इकाई 7

कोशिका अंगक (II)

इकाई की रूपरेखा

7.1 प्रस्तावना

पिछली इकाइयों में आपको पूर्वकेन्द्रकी और ससीमकेन्द्रकी कोशिकाओं की संरचना से अवगत कराया गया है। इसमें पादप कोशिका और कलाओं की संरचना, कोशिका के प्रमुख कोशिका अंगकों जैसे हरितलवक (क्लोरोप्लास्ट), माइटोकॉन्ड्रिया, एन्डोप्लैस्मिक रेटीकुलम (ई.आर.), गॉल्जी बॉडीज की संरचना और उन के कार्यों का विस्तृत विवरण दिया गया है। इस इकाई में मास्टर अंगक केन्द्रक के विस्तृत विवरणों के साथ ही आप छोटे अंगकों जैसे परऑक्सीसोम, ग्लाइऑक्सीसोम और राइबोसोम के विषय में पढ़ेंगे, जो पौधों में होने वाली कोशिकीय प्रक्रियाओं में अनिवार्य रूप से प्रमुख भूमिका निभाते हैं। इन कलाबद्ध या कलाविहीन गोल पिंडों का आमाप 0.2 से 1.5 माइक्रोमीटर के परास में होता है और ये एन्डोप्लैस्मिक रेटीकुलम (E.R.) माइटोकॉन्ड्रिया अथवा हरितलवकों जैसे अंगको से निकट रूप से संबन्धित पाए जाते हैं। इन अंगकों में केन्द्रीय कणमय या क्रिस्टलाभ कोर (core) होती है जिसमें कुछ विशिष्ट एन्जाइम होते हैं और इनको

सूक्ष्मपिंड/माइक्रोबॉडीज (microbodies) कहते हैं। माइक्रोबॉडीज़/सूक्ष्मपिंड (microbodies) कोशिका के कोशिकाद्रव्य में उपस्थित गोल अंगक हैं। इनमें मुख्यरूप से परऑक्सीसोम (peroxisome), ग्लाइऑक्सीसोम (glyoxysomes) और ग्लाइकोसोम सम्मिलित है। सूक्ष्मपिंडों (माइक्रोबॉडीज) के विशिष्ट आकारिकीय गुण होते हैं अर्थात् ये एकल कला से बद्ध होते हैं और इनमें आंतरिक कलाएं नहीं होती हैं तथा अक्रिस्टलीय (amorphous) अथवा सहक्रिस्टलीय (paracrystalline) अंतर्वेशन (inclusions) हो सकते हैं। इनमें विभिन्न एन्जाइम पाए जाते हैं, जो कोशिका की विभिन्न उपापचयी क्रियाओं में महत्वूपर्ण भूमिका निभाते हैं।

क्राइस्टियन रेने डी डुवे (Christian Rene de Duve) ने इन उपकोशिकीय अंगकों की खोज और इनको वियुक्त करने में अग्रणी कार्य किया है। अंगको को उनके अवसादन गुणांक (sedimentation coefficient) और घनत्व के आधार पर पृथक किया गया था। राइबोसोमों को सामान्यतः सबसे छोटे अंगक माना जाता है। ये कलाविहिन होते हैं, और इनको अक्सर प्रोटीन फैक्टरी (protein factory) कहा जाता है।

उद्देश्य

इस इकाई के अध्ययन के बाद, आप :

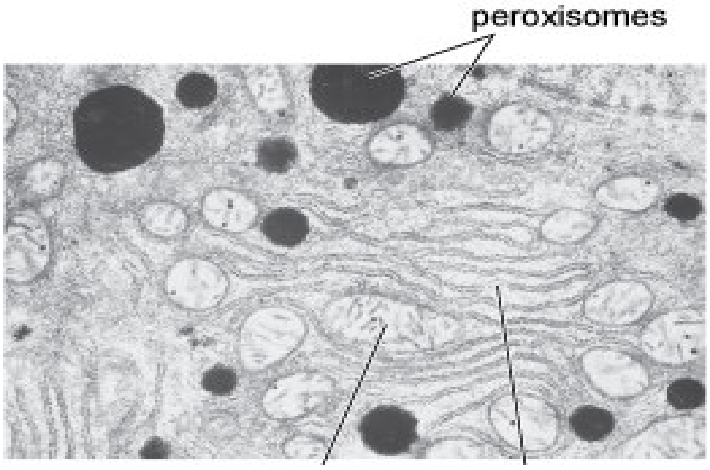
- परऑक्सीसोम, ग्लाइऑक्सीसोम और राइबोसोम की संरचना और कार्यों को समझ सकेंगे;
- विभिन्न प्रकार के अन्य कोशिकांतरंगकों (cell inclusions) के बारे में जान सकेंगे;
- केन्द्रक, केन्द्रक रंध्र कॉम्प्लैक्स और क्रोमेटिन सामग्री का वर्णन कर सकेंगे; और
- कोशिका कंकाल के संरचनात्मक संघटकों और कार्यों का वर्णन कर सकेंगे।

7.2 परऑक्सीसोम

परऑक्सीसोम छोटे एक कला से आवरित सर्वव्यापी अंगक हैं। ये कोशिका अंगकों जैसे ऐन्डोप्लैस्मिक रेटीकुलम (ER), माइटोकॉन्ड्रिया या हरितलवकों से निकट रूप से संबद्ध पाए जाते हैं। ये आकारिकीय रूप से लाइसोसोम के समान होते हैं। ये जंतु और पादप कोशिकाओं समेत सभी ससीमकेन्द्रकी कोशिकाओं में पाए जाते हैं। पौधों में, ये सभी प्रकाशसंश्लेषी कोशिकाओं में भी पाए जाते हैं। ये पांडुरित (etiolated) पर्णऊतकों, प्रांकुर-चोलों (coleoptile) और बीजपत्राधरों (hypocotyl) में प्रचुरता से पाए जाते हैं। स्तनधारियों में, ये यकृत की कोशिकाओं और वसा अणुओं/एडीपोसाइट (adipocytes) में प्रचुरता से पाए जाते हैं।

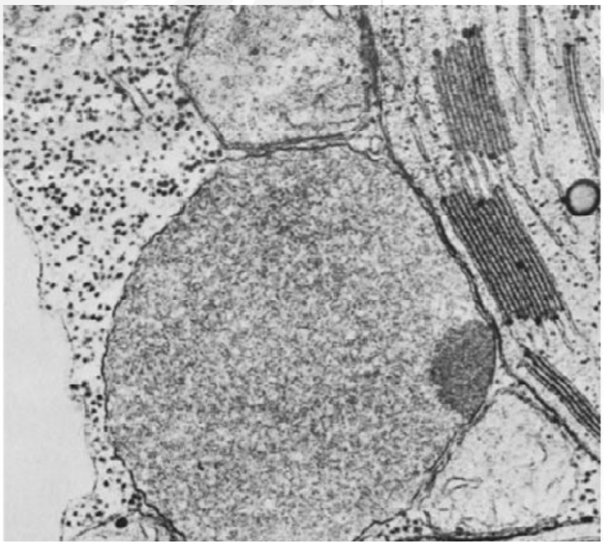
संरचना

परऑक्सीसोम गोल (0.2-1.5 माइक्रोमीटर व्यास के) होते हैं लेकिन ये परिवर्ती आमाप और आकार के भी हो सकते हैं। एकल लिपोप्रोटीन कला भीतरी कणमय अथवा तंतुमय मैट्रिक्स को घेरे रहती है (चित्र 7.1)। ये अंतर्वस्तुएं सूत्र/तंतुक अथवा क्रिस्टलाभ रूप में पाई जा सकती हैं।



चित्र 7.1 : परऑक्सीसोम की संरचना को दर्शाता इलैक्ट्रोन माइक्रोग्राफ।

परऑक्सीसोम की खोज **रोडिन** (Rhodin) द्वारा 1954 में चूहे के गुर्दे के इलैक्ट्रोन सूक्ष्मदर्शीय अध्ययनों की सहायता से की गई थी। इस एकल कला से बद्ध अंगक को पहले सूक्ष्मपिंड/माइक्रोबॉडी (microbody) कहा जाता था। **डी ड्यूव** एवं **बेन्डुइन** (De Duve and Bandhuin) (1966) ने पादप कोशिकाओं में भी समान संरचनाओं को रिपोर्ट किया था (चित्र 7.2)। परऑक्सीसोमों को अत्यधिक गतिक अंगक माना जाता है जो विभिन्न आकारिकी और विविध उपापचयी क्रियाओं को प्रदर्शित करते हैं। ये या तो परस्परसंबन्धित नलिकाओं के संजाल (नेटवर्क) के रूप में पाए जाते हैं, जिसको परऑक्सीसोम रेटीकुलम (peroxisome reticulum) कहते हैं, अथवा अलग-अलग माइक्रोपरऑक्सीसोम के रूप में पाए जाते हैं। जीव के अनुसार कोशिका में कुछ से लेकर असंख्य तक परऑक्सीसोम पाए जा सकते हैं। स्तनधारियों में एक यकृत कोशिका (hepatocyte) में सामान्यः लगभग 400 से 600 परऑक्सीसोम होते हैं। ये कोशिका के आयतन के 2% भाग को घेर लेते हैं।

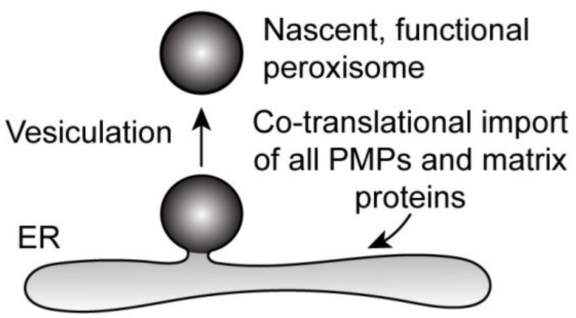


चित्र 7.2 : तंबाकू की पत्ती की एक कोशिका में परऑक्सीसोम को दर्शाता इलैक्ट्रोन माइक्रोग्राफ (40,000X)।

7.2.1 परऑक्सीसोम का जैवजनन/उत्पत्ति

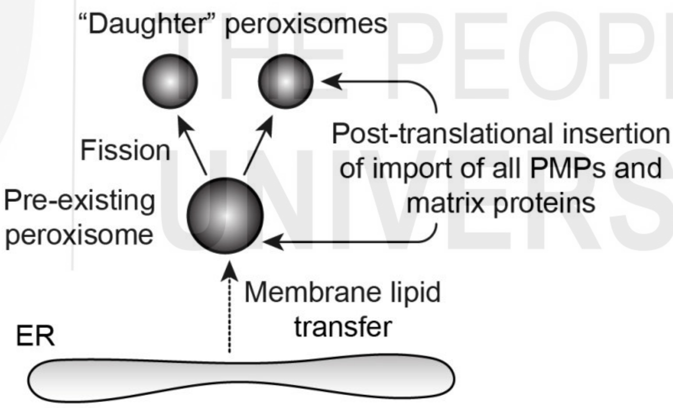
पादपों में परऑक्सीसोम की उत्पत्ति अथवा जैवजनन के लिए तीन मॉडल प्रस्तुत किए गए हैं। हम बारी-बारी से उनके बारे में अध्ययन करेंगे।

ऐन्डोप्लैस्मिक रेटीकुलम (स्फोटगर्तन) आशयभवन मॉडल (ER. vesiculation model) के अनुसार, परऑक्सीसोम की उत्पत्ति ऐन्डोप्लैस्मिक रेटीकुलम (ER) से हुई है (चित्र 7.3)। अंगक के कुछ प्रोटीनों और ऐन्डोप्लैस्मिक रेटीकुलम में पाए जाने वाले प्रोटीनों में समानताएं पाई गई, जिसने इस परिकल्पना के समर्थन में प्रमाण प्रदान किए।



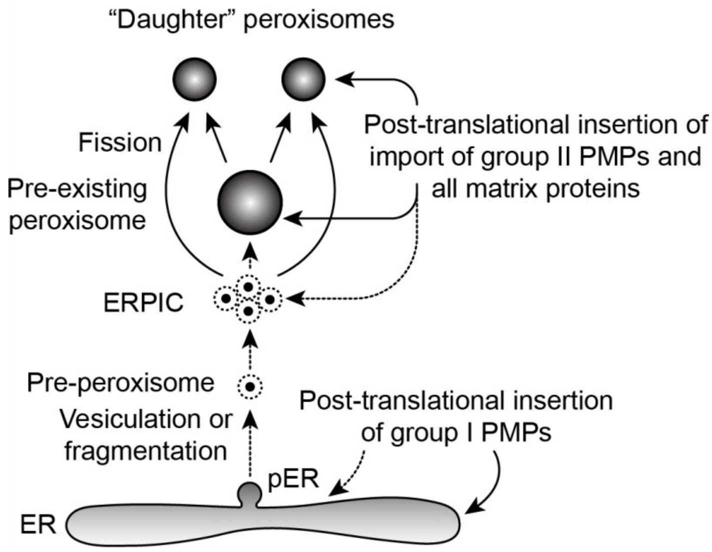
चित्र 7.3 : परऑक्सीसोम के जैवजनन का एन्डोप्लैस्मिक रेटीकुलम आशयभवन मॉडल।

दूसरा मॉडल **वृद्धि और विभाजन मॉडल** (Growth and division model) है। इस मॉडल के अनुसार सभी परऑक्सीसोम स्वायत्त अंगक हैं जो पहले से मौजूद परऑक्सीसोमों के विभाजन से उत्पन्न होते हैं (चित्र 7.4)। पहले से मौजूद परऑक्सीसोम वृद्धि और विभाजन करते हैं। विभाजन की प्रक्रिया सममित अथवा असममित हो सकती है। सममित विभाजन से समान आमाप के परऑक्सीसोम बनते हैं, जबकि असममित विभाजन से विभिन्न आमाप के परऑक्सीसोम बनते हैं। विभाजन और गुणन के बाद, परऑक्सीसोम कोशिका में विभिन्न स्थानों पर चले जाते हैं। यह गति सूक्ष्मनलिकाओं द्वारा सुगम होती है।



चित्र 7.4 : पौधों में परऑक्सीसोम के जैवजनन का वृद्धि एवं विभाजन मॉडल।

हाल ही में, परऑक्सीसोम के जैवजनन के लिए **ऐन्डोप्लैस्मिक रेटीकुलम अर्ध-स्वायत्त मॉडल** (E.R. semi-autonomous model) को सुझाया गया है। इस मॉडल में पहले वाले मॉडलों की विभिन्न विशेषताओं को समावेशित किया गया है। इस मॉडल के अनुसार परऑक्सीसोमों का संश्लेषण ऐन्डोप्लैस्मिक रेटीकुलम के विशिष्ट स्थानों से होता है। ER-व्युत्पन्न पूर्वपरऑक्सीसोम (preperoxisome) (अर्थात् आशय या कला के अंश/पटलिकाएं) परऑक्सीसोमों को बनाते हैं। पूर्वपरऑक्सीसोम या आशय या तो पहले से मौजूद परऑक्सीसोमों को फोस्फोलिपिड और कुछ परऑक्सीसोमी कला प्रोटीन (peroxisamal membrane proteins; PMPs) प्रदान करते हैं अथवा एकसाथ युग्मित होकर नए परऑक्सीसोम बनाते हैं (चित्र 7.5)। परऑक्सीसोमी कला प्रोटीन (PMPs) साइटोसोल में उपस्थित मुक्त पोलीराइबोसोमों में निर्मित होते हैं।



चित्र 7.5 : पौधों में परऑक्सीसोम के जैवजनन का ऐन्डोप्लैस्मिक रेटीकुलम अर्धस्वायत्त मॉडल (ERPIC = एन्डोप्लैस्मिक रेटीकुलम परऑक्सीसोम इंटरमीडिएट कंपार्टमेन्ट)।

