क) तथा (ख) दोनों (घ) कोई नहीं

टिप्पणी**4.10 अपनी प्रगति जाँचिए प्रश्नों के उत्तर (Answers to Check Your Progress)**

- | | | |
|--------|---------|---------|
| 1. (ख) | 8. (ख) | 15. (क) |
| 2. (क) | 9. (क) | 16. (ग) |
| 3. (ग) | 10. (ग) | 17. (क) |
| 4. (घ) | 11. (क) | 18. (ग) |
| 5. (ख) | 12. (ख) | 19. (ग) |
| 6. (ग) | 13. (क) | 20. (ग) |
| 7. (क) | 14. (ख) | |

टिप्पणी

4.11 सारांश (Summary)

इस पाठ के अन्तर्गत तन्त्रिका तन्त्र और पेशीय संकुचन आता है। तन्त्रिका और पेशी शरीर में कैसे कार्य करती है। शरीर को चलाने में संतुलन विभिन्न (Enzymes) और Chemical reaction और हारमोन कि मदद से कैसे होता है यह सरल तरीके से दर्शाया गया।

इस पाठ में पेशी के संकुचन और शिथिलन को सरल तरीके से समझाने का प्रयास किया गया है।

4.12 मुख्य शब्दावली (Key Terminology)

- न्यूरोग्लिया (Neuroglia)
 - जीवाणुभक्षण (Phagocytosis)
 - मेनिन्जेस (Meninges)
 - न्यूरोन्स (Neurons)
 - एकध्रुवीय (Unipolar)
 - द्विध्रुवीय (Bipolar)
 - बहुध्रुवीय (Multipolar)
 - दैहिक प्रेरक (Somatic motor)
 - विसरल प्रेरक (Visceral motor)
 - युग्मानुबंधन (Synapsis)
 - पेशी ऊतक (Muscular tissue)
 - रेखित पेशीयाँ (Striated muscles)
 - चिकनी पेशीयाँ (Smooth muscles)
 - हृदयी पेशीयाँ (Cardiac muscles)
-

4.13 स्व-मूल्यांकन प्रश्न एवं अभ्यास (Self Assessment Questions and Exercises)

लघु उत्तरीय प्रश्न (Short Answer Type Questions)

1. तन्त्रिका तन्तु में चेतना प्रेरणा का संवहन पर टिप्पणी लिखिये।
2. निम्नलिखित पर टिप्पणी लिखिये—
 - (i) अनुकम्पी तन्त्रिक तन्त्र
 - (ii) तन्त्रिक आवेग संवहन
 - (iii) तन्त्रिक संवहन कार्यिकी

- (iv) पुनःध्रुवण एवं युग्मानुबंधन
(v) सोडियम-पोटेशियम पम्प।
3. निम्नलिखित पर संक्षिप्त टिप्पणी लिखो—
(i) हृदयी पेशी
(ii) पेशियों के गुण
(iii) पेशी थकावट।
4. किन्हीं दो पर संक्षिप्त टिप्पणी लिखो—
(i) अव्यक्त काल
(ii) अवसीमा उद्दीपन
(iii) पाद की पेशियाँ।
5. किन्हीं तीन पर टिप्पणी लिखो—
(i) टोनिसिटी
(ii) टिटैनस
(iii) पेशी की संकुचनशीलता
(iv) पेशी का अवसीमा उद्दीपन।
6. पेशी संकुचन में कैल्शियम आयन के कार्य का वर्णन कीजिए।
7. निम्नलिखित पर टिप्पणी लिखिए—
(i) रैचेट सिद्धान्त
(ii) जैड-बैण्ड
(iii) रेखित पेशी की संरचना
(iv) स्लाइडिंग-फिलामेंट सिद्धान्त
(v) पेशी-संकुचन की रासायनिक व्याख्या कीजिए।

दीर्घ उत्तरीय प्रश्न (Long Answer Type Questions)

1. तन्त्रिका आवेगों का कशेरुकियों में संवहन प्रणाली का विवरण दीजिये।
2. तन्त्रिका आवेग की परिभाषा दीजिये। आवेग की प्रेषण विधि का सविस्तर वर्णन कीजिये।
3. तन्त्रिका तन्तु में चेतना प्रेरणा की संवहन क्रिया-विधि को समझाइये।
4. तन्त्रिका आवेग क्या है? किसी मायलिन-हीन तन्त्रिका तन्तु पर आवेग के उद्गम तथा संचरण का वर्णन कीजिये।
5. तन्त्रिका परिवर्तन की कार्याकी समझाइये।
6. ऐक्सॉन में तन्त्रिका आवेग के प्रेषण विधि का वर्णन कीजिए।
7. तन्त्रिका आवेग क्या है? तन्त्रिका एक ऐक्सॉन तथा सिनेप्स पर किस प्रकार संचरित होता है?

टिप्पणी

टिप्पणी

8. तन्त्रिका आवेग क्या है? तन्त्रिका तन्तु से तन्त्रिका आवेग के प्रेषण की विधि का वर्णन करो।
9. पेशी किसे कहते हैं? प्रमुख रूप से पेशी कितने प्रकार की होती हैं? वर्णन करो।
10. ऐच्छिक पेशी से आप क्या समझते हो? विल्डर के अनुसार विभिन्न प्रकार की ऐच्छिक पेशियों का वर्णन कीजिए।
11. कंकालीय पेशियों के गुणों का वर्णन करते हुए पशु उपांगों के पेशियों का वर्णन कीजिए।
12. कंकालीय, हृदयी एवं अरेखित पेशियों की संरचना का वर्णन कीजिए।
13. पेशी संकुचन के समय होने वाले भौतिक एवं रासायनिक परिवर्तनों का वर्णन कीजिए।
14. रेखित पेशी तन्तु की संरचना एवं पेशी संकुचन की कार्यिकी को समझाएँ।
15. कशेरुकियों की विभिन्न प्रकार की पेशियों का विवरण दीजिए तथा पेशी संकुचन की शरीर क्रिया का वर्णन कीजिए।

4.14 सहायक पाठ्य सामग्री (Suggested Readings)

Books of MP Hindi Granth Academy

1. Parker & Haswall : Text Book of Vertebrate Zoology
2. Kotpal, RL : Vertebrate
3. Jordan, EL and Verma, PS : Chordate Zoology
4. Rastogl, VB : Organic Evolution
5. Singh and Chaturvedi : Organic Evolution
6. Ernst W. Mayr : Evolution and the Diversity of life
7. Colbert : Evolution
8. Verma, PS and Agrawal, VK : Cell Biology, Genetics, Molecular Biology, Evolution
9. Verma PS : Animal Physiology
10. Nigam, HL : Animal Physiology
11. Wood, DW : Principle of Animal Physiology

12. Berry, AK : Animal Physiology and Biochemistry
13. Prosser, CL : Animal Physiology and Biochemistry
14. Goyal and Shastri : Animal Physiology
15. Shrivastava, HS : Biochemistry
16. Lehninger : Biochemistry

तन्त्रिका-पेशीय समन्वयन

टिप्पणी

इकाई 5 अन्तःस्त्रावी प्रणाली (Endocrine System)

संरचना

- 5.0 परिचय
- 5.1 उद्देश्य
- 5.2 ग्रन्थियों के प्रकार
- 5.3 पीयूष ग्रन्थि की संरचना
- 5.4 एडीनोहायपोफाइसिस या अग्र पालि
- 5.5 एडीनोहायपोफाइसिस की संरचना
 - 5.5.1 पार्स डिस्टेलिस
 - 5.5.2 पार्स ट्यूबेरैलिस/पार्स गुलिका या इन्फण्डिबुलेरिस
 - 5.5.3 पार्स इन्टरमीडिया
- 5.6 न्यूरोहायपोफायसिस
- 5.7 पीयूष ग्रन्थि के कार्य
 - 5.7.1 एडीनोहायपोफायसिस के कार्य
 - 5.7.2 न्यूरोहायपोफाइसिस के कार्य
 - 5.7.2.1 अल्प पीयूष स्त्रावण
 - 5.7.2.2 अतिपीयूषकीय स्त्रावण
 - 5.7.2.3 हायपोफायसेक्टोमी
- 5.8 थायरॉइड ग्रन्थि की संरचना एवं कार्य
- 5.9 थायरॉक्सिन के कार्य
 - 5.9.1 थायरॉइड की अनियमितताएँ एवं रोग
- 5.10 एड्रीनल ग्रन्थि की संरचना एवं कार्य
 - 5.10.1 एड्रीनल ग्रन्थि की संरचना
 - 5.10.2 एड्रीनल कॉर्टेक्स की संरचना
- 5.11 एड्रीनल ग्रन्थि की इलेक्ट्रॉन सूक्ष्मदर्शीय संरचना
- 5.12 एड्रीनल मेडूला की संरचना एवं कार्य
 - 5.12.1 एड्रिनेलिन या एपीनेफ्रिन
 - 5.12.2 एड्रिनेलिन हॉर्मोन के प्रभाव
 - 5.12.3 नार-एपीनेफ्रिन हार्मोन का प्रभाव
 - 5.12.4 एड्रीनल ग्रन्थि के हॉर्मोन्स के स्त्रावण का नियमन
- 5.13 पैराथायराइड, थायमस एवं लैन्गारहैन्स द्विपिकाओं की संरचना एवं कार्य
 - 5.13.1 पैराथायराइड की संरचना एवं कार्य
 - 5.13.1.1 पैराथायराइड ग्रन्थि की संरचना
 - 5.13.2 पैराथार्मोन के कार्य
 - 5.13.3 पैराथायराइड की अनियमितताएँ एवं रोग
 - 5.13.3.1 अल्प-स्त्रावण
 - 5.13.3.2 अति-स्त्रावण
 - 5.13.4 पैराथायराइड के कार्य
- 5.14 थायमस ग्रन्थि की संरचना एवं कार्य
 - 5.14.1 थायमस की औतिकी संरचना
 - 5.14.2 थायमस ग्रन्थि के कार्य
 - 5.14.3 थायमस हॉर्मोन के कार्य

- 5.15 लैंगरहैन्स के द्वीप समूह की संरचना एवं कार्य
 5.15.1 संरचना
 5.15.2 लैंगरहैन्स के द्वीप समूह की औतिकी संरचना
 5.15.3 ग्लूकागॉन
- 5.16 नर एवं मादा प्रजनन हार्मोन की कार्यिकी
 5.17 अपनी प्रगति जाँचिए प्रश्नों के उत्तर
 5.18 सारांश
 5.19 मुख्य शब्दावली
 5.20 स्व-मूल्यांकन प्रश्न एवं अभ्यास
 5.21 सहायक पाठ्य सामग्री

टिप्पणी

5.0 परिचय (Introduction)

अन्तःस्त्रावी, ग्रन्थियाँ और तन्त्र किसे कहते हैं, ये कितने प्रकार कि होती हैं। और इनका शरीर चलाने में क्या कार्य है।

5.1 उद्देश्य (Objectives)

अन्तःस्त्रावी ग्रन्थियाँ, तन्त्रिका तन्त्र के साथ संयोग बनाकर शरीर को गतिमान बनाये रखती हैं, (Endocrine glands) से तरल पदार्थ निकलता है जिसे हॉर्मोन्स कहते हैं। ये कैसे कार्य करता है, यही समझना उद्देश्य है।

5.2 ग्रन्थियों के प्रकार (Types of Glands)

प्राणी शरीर की विभिन्न क्रियाओं के नियन्त्रण का कार्य दो तन्त्रों द्वारा किया जाता है—

- (i) तन्त्रिका तन्त्र (Nervous System) एवं
- (ii) अन्तःस्त्रावी तन्त्र (Endocrine System)।

(i) **तन्त्रिका तन्त्र (Nervous System)**— यह एक अधिक तीव्र गति से कार्य अथवा बिना रुके कार्य (High speed delivery or No delay service) की भाँति वातावरण में होने वाले परिवर्तनों के प्रभाव को दूर संचार तन्त्रिकाओं द्वारा, विद्युत प्रेरणाओं के रूप में संचारित करके मानव शरीर के प्रभावों/प्रतिक्रियाओं का नियन्त्रण करता है। इस नियन्त्रण क्रिया का होना अति आवश्यक है। मानव शरीर में कुछ चयापचय इस प्रकार की होती हैं कि उनका नियन्त्रण शीघ्र होना आवश्यक नहीं होता है, उनका नियन्त्रण रासायनिक संचालकों/दूतों (Chemical messenger) द्वारा किया जाता है। इस रासायनिक दूतों को हॉर्मोन्स (Hormones) कहते हैं।

(ii) **अन्तःस्त्रावी तन्त्र (Endocrine system)**— यह शरीर में मन्द गति, कुछ रासायनिक तरलीय पदार्थों 'हॉर्मोन्स' को रक्त में मुक्त करके, उपापचय, वृद्धि, जनन, उत्सर्जन, पाचन आदि अनेक क्रियाओं का नियन्त्रण कर जीवन की अखण्डता को बनाए रखता है। अन्तःस्त्रावी ग्रन्थियों तथा उनसे स्त्रावित हॉर्मोन्स एवं कार्यप्रणाली के अध्ययन को अन्तःस्त्रावी विज्ञान (Endocrinology) कहते हैं। इस तन्त्र की कार्यप्रणाली में तीन बातें प्रमुख होती हैं—

- कुछेक विशिष्ट ग्रन्थियाँ तथा कोशिकाएँ कुछ प्रमुख रसायनों को सीधे रक्त में मुक्त करती हैं।
- रक्त इन रसायनों का पूर्ण शरीर में संवहन करता है।
- ये पदार्थ शरीर की कोशिकाओं पर प्रभाव डालते हैं।

कशेरुकियों के शरीर में ग्रन्थियाँ एपीथीलियमी ऊतकों के वलय (Folding) से बनती हैं। यह ग्रन्थियाँ शरीर की सतह पर या शरीर के अंगों के अन्दर स्थित पायी जाती हैं। यह ग्रन्थियाँ तीन प्रकार की होती हैं—

1. **बाह्यस्त्रावी ग्रन्थियाँ (Exocrine glands)**— ये वाहिनीयुक्त ग्रन्थियाँ हैं अन्तः इनके द्वारा स्त्रावित पदार्थ वाहिनियों द्वारा बहकर सम्बन्धित अंग विशेष में पहुँचकर प्रभाव डालते हैं। इनको नलिकायुक्त या प्रणाल ग्रन्थियाँ (Ducted glands) भी कहते हैं।

उदाहरण— यकृत, स्वेद ग्रन्थियाँ, लार ग्रन्थियाँ, दुग्ध ग्रन्थियाँ आदि।

2. **अन्तःस्त्रावी ग्रन्थियाँ (Endocrine glands)**— (Gr. *endon* = within + *krinein* = To secrete) ये नलिकाविहीन ग्रन्थियाँ हैं अन्तः इनसे स्त्रावित पदार्थ सीधा रक्त में मुक्त होता है। तथा रक्त इनको आवश्यकतानुसार कोशिकाओं में पहुँचाता है। इन ग्रन्थियों में नलिकाओं का अभाव होता है। इनको नलिकाविहीन या अप्रणाल ग्रन्थियाँ (Ductless glands) कहते हैं। इन ग्रन्थियों से स्त्रावित रासायनिक पदार्थ को हॉर्मोन्स (Hormones) कहते हैं।

उदाहरण— थायराइड (Thyroid), एड्रीनल (Adrenal) आदि।

3. **मिश्रित ग्रन्थियाँ (Mixed glands)**— यह मुख्य रूप से बाह्यस्त्रावी होती हैं। ये वाहिनीयुक्त ग्रन्थियाँ हैं। ये बाह्यस्त्रावी तथा अन्तःस्त्रावी दोनों प्रकार से कार्य करती हैं। इसका बाह्यस्त्रावी भाग प्रमुख होता है।

उदाहरण— अग्नाशय (Pancreas), वृषण (Testes), अण्डाशय (Ovary)।

अन्तःस्त्रावी विज्ञान (Endocrinology) मुख्यतः 19वीं तथा 20वीं सदी में विकसित हुआ है।

सर्वप्रथम सीक्रेटिन (Secretin) हॉर्मोन की खोज की गई थी—

1. मानव शरीर में निम्नलिखित अन्तःस्त्रावी ग्रन्थियाँ पायी जाती हैं—
 - (a) पीयूष ग्रन्थि (Pituitary gland)
 - (b) थायरॉयड ग्रन्थि (Thyroid gland)
 - (c) अधिवृक्क या एड्रीनल ग्रन्थि (Suprarenal or Adrenal gland)
 - (d) पैराथायरोयड ग्रन्थि (Parathyroid gland)
 - (e) थाइमस ग्रन्थि (Thymus gland)
 - (f) पीनियल काय (Pineal body)
2. मिश्रित ग्रन्थि—
 - (a) अग्न्याशय (Pancreas)
3. अन्य संरचनाएँ—
 - (a) त्वचा (Skin)
 - (b) आमाशय आन्त्रीय श्लेष्मिका (Gastro-intestinal mucosa)
 - (c) वृक्क (Kidney)
 - (d) जनद (Gonads)
 - (e) अपरा/जरायु (Placenta)

सभी कशेरुकी प्राणियों (Vertebrate animals) एवं मनुष्य के हॉर्मोन्स (Hormones) और उनको स्त्रावित करने वाली ग्रन्थियों की संरचना, कार्य आदि में समानता होती है। मनुष्य एवं अन्य कशेरुकी प्राणियों में अन्तःस्त्रावी ग्रन्थियों के अतिरिक्त कुछ अन्य अंग भी हॉर्मोन्स का स्त्राव करते हैं, इन सभी को सामान्य रूप से अन्तःस्त्रावी ग्रन्थियाँ ही मानते हैं। मनुष्य और अन्य स्तनी प्राणियों के विभिन्न हॉर्मोन्स के कार्य तथा उनको स्त्रावित करने वाली संरचनाएँ, शरीर में स्थिति के अनुसार वर्गीकृत की गई हैं। वर्गीकरण निम्नलिखित प्रकार है—

(i) **कपालीय अन्तःस्त्रावी ग्रन्थियाँ (Cranial Endocrine glands)**— यह शरीर के शीर्ष भाग या मस्तिष्क में स्थित होती हैं।

उदाहरण— पीयूष (Pituitary) एवं पीनियल (Pineal)।

(ii) **ग्रसनीय अन्तःस्त्रावी ग्रन्थियाँ (Pharyngeal Endocrine glands)**— यह ग्रसनी क्षेत्र या उसके आस-पास स्थित होती हैं।

उदाहरण— थायरॉइड (Thyroid) एवं पैराथायरोइड (Parathyroid) एवं थायमस (Thymus)।

(iii) **उदरीय अन्तःस्त्रावी ग्रन्थियाँ (Abdominal Endocrine glands)**— यह उदर में किसी भी अंग में या अंग से सम्बन्धित रहती हैं।

उदाहरण— अग्न्याशय (Pancreas), एड्रीनल (Adrenal)।

टिप्पणी

(iv) अन्य संरचनाएँ (Other Structures)— आमाशय-आन्तरिय श्लेष्मिका (Gastro-intestinal mucosa), जनद (Gonads), वृक्क (Kidney), त्वचा (Skin) एवं अपरा/जरायु (Placenta)।

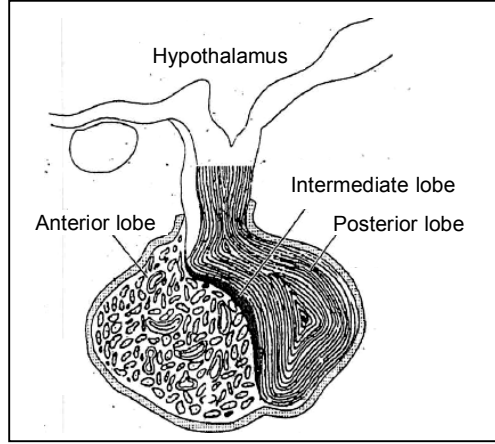
5.3 पीयूष ग्रन्थि की संरचना (Structure of Pituitary Gland)

मस्तिष्क के आधार पर डाएनसैफेलॉन (Diencephalon) भाग के नीचे की भित्ति में खोपड़ी (Skull) की स्फीनॉइड अस्थि की सैला टर्सिका (Sella turcica) गुहिका (Cavity) में स्थित होती है। सह मटर के दाने के आकार की चपटी ऊतकीय, रक्ताभ धूसर (Reddish grey) रंग की संरचना है। यह ग्रन्थि इन्फण्डिबुलम (Infundibulum) नामक एक तंग वृन्त (Stalk) द्वारा मस्तिष्क के हायपोथैलेमस (Hypothalamus) से जुड़ी रहती है।

इस ग्रन्थि का व्यास लगभग 1.3 सेमी होता है। इस ग्रन्थि का औसत माप अग्र भाग से पश्च भाग तक 10 mm × 6 mm पृष्ठीय अधरीय (dorso-ventrally) × 13 mm पार्श्वीय (Laterally) होता है तथा पुरुषों में इसका भार 0.5 ग्राम से 0.6 ग्राम तथा महिलाओं में 0.6 ग्राम से 0.7 ग्राम तक होता है। इस ग्रन्थि का भार उम्र (Age), लिंग (Sex), कार्यिकी अवस्था (Physiological state) के अनुसार भिन्न होता है। यह स्त्रियों (Woman) में बड़ी होती है। जीवन के चौथे दशक अर्थात् 40 वर्ष की उम्र तक यह ग्रन्थि वृद्धि करती है, फिर धीरे-धीरे छोटी होती जाती है। यह ग्रन्थि भ्रूण की मुख गुहिका की छत से बहिर्वृद्धि के रूप में निकलती है। इसको राथकेस पाउच/राथके कोष्ठ (Rathke's pouch) कहते हैं। इस ग्रन्थि का पश्च भाग भ्रूणीय मस्तिष्क के डाएनसैफेलॉन (Diencephalon) से विकसित होता है। भ्रूणीय विकास के समय दोनों भाग आपस में मिलकर एक पूर्ण ग्रन्थि को बनाते हैं।

सामान्यतया पीयूष ग्रन्थि द्विपिण्डकीय (Bilobed) होती है। आकारकीय (Anatomically) दृष्टि से इसमें अग्र पालि (Anterior lobe) एवं पश्च पालि (Posterior lobe) पायी जाती है, लेकिन संरचनात्मक दृष्टि से बाहर से देखने पर यह तीन पिण्डों—

- अग्र पालि,
- मध्य पालि एवं
- पश्च पालि की बनी होती है।



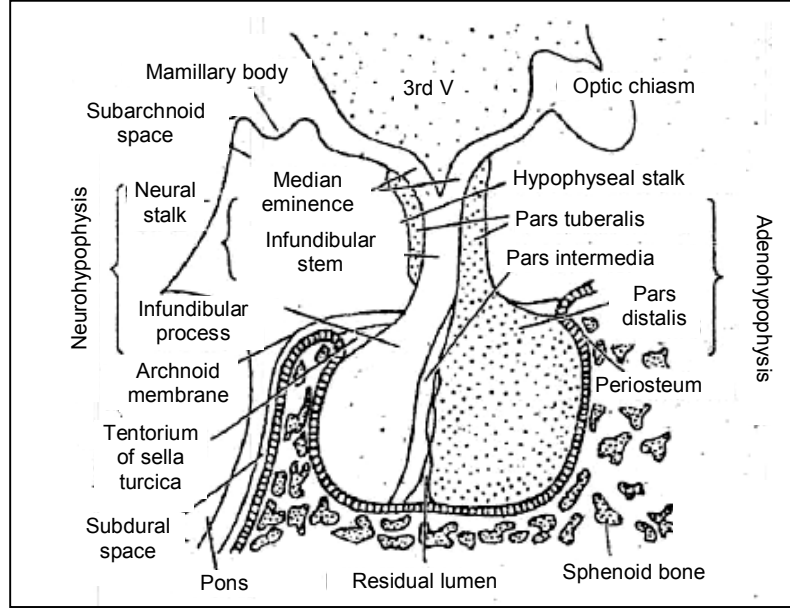
चित्र क्र. 5.1: Endocrine Glands; Structure of Pituitary Glands

इसके अग्र पिण्ड को अग्र पालि/पार्स डिस्टेलिस (Anterior lobe/Pars distalis), मध्य पिण्ड को मध्य पालि/पार्स इण्टरमीडिया (Intermediate lobe/Pars intermedia) तथा तीसरे पश्च पिण्ड को पश्च पालि या न्यूरोहाईपोफाइसिस (Posterior lobe or Neurohypophysis) कहते हैं। तीनों पिण्ड एक-दूसरे से भ्रूणीय (Embryologically), औतिकी (Histologically) एवं क्रियात्मक (Functionally) दृष्टि से भिन्न होते हैं। अग्र पालि एवं मध्यस्थ पालि को मिलाकर ऐडीनोहाइपोफाइसिस (Adeno-hypophysis) तथा पश्च पालि को न्यूरोहाइपोफाइसिस (Neurohypophysis) कहते हैं।

सूक्ष्मदर्शी यन्त्र के द्वारा देखने पर इस ग्रन्थि में 6 भाग होते हैं—

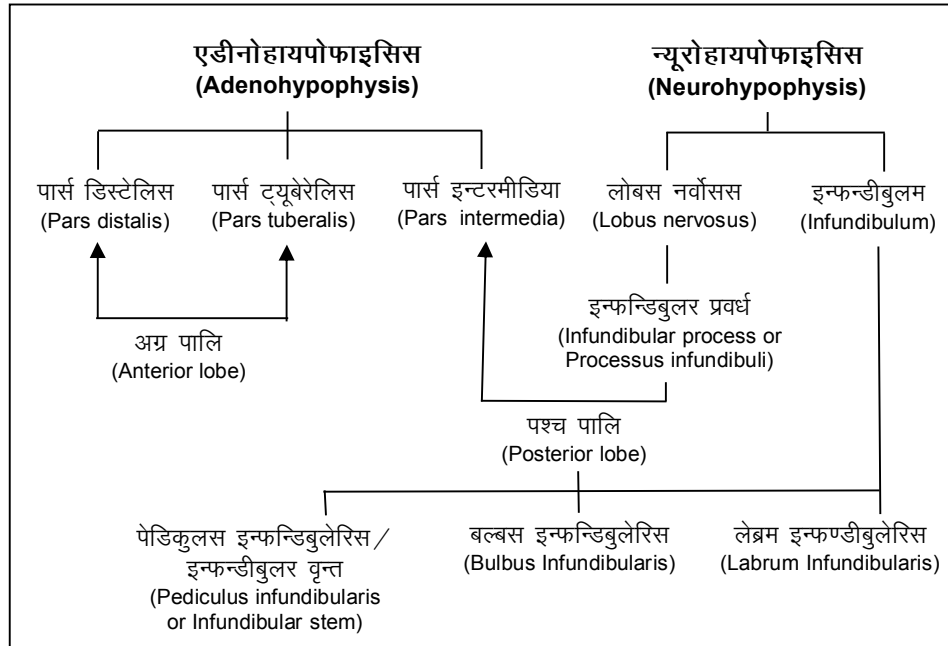
1. पार्स डिस्टेलिस (Pars distalis) या पार्स एण्टीरियर (Pars anterior)
2. पार्स ट्यूबेरैलिस (Pars tuberalis)
3. पार्स इण्टरमीडिया (Pars intermedia)
4. पार्स नर्वोसा (Pars nervosa) या लोबस नर्वोसस (Lobus nervosus), या पार्स पोस्टीरियर (Pars posterior)/प्रोसेसस इन्फन्डीबुली (Processes infundibuli)
5. मीडियन एमीनेन्स ऑफ ट्यूबर सिनेरियम (Median eminence of tuber cinereum)
6. इन्फन्डीबुलम/पिट्यूटरी का ब्रन्त (Infundibulum/Pituitary stalk)

टिप्पणी



चित्र क्र. 5.2: Component Structures and Systems of Nomenclature for the Pituitary Gland and its Anatomical Position

पार्स इन्टरमीडिया (Pars intermedia) पार्स डिस्टेलिस (Pars distalis) से एक अन्तराग्रन्थीय खँच (Interglandular cleft) द्वारा पृथक् होता है। प्रथम तीन भाग सामूहिक रूप से एडीनोहायपोफाइसिस (Adenohypophysis) या लोबस ग्लेन्डूलेरिस (Lobus glandularis) कहलाते हैं। अन्तिम तीन भाग तन्त्रिकीय भाग (Neural division) या न्यूरोहायपोफाइसिस (Neurohypophysis) कहलाती है।

