শারীরবিদ্যার কোশীয় ভিত্তি

Cellular basis of physiology

CC1TH

ভূমিকা (Indroduction)

মানবদেহ বিভিন্ন তন্ত্রের সমন্বয়ে গঠিত হয়। এই তন্ত্রগুলি হল **ত্বকীয়তন্ত্র** (Cutaneous system), **কঙ্কালতন্ত্র** (Skeletal system), **পেশিতন্ত্র** (Muscular system), **সংবহনতন্ত্র** (Circulatory system), **হৃদ্-বাহতন্ত্র** (Cardiovascular system), **লসিকাতন্ত্র** (Lymphatic system), **পৌষ্টিকতন্ত্র** (Alimentary system), **শ্বসনতন্ত্র** (Respiratory system), **রেচনতন্ত্র** (Excretory system), **স্নায়ুতন্ত্র** (Nervous system), **অন্তঃক্ষরা গ্রন্থিতন্ত্র** (Endocrine system) এবং **প্রজননতন্ত্র** (Reproductive system)।

মানবদেহের প্রত্যেকটি তন্ত্র (system) নির্দিষ্ট কতকগুলি অঙ্গের (organ) সমন্বয়ে গঠিত হয়। উদাহরণ হিসাবে বলা যেতে পারে মানবদেহের পৌষ্টিকতন্ত্র মুখছিদ্র, গ্রাসনালি, পাকস্থলী, ক্ষুদ্রান্ত, বৃহদান্ত্র প্রভৃতি অঙ্গের সমন্বয়ে গঠিত হয়। মানবদেহের এই অঙ্গসমূহ আবার বিভিন্ন কলা (tissues) দ্বারা গঠিত হয়। মানবদেহের অঙ্গ গঠনকারী কলাগুলি হল **আবরণী কলা** বা এপিথেলিয়াল **টিসু** (Epithelial tissue), **যোগকলা** বা **কানেক্‌টিভ টিসু** (Connective tissue), **পেশিকলা** বা মাসকিউলার **টিসু** (Muscular tissue) এবং **স্নায়ুকলা** বা **নার্ভাস টিসু** (Nervous tissue)। উদাহরণ হিসাবে বলা যেতে পারে মানুষের শ্বাসতন্ত্রের অন্তর্গত অঙ্গ শ্বাসনালি বা ট্রাকিয়া (trachea) আবরণী কলা, যোগ কলা, পেশি কলা ইত্যাদির সমন্বয়ে গঠিত হয়। মানবদেহের এই চার প্রকার কলা বা টিসুকে গঠনগতভাবে বিশ্লেষণ করলে দেখা যায় যে এরা এক বা একাধিক সম বা ভিন্ন আকৃতির কোশের (cell) সমন্বয়ে গঠিত হয়। সুতরাং মানবদেহের গঠনগত ও কার্যগত একক হল কোশ এবং কোশের যাবতীয় ক্রিয়াকলাপ বিভিন্ন কোশীয় অঙ্গাণু দ্বারা নিয়ন্ত্রিত হয়ে মানবদেহের শারীরবৃত্তীয় ক্রিয়া কলাপকে স্বাভাবিক রাখে। মানবদেহের প্রাণের ভিত্তি হল এই সমস্ত সজীব কোশ।

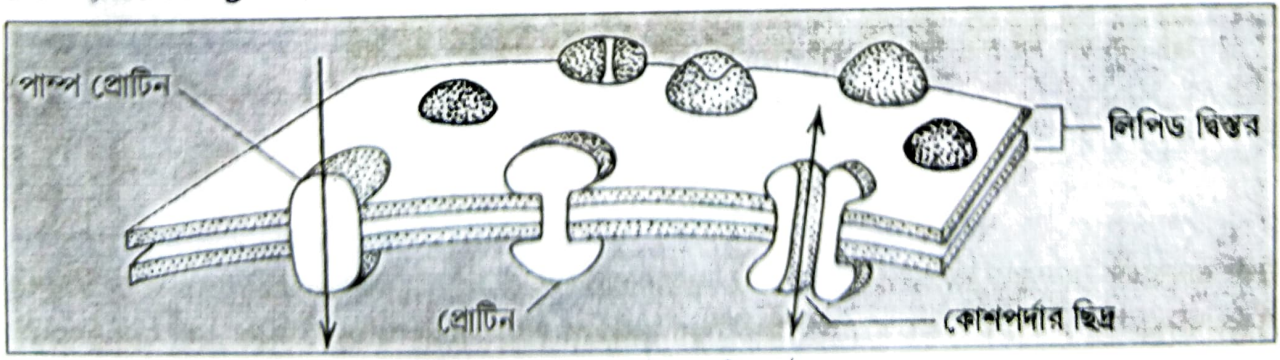
1.1. কোশপর্দা বা প্লাজমা পর্দা— গঠন ও কাজ (Cell membrane or Plasma membrane—Structure and Function)

কোশপর্দার (প্লাজমাপর্দার) পরাণু-গঠন [Ultra-structure of Cell (Plasma) membrane] :

কোশপর্দার আণবিক সংগঠন ও তার বিভিন্ন আণবিক মডেল :

[1] কোশপর্দার আণবিক সংগঠন (Molecular organisation of cell membrane) :

(i) লোহিত রক্তকণিকার হিমোলাইসিস্ প্রক্রিয়ার সাহায্যে কোশপর্দা পৃথক করা হয় এবং একে রেড সেল ঘোস্ট (Red cell ghost) বলে। লোহিত রক্তকণিকার এই পর্দার রাসায়নিক বিশ্লেষণ করে জানা যায় যে—



চিত্র 1.1 : কোশপর্দার আণবিক গঠন।

এতে 52% প্রোটিন, 40% লিপিড ও 8% কার্বোহাইড্রেট আছে। কার্বোহাইড্রেট লিপিডের সঙ্গে সংযুক্ত থাকলে তাকে **গ্লাইকোলিপিড** (Glycolipid) বলে এবং প্রোটিনের সঙ্গে সংযুক্ত থাকলে **গ্লাইকোপ্রোটিন** (Glycoprotein) বলে।

(ii) লিপিড উপাদান ধারাবাহিকভাবে দ্বিস্তরে সজ্জিত থাকে এবং প্রতিটি স্তর পোলার ও ননপোলার নিয়ে গঠিত। এর পোলার প্রান্ত জলঅনুরাগী (Hydrophilic) অর্থাৎ জলে দ্রাব্য ও ননপোলার প্রান্ত জলবিরাগী (Hydrophobic) অর্থাৎ জলে অদ্রাব্য। প্লাজমাপর্দায় উপস্থিত প্রধান লিপিডগুলি হল— ফসফোলিপিড, কোলেস্টেরল, গ্যালাকটোলিপিড ইত্যাদি।

(iii) মোট 8% কার্বোহাইড্রেটের 7% কার্বোহাইড্রেট লিপিডের সঙ্গে যুক্ত থেকে **গ্লাইকোলিপিড** গঠন করে। বাকি 1% লিপিড প্রোটিনের সঙ্গে যুক্ত থেকে **গ্লাইকোপ্রোটিন** গঠন করে।

(iv) কোশপর্দার বাইরের দিকে প্রোটিনকে **প্রান্তীয় প্রোটিন** (Peripheral or extrinsic) বলে এবং কোশপর্দার মধ্যে অবস্থিত প্রোটিনকে **অন্তস্থ বা ইন্টিগ্রাল প্রোটিন** (Integral or intrinsic) বলে। প্রোটিনের সাহায্যে কোশের মধ্যে পদার্থের চলাচল, কোশের অ্যান্টিজেনিক ধর্ম, উৎসেচকের কাজ ইত্যাদি পালিত হয়।

[2] প্লাজমা পর্দার বিভিন্ন আণবিক মডেল (Different Molecular models of cell membrane) :

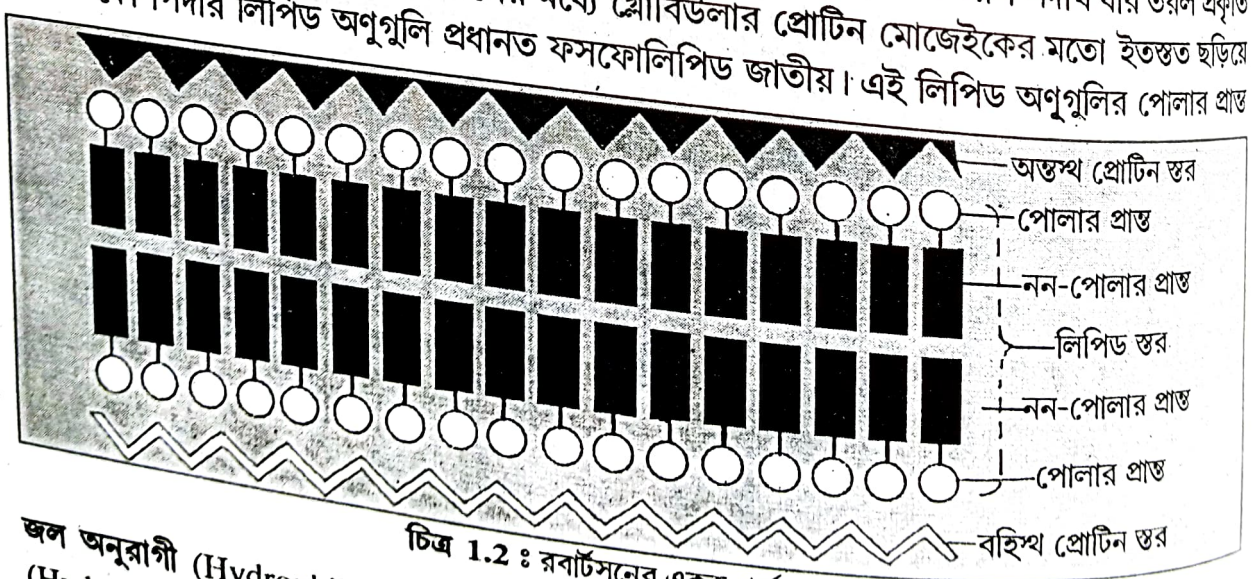
(i) **ই. ওভারটনের (E. Overton, 1902)** মতে কোশপর্দা একস্তর লিপিড দিয়ে তৈরি।