अंतः, ये निष्कर्ष निकाला जा सकता है कि परऑक्सीसोमों का जैवजनन एक जटिल प्रक्रिया है, जिसमें अनेक प्रावस्थाएं जैसे परऑक्सीसोम कला का निर्माण, मैट्रिक्स प्रोटीन का आयात, ऐन्डोप्लैस्मिक रेटीकुलम से प्राप्त लिपिडों का स्थानांतरण शामिल हैं। परऑक्सीसोम कला प्रोटीन (PMPs) और मैट्रिक्स प्रोटीन अनुवादन (ट्रांसलेशन) के बाद पहले से मौजूद और नए (संतति) परऑक्सीसोमों में व्यवस्थित हो जाते हैं जिससे उनकी वृद्धि होती है। परऑक्सीसोमी प्रोटीन टार्गेटिंग (peroxisomal protein targeting) और परऑक्सीसोम विभाजन में भागीदारी करने वाले प्रोटीनों की पहचान और लक्षणचित्रण *ऐरेबीडोप्सिस* (*Arabiodopsis*) में किया जा चुका है। नवीन अध्ययनों ने परऑक्सीसोमी प्रोटीनों का आयात, नियंत्रण और विघटन कैसे होता है इनके बारे में हमारी समझ को स्पष्ट करने का प्रयास किया है। अतः परऑक्सीसोम जैवजनन का वर्तमान मॉडल ऐन्डोप्लैस्मिक रेटीकुलम के खंडों से और पहले से मौजूद परऑक्सीसोम के खंडन द्वारा नए सिरे से (*denovo*) जैवजनन के संयुक्त मत को प्रदर्शित करता है।

7.2.2 कार्य

परऑक्सीसोम प्राथमिक और द्वितीयक उपापचय, पादप वृद्धि तथा पर्यावरणीय तनावों की अनुक्रियाओं में महत्वपूर्ण भूमिका निभाते हैं। पादप उपापचय में इनकी भूमिका सुस्थापित है। ये नवोद्भिदों में ग्लाइऑक्सीलेट चक्र के दौरान पत्तियों में वसा अम्लों के ऑक्सीकरण, प्रकाशश्वसन और पादप हार्मोनों जैसे इंडोल-3-एसीटिक अम्ल, जैसमोनिक अम्ल और सेलीसिलिक अम्ल के जैवसंश्लेषण में सहायक होते हैं। परऑक्सीसोमों में पाए जाने वाले ऑक्सीकारक एन्जाइम उपापचयी अभिक्रियाओं में भूमिका निभाते हैं। परऑक्सीसोम उपापचय, रिएक्टिव (अभिक्रियाशील) ऑक्सीजन स्पीशीज़ (reactive oxygen species; ROS) के अपमार्जन और सिग्नलिंग/संकेतन में (जैसमोनिक अम्ल, ऑक्सिन और सेलीसिलिक अम्ल जैसे अणुओं के संश्लेषण द्वारा) भागीदारी करते हैं।

- पादपों कोशिकाओं में परऑक्सीसोम वसा अम्लों के बीटा-ऑक्सीकरण के मुख्य स्थान के रूप में पाए जाते हैं। वसा अम्लों को पहले परऑक्सीसोम में भेजा जाता है जहां पर ये बीटा-ऑक्सीकरण चक्र में प्रवेश करने से पहले CoA-एस्टरों में रूपांतरित हो जाते हैं। इस प्रक्रिया में लंबी वसा अम्ल श्रृंखलाएं (20 या अधिक कार्बन परमाणुओं की) एसीटिल CoA में रूपांतरित हो जाती हैं जो उपापचयी

ऊर्जा का स्रोत हैं। जंतु कोशिकाओं में, बीटा ऑक्सीकरण की प्रक्रिया माइटोकॉन्ड्रिया और परऑक्सीसोम में संपन्न होती है। इसके विपरीत, पादप कोशिकाओं में यह प्रक्रिया सिर्फ परऑक्सीसोम में ही होती है।

- प्रकाशश्वसन के समय, परऑक्सीसोमी एन्जाइम वसा अम्ल और ऐमीनो अम्लों जैसे अणुओं को ऑक्सीकृत कर देते हैं। परऑक्सीसोम में पाया जाने वाला *कैटलेस* एन्जाइम हानिकारक हाइड्रोजन परऑक्साइड (H_2O_2) को अहानिकारक उत्पादों (जल और ऑक्सीजन) में विघटित कर देता है। इससे प्रकाश संश्लेषण की दक्षता बढ़ जाती है। अतः प्रकाश श्वसन की प्रक्रिया कोशिकीय अंगकों को H_2O_2 के विषाक्त प्रभाव से बचाने में सहायक होती है। *कैटलेस* भी विभिन्न पदार्थों को ऑक्सीकृत करने के लिए H_2O_2 का उपयोग करता है।

- प्रकाशश्वसन – पादपों में परऑक्सीसोम में संपन्न होने वाली प्रमुख प्रक्रियाओं में से एक है। परऑक्सीसोम उन तीन अंगकों में से एक है जो प्रकाशश्वसन में भागीदारी करते हैं। अन्य दो हरितलवक (क्लोरोप्लास्ट) और माइटोकॉन्ड्रिया हैं।

- बीजों में उपस्थित परऑक्सीसोम भंडारित वसा अम्लों को कार्बोहाइड्रेटों में रूपांतरित कर देते हैं, और इसप्रकार अंकुरणशील पौधों की वृद्धि के लिए अपरिष्कृत सामग्रियां और ऊर्जा प्रदान करते हैं।

- परऑक्सीसोम जैस्मोनेट हार्मोन के जैवसंश्लेषण में सहायक होते हैं, जो पौधों की वृद्धि, विकास और रक्षा क्रियाविधि में भागीदारी करता हैं।

- परऑक्सीसोमों की संख्या और आकारिकी गतिक रूप से नियंत्रित होते हैं जिससे पर्यावरणीय तनावों के लिए उद्‌भासित कोशिकाओं में समस्थापन (homeostatis) बना रहे। क्षतिग्रस्त परऑक्सीसोम स्वभोजिता (autophagy) द्वारा निकाल दिए जाते हैं जिससे कोशिका के सामान्य प्रचालन को सुनिश्चित किया जा सके। परऑक्सीसोमों में तनाव की स्थितियों में निर्मित होने वाली रिएक्टिव (अभिक्रियाशील) ऑक्सीजन स्पीशीज़ (ROS) संकेत पारक्रमण पथों (signal transduction pathways) (पश्चगामी संकेतन/सिग्नलिंग) को सक्रियित कर देती है, जो पौधों में रक्षा तंत्रों को नियंत्रित करते हैं।

- प्रतिऑक्सीकारक एन्जाइम परऑक्सीसोमों में पाए जाने वाले अनिवार्य घटक हैं, और कोशिका में रेडॉक्स समस्थापन को बनाए रखने में सहायक होते हैं।

- परऑक्सीसोम इंडोल -3-ब्यूटाइरिक अम्ल और पोलीएमीनों के उपापचय में महत्वपूर्ण भूमिका निभाते हैं।

बोध प्रश्न 1

क) रिक्त स्थानों को भरिए :

i) स्तनधारियों की यकृत कोशिकाओं में सामान्यतः 400 से 600 .... पाए जाते हैं।

ii) आशयभवन (स्फोटगर्तन) की संकल्पना के अनुसार, परऑक्सीसोम की उत्पत्ति .... से हुई है।

iii) सममित विभाजन से .... आमाप के परऑक्सीसोम बनते हैं।

iv) .... मॉडल में पहले के मॉडलों के विभिन्न पक्षों को समावेशित किया गया है और इसे परऑक्सीसोम के जैवजनन का वर्तमान मॉडल माना जाता है।

v) .... की प्रक्रिया के समय, परऑक्सीसोम में उपस्थित एन्जाइम हाइड्रोजन परऑक्साइड के निष्कासन में सहायता करते हैं।

vi) बीजों में .... की प्रक्रिया लंबी श्रृंखला के वसा अम्लों को दो एसीटिल कोएन्जाइम C_2 खंडों में रूपांतरित कर देती है।

ख) पर्यावरणीय तनाव की अनुक्रिया में परऑक्सीसोम की भूमिका का वर्णन कीजिए।

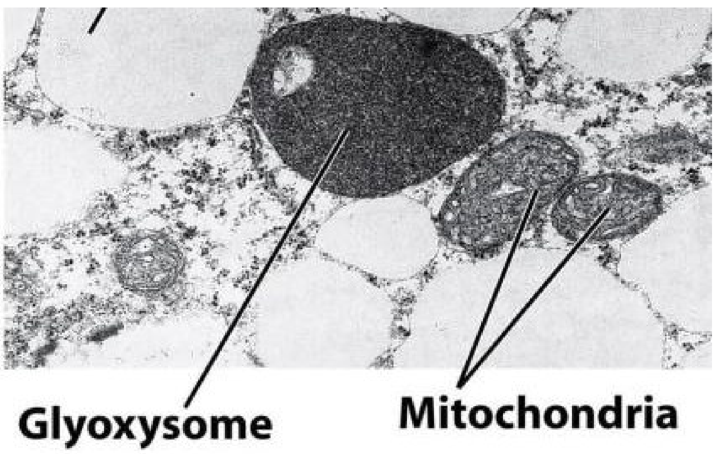
7.3 ग्लाइऑक्सीसोम

ग्लाइऑक्सीसोम (glyoxysome) पौधों प्रमुख रूप से अंकुरणशील बीजों के वसा भंडारण ऊतकों में पाए जाने वाले विशेषीकृत परऑक्सीसोम हैं। ग्लाऑक्सीसोम की खोज 1961 में **आर.डब्लू.ब्रीडनबैक** एवं **एच.बीवर्स** (R.W. Breidenback and H.Beevers) द्वारा की गई थी। ये अंगक मुख्य रूप से लिपिड का भंडारण करने वाले भ्रूणपोष (endosperm) और बीजपत्रों (cotyledons) की कोशिकाओं में पाए जाते हैं। ये यीस्ट, *न्यूरोस्पोरा* (*Neurospora*) और अनेक उच्चतर पादपों के तेल समृद्ध बीजों में भी पाए जाते हैं।

ग्लाइऑक्सीसोम वसीय बीजों में बीज अंकुरण के काल में अस्थायी रूप से पाए जाते हैं। ये वसीय बीजों की भ्रूणपोष कोशिकाओं में पाए जाते हैं और वसा अम्ल के ऑक्सीकरण में भागीदारी करते हैं। उच्चतर पादपों के ग्लाइऑक्सीसोम वसा अम्लों के बीटा ऑक्सीकरण का स्थान हैं और इनमें ग्लाइऑक्सीलेट चक्र के एन्जाइम पाए जाते हैं।

संरचना

अपने संरचनात्मक गुणों और आकारिकी में ग्लाइऑक्सीसोम पौधों में पाए जाने वाले परऑक्सीसोम और अन्य सूक्ष्मपिंडों से मिलते हैं। ये एकल कला बद्ध अंगक हैं, जो सामान्यतः गोलाकार होते हैं (चित्र 7.6)। अंकुरणशील बीजों में इनमें क्रिस्टलाभ कोर (crystalloid core) पाई जाती है, जो सघन छड़ों की बनी होती हैं।



चित्र 7.6 : ग्लाइऑक्सीसोम की संरचना को दर्शाता इलैक्ट्रोन माइकोग्राफ।

7.3.1 ग्लाइऑक्सीसोम का जैवजनन

ग्लाइऑक्सीसोम को एक प्रकार के पादप परऑक्सीसोम माना जाता है, क्योंकि ये भी *कैटलेस* से समृद्ध होते हैं। ये सुझाया गया है कि ग्लाइऑक्सीसोम संभवतः सूक्ष्मपिंडों (microbodies) अथवा परऑक्सीसोम से व्युत्पन्न होते हैं। ऐसा प्रतीत होता है कि ये उसी प्रक्रिया से बनते हैं जिनसे परऑक्सीसोम बनते है, यानी पहले से मौजूद ग्लाइऑक्सीसोमों के खंडन अथवा मुकुलन से। एक परिकल्पना के अनुसार, ग्लाइऑक्सीसोमी एन्जाइमों का संश्लेषण साइटोसोल में उपस्थित मुक्त राइबोसोमों से होता है और ये कोशिका में उपस्थित ग्लाइऑक्सीसोमों की कला में स्थानांतरित हो जाते हैं।

बीवर्स और उनके सहयोगियों (Beevers *et al*) ने प्रस्ताव दिया कि ग्लाइऑक्सीसोमी कला की व्युत्पत्ति सीधे रूक्ष ऐन्डोप्लैस्मिक रेटीकुलम (RER) के विशिष्ट क्षेत्रों से आशयभवन (vesiculation) और उच्छेदन (excision) की प्रक्रिया द्वारा होती है। इनके भ्रूणपोष में जैवजनन की वर्तमान संकल्पना में कहा गया है कि ग्लाइऑक्सीसोम ऐन्डोलैस्मिक रेटीकुलम (ER) से आशयभवन द्वारा बने हैं। ER फोस्फोलिपिड संश्लेषण का मुख्य स्थान है। फोस्फोलिपिडों की फिर ER में छंटनी हो जाती है और फिर ये ग्लाइऑक्सीसोम में चले जाते हैं। मैट्रिक्स और परिधीय कला प्रोटीनों को ट्रांसलेशन/अनुवादन के बाद, निर्माण के समय अथवा/और ऐन्डोप्लैस्मिक रेटीकुलम (ER) से वियुक्त होने पर मिलाया जाता है। इन प्रोटीनों के स्थानांतरण का तरीका सीधे ER से और/अथवा आशय के मुकुलन और युग्मन से हो सकता है। प्रोटीनों का ग्लाइऑक्सिलीकरण सिर्फ भ्रूणपोष की ER में होता है। इसकों **रूपांतरित ER-आशयभवन मॉडल** (modified ER-vesiculation model) कहा जाता है।

7.3.2 कार्य

वसा अम्ल उपापचय (बीटा-ऑक्सीकरण) ग्लाइऑक्सीसोमों में होता है । तैलीय बीजों के अंकुरण के समय भंडारित लिपिड अणु एन्जाइम *लाइपेस* (*ग्लिसरॉल एस्टर हाइड्रोलेस*) द्वारा जलअपघटित होकर ग्लिसरॉल और वसा अम्ल बनाते हैं। फोस्फोलिपिड अणु एन्जाइम *फोस्फोलाइपेस* द्वारा जलअपघटित हो जाते हैं। लंबी श्रृंखला के वसा अम्ल जलअपघटित होकर दो कार्बन या C_2 खंड (C_2 fragments) बनाते हैं। ये प्रक्रिया बीटा ऑक्सीकरण कहलाती है। बीटा ऑक्सीकरण श्रृंखला द्वारा निर्मित एसीटिल CoA क्रैब्स चक्र द्वारा ऑक्सीकृत नहीं होता है बल्कि ग्लाइऑक्सीलेट चक्र में प्रवेश करके सक्सीनेट में रूपांतरित हो जाता है। सक्सीनेट ग्लाइऑक्सीसोम में वसा अम्ल उपापचय का अंत उत्पाद है। सक्सीनेट आगे की उपापचयी अभक्रियाओं के लिए विसरित होकर मोइटोकॉन्ड्रिया में आ जाता है, जिससे अंततः कोशिकाद्रव्य में शर्कराओं का निर्माण होता है (ग्लूकोनिओजेनेसिस; gluconeogenesis)। ग्लाइऑक्सीसोम में बीटा-ऑक्सीकरण और ग्लाइऑक्सीलेट चक्र के सभी एन्जाइम जैसे *साइट्रेट सिन्थेस, एकोनिटेस, आइसोसाइट्रेट लाइएस, मैलेट सिन्थेस* और *मैलेट डीहाइड्रोजिनेस* पाए जाते हैं।