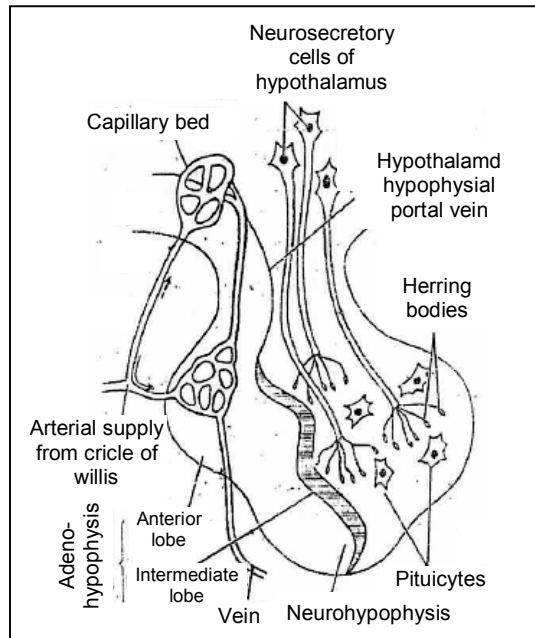


चित्र क्र. 5.3: System of Anatomical Nomenclature for the Hypophysis/Pituitary Gland

5.4 एडीनोहायपोफाइसिस या अग्र पालि (Adenohypophysis or Anterior Lobe)

यह ग्रन्थि का अग्र पिण्ड है जो कि गुलाबी रंग का होता है तथा पूर्ण ग्रन्थि का 2/3 भाग बनाता है या पीयूष ग्रन्थि का 75% भाग अग्र पालि में होता है। इसकी उत्पत्ति (Origin) भ्रूणीय ग्रसनी क्षेत्र (Embryonic Pharyngeal region) की एक्टोडर्म (Ectoderm) की बहिर्वृद्धि (Outgrowth) द्वारा होती है। इस कारण इसको हायपोफाइसियल (Hypo-physial) कहते हैं। इसमें कई प्रकार की कोशिकाएँ वृत्ताकार पंक्तियों में व्यवस्थित होती हैं। इस ग्रन्थिल एपीथीलियल कोशिकाओं (Glandular Epithelial Cell) के बीच-बीच में रक्त केशिकाएँ (Blood capillaries) एवं रक्त पात्र (Blood spaces) होते हैं तथा यह भाग हाइपोथैलेमस से रक्त वाहिकाओं (Blood vessels) के तन्त्र द्वारा जुड़ा रहता है। इस तन्त्र को हायपोफाइसियल निवाहिका तन्त्र (Hypo-physial Portal system) कहते हैं।

टिप्पणी



चित्र क्र. 5.4: Endocrine Glands: Diagram showing Relationship of Pituitary with Hypothalamus of Brain

एडीनोहाइपोफाइसिस (Adenohypophysis) के तीन भाग होते हैं—

- (a) पार्स डिस्टेलिस (Pars distalis)— यह सबसे बड़ा भाग होता है, इसमें तीन प्रकार की कोशिकाएँ होती हैं—
- क्रोमोफिल्स (Chromophils)
 - ऐसिडोफिल्स (Acidophils)
 - बेसोफिल्स (Basophils)

- (b) पार्स ट्यूबरेलिस (**Pars tuberalis**)— यह वृन्त (Stalk) के चारों ओर एक कॉलर (Collar) के रूप में होता है।
- (c) पार्स इण्टरमीडिया (**Pars intermedia**)— यह वाहिनी रहित क्षेत्र, दोनों पालियों के मध्य में पाया जाता है।

5.5 एडिनोहायपोफाइसिस की संरचना (Structure of Adenohypophysis)

एडिनोहायपोफाइसिस के अन्तर्गत—

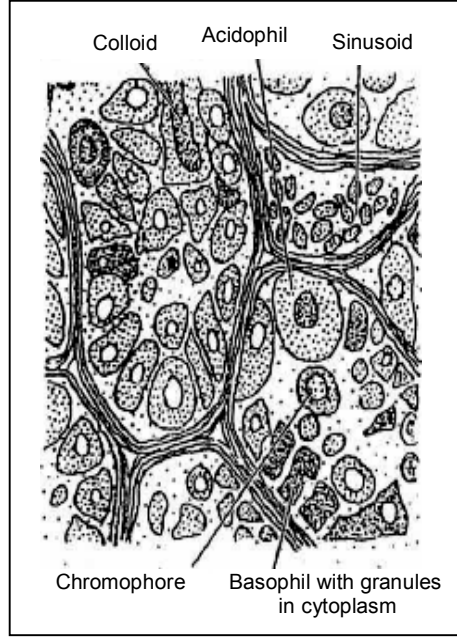
1. पार्स डिस्टेलिस (Pars Distalis),
2. पार्स ट्यूबरेलिस (Pars tuberalis) एवं
3. पार्स इण्टरमीडिया (Pars intermedia) आते हैं।

5.5.1 पार्स डिस्टेलिस (Pars Distalis)

एडिनोहायपोफाइसिस का यह भाग 75% होता है। इसमें इपीथीलियल कोशिकाओं (Epithelial cells) के स्तम्भ (Columns) या पिण्ड (Masses) पाए जाते हैं जिसमें अनेक रक्त साइनसेस (Blood sinuses) होते हैं। शोनेमान (Schoneman, 1892) ने सर्वप्रथम अग्र पीयूष ग्रन्थि की कोशिकाओं के प्रकार में विभिन्नताओं को दर्शाया। पार्स डिस्टेलिस में तीन प्रकार की कोशिकाएँ पायी जाती हैं—

- (a) एसिडोफिल्स (Acidophils)
- (b) बेसोफिल्स (Basophils)
- (c) क्रोमोफोब्स (Chromophobes)।

वर्तमान में ऐसा समझा जाता है कि विभिन्न कोशिकाएँ या 6 प्रकार की कोशिकाएँ 6 पृथक् हॉर्मोन्स स्त्रावित करते हैं।



चित्र क्र. 5.5: Histological Structure of Pars Distalis

(a) **ऐसीडोफिल्स (Acidophils) कोशिकाएँ**— आधुनिक अध्ययन के अनुसार दोनों वृद्धि हॉर्मोन (Growth hormone) एवं लैक्टोजेनिक हॉर्मोन्स को स्त्रावित किया जाता है। इन हॉर्मोन्स को स्त्रावित करने के लिए पृथक् कोशिकाएँ होती हैं—

- (i) सोमेटोट्रोपिक कोशिकाएँ (Somatotropic cells) एवं
- (ii) लैक्टोट्रोपिक कोशिकाएँ (Lactotropic cells)।

(i) **सोमेटोट्रोपिक कोशिकाएँ (Somatotropic cells)**— यह कोशिकाएँ अण्डाकार (Oval) या गोलाकार (Rounded) होती हैं। इन कोशिकाओं की कोशिकाद्रव्य (Cytoplasm) में सघन, गोल कणिकाएँ (Round granules) पायी जाती हैं जिनका आकार 350-400 μ m होता है। यह कोशिकाएँ ओरेन्ज (Orange) G के द्वारा अभिरंजित (Stained) होती हैं। इन कोशिकाओं में ट्यूमर्स (Tumours) के कारण ऐक्रोमिग्ली (Acromegaly) एवं दैत्याकार (Gigantism) विसंगती या रोग होता है। इन कोशिकाओं को α - ऐसिडोफिल्स या आर्गेनोफिल्स (α - Acidophils or Organophils) भी कहते हैं।

(ii) **लैक्टोट्रोपिक कोशिकाएँ/कार्मिनोफिल्स या E-ऐसिडोफिल्स (Lactotropic/Carminophils or E-acidophils)**— इन कोशिकाओं में कणिकाएँ कम किन्तु बड़े आकार की होती हैं जिनका आकार 600-900 μ m होता है। इन कोशिकाओं की संख्या प्रजनन चक्र (Reproductive cycle) के अनुसार भिन्न होती है। इन कोशिकाओं की संख्या गर्भावस्था (Pregnancy) एवं लैक्टेशन (Lactation) के समय अधिक होती है। इन

कोशिकाओं का आकार अण्डाकार (Ovoid) या दीर्घवृत्ताकार (Elliptical) होता है।

(b) बेसोफिल्स (Basophils)— यह विभिन्न प्रकार की कोशिकाएँ होती हैं जोकि विभिन्न प्रकार के ट्रॉपिक (Tropic) हॉर्मोन्स को स्त्रावित करती हैं। यह कोशिकाएँ अभिरंजन विधि (Staining method) के अनुसार निम्नलिखित प्रकार के होती हैं—

(i) थायरोट्रोपिक कोशिकाएँ (Thyrotropic cells)— यह कोशिकाएँ बड़ी बहुभुजाकार (Polygonal) एक केन्द्रक युक्त (Nucleus) होती है। केन्द्रक का आकार छोटा होता है। इन कोशिकाओं की पी.ए. शिफ (P.A. Schiff) अभिरंजन ऐल्डीहाइड थायोनीन (Aldehyde thionine) के साथ अभिरंजित करने पर कोशिकाओं की कणिकाएँ (Granules) नीली-बैंगनी (Blue-purple) दिखाई देती हैं। थायरॉइड ग्रन्थि के अपक्षय (Ablation) के कारण इन कोशिकाओं का अधिक विस्तार (Hypertrophy) हो जाता है जोकि कोशिकाओं का अवटुच्छेदन (Thyroidectomy of cells) कहलाता है। इनके द्वारा TSH स्त्रावित किया जाता है।

(ii) गोनेडोट्रोपिक या कैस्ट्रेशन (Gonadotropic or Castration) कोशिकाएँ— यह कोशिकाएँ गोल या बहुभुजीय (Polygonal) होती हैं। इन कोशिकाओं में गोल स्त्रावी कणिकाएँ (Granules) पायी जाती हैं, इनका आकार 100-300 μm होता है। यह कणिकाएँ बैंगनी हो जाती हैं जब पी.ए. शिफ + ऐल्डीहाइड थायोनीन (P.A. Schiff + Aldehyde thionine) से अभिरंजित होती हैं। यह कोशिकाएँ FS, LH/ICSH हॉर्मोन्स का स्त्रावण करती हैं।

(c) क्रोमोफोब्स (Chromophobes)— उपर्युक्त कोशिकाओं के अतिरिक्त क्रोमोफोब्स (Chromophobes) कोशिकाएँ पायी जाते हैं। इन कोशिकाओं में क्रोमोफिल्स कोशिकाओं की अपेक्षा कोशिकाद्रव्य (Cytoplasm) की मात्रा कम पायी जाती है। इन कोशिकाओं में छोटी-छोटी स्त्रावी कणिकाएँ (Secretory granules) पायी जाती हैं। यह कोशिकाएँ स्त्रावण के लिए आरक्षित (Reserve) कोशिकाएँ होती हैं—

(i) रक्त प्रदाय (Blood supply)— इस भाग में रक्त प्रदाय सुपीरियर हायपोफायसियल धमनियों (Superior hypophyseal arteries) के द्वारा प्रदाय किया जाता है। धमनी द्वारा दो प्रकार की रक्त वाहिनियों के द्वारा रक्त प्रदाय किया जाता है। प्रथम प्रकार की रक्त वाहिनी द्वारा प्रत्यक्ष रूप से अग्रपालि को रक्त प्रदाय किया जाता है और विवरिका (Sinusoid) को बनाती है। दूसरे प्रकार की शाखा इन्फण्डिबुलर व्रन्त (Infundibular stem) में कोशिकाओं के जालक (Plexus of capillaries) के द्वारा रक्त प्रदाय किया जाता है। यह कोशिका जालक (Capillary plexus) हायपोफायसियल वृन्त (Hypophyseal stalk) के चारों ओर एक तर्कुरूपी संरचना बनाती है। जिसको गोमितोली (Gomitoli) कहते हैं। कोशिका जालक (Capillary

plexus) लम्बी निवाहिका शिरा (Portal vein) में खुलता है जोकि अन्त में अग्र पालि की विवरिका (Sinusoids) में खुलता है।

रक्त प्रदाय का यह दूसरा सैट हायपोथैलेमिको-हायपोफायसियल निवाहिका तन्त्र (Hypothalamico-hypophyseal portal system) होता है। यह अग्र पालि के स्त्रावण (Secretory) कार्य को नियन्त्रित करता है। केवेरनस कोटर/विवर (Cavernus sinus) के द्वारा अग्र पालि का रक्त बाहर ले जाया जाता है।

- (ii) **तन्त्रिका प्रदाय (Nerve supply)**— इसके पूर्ण प्रमाण प्राप्त है कि अग्र पालि का नियन्त्रण तन्त्रिका तन्त्र के द्वारा होता है लेकिन केवल कुछ तन्त्रिका तन्तु या तो हायपोथैलेमो-हायपोफायसियल पथ से या फिर ग्रीवा अनुकम्पी (Cervical sympathetic) की ग्रीवा जालक (Cervical plexus) से सम्भरणित होती है। यह प्रमुख रूप से वाहिका चालक तन्त्रिकाएँ (Vasomotor nerve) होती हैं।

5.5.2 पार्स ट्यूबेरैलिस/पार्स गुलिका या इन्फण्डिबुलेरिस (Pars Tuberalis or Infundibularis)

पार्स ट्यूबेरैलिस (Pars tuberalis) भाग राथकेस पाउच/राथकेस कोष्ठ (Rathke's pouch) से विकसित होता है। यह भाग पार्स डिस्टेलिस (Pars distalis) के पास एवं इससे सम्बन्धित रहता है। पार्स ट्यूबेरैलिस (Pars tuberalis) 25 से 60 μm मोटा होता है और इन्फण्डिबुलर वृन्त के चारों ओर एक कॉलर बनाते हैं मोटा भाग वृन्त (Stalk) के अग्र भाग की ओर होता है। इस भाग में घनाकार-स्तम्भाकार कोशिकाएँ (Cuboidal columnar cells) होती हैं। इन कोशिकाओं में अनेक छोटी कणिकाएँ (Granules) या कोलाइड बूँदे (Colloid droplets) होती हैं। माइटोकॉण्ड्रिया (Mitochondria) छोटे छड़ (Rod) के समान एवं छोटी लिपिड (Lipid) की बूँदें भी पायी जाती है। इसकी इपीथीलियल कोशिकाओं (Epithelial cells) में अभिन्नित एवं कुछ छोटी ऐसिडोफिलिक (Acidophilic) एवं बेसोफिलिक (Basophilic) कोशिकाएँ पायी जाती हैं। वयस्क हायपोफाइसिस (Hypophysis) में इन कोशिकाओं में अधिक मात्रा में ग्लाइकोजेन (Glycogen) पाए जाते हैं। कभी-कभी कोशिकाएँ पुटिकाएँ (Follicles) बनाती हैं। पार्स ट्यूबेरैलिस का हॉर्मोनल कार्य अभी तक ज्ञात नहीं है।

संयोजी ऊतक की एक स्तर पार्स ट्यूबेरैलिस को इन्फण्डिबुलर वृन्त से पृथक् करती है तथा पार्स ट्यूबेरैलिस के बाहर की ओर संयोजी ऊतक की ऐरेक्नाइड मेम्ब्रेन (Arachnoid membrane) होती है। इनके बीच रेटिकुलर तन्तु (Reticular fibres) रक्त वाहिनीयों को सहायता करते हैं।

5.5.3 पार्स इन्टरमीडिया (Pars Intermedia)

पार्स इन्टरमीडिया/मध्यवर्ती पालि (Pars Intermedia/Intermediateloobe) वाहिनी रहित क्षेत्र, पीयूष ग्रन्थि की दोनों पालियों के बीच पाया जाता है। आधुनिक समय में इस क्षेत्र को एडिनोहाइपोफाइसिस (Adenohypophysis) का ही भाग माना गया

टिप्पणी

टिप्पणी

है, क्योंकि यह क्षेत्र भी अग्र पालि के समान भ्रूणीय ग्रसनी की छत की बहिर्वृद्धि के रूप में विकसित होता है। यह क्षेत्र α एवं β मेलानोसाइट उत्प्रेरक हॉर्मोन (α and β Melanocyte stimulating hormones) के रूप में स्त्रावित करता है। ली (Li) वैज्ञानिक ने इस हॉर्मोन को शुद्ध रूप में प्राप्त किया। यह हॉर्मोन 22 अमीनो अम्लों का बना हुआ पॉलिपेप्टाइड होता है। यह हॉर्मोन, उन कशेरुक प्राणियों में पाया जाता है जिनमें क्रोमेटोफोर्स (Chromatophores) वर्णक पाए जाते हैं, जैसे— एम्फिबियन्स एवं मछली (Amphibians and fishes)। इन प्राणियों में मेलानोसाइट (Melanocyte) या मेलानोफोर (Melanophore) काले वर्णक को विस्तारित करता है। पक्षियों एवं स्तनी प्राणियों में इसका कार्य ज्ञात नहीं है, लेकिन 1973 में कुछ वैज्ञानिकों ने दर्शाया कि यह हॉर्मोन बालों में लिपीड का नियमन करता है। इसके प्रमाण हैं कि यह स्तनी प्राणी की त्वचा में मेलैटिन (Melatin) के संश्लेषण को प्रेरित करता है।

आकारकीय रूप से पार्स इन्टरमीडिया (Pars Intermedia) तन्त्रिकीय पालि (Neural lobe) से सम्बन्धित होता है एवं एक ऊतक की पट्टी अग्र पालि से अन्तःग्रन्थिल खाँच (Interglandular cleft) के द्वारा पृथक् होती है। यह पार्स नर्वोसा (Pars nervosa) को ढँकती है और इसके साथ पश्च पालि (Posterior lobe) को बनाती है। यह राथकेस कोष्ठ (Rathkey's pouch) की पश्च भित्ति से विकसित होती है। मनुष्य में पार्स इन्टरमीडिया 2% भाग हायपोफाइसिस का बनाती है। कुछ प्राणियों में यह अनुपस्थित होती है। कुछ अन्य प्राणियों में यह आशय (Vesicles) बनाती है जोकि कोलाइडल द्रव से भरा रहता है। मनुष्य में इसके अन्दर बेसोफिलिक (Basophilic) बहुभुजीय (Polygonal) कोशिकाएँ पायी जाती हैं। प्रकाश सूक्ष्मदर्शी (Light microscope) में देखने पर इसकी कोशिकाओं में कणिकाएँ पायी जाती हैं।

इलेक्ट्रॉन सूक्ष्मदर्शी (Electron microscope) में देखने पर कणिकाएँ (Granules) आधारीय लेमिना पर कणिकाएँ ध्रुवित होती हैं और इसमें ग्लायकोप्रोटीन (Glycoprotein) पाया जाता है। पार्स इन्टरमीडिया (Pars intermedia) में गॉल्जी उपकरण (Golgi apparatus) पाए जाते हैं।

मनुष्य में अनेक सुपीरियर, एवं इन्फिरियर हायपोफायसियल धमनियों (Hypophyseal arteries) के बीच शाखा जालक (Anastomose) पाए जाते हैं जो कि पार्स इन्टरमीडिया में फैलती है और यह अधिक कोशिका जालक से कुछ रक्त प्रदाय प्राप्त करती है। तन्त्रिका पालि (Neural lobe) का कोशिका आसन (Capillary bed) जालक निरन्तर रहता है और इसमें पार्स डिस्टेलिस की विवरिका से कुछ सम्बन्ध होते हैं। तन्त्रिका पालि (Neural lobe) से तन्त्रिका तन्तु (Nerve fibre) पार्स इन्टरमीडिया में प्रवेश करती है और इनकी कोशिकाओं में जो हायपोथैलेमस निर्मित होती है यह फैलती है। इन तन्त्रिकाओं का प्रमुख कार्य प्रतिरोधी प्रभाव डालता है।

5.6 न्यूरोहायपोफायसिस (Neurohypophysis)

आकारकीय (Anatomically) दृष्टि से पीयूष ग्रन्थि के अन्तर्गत पार्स नर्वोसा (Pars nervosa) एवं पार्स इन्टरमीडिया (Pars intermedia) आते हैं। लेकिन कार्यिकी (Physiologically) दृष्टि से पश्च पालि (Posterior lobe) का वास्तविक अर्थ होता है— पार्स नर्वोसा (Pars nervosa) जोकि न्यूरोहायपोफायसिस (Neurohypophysis) का मुख्य भाग होता है।

अन्तर्राष्ट्रीय आकारकीय नाम पद्धति कमीशन (International Anatomical Nomenclature Committee) के अनुसार न्यूरोफायसिस (Neurophysis) में—

1. पार्स नर्वोसा/लोबस नर्वोसा (Pars nervosa/Lobus nervosa)— वास्तविक पश्च पालि एवं
2. इन्फण्डिबुलम (Infundibulum) या पिट्यूटरी ब्रन्त (Pituitary stalk) भाग पाए जाते हैं।

1. पार्स नर्वोसा (Pars nervosa) या पश्च पालि या न्यूरोहायपोफायसिस (Posterior lobe or Neurohypophysis)— पीयूष ग्रन्थि का यह भाग तन्त्रिकीय एक्टोडर्म (Neural ectoderm) की बहिर्वृद्धि (Outgrowth) से बनी न्यूरोहायपोफायसियल कलिका (Neurohypophyseal bud) से बनता है। इस कारण इस पालि में तन्त्रिकीय कोशिकाएँ/न्यूरॉन्स (Neurons) के ऐक्सॉन (Axon) के सिरे पाए जाते हैं। इन न्यूरॉन्स की काय (Body) हायपोथैलेमस में पायी जाती है। इन तन्त्रिकीय कोशिकाओं को तन्त्रिकीय स्त्रावी कोशिकाएँ (Neuro secretory cells) भी कहते हैं। पीयूष ग्रन्थि का यह भाग पिट्यूसाइट्स (Pituicytes) से निर्मित होता है। पिट्यूसाइट्स (Pituicytes) प्रमुख कोशिकाएँ होती हैं, इसमें तर्कुरूपी (Fusiform) या बहुभुजीय (Polygonal) सहायक कोशिकाएँ— न्यूरोग्लियल कोशिकाएँ (Neuroglial cells) होती हैं जिसमें कोमल प्रवर्ध होते हैं। यह ग्रन्थि का अधिकतम भाग बनाते हैं। यह बड़ी शाखान्वित तर्कुरूपी (Spiral) कोशिकाएँ होती हैं। इनमें पील-भूरे रंग की कणिकाएँ तन्त्रिकीय स्त्रावण (Neurosecretion) की होती है। पिट्यूसाइट्स (Pituicytes) में ऐडिनोपिट्यूसाइट्स (Adenopituicytes), माइक्रोपिट्यूसाइट्स (Micro-pituicytes), फाइब्रोपिट्यूसाइट्स (Fibropituicytes), एवं रेटिकुलोपिट्यूसाइट्स (Reticulopituicytes) पायी जाती हैं जोकि वास्तव में कोई हॉर्मोन्स स्त्रावित नहीं करती हैं।

पार्स नर्वोसा (Pars nervosa) में —

- (i) नान-मेड्युलेटेड तन्त्रिका तन्त (Non-medullated nerve fibres)
- (ii) मास्ट कोशिकाएँ (Mast cells)
- (iii) हैरिन्ग (हायलिन) काय [Herring (hyaline) bodies]
- (iv) रक्त वाहिनिया (Blood vessels) भी होती हैं।

टिप्पणी

2. **पिट्यूटरी ब्रन्त (Pituitary stalk) या इन्फन्डीबुलम (Infundibulum)**— इसमें अनेक बड़ी विवरिकीय वाहिनियाँ (Sinusoidal vessels) झुण्ड में पायी जाती हैं और न्यूरोग्लियल ऊतकों (Neuroglial tissue) से घिरी रहती हैं। कोशिकाओं के एक्सॉन (Axon) में छोटी न्यूरोस्त्रावी कणिकाएँ (Neurosecretory granules) एवं निसल्स पदार्थ (Nissl's substance) पाए जाते हैं।

पार्स नर्वोसा (Pars nervosa) या तन्त्रिकीय पालि (Neural lobe) में हायपोफायसियल धमनियों (Hypophyseal arteries) के द्वारा रक्त प्रदाय होता है। धमनियाँ एवं शाखाएँ पार्स नर्वोसा में समाप्त होने पर कोई विवरिका (Sinusoid) नहीं बनाती है।

मनुष्य में हायपोथैलेमस (Hypothalamus) से निकलने वाले दो नॉन-मेडुलेटेड तन्त्रिका तन्तुओं के पथ, जिसमें कम से कम 10,00,000 तन्तु होते हैं पार्स नर्वोसा को सम्भरित करते हैं। यह पथ है—

- (i) **ट्यूबेरोहायपोफायसियल पथ (Tuberohypophyseal tract)**— जोकि तृतीय निलय (Third ventricle) के फर्श से निकलता है और वृन्त की पश्च भित्ति से होता हुआ ग्रन्थि में पहुँचता है।
- (ii) **सुपरा-आप्टिकोहायपोफायसियल पथ (Supra-opticohypophyseal tract)**— यह हायपोथैलेमस (Hypothalamus) के सुपराआप्टिक एवं पैरावैन्ट्रिकल केन्द्रक से निकलकर वृन्त (Stalk) की आन्तरिक भित्ति में से होकर पार्स नर्वोसा (Pars nervosa) में पहुँकर ग्रन्थियों की कोशिकाओं एवं रक्त वाहिनीयों के चारों ओर समाप्त होता है।

ऐसा समझा जाता है कि इस भाग की तन्त्रिकीय स्त्रावी कोशिकाएँ जैव-रसायनिक भिन्न पॉलि-पेप्टाइड्स हॉर्मोन्स को स्त्रावित करती हैं [(हैलर (Heller, 1963))। कार्यात्मिक दृष्टि से इस भाग के द्वारा कशेरुक प्राणियों में जल एवं लवण चयापचय को नियन्त्रित किया जाता है। प्रारम्भिक कशेरुक प्राणियों में सोडियम का नियमन मुख्य कार्य होता है जबकि थलीय कशेरुक प्राणियों में जल नियमन का अत्यधिक महत्व है। इस भाग में दो हॉर्मोन बनते हैं, जिनको संयुक्त रूप से पिट्यूट्रिन (Pituitrin) कहते हैं।

वास्तव में पीयूष ग्रन्थि की यह पश्च पॉलि या न्यूरोहायपोफाइसिस (Neurohypophysis) अन्तःस्त्रावी ग्रन्थि नहीं है। यह हॉर्मोन्स का संश्लेषण नहीं करती है, लेकिन दो हॉर्मोन्स को संचित एवं मुक्त करती है। यह दोनों हॉर्मोन्स जोकि हायपोथैलेमस के सुपरा आप्टिक (Supra optic) एवं पैरावैन्ट्रिकुलर (Paraventricular) केन्द्रकों द्वारा बनाए जाते हैं तथा पीयूष ग्रन्थि के इस भाग में संचित हो जाते हैं एवं आवश्यकतानुसार सक्रिय अवस्था में मुक्त किए जाते हैं।

5.7 पीयूष ग्रन्थि के कार्य (Functions of Pituitary Gland)

टिप्पणी

पीयूष ग्रन्थि (Pituitary gland) के कार्यों का दो भागों में अध्ययन करते हैं—

- ऐडीनोहायपोफायसिस के कार्य (Functions of the Adenohypophysis)
- न्यूरोहायपोफायसिस के कार्य (Functions of the Neurohypophysis)।

पीयूष ग्रन्थि के द्वारा स्त्रावित हॉर्मोन्स शरीर की लगभग सभी प्रक्रियाओं एवं अन्य अन्तःस्त्रावी ग्रन्थियों (Endocrine glands) को नियन्त्रित एवं प्रभावित करते हैं। पीयूष ग्रन्थि की संरचना एवं कार्य के आधार पर अग्र पॉलि (Anterior lobe) एवं पश्च पॉलि (Posterior lobe) में विभाजित किया गया है। ये दोनों पॉलियाँ हायपोथैलेमस (Hypothalamus) से घनिष्ठ रूप से सम्बन्धित होती हैं, लेकिन पश्च पॉलि (Posterior lobe) हायपोथैलेमस से तन्त्रिकीय रूप से सम्बन्धित होती है।

5.7.1 एडिनोहायपोफायसिस के कार्य (Functions of Adenohypophysis)

पीयूष ग्रन्थि (Pituitary gland) की अग्र पॉलि को एडिनोहायपोफाइसिस (Adenohypophysis) भी कहते हैं। यह अन्तःस्त्रावी तन्त्र (Endocrine system) की मास्टर ग्रन्थि (Master gland) है जोकि प्रोटीन ट्रोपिक हॉर्मोन्स (Tropic hormones) को स्त्रावित करती है। यह हॉर्मोन्स अन्य अन्तःस्त्रावी ग्रन्थियों को प्रभावित करती है। इस पॉलि के द्वारा अनेक हॉर्मोन्स को स्त्रावित किया जाता है, लेकिन पार्स ट्यूबेरैलिस (Pars tuberalis) से स्त्रावित 6 हॉर्मोन्स प्रमुख होते हैं। इसके स्त्रावण का नियन्त्रण हायपोथैलेमस (Hypothalamus) की तन्त्रिका-स्त्रावी (Neuro-secretory) कोशिकाओं द्वारा स्त्रावित तत्व करते हैं। यह हायपोथैलेमो-हायपोफायसियल निवाहिका/पोर्टल शिरा (Hypothalamo-hypophysial portal vein) द्वारा हायपोथैलेमस से अग्र पॉलि या एडिनोहायपोफायसिस (Adenohypophysis) में आते हैं। इससे स्त्रावित हॉर्मोन्स एवं उनके नियन्त्रक तत्व निम्नलिखित प्रकार हैं—