(ii) **গর্টার ও গ্রেন্ডেলের (Gorter and Grendell, 1926)** মতে কোশপর্দা দুটি লিপিড স্তর দিয়ে গঠিত।

(iii) **ড্যানিয়েলি ও ডাভসনের (Danielli and Davson, 1935)** মতে কোশপর্দা দ্বিস্তর যুক্ত একটি লিপিড দিয়ে তৈরি যার দু-দিকেই গ্লোবিউলার প্রোটিনের আবরণ রয়েছে।

(iv) **রবার্টসনের (Robertson, 1959) একক পর্দা মডেল (Unit membrane model of Robertson)**—রবার্টসনের মতে কোশের ভিতরের সমস্ত কোশ-অঙ্গাণুর আবরণী পর্দা **প্রোটিন—লিপিড—প্রোটিন (P—L—P)** ত্রিস্তর দিয়ে গঠিত এবং এই আবরণীকে তিনি **একক আবরণী** (Unit membrane) বলে আখ্যা দেন। এই একক পর্দা গড়ে 7·5 nm চওড়া যার ভিতরে দ্বিস্তর লিপিড পর্দা 3·5 nm এবং লিপিডের দু-দিকে 2·0 nm পুরু দুটি প্রোটিন স্তর রয়েছে।

(v) **সিংগার ও নিকলসনের তরল মোজেইক মডেল (Fluid Mosaic Model of Singer and Nicolson, 1972)**— সিংগার ও নিকলসনের মতে কোশপর্দা হল একটি অর্ধতরল পদার্থ যার তরল প্রকৃতি দ্বিস্তর লিপিড গঠন করে এবং এই তরলের মধ্যে গ্লোবিউলার প্রোটিন মোজেইকের মতো ইতস্তত ছড়িয়ে থাকে। কোশপর্দার লিপিড অণুগুলি প্রধানত ফসফোলিপিড জাতীয়। এই লিপিড অণুগুলির পোলার প্রান্ত



চিত্র 1.2 : রবার্টসনের একক পর্দার মডেল।

জল অনুরাগী (Hydrophilic) অর্থাৎ জলে দ্রাব্য এবং নন-পোলার (Non-polar) প্রান্ত জল বিরাগী (Hydrophobic) অর্থাৎ জলে অদ্রাব্য। লিপিডের পোলার প্রান্ত পর্দার বাইরের দিকে এবং নন-পোলার প্রান্ত পর্দার ভিতরের দিকে থাকে। লিপিড অণুতে অসংপৃক্ত ফ্যাটি অ্যাসিড (Unsaturated fatty acid)

থাকার ফলে পর্দার তরল ধর্ম প্রকাশ পায়। প্রোটিনগুলি লিপিড তরলের উপর ভাসমান বা আংশিক অথবা পূর্ণ নিমজ্জিত থাকে। প্রোটিনের সাহায্যে পদার্থের কোশীয় সংবহন, কোশান্তর সংযোগসাধন, শক্তি সরবরাহ ইত্যাদি কাজ সাধিত হয়।

■ প্লাজমাপর্দা বা কোশপর্দার কাজ (Functions of Plasma membrane or cell membrane) ঃ

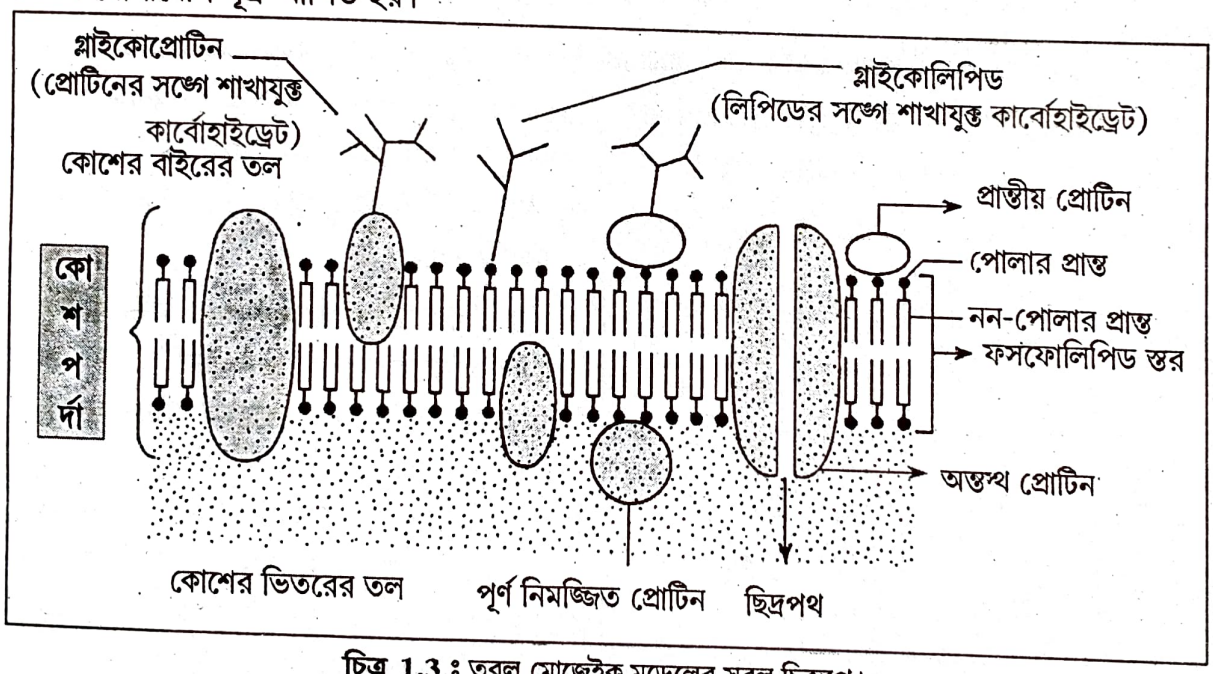
(i) প্রধানত প্রাণীকোশের নির্দিষ্ট আকৃতি প্রদান করে।

(ii) বহিঃকোশীয় তরল থেকে প্রোটোপ্লাজমকে পৃথক করে এবং সাইটোপ্লাজমীয় কোশঅঙ্গাণুগুলিকে রক্ষা করে।

(iii) পর্দাবৃত কোশঅঙ্গাণু যেমন—মাইটোকনড্রিয়া, গলগি বস্তু, এন্ডোপ্লাজমীয় জালিকা ইত্যাদি সৃষ্টি করে।

(iv) কোশের ভিতর থেকে বাইরে এবং বাইরে থেকে ভিতরে বস্তুর চলাচল নিয়ন্ত্রিত করে। কোশপর্দা একটি প্রভেদক ভেদ্যপর্দা যার মাধ্যমে নিষ্ক্রিয় পরিবহন, সক্রিয় পরিবহন ইত্যাদি দেখা যায়।

(v) কোশপর্দার বিশেষ গঠন, যেমন—ডেসমোজোম, টাইট জাংশন ইত্যাদির সাহায্যে কোশগুলির ভিতর যোগাযোগ সূত্র স্থাপিত হয়।



চিত্র 1.3 ঃ তরল মোজেইক মডেলের সরল চিত্ররূপ।

(vi) প্রধানত প্রাণীকোশের কোশপর্দা পিনোসাইটোসিস্ ও ফ্যাগোসাইটোসিস্ প্রক্রিয়ার সাহায্যে যথাক্রমে তরল ও কঠিন খাদ্য গ্রহণ করে।

(vii) স্নায়ু আবেগ সংবহন করে।

(viii) কোশপর্দার পাম্প প্রোটিন আয়ন ও অণুর সক্রিয় পরিবহনে সাহায্য করে।

(ix) বিশেষ ধরনের পর্দা প্রোটিন আয়ন ও অণুর সঙ্গে যুক্ত হয়ে ফ্যাট দ্রাব যৌগ গঠনের মাধ্যমে সহায়ক ব্যাপনে সাহায্য করে।