क्रैब्स चक्र में, आइसोसाइट्रेट का उत्तरोत्तर रूप से विकार्बोक्सिलीकरण होता है, जिससे कार्बन डाइऑक्साइड और सक्सीनेट के दो अणु बनते हैं। ग्लाइऑक्सीलेट चक्र विशेषरूप से सिर्फ एसीटेट अथवा वसा अम्लों पर वृद्धि करने वाली कोशिकाओं के लिए महत्वपूर्ण है।

बोध प्रश्न 2

क) निम्नलिखित वाक्यों को पूरा कीजिए :

i) ग्लाइऑक्सीसोम वे अंगक हैं जो मुख्यरूप से लिपिड भंडारण करने वाली .... की कोशिकाओं में पाए जाते हैं।

ii) ग्लाइऑक्सीसोम पहले से मौजूद ग्लाइऑक्सीसोमों से .... द्वारा निर्मित हुए प्रतीत होते हैं।

iii) क्योंकि ग्लाइओक्सीसोम *कैटलेस* से समृद्ध होते हैं, अतः ये प्रस्ताव दिया गया कि इनकी उत्पत्ति संभवतः .... से हुई है।

iv) बीटा-ऑक्सीकरण द्वारा निर्मित होने वाला एसीटिल CoA ग्लाइऑक्सीलेट चक्र से गुजरता है, और .... में रूपांतरित हो जाता है।

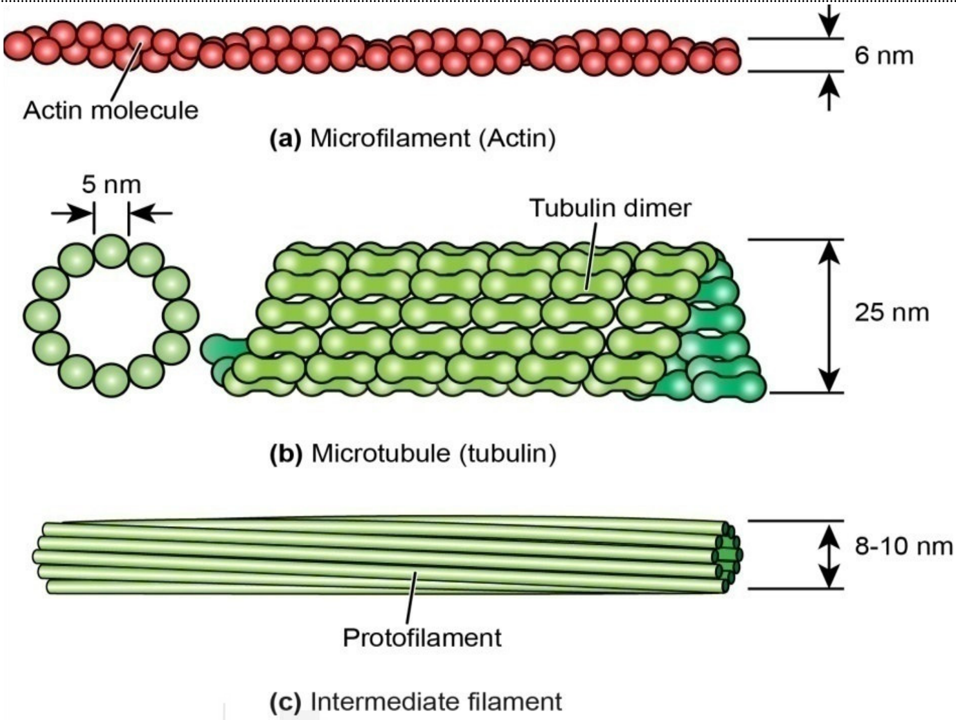
ख) कोशिका में ग्लाइऑक्सीसोम के मुख्य कार्यों को बताइए।

7.4 कोशिका कंकाल

परस्पर जुड़े तंतुओं और नलिकाओं का जटिल नेटवर्क जो पूरे साइटोसोल में केन्द्रक से लेकर कोशिका कला की भीतरी सतह तक फैला रहता है, कोशिका कंकाल (cytoskeleton) को बनाता है। कोशिका कंकाल में पाया जाने वाला तंतुमय प्रोटीन का मैट्रिक्स कोशिकाओं के लिए संरचनात्मक ढांचा और संरचनात्मक सहारा प्रदान करने में सहायक होता है। कोशिका कंकाल कोशिका के आकार को स्थिरता प्रदान करता है। कोशिका कंकाली संघटक कोशिका की सचलता, कोशिका जनन और कोशिका के अंदर पदार्थों के अभिगमन में महत्वपूर्ण भूमिका निभाते हैं। कोशिकाकंकाल में पाया जाने वाला जटिल सूत्र जैसा संजाल (thread-like network) तीन प्रोटीन-आधारित संघटकों-सूक्ष्मनलिकाओं, सूक्ष्मतंतुओं और मध्यवर्ती तंतुओं का बना होता हैं (चित्र 7.7)।

कोशिका कंकाल के संरचनात्मक संघटक

कोशिका कंकाल के तीन संघटकों के अस्तित्व का इलैक्ट्रोन सूक्ष्मदर्शिकी और प्रतिरक्षाप्रतिदीप्ति (immunofluorescence) सूक्ष्मदर्शिकी से प्राप्त चित्रों द्वारा पता चला था। प्रत्येक संरचनात्मक संघटक का विशिष्ट आमाप, आकार और अन्तराकोशिकीय वितरण होता है (चित्र 7.7)। प्रत्येक संघटक विभिन्न प्रकार के प्रोटीन एकलकों के बहुलकीकरण के द्वारा बनता है। सूक्ष्मनलिकाएं प्रोटीन ट्यूबुलिन की बनी होती हैं और लगभग 25 nm (नेनोमीटर) व्यास की होती हैं। सूक्ष्मतंतुओं का औसत व्यास 7 nm का होता है और ये प्रोटीन एक्टिन के बहुलक हैं। वहीं मध्यवर्ती तंतुओं का व्यास औसतन 8-10 nm का होता है। कोशिका कंकाल में उपस्थित प्रत्येक प्रकार के तंतु के साथ अनेक प्रोटीन संबद्ध होते हैं। ये प्रोटीन सहायक प्रोटीन (accessory proteins) कहलाते हैं और कोशिका कंकाल अवयवों की संरचनात्मक और क्रियात्मक विविधता के लिए उत्तरदायी होते हैं। सूक्ष्मतंतु और सूक्ष्मनलिकाएं (MTs) दोनों कोशिका की सचलता में भूमिका निभाते हैं। सूक्ष्मतंतु पेशी तंतुओं के अनिवार्य संघटक हैं जबकि सूक्ष्मनलिकाएं पक्ष्माभ और कशाभ के संरचनात्मक संघटक हैं।



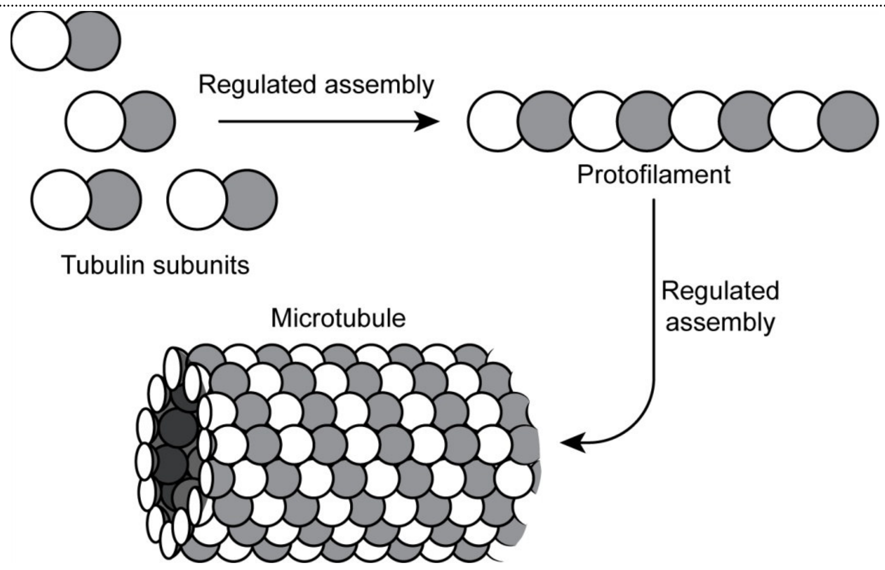
चित्र 7.7 : कोशिका कंकाल के संघटक।

सूक्ष्मनलिका (microtubule) एक संरचनात्मक तंतु है जो प्रोटीन की उपइकाइयों की बनी होती है, जिसे **ट्यूबुलिन** (tubulin) कहते हैं। ये तीनों संघटकों में सबसे मोटी होती हैं। सूक्ष्मनलिकाएं कोशिका के आकार और संरचना को बनाए रखती हैं, कोशिका के संपीडन का प्रतिरोध करने में सहायता करती हैं और कोशिका के भीतर अंगकों के स्थान निर्धारण में भूमिका निभाती हैं। सूक्ष्मनलिकाएं दो प्रमुख कोशिकीय उपांगों पक्ष्माभ और कशाभ को भी बनाती हैं, जो कोशिका की गतिशीलता में सहायता करते हैं।

पक्ष्माभ (cilia) सूक्ष्मजीवों और जंतुओं में पाए जाने वाले कोशिकीय उपांग हैं। ये उच्चतर पादपों में नहीं पाए जाते हैं। बहुकोशिकीय जीवो में पक्ष्माभ कोशिका या कोशिकाओं के समूह की गति में अथवा उनसे होकर तरल अथवा पदार्थों के अभिगमन में सहायक होते हैं। पक्ष्माभ एपीथीलियमी कोशिकाओं की सतह पर पाए जाते हैं, जो श्वसन तंत्र के वायुपथ को अस्तरित करती हैं। पक्ष्माभ लयबद्ध रूप से गति करते हैं, ये निरंतर स्पंदन करते हैं, और अपशिष्ट पदार्थों जैसे धूल, श्लेष्म और जीवाणुओं को वायुपथ से ऊपर की ओर, फेंफडों से दूर मुख की ओर ले जाते हैं। **कशाभ** (flagellum) एक सूत्र जैसी संरचना या उपांग हैं जो कोशिकाओं की सतहों पर पाए जाते हैं और सूक्ष्मजीवों और कुछ विशेषीकृत कोशिकाओं जैसे कुछ पादपों के युग्मकों (gametes) द्वारा गति के लिए इनका उपयोग किया जाता है। कशाभ सामान्यतः पक्ष्माभ से बड़ा होता है।

7.4.1 सूक्ष्मनलिकाएं

ये ससीमकेन्द्रकी कोशिकाओं में पाए जाने वाले सबसे बड़े कोशिकाकंकाली अवयव हैं। सूक्ष्मतंतु (MTs) तंतुमय/सूत्र जैसी खोखली बेलनाकार संरचनाएं होती है जिनका बाहरी व्यास लगभग 25 nm और भीतरी व्यास लगभग 15 nm होता है। इनकी लंबाई कुछ नेनोमीटर से लेकर कुछ माइक्रोमीटर तक हो सकती है। सूक्ष्मनलिकाओं की भित्तियां ट्युबुलिन की गोल उपइकाइयों के गोलाकार विन्यास की बनी होती हैं, जिनको आदितंतु (protofilament) कहते हैं (चित्र 7.8)।



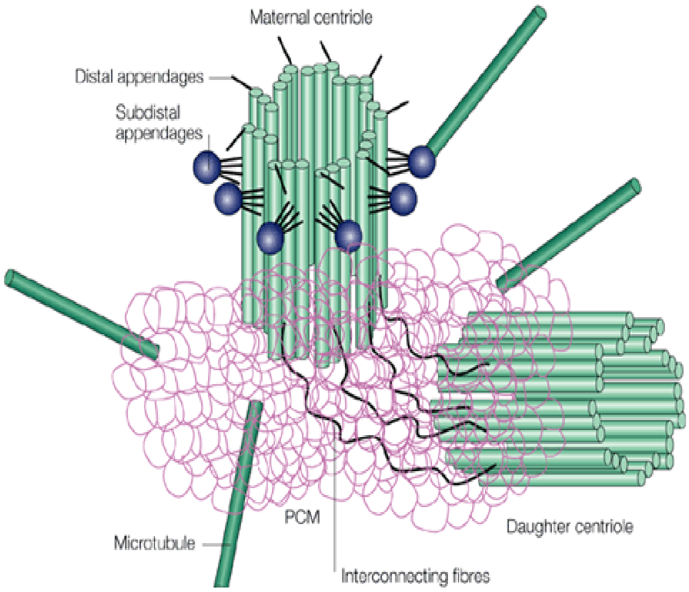
चित्र 7.8 : सूक्ष्मनलिका बनाने के लिए ट्यूबुलिन इकाइयों के सम्मुचयन को दर्शाता आरेख।

तेरह आदितंतु (प्रत्येक 5-7 nm व्यास का) कुंडलिनी रूप में केन्द्रीय अक्ष, खोखली अवकाशिका अथवा केन्द्र के इर्दगिर्द व्यवस्थित रहते हैं। आदितंतु की मौलिक इकाई प्रोटीन ट्यूबुलिन का एक हैटेरोडाइमर/विषमद्विलक (heterodimer) है। हैटेरोडाइमर एल्फा ट्यूबुलिन के एक अणु और बीटा ट्यूबुलिन के एक अणु का बना होता है। दोनों अणु एकदूसरे के साथ कसकर बद्ध होकर α-β हेटेरोडाइमर निर्मित करते हैं। इसके अतिरिक्त अनेक प्रोटीन भी ट्यूबुलिन से संबद्ध होते हैं। ये सूक्ष्मनलिकाओं के बहुलकीकरण-विबहुलीकरण (depolymerization) में सहायक होते हैं। ये सूक्ष्मनलिका-संबद्ध प्रोटीन (microtubules associated protein; MAPs) कहलाते हैं।

सूक्ष्मनलिकाएं ट्यूबुलिन द्विलकों (dimers) के व्युत्क्रमणीय बहुलकीकरण द्वारा बनती हैं। ट्यूबुलिन द्विलक सम्मुच्चय बनाने के लिए समूहित हो जाते हैं, जिनको स्वल्पलक/ओलिगोमर (oligomer) कहते हैं। इन स्वल्पलकों से नई सूक्ष्मनलिकाएं नाभिकन (nucleation) नामक प्रक्रिया के द्वारा बनती हैं। नाभिकन के बाद, सूक्ष्मनलिकाएं दोनों सिरों पर उपइकाइयों के जुड़ने के द्वारा वृद्धि करती हैं। ये प्रक्रिया दीर्घीकरण कहलाती है। सूक्ष्मनलिकाएं प्रमुखतः एक सिरे से दीर्घीकरण करती है, जिसे प्लस सिरा कहते हैं।