- वृद्धि हॉर्मोन या सोमेटोट्रोपिक हॉर्मोन (Somatotrophic or Growth Hormone) (STH or GH)
- प्रोलेक्टिन (Prolactin/ लैक्टोजीनिक (Lactogenic)/ल्यूटियोट्रोपिक (Leuteotropic)/मेमोट्रोपिक (Mammotropic) हॉर्मोन्स (LTH/MH)
- गोनेडोट्रोपिक हॉर्मोन (Gonadotropic hormone)
- थायरॉइड प्रेरक हॉर्मोन (Thyroid Stimulating Hormone – TSH) या थायरोट्रोपिन (Thyrotropin)

- (e) एड्रीनोकार्टिकोट्रोपिक हॉर्मोन (Adrenocorticotropic hormone- ACTH) या एड्रीनोकार्टिकोट्रोपिन (Adrenocorticotropin)
- (f) लाइपोट्रोपिन्स या एडिपोकायनेटिक हॉर्मोन्स (Lipotropins or Adipokinetic hormone)

1. सोमेटोट्रोपिक या वृद्धि हॉर्मोन (Somatotropic or Growth Hormone-STH or GH)— यह रवेदार प्रोटीन होता है। इसका अणुभार (Molecular weight) = 21,000 से 48,000, मनुष्य में अणुभार = 21,000 होता है। मनुष्य का वृद्धि हॉर्मोन 190 अमीनो अम्ल का बना होता है। यह हॉर्मोन शरीर की विभिन्न क्रियाओं को निम्नलिखित प्रकार से प्रभावित करता है—

- (a) यह शरीर की कोशिकाओं में RNA, DNA एवं प्रोटीन संश्लेषण का उद्दीपन (Stimulation) करता है।
- (b) अस्थियों की उचित वृद्धि कर वृद्धि तत्व का कार्य करता है। वृद्धि हॉर्मोन इपीफायसिल उपास्थि (Epiphyseal cartilage) के गुणन में वृद्धि करता है। इस प्रकार उपास्थि अस्थि (Cartilage bone) लम्बाई में वृद्धि करता है। मेम्ब्रेन अस्थियाँ (Membranes bones) प्रभावित नहीं होती हैं।
- (c) यह शारीरिक वृद्धि को नियन्त्रित करता है। पेशियों की वृद्धि को उत्प्रेरित करता है। दैत्याकार (Gigantism) एवं ऐक्रोमेगे (Acromegaly) रोग में पेशियों की वृद्धि बढ़ाता है।

यह थाइमस (Thymus) की वृद्धि को उत्प्रेरित करता है।

- (d) यह अग्न्याशय (Pancreas) के इन्सुलिन एवं ग्लूकागॉन (Insulin and Glucagon) के स्त्रावण को उद्दीपित करता है।
- (e) इस हार्मोन के कारण नाइट्रोजन उत्सर्जन एवं मूत्र निष्कासन में वृद्धि होती है।
- (f) यह रक्ताणुओं (Blood corpuscles) की उत्पत्ति को भी प्रभावित करता है।
- (g) मादा में यह दुग्ध ग्रन्थियों में दुग्ध के संश्लेषण को प्रेरित करता है।
- (h) वृद्धि हॉर्मोन तन्त्रिका तन्त्र को प्रभावित नहीं करता है।
- (i) वृद्धि हॉर्मोन प्रोटीन एवं न्यूक्लिक अम्ल के संश्लेषण में वृद्धि करता है और नाइट्रोजन के उत्सर्जन को कम करता है नाइट्रोजन के रहने के कारण ऊतकीय प्रोटीन के संश्लेषण में सहायता होती है।
- (j) यह अमीनों अम्ल के केटोबोलिज्म को अवरोधित करता है।
- (k) वृद्धि हॉर्मोन कैल्शियम के आन्त्रीय अवशोषण में वृद्धि के साथ-साथ उत्सर्जन में भी सहायता करता है।
- (l) STH थाइमिक लिम्फोसाइट्स के प्रफलन में सहायता करता है।
- (m) STH कार्बोहाइड्रेट के संग्रहण को उत्प्रेरित करता है।
- (n) वृद्धि हॉर्मोन वसा अम्ल को ऐडिपोज ऊतको में से मुक्त करने में सहायता करता है और शरीर द्रव में वसा अम्ल की सान्द्रता में वृद्धि करता है।

इस हॉर्मोन का स्त्रावण हायपोथैलेमस के वृद्धि हॉर्मोन मुक्त तत्व (GH-release factor) द्वारा प्रेरित GH निरोधक तत्व द्वारा अवरोधित हो जाता है।

अल्प-स्त्रावण (Hypo-secretion)— शिशुओं में जब यह हॉर्मोन कम मात्रा में स्त्रावित होता है तो उनमें बौनापन (Dwarfism) नामक रोग हो जाता है। इस रोग को एटीलिओसिस (Ateliosis) भी कहते हैं। मनुष्य का शरीर 3'-4' तक का होता है। लैंगिक ग्रन्थियाँ होती हैं, लेकिन क्रियात्मक दृष्टि से यह ग्रन्थियाँ क्रियात्मक (Functional) नहीं होतीं, ऐसे व्यक्ति नपुंसक (Sterile) होते हैं। अस्थियों की वृद्धि कम होती है।

अति-स्त्रावण (Hyper-secretion)— इसके अति-स्त्रावण से शरीर अनुपातित भीमकाय हो जाता है। इस रोग को दैत्याकार (Gigantism) कहते हैं, अस्थियों की लम्बाई अधिक हो जाती है। शरीर का आकार 7', 8', 9' तक हो जाता है। कंकालीय वृद्धि के समय अधिक स्त्रावण के कारण मनुष्य में ऐक्रोमेगेली (Acromegaly) नामक रोग हो जाता है, जिसमें हाथ, अंगुलियों, होठों, नाक आदि की त्वचा मोटी हो जाती है। जबड़े, नाक, गाल की अस्थि बढ़ जाती है।

मनुष्य में यदि अति-स्त्रावण अधिक होता है तो काइफोसिस (Kyphosis) नामक विसंगती हो जाती है। कशेरुक दण्ड (Vertebral column) की लम्बाई अधिक होने से शरीर धनुष्य के समान (Bowing of spine) हो जाता है। ऐसे मनुष्य प्रारम्भ में लैंगिक रूप से विकसित एवं परिपक्व हो जाते हैं, लेकिन कुछ समय पश्चात लैंगिक रूप से अक्रियाशील या नपुंसक (Sterile) हो जाते हैं।

2. प्रोलेक्टिन (Prolactin)/लैक्टोजीनिक (Lactogenic)/ल्यूटियोट्रोपिक (Leuteotropic) हॉर्मोन— इसको मैमोट्रोपिक (Mammatropic) हॉर्मोन भी कहते हैं। यह हॉर्मोन भी एसिडोफिल कोशिकाओं (Acidophils) द्वारा दुग्ध के स्त्रावण को प्रेरित करता है। इसका स्त्रावण हाइपोथैलेमस के एक हॉर्मोन-प्रोलेक्टिन मुक्ति तत्व (Prolactin Release Factor – PRF) तथा एक प्रोलेक्टिन निरोधक तत्व (Prolactin Inhibiting Factor – PIF) द्वारा नियन्त्रित होता है। ल्यूटिनाइजिंग हॉर्मोन (Leutinizing hormone) के साथ यह कार्पस ल्यूटियम (Corpus luteum) द्वारा प्रोजेस्टोरोन (Progesterone) के स्त्रावण को एवं एस्ट्रोजेन (Oestrogen) के साथ यह स्तन ग्रन्थियों की वृद्धि को प्रभावित करता है।

प्रोलेक्टिन (Prolactin) हॉर्मोन का स्तर रात्रि में बढ़ जाता है। यह कार्पस ल्यूटियम की स्त्रावण क्रिया को बनाए रखता है। यह हॉर्मोन प्रोजेस्टोरोन हॉर्मोन के साथ मिलकर ग्रन्थि की एल्व्योलर के विकास को उत्प्रेरित करता है। यह दुग्ध स्त्रावण के समय अण्डोत्सर्ग (Ovulation) को रोकता है। प्रोलेक्टिन, इन्सुलिन एवं ग्लूकोकार्टिकाइड्स के साथ मिलकर लेक्टोज के संश्लेषण को उत्तेजित करता है। इस हॉर्मोन की चयापचयिक अभिक्रिया वृद्धि हॉर्मोन एवं मानव प्लेसेण्टल लेक्टोजेन के समान होती है।

टिप्पणी

अल्प-स्त्रावण (Hypo-secretion)— इसकी कमी से दूध का निर्माण नहीं होता तथा स्तन ग्रन्थियाँ छोटी हो जाती हैं।

अति-स्त्रावण (Hyper-secretion)— इस हॉर्मोन के अति-स्त्रावण के कारण स्त्रियों में असमय में दूध बनता है और स्तन ग्रन्थियों का आकार बड़ा हो जाता है।

3. गोनेडोट्रापिक हॉर्मोन (Gonadotropic hormone)— यह जनदों (Gonads) को उत्तेजित करके लैंगिक क्रियाशीलता (Sexual activity) को नियन्त्रित करते हैं। यह हॉर्मोन्स जननांगों (Sex organs) एवं सहायक लैंगिक लक्षणों (Accessory sex characters) की वृद्धि करने में सहायक होते हैं। स्त्रियों में मासिक चक्र/रज चक्र (Menstrual cycle), गर्भावस्था (Pregnancy) एवं दुग्ध स्त्रावण (Lactation) को भी नियन्त्रित करते हैं। यह हॉर्मोन दो प्रकार के होते हैं—

(a) ल्यूटिनाइजिंग हॉर्मोन (Leutinizing Hormone - LH)— या अन्तराली कोशिका प्रेरक हॉर्मोन (Interstitial Cell Stimulating Hormone - ICSH)— यह ग्लाइकोप्रोटीन (Glycoprotein) होता है। यह हॉर्मोन स्त्रियों/मादा (Female) में FSH के साथ अण्डोत्सर्ग (Ovulation) में महत्वपूर्ण भूमिका निभाता है। इस हॉर्मोन के स्त्रावण के कारण यह कार्पस लूटियम (Corpus luteum) के उत्पन्न होने, वृद्धि एवं स्थिर रहने में सहायक होता है। अण्डाशय (Ovary) में ल्यूटिनाइजिंग हॉर्मोन नॉन-जर्मिनल (Non-germinal) तत्वों को उत्प्रेरित कर ऐन्ड्रोजेन्स (Androgens), टेस्टोस्टीरोन को स्त्रावित कर अधिरोमता (Hirsutism) दर्शाता है। रजोनिवृत्ति के पश्चात् इसका स्त्रावण 5 गुना बढ़ जाता है।

यह हॉर्मोन थीका इण्टरना (Theca Interna) कोशिकाओं को ऐस्ट्रोजन (Oestrogen) एवं प्रोजेस्टोरोन (Progesterone) नामक हॉर्मोन्स के स्त्रावण के लिए प्रेरित करता है।

नर/पुरुषों में यह हॉर्मोन वृषण (Testes) में स्थित अन्तराली कोशिकाओं (Interstitial cells) या लेडिग की कोशिकाओं (Leydig's cells) को नर जनन हॉर्मोन्स टेस्टोस्टेरोन (Testosterone) के स्त्रावण के लिए प्रेरित करता है।

(b) पुटिका प्रेरक हॉर्मोन (Follicle Stimulating Hormone - FSH)— यह हॉर्मोन पुरुषों में लेडिग की कोशिकाओं (Leydig cells) के नर हॉर्मोन ऐण्ड्रोजन (Androgen) के स्त्रावण को प्रेरित करता है। मादा या स्त्रियों में यह कार्पस लूटियम (Corpus luteum) के विकास तथा प्रोजेस्टोरोन के स्त्रावण को प्रेरित करता है। रजोवृत्ति (Menopause) के पश्चात् पुटिका प्रेरक हॉर्मोन के उत्पादन की दर 15 गुना बढ़ जाती है।

नर/पुरुष में शुक्राणुओं के निर्माण की प्रक्रिया को नियन्त्रित करता है। पुटिका प्रेरक (Follicular stimulating) एवं ल्यूटिनाइजिंग (Leutinizing) हॉर्मोन दोनों ही जनदों (Gonads) के परिपक्व तथा क्रियाशीलता के प्रेरक हैं। अन्तः इनको गोनेडोट्रापिक हॉर्मोन (Gonadotropic hormone) भी कहते हैं। यह दोनों हॉर्मोन्स यौवनावस्था के पहले से ही स्त्रावित होते हैं, इससे स्पष्ट होता है कि

इनका स्त्रावण हाइपोथैलेमस में स्थित एक जैनेटिक जैविक घड़ी (Genetic biological clock) द्वारा नियन्त्रित होता है।

पुटिका प्रेरक हॉर्मोन (Follicle stimulating hormone) दोनों पुरुषों (Male) एवं स्त्रियों (Female) युग्मकों पर अभिक्रिया करने के कारण इसको गैमिटोकाइनेटिक (Gametokinetic) हॉर्मोन भी कहते हैं।

अल्प-स्त्रावण (Hypo-secretion)— नर या पुरुषों में इस हॉर्मोन्स की कमी के कारण जनन तन्त्र लुप्त होने लगता है। वृषण (Testes) पिलपिले/ढीले, छोटे एवं आकारहीन होते हैं। सेमीनिफेरस नलिकाएँ (Seminiferous tubules) नष्ट हो जाती हैं जिसके कारण शुक्राणु निर्माण समाप्त हो जाता है। इस हॉर्मोन की शिशु अवस्था में कमी होने पर वृषण (Testes) उदर में भी रह जाते हैं। इस स्थिति को क्रिप्टोकिडिस्म (Cryptorchidism) कहते हैं।

मादा या स्त्रियों में इस हॉर्मोन की कमी के कारण अण्डाशय (Ovary) का आकार छोटा या कम होने लगता है। पुटिकाएँ या फॉलिकिल (Follicles) नष्ट हो जाते हैं। गर्भाशय (Uterus) एवं योनि (Vagina) लुप्त हो जाता है।

अति-स्त्रावण (Hyper-secretion)— इस हॉर्मोन के अधिक मात्रा में स्त्रावण के कारण मनुष्य में लैंगिक परिपक्वता (Sexual maturity) शीघ्र आ जाती है।

4. थायरॉइड प्रेरक हॉर्मोन (Thyroid Stimulating Hormone—TSH)— इसको थायरोट्रापिक (Thyrotropic) हॉर्मोन भी कहते हैं। यह एक ग्लाइकोप्रोटीन (Glycoprotein) है। यह बेसोफिल (Basophil) कोशिकाओं द्वारा स्त्रावित होता है। तथा थायरॉइड ग्रन्थि की क्रियाशीलता को प्रेरित एवं नियन्त्रित करता है। इसका स्त्रावण हाइपोथैलेमस (Hypothalamus) के थायरोट्रापिक मुक्ति तत्व (Thyrotropic Release Factor – TRF) द्वारा प्रेरित होता है।

ऐसा विश्वास किया जाता है कि यह हॉर्मोन शरीर की सम्पूर्ण कोशिकाओं की चयापचय क्रिया में वृद्धि करता है। यह थायरॉइड कोशिकाओं द्वारा रक्त में से अकार्बनिक आयोडाइड को शोषित करने की दर में वृद्धि करता है। यह थायरॉइड हॉर्मोन में आयोडीन को सम्मिलित करने की दर में वृद्धि करता है। यह थायरॉइड हॉर्मोन के स्त्रावण की दर में वृद्धि करता है।

रक्त में TSH हॉर्मोन की सान्द्रता 25 मिली इकाई प्रति ml होती है। यह मिक्सोडेमा (Myxoedema) में बढ़ जाती है। रक्त में इसकी सान्द्रता ठण्ड के समय अधिक तथा गर्मी के समय कम होती है। सामान्य रूप से TSH 2 अन्तर्राष्ट्रीय इकाई प्रति दिन की दर से स्त्रावित होता है। थायरॉक्सिन (Thyroxine) एवं TSH के बीच ऋणात्मक पुनर्निवेशन विधि (Negative feedback mechanism) पायी जाती है। किसी भी विसंगति या रोग के कारण TSH का स्त्रावण कम हो जाता है तब थायरॉक्सिन का स्त्रावण भी कम हो जाता है।

टिप्पणी

TSH हॉर्मोन डाइ-आइडोटायरोसिन को युग्म करके थायरॉक्सिन (T₄) बनाने के लिए आवश्यक होता है। TSH हॉर्मोन ऐडेनिल सायक्लेज (Adenyl cyclase) अभिक्रिया को थायरॉइड में वृद्धि करता है तथा सायक्लिक AMP (Cyclic AMP) को थायरॉइड में संग्रहित करता है। TSH प्रत्यक्ष रूप से लिपीड, पेशीयों एवं संयोजी ऊतक को बाह्य नैत्रीय संरचना में प्रभावित करता है जिसके कारण एक्सोपथैल्मोस (Exophthalmos) विसंगति दर्शाता है।

इस हॉर्मोन के अल्प-स्त्रावण (Hypo-secretion) के कारण थायरॉइड ग्रन्थि की वृद्धि रुक जाती है, थायरॉइड हार्मोन का स्त्रावण सामान्य मात्रा से कम होता है या थायरॉइड विलुप्त होने लगती है। इस हार्मोन के अति-स्त्रावण (Hyper-secretion) के द्वारा ग्रन्थि की वृद्धि एवं थायरॉइड हार्मोन का स्त्रावण अधिक होता है।

5. एड्रीनोकोर्टिकोट्रोपिक हार्मोन (Adrenocorticotropic Hormone—ACTH)— यह एक पॉलीपेप्टाइड (Polypeptide) होता है तथा बेसोफिल कोशिकाओं (Basophil cells) द्वारा स्त्रावित किया जाता है। यह हार्मोन ऐड्रीनल ग्रन्थि के बल्कुट भाग (Cortex) को स्त्रावण के लिए प्रेरित करता है। इसके स्वयं का स्त्रावण हाइपोथैलेमस (Hypothalamus) से स्त्रावित कार्टिकोट्रोपिन मुक्त तत्व (Corticotropin Release Factor – CRF) द्वारा प्रेरित होता है। यह हॉर्मोन वसा-अपघटनी एन्जाइम्स को सक्रिय करता है एवं मेलैनिन (Melanin) के संश्लेषण को प्रेरित करता है। यह हार्मोन अति संवेदनशीलता (Hyper sensitivities) एवं उत्तेजक क्रियाओं के इलाज के लिए उपयोग में आता है।

ACTH एवं एड्रीनल कॉर्टिकल हार्मोन (Adrenal cortical) का स्त्रावण, ऋणात्मक पुनर्निवेशन (Negative feedback) विधि के द्वारा प्रभावित होते हैं। ACTH का स्त्रावण ग्लूकोकार्टिकाइड (Glucocorticoid) हार्मोन के स्त्रावण को उत्प्रेरित करता है जिससे कि तनावपूर्ण उत्प्रेरणा को दूर किया जा सके। अन्तःपिट्यूटरी-एड्रीनल अक्ष (Pituitary adrenal axis) प्राणियों को बुरी वातावरण परिस्थितियों में जीवित रहने के लिए अथवा समस्थिती विधि (Homeostatic mechanism) को बनाए रखने के लिए महत्वपूर्ण होते हैं।

इस हार्मोन के अल्प-स्त्रावण (Hypo-secretion) के कारण ग्रन्थियाँ धीरे-धीरे नष्ट हो जाती हैं। इस हार्मोन के अति-स्त्रावण (Hyper secretion) के कारण कुशिंग रोग (Cushing disease) होता है, जिसमें धड़/उदर में असामान्य रूप से वसा का एकत्रित होना या बेडौलपन (Obesity) तथा चेहरे (Face) हाथों और पैरों में सायनोसिस (Cyanosis), त्वचा की वर्णकता, बालों का अत्यधिक विकास, स्त्रियों में दाढ़ी एवं मूछों का उगना, लैंगिक क्रिया का न्हास, हाइपरग्लाइसेमिया (Hyperglycemia) एवं ग्लाइकोसूरिया (Glycosuria) रोग।

6. लाइपोट्रोपिन्स या एडिपोकाइनेटिक हॉर्मोन्स (Lipotropin or Adipokinetic hormone)— तीन लाइपोट्रोपिन या एडिपोकाइनेटिक हॉर्मोन्स का अनुसंधान हुआ है। यह हैं I, II एवं β हॉर्मोन्स। सक्रियता की दृष्टि से यह हॉर्मोन α एवं β मेलैनोसाइट उत्प्रेरक हॉर्मोन (Melanocyte stimulating hormone) के समान होता है। इस हार्मोन में 7 अमीनो अम्ल ACTH एवं MSH के समान होते

हैं। यह हॉर्मोन्स क्रोमेटोफोर्स (Chromatophores) को उत्प्रेरित करते हैं। वह वसा का अपघटन भी करते हैं। यह वसा के मुक्त होने को उत्प्रेरित करता है। इसके अल्प-स्त्रावणों से शरीर में अत्यधिक बेडौलपन (Obesity) तथा अति-स्त्रावण से शरीर पतला, दुबला होता है।

7. पार्स इन्टरमीडिया या मध्यवर्ती पालि (Pars intermedia)— इस पालि के द्वारा मेलेनोसाइट उत्प्रेरक हॉर्मोन (Melanocyte stimulating hormone) को α एवं β -मेलेनोसाइट उत्प्रेरक हॉर्मोन (α and β -Melanocyte stimulating hormones) के रूप में स्त्रावित करता है। 'ली' (Li) वैज्ञानिक ने इस हॉर्मोन को शुद्ध रूप में प्राप्त किया। यह हॉर्मोन 22 अमीनों अम्लों का बना हुआ पॉलीपेप्टॉइड होता है। यह हॉर्मोन, उन कशेरुक प्राणियों में पाया जाता है जिनमें क्रोमेटोफोर्स (Chromatophores) वर्णक पाए जाते हैं। जैसे— ऐम्फिबियन्स एवं मछली (Amphibian and fishes)। इन प्राणियों में मेलेनोसाइट (Melanocyte) या मेलेनोफोर (Melanophore) काले वर्णक को विस्तारित करता है। पक्षियों एवं स्तनी प्राणियों में इसका कार्य ज्ञात नहीं है, लेकिन 1973 में कुछ वैज्ञानिकों ने दर्शाया कि यह हॉर्मोन बालों में लिपीड का नियमन करता है। इसके प्रमाण हैं कि यह स्तनी प्राणी की त्वचा में मेलेटिन (Melatin) के संश्लेषण को प्रेरित करता है। इस हॉर्मोन के मनुष्यों में अत्यधिक मात्रा में स्त्रावण के कारण वर्णकीय क्षेत्र (Pigmentation) में वृद्धि होती है। जैसे— कि एडिसन्स रोग (Addison's disease) में देखा जाता है। मनुष्य में गर्भावस्था के समय त्वचा के रंग का गहरापन ACTH एवं MSH दोनों हॉर्मोन के या किसी एक हॉर्मोन के अधिक स्त्रावण के कारण दिखाई देता है।

पार्स ट्यूबेरैलिस या इन्फण्डिबुलेरिस (Pars tuberalis infundibularis) की कोशिकाओं के द्वारा कोई भी हॉर्मोन स्त्रावित नहीं किया जाता है।

5.7.2 न्यूरोहाइपोफाइसिस के कार्य (Functions of Neurohypophysis)

पीयूष ग्रन्थि की पश्च पालि या न्यूरोहायपोफाइसिस (Neurohypophysis) पॉलिपेप्टाइड हॉर्मोन्स (Polypeptide hormones) पाए जाते हैं जोकि मूल रूप से हायपोथैलेमस (Hypothalamus) न्यूरोसीक्रेटरी कोशिकाओं के सुपरा ऑप्टिक (Supraoptic) एवं पैरावेण्ट्रीकुलर (Paraventricular) केन्द्रकों के द्वारा स्त्रावित किए जाते हैं, और पीयूष ग्रन्थि की पश्च पालि में संचित हो जाते हैं तथा आवश्यकतानुसार सक्रिय अवस्था में मुक्त किए जाते हैं। इन हॉर्मोन्स को न्यूरोहायपोफायसियल (Neurohypophyseal) हॉर्मोन्स भी कहते हैं। ऐसा समझा जाता है कि वेस्सोप्रेसिन (Vasopressin) हॉर्मोन सुप्राऑप्टिक केन्द्रक (Supraoptic nuclei) से एवं ऑक्सीटोसिन (Oxytocin) पैरावेण्ट्रीकुलर (Paraventricular) केन्द्रक से स्त्रावित होते हैं। यह दोनों हॉर्मोन्स हैं—

- (i) ऑक्सीटोसिन (Oxytocin)
- (ii) वैसोप्रेसिन (Vasopressin)

(i) **ऑक्सीटॉसीन (Oxytocin)**— इस हॉर्मोन को पिटोसिन (Pitocin) भी कहते हैं। यह हार्मोन ऑक्टोपेप्टाइड (Octopeptide) है। इसका सामान्य कार्य पूर्णरूप से ज्ञात नहीं है। इस हार्मोन का प्रभाव मादा/स्त्रियों में गर्भाशय की पेशियों को संकुचित करने के लिए प्रेरित करता है। प्रसव पीड़ा (Labour pain) को बढ़ाता है। यह हार्मोन सभी प्रकार की चिकनी पेशियों (Smooth muscles), पित्ताशय (Gall bladder), मूत्राशय भित्ति (Urinary bladder wall) को भी प्रभावित करता है। मैथुन के समय इस हार्मोन के कारण स्त्रावण से गर्भाशय पेशियों (Uterine muscles) को संकुचित कर शुक्राणुओं (Sperms) को फैलोपियन नलिका (Fallopian tube) तक जाने में सहायता करता है। यह हार्मोन शिशु जन्म के पश्चात् गर्भाशय को सामान्य अवस्था में लाने तथा स्तन ग्रन्थियों से दुग्ध के स्त्रावण के लिए पेशियों को सिकोड़ने का काम करता है। दुग्ध स्त्राव को उत्प्रेरित करता है। इसको गैलेक्टोजेनिक (Galactogenic) प्रभाव कहते हैं। इसके द्वारा हायपरग्लायसेमिया (Hyperglycemia) विसंगति उत्पन्न होती है। इसकी क्रिया प्रोजेस्टेरोन (Progesterone) हॉर्मोन के स्त्रावण से अवरोधित होती है तथा ओएस्ट्रोजेन (Oestrogen) के स्त्रावण में वृद्धि होती है। इस हॉर्मोन के द्वारा अग्र पालि से प्रोलेक्टिन हॉर्मोन को उत्प्रेरित किया जाता है।

(ii) **वेसोप्रेसिन (Vasopressin)**— इस हॉर्मोन को पिट्रेसिन (Pitressin) के साथ-साथ मूत्रअवरोधी हॉर्मोन/ऐण्टीडाइयूरेटिक हॉर्मोन (Antidiuretic hormone) भी कहते हैं, क्योंकि यह वृक्क नलिकाओं में जल के पुनः अवशोषण को बढ़ाता है। यह हॉर्मोन एक पॉलीपेप्टाइड (Polypeptide) है, जो कि नौ अमीनो अम्लों का बना होता है। यह वृक्क कोशिकाओं एवं नलिकाओं द्वारा मूत्र में जल की मात्रा का नियन्त्रण करता है। इसकी कमी से मूत्र में जल की मात्रा में वृद्धि हो जाती है तथा रक्त गाढ़ा हो जाता है। इस विसंगति या रोग को डायबिटीज इन्सीपिडस (Diabetes insipidus) कहते हैं। यह क्लोराइड के अवशोषण को कम करता है। प्राणियों में धमनियों एवं कोशिकाओं (Arteries and Capillaries) को संकुचित करता है तथा मनुष्य में केवल कोशिकाओं को संकुचित करता है।

कोरोनरी वाहिनी (Coronary vessel) संकुचित होती है। उच्च रुधिर दाब के कारण हृदय की धड़कन की दर कम हो जाती है।

वृक्क (Kidney) में वृक्कीय वाहिनियों के संकुचन से मूत्र की मात्रा में कमी होती है।

मूत्राशय एवं गर्भाशय की भित्ति की पेशियाँ उत्प्रेरित होती हैं। इसके द्वारा ग्लायकोजिनोलिसिस (Glycogenolysis), हायपरग्लायसेमिया (Hyperglycemia) एवं ग्लायकोसूरिया (Glycosuria) को उत्पन्न करता है। शर्करा को सहन करने की क्षमता कम हो जाती है।

इस हार्मोन की मात्रा में वृद्धि/अधिकता होने पर मूत्र में जल की कमी हो जाती है। परिधीय कोशिकाओं एवं धमनियों की पेशियों का संकुचन कर इनको

संकीर्ण बना देता है, फलतः रुधिर दाब (Blood pressure) में वृद्धि हो जाती है। यह कुछ सीमा तक रुधिर दाब को नियन्त्रित करता है।