(x) অনেক ক্ষেত্রে কোশপর্দার বিশেষ গঠন অ্যান্টিজেন ধর্ম দেখায়।

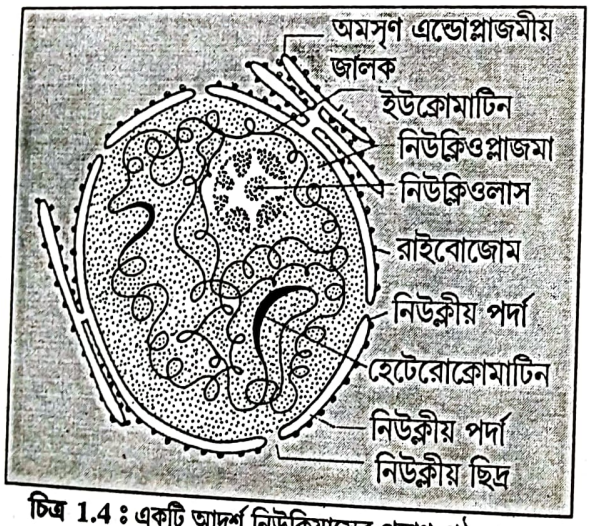
❁ একক পর্দা মডেল ও তরল মোজেইক মডেলের মধ্যে পার্থক্য (Differences between Unit membrane model and Fluid mosaic model) ঃ

বৈশিষ্ট্য	একক পর্দা মডেল	তরল মোজেইক মডেল
1. গঠন	1. দ্বিস্তরীয় লিপিডের বাইরের দিকে ও ভিতরের দিকে সম্পূর্ণ অংশ জুড়ে প্রোটিন স্তর থাকে।	1. দ্বিস্তরীয় লিপিডের বাইরের দিকে পূর্ণ নিমজ্জিত প্রোটিন ও ভিতরের অংশে অন্তস্থ প্রোটিন থাকে।

বৈশিষ্ট্য	একক পর্দা মডেল	তরল মোজেইক মডেল
2. প্রোটিনের অবস্থান	2. সমগ্র লিপিড স্তর বরাবর আবরক হিসাবে প্রোটিন স্তর থাকে।	2. লিপিড স্তরের ভিতরে বিক্ষিপ্তভাবে ছড়িয়ে মোজেইক-এর মতো গ্লোবিউলার প্রোটিন অবস্থান করে।
3. প্রোটিনের প্রকার	3. সব প্রোটিন বহিস্থ বা এক্সট্রিনজিক প্রকারের।	3. অন্তস্থ ও পূর্ণ নিমজ্জিত এই দুই প্রকারের প্রোটিন পাওয়া যায়।
4. প্রোটিনের কাজ	4. লিপিড আবরক হিসাবে কোশপর্দা গঠনে ও দ্বিস্তরীয় লিপিডকে সুরক্ষিত করতে প্রোটিন কাজ করে।	4. পূর্ণ নিমজ্জিত প্রোটিন কোশপর্দার আবরক হিসাবে এবং অন্তস্থ প্রোটিন কোশীয় সংবহন, কোশান্তর সংযোগ স্থাপন, শক্তি সরবরাহ ইত্যাদি কাজ করে।

1.2. নিউক্লিয়াস—গঠন ও কাজ (Nucleus—Structure and Functions)

নিউক্লিয়াসের গঠন (Structure of Nucleus) : একটি আদর্শ নিউক্লিয়াসে চারটি অংশ থাকে। যেমন— 1. নিউক্লীয় পর্দা, 2. নিউক্লীয় রস বা নিউক্লিওপ্লাজম, 3. ক্রোমাটিন জালিকা বা নিউক্লীয় জালিকা বা ক্রোমোজোম, 4. নিউক্লিওলাস।



চিত্র 1.4 : একটি আদর্শ নিউক্লিয়াসের পরাণু-গঠন।

কাজ (Functions) : (i) নিউক্লিয়াস হল কোশের প্রাণকেন্দ্র যা কোশের সব জৈবিক কাজ নিয়ন্ত্রণ করে, তাই একে "**কোশের মস্তিষ্ক**" (Brain of the cell) বলে। (ii) নিউক্লিয়াসে উপস্থিত DNA কোশের যাবতীয় ধর্ম ও গুণাবলি এক বংশ থেকে অপর বংশে বহন করে। (iii) নিউক্লিয়াস থেকে RNA ও প্রোটিন সংশ্লেষ হয়। (iv) কোশবিভাজনে নিউক্লিয়াস প্রধান ভূমিকা পালন করে।

1.2.1. নিউক্লীয় পর্দা (Nuclear Membrane)

সংজ্ঞা (Definition) : সমগ্র নিউক্লিয়াসকে আবৃত করে রাখে যে পর্দা তাকে নিউক্লীয় পর্দা বা ক্যারিওথিকা (Karyotheca) বলে।

নিউক্লীয় পর্দার পরাণু-গঠন (Ultra-structure of Nuclear membrane) :

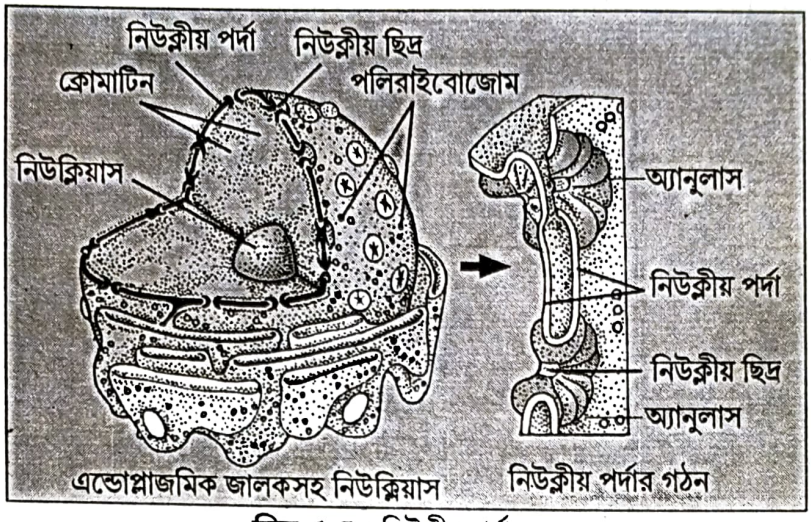
(i) সাইটোপ্লাজম ও নিউক্লিও-প্লাজমকে পৃথক করে রাখা এই পর্দা আলাদা দুটি একক পর্দা দিয়ে গঠিত হয় যার একটি পর্দা নিউক্লিয়াসের ভিতরের দিকে থাকে।

(ii) প্রতিটি একক পর্দা ত্রিস্তরযুক্ত প্রোটিন-লিপিড-প্রোটিন (P—L—P) সমন্বয়ে গঠিত এবং 75-90 Å পুরু। দুটি একক পর্দার মাঝে 100-150 Å ফাঁক থাকে এবং একে **পেরিনিউক্লিয়ার অঞ্চল** (Perinuclear space) বলে।

(iii) বাইরের একক পর্দাতে কিছু রাইবোজোম লেগে থাকে, তাই পর্দাটি অমসৃণ হয়। নিউক্লীয় পর্দায়

300-500Å ব্যাসযুক্ত **নিউক্লীয় ছিদ্র** (Nuclear pore) থাকে এবং এই ছিদ্রটি প্রোটিনজাতীয় বস্তু **অ্যানুলাস** (Annulus) দিয়ে ঢাকা থাকে।

(iv) নিউক্লীয় পর্দায় অবস্থিত প্রোটিন **নিউক্লিওপ্লাজমিন** (Nucleoplasmin)-এর সাহায্যে নিউক্লিয়াসে পদার্থের আদানপ্রদান হয়।

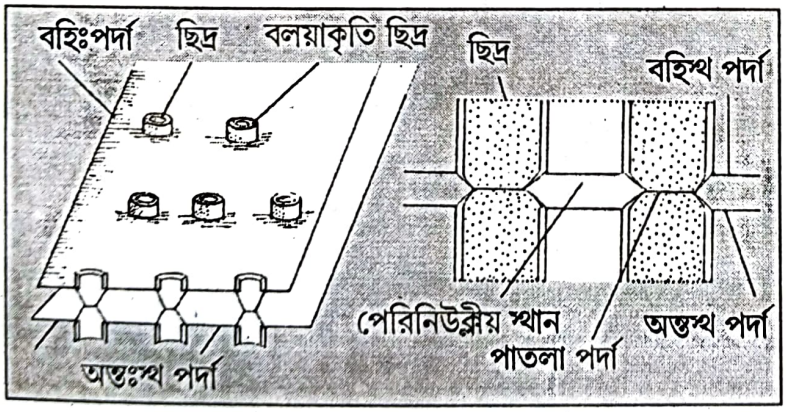


চিত্র 1.5 : নিউক্লীয় পর্দা।

কাজ (Functions) :
(i) নিউক্লীয় পর্দা নিউক্লিয়াসের ভিতরের বস্তুগুলিকে রক্ষা করে। (ii) নিউক্লিয়াসের নির্দিষ্ট আকৃতি প্রদান করে। (iii) নিউক্লিয়াসের ভিতরে ও বাইরে পদার্থের আদানপ্রদান নিয়ন্ত্রণ করে। (iv) সাইটোপ্লাজম ও নিউক্লিওপ্লাজমকে আলাদা করে রাখে।

1.2.2. নিউক্লীয় রস বা নিউক্লীয়প্লাজম (Nuclear sap or Nucleoplasm)