सूक्ष्मनलिकाओं की उत्पत्ति

कोशिका में सूक्ष्मनलिकाओं (Microtubules; MTs) की उत्पत्ति सूक्ष्मनलिका संगठक केन्द्र (microtubule organizing center; MTOC) नामक संरचना से होती है। इस स्थान पर सूक्ष्मनलिका के समुच्चय/एसेम्बली (MT assembly) का आरंभ होता है (चित्र 7.9)। इसके अतिरिक्त MTOC सूक्ष्मनलिकाओं को एक साथ जोड़े रखने का काम कर सकता है। इन्टरफेज़ (अन्तरालावस्था) की कुछ कोशिकाओं में सेन्ट्रोसोम नामक सूक्ष्मनलिका संगठक केन्द्र पाए जाते हैं, जो केन्द्रक के निकट स्थित होते हैं। सेन्ट्रोसोम में, छोटी बेलनाकार संरचनाओं का एक जोड़ा अंतःस्थापित रहता है जिसे सेन्ट्रीओल (centriole) कहते हैं। सेन्ट्रीओल अधिकांश जंतु कोशिकाओं में पाए जाते हैं। सेन्ट्रीओलों की भित्तियां त्रिक सूक्ष्मनलिकाओं के नौ जोड़ो से बनती हैं। सेन्ट्रीओल एक दूसरे से समकोण पर अभिमुख रहते हैं। सेन्ट्रीओल आधारी पिंडों/बेसल बॉडीज (basal bodies) के निर्माण में सम्मिलित होते हैं जो पक्ष्माभ और कशाभ दोनों के बनने के लिए महत्वपूर्ण है। सूक्ष्मनलिका संबद्ध प्रोटीन/माइक्रोट्यूब्यूल एसोशिएटेड प्रोटीन (MAPs) सूक्ष्मनलिकाओं की संरचना, एसेम्बली और कार्य को परिवर्तित कर देते हैं और उनकी स्थिरता को बढ़ा देते हैं।



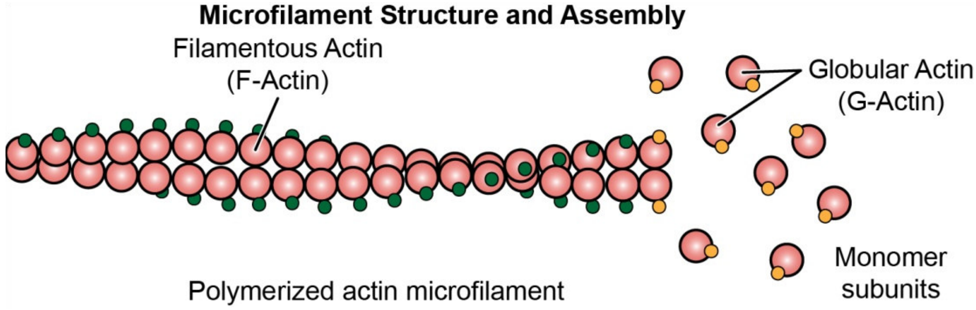
चित्र 7.9 : सेन्ट्रिओल में सूक्ष्मनलिकाओं का विन्यास।

सूक्ष्मनलिकाओं के प्रकार

ससीमकेन्द्रकी जीवों में सामान्यतः दो प्रकार की सूक्ष्मनलिकाएं (MTs) यानी **एक्सोनीमी/अक्षसूत्री** (axonemal) और **कोशिकाद्रव्यी** सूक्ष्मनलिकाएं पाई जाती हैं। दोनों प्रकार की सूक्ष्मनलिकाएं अपने संगठन और संरचनात्मक स्थिरता में भिन्न होती हैं। एक्सोनीमी सूक्ष्मनलिकाएं अत्यधिक संगठित और स्थिर होती हैं और कोशिका की गति से संबद्ध विशिष्ट उपकोशिकीय संरचनाओं अर्थात् कशाभ और पक्ष्माभ में पाई जाती हैं। कशाभ अथवा पक्ष्माभ के केन्द्रकीय शैफ्ट अथवा एक्सोनीम में एक्सोनीमी सूक्ष्मनलिकाओं और संबद्ध प्रोटीनों के अत्यधिक क्रमित पूल होते हैं। कोशिकाद्रव्यी सूक्ष्मनलिकाएं श्लथ रूप से संगठित रहती हैं और MTs का गतिक संजाल (dynamic network) बनाती हैं। ये सूक्ष्मनलिकाएं पादप कोशिका में विभिन्न कार्य करती हैं, जैसे कि कोशिका भित्तियों की वृद्धि के काल में सेलुलोस के सूक्ष्मतंतुओं के निक्षेपण और अभिविन्यास को निर्देशित करना और आशयों और अन्य अंगकों की दिशात्मक गति आदि। ये समसूत्री और अर्धसूत्री कोशिका विभाजन के समय गुणसूत्रों की गति के लिए अनिवार्य स्पिंडलों को बनाती हैं।

7.4.2 सूक्ष्मतंतु

सूक्ष्मतंतु (microfilaments) लगभग 7 नेनोमीटर व्यास के छोटे कोशिका कंकाली तंतु होते हैं। ये सभी ससीमकेन्द्रकी कोशिकाओं में पाए जाते हैं और चलने की क्रिया में शामिल माने जाते हैं। जंतुओं में ये पेशी कोशिकाओं के संकुचन में सहायता करते हैं। ये एक्टिन नामक प्रोटीन के बने होते हैं जो पौधों, शैवालों और कवकों में प्रचुरता से पाया जाता है। वैयक्तिक एक्टिन अणुओं को G-एक्टिन (गोल/ग्लोब्यूलर एक्टिन; globular actin)) कहते हैं। ये G-एक्टिन अणु बहुलकीकृत होकर सूक्ष्मतंतुओं को बनाते हैं और एक्टिन का यह संरूप F-एटिन (तंतुमय एक्टिन; filamentous actin) कहलाता है। एक्टिन के G और F दोनों संरूप एक्टिन बाइन्डिंग प्रोटीन (actin binding protein) नामक प्रोटीनों से बद्ध हो जाते है (चित्र 7.10)। कोशिकाओं की अमीबाभ गति सूक्ष्मतंतुओं (MFs) के कारण होती है। कोशिकाद्रव्यी प्रवाह (cytoplasmic streaming) चलन में सूक्ष्मतंतुओं की भूमिका का एक अन्य उदाहरण है। सूक्ष्मतंतु (MFs) कोशिका के आकार को विकसित करने और उसे बनाए रखने में भी महत्वपूर्ण भूमिका निभाते हैं।



चित्र 7.10 : सूक्ष्मतंतुओं की संरचनात्मक एसेम्बली।

7.4.3 मध्यवर्ती तंतु

मध्यवर्ती तंतुओं (intermediate filament; IF) का आमाप सूक्ष्मनलिकाओं (MTs) और सूक्ष्मतंतुओं (MFs) के बीच का होता है। इनका व्यास 8-12 नेनोमीटर का होता है। यद्यपि ये तंतु कोशिका गतियों में प्रत्यक्ष भागीदारी नहीं करते हैं लेकिन संरचनात्मक भूमिका निभाते हैं, क्योंकि ये कोशिकाओं और ऊतकों को यांत्रिक शक्ति प्रदान करते हैं। ये विविध प्रकार के प्रोटीनों के बने होते हैं, जिनकी अभिव्यक्ति विभिन्न प्रकार की कोशिकाओं में होती है। 50 से अधिक भिन्न मध्यवर्ती तंतु प्रोटीनों की पहचान की गई है और इनको इनके ऐमीनो अम्ल क्रमों के बीच समानताओं के आधार पर छह वर्गों में वर्गीकृत किया गया है।

7.4.4 कार्य

- ये कोशिका विभाजन, वृद्धि और विभेदन की प्रक्रिया में शामिल होते हैं।

- ये कोशिका के समग्र आकार को बनाए रखते हैं और उसके अंदर के विभिन्न अंगकों की गति के लिए जिम्मेदार होते है। एककोशिकीय जीवों जैसे *अमीबा* (*Amoeba*) में कोशिका कंकाल स्वयं जीव के चलन के लिए उत्तरदायी होते है।

- ये कोशिकाद्रव्य प्रवाह या जीवद्रव्यभ्रमण/साइक्लोसिस (cyclosis) से संबद्ध होते हैं। इस प्रक्रिया के समय, अंगक और अन्य पदार्थ गतिशील धाराओं की सहायता से सूक्ष्मतंतुओ और टोनोप्लास्ट (tonoplast) के बीच गति करते हैं। ऐसा माना जाता है कि कोशिकाद्रव्य की ये गतिशील धाराएं कोशिका और उसके परिवेश के बीच और कोशिका के अंदर पोषकों, एन्जाइमों और अन्य पदार्थों के अभिगमन को सुगम बनाती हैं।

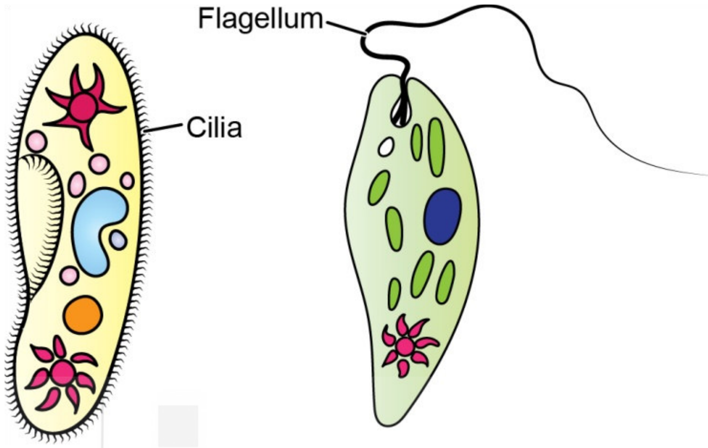
- ये कोशिका विभाजन से पहले और उसके बाद केन्द्रक की गति की मध्यस्थता करते हैं। ये कुछ विशिष्ट कार्यों को भी सुगम बनाते हैं जैसे कि कोशिका विभाजन और समसूत्री विभाजन के समय कोशिका का विदलन (cleavage)। सूक्ष्मतंतु विभाजन कर रही कोशिकाओं में कोशिका पट्टी के निर्माण में भी भूमिका निभाते हैं।

- सूक्ष्मनलिकाएं सचल उपांगों (चलन अंगों) जैसे पक्ष्माभ और कशाभ की गति के लिए महत्वपूर्ण हैं।

7.4.5 पक्ष्माभ और कशाभ की संरचना

पक्ष्माभ (cilia; singular cilium) सूत्र जैसी संरचनाएं हैं जो एककोशिकीय और बहुकाशिकीय जीवों दोनों में पाई जाती हैं (चित्र 7.11)। इनकी लंबाई लगभग 2-10

माइक्रोमीटर और व्यास लगभग 0.25 माइक्रोमीटर का होता है। प्रत्येक पक्ष्माभ एकल कोशिका कला से बद्ध होता है। एककोशिकीय जीव पक्ष्माभ का उपयोग चलने और खाद्य कणों को एकत्रित करने के लिए करते हैं, जबकि बहुकोशिकीय जीव इनका उपयोग विशेषीकृत कार्यों के लिए करते हैं, जैसे कि मनुष्यों के श्वसन पथ के एपीथीलियम के अस्तर में कई सौ पक्ष्माभ होते हैं और इनके स्पंदन से धूल, श्लेष्म, मृत कोशिकाएं और बाहरी तत्व फेंफडों के बाहर निकल जाते हैं।



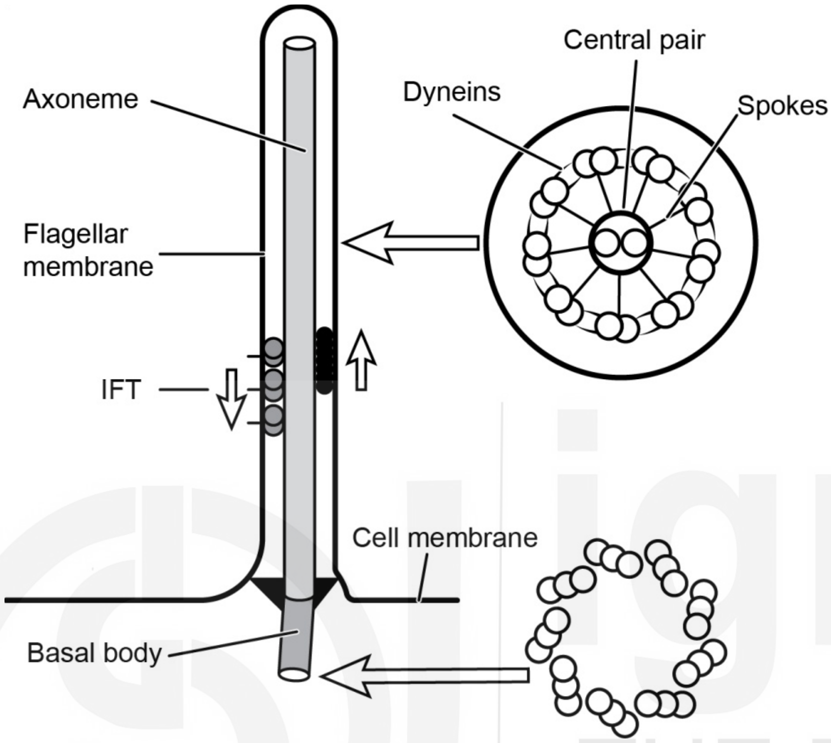
चित्र 7.11 : पक्ष्माभ और कशाभ को दर्शाती कोशिकाएं।

पक्ष्माभ और कशाभ दोनों का ही संरचनात्मक आधार एक जैसा है लेकिन ये अपनी सापेक्ष लंबाई, प्रति कोशिका संख्या और गति के प्रकार में भिन्न होते हैं। पक्ष्माभ स्पंदन गतियों के एक विशेष लयबद्ध पैटर्न को प्रदर्शित करते हैं। पक्ष्माभ एक समन्वित तरीके से स्पंदन करते हैं जिससे द्रव सतह पर गति सुगमित हो सके। प्रत्येक चक्र में 0.1-0.2 सैकिन्ड लगते हैं और इसमें एक सक्रिय शक्ति आघात/पावर स्ट्रोक (power stroke) और उसके बाद एक पुर्नप्राप्ति आघात (recovery stroke) शामिल होता हैं। स्पंदन के पैटर्न से सतह के समानांतर एक बल उत्पन्न हो जाता है।

कशाभ (flagella; singular flagellum) भी सूत्र जैसे संरचनाए हैं लेकिन ये पक्ष्माभ से काफी लंबे होते हैं। इनकी लंबाई 10 से 200 माइक्रोमीटर तक होती है। कशाभ भी एकल कोशिका कला से बद्ध होते हैं। कशाभ के स्पंदन से एक मुड़ने की गति उत्पन्न होती है जो सममित होती है। स्पंदन से कशाभ के अक्ष के समानान्तर एक बल निर्मित होता है। कशाभ द्वारा चलन में नोदन (propulsion) सम्मिलित है।

पक्ष्माभ अथवा कशाभ के पक्ष्माभी एपरेटस (ciliary apparatus) में i) कोशिका से बाहर की ओर निकला हुआ शेफ्ट या पक्ष्माभ, ii) बेसल बॉडी/आधारी पिंड जिससे पक्ष्माभ की उत्पत्ति होती है और iii) पक्ष्माभी मूलक (ciliary root lets) होते हैं। शैफ्ट **एक्सोनीमी कॉम्प्लैक्स** या **एक्सोनीम** नामक आधारी ढांचे का बना होता है (चित्र 7.12)। ये नलिकाओं का बना एक बेलन है जिसका व्यास लगभग 0.25 माइक्रोमीटर का होता है। इस भाग की लंबाई कुछ माइक्रोमीटर से लेकर 1 मिलीमीटर तक की हो सकती है और व्यास लगभग 0.2 से 10 माइक्रोमीटर तक होता है। ये आधार पर मोटा और लंबाई में पतला होता जाता है। एक्सोनीम बाहरी पक्ष्माभी कला से घिरा रहता है जो त्रिस्तरीय प्रोटीन संरचना होती है जो जीवद्रव्य (protoplasm) के साथ सतत् होती है। एक्सोनीम के संघटक पक्ष्माभी आधारी पदार्थ या मैट्रिक्स में अंतस्थापित रहते हैं। एक्सोनीम आधारी पिंड/बेसल बॉडी से जुड़ा रहता है और कोशिका कला के विस्तार से घिरा रहता है। एक्सोनीम और आधारी पिंड के बीच में संक्रमण क्षेत्र (transition zone) पाया जाता है जिसमें नौ सूक्ष्मनलिकाएं उसी पैटर्न में व्यवस्थित रहती हैं जैसे एक्सोनीम में रहती हैं।