5.7.2.1 अल्प पीयूष स्त्रावण (Hypopituitarism)

पिट्यूटरी हॉर्मोन्स (Pituitary hormones) का कम स्त्रावण, पीयूष ग्रन्थि (Pituitary gland) में ट्यूमर (Tumour) के विकसित होने के कारण होता है। इस ग्रन्थि का अल्प स्त्रावण (Hyposecretion) के कारण निम्न विसंगतियाँ पायी जाती हैं—

1. **बौनापन (Dwarfism)**— व्यक्ति की वृद्धि अवरोधित हो जाती है। यह विसंगति निम्न प्रकार की होती है—

(i) **लोरेन-लेवी प्रकार (Lorain-Levy type)**— छोटे आकार के प्राणी/मनुष्य, वयस्क मनुष्य लगभग 85 सेमी या 3 फिट ऊँचाई के हाते हैं। शेष शरीर की अपेक्षा सिर (Head) बड़ा होता है। बुद्धिमान् मनुष्य होते हैं, लेकिन व्यक्ति आकर्षित नहीं होता है। बुद्धिमानी उम्र के अनुपात के अनुसार होती है। लैंगिक अंग (Sex organs) एवं द्वितीयक लैंगिक लक्षण (Secondary sexual characters) विकसित नहीं होते हैं।

(ii) **फ्रोहलिच प्रकार (Frohlich type)**— बेडौलपन (Obesity), शरीर में अत्यधिक वसा का संचय, दाढ़ी एवं मूछें मनुष्य में नहीं पायी जाती हैं। अवरोधित लैंगिक विकास/मानसिक रूप से असामान्य एवं सुस्त मनुष्य।

(iii) **मिश्रीत प्रकार (Mixed type)**— इस प्रकार की विसंगति में मिश्रीत औतिकी स्वभाव एवं विसंगतियाँ पायी जाती हैं। मनुष्य बैडोल, वसा का शरीर में अधिक संचय एवं शरीर बालरहित होता है। क्रोमोफोब कोशिकाओं (Chromophobe cell) एवं एसिडोफिल्स (Acidophils cell) की क्रिया में विसंगति पायी जाती है।

(iv) **एक्रोमिक्रिया (Acromicria)**— वयस्क मनुष्य में एसिडोफिल्स कोशिकाओं की कम अभिक्रिया के कारण होती है। बालों की कमी तथा लैंगिक कार्यों में कमी। चेहरे, हाथ एवं पैर की अस्थियाँ छोटी होती हैं।

2. **पानहायपोपिट्यूटेरिज्म (Panhypopituitarism)**— ग्रन्थि की क्षति के कारण यह विसंगति होती है। हायपोफायसियल (Hypophyseal) कार्य समाप्त होते हैं।

3. **पिट्यूटरी मिक्सोडेमा (Pituitary myxoedema)**— यह विसंगति TSH की कमी के कारण होती है। इसमें आधारीय चयापचयिक दर (Basal metabolic rate) कम हो जाती है। वयस्क मनुष्य मानसिक रूप से सुस्त, कमजोर होता है, त्वचा अधिक मोटी होती है, बाल सूखे, चेहरे पर सूजन, भौंहों (Eyebrow) पर कम बाल।

टिप्पणी

5.7.2.2 अतिपीयूषकीय स्त्रावण (Hyperpituitarism)

इसका अर्थ होता है हायपोफायसियल हॉर्मोन्स (Hypophyseal hormones) का अधिक स्त्रावण। ग्रन्थि के अत्यधिक स्त्रावण के कारण बचपन या शैशवावस्था में आकार अत्यधिक बड़ा-दैत्याकार (Gigantism) होता है। अस्थियों की अत्यधिक वृद्धि मुख्य रूप से सन्धियों (Joints) की अस्थियों की। इसके कारण शरीर की लम्बाई 2 से 2.5 मीटर होती है। उपाग (Limbs) अनुपात में अधिक लम्बे होते हैं।

वयस्क मनुष्यों में इपीफायसिस (Epiphysis) की वृद्धि बंद हो जाती है, पिट्यूटरी हॉर्मोन्स के अत्यधिक स्त्रावण के कारण एक्रोमेगेली/वर्धरोग (Acromegaly = Acrom = Extremity) विसंगति होती है। इसके लक्षण निम्नलिखित होते हैं—

1. चेहरे (Face), हाँथों (Hands) एवं पैरों (Feet) की अस्थियों (Bones) की निरन्तर वृद्धि होती है। इसके कारण रोगी जूतों को जल्दी-जल्दी बदलता है।
2. काइफोसिस (Kyphosis) नामक विसंगति हो जाती है। कशेरुक दण्ड की लम्बाई अधिक होने से शरीर धनुष के समान (Bowing of spine) हो जाता है।
3. शरीर पर बालों की अत्यधिक वृद्धि।
4. नसिका (Nose), लिप्स (Lips), माथे (Forehead) के कोमल ऊतकों का मोटा होना।
5. हृदय, फेफड़ों, यकृत, स्प्लीन (Spleen) की अत्यधिक वृद्धि।
6. प्रारम्भ में लैंगिक क्रिया अधिक वृद्धिमय जो कि बाद में जनदों (Gonads) का अभिक्रियाशील होना होता है। इसके कारण पुरुषों में नपुंसकता विकसित होती है और स्त्रियों में मासिक चक्र का बंद होना प्रारम्भ हो जाता है।

5.7.2.3 हायपोफायसेक्टोमी (Hypophysectomy)

शरीर से हायपोफायसिस (Hypophysis) या पीयूष ग्रन्थि को बाहर निकालना। हायपोफायसेक्टोमी केवल एडीनोहायपोफायसिस की क्षति के कारण होती है। केवल न्यूरोहायपोफायसिस (Neurohypophysis) के निकाल देने से शरीर में कोई विसंगति नहीं पायी जाती है। हायपोफायसेक्टोमी के कारण निम्न विसंगतियाँ होती हैं—

1. दोनों लिंग (Sex) में जनदीय अपक्षय (Gonadal atrophy) पाया जाता है।
2. थायरॉइड (Thyroid) का अपक्षय (Atrophy)।
3. एड्रीनल कॉर्टेक्स (Adrenal Cortex) का अपक्षय।
4. वयस्क मनुष्यों में सिमन्ड्स रोग (Simmond's disease) पाया जाता है।
5. वजन का कम होना, झुर्रियों का विकास-केचेक्सिया (Cachexia) रोग।

6. भूख नहीं लगना—एनोरेक्सिया (Anorexia), रक्त की कमी, मानसिक विसंगतियाँ, अत्यधिक कमजोरी—एस्थेनिया (Asthenia)।

उपर्युक्त तथ्यों से यह स्पष्ट होता है कि पीयूष ग्रन्थि तन्त्रिकीय (Nervous) एवं अन्तःस्त्रावी (Endocrine) तन्त्रों के मध्य संरचनात्मक (Structural) एवं कार्यात्मक (Physiological) संयोजन स्थापित करने वाला केन्द्रीय अंग है। एक ओर यह स्वयं मस्तिष्क के हायपोथैलेमस द्वारा नियन्त्रित होता है तथा दूसरी ओर प्रमुख अन्तःस्त्रावी ग्रन्थियों का नियन्त्रण करती है। अन्तः इन दोनों के मध्य घनिष्ठ सम्बन्धों के कारण इन दोनों तन्त्रों का अध्ययन एक ही शाखा न्यूरोएण्डोक्राइनोलॉजी (Neuroendocrinology) के अन्तर्गत किया जाता है।

पीयूष ग्रन्थि द्वारा स्त्रावित हॉर्मोन एक ओर शरीर की वृद्धि, लैंगिक लक्षणों (Sexual characters), जनन (Reproduction) तथा विकास के सामान्य आचरण को प्रभावित करते हैं, तो दूसरी ओर यह महत्वपूर्ण अन्तःस्त्रावी ग्रन्थियों (Endocrine glands)— थायरॉइड (Thyroid), एड्रीनल (Adrenal), कॉर्टेक्स (Cortex), जनदों (Gonads) के स्त्रावण एवं अन्तःस्त्रावी तन्त्र को भी नियन्त्रित करती है, इस कारण पीयूष ग्रन्थि को अन्तःस्त्रावी तन्त्र का प्रमुख प्रशासक या मास्टर ग्रन्थि (Master gland) भी कहा जाता है। आधुनिक समय में यह ज्ञात हो गया कि पीयूष ग्रन्थि व अन्य ग्रन्थियाँ मस्तिष्क के हायपोथैलेमस (Hypothalamus) भाग से नियन्त्रित होती हैं, अन्तः अब इस उपनाम का उपयोग नहीं किया जाता है।

अपनी प्रगति जाँचिए (Check Your Progress)

- वृद्धि हॉर्मोन _____ में उत्सर्जित होता है।

(क) थायरॉइड	(ख) एड्रीनल
(ग) पीयूष ग्रन्थि	(घ) जनद
- ऑक्सीटोसिन हॉर्मोन _____ के द्वारा स्त्रावित होता है।

(क) अण्डाशय	(ख) न्यूरोहायपोफायसिस
(ग) थायरॉइड	(घ) एड्रीनल
- रिलेक्सिन हॉर्मोन का कार्य है—

(क) श्रोणि संधाय का शिथिलन
(ख) अण्डाशयों का शिथिलन
(ग) गर्भाशयी शिथिलन
(घ) फैलोपियन नली का शिथिलन

4. दुग्ध का स्त्रावण _____ के द्वारा बनाए रखा जाता है।
- | | |
|-------------------|------------------|
| (क) प्रोजेस्टोरोन | (ख) ऐल्डोस्टीरोन |
| (ग) प्रोलेक्टिन | (घ) ऐस्ट्रोजेन |

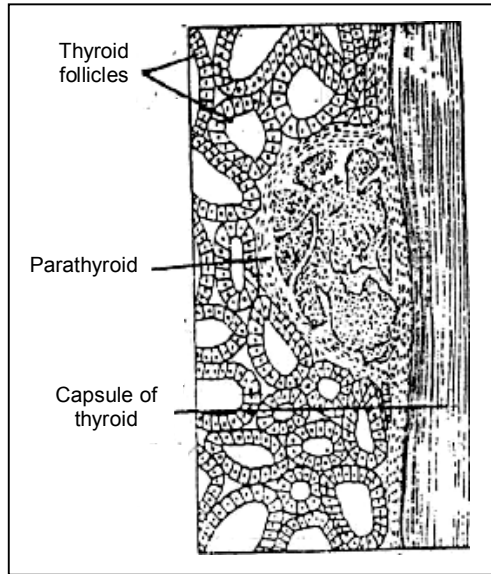
5.8 थायरॉइड ग्रन्थि की संरचना एवं कार्य (Structure and Functions of Thyroid Gland)

शरीर की यह सबसे बड़ी अन्तःस्त्रावी (Endocrine) ग्रन्थि होती है। इस ग्रन्थि को सर्व प्रथम व्हार्टॉनिन (Whartonin) ने 1659 में नाम दिया था, क्योंकि यह एक कवच (Shield) की आकृति से समानता रखती है (Thyroides: Gr- कवच रूपी—Shield shaped)। थायरॉइड ग्रन्थि भ्रूणीय (Embryonic) मुख के फर्श से एक मध्ययी प्रवर्ध/बहिर्वृद्धि (Diverticulum) के रूप में नीचे की ओर एक नलाकार वाहिनी/नलिका (Tubular duct) के रूप में विकसित होती है। नीचे की ओर जाकर यह नलाकार भाग विभाजित/विशाखित सिरों (Bifurcated ends) में होता है और इस्थमस (Isthmus) और पार्श्व पालियों (Lateral lobes) को विकसित करता है। इस्थमस (Isthmus) दूसरी, तीसरी एवं चौथी ट्रैकिया वलय (Tracheal ring) के सामने क्रॉस (Cross) करती है तथा ग्रन्थि को 'H' की आकृति प्रदान करती है।

मनुष्य (Man) में थायरॉइड (Thyroid) ग्रन्थि एक द्विपालिका ग्रन्थि (Bilobed gland) होती है जोकि मनुष्य की ग्रीवा में श्वासनली/वायु नली व स्वर यन्त्र के जोड़ के अधर पार्श्व सतह पर दोनों तरफ एक-एक की संख्या में, गुलाबी रंग की 'H' की आकृति में स्थित होती है। इस ग्रन्थि का उद्गम भ्रूण की ग्रसनी भाग में जिह्वा (Tongue) के आधार से होता है। ऐसा समझा जाता है कि थायरॉइड ग्रन्थि प्रारम्भिक कशेरुक प्राणियों की एण्डोस्टायल (Endostyle) के समजात होती है। इस ग्रन्थि में अधिक रक्त प्रदाय होता है, लगभग 4-6 ml रक्त प्रति ग्राम थायरॉइड ऊतक के सामान्य ग्रन्थि में प्रति मिनट प्रदाय (Supply) होता है। जब ग्रन्थि अधिक क्रियाशील होती है तब रक्त प्रदाय की मात्रा में वृद्धि होती है। पूर्ण ग्रन्थि का भार लगभग 25 से 40 ग्राम होता है। यह ग्रन्थि स्त्रियों (Female/women) मादा में नर/पुरुषों की तुलना में बड़ी होती है। ग्रन्थि का भार उम्र (Age), लिंग (Sex), प्रजनन अवस्था (Reproduction state) एवं आहार (Diet) पर निर्भर करता है। यह ग्रन्थि अनुकम्पी तन्तु (Sympathetic fibres) सुपीरियर, मध्ययी एवं इन्फीरियर ग्रीवा गुच्छिकाओं (Cervical ganglions) से निकल कर तथा परानुकम्पी तन्तु (Parasympathetic fibres) सुपीरियर, इन्फीरियर रिकरेन्ट (Recurrent) वेगस की लेरिन्जियल शाखाओं से संभरित होती है। यह तन्त्रिकाएँ थायरॉइड ग्रन्थि में स्त्रावण (Secretion) की अपेक्षा रक्त प्रदाय को नियन्त्रित करती है। ग्रन्थि की दोनों पालियाँ संयोजी संकरी पट्टी से जुड़ी रहती हैं जिसको इस्थमस (Isthmus) कहते हैं।

थायराइड ग्रन्थि की प्रत्येक पालि (Lobe) 5×2.2 सेमी आकार की ट्रेकिया के दोनों ओर होती है तथा बायीं पॉलि, दायीं पॉलि की अपेक्षा छोटी होती है। थायराइड के इस्थमस से एक विभिन्न आकार की पॉलि ग्रीवा (Neck) में विकसित होती है, इसको पिरामिडल (Pyramidal lobe) कहते हैं। यह थायराइड रोगों की दृष्टि से महत्वपूर्ण होती है।

संयोजी ऊतक से जुड़ी $15\mu-150\mu$ व्यास की अनेक छोटी-छोटी पुटिकाएँ (Follicles) बनीं होती हैं। यह पुटिकाएँ संयोजी ऊतक की गुहा में निलम्बित रहती हैं, जिसको स्ट्रोमा (Stroma) कहते हैं। स्ट्रोमा में कहीं-कहीं कोशिकाओं के ठोस गुच्छे होते हैं जिनको पैरापुटिकाएँ या 'C'-कोशिकाएँ (Para follicular or C-cells) कहते हैं। इसके अतिरिक्त स्ट्रोमा में घनी रक्त केशिकाओं (Blood capillaries) का जाल बिछा रहता है। पुटिकाओं की भित्ति घनाकार एपिथिलियम (Cuboidal epithelium) का एकाकी स्तर होता है। पुटिकाओं की भित्ति की कोशिकाओं में माइटोकॉण्ड्रिया (Mitochondria) एवं गॉल्जी उपकरण (Golgi apparatus) पाए जाते हैं। कोशिकाओं के आधार, आधारीय मेम्ब्रेन (Basement Membrane) के सम्पर्क में होते हैं। यह भी पुटिकाओं को चारों ओर से घेरती है। पुटिकाओं की गुहिका में स्त्रावी कोलाइड पदार्थ भरा रहता है।



चित्र क्र. 5.6: Endocrine Gland: Structure of Thyroid Gland

पुटिकाओं की इपीथिलियल कोशिकाओं का केन्द्रक (Nucleus) कोशिका के आधारीय भाग में स्थित होता है। इसके अतिरिक्त कोशिकाओं में उपकोशिकीय पदार्थ (Sub-cellular substance) जैसे कि एण्डोप्लाज्मिक रेटिकुलम (Endoplasmic reticulum) एवं गॉल्जी उपकरण (Golgi apparatus) पाए जाते हैं जोकि प्रोटीन एवं प्रोटीन संश्लेषण में सहायक होते हैं। कोशिका के अन्दर कोशिकाद्रव्य आशय (Cytoplasmic vesicles) पायी जाती है जो कि शोषण का कार्य करते है। थायराइड कोशिका प्रवर्धों के द्वारा पुटिकाओं में से कोलाइड

टिप्पणी

(Colloid) को शोषित किया जाता है। इस विधि को पिनोसाइटोसिस/कोशिकायन (Pinocytosis) कहते हैं। कोलाइड को अभिरजित करने के अनुसार आशय (Vesicles) तीन प्रकार की होती हैं—

- (i) एसिडोफिलिक (Acidophilic) या ईओसिनोफिलिक (Eosinophilic) गुलाबी रंग की,
- (ii) बेसोफिलिक (Basophilic) नीले रंग एवं
- (iii) मिश्रित (Mixed)।

वेसिकल्स/आशय (Vesicles) के बीच में ठोस कोशिकाओं का गुच्छा लिम्फोसाइट्स (Lymphocytes) एवं मैक्रोफेजेस (Macrophages) पाए जाते हैं। थायरॉइड की अधिक क्रियाशीलता के समय कोशिकाएँ स्तम्भाकार (Columnar) होती हैं, इपिथीलियम का अस्तर वृद्धि कर वलनित (Folded) हो जाता है। माइटोकॉण्ड्रिया की संख्या में वृद्धि होती है। गॉल्जी उपकरण आकार में बढ़ जाते हैं। आशय (Vesicles) अनियमित आकार की हो जाती है। थायरॉइड की कम क्रियाशीलता में इपिथीलियम एसिडोफिलिक (Acidophilic) चपटी हो जाती है। आधारी चयापचयिक दर (BMR) कम हो जाती है तथा वृद्धावस्था में ठण्ड के लिए सुग्राही (Susceptible) होते हैं।

थायरॉइड ग्रन्थि की पुटिका कोशिकाएँ (Follicular cells), पीयूष ग्रन्थि से स्त्रावित थायरॉइड, उत्प्रेरक हॉर्मोन (Thyroid stimulating hormone) के उत्प्रेरण से अकार्बनिक आयोडाइड (Inorganic iodide) को संचय करती है। इस विधि को आयोडाइड पाश (Iodide trap) कहते हैं। थायरॉक्सिन (Thyroxine) के संश्लेषण में आयोडिन की भूमिका को सर्वप्रथम बाउमान (Baumann) ने अध्ययन किया था।

थायरॉइड ग्रन्थि की पुटिकाओं की गुन्हा (Follicular cavity) में पीले रंग का जैली समान लसदार आयोडीन युक्त कोलाइडली ग्लाइकोप्रोटीन (Colloidal glyco-protein) पदार्थ भरा रहता है। इस पदार्थ को थायरोग्लोब्यूलिन (Thyroglobulin) कहते हैं। थायरोग्लोब्यूलिन में 75% या अधिक प्रोटीन पदार्थ होता है। प्रोटीन पदार्थ का घनत्व ग्रन्थि की विभिन्न पुटिकाओं में भिन्न-भिन्न होता है।

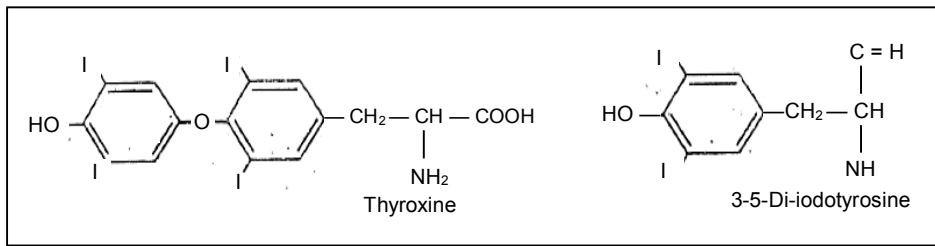
मानव भोजन में लगभग 100-200 मिलीग्राम आयोडीन (Iodine) प्राप्त करता है। इसका 2/3 भाग मूत्र के साथ बाहर निकल जाता है, शेष बची हुई आयोडीन का 10% भाग पुटिकाएँ (Follicles) रक्त से ग्रहण कर संग्रह करती हैं। पुटिकाओं (Follicles) में यह आयोडीन थायरोग्लोब्यूलिन में उपस्थित टाइरोसीन (Tyrosine) नामक अमीनो अम्ल से बंध कर निम्नलिखित हॉर्मोन बनाता है—

- (a) 65% से 80% टेट्राआइडोथायरोनिन (Tetraiodothyronine) या थायरॉक्सिन (Thyroxine)— (T₄) बनाते हैं। थायरॉक्सिन तुरन्त ही दूसरे अमीनों अम्लों से मिलकर थायरोग्लोब्यूलिन (Thyroglobulin) बनाती है।
- (b) 20% से 35% ट्राइआइडोथायरोनिन (Tri-iodothyronine) से (T₃) बनता है, जो कि थायरॉक्सिन से अधिक तीव्र होता है। ट्राइआइडोथायरोनिन

(Di-iodotyrosine) के दो अणु एन्जाइम की उपस्थिति में एक अणु मोनो आइडोटाइरोसिन (Mono-iodotyrosine) से मिलकर ट्रायआयडोथारोनिन को बनाते हैं।

- (c) 3% से 4% मोनो एवं डाइ-आयडोथायरोनिन (Mono-di-iodothyronine)। यह आयोडीन (Iodine) एवं टायरोसीन (Tyrosine) नामक अमीनो अम्ल के साथ मिलकर बनते हैं।

मनुष्य में प्रतिदिन लगभग 200 मिग्रा थायरॉक्सिन (Thyroxine) का संश्लेषण होता है। थायरॉक्सिन, पुटिकाओं (Follicles) के बाहर आकर रक्त-प्रोटीन से मिलकर लक्ष्य-स्थान (Target point) पर पहुँचता है जबकि मोनो एवं डाइ आयडोटाइरोसिन वापस जुड़कर चक्र प्रारम्भ करते हैं।



चित्र क्र. 5.7: 3-5-Di-iodotyrosine

थायरॉइड ग्रन्थि की स्त्रावण दर को पीयूष ग्रन्थि द्वारा स्त्रावित थायरॉइड प्रेरक हॉर्मोन (Thyroid stimulating hormone) या थायरोट्रोपिन (Thyrotropin-TSH) नियन्त्रित करता है। इस प्रेरक हॉर्मोन की अनुपस्थिति में थायरॉइड ग्रन्थि द्वारा स्त्रावण नहीं हो पाता है तथा ग्रन्थि च्हासित हो जाती है।

5.9 थायरॉक्सिन के कार्य (Functions of Thyroxine)

1. यह शरीर में ऑक्सीकृत चयापचय (Oxidative metabolism) की वृद्धि कर कोशिकाओं में ऊर्जा उत्पन्न (Energy production) एवं चयापचय की दर अथवा जीवन की गति (Tempo of life) को बढ़ाता है।
2. यह नाइट्रोजन उत्सर्जन एवं मूत्र की मात्रा में वृद्धि करता है।
3. यह कोशिकाओं में ऑक्सीजन तथा ग्लूकोज की खपत दर या अवशोषण को प्रेरित करता है। यह ग्लूकोज नवजनन या ग्लूकोनियोजेनेसिस (Gluconeogenesis) में सहायक होता है।
4. यह हॉर्मोन प्रोटीन चयापचय, लिपिड चयापचय एवं कैल्शियम और फॉस्फोरस चयापचय को भी प्रभावित करता है। थायरॉक्सिन हॉर्मोन आँतों से मोनोसैकेराइड्स के अवशोषण को उत्प्रेरित करता है। यह ग्लाइकोजिनोलिसिस (Glycogenolysis) को उत्प्रेरित कर हाइपरग्लायसीमिया (Hyperglycemia) को उत्प्रेरित करता है। यह शर्करा की सहनशीलता को कम करता है। यह ऊतकों में ग्लूकोज के उपयोग को उत्प्रेरित कर

टिप्पणी

हायपरग्लायसेमिक प्रभाव को कम करता है। थायरॉक्सिन इन्सुलिन के विघटन में तीव्रता लाता है।

थायरॉक्सिन शरीर के सभी ऊतकों की वृद्धि करने में सहायता करता है। यह प्रभाव पीयूष ग्रन्थि के हॉर्मोन की अनुपस्थिति में देखा जाता है। अति तीव्र थायरॉइड ग्रन्थि की सक्रियता प्रोटीन के विघटन में वृद्धि करती है। अन्तः नाइट्रोजन के उत्सर्जन में वृद्धि होती है।

अल्पथायरॉइड (Hypothyroid) अवस्था में सीरम कोलेस्ट्रॉल एवं फॉस्फोलिपिड की वृद्धि होती है। अतिथायरॉइड सक्रियता (Hyperthyroid activity) में सीरम कोलेस्ट्रॉल की मात्रा कम हो जाती है।

5. यह हॉर्मोन हृदय-स्पन्दन को प्रभावित करता है। इसकी कमी से हृदय की संकुचन दर कम हो जाती है तथा हॉर्मोन की अधिकता से हृदय स्पन्दन दर में वृद्धि होती है। थायरॉइड ग्रन्थि के अतिस्त्रावण के कारण सिस्टोलिक रुधिर दाब (Systolic blood pressure) में बिना डायस्टोलिक रुधिर दाब (Diastolic blood pressure) को परिवर्तित कर वृद्धि होती है। इसी के साथ आघात आयतन (Stroke volume) में वृद्धि, हृदयी अनियमितता (Cardiac irritability) तथा परिधीय वाहिनियों (Peripheral vessels) के प्रसारण में वृद्धि होती है।

T₃ T₄ थायरॉइड हॉर्मोन केटेकोलामिन्स (Catecholamines) की ऊतकों के लिए संवेदनशीलता में वृद्धि होती है। अल्पथायरॉइड दशा (Hypothyroid condition) में हृदय फूल जाता है, शिथिल हो जाता है और संकुचन धीमी गति से होता है, परिणामस्वरूप हृदय से रक्त संवहन कम होता है।

6. **लाल कोशिका की परिपक्वता (Maturation of Red cells)**— थायरॉइड हॉर्मोन के कम स्त्रावण के कारण अर्थात् मिक्सोडेमा (Myxoedema) विसंगति में रक्त क्षीणता (Anaemia) एक लक्षण होता है। रक्त क्षीणता (Anaemia) मेगालोब्लास्टिक (Megaloblastic) प्रकार की होती है जोकि विटामिन B₁₂ के कम शोषण के कारण विसंगति होती है।
7. **ऊष्मा नियमन (Heat regulation)**— थायरॉइड हॉर्मोन के कम स्त्रावण के कारण मध्यम ठण्ड के लिए सहनशीलता में वृद्धि होती है। थायरॉक्सिन का ऊष्मीय प्रभाव (Calorigenic effect) कोशिकाओं पर प्रत्यक्ष प्रभाव के कारण होता है।
8. **दुग्ध का स्त्रावण (Secretion of Milk)**— थायरॉइड हॉर्मोन क्षीरोत्पादन/स्तनवर्धन (Galactopoiesis) को उत्प्रेरित करता है अर्थात् स्तनपान/दुग्ध स्त्रावण (Lactation) के समय यह दूध के स्त्रावण को नियन्त्रित बनाए रखता है और दूध की मात्रा में वृद्धि करता है।