সংজ্ঞা (Definition) : নিউক্লীয় পর্দার ভিতরে যে অর্ধস্বচ্ছ, ক্ষুদ্র দানাদার, স্বল্প আম্লিক, অর্ধতরল পদার্থ থাকে তাকে নিউক্লীয় রস বা নিউক্লিওপ্লাজম বা ক্যারিওলিম্ফ বলে।



চিত্র 1.6 : নিউক্লীয় পর্দার পরাণু গঠন।

রাসায়নিক গঠন (Chemical Composition) : এই তরলে DNA, RNA, বিভিন্ন প্রোটিন (হিস্টোন, প্রোটামাইন, ফসফো প্রোটিন ইত্যাদি), অনেক উৎসেচক (DNA ও RNA পলিমারেজ, রাইবোনিউক্লিয়েজ, ফসফাটেজ, ডাইপেপটাইডেজ ইত্যাদি), কো-এনজাইম, ATP এবং নানাপ্রকার খনিজ পদার্থ (Na, K, Ca, Mg, P) প্রভৃতি পাওয়া যায়। নিউক্লিওপ্লাজমে ক্রোমাটিন জালিকা ও নিউক্লিওলাস অবস্থান করে।

কাজ (Functions) : নিউক্লীয় রস নিউক্লিয়াসের তরল ধাত্র হিসাবে কাজ করে এবং নিউক্লীয় জালিকা ও নিউক্লিওলাস ধারণ করে।

1.2.3. নিউক্লীয় জালিকা বা ক্রোমাটিন জালিকা (Nuclear Reticulum or Chromatin Reticulum)

সংজ্ঞা (Definition) : নিউক্লীয় রসে অবস্থিত, ক্ষারধর্মী রঞ্জকে রঞ্জিত, নিউক্লীয় প্রোটিন দিয়ে তৈরি সূক্ষ্ম সুতোর মতো জালকাকার অংশকে নিউক্লীয় জালিকা বলে।

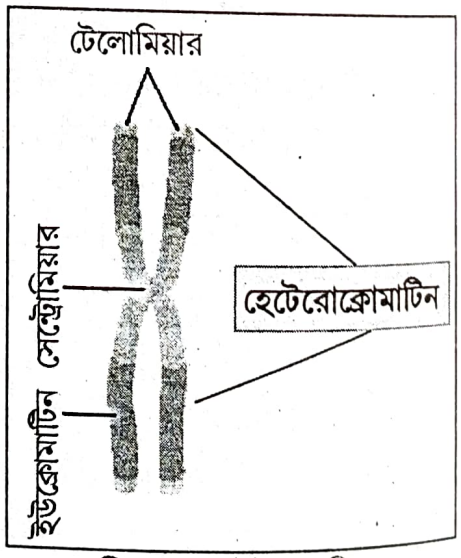
গঠন (Structure) : এই সুতোর মতো অংশকে অর্থাৎ সূত্রগুলিকে **ক্রোমাটিন সূত্র** (Chromatin thread) বলে। এগুলি প্রধানত DNA ও হিস্টোন প্রোটিন দিয়ে তৈরি। কোশের ইন্টারফেজ দশায় ক্রোমাটিন সূত্রগুলি জালকাকারে থাকে কিন্তু বিভাজন দশায় এগুলি কুণ্ডলীকৃত হয়ে সুস্পষ্ট ক্রোমোজোমের আকার ধারণ করে। ক্রোমাটিন সূত্র **দু-ধরনের** হয় (রঞ্জিত হওয়ার ধর্ম অনুযায়ী), যেমন— **হেটেরোক্রোমাটিন** ও ইউক্রোমাটিন।

চিত্র 1.7 : নিউক্লিয়াসের একাংশের বিবর্ধিত চিত্রে নিউক্লীয় পর্দা এবং নিউক্লীয় জালিকার পরাণু-গঠন।

[1] হেটেরোক্রোমাটিন (Heterochromatin) : কোশের স্থির ও বিভাজন উভয় দশাতেই যে ক্রোমাটিন কুণ্ডলীকৃত অবস্থায় থাকে এবং খুব গাঢ় রং ধারণ করে তাকে হেটেরোক্রোমাটিন বলে। হেটেরোক্রোমাটিন হল ক্রোমাটিনের নিষ্ক্রিয় অংশ অর্থাৎ এখানে কোনো জিন থাকে না এবং এই অংশের DNA থেকে RNA তৈরি হয় না, ফলে প্রোটিন পাওয়া যায় না। হেটেরোক্রোমাটিন **দু-প্রকারের**—(i) কনস্টিটিউটিভ ও (ii) ফ্যাকালটেটিভ।

স্ত্রী স্তন্যপায়ী প্রাণীদের একটি X-ক্রোমোজোম ফ্যাকালটেটিভ হেটেরোক্রোমাটিন (Facultative heterochromatin) হিসাবে **বার বডি** (Barr body)-তে পরিণত হয় এবং নিউক্লিয়াসের মধ্যে একটি গাঢ় রঞ্জিত বিন্দু হিসাবে থাকে।

[2] ইউক্রোমাটিন (Euchromatin) : ক্রোমাটিন জালকের যে অংশ স্থির নিউক্লিয়াস দশায় হালকা রং ধারণ করে কিন্তু বিভাজন দশায় গাঢ় রং-এর হয় তাকে ইউক্রোমাটিন বলে। কোশের স্থির দশায় ইউক্রোমাটিন অকুণ্ডলীকৃত বা আলগাভাবে প্রসারিত অবস্থায় থাকে, কিন্তু বিভাজন দশাতে এটি খুবই প্যাঁচানো অবস্থায় থাকে। ইউক্রোমাটিন হল ক্রোমাটিনের সক্রিয় অংশ। অর্থাৎ এই অংশটি জীবের চারিত্রিক বৈশিষ্ট্য বহনকারী সবরকম জিন বহন করে এবং এই অংশের DNA থেকে RNA তৈরি হয় এবং প্রোটিন পাওয়া যায়।



চিত্র 1.8 : ইউক্রোমাটিন ও হেটেরোক্রোমাটিনের অবস্থানগত চিত্ররূপ।

কাজ (Function) : নিউক্লীয় জালিকা ক্রোমোজোম হিসাবে জীবের চারিত্রিক বৈশিষ্ট্য বহনকারী জিন ধারণ করে এবং বংশপরম্পরায় বহন করে। এই জিনগুলি জীবের বিভিন্ন বৈশিষ্ট্য প্রকাশের জন্য দায়ী।

1.2.4. নিউক্লিওলাস (Nucleolus)

সংজ্ঞা (Definition) : নিউক্লিয়াসে অবস্থিত ক্ষুদ্র, ঘন, গোলাকার, গাঢ় রং ধারণকারী বস্তু যা কোশের স্থির দশায় শুধুমাত্র পাওয়া যায় তাকে নিউক্লিওলাস বলে।

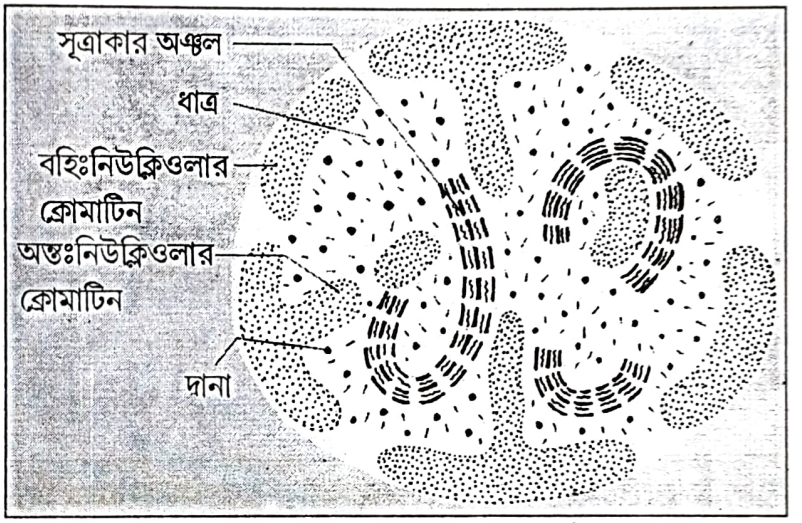
আবিষ্কার (Discovery) : বিজ্ঞানী **ফন্টানা** (Fontana, 1781) নিউক্লিওলাস আবিষ্কার করেন।

অবস্থান (Discovery) : সাধারণত একটি কোশে একটি নিউক্লিওলাস থাকে। কিন্তু কোনো কোনো কোশে যেমন, লিম্ফোসাইট, যকৃৎ কোশ ইত্যাদিতে একাধিক নিউক্লিওলাস পাওয়া যায়।

গঠন (Structure) ঃ নিউক্লিওলাস প্রধানত RNA এবং প্রোটিন দিয়ে গঠিত হয়। নিউক্লিওলাসে **চারটি অঞ্চল** দেখা যায়—

(i) **অ্যামরফাস বা অনিয়তাকার অঞ্চল** (Amorphous zone)—প্রোটিন দিয়ে তৈরি এই অঞ্চলটি নিউক্লিওলাসের **ধাত্র** গঠন করে এবং এই অঞ্চলে দানাদার ও ফাইব্রিলার বস্তু থাকে।