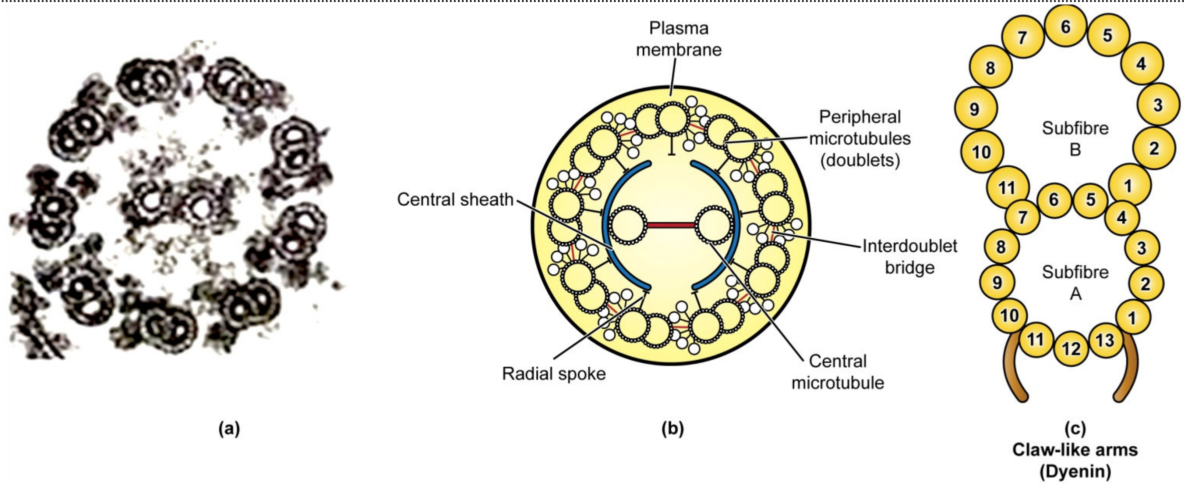
आधारी पिंड/बेसल बॉडी की संरचना भी सेन्ट्रिओल की संरचना के जैसी होती है। इसमें नलिकाकार संरचनाओं के नौ सेट इसकी परिधि के इर्दगिर्द व्यवस्थित रहते हैं। प्रत्येक सेट को त्रिक (triplet) कहते हैं क्योंकि इसमें तीन नलिकाएं एक ही भित्ति को साझा करती हैं। सेन्ट्रिओल सूक्ष्मनलिका एसेम्बली के नाभिकन स्थल (nucleation site) के रूप में कार्य करते हैं, जो एक्सोनीम के नौ बाहरी द्विकों (doublets) के बहुलकीकरण को आरंभ करते हैं।



चित्र 7.12 : कशाभ के आंतरिक संगठन का आरेखी प्रदर्शन।

प्रत्येक एक्सोनीम में विशिष्ट 11 तंतुक होते हैं जो अनुदैर्ध्य रूप में गति करते हैं और 9+2 पैटर्न में व्यवस्थित रहते हैं (चित्र 7.13 a, b)। दो तंतुक केन्द्रीय रूप से व्यवस्थित रहते हैं और शेष नौ उनके इर्दगिर्द व्यवस्थित रहते हैं। केन्द्रीय तंतुक (25 नेनोमीटर) एक ही सूक्ष्मनलिका का बना होता है जबकि प्रत्येक परिधीय तंतुक (36 नेनोमीटर) दीर्घवृत्तीय सूक्ष्मनलिकाओं (18-25 नेनोमीटर) के जोड़े का बना होता है। परिधीय द्विक एकदूसरे से 20 नेनोमीटर की दूरी द्वारा पृथक रहते हैं। द्विक में दो सूक्ष्मनलिकाएं या उपतंतु होते हैं जिनमें से एक छोटा (A) और पूर्ण (13 प्राक्तंतु प्रोटोफिलामेन्ट का) होता है जो अक्ष के निकट स्थित रहता है, जबकि दूसरा बड़ा (B) और अपूर्ण होता है जो अक्ष से लगभग 10º की दूरी पर विषमतलित रहता है। प्रत्येक उपतंतु मे नखर जैसी डाइनीन भुजाएं होती है (चित्र 7.13 c)। एककों (singlets) के केन्द्रीय जोड़े में से प्रत्येक में 13 प्राक्तंतुओं/प्रोटोफिलामेन्ट का पूर्ण सेट होता है। ट्यूबुलिन के अतिरिक्त, एक अन्य प्रोटीन टेक्टिन भी पाया जाता है।

एक्सोनीम के नौ बाहरी द्विकों को बेसल बॉडी/आधारी पिंड के नौ त्रिकों में से प्रत्येक के तीन उपतंतुओं में से दो का विस्तार माना जाता है। प्रत्येक मध्य तंतुक में एक भित्ति होती है जो 6 नेनोमीटर मोटी होती है और एकदूसरे से 35 नेनोमीटर दूर स्थित रहती हैं। एक्सोनीम एक केन्द्रीय आच्छद से घिरा रहता है। प्रत्येक परिधीय द्विक केन्द्रीय आच्छद से हैड (शीर्ष) या घुंडी (knob) के तिर्यक बंधों से अपनी छोटी उपइकाई A द्वारा जुड़ा रहता हैं। छोटी भुजाएं परिधीय सूक्ष्मनलिका A हैं और परिधीय द्विक और केन्द्रीय आच्छद के बीच अरीय संबन्ध प्रोटीन डाइनीन के होते हैं।



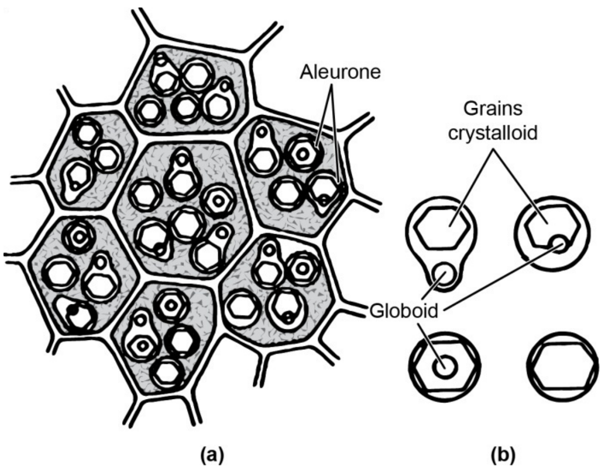
चित्र 7.13 : **a)** एक एक्सोनीम की परासंरचना; **b)** सूक्ष्मनलिकाओं के **9+2** विन्यास को दर्शाती एक्सोनीम की आंतरिक संरचना; **c)** परिधीय **9** द्विकों की उपतंतु संरचना।

7.5 कोशिकांतरंगक

कोशिकांतरंगक (cell inclusions) अथवा कोशिकीय अजैव पदार्थ (ergastic substances) कोशिका चक्र के विभिन्न चरणों में कोशिका के अंदर होने वाले कोशिका उपापचय के उत्पाद होते हैं। इनमें विभिन्न पोषक और/अथवा वर्णक सम्मिलित हैं। ये पदार्थ या तो कोशिका भित्तियों में अथवा धानियों में अथवा विभिन्न अंगकों में उपस्थित हो सकते हैं। ये घुलनशील अथवा अघुलनशील अवस्था में पाए जा सकते हैं और कार्बनिक या अकार्बनिक प्रकृति के हो सकते हैं। कोशिकांतरंगको में विभिन्न प्रकार के संचित खाद्य पदार्थ, अकार्बनिक सामग्रियां, स्त्रावी और उत्सर्जी उत्पाद सम्मिलित हैं।

1) **संचित खाद्य पदार्थ** (Reserve food)

ये स्टार्च, ग्लाइकोजन, वसा बिंदुकणों और एल्यूरोन कणों के रूप में पाए जाते हैं। स्टार्च कण पादप भंडारण अंगों जैसे बीज, फल, कंदों और प्रकंदों में पाए जाते हैं। वसा बीजों के अंदर भ्रूणपोष अथवा बीजपत्रों में प्रचुरता से पाए जाते हैं। एल्यूरोन कण अघुलनशील भंडारण प्रोटीन होते हैं जो विशेष ल्यूकोप्लास्ट (leucoplasts) के अंदर पाए जाते हैं जिनको एल्यूरोप्लास्ट (aleuroplast) कहते हैं। ये अनाजों जैसे कि गेहूं, चावल और मक्का के दानों की बाहरी भ्रूणपोष कोशिकाओं में पाए जाते हैं (चित्र 7.14)।



चित्र 7.14 : **a)** एरंड के बीज के भ्रूणपोष में एल्यूरोन कण, और **b)** क्रिस्टलॉइड और ग्लोबॉइड कण युक्त दाने।

2) **अकार्बनिक पदार्थ (खनिज द्रव्य)** (Inorganic material; mineral matter)

पौधों में पाए जाने वाले अकार्बनिक पदार्थों में कैल्सियम लवण या निर्जलीय सिलिकेट लवण सम्मिलित हैं। अनेक कुलों के पौधों में प्रिज्म रूप, सुई के आकार के, चतुष्कोणी (हीरक आकार के) आकार के कैल्सियम ऑक्सलेट के निक्षेप रिपोर्ट किए गए हैं। **रैफाइड** (Raphide) पूलों के रूप में पाए जाते हैं। रैफाइड सुई के आकार की संरचनाएं हैं जिसमें कैल्सियम ऑक्सलेट के क्रिस्टल पाए जाते हैं। ये पादपों के 200 से अधिक कुलों में पाए जाते हैं। कुछ पौधों में कैल्सियम कार्बोनेट के क्रिस्टल **सिस्टोलिथ** (cystolith) के रूप में पाए जाते हैं। सिस्टोलिथ सेलुलोस मैट्रिक्स में लिथोसिस्ट (lithocysts) नामक विशेष कोशिकाओं में निर्मित बाह्यत्वचीय कोशिका भित्ति की बर्हिवृद्धि होती है। ये पौधों की पत्तियों में पाई जाती हैं। ये एकेन्थेसी (Acanthaceae), अर्टीकेसी (Urticaceae) और मोरेसी (Moraceae) जैसे पादप कुलों में पाई जाती हैं। इनके विषय में आपने पहले ही BBYCT-133 में पढ़ा है।

3) **स्त्रावी उत्पाद** (Secretory products)

पौधों की ग्रथियों और अन्य अंगकों द्वारा स्त्रावित पदार्थों को भी कोशिकांतरंगकों या कोशिकीय अजैव पदार्थों की श्रेणी में रखा जाता है। इनमें मुख्य रूप से हरित वर्णक जैसे पर्णहरित a (क्लोरोफिल a), पर्णहरित b (क्लोरोफिल b), नारंगी और पीले वर्णक जैसे कैरोटीन, जैन्थेफिल और ऐन्थोसायनिन वर्णक शामिल हैं एन्थोसायनिन कुछ पौधों के फूलो के धानीय रस, फूलों के दलों और तरूण पत्तियों में पाए जाते हैं। अन्य उत्पादों में पौधों के मकरंद कोषों (nectaries) द्वारा स्त्रावित मकरंद (nectar) और जीवद्रव्य में उपस्थित एन्जाइमी प्रोटीन शामिल हैं।

4) **उत्सर्जी उत्पाद** (Excretory products)

उपापचय के समय निर्मित होने वाले रासायनिक पदार्थ, जिनका पौधों के लिए कोई उपयोग नहीं होता है, उत्सर्जी उत्पाद कहलाते हैं। इनमें ऐल्केलॉइड शामिल हैं, जो कार्बन, हाइड्रोजन, ऑक्सीजन और नाइट्रोजन के बने नाइट्रोजनी यौगिक होते हैं। ये पौधों के भंडारण अंगों जैसे बीजों, छालों और पत्तियों में पाए जाते हैं। ये ऐल्कोहॉल में घुलनशील होते हैं। पौधों में इन पदार्थों जैसे एल्केलॉइड क्वीनीन, रिसर्पीन, निकोटीन, कैफीन, स्ट्राइकनीन, मॉर्फीन और एट्रोपीन को निकालने के लिए कोई विशेष क्रियाविधि नहीं होती है। ऐल्केलाइडों के अतिरिक्त; ग्लूकोसाइड जो कार्बोहाइड्रेटों के निम्नीकरण उत्पाद है, वे भी उत्सर्जी उत्पाद होते हैं, उदाहरण – डीजीटॉक्सिन। उत्सर्जी उत्पादों के कुछ अन्य प्रमुख उदाहरणों में कुछ पौधों के धानी रस, कोशिका भित्ति, छाल और पत्तियों में पाए जाने वाले टैनिन और लैटेक्स (latex) सम्मिलित हैं, जो कि *हेविया ब्रैसीलिएन्सिस* (*Hevea brasiliensis*) (रबर) की लैटेक्स ग्रंथियों द्वारा स्त्रावित एक दूधिया उत्पाद है। कोशिकाओं द्वारा निर्मित वाष्पशील तेल, वाष्पशील तेलों के ऑक्सीकरण द्वारा निर्मित रेजिन, सेलुलोस की कोशिका भित्ति के विघटन से उत्पन्न गोंद (gum) और पत्तियों और फलों में पाए जाने वाले कार्बनिक अम्ल उत्सर्जी उत्पादों के कुछ अन्य उदाहरण हैं।

बोध प्रश्न 3

क) बताइए कि निम्नलिखित कथन 'सत्य' है अथवा 'असत्य' हैं :

i) सूक्ष्मनलिकाएं कोशिका के आकार और संरचना को बनाए रखने और कोशिका के अंदर अंगकों के स्थान निर्धारण में सहायता करती है।

ii) पक्ष्माभ कोशिकीय उपांग हैं जो उच्चतर पादपों में कोशिका की गति में सहायक होते हैं।

iii) वह आधारी पिंड/बेसल बॉडी जिससे पक्ष्माभ की उत्पत्ति होती है, सेन्ट्रिओल जैसे दिखाई देते हैं।

iv) सूक्ष्मतंतु कोशिका कंकाली तत्व हैं जो सभी ससीमकेन्द्रकी कोशिकाओं में पाए जाते हैं और ये माना जाता है कि पेशी कोशिकाओं के संकुचन और चलन में इनकी भागीदारी होती है।

v) कोशिकाद्रव्यी सूक्ष्मनलिकाएं पक्ष्माभ और कशाभ का भाग बनाती हैं।

vi) कोशिकांतरंगक मुख्य रूप से कोशिका भित्तियों अथवा धानियों अथवा जीवद्रव्य के अन्य अंगकों में पाए जाते हैं।