9. **वृद्धि एवं विभेदन (Growth and differentiation)**— शरीर की वृद्धि के दोनों हॉर्मोन (Growth hormone) या सोमेटोट्रोपिक हॉर्मोन (Somatotrophic hormone) एवं थायरॉक्सिन (Thyroxine) प्रभावित करते हैं, लेकिन ऊतकों के विभेदन (Differentiation) को थायरॉइड हॉर्मोन प्रभावित करता है—
- (a) **कंकालीय वृद्धि (Skeleton growth)**— थायरॉक्सिन हॉर्मोन इपिफायसिस (Epiphysis) आदि की परिपक्वता एवं विभेदन में सहायता करता है। परिपक्वता या यौवनावस्था के पूर्व अल्प-स्त्रावण से कंकालीय वृद्धि (Cretinism) में (Puberty) कमी हो जाती है।
- (b) **पेशीय वृद्धि (Muscular growth)**— थायरॉक्सिन के अल्प-स्त्रावण के समय (जड़मानवता-Cretinism) पेशी वृद्धि में कमी होती है। अति-स्त्रावण (Hypersecretion) के समय पेशी संकुचन शिथिल हो जाता है।
- (c) **लैंगिक वृद्धि (Sexual growth)**— थायरॉइड, जनदों (Gonads) के सामान्य कार्यों को नियन्त्रित करता है। जड़मानवता (Cretinism) में जनदों की वृद्धि और द्वितीयक लैंगिक लक्षण कभी विकसित नहीं होते हैं।
- (d) **मानसिक/मस्तिष्कीय वृद्धि (Mental growth)**— थायरॉइड मासिक/मस्तिष्कीय वृद्धि एवं केन्द्रीय तन्त्रिका तन्त्र (Central nervous system) में आवश्यक भूमिका अदा करती है। अल्प सक्रियता के समय मस्तिष्कीय वृद्धि एवं तन्त्रिका तन्त्र का विकास कम होता है। शिशु मानसिक रूप से विक्षिप्त होता है। प्रमस्तिष्कीय कॉर्टेक्स के विकास में अनेक अनियमितताएँ होती हैं।
10. **विटामिन्स से सम्बन्ध (Relation with vitamins)**— हार्मोन थायरॉक्सिन β -केरोटीन को शरीर में विटामिन A में परिवर्तित करता है। थायरॉक्सिन के कम स्त्रावण से रक्त में केरोटीन का स्तर बढ़ता है। थायरॉक्सिन के अति-स्त्रावण में थायमीन (Thiamine) एवं मूत्र का उत्सर्जन बढ़ जाता है। विटामिन C की आवश्यकता अधिक होती है क्योंकि मूत्र में विटामिन C का स्तर सामान्य से कम होता है।
11. यह हॉर्मोन एन्जाइम, प्रोटीन एवं ग्लूकोस के संश्लेषण की वृद्धि करता है।
12. यह कायान्तरण के लिए आवश्यक है अर्थात् कायान्तरण (Metamorphosis) की दर को बढ़ाता है। यदि भेक्शिषु (Tadpole) युक्त जल में थोड़ा थायरॉइड हॉर्मोन या आयोडीन मिला दी जाए तब भेक्शिषु में कायान्तरण तीव्र गति से होता है।
13. यह हॉर्मोन, ऊर्जा उत्पादन (Energy production), O_2 ग्रहण करने की क्षमता (Oxygen uptake) एवं आधारी चयापचय दर (BMR – Basal Metabolic Rate) की वृद्धि करता है। अति-स्त्रावण (Hypersecretion) अवस्था में आधारी चयापचय दर में 50% या अधिक की वृद्धि होती है।

टिप्पणी

मिक्सोडेमा (Myxoedema) विसंगति में 30% BMR की कमी से O₂ ग्रहण करने की क्षमता, CO₂ को बाहर निकालने की क्षमता कम हो जाती है।

थायरॉक्सिन माइटोकॉण्ड्रियल आवरण की पारगम्यता (Permeability) को परिवर्तित कर देता है। थायरॉक्सिन हॉर्मोन कुछ एन्जाइम्स जैसे— कि सायटोक्रोम ऑक्सीडेज (Cytochrome oxidase), सक्सिनिक डीहाइड्रोजेनेस (Succinic dehydrogenase) की वृद्धि करती है।

14. यह तन्त्रिका तन्त्र (Nervous system) को प्रभावित करता है। इस हॉर्मोन की अधिक सक्रियता के कारण मस्तिष्क (Brain) की उत्तेजनशीलता बढ़ जाती है तथा कमी के कारण तन्त्रिका तन्त्र के कार्यों में शिथिलता आ जाती है।
15. इस हॉर्मोन की कमी के कारण प्राणी बौना रह जाता है। टाँगे (Legs) मुड़ी, हुई, बाल (Hairs) कड़े, त्वचा मोटी, उदर (Abdomen) बाहर निकला हुआ तथा लैंगिक अंग अविकसित होते हैं।

5.9.1 थायरॉइड की अनियमितताएँ एवं रोग (Irregularities and Disease of Thyroid)

1. अल्प-स्त्रावण (Hypo-secretion)— यह एक आनुवंशिक दोष है। शरीर में इस हॉर्मोन की कमी के कारण निम्नलिखित रोग हो जाते हैं—

- (a) सामान्य घेंघा या गलगण्ड/गॉयटर (Simple goitre)— इस रोग में आयोडीन की कमी के कारण थायरॉइड ग्रन्थि फूल कर मोटी कॉलर की भाँति हो जाती है। कभी-कभी यह रोग किसी क्षेत्र विशेष में अधिकांश क्षेत्र में फैल जाता है। इस समय इसे एण्डेमिक गॉयटर (Endemic goitre) तथा उस क्षेत्र को घेंघा पट्टी (Goitre belt) कहते हैं।
- (b) जड़मानवता (Cretinism)— यह रोग बच्चों में थायरॉइड हॉर्मोन के अल्प-स्त्रावण के कारण होता है। इस रोग के प्रमुख लक्षण हैं—
 - (i) हृदय स्पन्दन दर, चयापचय की दर में कमी होना।
 - (ii) शरीर की वृद्धि का रुक जाना, अस्थियाँ अनियमित आकार की होना जिससे बच्चे बौने (Dwarf) हो जाते हैं।
 - (iii) सिर (Head) अनुपात से अधिक बड़ा होना तथा त्वचा सूखी होती है।
 - (iv) मानसिक रूप से बच्चा शिथिल होता है, मुँह अक्सर खुला रहता है।
 - (v) उदर बढ़ा हुआ, जनन अंगों, जनन ग्रन्थियों व लैंगिक जनन लक्षणों का कम विकसित होना।
- (c) जुवेनाइल मिक्सोडेमा (Juvenile myxoedema)— नामक रोग होता है। मुँह अक्सर खुला रहा है, आँख मोटी एवं बाहर की ओर निकली होती हैं।
- (d) मिक्सोडेमा (Myxoedema)— वयस्क प्राणियों में थायरॉइड के अल्प-स्त्रावण के कारण यह रोग होता है। इसमें जड़मानवता के दोषों के समान

लक्षणों के अतिरिक्त त्वचा के नीचे श्लेष्मा (Mucus) तथा वसा के एकत्र हो जाने से शरीर दुर्बल एवं सुस्त हो जाता है। बाल झड़ने लगते हैं, पेशियाँ (Muscles) कमजोर पड़ जाती हैं। जनन क्षमता कम हो जाती है। मस्तिष्क अविकसित, मोटापा (Obesity) पाया जाता है। त्वचा खुरदरी, चयापचय गति का कम होना आदि लक्षण पाए जाते हैं। हृदयी संवहनीय (Cardio-vascular) सक्रियता कम हो जाती है। भूख कम हो जाती है। मासिक चक्र (Menstruation), रजोनिवृत्ति, नपुंसकता (Impotency) एवं लैंगिक कार्य करने की क्षमता समाप्त हो जाती है।

थायराइड हॉर्मोन के इन्जेक्शन के द्वारा उपयुक्त सभी प्रकार की विसंगतियों का उपचार होता है।

2. अति-स्त्रावण (Hyper-secretion)— इस हॉर्मोन के अति-स्त्रावण से मनुष्य में हृदय स्पन्दन दर, ऑक्सीजन खपत, ग्लूकोस का अवशोषण तथा ऊष्मा के अधिक बनने से शरीर में अनावश्यक उत्तेजना, उच्च रुधिर दाब, घबराहट, अधिक पसीने का स्त्रावण आदि लक्षण उत्पन्न हो जाते हैं।

अति-स्त्रावण के कारण प्रायःग्रन्थि भी फूल जाती है तथा इसमें नेत्र गोलक उभर आते हैं, आँखे चौड़ी हो जाती हैं। इस रोग को नेत्रोत्सेंधी गलगण्ड/एक्सोथैल्मिक गॉयटर (Exophthalmic goitre) कहते हैं। मनुष्य में इस रोग को ग्रेव का रोग (Grave's disease) या बेसडोव का रोग (Basedow's disease) कहते हैं।

इस रोग में आस्टिओपोरोसिस (Osteoporosis) के कारण अस्थियाँ (Bones) भी मुलायम हो जाती हैं।

चयापचय दर की वृद्धि होने के कारण तन्त्रिका कोशिकाएँ अधिक क्रियाशील एवं संवेदनशील हो जाती है, इस कारण मनुष्य का स्वभाव चिड़चिड़ा हो जाता है। इसीलिए इस ग्रन्थि को स्वभाव ग्रन्थि (Temperament gland) भी कहते हैं। भूख ज्यादा लगती है तथा मनुष्य का भार बढ़ जाता है।

थायरॉक्सिन हॉर्मोन के अतिरिक्त इस ग्रन्थि के द्वारा एक और हॉर्मोन स्त्रावित किया जाता है जिसको थायरोकेल्सिटोनिन (Thyrocalcitonin-TCT) कहते हैं।

कोप (Copp-1961) ने सर्वप्रथम इस हॉर्मोन की उपस्थिति पैराथायराइड (Parathyroid) ग्रन्थि में दर्शायी जोकि रक्त में कैल्शियम के स्तर को कम करता है। कोप ने इसका नाम कैल्सिटोनिन (Calcitonin) रखा। लेकिन बाद के अन्वेषणों से ज्ञात हुआ कि यह हॉर्मोन थायरॉइड ग्रन्थि (Thyroid gland) के द्वारा ही स्त्रावित किया जात है न कि पैराथायरॉइड ग्रन्थि के द्वारा। वर्तमान में इस हॉर्मोन को थायरोकेल्सिटोनिन (Thyrocalcitonin) कहते हैं।

इस ग्रन्थि का नियन्त्रण पीयूष ग्रन्थि में बनने वाला हॉर्मोन थायरॉइड उत्प्रेरक हॉर्मोन (Thyroid stimulating hormone) करता है। इसके अतिरिक्त इसका पुनर्निवेशन नियन्त्रण भी होता है। ठण्ड के दिनों में ठण्ड से प्रभावित होकर भी यह ग्रन्थि अधिक स्त्रावण करती है।

यह हॉर्मोन चयापचय (Metabolism) एवं फॉस्फेट के संवहन को प्रभावित करता है। थायरोकेल्सिटोनिन (Thyrocalcitonin) अस्थि (Bone) में चक्रिक AMP (Cyclic AMP) की वृद्धि करता है। पुरुषों में थायरॉइड हॉर्मोन की कमी के कारण कामवासना (Libido) की कमी हो जाती है और अति-स्त्रावण (Hyper-secretion) के परिणामस्वरूप नपुंसकता विकसित हो जाती है। इसी प्रकार स्त्रियों (Female) में थायरॉइड हॉर्मोन की कमी के कारण कामवासना की कमी हो जाती है और मासिक चक्र में अधिक रक्त स्त्राव होता है। अति-स्त्रावण के कारण रक्त स्त्राव में कमी एवं रजोनिवृत्ति होती है।

यह हॉर्मोन प्रोटीन पॉलीपेप्टाइड (Polypeptide) होता है। यह स्ट्रोमा की C कोशिकाओं अथवा पैरापुटिका कोशिकाओं (Para follicular cells) द्वारा स्त्रावित होता है। इस हॉर्मोन में 32 अमीनो अम्ल (Amino acids) होते हैं। इसका अणुभार 3,600 होता है। यह हॉर्मोन रक्त में कैल्शियम (Calcium) तथा फॉस्फेट (Phosphate) स्तरों को बनाए रखने में सहायक होता है तथा रक्त एवं मूत्र में Ca की मात्रा को नियन्त्रित करता है। अस्थियों के विघटन को कम करके मूत्र में Ca^{++} के उत्सर्जन को बढ़ाता है।

थायरॉइड हॉर्मोन के स्त्रावण का नियमन (Regulation of Secretion of Thyroid Hormone)

पिट्यूटरी ग्रन्थि (Pituitary gland) की अग्र पालियाँ एडिनोहायपोफायसिस (Adenohypophysis) के द्वारा स्त्रावित थायरॉइड उत्प्रेरक हॉर्मोन के द्वारा थायरॉक्सिन (Thyroxine) हॉर्मोन का संश्लेषण एवं मुक्त होने को नियन्त्रित किया जाता है। थायरॉइड उत्प्रेरक हॉर्मोन की अनुपस्थिति में थायरॉइड ग्रन्थि द्वारा हॉर्मोन का स्त्रावण नहीं किया जाता और थायरॉइड ग्रन्थि का अपक्षय होने लगता है।

मस्तिष्क के हायपोथैलेमस भाग द्वारा थायरॉइड उत्प्रेरक हॉर्मोन को नियन्त्रित करता है तथा एडिनोहायपोफायसिस (Adenohypophysis) को भी नियन्त्रित करता है। इस प्रकार थायरॉइड ग्रन्थि द्वारा स्त्रावित थायरॉक्सिन हॉर्मोन को भी हायपोथैलेमस के द्वारा अप्रत्यक्ष रूप से नियन्त्रित किया जाता है।

एडिनोहायपोफायसिस के द्वारा जो थायरॉइड उत्प्रेरक हॉर्मोन स्त्रावित किया जाता है, यह हॉर्मोन थायरॉइड ग्रन्थि की पुटिकाओं (Follicles) एवं उसकी कोशिकाओं को उद्दीपित करता है, इसके कारण थायरॉक्सिन हॉर्मोन का स्त्रावण रक्त में होता है। जैसे ही रक्त में थायरॉक्सिन हॉर्मोन का सामान्य स्तर हो जाता है वैसे ही ऋणात्मक पुनर्निवेशन (Negative feedback) विधि के द्वारा थायरॉइड उत्प्रेरक हॉर्मोन का स्त्रावण रुक जाता है।

अपनी प्रगति जाँचिए (Check Your Progress)

5. वयस्क मनुष्यों में थायरॉइड के अल्प-स्त्रावण से _____ विसंगति होगी।

(क) मिक्सोडेमा	(ख) क्रिटिनिज्म
(ग) नेत्रोत्सेधी गलगंड	(घ) ग्रेव का रोग
6. घेंघा रोग _____ के कारण होता है।

(क) बुखार	(ख) बुरे गले
(ग) ठण्ड एवं खाँसी	(घ) आयोडीन की कमी
7. घेंघा/गॉयटर एक रोगजनक दशा होती है जो सम्बन्धित होती है _____।

(क) ग्लूकोगोन	(ख) थायरॉक्सिन
(ग) टेस्टोस्टेरोन	(घ) इन्सुलिन
8. थायरॉक्सिन का उत्पादन _____ के द्वारा होता है।

(क) टायरोसिन के आयोडीनीकरण से	(ख) आइसोलूसाइन के आयोडीनीकरण से
(ग) सैरिन की क्लोरीनेशन से	(घ) अमीनो अम्ल फॉस्फोरिलेशन से
9. थायरॉइड एक _____ है।

(क) उपास्थि	(ख) अन्तःस्त्रावी ग्रन्थि
(ग) बहिःस्त्रावी ग्रन्थि	(घ) पाचक ग्रन्थि

टिप्पणी

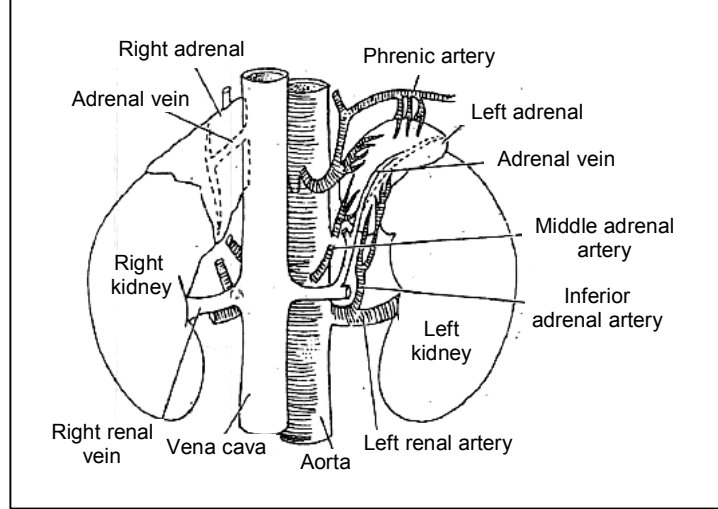
5.10 एड्रीनल ग्रन्थि की संरचना एवं कार्य (Structure and Functions of Adrenal Gland)

5.10.1 एड्रीनल ग्रन्थि की संरचना (Structure of Adrenal Gland)

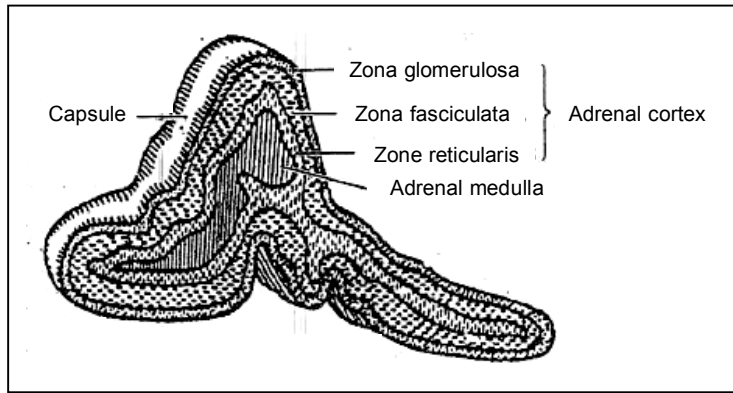
अधिवृक्क या एड्रीनल ग्रन्थि प्रत्येक वृक्क के अग्र सिरे पर एक भूरे रंग की छोटी टोपी के समान त्रिकोणीय आकार की चपटी संरचना लगी रहती है। एड्रीनल ग्रन्थि की संख्या दो, लगभग त्रिभुजाकार होती है और प्रत्येक किडनी ऊपरी ध्रुव (Pole) पर स्थित होती है, इसी कारण इस ग्रन्थि को अधिवृक्क/सुप्रारीनल (Suprarenal) ग्रन्थि कहते हैं। दायी (Right) ओर की ग्रन्थि बाँकी टोपी/कॉकड हैट (Cocked hat) के रूप में छोटी ग्रन्थि होती है। बायीं (Left) ओर की ग्रन्थि कुछ

टिप्पणी

अर्धचन्द्राकार/क्रेसेन्टिक (Crescentic) रूप में तथा बड़ी होती है। इस ग्रन्थि के चारों ओर संयोजी ऊतक से बना सम्पुट या कैप्सूल (Capsule) होता है। संयोजी ऊतक का यह सम्पुट (Capsule) ग्रन्थि को वृक्क से पृथक् करता है। ग्रन्थि का आकार, रूप एवं वास्तविक या सही स्थिति विभिन्न जातियों में भिन्न होती है। इस ग्रन्थि का इयूसटेशियस (Eustachius) ने 1563 में सर्वप्रथम वर्णन किया था।



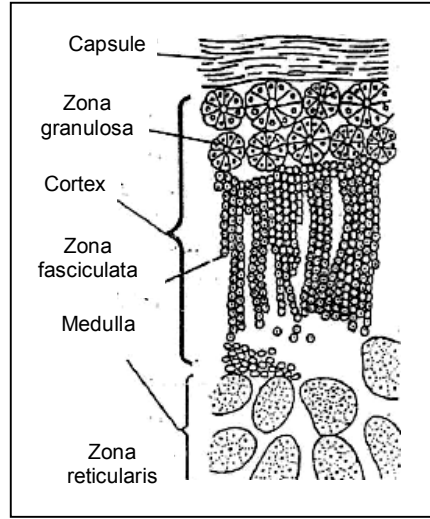
चित्र क्र. 5.8: Human Adrenal Gland



चित्र क्र. 5.9: Section of Adrenal Gland

कुवियर (Cuvier) ने 1805 में इस ग्रन्थि के दो भागों को दर्शाया था, ऊपरी भाग को बल्कुट/कार्टेक्स (Cortex) एवं आन्तरिक भाग को मेड्यूला (Medulla)। ग्रन्थि (Gland) दो भ्रूणीय स्रोतों (Embryonic sources) से विकसित हुई है। कार्टेक्स (Cortex) का भाग मीसोडर्म (Mesoderm) से जबकि मेड्यूला, एक्टोडर्म न्यूरल क्रेस्ट (Neural crest) से उत्पन्न हुआ है। मेड्यूला का भाग उन्हीं ऊतकों से विकसित हुआ है जिनसे अनुकम्पीय गुच्छिकाएँ (Sympathetic ganglions) उत्पन्न/विकसित हुए हैं। आदिम मेड्यूलरी ऊतक सर्वप्रथम पश्च गुच्छिकाओं मूल (Post ganglion root) के पास स्थित थे, लेकिन बाद में पार्श्व भाग में प्रवास कर गए, जहाँ कार्टिकल ऊतक (Cortical tissue) मेड्यूला पर आवरित हो जाते हैं।

मेड्यूला के भाग का प्रवास भ्रूणीय जीवन के चौथे सप्ताह से प्रारम्भ हो जाता है, और जन्म के दस वर्ष पश्चात् पूर्ण होता है। वयस्क मनुष्य में प्रत्येक ग्रन्थि सामान्य रूप से 50 मिमी × 30-40 मिमी × 10 mm होती है। इस ग्रन्थि का औसतन भार 5.9 ग्राम होता है। इस ग्रन्थि का मेड्यूला भाग कुल भार का 1/10 भाग होता है। प्रत्येक ग्रन्थि के स्पष्ट दो भाग होते हैं। यह दोनों भाग संरचनात्मक (Structural), क्रियात्मक (Functional) एवं भौतिक (Physical) दृष्टि से भिन्न होते हैं।



चित्र क्र. 5.10: Endocrine Gland: Structure of Adrenal Gland

एड्रीनल ग्रन्थि (Adrenal gland) शरीर का सबसे अधिक संवहनीय अंग (Vascular organ) होता है। इस ग्रन्थि में 6-7 ml रक्त प्रतिग्राम भार, प्रति मिनट की दर से प्रदाय होता है। रक्त वाहिनीयों ग्रन्थि में सतह पर से प्रवेश करती हैं और कॉर्टेक्स (Cortex) में अत्यधिक संवहनीय जालक (Vascular plexus) को बनाता है। इन रक्त जालक (Plexus) से रक्त मेड्यूला की विवरिका (Sinusoids) में प्रवेश करता है। यह जालक बाद में शिरा में मिल जाते हैं जो कि ग्रन्थि के हाइलस (Hilus) भाग से बाहर निकलता है। रक्त सर्वप्रथम कॉर्टेक्स में जाता है फिर मेड्यूला में। ग्रन्थि में दीर्घ स्पलेन्चनिक तन्त्रिकाएँ (Greater splanchnic nerves) एवं इनकी शाखाएँ सर्वप्रथम कॉर्टेक्स (Cortex) में प्रवेश करती हैं। फिर मेड्यूला में समाप्त हो जाती हैं। यह तन्त्रिकाएँ केवल मेड्यूला (Medulla) को नियन्त्रित करती हैं, इनकी कोई भी अभिक्रिया कॉर्टेक्स में नहीं पायी जाती।

एड्रीनल ग्रन्थि (Adrenal gland) के दो भाग निम्नलिखित हैं—

1. एड्रीनल बल्कुट या कॉर्टेक्स (Adrenal Cortex)
2. एड्रीनल मध्यांश या मेड्यूला (Adrenal medulla)

5.10.2 एड्रीनल कॉर्टेक्स की संरचना (Structure of Adrenal Cortex)

टिप्पणी

एड्रीनल बल्कुट/कॉर्टेक्स (Adrenal Cortex)

यह मीजोडर्म से बनने वाला एड्रीनल ग्रन्थि का बाहरी भाग और ग्रन्थि के 90% भाग को बनाता है। यह भाग जीवन के लिए अधिक आवश्यक होता है। इस भाग में बड़े, चपटे, अधिक इपीथीलियल कोशिकाएँ (Epithelial cells) होते हैं और तीन क्षेत्रों में व्यवस्थित होते हैं। कोशिकाएँ दो रज्जुओं (Cords) में व्यवस्थित होती हैं और सम्पुट (Capsule) से मेड्यूलर भाग तक स्थित होते हैं। प्रत्येक कोशिका में सुस्पष्ट केन्द्रक, प्रारूपी माइटोकॉण्ड्रिया (Mitochondria), गॉल्जी उपकरण (Golgi apparatus) एवं अनेक लिपिड कणिकाएँ कोशिकाद्रव्य (Cytoplasm) में होती हैं। एड्रीनल कॉर्टेक्स (Adrenal cortex) एक सम्पुट (Capsule) से आवरित (Enclosed) होता है, जिससे अनेक ट्रैबिकुली (Trabeculae) ग्रन्थि के अन्दर पहुँचती है, जिसमें रक्त वाहिनियाँ (Blood vessels) एवं तन्त्रिकाएँ (Nerves) होती हैं। इसकी अनुप्रस्थ काट में कॉर्टेक्स में तीन क्षेत्र होते हैं—

(i) **प्रथम बाहरी भाग गुच्छ स्तर या जोना ग्लोमेरुलोसा (Zona glomerulosa)**— यह भाग बाहरी आवरण/कैप्सूल के नीचे होता है। इसमें स्तम्भी कोशिकाओं (Columnar cells) के गुच्छे होते हैं। कोशिकाएँ छोटी जिनका लम्बा अक्ष (Axis) सतह का समानान्तर होता है। जोना ग्लोमेरुलोसा के द्वारा एल्डोस्टीरोन (Aldosterone) हॉर्मोन और कम मात्रा में ग्लूकोर्कोर्टिकॉइड (Glucocorticoid) एवं लैंगिक हॉर्मोन (Sex hormones) स्त्रावित होते हैं।

(ii) **दूसरा मध्य भाग/पुलीय स्तर या जोना फेसिक्यूलेटा (Zona fasciculata)**— इस भाग में बहु स्तरीय स्तम्भी (Polyhedral columnar) कोशिकाएँ होती हैं। इस भाग की कोशिकाएँ बड़ी होती हैं, इन कोशिकाओं में वर्णक कणिकाएँ (Pigment granules), इन कणिकाओं पर कॉर्टेक्स (Cortex) का भूरा-पीला रंग आधारित होता है। इस क्षेत्र की कोशिकाएँ विकर्णित स्तम्भ में सतह के समानान्तर रूप से स्थित होती हैं। इन कोशिकाओं में लिपिड बूँदे (लाइपोसोम्स— Liposome) भी पायी जाती हैं।

जोना फेसिक्यूलेटा (Zona fasciculata) की कोशिकाओं का केन्द्रक (Nucleus) जोना ग्लोमेरुलोसा (Zona glomerulosa) की अपेक्षा बड़ा एवं सघन (Dense) होता है। जोना ग्लोमेरुलोसा की कोशिकाएँ इतनी अधिक विकसित होती हैं कि इनको स्पॉन्जियोसाइट्स (Spongiocytes) भी कहते हैं। कोशिकाओं में कॉलेस्ट्रॉल (Cholesterol) एवं विटामिन C अधिक मात्रा में पाया जाता है। कोशिकाओं में माइटोकॉण्ड्रिया (Mitochondria) अधिक होते हैं और यह माइटोकॉण्ड्रिया भिन्न होते हैं, इनमें अनुप्रस्थ चपटे कपाटों (Shelves) की अपेक्षा विलाई (Villi) पायी जाती है। इस स्तर के द्वारा ग्लूकोर्कोर्टिकॉइड्स (Glucocorticoids) स्त्रावित किया जाता है। दोनों क्षेत्रों—जोना ग्लोमेरुलोसा एवं फेसिक्यूलेटा में अधिक संख्या में

चिकने एण्डोप्लाज्मिक रेटिकुलम (Endoplasmic reticulum) पाए जाते हैं जो कि स्टीराइड हॉर्मोन्स के संश्लेषण से सम्बन्धित होते हैं।

- (iii) अन्तिम भाग जालिका स्तर या जोना रेटिक्यूलैरिस (**Zona reticularis**)— यह भाग कोशिकाओं के जाल या रज्जु कॉर्ड (Cord) का बना होता है। इस क्षेत्र की कोशिकाओं में लिपिड की बूँदे होती हैं। जालक के जाल में रेटिकुलोएण्डोथीलियल कोशिकाओं (Reticulo-endothelial cells) का अस्तर सहित विवरिका (Sinusoids) होते हैं। इस सम्पूर्ण भाग की कोशिकाएँ स्त्रावी होती हैं और 40 से 45 हॉर्मोन्स का स्त्रावण करती हैं जिनको कॉर्टिकॉइड या कॉर्टिन या कॉर्टिकोस्टीरॉइड्स (Corticoid or cortin or corticosteroids) कहते हैं। यह सभी हॉर्मोन्स रासायनिक दृष्टि से स्टीरॉयड (Steroids) होते हैं।

टिप्पणी

5.11 एड्रीनल ग्रन्थि की इलेक्ट्रॉन सूक्ष्मदर्शीय संरचना (Electron Microscopic Structure of Adrenal Gland)

फेवसेट एवं अन्य (Fawcett *et. al.*) ने 1969 में दर्शाया कि एड्रीनल कॉर्टेक्स की कोशिकाओं में चिकने एण्डोप्लाज्मिक रेटिकुलम (Smooth endoplasmic reticulum) पाए जाते हैं। यह रेटिकुलम स्टीरॉइड हॉर्मोन्स के संश्लेषण में सहायक होते हैं।