(ii) **গ্রানিউলার বা দানাদার অঞ্চল** (Granular zone)—এই অঞ্চলের দানাগুলি রাইবোনিউক্লিও প্রোটিন দিয়ে গঠিত, যেগুলি 150-200 Å ব্যাসযুক্ত। এগুলিকে নিউক্লিয়াসের রাইবোজোম বলে এবং এগুলি সাইটোপ্লাজমের রাইবোজোম গঠনে বিশেষ ভূমিকা পালন করে।



চিত্র 1.9 ঃ নিউক্লিওলাসের পরাণু-গঠন।

(iii) **সূত্রাকার অঞ্চল** (Fibrillar zone)—সূক্ষ্ম রাইবোনিউক্লিও প্রোটিন সূত্র দিয়ে এই অংশ গঠিত হয় এবং 50-80 Å দীর্ঘ এই সূত্রাকার অঞ্চলকে **নিউক্লিওনেমা** (Nucleonema) বলা হয়।

(iv) **ক্রোমাটিন অঞ্চল** (Chromatin zone)—নিউক্লিওলাসকে বেষ্টন করে পরিধি বরাবর যে ক্রোমাটিন থাকে তাকে **বহিঃনিউক্লিওলার ক্রোমাটিন** (Perinucleolar chromatin) এবং নিউক্লিওলাসের মধ্যে ক্রোমাটিনের যে অংশ প্রবিষ্ট হয় তাকে **অন্তঃনিউক্লিওলার ক্রোমাটিন** (Intranucleolar chromatin) বলে।

কাজ (Function) ঃ নিউক্লিওলাসের ক্রোমাটিন অঞ্চলের DNA থেকে রাইবোজোম্যাল RNA (rRNA) তৈরি হয়। সুতরাং নিউক্লিওলাস প্রধানত রাইবোজোম্যাল RNA তৈরি করে এবং রাইবোজোম ও প্রোটিন সংশ্লেষে বিশেষ ভূমিকা পালন করে।

নিউক্লিয়াস ও নিউক্লিওলাসের মধ্যে পার্থক্য (Differences between Nucleus and Nucleolus) ঃ

বৈশিষ্ট্য	নিউক্লিয়াস	নিউক্লিওলাস
1. **অবস্থান**	1. কোশের সাইটোপ্লাজমে অবস্থিত ঘন প্রধান কোশঅঙ্গাণু।	1. নিউক্লিয়াসের মধ্যে নিউক্লিওপ্লাজমে অবস্থিত ঘন অঙ্গাণু।
2. **গঠন**	2. নিউক্লীয় পর্দা, নিউক্লিওলাস, নিউক্লীয় জালিকা ও নিউক্লিওপ্লাজম দিয়ে নিউক্লিয়াস গঠিত।	2. অনিয়তাকার অঞ্চল, দানাদার অঞ্চল, সূত্রাকার অঞ্চল ও ক্রোমাটিন অঞ্চল দিয়ে নিউক্লিওলাস গঠিত হয়।
3.**পর্দার অবস্থান**	3. নিউক্লিয়াস পর্দা আবৃত থাকে।	3. নিউক্লিওলাস পর্দা আবৃত থাকে না।
4. **কাজ**	4. কোশের চারিত্রিক বৈশিষ্ট্য বহনকারী যাবতীয় জিন বহন করে এবং সমস্ত জৈবিক কাজ নিয়ন্ত্রণ করে।	4. কোশের চারিত্রিক বৈশিষ্ট্য বহনকারী কোনো জিন বহন করে না বা কোনো জৈবিক কাজ নিয়ন্ত্রণ করে না, শুধুমাত্র রাইবোজোম সংশ্লেষে অংশগ্রহণ করে।

❁ নিউক্লিয়াস ও নিউক্লিওয়েডের মধ্যে পার্থক্য (Differences between Nucleus and Nucleoid) ঃ

বৈশিষ্ট্য	নিউক্লিয়াস	নিউক্লিওয়েড
1. অবস্থান	1. ইউক্যারিওটিক কোশে থাকে।	1. প্রোক্যারিওটিক কোশে থাকে।
2. পর্দা	2. নিউক্লীয় পর্দা থাকে।	2. নিউক্লীয় পর্দা থাকে না।
3. ক্রোমোজোম	3. ক্রোমোজোম থাকে।	3. ক্রোমোজোম থাকে না।
4. নিউক্লিওলাস	4. নিউক্লিওলাস থাকে।	4. নিউক্লিওলাস থাকে না।
5. নিউক্লিওপ্লাজম	5. নিউক্লিওপ্লাজম থাকে।	5. নিউক্লিওপ্লাজম থাকে না।
6. গঠন	6. বংশগতি বস্তু ক্ষারীয় প্রোটিন ও DNA যুক্ত হয়ে গঠিত হয়।	6. বংশগতি বস্তু শুধুই DNA।
7. DNA	7. বহু ক্রোমোজোমে প্যাঁচানো DNA থাকে।	7. একটি আংটির মতো গোলাকার দ্বিতন্ত্রী DNA থাকে।
8. কাজ	8. ক্যারিওকাইনেসিস ঘটে।	8. ক্যারিওকাইনেসিস ঘটে না।

1.3. এন্ডোপ্লাজমীয় জালিকা (Endoplasmic Reticulum or ER)

❑ এন্ডোপ্লাজমীয় জালকের গঠন (Structure of Endoplasmic Reticulum) ঃ এন্ডোপ্লাজমীয় জালকের **তিন প্রকার** পরাণু-গঠন দেখা যায়। যেমন—

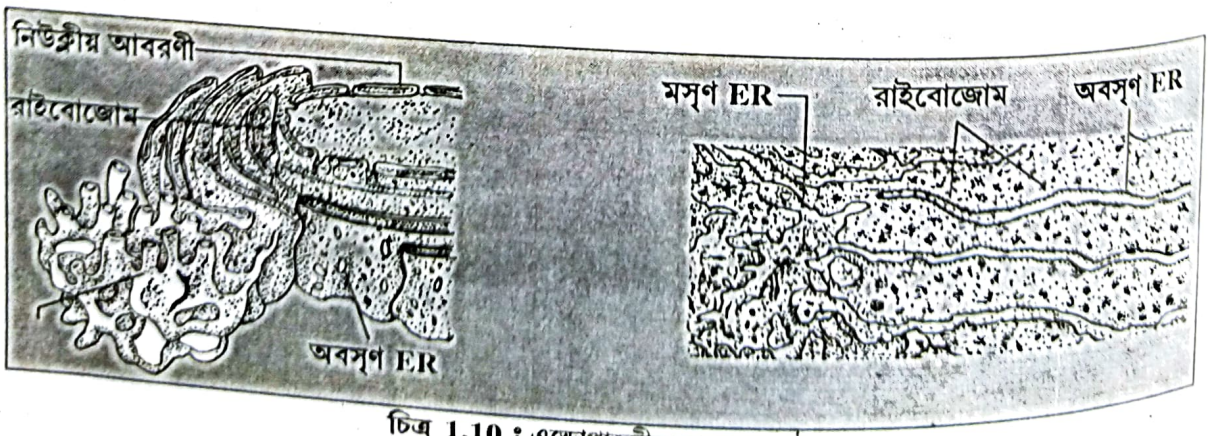
(i) **সিস্টারনি বা ল্যামেলি** (Cisternae or Lamellae)—সিস্টারনিগুলি দেখতে লম্বা ও চ্যাপটা থলির মতো, অনেকগুলি সমান্তরালভাবে সাজানো থাকে। এদের ব্যাস প্রায় 40–50 μm।

(ii) **ভেসিকল বা অণুগহ্বর** (Vesicle)—এগুলি দেখতে সূক্ষ্ম বিন্দুর মতো এবং সিস্টারনির প্রান্তে এগুলি পাওয়া যায়। এদের ব্যাস 30-500 μm হয়। প্রোটিন সংশ্লেষণকারী কোশে (যেমন অগ্ন্যাশয়ের কোশে) এদের প্রাচুর্যতা লক্ষ করা যায়।

(iii) **নালিকা** (Tubules)—এগুলি শাখাপ্রশাখাযুক্ত নলের মতো। এদের ব্যাস 50-190 μm পর্যন্ত হয়। নালিকাগুলি পরস্পরের সঙ্গে যুক্ত হয়ে জালকের মতো বিন্যস্ত থাকে।

❑ এন্ডোপ্লাজমীয় জালকের প্রকারভেদ (Types of Endoplasmic Reticulum) ঃ

জালিকার সূক্ষ্ম নালিকার গায়ে রাইবোজোম দানার উপস্থিতি অনুযায়ী এন্ডোপ্লাজমিক রেটিকিউলাম **দু-প্রকারের**—



চিত্র 1.10 ঃ এন্ডোপ্লাজমীয় জালকের গঠন।

1. মসৃণ বা দানাহীন এন্ডোপ্লাজমীয় জালক (Smooth or Agranular Endoplasmic Reticulum সংক্ষেপে SER)— এইপ্রকার এন্ডোপ্লাজমীয় জালিকার গায়ে রাইবোজোম দানাযুক্ত থাকে না। তাই এদের দেখতে মসৃণ হয়। **কাজ**—গ্লাইকোজেনের বিপাক, হরমোনের ক্ষরণ, ফ্যাটের সঞ্চয়, অ্যাসকরবিক আসিডের সংশ্লেষ ইত্যাদি হল মসৃণ ER-এর প্রধান কাজ।