ख) एक सुनामांकित आरेख की सहायता से, कशाभ की संरचना का वर्णन कीजिए।

ग) एक शब्द में उत्तर दीजिए :

i) ये तंतु कोशिका कंकाल का एक भाग है और मुख्यरूप से कोशिकाओं और ऊतकों को यांत्रिक शक्ति प्रदान करते हैं।

ii) कोशिकाओं की सतह पर पाई जाने वाली एक रोम जैसी संरचना अथवा उपांग जिसका उपयोग सूक्ष्मजीवों और पादपों में कुछ विशेषीकृत कोशिकाओं द्वारा चलने के लिए किया जाता है।

iii) बाह्यत्वचीय कोशिका भित्ति की एक बर्हिवृद्धि जिसमें कैल्सियम कार्बोनेट होता है।

iv) सूक्ष्मनलिकाएं जो अत्यधिक संगठित और स्थिर होती हैं तथा कोशिकीय गति से जुड़े पक्ष्माभों और कशाभों में पाई जाती हैं।

v) उपापचय के समय निर्मित होने वाले यौगिक लेकिन पौधों के लिए इनका कोई उपयोग नहीं होता है।

vi) ये संरचनात्मक तत्व कोशिकाओं की अमीबाभ गति में सहायक होते हैं।

7.6 राइबोसोम

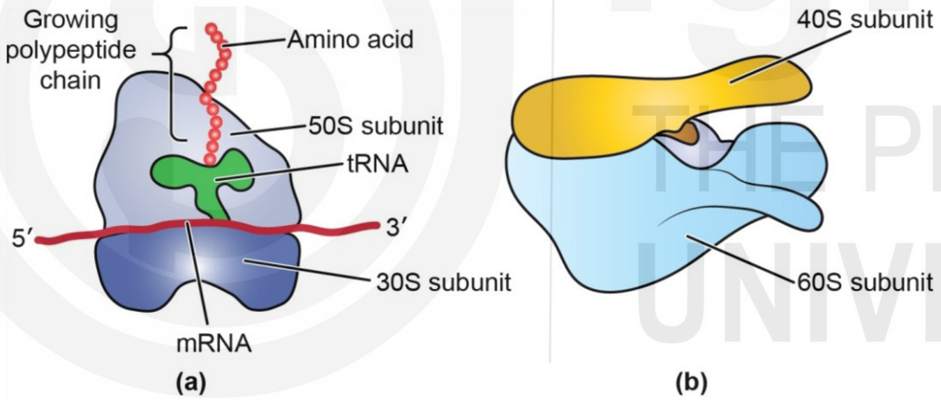
राइबोसोम एक कला विहीन अंगक हैं जो लगभग 150-200 A° व्यास के सघन कणों के रूप में पाए जाते हैं। राइबोसोमों को सामान्यतः कोशिका के सबसे छोटे अंगक माना

जाता है। ये कोशिकाद्रव्य में मुक्त प्लावी रूप से अथवा ऐन्डोप्लैस्मिक रेटीकुलम (ER) से जुड़े हुए पाए जाते हैं। 1955 में **पैलेड** (Palade) ने इन अंगकों को राइबोसोम नाम दिया। राइबोसोम प्रोटीन संश्लेषण के स्थान की तरह कार्य करते हैं। प्रत्येक राइबोसोम दो आरएनए (RNA) उपइकाइयों का बना होता है। दोनों उपइकाइयां mRNA के साथ संरेखित होकर ट्रांसलेशन (प्रोटीन संश्लेषण) की प्रक्रिया को आरंभ करती हैं, जिसके बारे में आप इस पाठ्यक्रम की इकाई 13 में पढ़ेंगे। मैग्नीशियम आयन दोनों उपइकाइयों को एक साथ जोड़े रखने और उनकी संरचना को बनाए रखने में महत्वपूर्ण भूमिका निभाते हैं। Mg^{2+} की सांद्रता के एक निश्चित स्तर से कम हो जाने पर राइबोसोम की दोनों उपइकाइयां पृथक हो जाती हैं। Mg^{2+} की मात्रा के एक क्रांतिक स्तर से कम होने पर उपइकाइयां विखंडित हो जाती हैं।

स्वेडबर्ग इकाई एक अवसादन गुणांक है जो दर्शाता है कि कोशिका अंगक अल्ट्रासेन्ट्रीफ्यूज में $CsCl_2$ प्रवणता में कितनी तेजी से अवसादन करता है)।

राइबोसोम दो प्रकार के होते हैं -70S और 80S (S-का अर्थ स्वैडबर्ग इकाइयां है)। 80S राइबोसोम ससीमकेन्द्रकी जीवों में पाए जाते हैं, इनमें एक बड़ी 60S उपइकाई और एक छोटी 40S उपइकाई होती है। 70S राइबोसोम अपेक्षाकृत छोटे होते हैं और पूर्वकेन्द्रकी जीवों में पाए जाते हैं। इनमें एक बड़ी 50S उपइकाई और एक छोटी 30S उपइकाई पाई जाती है (सारणी 7.1 और चित्र 7.15 को देखिए)।

राइबोसोम पूर्वकेन्द्रकी जीवों में मुक्त रूप में पाए जा सकते हैं और मोनोसोम कहलाते हैं अथवा ये mRNA से संबद्ध होकर पोलीसोम या पोलीराइबोसोम बना सकते हैं। ससीमकेन्द्रकी जीवों में, राइबोसोम सामान्यतः ऐन्डोप्लैस्मिक रेटीकुलम की कला से जुड़े रहकर उसे खुरदुरा/रूक्ष प्रकटन प्रदान करते हैं (रूक्ष ऐन्डोप्लैस्मिक रेटीकुलम; RER)।



चित्र 7.15 : a) पूर्वकेन्द्रकी; और b) ससीमकेन्द्रकी राइबोसोम की संरचना।

सारणी 7.1 : पूर्वकेन्द्रकी और ससीमकेन्द्रकी जीवों में पाए जाने वाले राइबोसोमों में अन्तर

	पूर्वकेन्द्रकी राइबोसोम	ससीमकेन्द्रकी राइबोसोम
1.	70S राइबोसोम, 30S और 50S उपइकाई के बने होते हैं	80S राइबोसोम, 40S और 60S उपइकाई के बने होते हैं
2.	आमाप में छोटे	आमाप में बड़े
3.	स्वेडबर्ग गुणांक 70S होता है	स्वेडबर्ग गुणांक 80S होता है
4.	30S उपइकाई (छोटी उपइकाई) में 16S आरएनए उपइकाई होती है और इसमें 21 प्रोटीनों से बद्ध 1540 न्यूक्लिओटाइड होते हैं	40S उपइकाई (छोटी उपइकाई) में 18S आरएनए होता है और इसमें 33 प्रोटीन और 1900 न्यूक्लिओटाइड होते हैं
5.	अणुभार 3×10^6 डाल्टन (Da) होता है	अणुभार $4\text{-}5 \times 10^6$ डाल्टन (Da) होता है

6.	बड़ी उपइकाई (50S) में 2900 न्यूक्लिओटाइड युक्त 23S आरएनए होता है और एक 5S आरएनए उपइकाई होती है जिसमें 120 न्यूक्लिओटाइड और 31 प्रोटीन होते हैं।	बड़ी उपइकाई (60S) में 5S आरएनए जिसमें 120 न्यूक्लिओटाइड होते हैं तथा 28S आरएनए, जिसमें 4700 न्यूक्लिओटाइड होते हैं और 5.8S आरएनए होता है जिसमें 160 न्यूक्लीओटाइड उपइकाइयां तथा 46 प्रोटीन होते हैं।

7.7 केन्द्रक

केन्द्रक कोशिका के सबसे बड़े और प्रमुख कला बद्ध अंगकों में से एक है जो उसके आयतन के लगभग 10 प्रतिशत भाग को घेरे रहता है। इसमें आनुवंशिक सूचना (hereditary information) निहित होती है और यह कोशिका की वृद्धि और जनन का नियंत्रण करता है। केन्द्रक को कोशिका का नियंत्रण केन्द्र माना जाता है क्योंकि इसमें प्रोटीनों के संश्लेषण, जीन अक्षुण्णता के नियंत्रण और जीन अभिव्यक्ति से संबन्धित समस्त आनुवंशिक सूचना भंडारित रहती है और यह कोशिका में होने वाली उपापचयी क्रियाओं को निर्देशित करता है। ये कोशिका को 'आदेश' (command) भी भेजता है जो आण्विक संदेशवाहकों के द्वारा डीएनए (DNA) से सूचना का ट्रांसलेशन (अनुवादन) करता है। केन्द्रक दोहरी केन्द्रक कला से आवरित रहता है जो इसे शेष कोशिका और कोशिकाद्रव्य से पृथक करती है। केन्द्रक की खोज 1831 में **रॉबर्ट ब्राउन** (Robert Brown) ने की थी। 1869 में फ्रैडरिक माइशर (Friedrich Miescher) ने सुझाव दिया कि डीएनए केन्द्रक का एक संघटक है। 1888 में **वाल्डेयर** (Waldeyer) ने केन्द्रक में छड़ाकार संरचनाएं देखी और उनको **गुणसूत्र/क्रोमोसोम** (Chromosome) नाम दिया।

पूर्वकेन्द्रकी कोशिकाओं में सुस्पष्ट केन्द्रक संगठन नहीं दिखाई देता है। इस की बजाय केन्द्रकाभ (nucleoid) पाया जाता है जिसमें केन्द्रक कला नहीं होती है और ये एक गोल गुणसूत्र/क्रोमोसोम की उपस्थिति दर्शाते हैं जो सिर्फ डीएनए (DNA) (संबद्ध हिस्टोन नहीं) का बना होता है। स्तनधारियों की परिपक्व लाल रक्त कोशिकाओं/इरिथ्रोसाइट (erythrocytes) के अतिरिक्त अन्य सभी ससीमकेन्द्रकी कोशिकाओं में सुस्पष्ट केन्द्रक पाया जाता है। जिन कोशिकाओ में एक ही केन्द्रक होता है उनको एककेन्द्रकी (mononucleate) और जिनमें दो केन्द्रक होते हैं उनको द्विकेन्द्रकी (binucleate) कहा जाता है। बहुकेन्द्रकी कोशिकाओं में अनेक केन्द्रक पाए जाते हैं, उदाहरण – पेशी कोशिकाएं।

केन्द्रक की विशिष्टता उसमें आनुवंशिक पदार्थ अर्थात् डीएनए (DNA) की उपस्थिति है। डीएनए का द्विगुणन केन्द्रक के अंदर होता है। mRNAs (संदेशवाहक आरएनए) का संश्लेषण (ट्रांसक्रिप्शन; अनुलेखन) भी केन्द्रक में होता है। डीएनए में भंडारित आनुवंशिक सूचना का अंततः mRNA के द्वारा कोशिकाद्रव्य में प्रोटीनों में ट्रांसलेशन (अनुवादन) हो जाता है।

केन्द्रक के संरचनात्मक संघटक

केन्द्रक के संघटक हैं :

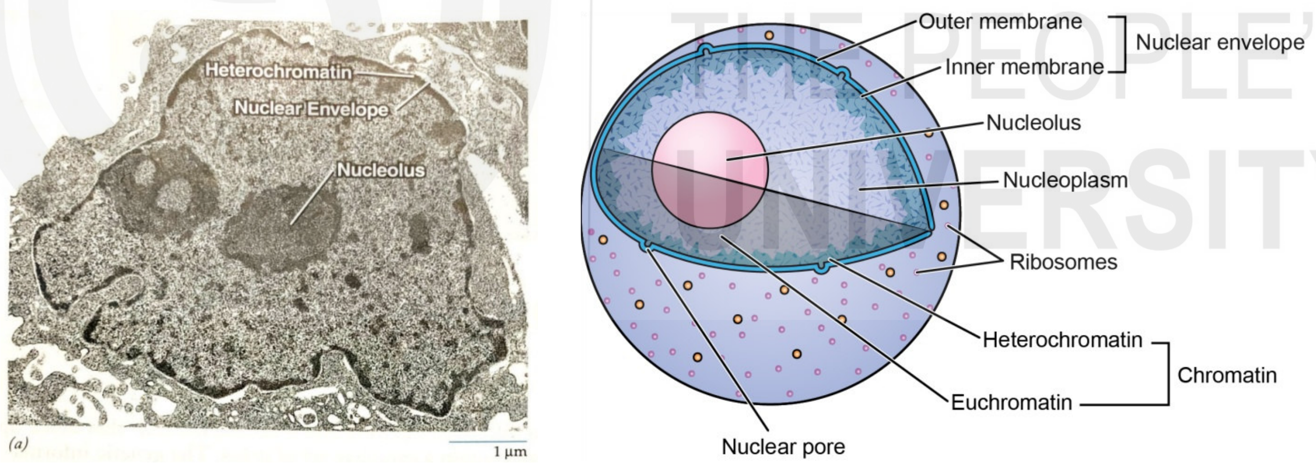
- केन्द्रक कला/आवरण
- केन्द्रकीय मैट्रिक्स और केन्द्रकीय पटल

- केन्द्रकद्रव्य
- केन्द्रिक
- केन्द्रक रंध्र कॉम्प्लैक्स
- गुणसूत्र (क्रोमोसोम)

केन्द्रक कला/आवरण (Nuclear membrane/envelope)

यह एक द्विपरतीय संरचना है जो केन्द्रक को घेरे रहती है। केन्द्रक कला की दोनों परतों के बीच में एक द्रव से भरा अवकाश या परिकेन्द्रकीय अवकाश (perinuclear space) होता है जो लगभग 10 से 15 नेनोमीटर चौड़ा होता है। कला की बाहरी परत ऐन्डोप्लैस्मिक रेटीकुलम के साथ सतत् होती है। केन्द्रक आवरण केन्द्रक के आकार को बनाए रखने में सहायक होता है। **केन्द्रक रंध्र** (nuclear pore) केन्द्रक कला पर पाए जाने वाले छोटे छिद्र या रंध्र जैसी संरचनाएं हैं जो केन्द्रक के कोशिका अथवा कोशिकाद्रव्य के साथ संप्रेषण में सहायक होते हैं (चित्र 7.16)। ये रंध्र लगभग 100 नेनोमीटर व्यास के होते हैं। केन्द्रक रंध्र केन्द्रक के अंदर और बाहर अणुओं के प्रवाह को नियंत्रित करते हैं।

बाहरी और भीतरी केन्द्रक कला दोनों की मोटाई समान होती है (लगभग 7-8 नेनोमीटर)। यद्यपि, बाहरी कला अपने रासायनिक संयोजन और कार्य में भीतरी केन्द्रक आवरण से भिन्न होती है। राइबोसोम सिर्फ बाहरी केन्द्रक आवरण से संबद्ध होते हैं, जबकि भीतरी केन्द्रक आवरण क्रोमेटिन से निकट रूप से संबद्ध होता है।



(a) (b)

चित्र 7.16 : केन्द्रक का a) इलैक्ट्रोन माइक्रोग्राफ; और b) आरेखी प्रदर्शन।

केन्द्रकीय मैट्रिक्स और केन्द्रकीय पटल (Nuclear matrix and nuclear lamina)

केन्द्रक का आकार प्रोटीनों के तंतुमय संजाल (network) द्वारा बना रहता है। यह संजाल केन्द्रकीय मैट्रिक्स (या केन्द्रकीय कंकाल) कहलाता है। यह केन्द्रक की भीतरी सतह पर उपस्थित प्रोटीन जाल है। यह कंकाल को सहारा देता है और डीएनए अथवा आरएनए संश्लेषण के समय क्रोमेटिन को थामे रखता है। भीतरी केन्द्रक कला के नीचे पाया जाने वाला तंतुमय संजाल तंतुमय पटल (fibrous lamina) या **केन्द्रकीय पटल** कहलाता है जो 10 से 40 नेनोमीटर मोटाई का होता है। यह 60-80 kDA प्रोटीन का

बना होता हैं जिनको **लैमिन** (lamin) कहते हैं। लैमिन कोशिका विभाजन के समय केन्द्रक आवरण के विघटन और कोशिका विभाजन के पूरा हो जाने पर उसके पुर्नगठन में भी सहायक होते हैं। लैमिनों के फोस्फोरिलीकरण से उनका विबहुलकीकरण हो जाता है जिससे केन्द्रक आवरण भी लुप्त हो जाता है। लैमिनों का फोस्फोरिलीकरण और विफोस्फोरिलीकरण एक विशिष्ट प्रोटीन *काइनेस* द्वारा आरंभ होता है। जब फॉस्फेट समूह लैमिन से नहीं जुड़े होते हैं, तो ये सम्मुचयित होकर एक क्रमबद्ध संरचना बनाते हैं जो कोशिका विभाजन के समय केन्द्रक आवरण को संगठित करने में सहायक होती है।