कॉर्टेक्स के हॉर्मोन को चार समूहों में विभाजित करते हैं—

- (a) मिनरेलोकॉर्टिकॉइड्स (Mineralocorticoids)—

उदाहरण—

- ऐल्डोस्टीरोन (Aldosterone)
- डीऑक्सीकॉर्टिकॉइड (Deoxycorticoid)

- (b) ग्लूकोकॉर्टिकॉइड्स (Glucocorticoids)

उदाहरण—

- कॉर्टिसोल (Cortisol)
- कॉर्टिकोस्टीरोन (Corticosterone)

- (c) कॉर्टिसोन (Cortisone)

- (d) गोनैडोकॉर्टिकॉइड (Gonadocorticoid)

उदाहरण—

- ऐस्ट्रोजन (Estrogen)
- ऐण्ड्रोजन (Androgen)
- प्रोजेस्टेरोन (Progesterone)
- डिहाइड्रोएपिएण्ड्रोस्टेरोन (Dehydroepiandrosterone)

- (a) **मिनरेलोकॉर्टिकॉइड्स (Mineralocorticoids)**— यह हॉर्मोन रक्त में खनिज लवणों की मात्रा को नियन्त्रित करते हैं। ऐल्डोस्टीरोन एक प्रमुख लवण प्रतिधारक (Salt retaining) हॉर्मोन होता है। यह ECF में जल, Na^+ , K^+ , Cl^- आयनों की उपयुक्त मात्रा बनाए रखता है। यह वृक्कों/किडनी में Na^+ एवं Cl^- आयनों के पुनः अवशोषण तथा K^+ आयन के उत्सर्जन की वृद्धि कर रक्त में परासरणीय दाब बनाए रखता है।
- (b) **ग्लूकोकॉर्टिकॉइड्स (Glucocorticoids)**— मनुष्य में कम, लेकिन स्तनी प्राणियों में अधिक महत्वपूर्ण है। यह निम्नलिखित कार्यों को करता है—
- शरीर की सामान्य सुरक्षा एवं साधारण गतिविधियों से सम्बन्धित अंगों तथा ऊतकों की कॉर्टिसोल कोशिकाओं (Cortisole cell) में ग्लूकोज की खपत एवं प्रोटीन संश्लेषण को बंद करते हैं। इससे रक्त में ग्लूकोस, अमीनों अम्ल तथा वसीय अम्लों की मात्रा में वृद्धि होती है।
 - यकृत में यह प्रोटीन को ग्लाइकोजेनेसिस (Glycogenesis) या ग्लूकोनियोजेनेसिस (Gluconeogenesis) आदि क्रियाओं को उत्प्रेरित करता है तथा यूरिया (Urea) के संश्लेषण में वृद्धि करता है।
 - ग्लूकोकॉर्टिकॉइड्स WBC की संख्या में वृद्धि करते हैं।
 - शरीर में इलेक्ट्रोलाइट्स (Electrolytes) के वितरण तथा जल एवं लवणों के सन्तुलन का भी नियन्त्रण करते हैं।
- (c) **कॉर्टिसोन (Cortisone)**— शरीर में प्रोटीन के चयापचय को प्रभावित करता है।
- (d) **गोनेडोकॉर्टिकॉइड्स (Gonadocorticoids)**— पुरुषों में ऐण्ड्रोजेन्स (Androgens) नामक हॉर्मोन एवं स्त्रियों में ऐस्ट्रोजेन्स (Estrogens) नामक हॉर्मोन का स्त्रावण करता है। नर में पेशियों तथा मादा में जननांगों के विकास को प्रेरित करते हैं।

जब शिशु अवस्था में इस हॉर्मोन का स्त्राव बढ़ जाता है तब यह शिशु कम उम्र में ही जनन की दृष्टि से परिपक्व (Mature) हो जाते हैं। यदि पुरुषों या नर प्राणियों में मादा हॉर्मोन अधिक बनते हैं तब उनमें मादा के लक्षण दिखाई देने लगते हैं। इसके विपरीत यदि मादा/स्त्रियों में नर हॉर्मोन अधिक मात्रा में बनता है तब मादा में नर लक्षण— दाढ़ी मूँछ आना, मजबूत पेशी, शरीर पर अधिक बाल आदि दिखाई देते हैं। हार्मोन की कमी के कारण व्यक्ति जनन की दृष्टि से देर से परिपक्व होता है—

1. एड्रीनल कॉर्टेक्स के अघोकार्य (Hypofunction of Adrenal Cortex)— एड्रीनल कॉर्टेक्स के द्वारा अल्प स्त्रावण के कारण निम्नलिखित विसंगतियाँ पायी जाती हैं—

(a) एडीसन रोग (Addison's disease)–

- (i) इसमें शरीर का निर्जलीकरण (Dehydration) हो जाता है।
- (ii) शरीर का वजन कम हो जाता है।
- (iii) भूख कम, उल्टी, मितली एवं घबराहट होने लगती है।
- (iv) पेशियाँ, यकृत एवं मस्तिष्क आदि कमजोर पड़ जाते हैं।
- (v) हृदय स्पन्दन दर कम हो जाती है, रक्त दाब घट जाता है।
- (vi) शर्करा की कमी के कारण चयापचयी दर में BMR की कमी हो जाती है।
- (vii) त्वचा, हाथ, गर्दन, चेहरे आदि में मिलेनिन वर्णक (Melanin pigments) के कारण चमकीला ब्राउन्जिंग रंग/ताँबा समान रंग (Brownzing colour) हो जाता है।

(b) हाइपोग्लाइसेमिया (Hypoglycemia)– रक्त में शर्करा की मात्रा कम हो जाती है, इससे हृदय की पेशियाँ शिथिल हो जाती हैं।

एड्रिनल कॉर्टेक्स के हॉर्मोन्स को जीवन रक्षक हॉर्मोन भी कहा जाता है।

(c) यह हॉर्मोन प्रतिशोयज यौगिक (Anti-inflammatory compounds)– का कार्य भी करते हैं, जो कि सूजन (Inflammation) में भाग लेने वाली कोशिकाओं व उनके स्त्रावण का दमन करते हैं।**2. एड्रिनल कॉर्टेक्स के अति कार्य (Hyperfunction of Adrenal Cortex)–** अति-स्त्रावण से निम्नलिखित रोग हो जाते हैं–

- (a) **ऐडिमा रोग (Edema disease)–** बाह्य कोशिकीय पदार्थ (ECF) में जल एवं सोडियम की मात्रा में वृद्धि होती है, जिससे रक्त दाब में वृद्धि हो जाती है। शरीर की त्वचा अनेक स्थानों पर फूल जाती है।
- (b) **लकवा (Paralysis)–** शरीर में पोटेशियम आयन की कमी के कारण शरीर की पेशियों एवं तन्त्रिकाओं में अनियमितताएँ हो जाती हैं जिससे पेशी तन्तु टूट जाते हैं और लकवा रोग हो जाता है।
- (c) **हाइपरग्लाइसीमिया (Hyperglycemia)–** रक्त में शर्करा की मात्रा अत्यधिक हो जाती है जिससे मधुमेह बीमारी हो जाती है।
- (d) यकृत में ग्लाइकोजन अधिक मात्रा में संग्रहीत होता है।
- (e) प्रोटीन का कैटाबोलिज्म बढ़ जाता है।
- (f) त्वचा एवं अस्थियों में विसंगतियाँ उत्पन्न हो जाती हैं।
- (g) उच्च रक्त दाब/हाइपर टेन्शन (Hyper tension) होता है।

उपर्युक्त सभी रोगों के लक्षणों को संयुक्त रूप से कुशिंग रोग (Cushing disease) कहते हैं।

टिप्पणी

(h) कभी-कभी इस हॉर्मोन के अधिक स्त्रावण के कारण—

(i) बच्चियों में वर्नीलिज्म (Virnilism) नामक विसंगति पायी जाती है, जिससे बच्चियों (Girls) में लड़कों के लक्षण विकसित हो जाते हैं।

उदाहरण— मोटी आवाज, दाढ़ी-मूँछ का विकसित होना, शरीर पर अधिक बाल, शक्तिशाली पेशियाँ।

(ii) बच्चों (Boys) में लैंगिक परिपक्वता (Sexual maturity) अतिशीघ्र हो जाती है। पेशियाँ वयस्क (Adult) प्राणियों के समान शक्तिशाली और बलिष्ठ हो जाती हैं। ऐसे बच्चों को मिनी हर्कुलिस (Mini Hercules) कहते हैं।

3. हायपर एल्डोस्टेरोनिज्म (Hyper aldosteronism)— यह प्रारम्भिक या द्वितीयक (Secondary) होता है। एल्डोस्टेरोन के अधिक उत्पादन का प्रमुख कारण एड्रिनल कॉर्टेक्स के जोना ग्लोमेरुलोसा (Zona glomerulosa) में ट्यूमर के उत्पन्न होने के कारण होता है। इसको कोन्स रोग (Conn's disease) कहते हैं। इस विसंगति में हायपरटेन्शन/अतितनाव (Hypertension), पेशीय शिथिलता (Weakness), सोडियम को संचित करना, अल्केलोसिस/क्षारोपचय (Alkalosis) आदि लक्षण पाए जाते हैं। एडेमा (Oedema) नहीं पाया जाता है। अधिक समय तक पोटेशियम का अपक्षय (Depletion) किडनी की क्षति करता है। इससे बहुमूत्रता (Polyuria) पायी जाती है। पोटेशियम अपक्षय के कारण पेशियों की कमजोरी; चयापचयिक क्षारोपचय (Metabolic alkalosis) के कारण कैल्शियम आयन के स्तर में कमी के कारण टिटनी (Tetany) रोग होता है। द्वितीयक हायपर एल्डोस्टेरोनिज्म (Secondary hyper aldosteronism) के कारण हृदयी अवरोध (Cardiac failure), यकृत में सिर्रहोसिस (Cirrhosis) विसंगतियाँ आदि होती हैं।

4. एड्रीनोजेनाइटल सिन्ड्रोम (Adrenogenital Syndrome)— इसका प्रमुख लक्षण है एड्रिनल एन्ड्रोजेन्स (Adrenal androgens) का अत्यधिक उत्पादन जिसके कारण एड्रिनल कॉर्टेक्स में ट्यूमर (Tumour) हो जाता है।

5.12 एड्रिनल मेडूला की संरचना एवं कार्य (Structure and Functions of Adrenal Medulla)

एड्रिनल मध्यांश/मेडूला (Adrenal Medulla) की संरचना सरल होती है। यह ग्रन्थि का आन्तरिक भाग है और ग्रन्थि का शेष 10% भाग बनाता है। इस भाग का विकास भ्रूण की न्यूरल एक्टोडर्म (Neural ectoderm) से होता है। इस भाग में अनुकम्पी तन्त्रिका तन्त्र (Sympathetic Nervous system) की रूपान्तरित पश्च गुच्छिकीय तन्त्रिका कोशिकाएँ (Post ganglionic nerve cells) होती हैं जो कि इस भाग का नियन्त्रण करती हैं। इस भाग में दो प्रकार की कोशिकाएँ पायी जाती हैं। बड़े आकार की कोशिकाएँ गुच्छों में तथा छोटे आकार की कोशिकाएँ पंक्तियों में व्यवस्थित होती हैं। इन कोशिकाओं को क्रोमैफिन कोशिकाएँ (Chromaffin cells)

कहते हैं। इन कोशिकाओं को गुच्छकीय कोशिकाएँ (Ganglionic cells) भी कहते हैं। कुछ क्रोमेफिन कोशिकाएँ इपिनेफ्रिन (Epinephrine) हॉर्मोन को स्त्रावित करती हैं। छोटे लिम्फोसाइट समान (Lymphocyte) कोशिकाएँ होती हैं इनमें कोशिकाद्राव्य (Cytoplasm) की मात्रा कम तथा केन्द्रक (Nucleus) गहरा होता है इसको सिम्पेथोगोनिया (Sympathogonia) कहते हैं।

एड्रीनल मेड्यूला की क्रोमेफिन कोशिकाओं (Chromaffin cells) के द्वारा निम्नलिखित हॉर्मोन्स स्त्रावित किए जाते हैं।

5.12.1 एड्रिनेलिन या एपीनेफ्रिन (Adrenalin or Epinephrine)

80% भाग होता है। यह हॉर्मोन स्वायत्त तन्त्रिका तन्त्र (Autonomous nervous system) से प्रभावित होने वाले सभी प्रकार के ऊतकों एवं अंगों को प्रभावित करता है। डर (Fear), क्रोध, अपमान, दुर्घटना, मानसिक तनाव, बैचेनी, जलना, किसी जिवाणु का संक्रमण हो जाना अथवा विषैले पदार्थों के शरीर में पहुँच जाने जैसी आकस्मिक घटनाओं के समय हॉर्मोन अधिक मात्रा में होता है। स्त्राव तीव्रता से होता है। यह त्वचा, श्लेष्मिक झिल्ली (Mucus membrane) तथा आँत्र रोगों (Visceral organs) की रक्त वाहिनियों को संकुचित कर इसमें रक्त दाब (Blood pressure) में वृद्धि करता है, लेकिन हृदय, यकृत, कंकाल पेशियों (Skeletal muscles) एवं मस्तिष्क आदि को जाने वाली रक्त वाहिनियों को फैलाता है, जिससे हृदय स्पन्दन दर, श्वास दर, BMR तथा रक्त में ग्लूकोस व वसा की मात्रा में वृद्धि होती है। एड्रिनेलिन हॉर्मोन को आकस्मिक हॉर्मोन (Emergency hormone) भी कहते हैं। इसको 3F, भय, पलायन, युद्ध (Fear, flight and fight) हॉर्मोन भी कहते हैं।

5.12.2 एड्रिनेलिन हॉर्मोन के प्रभाव (Effects of Adrenaline Hormone)

1. त्वचा, श्लेष्म झिल्ली (Mucus membrane) एवं शरीर के आन्तरिक भागों की रक्त वाहिनियों को संकुचित कर रक्त दाब में वृद्धि कर देता है। त्वचा पीली हो जाती है।
2. हृदय की स्पन्दन दर/पल्स दर में वृद्धि करता है। धमनियों (Arteries) में रक्त दाब की वृद्धि करता है।
3. कंकाल पेशियों (Skeletal muscles) हृदय, यकृत एवं मस्तिष्क की रक्त वाहिनियों को शिथिल कर रक्त संचरण में वृद्धि करता है।
4. शरीर में BMR एवं रक्त में ग्लूकोस, वसा अम्ल एवं ग्लिसरॉल (Glycerol) की मात्रा में वृद्धि करता है।
5. ब्रोन्किय अस्थमा (Bronchial Asthma) में उपयोगी होता है। ट्रैकिया/ श्वासनली (Trachea) एवं ब्रोन्काई (Bronchii) को शिथिल कर श्वास दर में वृद्धि करता है।
6. त्वचा में पेशियों को संकुचित कर बालों को खड़ा कर देता है।

7. मस्तिष्क एवं संवेदी अंगों को अधिक क्रियाशील करता है।
8. प्लीहा/स्प्लीन (Spleen) को संकुचित कर स्प्लीन में संग्रहीत (RBC) को रक्त में स्वतन्त्र करता है।

5.12.3 नार-ऐपिनेफ्रिन हार्मोन का प्रभाव (Effect of Nor-epinephrine Hormone)

यह हार्मोन ऐड्रिनेलिन हॉर्मोन के समान ही कार्य करता है। इसके प्रभाव से रक्त वाहिनियाँ संकुचित होने की अपेक्षा फैल जाती हैं, इस कारण हृदय स्पन्दन में वृद्धि नहीं होती है और न रक्त दाब में वृद्धि होती है।

इस प्रकार हम देखते हैं कि ऐड्रिनेलिन एवं नॉन-ऐड्रिनेलिन एक प्रकार से स्वतन्त्र तन्त्रिका तन्त्र की सहायता करते हैं।

ऐड्रिनेलिन एवं नॉन-ऐड्रिनेलिन हॉर्मोन्स के अत्यधिक प्रभाव के कारण एड्रीनल मेडयूला में ट्यूमर (Tumour) बनता है जिसको फिओक्रोमोसाइटोमा (Pheochromocytoma) कहते हैं। इस ट्यूमर के कारण सिर दर्द के साथ रक्त दाब में अत्यधिक वृद्धि, बुखार अधिक पसीना आना, हाइपर ग्लाइसीमिया (Hyper Glycemia) होता है।

इपिनेफ्रिन (Epinephrine) एवं नार-इपिनेफ्रिन (Nor-epinephrine) अपने कार्यों में दोनों समतुल्य (Equivalent) नहीं होते हैं, फिर भी कुछ ऊतकों में समान प्रभाव दर्शाते हैं।

सारणी क्र. 5.1: इपिनेफ्रिन एवं नार-इपिनेफ्रिन हॉर्मोन्स के कार्यात्मक प्रभाव (Physiological Effect of Epinephrine and Nor-epinephrine)

कार्यात्मक अनुक्रिया (Physiological Response)	इपिनेफ्रिन (Epinephrine)	नार-इपिनेफ्रिन (Nor-epinephrine)
1. हृदय (Heart)–		
(a) दर (Rate)	बढ़ती है।	कम वृद्धि करती है।
(b) निर्गम (Output)	बढ़ता है।	कोई परिवर्तन नहीं।
(c) रक्त दाब (Blood pressure)–		
(i) सिस्टोलिक (Systolic) दाब	बढ़ता है।	बढ़ता है।
(ii) डायस्टोलिक (Diastolic) दाब	कोई परिवर्तन नहीं।	बढ़ता है।
धमनीय (Mean arterial pressure) दाब	वृद्धि करता है।	बढ़ता है।
2. रक्त वाहिनियाँ (Blood vessels) अन्यो में संकुचित है।	कुछ प्रसारण करती है (पेशियों में)	सभी में संकुचित होती है।

3. श्वसन (Respiration)	उत्प्रेरित होता है।	उत्प्रेरित होता है।
4. किडनी (Kidney)	वृक्क वाहिनियों का संकुचन होता है।	वृक्क वाहिनियों का संकुचन होता है।
5. गर्भाशय (Uterus)	अवरोधित होता है।	अवरोधित होता है।
6. केन्द्रीय तन्त्रिका तन्त्र (Central nervous system)	मानसिक उद्वेग (Anxiety) में वृद्धि।	कोई प्रभाव नहीं।
7. चयापचय (Metabolism)		
(a) ऑक्सीजन खपत (Oxygen consumption)	वृद्धि होती है।	वृद्धि होती है।
(b) रक्त शर्करा (Blood sugar)	वृद्धि होती है।	वृद्धि होती है।
(c) मुक्त वसा अम्ल निकलना	वृद्धि होती है।	वृद्धि होती है।
8. ईओसिनोफिल्स संख्या (Eosinophils count)	वृद्धि होती है।	कोई प्रभाव नहीं।
9. आँत (Intestine)	अवरोध करता है।	अवरोध करता है।

5.12.4 एड्रिनल ग्रन्थि के हॉर्मोन्स के स्त्रावण का नियमन (Regulation of Secretion of Adrenal Gland Hormones)

- (a) एड्रिनल कॉर्टेक्स के हॉर्मोन्स का नियन्त्रण— जैसे ही रक्त में कॉर्टेक्स के द्वारा स्त्रावित हॉर्मोन्स का स्तर कम होता है, वैसे ही हायपोथैलेमस (Hypothalamus) को कॉर्टिकोट्रोपिक उत्प्रेरक हॉर्मोन (CTH) का स्त्रावण होता है। इस हॉर्मोन के स्त्रावण के कारण एडिनोहायपोफाइसिस (Adenohypophysis) के द्वारा एड्रिनोकॉर्टिकोट्रोपिक उत्प्रेरक हॉर्मोन (ACTH) का स्त्रावण प्रारम्भ होता है, यह हॉर्मोन रक्त के द्वारा एड्रिनल कॉर्टेक्स (Adrenal cortex) में ले जाया जाता है, वहाँ पर कॉर्टेक्स को ग्लूकोकॉर्टिकॉइड्स (Glucocorticoid) हॉर्मोन्स का स्त्रावण करने के लिए उत्प्रेरित करता है।
- (b) एड्रिनल मेड्यूला के हॉर्मोन्स का नियन्त्रण— एड्रिनल मेड्यूला (Adrenal medulla) हायपोथैलेमस (Hypothalamus) प्रमस्तिष्क (Cerebrum) एवं अनुकम्पी तन्त्र (Sympathetic system) द्वारा नियन्त्रित होता है। अनुकम्पी तन्त्र (Sympathetic system) के द्वारा आकस्मिक घटना, आपात परिस्थितियों अथवा दुःख, दुर्घटना, चोट लग जाने, तनाव, अधिक रक्त स्त्राव, शल्य चिकित्सा, भय, क्रोध के समय एड्रिनल मेड्यूला को उत्तेजित/उद्दीपित करता है। एड्रिनल मेड्यूला के उद्दीपित होने पर इपिनेफ्रिन एवं नारइपिनेफ्रिन हॉर्मोन्स का स्त्रावण प्रारम्भ होता है। इस हॉर्मोन्स के द्वारा पेशियों (Muscles), यकृत (Liver) एवं पेशियों को सक्रिय कर आपात परिस्थिति से निपटने के लिए अधिक ऊर्जा (Energy) उपलब्ध होती है। रक्त में ग्लूकोस की मात्रा में

वृद्धि होती है और रुधिर दाब (Blood pressure) का नियमन होता है। इसी कारण यह हॉर्मोन आकस्मिक हॉर्मोन या आपात हॉर्मोन (Emergency hormone) कहलाता है।

अपनी प्रगति जाँचिए (Check Your Progress)

10. एड्रिनल कॉर्टेक्स के द्वारा ऐण्ड्रोजेन स्त्रावित होता है, यह है _____ हॉर्मोन।
 (क) टेस्टोस्टेरोन (ख) ऐण्डोस्टेरोन
 (ग) प्रोजेस्टेरेन (घ) ऐल्डोस्टेरोन
11. एडिसन रोग जो कि थामस एडिसन के नाम से जाना जाता है यह निम्न _____ विसंगति के कारण होता है।
 (क) पिट्यूटरी (ख) थायरॉइड
 (ग) एड्रिनल (घ) थायमस
12. एड्रिनेलिन _____ में वृद्धि करता है।
 (क) हृदय धड़कन (ख) रुधिर दाब
 (ग) (क) तथा (ख) दोनों (घ) कोई नहीं
13. रुधिर दाब को नियन्त्रित किया जाता है।
 (क) एड्रिनल के द्वारा
 (ख) थायमस के द्वारा
 (ग) पैराथायरॉइड के द्वारा
 (घ) थायरॉइड के द्वारा

5.13 पैराथायरॉइड, थायमस एवं लैन्गरहैन्स द्विपिकाओं की संरचना एवं कार्य (Structure and Functions of Parathyroid, Thymus and Islet of Langerhans)

5.13.1 पैराथायरॉइड की संरचना एवं कार्य (Structure and Functions of Parathyroid)

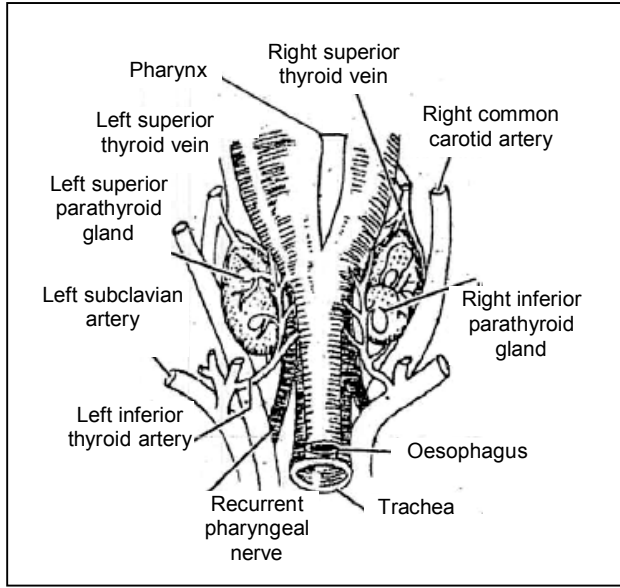
5.13.1.1 पैराथायरॉइड ग्रन्थि (Parathyroid Gland) की संरचना

मनुष्य में थायरॉइड ग्रन्थि पर, या में, स्थित चार या दो जोड़ी छोटी-सी लाल सी अण्डाकार (Oval) ग्रन्थियाँ होती हैं। यह ग्रन्थियाँ थायरॉइड ग्रन्थि की प्रत्येक पालि में पृष्ठीय सतह पर धँसी रहती हैं। भ्रूणीय अवस्था में यह ग्रन्थियाँ III एवं IV ग्रसनी क्लोम दरारों (Pharyngeal gill slits) की ऐपिथीलियम से निर्मित होती हैं।

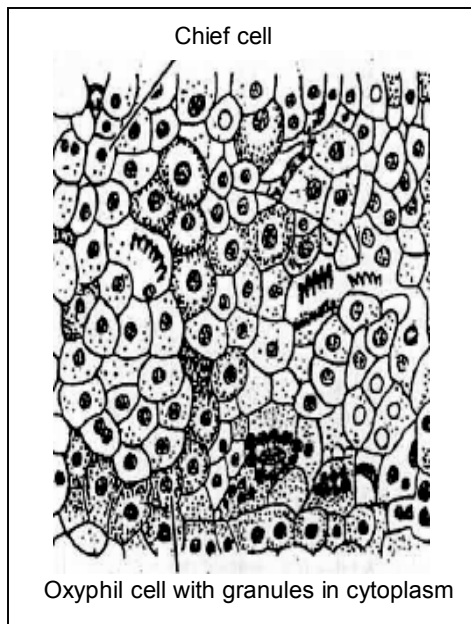
इन ग्रन्थियों को सर्वप्रथम रेनार्ड (Raynard) ने 1835 में पहचाना था तथा सेन्द्राम (Sandrom, 1880) ने इसकी संरचना का वर्णन किया।

प्रत्येक ग्रन्थि 6 से 7 मि. मी. लम्बी एवं 3 से 4 मि. मी. चौड़ी एवं 1-2 मिमी मोटी तथा 0.03 से 0.05 ग्राम भार की होती है। इनका कुल भार 140 mg होता है। यह ग्रन्थिल कोशिकाओं के ठोस पिण्डों के रूप में होती है। चार पैराथायरॉइड्स (Parathyroids) में से दो ग्रन्थियाँ, थायरॉइड ग्रन्थि में धँसी रहती हैं। इन ग्रन्थियों को आन्तरिक पैराथायरॉइड (Internal Parathyroids) कहते हैं।

टिप्पणी



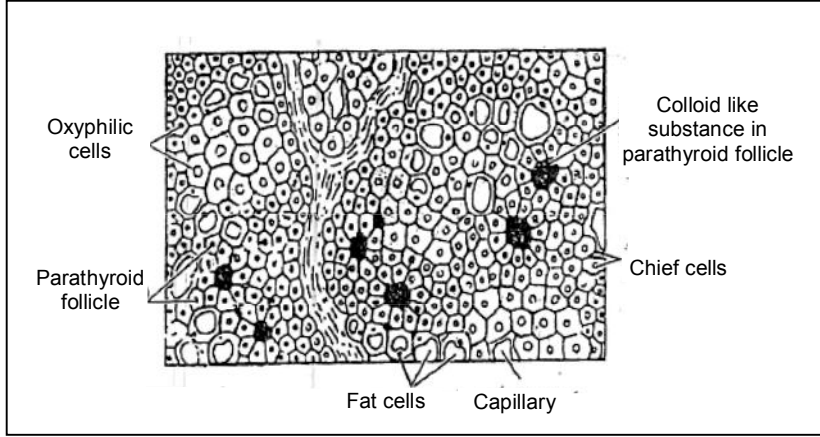
चित्र क्र. 5.11: Anatomical Position of Parathyroid



चित्र क्र. 5.12: Histological Structure of Parathyroid Gland

शेष दो ग्रन्थियाँ थायरॉइड ग्रन्थि के पास पीछे की ओर स्थित होती हैं, इनको बाह्य पैराथायराइड (External parathyroid) कहते हैं। कम से कम चार या अधिक से अधिक आठ ग्रन्थियाँ होती हैं। चार के अतिरिक्त शेष ग्रन्थियाँ ट्रैकिया (Trachea) पर वितरित होती हैं, इन शेष ग्रन्थियों को सहायक पैराथायरॉइड्स (Accessory parathyroids) कहते हैं। प्रत्येक पैराथायरॉइड्स ग्रन्थि अत्यधिक वाहिकामय (Highly vascularised) होती है तथा प्रत्येक ग्रन्थि के चारों ओर संयोजी ऊतक (Connective tissue) का खोल होता है। इस ग्रन्थि में दो प्रकार की कोशिकाएँ होती हैं—