2. অমসৃণ বা দানাযুক্ত এন্ডোপ্লাজমীয় জালক (Rough or Granular Endoplasmic Reticulum, সংক্ষেপে RER)—এইপ্রকার এন্ডোপ্লাজমীয় জালিকার গায়ে সারিবদ্ধভাবে রাইবোজোম দানাযুক্ত থাকে তাই এদের দেখতে অমসৃণ হয়। এই অংশে প্রোটিন সংশ্লেষ হয়। 60S অধঃএকক প্রকৃতির রাইবোজোম এখানে যুক্ত থাকে। **কাজ**—প্রোটিন সংশ্লেষ এবং পরিবহন হল অমসৃণ ER-এর প্রধান কাজ।

● **এন্ডোপ্লাজমীয় জালকে উপস্থিত উৎসেচক (Enzymes present in ER) ঃ**

NADH সাইটোক্রোম C-রিডাক্টেজ, NADH সাইটোক্রোম b5 রিডাক্টেজ, ফ্যাটি অ্যাসিড অ্যাসাইল CoA ডিহাইড্রোজিনেজ, পেপটাইডেজ, গ্লাইকোসিল ট্রান্সফারেজ, হাইড্রোলেজেস।

■ **এন্ডোপ্লাজমীয় জালকের কাজ (Functions of Endoplasmic Reticulum) ঃ**

(i) **যান্ত্রিক দৃঢ়তা**—এন্ডোপ্লাজমিক রেটিকিউলাম সাইটোপ্লাজমকে অনেকগুলি প্রকোষ্ঠে বিভক্ত করে এবং সাইটোপ্লাজমীয় ধাত্রকে যান্ত্রিক দৃঢ়তা প্রদান করে।

(ii) **অঙ্গাণু গঠন**—নিউক্লীয় পর্দা, গলগি বডি ও মাইক্রোবডি ইত্যাদি গঠনে অংশগ্রহণ করে।

(iii) **প্রোটিন সংশ্লেষ**—অমসৃণ এন্ডোপ্লাজমিক রেটিকিউলামে (RER) প্রোটিন সংশ্লেষ হয়।

(iv) **লিপিড সংশ্লেষ**—মসৃণ এন্ডোপ্লাজমিক রেটিকিউলাম (SER) লিপিড, স্টেরয়েড, ফসফোলিপিড ইত্যাদি সংশ্লেষে সহায়তা করে।

● **রাইবোফোরিন (Ribophorin)**

রাইবোফোরিন হল একপ্রকার প্রোটিন যা এন্ডোপ্লাজমীয় জালকের সাইটোপ্লাজমীয় তলে অবস্থান করে এবং যার সঙ্গে রাইবোজোমের 60S অধঃএকক সংযুক্ত হয় এবং প্রোটিন সংশ্লেষের সময় পলিরাইবোজোম গঠিত হয়।

(v) **বহিঃকোশীয় সংহবন**—এদের নলাকার গঠনের মাধ্যমে কোশের বাইরের বহিঃকোশীয় তরল কোশের ভিতরে আসতে পারে।

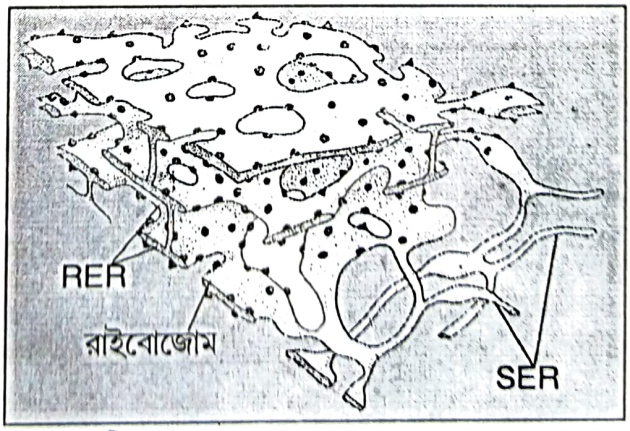
(vi) **গ্লাইকোজেনোলাইসিস**—মসৃণ এন্ডোপ্লাজমিক রেটিকিউলাম (SER) গ্লাইকোজেনোলাইসিস্ (গ্লাইকোজেন ভেঙে গ্লুকোজে পরিণত করা) প্রক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে বলে মনে করা হয়।

(vii) **প্রকোষ্ঠ গঠন**—সাইটোপ্লাজমে বিভিন্ন প্রকোষ্ঠ সৃষ্টির মাধ্যমে রাসায়নিক বিক্রিয়াগুলিকে পৃথক রাখে।

(viii) **বিষক্রিয়া নাশ**—যকৃৎ কোশের মসৃণ ER দেহে প্রবিষ্ট বিষাক্ত পদার্থের বিষক্রিয়াকে বিনষ্ট (Detoxification) করে।

(ix) **টক্সিন অপসারণ**—ওষুধ ও বিষাক্ত টক্সিন পদার্থ অপসারিত করতে SER সাহায্য করে।

(x) **ক্যালশিয়াম আয়নের নির্গমন**—পেশিকোশে এন্ডোপ্লাজমীয় জালক সারকোপ্লাজমীয় জালক নামে পরিচিত। এই জালকের প্রান্তীয় স্ফীতিতে Ca^{++} মজুত থাকে। উদ্দীপনার প্রভাবে এই সঞ্চিত Ca^{++} নির্গত হয়ে পেশির সংকোচনে অংশ নেয়।



চিত্র 1.11 ঃ SER-মসৃণ ও RER-অমসৃণ এন্ডোপ্লাজমিক রেটিকিউলাম।

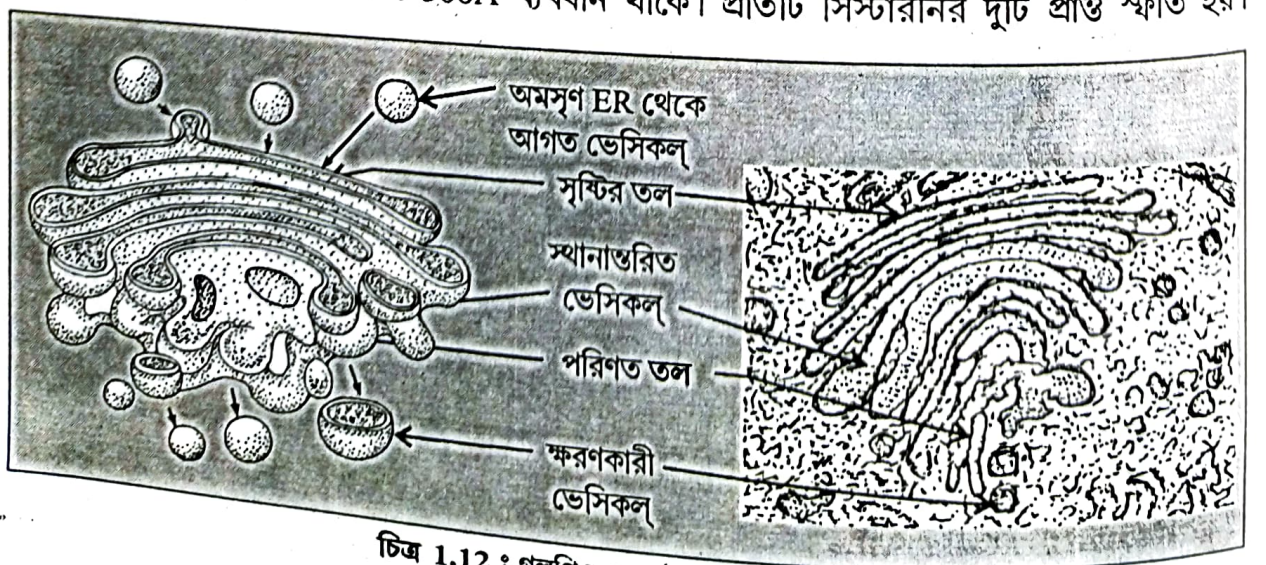
অমসৃণ ও মসৃণ এন্ডোপ্লাজমিক জালিকার মধ্যে পার্থক্য (Differences between RER and SER) ঃ