केन्द्रकद्रव्य (Nucleoplasm)

केन्द्रकद्रव्य (Nucleoplasm) एक जिलेटिनी पदार्थ है जो केन्द्रक आवरण में उपस्थित होता है। यह एक अर्ध-जलीय पदार्थ है और मुख्यरूप से जल का बना होता है जिसमें घुले हुए लवण, एन्जाइम और निलंबित कार्बनिक अणु होते हैं। केन्द्रिक और गुणसूत्र केन्द्रकद्रव्य से घिरे रहते हैं। केन्द्रकद्रव्य एक कुशन की तरह कार्य करता है और केन्द्रक की अंर्तवस्तुओं की सुरक्षा करता है। यह केन्द्रक के आकार को बनाए रखकर उसको सहारा देता है। यह एक ऐसे माध्यम के रूप में भी कार्य करता है जिसके द्वारा एन्जाइम और न्यूक्लिओटाइड (डीएनए और आरएनए उपइकाइयां) पूरे केन्द्रक में ले जाए जाते हैं। केन्द्रक रंध्रों के द्वारा कोशिकाद्रव्य और केन्द्रकद्रव्य के बीच पदार्थों का आदान-प्रदान होता है।

केन्द्रिक (Nucleolus)

केन्द्रिक सघन; कला विहीन गोल संरचनाएं हैं जो केन्द्रक में पाई जाती हैं। केन्द्रिक आरएनए और प्रोटीन का बना होता है। इसका वर्णन सबसे पहले **फोन्टाना** (Fontana) ने 1781 में किया था। सामान्यतः कोशिका में एक केन्द्रिक पाया जाता है लेकिन कुछ ससीमकेन्द्रकी जीवों में चार केन्द्रिकों की उपस्थिति को भी रिपोर्ट किया गया है। फोस्फोप्रोटीन केन्द्रिक का मुख्य संघटक बनाते हैं। केन्द्रिक में केन्द्रिक संगठक होते हैं जो गुणसूत्रों का भाग हैं और इनमें राइबोसोम संश्लेषण के लिए जीन होते हैं। केन्द्रिक राइबोसोम और राइबोसोमी आरएनए (rRNA) के उत्पादन के सबसे सक्रिय स्थानों में से एक हैं। यह कोशिकीय आरएनए का 70-90% भाग निर्मित करता है। केन्द्रिक में राइबोसोमी आरएनए का उत्पादन, संश्लेषण और राइबोसोमी उपइकाइयों का सम्मुचयन होता है। ये उपइकाइयां बाद में एकसाथ जुड़कर प्रोटीन संश्लेषण के समय राइबोसोम बनाती हैं। कोशिका विभाजन के समय केन्द्रिक विलुप्त (विसंगठित) हो जाता है, लेकिन उसके पूरा होने के बाद पुनः प्रकट (संगठित) जो जाता है।

केन्द्रिक में एक सतत् कुंडलित तंतु होता है जिसे **न्यूक्लिओनिमा** (nucleonema) कहते हैं, जो एक समांगी मैट्रिक्स **पार्स एमोर्फा** (pars amorpha) में अंतःस्थापित रहता हैं। केन्द्रिक में चार विशिष्ट क्षेत्र पाए जाते हैं : i) कणमय क्षेत्र (granular zone), ii) तंतुमय क्षेत्र (fibrillar zone); iii) केन्द्रिक संबद्ध क्रोमेटिन (nucleolus associated chromatin); iv) मैट्रिक्स अथवा अक्रिस्टलीय क्षेत्र (matrix or amorphous zone) (चित्र 7.17)।

i) कणमय क्षेत्र में इलैक्ट्रोन सघन (15-20 नैनोमीटर व्यास के) कण होते हैं। ये कण समान आमाप के होते हैं और राइबोसोम के पूर्ववर्ती हैं। कण आशयों के जैसे दिखाई देते हैं जिसमें हल्की मध्य कोर और सघन परिधीय संरचना होती है। ये एक पतले तंतु द्वारा एकसाथ जुड़े रहते हैं, जिससे माला के धागे जैसी संरचना (प्राथमिक न्यूक्लिओनिमा) बन जाती है। प्राथमिक न्यूक्लिओनिमा में वलन

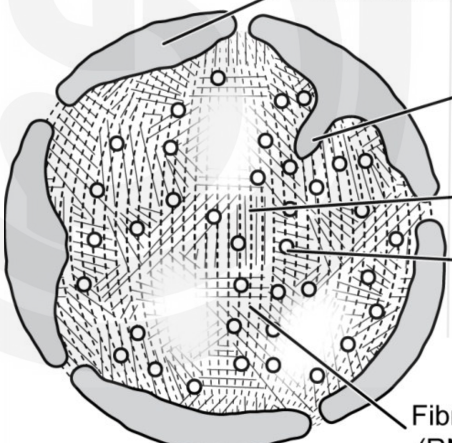
(folding) होते हैं जिससे द्वितीयक न्यूक्लिओनिमा बनते हैं। न्यूक्लिओनिमा में तंतुक भी हो सकते हैं। कणमय क्षेत्र समुच्चय/एसेम्बली और प्रसंस्करण के विभिन्न चरणों में राइबोसोम के पूर्ववर्ती कणों को प्रदर्शित करते हैं। राइबोसोमी उपइकाइयों के परिपक्व हो जाने के बाद, ये केन्द्रकीय रंध्रों द्वारा केन्द्रिक से कोशिकाद्रव्य में निर्मुक्त हो जाते हैं।

ii) तंतुमय क्षेत्र में 5-10 नेनोमीटर के बारीक तंतु होते हैं। यह सामान्यतः केन्द्रिक के मध्य क्षेत्र में स्थित होता है। इनमें आरएनए होता है और ये संभवतः कणमय क्षेत्र के पूर्ववर्ती की भांति कार्य करता हैं। केन्द्रिक में कणमय और तंतुमय संघटक या तो पृथक होते हैं अथवा एकसाथ मिश्रित रहकर तंतुमय-कणमय क्षेत्र बनाते हैं।

iii) केन्द्रिक संबद्ध क्रोमेटिन 10 नेनोमीटर मोटाई के तंतुओं के बने होते हैं जो केन्द्रिक के इर्दगिर्द स्थित होते हैं और उसमें विस्तारित भी रहते हैं। तंतु केन्द्रिक में विशेष क्षेत्रों में स्थित हो सकते हैं।

iv) मैट्रिक्स एक अक्रिस्टलीय आधारी भाग है जिसमें कणमय और तंतुमय संघटक निलंबित रहते हैं। मैट्रिक्स प्रोटीनमयी प्रकृति का होता है।

राइबोन्यूक्लिओप्रोटीन का संश्लेषण कोशिकाद्रव्य में होता है और केन्द्रक रंध्र के द्वारा ये कोशिकाद्रव्य से केन्द्रक में लाए जाते हैं। ये प्रोटीन राइबोसोम बनाने के लिए rRNA से संबद्ध हो जाते हैं।



चित्र 7.17 : केन्द्रिक के विभिन्न क्षेत्रों का आरेखी प्रदर्शन।

बोध प्रश्न 4

क) पूर्वकेन्द्रकी और ससीमकेन्द्रकी राइबोसोमों के बीच अन्तर बताइए।

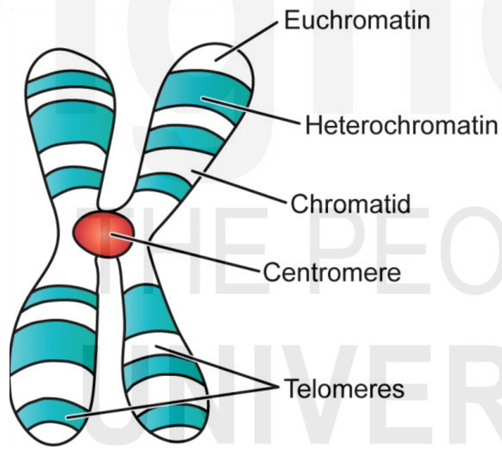
ख) केन्द्रिक का सुनामांकित चित्र बनाइए।

गुणसूत्र (Chromosomes)

गुणसूत्र आनुवंशिक पदार्थ के वाहक होते हैं जो केन्द्रक में पाए जाते हैं। गुणसूत्र (क्रोमोसोम) लंबी गुथी हुई संरचनाओं के रूप में पाए जाते हैं, जो डीएनए और प्रोटीन (मुख्यतः हिस्टोन) से बने होते हैं जिनको **क्रोमेटिन** (chromatin) कहते हैं। क्रोमेटिन को **हेटरोक्रोमेटिन** (heterochromatin) और **यूक्रोमेटिन** (euchromatin) में वर्गीकृत किया

गया है। हेटेरोक्रोमेटिन डीएनए का अत्यधिक संघनित, अनुलेखनी रूप से निष्क्रिय रूप है। यह केन्द्रक कला के निकट स्थित पाया जाता है। दूसरी तरफ, यूक्रोमेटिन क्रोमेटिन का बारीक, कम संघनित संगठन है। यह अनुलेखन करने वाली कोशिकाओं में प्रचुरता से पाया जाता है। यूक्रोमेटिन जीन अभिव्यक्ति के समय उपस्थित रहते हैं। यूक्रोमेटिन हेटरोक्रोमेटिन से हल्के रंग में अभिरंजित होते हैं जो इलैक्ट्रोन माइक्रोग्राफ में इसके अपेक्षाकृत कम घनत्व को प्रदर्शित करता है (चित्र 7.18)।

हेटरोक्रोमेटिन **अहेतुक** (constitutive) अथवा **विकल्पी** (facultative) हो सकते हैं। अहेतुक हेटरोक्रोमेटिन स्थायी रूप से संघनित रहता है। इसको जंक डीएनए (junk DNA) भी कहते हैं। इसका कोई विशिष्ट कार्य नहीं होता है। यह इलैक्ट्रोन माइक्रोग्राफ में केन्द्रकीय परिधि के इर्दगिर्द एक गहरी अनियमित परत के रूप में दिखाई देता है। क्रोमेटिन का यह भाग केन्द्रक आवरण की भीतरी सतह से बद्ध रहता है और संहत बना रहता है। यह गुणसूत्रों के सेन्ट्रोमियर तथा टेलोमियर के क्षेत्रों में भी वितरित पाया जाता है। अहेतुक हेटरोक्रोमेटिन का डीएनए छोटे क्रमों (sequences) का बना होता है जिनकों टान्डेम रिपीट/अनुक्रम पुनरावृत्त (tandem repeat) कहते हैं। विकल्पी हेटरोक्रोमेटिन में आवर्ती प्रकीर्णन होता है और ये अनुलेखनी रूप से सक्रिय बन जाते हैं। ये किसी जीव की एक से दूसरी कोशिका अथवा किसी प्रजाति के विभिन्न जीवों में भिन्न होता है।



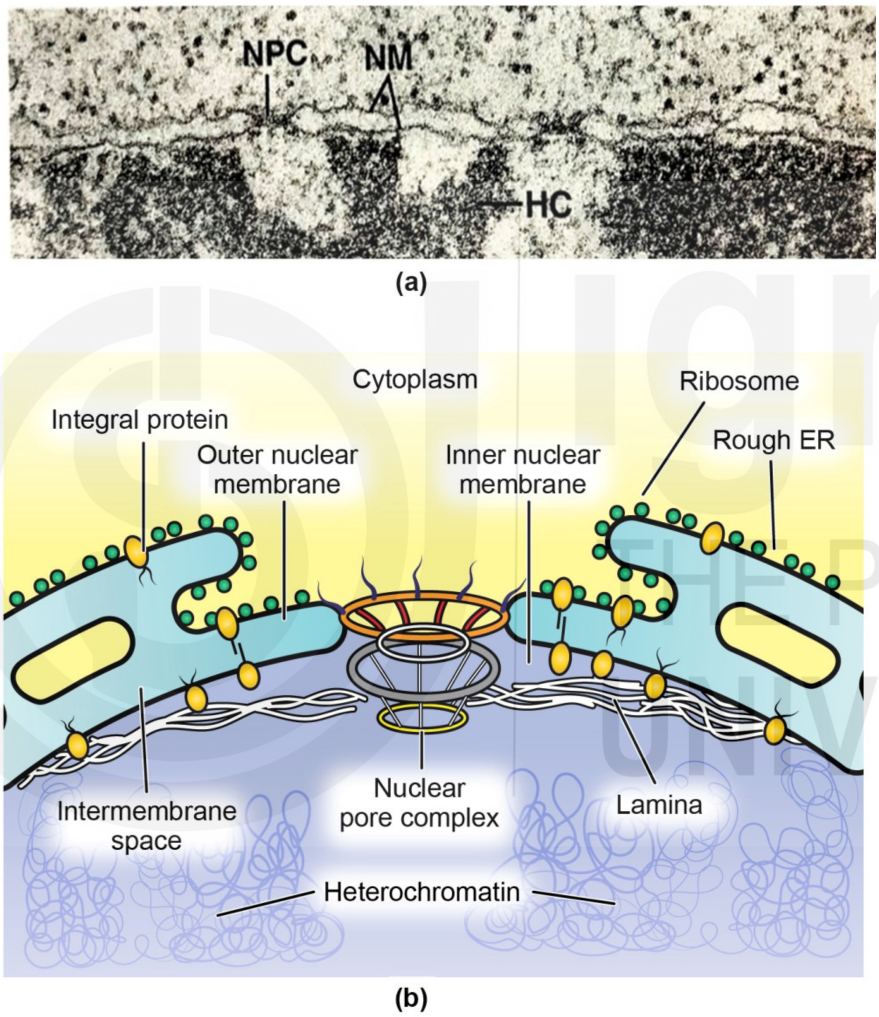
चित्र 7.18 : यूक्रोमेटिन और हेटरोक्रोमेटिन क्षेत्र को दर्शाते हुए एक गुणसूत्र।

केन्द्रक रंध्र और केन्द्रक रंध्र कॉम्प्लैक्स (Nuclear pore and Nuclear pore complex)

केन्द्रक आवरण सतत् नहीं होता है और इसमें अनेक रंध्र होते हैं, जिनके द्वारा केन्द्रकद्रव्य कोशिकाद्रव्य से जुड़ा रहता है। इन रंध्रों को केन्द्रक रंध्र (nuclear pore) कहते हैं। केन्द्रक रंध्र केन्द्रक और कोशिकाद्रव्य के बीच प्रोटीन, आरएनए और विलेयों के आने-जाने के लिए एक सूक्ष्म पथ होता है। केन्द्रक रंध्रों की संख्या कोशिका के प्रकार के साथ अत्यधिक परिवर्ती होती है। एक प्रारूपिक स्तनधारीय कोशिका में प्रतिवर्ग माइक्रोमीटर क्षेत्र में लगभग 10-20 रंध्र होते हैं।

केन्द्रक रंध्र संरचना में जटिल होते हैं। यह संरचना **केन्द्रक रंध्र कॉम्प्लैक्स** (nuclear pore complex; NPC) कहलाती हैं, जिसका व्यास 120 नेनोमीटर होता है। नवीन इलैक्ट्रोन सूक्ष्मदर्शी अध्ययनों से पता चला है कि NPC की संरचना टोकरी जैसी होती है। यह केन्द्रकद्रव्य की ओर पाए जाते हैं और अरों (spokes) की सहायता से निलंबित रहते हैं। इसमें दो वलय होते हैं : कोशिकाद्रव्यी वलय (जो कोशिकाद्रव्य की ओर पाया