- (a) मुख्य कोशिकाएँ (Chief cells)
 - (b) ऑक्सीफिल कोशिकाएँ या इओसिनोफिल कोशिकाएँ (Oxyphil cells or Eosinophil cells)।
- (a) **मुख्य कोशिकाएँ (Chief cells)**— मुख्य कोशिकाओं की संख्या अधिक होती है और पैराथायराइड हॉर्मोन (Parathyroid hormone) को स्त्रावित करती है। मुख्य कोशिकाओं में कोशिकाद्रव्य स्पष्ट होता है तथा वेसीकुलर केन्द्रक (Vesicular nucleus) पाया जाता है। कभी-कभी यह कोशिकाएँ बढ़ जाती हैं और इनमें अनेक कोशिकाद्रव्यी रिक्तिकाएँ (Cytoplasmic vacuoles) होती हैं। ये जल साफ करने वाली कोशिकाएँ (Water clear cells) कहलाती हैं। इन कोशिकाओं में ग्लायकोजेन पाया जाता है। अधिकांश कोशिकाएँ जीवनपर्यन्त पायी जाती हैं। इससे स्त्रावित हॉर्मोन को पैराथॉरमोन (Parathormone) कहते हैं। इसे कॉलिप का हॉर्मोन (Collip's hormone) भी कहते हैं। इस हार्मोन को सर्वप्रथम हैन्सन (Hanson, 1924) तथा कॉलिप (Collip, 1925) ने तैयार किया था। यह एक जटिल प्रोटीन है, जो कि 84 अमीनो अम्लों (Amino acids) की बनी होती है। यह रुधिर में कैल्शियम तथा फॉस्फेट आयनों की संख्या का नियमन कर शरीर के भीतरी वातावरण को बनाने में सहयोग करता है।
- (b) **ऑक्सीफिल कोशिकाएँ**— ऑक्सीफिल कोशिकाओं की संख्या उम्र की वृद्धि के साथ बढ़ती है। ऑक्सीफिल कोशिकाओं (Oxyphil cells) में अधिक माइटोकॉण्ड्रिया (Mitochondria) पाए जाते हैं लेकिन ग्लायकोजेन अनुपस्थित होता है।



चित्र क्र. 5.13: Detailed Structure of Parathyroid

5.13.2 पैराथार्मोन के कार्य (Functions of Parathormone)

पैराथार्मोन के प्रमुख लक्षित अंग (Target organs) अस्थि (Bone) एवं किडनी होते हैं। पैराथार्मोन के स्त्रावण की अनुपस्थिति में Ca एवं PO₄ में कुछ आदान-प्रदान अस्थि (Bone) एवं प्लाज्मा के बीच होता है—

1. इस हॉर्मोन का प्रमुख कार्य रक्त एवं ऊतकों के Ca⁺⁺ एवं फॉस्फोट आयनों के अनुपात को बचाए रखना है।
2. यह हॉर्मोन भोजन में उपस्थित कैल्शियम एवं फॉस्फोट के अवशोषण को नियन्त्रित रखता है।
3. यह कैल्शियम के अवशोषण में वृद्धि करता है तथा फॉस्फोरस के अवशोषणों में कमी करता है। इस क्रिया में विटामिन 'डी' सहायता करता है।
4. यह हॉर्मोन अस्थियों में कैल्शियम को जमा करने तथा इसकी गतिशीलता के लिए सहायक होता है। विरोधात्मक प्रमाण यह दर्शाते हैं कि यह हॉर्मोन आँतो में कैल्शियम के शोषण को तीव्र करता है। ओस्टियोसायट्स (Osteocytes) पर इस हॉर्मोन का प्रारम्भिक प्रभाव है वह परिपक्व अस्थि के रवों से रक्त में Ca को मुक्त करना होता है, जोकि ओस्टियोसायट्स के द्वारा RNA के संश्लेषण पर आधारित नहीं होता है।
5. इस हॉर्मोन के प्रभाव से स्तन ग्रन्थियों से दुग्ध स्त्रावण में कम कैल्शियम की मात्रा स्त्रावित होती है।
6. यह हॉर्मोन वृक्क नलिकाओं में कैल्शियम आयनों के अवशोषण में वृद्धि करता है। इसके प्रभाव से रक्त में कैल्शियम स्तर में वृद्धि होती है। फॉस्फोरस के पुनः अवशोषण में कमी करता है।
7. समसूत्रण अभिक्रिया (Mitogenic activity) में पैराथार्मोन हॉर्मोन DNA के संश्लेषण एवं थायमस के लिम्फोसाइट्स में समसूत्रण को उत्प्रेरित करता है।

8. पैराथार्मोन के द्वारा दुग्ध स्त्रावित ग्रन्थियों (Mammary glands) के द्वारा Ca^{++} के स्त्रावण की दर को कम कर देता है।
9. यह हॉर्मोन आहार नाल (Gut) में Ca^{++} आयन के शोषण की दर में वृद्धि करता है।
10. इस हॉर्मोन की अनुपस्थिति में विटामिन D अपना कार्य ठीक प्रकार से करने में असमर्थ होता है।
11. यह हार्मोन अन्तः कोशिकीय (Intracellular) फॉस्फेट के विन्यास में सहायता करता है।

5.13.3 पैराथायरॉइड की अनियमितताएँ एवं रोग (Irregularities and Disease of Parathyroid)

5.13.3.1 अल्प-स्त्रावण (Hypo-secretion)

इस हॉर्मोन के कम स्त्रावण के कारण बाह्य कोशिकीय द्रव्य (Extra-cellular Fluid – ECF) में कैल्शियम की मात्रा कम तथा फॉस्फेट की मात्रा अधिक होती है जिससे पेशियों (Muscles) तथा तन्त्रिकाओं (Nervous) में अनावश्यक उत्तेजना के कारण कम्पन, ऐंठन होने लगती है। कभी-कभी लम्बे समय तक ऐच्छिक पेशियों में संकुचन हो जाता है। इस रोग को टिटेनी (Tetany) कहते हैं। रक्त में कैल्शियम की अनुकूलता/सामान्य मात्रा 9.0 से 10.0 मि. ग्रा. प्रति 100 मि. ली. रक्त के होती है। फॉस्फोरस की अनुकूलतम/सामान्य मात्रा 4.0 से 5.0 मि. ग्रा. प्रति 100 मिली रक्त के होती है।

अल्प-स्त्रावण के कारण कैल्शियम की मात्रा 6.0 से 7.0 मि. ग्रा. 100 मि. ली. रक्त के हो जाती है तथा फॉस्फोरस की मात्रा 7.0 से 8.0 मि. ग्रा. प्रति 100 मि. ली. रक्त के होती है। यदि रक्त में कैल्शियम की मात्रा 5.0 मि. ग्रा. प्रति 100 मिली रक्त तक या इससे भी कम हो जाती है तब मनुष्य की मृत्यु तुरन्त हो जाती है।

इस हॉर्मोन के कम स्त्रावण के कारण तेज साँस लेते समय आवाज करना, ताप, हृदय गति बढ़ना भी पायी जाती हैं।

टिटेनी (Tetany) विसंगति में कैल्शियम एवं फॉस्फोरस का उत्सर्जन कम हो जाता है। लार के स्त्रावण में वृद्धि होती है, शरीर के तापक्रम में वृद्धि होती है। पेशियों में ऐंठन प्रारम्भ में धीमी और फिर तीव्र गति से होती है, चालक तन्त्रिकाओं में उत्तेजना बढ़ जाती है। यह रोग वृद्ध मनुष्यों की अपेक्षा बच्चों में अधिक पाया जाता है। इसी प्रयोग यह रोग शाकाहारी प्राणियों की अपेक्षा माँसाहारी प्राणियों में अधिक होता है। गर्भावस्था, दुग्धस्त्रावण (Lactation) और अधिक प्रोटीन आहारवाले प्राणियों में अधिक पाया जाता है।

शिशु अवस्था में इसकी कमी होने के कारण दाँत, हड्डीयाँ (Bones) व मस्तिष्क कम विकसित रह जाता है।

5.13.3.2 अति-स्त्रावण (Hyper Secretion)

इस ग्रन्थि से हॉर्मोन के अति-स्त्रावण के कारण अस्थियों से कैल्शियम अधिक मात्रा में मुक्त होकर रक्त में प्रवेश करता है। इस हॉर्मोन के अति-स्त्रावण के कारण कैल्शियम एवं फॉस्फोरस अस्थियों एवं दाँतों से बाहर निकलकर इन अस्थियों एवं दाँतों को कोमल एवं कमजोर बनाते हैं।

इन व्यक्तियों में हड्डियों का टूटना शीघ्रता से होता है।

आमाशय एवं आन्तों में अधिक रक्त स्त्रावण होने लगता है। अस्थियाँ गलकर कोमल पड़ जाती हैं। इस रोग को ऑस्टियोपोरोसिस (Osteoporosis) कहते हैं। बाह्य कोशिकीय द्रव्य (ECF) में Ca^{++} की मात्रा बढ़ जाने से पेशियाँ (Muscles) एवं तन्त्रिकाएँ (Nervous) कमजोर पड़ जाती हैं। भूख मर जाती है, प्यास बढ़ जाती है। सिर में दर्द होने लगता है। उल्टी होना (Vomiting), इसके साथ कैल्शियम धमनियों (Arteries) की भित्तियों, वृक्क नलिकाओं में जमा होकर इनको अवरुद्ध कर देता है।

हॉर्मोन के अति-स्त्रावण के कारण किडनी में फॉस्फेट का पुनः अवशोषण नहीं होता है। मूत्र के साथ फॉस्फेट की अधिक मात्रा उत्सर्जित होने लगती है, जिससे फॉस्फोरस की मात्रा कम हो जाती है। फॉस्फेट एवं अन्य खनिज लवणों के रवे (Crystals) मूत्र में बनने लगते हैं, इस कारण किडनी एवं मूत्राशय में पथरी बन जाती है। इस विसंगति को जेनरेलाइज्ड आस्टीटिस फाइब्रोसा (Generalised osteitis fibrosa) कहते हैं। मूत्र के साथ रक्त भी उत्सर्जित होने लगता है।

इस हॉर्मोन के अति-स्त्रावण के कारण अस्थियों में पुटी (Cyst) बनती है। इस विसंगति को ओस्टीटिस फाइब्रोसा सिस्टिका (Osteitis fibrosa cystica) या वान रेकिंगहौसेन्स रोग (Von Recklinghausen's disease) कहते हैं। इस विसंगति में रक्त में कैल्शियम की मात्रा अधिक हो जाती है। धमनियों (Arteries) की भित्तियों एवं वृक्क नलिकाओं आदि में कैल्शियम जमा होकर उनको अवरुद्ध कर देता है।

5.13.4 पैराथायरॉइड के कार्य (Functions of Parathyroid)

प्रत्येक प्राणि एवं मनुष्य के लिए पैराथायरॉइड ग्रन्थि (Parathyroid gland) अति आवश्यक है। क्योंकि यह ग्रन्थि, देह द्रव्य में कैल्शियम आयन्स की सान्द्रता के नियन्त्रण के लिए आवश्यक होता है। यदि शरीर से पैराथायरॉइड ग्रन्थि निकल जाती है या निकाल दी जाती है तब रक्त में कैल्शियम स्तर कम हो जाता है और शरीर में तन्त्रिकीय-पेशी उत्तेजनशीलता (Neuromuscular irritability) या टिटनेनी (Tetany) विसंगति विकसित हो जाती है।

यह ग्रन्थि मूत्र के साथ अकार्बनिक लवणों के उत्सर्जन को नियन्त्रित करती है। पैराथार्मोन हॉर्मोन को शरीर में पहुँचाने पर मूत्र में फॉस्फेट के उत्सर्जन में वृद्धि होती है और सीरम फॉस्फेट (Serum Phosphate) स्तर में कमी आ जाती है। इसके कारण हॉर्मोन का प्रभाव किडनी पर होता है, जिससे वृक्क नलिकाओं

टिप्पणी

के द्वारा फॉस्फेट का अवशोषण अवरोधित होता है। इसके परिणामस्वरूप फॉस्फेट आयन्स मूत्र के साथ उत्सर्जित होते हैं।

इस ग्रन्थि की क्षति या पैराथार्मोन के स्त्रावण नहीं होने के कारण डी ल्यूका (De Luca, 1968) ने दर्शाया कि विटामिन D कार्यात्मक रूप में चयापचयित नहीं होता है। सीरम कैल्शियम में पैराथार्मोन के द्वारा सीरम कैल्शियम में वृद्धि 1-25 (OH)₂D विधि के द्वारा होती है। इस ग्रन्थि के द्वारा पैराथार्मोन स्त्रावित किया जाता है।

रक्त में कैल्शियम के स्तर से पैराथायरॉइड का स्त्रावण नियन्त्रित रहता है। रक्त में कैल्शियम की कमी होने पर पैराथार्मोन का स्त्रावण बढ़ जाता है, रक्त में कैल्शियम की मात्रा में वृद्धि होने पर पैराथार्मोन का स्त्रावण कम हो जाता है।

5.14 थायमस ग्रन्थि की संरचना एवं कार्य (Structure and Functions of Thymus Gland)

यह ग्रन्थि मानव शरीर की वक्षीय गुहिका में हृदय के आगे, ट्रैकिया (Trachea) के दोनों ओर स्थित होती है। यह गुलाबी रंग की चपटी द्विपालिमय (Bilobed) ग्रन्थि है। यह ग्रन्थि भ्रूणीय अवस्था में III ग्रसनीय क्लोम दरार (Pharyngeal gill slits) से उत्पन्न होती है। कुछ स्तनी प्राणियों में यह जीवनपर्यन्त उपस्थित रहती है, लेकिन मनुष्य में यौवनावस्था के प्रारम्भ के पश्चात् या 14-16 वर्ष की आयु के पश्चात् लुप्त हो जाती है या धीरे-धीरे छोटी होने लगती है तथा वृद्धावस्था तक लगभग लुप्त हो जाती है या धीरे-धीरे छोटी होकर डोरी के समान रह जाती है। इस समय यह लैंगिक ग्रन्थियाँ क्रियाशील हो जाती हैं।

इस ग्रन्थि के बाहर की ओर संयोजी ऊतक का आवरण एवं अन्दर की ओर दो छोटे-छोटे पिण्ड (Lobes) होते हैं। दायीं पॉलि की अपेक्षा बायीं पॉलि छोटी होती है। प्रत्येक पालि (Lobe) में अनेक संख्या में पिण्डक (Lobules) होते हैं। प्रत्येक पिण्डक (Lobule) में छोटी-छोटी पुटिकाएँ होती हैं। इन पुटिकाओं का आकार 1 mm व्यास का होता है। थायमस ग्रन्थि भ्रूण (Foetus) में अधिक बड़ी होती है, इसका आकार शरीर भार के अनुसार बड़ा होता है। शैशवावस्था तक इस ग्रन्थि का आकार बना रहता है। शैशवावस्था के पश्चात् इस ग्रन्थि में निरन्तर अन्तर्वलन (Involution) होता रहता है। यह क्रिया किसी भी संक्रमण अवस्था में तीव्र होती है। ग्रन्थि की समाप्ति के समय यह वसा में परिवर्तित हो जाती है। इसी कारण वयस्क थायमस में वसा एवं संयोजी ऊतक अधिक पाया जाता है। प्रत्येक पिण्ड में बाहर की ओर लिम्फोसाइट (Lymphocyte) का तथा अन्दर की ओर शाखान्वित रेटिक्यूलर (Branched reticular) एपिथीलियमी कोशिकाएँ (Epithelial cells) का जमाव होता है।

5.14.1 थायमस की औतिकी संरचना (Histological Structure of Thymus)

थायमस ग्रन्थि के चारों ओर संयोजी ऊतक का सम्पुट (Capsule) होता है। इसके अन्दर थायमस ग्रन्थि की दो पालियाँ पायी जाती हैं— प्रत्येक पालि में अनेक पिण्डक (Lobule) पाए जाते हैं। प्रत्येक पिण्डक/लोब्यूल (Lobule) में सघन, गहरे रंग का परिधीय कार्टेक्स (Peripheral cortex) एवं हल्के रंग का केन्द्रीय मेड्यूल (Medulla) पाया जाता है। थायमस के लोब्यूल पृथक् नहीं होते हैं। यह प्रवर्ध कार्टिकल पदार्थ के द्वारा घिरे रहते हैं। सामान्य रूप से थायमस ग्रन्थि में जर्मिनल केन्द्र (Germinal centres) और न ही प्लाज्म कोशिकाएँ (Plasma cells) पायी जाती हैं—

- (a) **कैप्सूल/सम्पुट (Capsule)**— यह सघन, सफेद संयोजी ऊतक का बना होता है। इसमें प्लाज्मा कोशिकाएँ (Plasma cells), मास्ट कोशिकाएँ (Mast cells), ग्रेनुलर ल्यूकोसाइट्स (Leucocytes), वसा कोशिकाएँ (Fat cells), एवं मैक्रोफेजेस (Macrophages) पाए जाते हैं। संयोजी ऊतक से निर्मित सम्पुट (Capsule) ग्रन्थि के अन्दर धँसे रहते हैं, पालियों (Lobes) पिण्डकों एवं (Lobules) को पृथक् करते हैं तथा पट्टिका तन्त्र या ट्रेबेकुलर तन्त्र (Trabecular system) को बनाते हैं। सम्पुट में रक्त वाहिनियाँ (Blood vessels), लिम्फेटिक वाहिनी एवं तन्त्रिकाएँ पायी जाती हैं। उम्र के साथ जैसे ही थायमस अन्तर्वलन करता है, पालियाँ आकार में कम होने लगती हैं, और सम्पुट (Capsule) चौड़ा और वसीय (Fatty) हो जाता है।
- (b) **कार्टेक्स (Cortex)**— यह लिम्फाइड ऊतक के समान होता है, लेकिन इसमें पुटिकाएँ (Follicles) नहीं पायी जाती हैं। कार्टेक्स (Cortex) में सघन कोशिकाएँ पायी जाती हैं जोकि लिम्फोसायट्स (Lymphocytes) के समान होती हैं। मेटकाल्फ (Metcalf) के अनुसार चूहे के थायमस की कोशिकाएँ— 1% कोशिकाओं का व्यास 11 μm होता है— बड़ी लिम्फोसाइट्स (Large lymphocytes), 10% कोशिकाओं का व्यास 7 से 11 μm होता है। मध्यम आकार की लिम्फोसाइट्स (Medium-sized lymphocytes) तथा शेष कोशिकाओं का व्यास 7 μm होता है। छोटी लिम्फोसाइट्स (Small lymphocytes) होती हैं। बड़ी लिम्फोसाइट्स, मध्यम आकार के लिम्फोसाइट्स और मध्यम लिम्फोसाइट्स छोटे आकार के लिम्फोसाइट्स में रुपान्तरित होते हैं। इन कोशिकाओं के बीच में रेटिकुलर कोशिकाएँ (Reticular cells) केन्द्रक सहित पाए जाते हैं। यह सभी कोशिकाएँ इपिथीलियल (Epithelial) से निर्मित होती हैं।
- (c) **मेड्यूल (Medulla)**— यह थायमस ऊतक की चौड़ी शाखान्वित पट्टिका है। मेड्यूल में कार्टेक्स के समान इपिथीलियल कोशिकाएँ/रेटिकुलर कोशिकाएँ पायी जाती हैं। इसमें अनेक संख्या में प्लाज्मा कोशिकाएँ (Plasma cells), मास्ट कोशिकाएँ (Mast cells) मेलेनोसायट्स (Melanocytes), इओसिनोफिल कोशिकाएँ (Eosinophils cells) रक्त वाहिनियों के पास पाए जाते हैं। थायमस में हस्साल्स संकेन्द्रक कणिकाएँ

टिप्पणी

(Hassall's concentric corpuscles) या थायमिक कार्पसकल्स (Thymic corpuscles) की उपस्थिति प्रमुख लक्षण होता है। यह कोशिकाएँ रेटिकुलर कोशिकाओं के अपक्षय के कारण निर्मित होती हैं।

थायमस ग्रन्थि में वक्षीय धमनियों (Thoracic corpuscles) की शाखाएँ रक्त प्रदाय करती हैं। बड़ी शिराकाएँ (Venules) मेड्यूला से निकलती हैं और बड़ी शिराओं से मिलती हैं जो कि बाई इन्नोमिनेट (Innominate) एवं थायराइड शिरा (Thyroid vein) में खुलती है। नॉन-मायलीनेटेड (Non-myelinated) तन्त्रिका तन्तु रक्त वाहिनियों के साथ थायमस के अन्दर प्रवेश करते हैं। इसी प्रकार वेगस तन्त्रिका एवं वक्षीय गुच्छिकाओं से नॉन-मायलीनेटेड (Non-myelinated) एवं मायलीनेटेड (Myelinated) तन्त्रिका तन्तु निकलकर थायमस को संभरित करती है।

जन्म के समय इससे लिम्फोसाइट (Lymphocyte) कोशिकाएँ बनकर प्लीहा (Spleen), यकृत (Liver) एवं लसिका गाँठों (Lymph nodes) में जाने लगती हैं। इस ग्रन्थि के द्वारा तीन हॉर्मोन्स—थाइमोसीन (Thymosin), थाइमीन I (Thymine I) एवं थाइमीन II (Thymine II) का स्त्रावण होता है। यह हॉर्मोन्स इन लिम्फोसाइट्स को जीवाणु (Bacteria) या इनके द्वारा मुक्त प्रतिजन (Antigen) पदार्थों को नष्ट करने की प्रेरणा देता है। इस प्रकार यह हॉर्मोन शरीर की सुरक्षा तन्त्र को स्थापित करने में सहायता करता है, क्योंकि यह लैंगिक परिपक्वण के साथ समाप्त होने लगता है, इस कारण यह माना जाता है कि यह वृद्धि एवं भिन्न (Differentiation) को भी नियन्त्रित करते हैं तथा गोनेडोट्रोपिक (Gonadotropic) हॉर्मोन को अवशोषित करके जनदों (Gonads) की वृद्धि को रोकते हैं।

हॉर्मोन के अधिक स्त्रावण के कारण चयापचयी क्रियाओं में रुकावट आ जाती है और सजीव/प्राणी की मृत्यु हो जाती है। यदि इस ग्रन्थि को शिशु अवस्था में ही निकाल दिया जाये तब प्राणी/मनुष्य के शरीर में वसा (Fat) निर्मित होने लगती है या संचित होने लगती है तथा शरीर में कंकाल बनने में रुकावट आती है। अन्य कशेरुक प्राणियों में थायमस ग्रन्थि नहीं पायी जाती है।

5.14.2 थायमस ग्रन्थि के कार्य (Functions of Thymus Gland)

थायमस ग्रन्थि से कुछ जैव-रसायनिक (Biochemical) कार्य सम्बन्धित हैं। इस ग्रन्थि से एक पालिपेप्टाइड (Polypeptide) हॉर्मोन—थायमोसिन (Thymosin) स्त्रावित किया जाता है। थायमस के कार्य प्रारम्भिक जीवन की घटनाओं से सम्बन्धित होते हैं—

1. **लिम्फोसाइट्स के स्रोत (Source of Lymphocytes)**— मनुष्य में गर्भाशयी 12 सप्ताह के जीवन के पश्चात् लिम्फोसाइट्स थायमिक इपीथीलियम से विकसित होते हैं। यह प्रथम लिम्फोसाइट्स होते हैं जोकि मनुष्य के शरीर में पाए जाते हैं। अन्तः भ्रूण में 90% कम समय तक जीवित लिम्फोसाइट्स के लिए एवं 5% अधिक समयावधि तक जीवित रहने वाले लिम्फोसाइट्स के लिए थायमस स्रोत होता है। इसी प्रकार थायमस ही

वयस्क मनुष्य में लम्बी अवधि तक जीवित रहने वाले लिम्फोसाइट्स के लिए स्रोत होती है।

2. **प्रतिरक्षित सक्षमता का विकास (Development of Immunological Competance)**— जब एक प्राणी की त्वचा (Skin) दूसरे प्राणी में प्रतिरोपित की जाती है तब ग्राह्यता (Recipient) के द्वारा कुछ दिनों पश्चात् प्रतिरोपण को नकार दिया जाता है। यह इस कारण से किया जाता है कि प्रतिरोपण एक एन्टिजन/प्रतिजन (Antigen) के रूप में व्यवहार करता है जो कि पोषक के शरीर में विदेशी प्रोटीन के विरुद्ध एण्टीबाडी/प्रतिकारक (Antibody) के बनाने के लिए उत्प्रेरित करते हैं। कुछ लिम्फोसाइट के द्वारा एन्टीबाडी लिम्फाइड ऊतकों में निर्मित किया जाता है।

जन्म के समय स्तनी प्राणियों में केवल निष्क्रिय प्रकार का प्रतिरक्षण पाया जाता है। जन्म के कुछ ही दिनों पश्चात् नवजात में स्वयं या स्वतः प्रतिरक्षण विधि सक्रिय हो जाती है जोकि आदिम लिम्फाइड कोशिकाओं में अस्थि मज्जा से उत्पन्न होती है, में विभेदन एवं प्रफलन करती है तथा एक ह्यूमेरल कारक को विकसित करती है जोकि लिम्फोसाइट्स में प्रतिरक्षण सक्षमता को प्रेरित करती है।

3. **ल्यूकेमिया में भूमिका (Role in Leukaemia)**— कुछ विकृति सम्बन्धी दशाओं में थायमस ल्यूकेमिया से सम्बन्धित होती है। सम्भवतया रोग एवं ल्यूकेमिया उद्दीपन के बीच सेतु (Bridge) के रूप में/आनुवंशिकी प्रवणता में एक विषाणु की उपस्थिति एवं थायमस की उपस्थिति, ल्यूकेमिया के प्रकट होने के लिए आवश्यक होता है। थायमेक्टोमी (Thymectomy) इस रोग की उत्पत्ति को रोकता है।
4. यह खनिज लवणों को अस्थियों पर संग्रहित या संचय होने में सहायता करता है।
5. जिन मनुष्य में या प्राणियों में थायमस ग्रन्थि अनुपस्थित होती है वह अनियमित रूप से वातावरण के दबाव/तनाव के लिए संवेदीय होता है।
6. **ह्यूमोरल कारक (Humoral factor)**— थायमस के द्वारा थायमोसिन (Thymosin) या थायमिन (Thymin) हॉर्मोन स्त्रावित किया जाता है। यह हार्मोन संवेदनी लिम्फोसाइट्स के विकास के लिए उत्तरदायी होता है। ऐसा समझा जाता है कि थायमोसिन तन्त्रिकीय पेशी संवहन (Neuro-muscular transmission) को नियन्त्रित करता है तथा कंकालीय पेशी के तन्त्रिकीय पेशी जंक्शन पर ऐसिटिलकोलीन (Acetylcholine) की मात्रा को कम कर देता है। ऐसिटिलकोलीन पेशी संकुचन के लिए उत्तरदायी होता है, जब चालक-अन्तिम प्लेट पर ऐसिटिलकोलीन का पहुँचना अवरोधित हो जाता है इसके परिणामस्वरूप ऐच्छिक पेशी में लकवा (Paralysis) हो जाता है। इसको मायस्थेमिया (Myasthenia) कहते हैं। थायमस, तन्त्रिकीय-पेशी संवहन एवं मायस्थेमिया ग्रेविस के बीच के सम्बन्ध में स्वतः प्रतिरोधी विधि (Automatic mechanism) निवेशित होती है। मायस्थेमिया ग्रेविस में एक प्रतिरक्षी (Antibody) थायमस के रेटिकुलर (इपीथीलियल) कोशिकाओं को

टिप्पणी

उत्प्रेरित करती है कि अत्यधिक मात्रा में थायमोसिन हॉर्मोन को स्त्रावित करे जिसके कारण तन्त्रिकिय-पेशी जंक्शन पर ऐसीटिलकोलीन कम स्त्रावित हो और थायमिक इपीथीलियम इसी प्रकार की प्रतिरक्षी के साथ अभिक्रिया करे जोकि ऐच्छिक पेशी A- पट्टिका से सम्बन्धित हो।

5.14.3 थायमस हॉर्मोन के कार्य (Functions of Thymus Hormone)

1. यह हॉर्मोन स्तनी प्राणियों में लिम्फोसाइट्स का प्राथमिक स्रोत है। लिम्फोसाइट्स (Lymphocytes) शरीर के प्रतिरक्षक कार्यों के लिए एन्टीबॉडी (Antibody) को उत्पन्न करने का उत्तरदायी है।
2. यह शरीर में स्वयं के ऊतकीय प्रोटीन्स एवं बाहर के प्रोटीन्स के बीच विभेद करने में सहायता करता है, जैसे कि वह जोकि दूसरे शरीर के प्रतिरोपित ऊतकों में होता है। जब जन्म के समय थायमस को निकाल दिया जाता है, त्वचा का प्रतिरोपण प्राणियों में अधिक समयावधि तक रहता है। यदि थायमस पायी जाती है तब प्रतिरोपणी ऊतक को नकार दिया जाता है।
3. यह वृद्धि को तीव्र करने से सम्बन्धित होता है, इस कारण कायान्तरण स्थगित हो जाता है।