বৈশিষ্ট্য	অমসৃণ এন্ডোপ্লাজমিক জালক	মসৃণ এন্ডোপ্লাজমিক জালক
1. রাইবোজোম	1. বাহ্যিক গঠনগত দিক থেকে এদের বহির্গাত্রে রাইবোজোম থাকে, সেজন্য এগুলি অমসৃণ (rough) হয়।	1. এদের বহির্গাত্রে কোনো কোশঅঙ্গাণু (রাইবোজোম) থাকে না তাই এগুলি দেখতে মসৃণ।
2. অবস্থান	2. প্রধানত কোশপর্দার কাছে থাকে।	2. প্রধানত নিউক্লীয় পর্দার কাছে থাকে।
3. পলিরাইবো-জোম	3. এদের প্রধান গঠনকে **সিস্টারনি** বলে যাদের বাইরের গাত্রে রাইবোজোমের 60S অধঃএকক সংযুক্ত হয় এবং অনেকগুলি রাইবোজোম একত্রে পলিরাইবোজোম গঠন করে।	3. এদের প্রধান গঠনকে **টিবিউল** বলে যাদের সঙ্গে রাইবোজোম যুক্ত হয় না ফলে পলিরাইবোজোম গঠিত হয় না।
4. প্রাপ্তিস্থান	4. প্রোটিন ক্ষরণকারী কোশে এগুলি বেশি পাওয়া যায় (যেমন—অগ্ন্যাশয় গ্রন্থির কোশ, শ্লেষ্মা কোশ, অ্যারিওলার যোগ-কলার প্লাজমা কোশ, স্নায়ু কোশ ইত্যাদি)।	4. লিপিড ও স্টেরয়েড উৎপাদনকারী কোশে এগুলি বেশি পাওয়া যায় (যেমন—পেশি কোশ, শুক্রাশয়ের লিডিগ কোশ, চোখের রেটিনার রঞ্জক কোশ ইত্যাদি)।
5. প্রধান কাজ	5. প্রোটিন ও গ্লাইকোপ্রোটিন সংশ্লেষ এবং যকৃৎকে বিষক্রিয়া থেকে মুক্ত রাখা।	5. লিপিড, ফসফোলিপিড, স্টেরয়েড ইত্যাদির সংশ্লেষণ।

1.4. গলগি বডি—গঠন, কাজ ও ক্ষরণ প্রক্রিয়া (GOLGI BODY—Structure Functions and secretory activity)

গলগি বডির পরাণু-গঠন (Ultra-structure of Golgi body) ঃ গলগি বডি দেখতে নালিকা বা গহ্বরের মতো। সিস্টারনি, মাইক্রোভেসিকল্‌স এবং ভ্যাকুওল নিয়ে গলগি বডি গঠিত।

[1] সিস্টারনি বা ল্যামেলি (Cisternae or Lamellae) —সিস্টারনিগুলি একক আবরণী দিয়ে আবৃত লম্বা, চ্যাপটা ও সরু তরলপূর্ণ নালিকাবিশেষ যা সংখ্যায় 3-12টি (প্রাণীকোশে) এবং 10-20টি (উদ্ভিদকোশে) হয়। এগুলি পর পর একটির উপর অন্য একটি সজ্জিত হয়ে প্রায় সমান্তরালভাবে সাজানো থাকে। দুটি সিস্টারনির মধ্যে 200-300Å ব্যবধান থাকে। প্রতিটি সিস্টারনির দুটি প্রান্ত স্ফীত হয়।



চিত্র 1.12 ঃ গলগি বস্তুর গঠনের চিত্ররূপ।

সিস্টারনিগুলিকে একত্রে দেখতে অগভীর অর্ধচন্দ্রাকার গামলার মতো। এদের উত্তল দিকটিকে **সৃষ্টির তল** (Forming face) এবং অবতল দিকটিকে **পরিণত তল** (Maturing face) বলে। সৃষ্টির তলটি সাধারণত সাইটোপ্লাজমার এন্ডোপ্লাজমিক জালকের দিকে থাকে। পরিণত তল থেকে ভেসিকল্ এবং ভ্যাকুওল তৈরি হয়।

[2] মাইক্রোভেসিকল্ (Microvesicle)—সিস্টারনি নালিকার পরিধির দিকে অত্যন্ত ছোটো ছোটো গোলাকার থলির মতো যে অঙ্গাণু দলবদ্ধভাবে থাকে তাদের **ভেসিকল্** (Vesicle) বলে। এগুলির ব্যাস 30-40 Å। এই সব ভেসিকলের মধ্যে ক্ষরণ বস্তু থাকে।

[3] ভ্যাকুওল (Vacuole)— ভ্যাকুওলগুলি বড়ো বড়ো গহ্বর বিশেষ যা সিস্টারনির কাছাকাছি থাকে। ভ্যাকুওলের ব্যাস প্রায় 60-200 Å। এগুলি সিস্টারনির পরিণত তল থেকে সৃষ্টি হয়।

▣ গলগি বডির কাজ (Functions of Golgi body) ঃ

(i) **ক্ষরণ**—গলগি বডির প্রধান কাজ কোশের ক্ষরণ। এগুলি লাইসোজোম ও পেরক্সিজোমের উৎসেচক সৃষ্টি করে এবং উৎসেচক, যোজককলার ধাত্র, প্লাজমা- পর্দার উপাদান ইত্যাদি পরিবহনে সহায়তা করে।

(ii) **হরমোন উৎপাদন**—গলগি বডি থেকে হরমোন ক্ষরিত হয়।

(iii) **খাদ্য সঞ্চয়**—বিভিন্ন খাদ্যের সঞ্চয় করে।

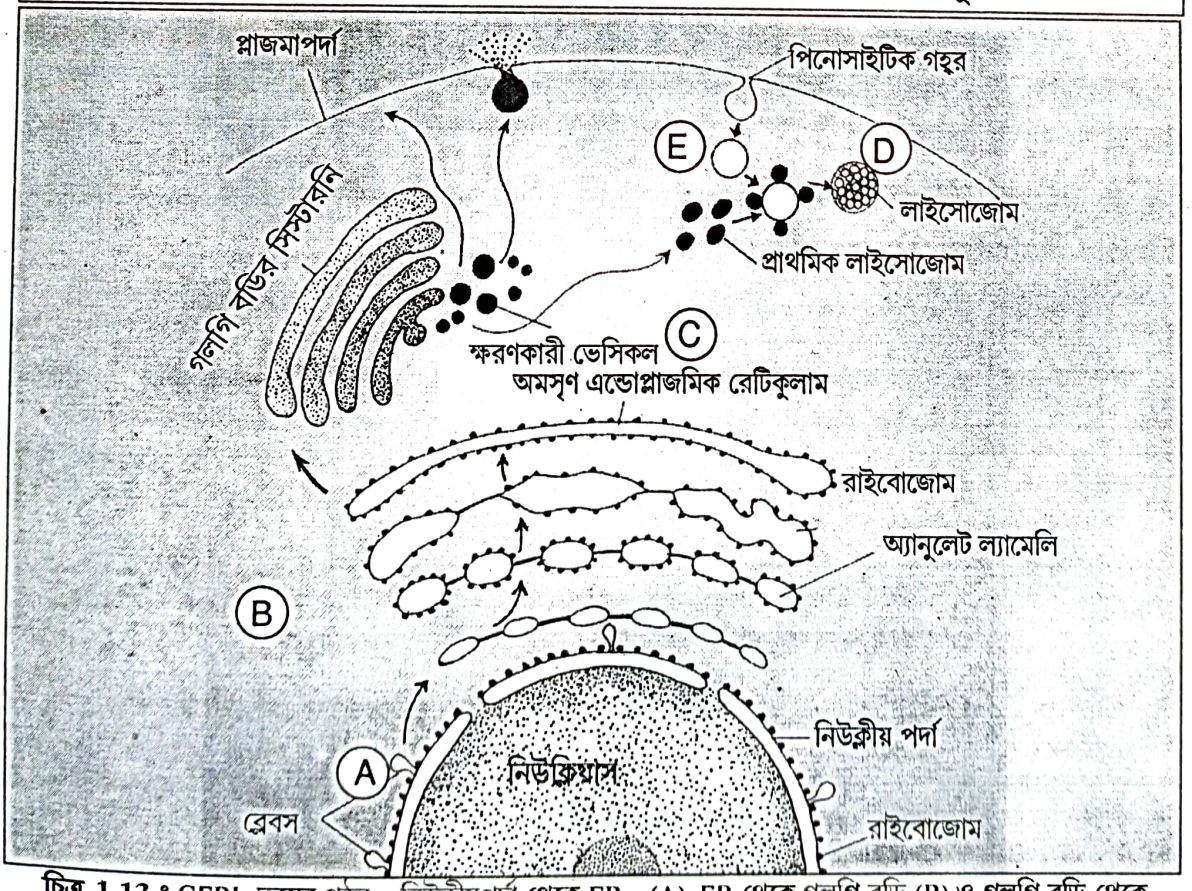
(iv) **লাইসোজোম গঠন**—লাইসোজোম সৃষ্টিতে বিশেষ ভূমিকা পালন করে।

(v) **কোশপ্রাচীর ও কোশপর্দা গঠন**—গলগি বডি কোশপর্দা ও কোশপ্রাচীর গঠনে অংশ নেয়।

(vi) **অ্যাক্রোজোম গঠন**—শুক্রাণুর অ্যাক্রোজোম (Acrosome) গঠনে সহায়তা করে।

(vii) **পলিস্যাকারাইড গঠন**—সরল শর্করা থেকে নানারকম পলিস্যাকারাইড গঠনে গলগি বডি সহায়তা করে।

● **জোন অফ এক্সক্লুশন (Zone of Exclusion)** ঃ গলগি বডির কাছাকাছি সাইটোপ্লাজমীয় অংশে অন্য কোনো কোশীয় অঙ্গাণু থাকে না বলে এই অঞ্চলকে **জোন অফ এক্সক্লুশন** বলে।