जाता है) और केन्द्रकद्रव्यी वलय (केन्द्रक की ओर पाया जाता है)। दोनों वलय अरों के माध्यम से एकदूसरे से जुड़े रहते हैं। इसमें एक केन्द्रीय चैनल होता है और ये माना जाता है कि इसके द्वारा प्रोटीन और आरएनए प्रवाहित होते हैं, जबकि कम अणु भार के विलेय अरों के बीच के स्लॉट/झिरी से प्रवाहित हो जाते हैं (चित्र 7.19)। ये कोशिकाद्रव्यी तंतु रंध्रों से होकर प्रोटीन की गति में सहायक होते हैं। केन्द्रक रंध्र कॉम्प्लैक्स (NPC) में 30 भिन्न प्रोटीन होते हैं, जिनको न्यूक्लीओपोरिन (nucleoporin) कहते हैं। अनेक प्रोटीन और आयन NPC के द्वारा केन्द्रक और कोशिकाद्रव्य के बीच निरंतर आते-जाते रहते हैं। अणुओं की गति उनके आमाप पर निर्भर करती है। छोटे अणु और प्रोटीन (अणु द्रव्यमान 20-40 kDa से कम) रंध्र से होकर दोनों दिशाओं में यानी कोशिकाद्रव्य से केन्द्रक और केन्द्रक से कोशिकाद्रव्य में आसानी से आ-जा (विसरण कर) सकते हैं।



चित्र 7.19 : केन्द्रक रंध्र कॉम्प्लैक्स (NPC) का; a) इलैक्ट्रोन माइक्रोग्राफ; और b) आरेखी प्रदर्शन । (HC= हेटरोक्रोमेटिन; NM= केन्द्रक कला)।

कार्य

- केन्द्रक डीएनए के रूप में आनुवंशिक सूचना को भंडारित करता है। केन्द्रक का मुख्य कार्य जीन अभिव्यक्ति को नियंत्रित करना और कोशिका चक्र के समय डीएनए प्रतिकृति की मध्यस्थता करना है। यह किसी जीव की आनुवंशिकता को नियंत्रित करता है।

- केन्द्रक अनुलेखन (transcription) का स्थान भी है, जहां संदेशवाहक आरएनए (mRNA) निर्मित होते हैं।

- डीएनए का कोशिका विभाजन के समय संतति कोशिकाओं में समान रूप से वितरित किए जाने से पहले उसका द्विगुणन (प्रतिकृति) होता है। जब कोशिका विभाजन करती है, तब डीएनए का द्विगुणन आवश्यक है जिससे प्रत्येक नई कोशिका को डीएनए का पूर्ण पूरक भाग प्राप्त हो सके।

- राइबोसोम उपइकाइयों का संश्लेषण केन्द्रक में होता है, जिनको फिर कोशिकाद्रव्य में ले जाया जाता है।

- आयनों, प्रोटीनों और अन्य अणुओं का वरणात्मक अभिगमन केन्द्रक आवरण पर पाए जाने वाले केन्द्रक रंध्रों से होकर होता है।

बोध प्रश्न 5

क) निम्नलिखित शब्दों को परिभाषित कीजिए :

i) केन्द्रक पटल

ii) केन्द्रकद्रव्य

iii) लैमिन

iv) क्रोमेटिन

ख) केन्द्रक के कार्यों को सूचीबद्ध कीजिए।

7.7 सारांश

- परऑक्सीसोम एकल कला से बद्ध छोटी गोल संरचनाएं हैं। इनमें एन्जाइम होते हैं जो वसा अम्ल ऑक्सीकरण, ग्लाइऑक्सीलेट चक्र और प्रकाशश्वसन समेत विविध उपापचयी अभिक्रियाओं में भूमिका निभाते हैं। ये जंतु और पादप कोशिकाओं दोनों में पाए जाते हैं। नए परऑक्सीसोम पहले से मौजूद परऑक्सीसोमों से उत्पन्न होते हैं। यह साइटोसोल से लिपिड, कला प्रोटीन और मैट्रिक्स प्रोटीन का आयात करके वृद्धि करते हैं। अद्यतन अध्ययनों से इसके भी संकेत मिलते हैं कि इनका एन्डोप्लैस्मिक रेटीकुलम की मध्यस्थता से नए सिरे से संश्लेषण होता है।

- ग्लाइऑक्सीसोम अंकुरणशील बीजों में पाए जाते हैं और इनमें अन्य परऑक्सीसोमी एन्जाइमों के अतिरिक्त ग्लाइऑक्सीलेट चक्र के एन्जाइम भी पाए जाते हैं।

- सूक्ष्मनलिकाएं बारीक, अशाखित खोखली नलियां है जो प्रोटीन ट्यूबुलिन युक्त उपइकाइयों की बनी होती हैं। ये संरचनात्मक घटक एकल रूप से अथवा समान्तर पूलों के संजाल के रूप में व्यवस्थित रहते हैं। ये कोशिकीय क्षेत्रों को तनन सामर्ध्य और दृढ़ता प्रदान करते हैं। सूक्ष्मतंतु रेखीय, अशाखित तंतु होते हैं जो प्रोटीन एक्टिन के बने होते हैं। इनको एक्टिन तंतु भी कहते हैं। सूक्ष्मतंतु सूक्ष्मनलिकाओं से छोटे होते हैं और कोशिका कंकाल में एकल रूप से, संजाल (नेटवर्क) में अथवा समान्तर पूलों के रूप में पाए जाते हैं।

- कोशिकांतरंगक अथवा कोशिकीय अजैव पदार्थ कोशिका उपापचय के उत्पाद हैं। ये पदार्थ कोशिका भित्तियों अथवा धानियों और कोशिकाद्रव्य के अंगकों में उपस्थित हो सकते हैं। इनमें कोशिका के अदंर पाए जाने वाले विभिन्न पोषक, संचित खाद्य पदार्थ, अकार्बनिक पदार्थ, वर्णक, स्त्रावी और उत्सर्जी उत्पाद सम्मिलित हैं।

- राइबोसोम कोशिका में पाए जाने वाले सबसे छोटे अंगक हैं और कोशिकाद्रव्य में सघन कणों के रूप में पाये जाते हैं। ये कोशिकाद्रव्य में मुक्त प्लावी रूप से अथवा एन्डोप्लैस्मिक रेटीकुलम से संबद्ध पाए जा सकते हैं। यह प्रोटीन संश्लेषण के स्थान के रूप में कार्य करते हैं। प्रत्येक राइबोसोम दो राइबोसोमी आरएनए (rRNA) उपइकाइयों का बना होता है।

- केन्द्रक ससीमकेन्द्रकी कोशिकाओं में पाया जाने वाला एक मुख्य अंगक है। यह वह स्थान है जहां डीएनए का द्विगुणन होता है और आनुवंशिक सूचना का अनुलेखन होकर संदेशवाहक आएनए (mRNA) बनता है। mRNA केन्द्रक से कोशिकाद्रव्य में सूचना को ले जाता है जिसका प्रोटीन संश्लेषण के समय अनुवादन (ट्रांसलेशन) हो जाता है। केन्द्रक आवरण ससीमकेन्द्रकी जीवों में एक सुसंगठित संरचना है, जिसमें केन्द्रक रंध्र होते हैं। इन केन्द्रक रंध्रों से केन्द्रकद्रव्य और कोशिकाद्रव्य के बीच नियंत्रित तरीके से अणुओं का आदान प्रदान होता है।

- केन्द्रिक केन्द्रक के अंदर पाई जाने वाली एक संरचना है। यह राइबोसोमों के संगठन के लिए उत्तपरदायी होती है। राइबोसोमी प्रोटीनों का संश्लेषण कोशिकाद्रव्य में होता है और इनका केन्द्रिक से आयात किया जाता है। केन्द्रक पटल केन्द्रक आवरण के ठीक नीचे पाई जाने वाली एक प्रोटीनमयी संरचना है। यह केन्द्रक आवरण को ढांचागत सहारा प्रदान करती है और क्रोमेटिन तंतुओं के जुड़ाव के लिए स्थान प्रदान करती है। यह लेमिन नामक प्रोटीन की बनी होती है।

7.8 अंत में कुछ प्रश्न

1. सूक्ष्मपिंड (माइक्रोबोडी) क्या हैं?

2. निम्नलिखित के बीच अन्तर कीजिए।

   i) परऑक्सीसोम और ग्लाइऑक्सीसोम

   ii) यूक्रोमेटिन और हैटरोक्रोमेटिन

3. परऑक्सीसोम किसप्रकार माइटोकॉन्ड्रिया के समान है और ये किसप्रकार विशिष्ट हैं?

4. परऑक्सीसोमी क्रियाओं में *कैटलेस* की भूमिका का वर्णन कीजिए।

5. ग्लाइऑक्सीसोम की संरचना और कार्यों का वर्णन कीजिए।

6. कोशिका के कोशिकाकंकाल के प्रमुख संघटकों के विषय में संक्षेप में बताइए।

7. कोशिका में कोशिकाकंकाल के प्रमुख कार्यों को सूचीबद्ध कीजिए।

8. केन्द्रक की संरचना और ससीमकेन्द्रकी कोशिका में इसकी भूमिका का वर्णन कीजिए।

9. कोशिकांतरंगकों पर संक्षिप्त टिप्पणी लिखिए।

7.9 उत्तर

बोध प्रश्न

1. क) i) परऑक्सीसोम

ii) ऐन्डोप्लैस्मिक रेटीकुलम

iii) समान

iv) ऐन्डोप्लैस्मिक रेटीकुलम-अर्ध-स्वायत्त

v) प्रकाशश्वसन

v) बीटा-ऑक्सीकरण

ख) उपभाग 7.2.2 को देखिए।

2. क) i) भ्रूणपोष और बीजपत्र

ii) खंडन अथवा मुकुलन की प्रक्रिया

iii) सूक्ष्मपिंड (माइक्रोबॉडीज) अथवा परऑक्सीसोम

iv) सक्सीनेट

ख) उपभाग 7.3.2 को देखिए।

3. क) i) सत्य; ii) असत्य; iii) सत्य;

iv) सत्य; v) असत्य; v) सत्य

ख) उपभाग 7.4.5 को देखिए।

ग) i) मध्यवर्ती तंतु

ii) कशाभ

iii) सिस्टोलिथ

iv) एक्सोनीमी

v) उत्सर्जी उत्पाद

vi) सूक्ष्मतंतु

4. क) भाग 7.6 और सारणी 7.1 को देखिए।

 ख) चित्र 7.17 को देखिए।

5. क) i) भीतरी केन्द्रक कला के नीचे उपस्थित तंतुमय संजाल तंतुमय पटल या केन्द्रक पटल कहलाता है।

 ii) केन्द्रक आवरण में पाया जाने वाला जिलेटिनी पदार्थ केन्द्रकद्रव्य कहलाता हैं। यह मुख्य रूप से जल का बना होता है जिसमें घुले हुए लवण, एन्जाइम और निलंबित कार्बनिक अणु होते हैं। केन्द्रकद्रव्य एक कुशन की तरह काम करता है और केन्द्रक की अंर्तवस्तुओं की सुरक्षा करता है। यह केन्द्रक के आकार को बनाए रखकर उसको सहारा देता है।

 iii) लैमिन मध्यवर्ती तंतुमय प्रोटीन का एक वर्ग हैं। ये क्रोमेटिन तंतुओं के जुड़ाव के लिए स्थान प्रदान करते हैं और कोशिका विभाजन के समय केन्द्रक आवरण के विघटन और विभाजन पूर्ण होने के बाद उसके पुर्नगठन में भी सहायक होते हैं।

 iv) गुणसूत्र लंबी अंर्तग्रथित संरचनाओं के रूप में संगठित रहते हैं जिनको क्रोमेटिन कहते हैं। क्रोमेटिन डीएनए और प्रोटीनों का एक कॉम्प्लैक्स है, जो गुणसूत्रों को बनाता है।

 ख) भाग 7.7 को देखिए।

अंत में कुछ प्रश्न

1. भाग 7.1 को देखिए।

2. i) भाग 7.2 और 7.3 को देखिए।

 ii) भाग 7.7 को देखिए।

3. माइटोकॉन्ड्रिया और परऑक्सीसोम कोशिका में पाए जाने वाले अंगक हैं। ये 0.1 से 1 माइक्रोमीटर के आमाप विस्तार में पाए जाते हैं। ये दोनों कोशिका के उपापचय में भूमिका निभाते हैं, विशेषरूप से वसा अम्ल उपापचय, रिएक्टिव (अभिक्रियाशील) ऑक्सीजन स्पीशीज़ (ROS) के उत्पादन और ROS के अपमार्जन में महत्वपूर्ण भूमिका निभाते हैं। माइटोकॉन्ड्रिया और परऑक्सीसोम कुछ गुणों में समानता दिखाते हैं लेकिन अपनी उत्पत्ति, संरचना और शरीरक्रियात्मक भूमिका में ये दोनों भिन्न होते हैं। माइटोकॉन्ड्रिया दोहरी कला से घिरा रहता है, जबकि परऑक्सीसोम एकल कला से घिरे रहते हैं।

4. उपभाग 7.2.2 को देखिए।

5. भाग 7.3 को देखिए।

6. भाग 7.4 को देखिए।

7. उपभाग 7.4.4 को देखिए।

8. भाग 7.7 को देखिए।

9. भाग 7.5 को देखिए।

संदर्भ और चित्रों के लिए आभार

चित्र 7.1 : Source: https://www.google.co.in/imgres?imgurl=https%3A%2F%2Fwww.open.edu%2Fopenlearn%2Focw%2Fpluginfile.php%2F313588%2Fmod_oucontent%2Foucontent%

चित्र 7.2 : Source: The Journal of Cell Biology, 91, 272s, 1981.

चित्र 7.6 : Source: Sunderland (MA): Sinauer Associates; 2000. The Cell: A Molecular Approach. 2nd edition. Cooper GM.

चित्र 7.9 : https://www.google.co.in/imgres?imgurl=https%3A%2F%2Fmedia.springernature.com%2Ffull%2Fspringer-static%.

Doxsey, S. Re-evaluating centrosome function. Nat Rev Mol Cell Biol 2, 688–698 (2001).

चित्र 7.13 a : https://www.google.co.in/imgres?imgurl=https%3A%2F%2Fars.els-cdn.com%2Fcontent%2Fimage%2F3-s2.0-B9780123708731000435-gr1.jpg&imgrefurl=https%3A%2F%2Fwww.sciencedirect.com%

चित्र 7.16 a : https://www.google.co.in/imgres?imgurl=http%3A%2F%2Ffaculty.ccbcmd.edu%2Fcourses%2Fbio141%2Flecguide%2Funit1%2Fproeu%2Fimages_CC_new%2520figs%2Fnucleus_label_50.jpg&imgrefurl=

चित्र 7.19 a : Source: https://www.google.co.in/imgres?imgurl=https%3A%2F%2Fmmegias.webs.uvigo.es%2F02-english%2F5-celulas%2Fimagenes-e%2Fporos-p.png&imgrefurl=https%3A%2F%2Fmmegias.webs.uvigo.es%2F02-english%2F5-celulas%2F4-poros.php

यूट्यूब के वीडियों लिंक

https://www.youtube.com/watch?v=tO-W8mvBa78

https://www.youtube.com/watch?v=5rqbmLiSkpk

https://www.youtube.com/watch?v=kGzg7Nea6_o

https://www.youtube.com/watch?v=URUJD5NEXC8&t=50s

https://www.youtube.com/watch?v=v_xlBmFYu5Y

https://www.youtube.com/watch?v=gG7uCskUOrA

ignou THE PEOPLE'S UNIVERSITY