थायमस ग्रन्थि को शरीर से निकाल देने (Thymectomy) पर निम्न विसंगतियाँ पायी जाती हैं—

- (i) लिम्फोसाइट्स की जनसंख्या में कमी।
- (ii) लिम्फोइड ऊतक का अपक्षय
- (iii) प्रतिरक्षण सक्षमता की हानि।

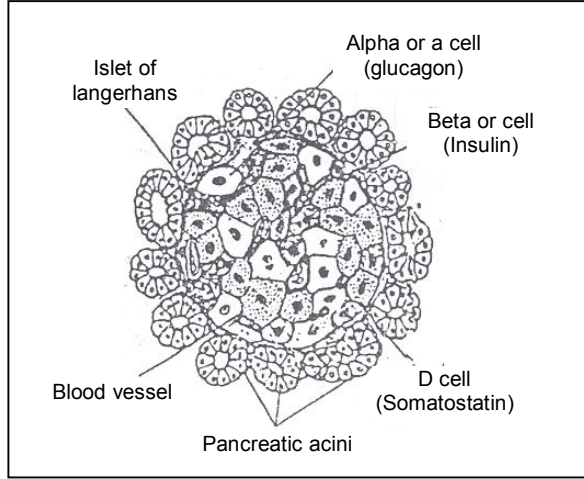
5.15 लैंगरहैन्स के द्वीप समूह की संरचना एवं कार्य (Structure and Functions of Langerhans)

5.15.1 संरचना (Structure)

मनुष्य में आमाशय (Stomach) के पीछे ग्रहणी (Duodenum) की दोनों भुजाओं के बीच लगभग 20 सेमी लम्बी हल्के गुलाबी रंग की असममित (Asymmetrical) आकार की मिश्रित (Mixed) ग्रन्थि है। यह (बाह्यस्त्रावी) (Exocrine) एवं अन्तःस्त्रावी (Endocrine) ग्रन्थि के समान कार्य करती है। इस ग्रन्थि की उत्पत्ति भ्रूण की आँत से होती है।

अग्न्याशय (Pancreas) में संयोजी ऊतकों के मध्य पाचक एन्जाइम्स का स्त्रावण करने वाली पिण्डकीय (Lobed) रचनाएँ होती हैं जोकि इसका बाह्यस्त्रावी (Exocrine) भाग बनाती हैं। इन पिण्डकों के बीच-बीच में संयोजी ऊतकों में निलम्बित कुछ विशेष प्रकार की ठोस कोशिकाओं के समूह होते हैं, यह समूह अन्तःस्त्रावी ग्रन्थियों—लैंगरहैन्स की द्वीपिकाएँ (Islets of Langerhans) होती हैं। लैंगरहैन्स के द्वीप समूह को पैन्क्रियाटिक द्वीप समूह (Pancreatic islets) या

छोटे द्वीप समूह को पैन्क्रियाटिक द्वीप समूह (Pancreatic islets) या छोटे द्वीप समूह (Small islands) कहते हैं। मनुष्य में इन द्वीपिकाओं की संख्या लगभग 10 लाख होती है। इन द्वीपिकाओं की खोज वैज्ञानिक लैंगरहैन्स (Langerhans, 1869) ने की थी।



चित्र क्र. 5.14: Endocrine Gland: Islet of Langerhans in Pancreas

5.15.2 लैंगरहैन्स के द्वीप समूह की औतिकी संरचना (Histological Structure of Islet of Langerhans)

लैंगरहैन्स कि द्वीपिकाएँ छोट-छोटे अन्तःस्त्रावी कोशिकाओं के अण्डाकार समूह हैं। प्रत्येक समूह सैकड़ों कोशिकाओं, रक्त कोशिकाओं (Blood capillaries) एवं रक्त पात्रों (Blood sinusoids) का बना होता है। लैंगरहैन्स के द्वीप समूह अग्न्याशय के अन्तिम या पुच्छीय भाग में सिर की अपेक्षा अधिक होते हैं। वयस्क मनुष्य में लैंगरहैन्स के द्वीप समूह की संख्या 2,00,000 से 20,00,000 तक होती है, नवजात शिशु में यह संख्या 1,00,000 से 5,00,000 तक होती है। लेसी एव ग्रीडर (Lacy and Greider, 1972) ने द्वीप समूह में तीन भिन्न प्रकार की कोशिकाएँ अधिकांश स्तनी प्राणियों में दर्शायीं। इसमें तीन प्रकार की कोशिकाएँ पायी जाती हैं—

- α -अल्फा कोशिकाएँ 32-38% एवं
- छोटी-बड़ी β -बीटा कोशिकाएँ 60-75% तथा
- δ -डेल्टा कोशिकाएँ 2%-8%।

बीटा कोशिकाएँ इन्सुलिन (Insulin) एवं अल्फा कोशिकाएँ ग्लूकागॉन (Glucagone) नामक हॉर्मोन का स्त्रावण करती है। डेल्टा कोशिकाओं का कार्य अभी निश्चित नहीं है। α - डेल्टा कोशिकाएँ गैस्ट्रिन (Gastrin) को स्त्रावित करती हैं। कुछ वैज्ञानिकों के अनुसार डेल्टा कोशिकाएँ अल्फा एवं बीटा कोशिकाओं में समन्वय रखती हैं—

1. **α -कोशिकाएँ (α -cells or A_2 cells)**— बड़े आकार की कणिकामयी एक समान आकार की पायी जाती है, यह कणिकाएँ कोशिकाद्रव्य (Cytoplasm) में समान रूप से वितरित रहती है। गोलाकार कणिकाएँ चिकनी मेम्ब्रेन की थैली में आवरित रहती हैं। इन कोशिकाओं में अधिक इलेक्ट्रॉन घनत्व की स्त्रावी कणिकाएँ पायी जाती हैं। कोशिकाद्रव्य (Cytoplasm) में गॉल्जी काम्प्लेक्स (Golgi complex), एक साधारण मात्रा में एण्डोप्लाज्मिक रेटिकुलम (Endoplasmic reticulum) एवं कभी-कभी मुक्त राइबोसोम (Ribosome) पाए जाते हैं। कोशिकाद्रव्यी मैट्रिक्स में कुछ छोटे तन्तुमय (Filamentous) माइटोकॉण्ड्रिया (Mitochondria) पाए जाते हैं। A_2 कोशिकाओं का केन्द्रक (Nucleus) अधिक दन्ताकार (Indented) होता है। आकारकीय के अनुसार स्त्रावी कणिकाएँ (Secretory granules) A_2 कोशिकाओं को A_a , A_b , A_c में विभाजित करती हैं। होयोस-ग्वेवारा (Hoyos-Guevara) ने 1969 में इन कोशिकाओं को चूहों, गायना पिग्स (Guinea Pigs) में भी पाया।

2. **β -कोशिकाएँ (β -cells)**— यह कोशिकाएँ भी कणिकीय (Granular) लेकिन बेसोफिलिक (Basophilic) होती हैं। कणिकाएँ समान आकार की होती हैं लेकिन A_2 कोशिकाओं की अपेक्षा यह कोशिकाएँ अपारदर्शी होती हैं। यह ऐल्कोहॉल में घुलनशील होती हैं। यह कोशिकाएँ (β -cells) आकार में छोटी, परिधि की ओर पायी जाती हैं और इन्सुलिन (Insulin) को स्त्रावित करती हैं। इलेक्ट्रॉन सूक्ष्मदर्शी के अन्तर्गत β -कोशिका में प्रत्येक कणिका एक थैले (Sac) के अन्दर रहती है। थैले (Sac) दोहरी मेम्ब्रेन के बने होते हैं। एक स्वच्छ स्थान β -कोशिकाओं की स्त्रावी कणिकाओं (Secretory granules) और उसकी परिसीमित मेम्ब्रेन के बीच में होती है। थैला कोशिका की रेटिकुलम के द्वारा निर्मित होता है। α -कोशिका की अपेक्षा β -कोशिकाओं में गॉल्जी काम्प्लेक्स (Golgi complex) अधिक स्पष्ट होता है या प्रमुखता से पाया जाता है। β -कोशिकाओं में कणिकीय एण्डोप्लाज्मिक रेटिकुलम (Granular endoplasmic reticulum) एवं स्वतन्त्र राइबोसोम (Ribosome) पाए जाते हैं। β -कोशिका की कणिकाएँ (Granules) गोल या अण्डाकार केन्द्रक (Nucleus) एवं प्लाज्मा मेम्ब्रेन (Plasma membrane) के बीच पायी जाती है। β -कोशिकाएँ β_1 एवं β_2 में विभाजित होती हैं।

3. **δ -कोशिकाएँ या A_1 कोशिकाएँ (δ -cell or A_1 cells)**— यह कोशिकाएँ सर्वप्रथम मानव अग्न्याशय (Human pancreas) में पायी गईं। वर्तमान में यह पाया गया कि इन कोशिकाओं में गैस्ट्रिन (Gastrin) हॉर्मोन पाया जाता है। जोलिन्जर-एलिसन सिन्ड्रोम (Zollinger-Ellison syndrome) में नॉन δ -कोशिकाएँ (A_1 कोशिकाएँ) गैस्ट्रिन (Gastrin) को स्त्रावित करती हैं। यह सिन्ड्रोम द्वीप समूह की कोशिकाओं में ट्यूमर के कारण होता है। यह कोशिकाएँ इन्सुलिन (Insulin) एवं ग्लूकागोन (Glucagone) स्त्रावित नहीं करती है, लेकिन अत्यधिक मात्रा में गैस्ट्रिन को स्त्रावित करती हैं।

उपर्युक्त कोशिकाओं के अतिरिक्त अन्य कोशिकाएँ भी पायी जाती हैं। अन्य कोशिकाएँ हैं—

- (a) **X या F कोशिकाएँ (X or F-cells)**— 50% बेन्कोस्म एवं लीपा (Bencosame and Leipa) ने 1955 में सर्वप्रथम इन कोशिकाओं को α , β , एवं δ -कोशिकाओं के अतिरिक्त कुत्ते की लैंगर द्वीप समूह में पाया। इन कोशिकाओं को वैज्ञानिकों ने प्रकाश सूक्ष्मदर्शी (Light microscope) के द्वारा देखा। इन कोशिकाओं को X-कोशिका कहते हैं। मुन्गेर एवं अन्य (Munger *et. al*) ने 1965 में इलेक्ट्रॉन सूक्ष्मदर्शी (Electron microscope) में देखने पर इन कोशिकाओं को F-कोशिका (F-cells) नाम दिया।
- (b) **E-कोशिका (E-cells)**— थॉमस (Thomas, 1973) एवं इसके पश्चात् मुन्गेर एवं अन्य (Munger *et. al*) ने 1965 में इस प्रकार की कोशिकाओं को बड़ी कणिकाओं सहित ओपोसम के द्वीप समूह (Islets of opossum) में पाया।
- (c) **C-कोशिकाएँ (C-cells)**— वर्तमान समय तक C-प्रकार की कोशिकाओं को गायना पिग्स (Guinea pigs) के अग्न्याशय (Pancreas) में पहचाना, और इनका कार्यात्मक अवस्था α एवं β -कोशिकाओं का होता है लेकिन इलेक्ट्रॉन सूक्ष्मदर्शी (Electron microscope) के द्वारा अध्ययन में इन कोशिकाओं को नहीं देखा। फूजिता (Fujita, 1968) ने अधिक प्रमाण प्रस्तुत किए और दर्शाया कि C-कोशिकाएँ और कोई नहीं δ या A_1 कोशिकाएँ ही होती हैं। लेकिन वटारी (Watari), सुकागोशी (Tsukagoshi) एवं होन्मा (Honma) ने 1970 में पीले पुच्छ वाली मछलियों में दर्शाया कि C_1 कोशिकाओं में अनेक संख्या में रिक्तिकाएँ (Vacuoles) पायी जाती हैं जिनका व्यास β_1 -कोशिका कणिकाएँ (Granules) के समान होता है। कुछ रिक्तिकाओं की C_1 कोशिकाओं में तन्तुमय संरचनाएँ β_1 कोशिकाओं की कणिकाओं की संरचना के समान होती हैं। यह दर्शाया गया कि β_1 , β_2 एवं C_1 केवल एक प्रकार की कोशिका की विभिन्न कार्यात्मक अवस्था है।

लैंगरहैन्स द्वीप समूह को दायीं वेगस (Vagus) की शाखाओं के द्वारा संभरित करती है।

लैंगरहैन्स के द्वीप समूह (Islet of Langerhans) की α -कोशिकाएँ ग्लूकागॉन (Glucagone) का स्त्रावण करती हैं। इसका कार्य रक्त में ग्लूकोस के स्तर में वृद्धि करना है। ग्लूकागॉन यकृत में ग्लाइकोजेन को ग्लूकोस में परिवर्तित कर देता है। इस क्रिया को ग्लाइकोजिनोलिसिस (Glycogenolysis) कहते हैं। β -कोशिकाएँ इन्सुलिन को स्त्रावित करती हैं। यह रक्त में ग्लूकोस के संचरण में वृद्धि करता है। ग्लूकोस को ग्लाइकोजेन में परिवर्तित करता है— ग्लाइकोजेनेसिस (Glycogenesis)। यह क्रिया ग्लूकोनिओजेनेसिस को कम करती है। ग्लूकोस + अन्य खाद्य पदार्थों को वसा अम्लों में परिवर्तित करती है। इन्सुलिन का नियमन रक्त में ग्लूकोस की मात्रा पर निर्भर करता है तथा यह ऋणात्मक पुनर्निवेशन तन्त्र पर आधारित होता है।

टिप्पणी

इन्सुलिन (Insulin) हॉर्मोन का पता मिंकोवस्की एवं मेहरिंग (Minkowski and Mehring, 1889) ने लगाया। यह हॉर्मोन दो पॉलीपेप्टाइड श्रृंखलाओं A एवं B का बना होता है। A श्रृंखला में 21 अमीनों अम्ल तथा B श्रृंखला में 30 अमीनो अम्ल होते हैं। यह रक्त में ग्लूकोस की मात्रा को कम करता है। यह हार्मोन कार्बोहाइड्रेट चयापचय (Metabolism) का नियन्त्रक है। रक्त में ग्लूकोस की सामान्य मात्रा 80 मिग्रा प्रति 100 मि. ली. होती है। इसके अल्प-स्त्रावण से शरीर की कोशिकाओं में ग्लूकोस (Glucose) का उचित उपयोग नहीं हो पाता है। इस कारण ग्लूकोस की मात्रा बढ़ जाती है जोकि मूत्र द्वारा बाहर निकलने लगती है, इस रोग को मधुमेह (डायबेटीज मेलीटस— Diabetes mellitus) कहते हैं।

इन्सुलिन के अति-स्त्रावण से रक्त में ग्लूकोस की मात्रा कम होने लगती है, जिससे तन्त्रिका कोशिकाओं, मस्तिष्क कोशिकाओं, रेटिना की कोशिकाओं (Retinal cells) को तथा जनन एपीथीलियम (Germinal epithelium) की कोशिकाओं को ग्लूकोस की उचित मात्रा नहीं मिल पाती, जिससे दृष्टि ज्ञान व जनन की क्षमता कम हो जाती है और थकावट, मूर्छा आदि होने लगती है। इस स्थिति को इन्सुलिन शॉक (Insulin shock) कहते हैं।

यदि रक्त में इन्सुलिन की मात्रा कम होती है तो मूत्र एवं रक्त में अधिक कीटोन अणु उत्पन्न होते हैं। स्थिति को कीटोसिस (Ketosis) कहते हैं। इन्सुलिन की अनुपस्थिति में कार्बोहाइड्रेट का पूर्ण रूप से उपयोग नहीं होता है और वसा का अधिक चयापचय होता है जिससे कीटोन काय (Ketone bodies) बनते हैं। यह वसा चयापचय को ही नियन्त्रित करता है।

5.15.3 ग्लूकागॉन (Glucagone)

यह हार्मोन हाइपरग्लाइसिमिक— ग्लाइकोजेनोलिटिक कारक (Hyperglycemic glycogenolytic factor) भी कहलाता है। यह रक्त में शर्करा स्तर को बढ़ाता है। रक्त में ग्लूकोस की सामान्य मात्रा से कम होते ही अल्फा कोशिकाएँ इस हॉर्मोन का स्त्रावण करती हैं। रक्त में ग्लूकोस की मात्रा बढ़ाने के लिए यह यकृत में वसा एवं अमीनों अम्ल से ग्लूकोस के संश्लेषण और ग्लाइकोजेन (Glycogen) के विखण्डन को एवं वसा ऊतकों में वसा के विखण्डन को प्रेरित करता है। परिश्रम, व्यायाम तथा आपातकालीन स्थिति में इस हॉर्मोन का स्त्रावण होने लगता है।

सामान्य स्थिति में इन्सुलिन एवं ग्लूकागॉन दोनों रक्त ग्लूकोस का स्तर स्थिर रखते हैं।

आधुनिक वैज्ञानिकों के अनुसार अग्न्याशय से चार अन्य हॉर्मोन्स स्त्रावण होता है— लाइपोकेक (Lipocaic), वैगोटोनिन (Vagotonin), सेन्ट्रोप्नीन (Centropnein) एवं सोमेटोस्टेटिन (Somatostatin)। लाइपोकेक यकृत में वसा के चयापचय, वैगोटोनिन—परानुकम्पी तन्त्रिका तन्त्र (Parasympathetic nervous system) तथा सेन्ट्रोप्नीन श्वास एवं गैसीय विनिमय को बढ़ावा देता है। सोमेटोस्टेटिन—यह वृद्धि हॉर्मोन के स्त्रावण को रोकता है।

लैंगरहैन्स के द्वीप समूह का नियन्त्रण ऋणात्मक पुनर्निवेशन प्रक्रिया द्वारा होता है।

उपर्युक्त दोनों हॉर्मोन्स के अलावा एक तीसरा हॉर्मोन सोमेटोस्टेटिन (Somatostatin) स्त्रावित होता है। जोकि इन्सुलिन (Insulin) एवं ग्लूकागॉन (Glucagone) हॉर्मोन्स के स्त्रावण के रोकता है।

टिप्पणी

5.16 नर एवं मादा प्रजनन हार्मोन की कार्यिकी (Role of Sex Hormones in Male and Female)

सारणी क्र. 5.2: प्रजनन में हॉर्मोन की भूमिका
(Role of Hormones in Reproduction)

क्र.	स्रोत	हॉर्मोन्स	भूमिका या कार्य
1.	पीयूष ग्रन्थि का अग्र पिण्ड	पुटिका उत्तेजक हार्मोन (FSH)	नर में शुक्राणु निर्माण को उत्तेजित या प्रेरित करता है। मादा में अण्डाशयी पुटिका की वृद्धि एवं पुटिका कोशिकाओं से एस्ट्रेडिऑल (Estradiol) हार्मोन के स्त्रावण को प्रेरित करता है।
		ल्यूटिनाइजिंग हार्मोन (LH)	नर में टेस्टोस्टेरोन हार्मोन के स्त्रावण को प्रेरित करता है। मादा में अण्डोत्सर्ग पीत पिण्ड के निर्माण एवं एस्ट्रेडिऑल व प्रोजेस्टेरोन हार्मोन के स्त्रावण को उत्तेजित करता है।
		प्रोलैक्टिन	स्तन ग्रन्थियों की वृद्धि, दुग्ध उत्पादन, पीत पिण्ड के निर्माण एवं FSH व LH के संदमक का कार्य करता है।
2.	पीयूष ग्रन्थि के पश्च पिण्ड	ऑक्सीटोसिन	प्रसव के समय गर्भाशय की भित्ति में संकुचन उत्पन्न करता है। स्तन ग्रन्थियों से दुग्ध स्त्रावण को बढ़ाता है।
3.	वृषण	टेस्टोस्टेरोन	नर में शुक्राणु निर्माण एवं द्वितीयक लैंगिक लक्षणों के विकास को प्रेरित करता है।
4.	अण्डाशय	एस्ट्रोजेन या एस्ट्राडिऑल	मादा के द्वितीयक लैंगिक लक्षणों के विकास, विकसित होते हुए भ्रूण को गर्भाशय में ले जाने के लिये डिंब वाहिनी को तैयार करने, भ्रूण के रोपण के लिये गर्भाशय की भित्ति को तैयार करना, LH और प्रोलैक्टिन के स्त्रावण को रोकना।

टिप्पणी

		प्रोजेस्टेरोन	विकसित होते हुए भ्रूण को गर्भाशय में ले जाने के लिये डिंब वाहिनी को तैयार करना, भ्रूण के रोपण के लिये गर्भाशय की भित्ति को तैयार करना, दुग्ध स्त्रावण के लिये वक्षस्थल व स्तन का आकार में बढ़ना, गर्भाशय के अन्तःस्तर (Endometrium) से पोषक द्रव्य का स्त्रावण, FSH के स्त्रावण को रोकना, गर्भाशय के संकुचन इत्यादि कार्य करता है।
5.	अपरा (Placenta)	मानव कोरिओनिक गोनेडोट्रोपिन (HCG)	पीतपिण्ड (Corpus luteum) की मरम्मत एवं रखरखाव करना, पीतपिण्ड को एस्ट्रोजेन और प्रोजेस्टेरोन हॉर्मोन के स्त्रावण के लिए उत्तेजित करना।
		मानव अपरा लैक्टोजन हार्मोन	स्तन ग्रन्थियों की वृद्धि को उत्तेजित करना।
6.	पीयूष ग्रन्थि के पश्च पिण्ड	ऑक्सोटोसिन	प्रसव के समय गर्भाशय भित्ति में संकुचन गतियों को प्रेरित करता है।
7.	पीत पिण्ड या कॉर्पस ल्यूटियम	रिलैक्सिन	प्रसव के समय ग्रीवा (Cervix) एवं श्रोणी मेखला के स्नायु को शिथिल करता है, जिससे योनिद्वार चौड़ा हो जाता है फलतः शिशु आसानी से बाहर आ जाता है।

5.17 अपनी प्रगति जाँचिए प्रश्नों के उत्तर (Answers to Check Your Progress)

- | | |
|--------|---------|
| 1. (ग) | 8. (क) |
| 2. (ख) | 9. (ख) |
| 3. (क) | 10. (ख) |
| 4. (घ) | 11. (ग) |
| 5. (क) | 12. (ग) |
| 6. (घ) | 13. (क) |
| 7. (ख) | |

5.18 सारांश (Summary)

अन्तःस्त्रावी तन्त्र ग्रन्थियों, तन्त्रिका तन्त्र के साथ संयोग बनाकर शरीर को गतिमान बनाये रखती है। अन्तःस्त्रावी ग्रन्थियों (Endocrine glands) से तरल पदार्थ निकलता है जिसे हार्मोन्स कहते हैं। ये कैसे कार्य करता है, यही सरल भाषा में विस्तार से बताया गया है।

टिप्पणी

5.19 मुख्य शब्दावली (Key Terminology)

- Nervous system (तन्त्रिका तन्त्र)
- Endocrine system (अन्तःस्त्रावी तन्त्र)
- Exocrine glands (बाह्यस्त्रावी ग्रन्थियों)
- Pituitary gland (पीयूष ग्रन्थि)
- Thyroid gland, Thymus gland, Parathyroid gland, Adrenal gland
- Islet of Langerhans (लैंगरहैन्स के द्वीप समूह)
- α -cells, β -cells

5.20 स्व-मूल्यांकन प्रश्न एवं अभ्यास (Self Assessment Questions and Exercises)

लघु उत्तरीय प्रश्न (Short Answer Type Questions)

1. निम्नलिखित पर संक्षिप्त टिप्पणियाँ लिखिए—
 - (i) पार्स डिस्टेल्लिस
 - (ii) सोमेटोट्रापिक हॉर्मोन
 - (iii) रिलेक्सिन
2. संक्षिप्त टिप्पणियाँ लिखिए—
 - (i) एडिनोहायपोफायसिस की संरचना
 - (ii) पीयूष ग्रन्थि के कार्य
 - (iii) पुनर्निवेशन
3. थायरॉइड ग्रन्थि से स्त्रावित हॉर्मोन व उनके कार्यों का वर्णन कीजिए।
4. संक्षिप्त टिप्पणी लिखिए—
 - (i) थायरॉइड ग्रन्थि की सामान्य संरचना
 - (ii) थायरॉइड की अनियमितताएँ एवं रोग
 - (iii) T_4
5. एड्रिनल मेड्यूला की संरचना एवं कार्यों का संक्षिप्त वर्णन कीजिए।

टिप्पणी

6. किन्हीं दो पर संक्षिप्त टिप्पणियाँ लिखिए—
 - (i) मिनरेलोकॉर्टिकॉइड
 - (ii) एड्रिनेलिन
 - (iii) ग्लूकोकॉर्टिकॉइड
7. इन्सुलिन एवं ग्लूकागॉन हॉर्मोन्स एवं कार्यों का वर्णन कीजिए।
8. थायमस की संरचना एवं हॉर्मोन्स के कार्यों का वर्णन कीजिए।
9. थायमस ग्रन्थि के कार्यों का वर्णन कीजिए।

दीर्घ उत्तरीय प्रश्न (Long Answer Type Questions)

1. पीयूष अन्तःस्त्रावी ग्रन्थि की संरचना एवं उसके द्वारा स्त्रावित हॉर्मोन्स के कार्यों का वर्णन कीजिए।
2. पीयूष ग्रन्थि की सामान्य संरचना के साथ एडिनोहायपोफायसिस की संरचना एवं इसके द्वारा स्त्रावित हॉर्मोन्स के कार्यों का वर्णन कीजिए।
3. न्यूरोहायपोफायसिस की संरचना एवं कार्यों का वर्णन कीजिए।
4. एडिनोहायपोफायसिस द्वारा स्त्रावित हॉर्मोन्स के कार्यों का वर्णन कीजिए।
5. अन्तःस्त्रावी ग्रन्थि क्या है? एडिनोहायपोफायसिस के भागों की संरचना एवं उनसे उत्सर्जित हॉर्मोन्स के कार्यों का वर्णन कीजिए।
6. एडिनोहायपोफायसिस एवं न्यूरोहायपोफायसिस की संरचना का वर्णन कीजिए।
7. पीयूष अन्तःस्त्रावी ग्रन्थि की संरचना का वर्णन कीजिए।
8. पीयूष ग्रन्थि के द्वारा स्त्रावित हॉर्मोन्स के कार्यों का वर्णन कीजिए।
9. थायरॉइड ग्रन्थि की संरचना का वर्णन कीजिए।
10. थायरॉइड ग्रन्थि से स्त्रावित हॉर्मोन्स, उनके कार्य एवं होने वाली विसंगतियों का वर्णन कीजिए।
11. एड्रिनल ग्रन्थि की संरचना का वर्णन कीजिए।
12. एड्रिनल कार्टेक्स की संरचना का वर्णन कीजिए।
13. एड्रिनल मेड्यूला की संरचना एवं हॉर्मोन्स के कार्यों का वर्णन कीजिए।
14. एड्रिनल ग्रन्थि से स्त्रावित हॉर्मोन्स एवं उनकी अनियमितताओं का वर्णन कीजिए।
15. पैराथायराइड ग्रन्थि की संरचना एवं कार्यों का वर्णन कीजिए।
16. थायरॉइड एवं पैराथायराइड ग्रन्थि हार्मोन्स के स्त्रावण के नियमन का वर्णन कीजिए।
17. थायमस अन्तःस्त्रावी ग्रन्थि की संरचना का वर्णन कीजिए।
18. लैंगरहैन्स द्वीप समूह की संरचना एवं कार्यों का वर्णन कीजिए।

5.21 सहायक पाठ्य सामग्री (Suggested Readings)

Books of MP Hindi Granth Academy

1. Parker & Haswall : Text Book of Vertebrate Zoology
2. Kotpal, RL : Vertebrate
3. Jordan, EL and Verma, PS : Chordate Zoology
4. Rastogi, VB : Organic Evolution
5. Singh and Chaturvedi : Organic Evolution
6. Ernst W. Mayr : Evolution and the Diversity of life
7. Colbert : Evolution
8. Verma, PS and Agrawal, VK : Cell Biology, Genetics, Molecular Biology, Evolution
9. Verma PS : Animal Physiology
10. Nigam, HL : Animal Physiology
11. Wood, DW : Principle of Animal Physiology
12. Berry, AK : Animal Physiology and Biochemistry
13. Prosser, CL : Animal Physiology and Biochemistry
14. Goyal and Shastri : Animal Physiology
15. Shrivastava, HS : Biochemistry
16. Lehninger : Biochemistry

टिप्पणी

संदर्भ सूची (References)

टिप्पणी

1. Animal Physiology & Bio-chemistry Dr. K.V. Sastry Revised by Dr. Priyanka Mathur.
2. Concepts of Bio-chemistry S.N. Gupta.
3. Endocrinology & Reproductive Biology by Dr. K.V. Sastry.
4. Principle of Physiology & Anatomy Torr Torra.
5. Animal Physiology Goyal & Sastry.
6. Animal Physiology Eckert & Randall.
7. Bio-chemistry S.C. Rastogi.
8. Endocrinology by Cube.