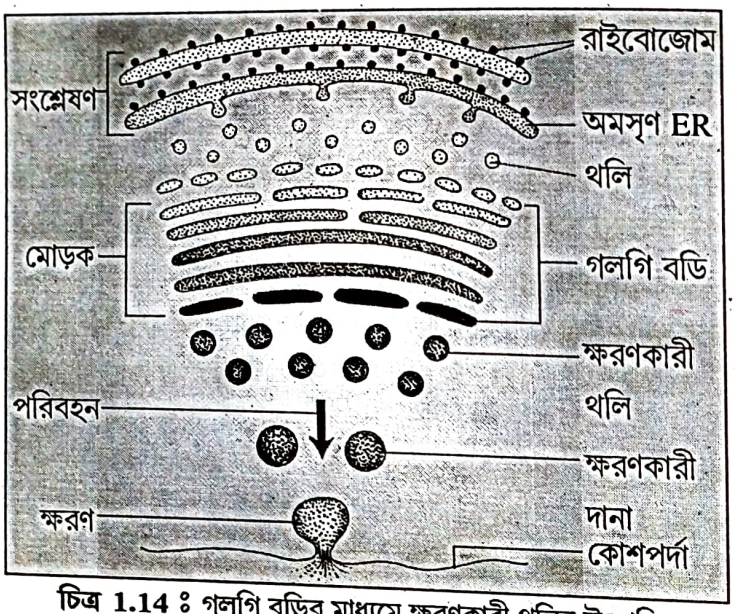


চিত্র 1.13 ঃ GERL তন্ত্রের গঠন—নিউক্লীয়পর্দা থেকে ER—(A), ER থেকে গলগি বডি (B) ও গলগি বডি থেকে লাইসোজোমের (C) উৎপত্তি এবং গলগি বডি ক্ষরণ এবং (D) লাইসোজোমের ক্ষরণ পদ্ধতির চিত্ররূপ।

গলগি বডির ক্ষরণ প্রক্রিয়া (Secretory activity of Golgi body) ঃ

গলগি বডির ক্ষরণ প্রক্রিয়া কয়েকটি ধাপের (দশার) মাধ্যমে ঘটে, যেমন—

1. রাইবোজোম্যাল দশা (Ribosomal stage)— এই দশায় রাইবোজোমগুলি অমসৃণ এন্ডোপ্লাজমিক জালকের উপর পলিজোমের মাধ্যমে প্রোটিন সংশ্লেষ করে।



চিত্র 1.14 ঃ গলগি বডির মাধ্যমে ক্ষরণকারী থলির উৎপত্তি এবং ক্ষরণ প্রক্রিয়া।

2. সিস্টারন্যাল দশা (Cisternal stage)—এই দশায় উৎপাদিত প্রোটিন এর পর তরল অবস্থায় এন্ডোপ্লাজমিক রেটিকিউলামের ভিতরে যায়।

3. অন্তঃকোশীয় পরিবহন দশা (Intracellular transport phase)—এই দশায় ক্ষরিত প্রোটিনগুলি নালিকা বা থলির মধ্যে অন্তর্ভুক্ত হয়ে এন্ডোপ্লাজমিক রেটিকিউলাম থেকে নির্গত হয় এবং গলগি বডির মধ্যে পরিবাহিত হয়।

4. ক্ষরিত পদার্থের ঘনীভবন দশা (Concentration of the secretion phase)—গলগি বডিতে তরল ক্ষরিত প্রোটিন থেকে জল বিয়োগের মাধ্যমে ক্ষরিত পদার্থ ঘনীভূত হয়।

5. অন্তঃকোশীয় সঞ্চয় দশা (Intracellular storage phase)—এর পরে ক্ষরিত পদার্থ পর্দা দিয়ে আবৃত হয়ে ক্ষরণকারী গ্রানিউলে পরিণত হয়ে সঞ্চিত থাকে। এগুলি পরে গলগি বডি থেকে থলির আকারে নির্গত হয়।

6. বহিষ্করণ বা এক্সোসাইটোসিস দশা (Exocytosis phase)—সবশেষে ক্ষরণকারী গ্রানিউলগুলি কোশপর্দার সঙ্গে মিলিত হয় এবং সংযোগস্থলটি ফেটে গিয়ে সমস্ত ক্ষরণ পদার্থ কোশের বাইরে নিক্ষিপ্ত হয়। একে এক্সোসাইটোসিস বলে।

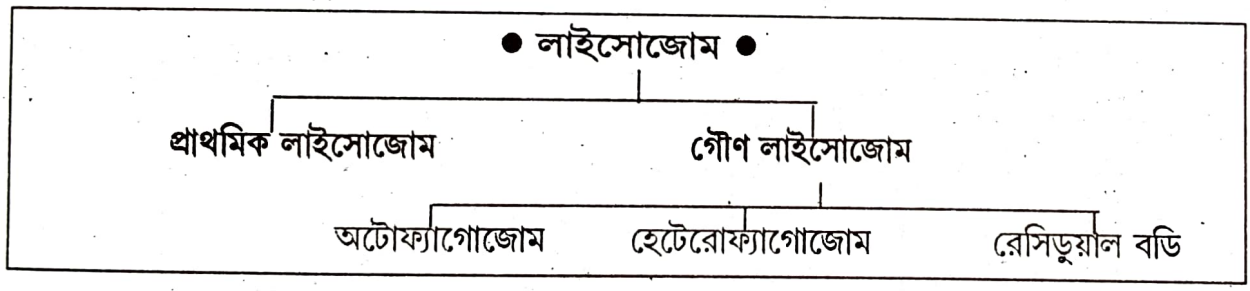
এন্ডোপ্লাজমিক রেটিকিউলাম ও গলগি বডির মধ্যে পার্থক্য (Difference between Endoplasmic reticulum and Golgi body) ঃ

বৈশিষ্ট্য	এন্ডোপ্লাজমিক রেটিকিউলাম	গলগি বডি
1. অবস্থান	1. কোশপর্দা থেকে নিউক্লীয় পর্দা পর্যন্ত বিস্তৃত।	1. সাধারণত নিউক্লিয়াসের কাছে সাইটোপ্লাজমে অবস্থিত।
2. গঠন	2. পরস্পর যুক্ত হয়ে জালকাকারে অবস্থান করে।	2. সিস্টারনি বা থলির আকারে অবস্থান করে।
3. প্রকারভেদ	3. রাইবোজোমযুক্ত অমসৃণ এবং রাইবোজোম বিযুক্ত মসৃণ এই দুই অবস্থায় থাকে।	3. রাইবোজোম থাকে না, সুতরাং সর্বদাই মসৃণ অবস্থায় থাকে।
4. প্রোটিন সংশ্লেষণ	4. RER রাইবোজোমের সাহায্যে প্রোটিন সংশ্লেষ করে।	4. প্রোটিন সংশ্লেষে অংশগ্রহণ করে না।
5. কাজ	5. মসৃণ এন্ডোপ্লাজমিক রেটিকিউলাম (SER) লিপিড, স্টেরয়েড, ফসফোলিপিড ইত্যাদি সংশ্লেষে সহায়তা করে।	5. ক্ষরণ কণা বা ক্ষরণ থলি ও লাইসোজোম ইত্যাদি গঠনে সহায়তা করে।

1.5. লাইসোজোম—গঠন ও কাজ (LYSOSOME—Structure and Functions)

লাইসোজোমের গঠন (Structure of Lysosome) ঃ লাইসোজোম হল অত্যন্ত গতিশীল কোশীয় (সাইটোপ্লাজমীয়) অঙ্গাণু যা তাদের **অঙ্গসংস্থানগত বহুরূপতা** (Morphological polymorphism) প্রদর্শন করে। বিভিন্ন কোশে অথবা একই কোশের বিভিন্ন সময়ে নিম্নলিখিত চার প্রকার লাইসোজোমকে চিহ্নিত করা হয়েছে। এগুলি হল—**প্রাথমিক লাইসোজোম** এবং **গৌণ লাইসোজোম** অন্তর্গত হেটেরো-ফ্যাগোজোম, রেসিডুয়াল বডি এবং অটোফ্যাগোজোম।

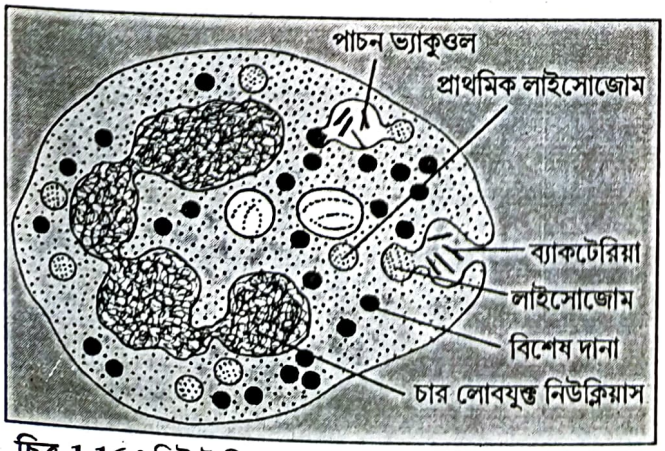
চিত্র 1.15 ঃ লাইসোজোমের বহুরূপতা এবং তাদের কার্য পদ্ধতি।



[1] প্রাথমিক লাইসোজোম (Primary lysosome)—এদের ব্যাস প্রায় 0·4 μm এবং ঘন থলির মতো দেখতে। এগুলিকে **সঞ্চয়ী কণা** বলা হয়।

[2] গৌণ লাইসোজোম (Secondary lysosomes)—গৌণ লাইসোজোম **তিন** প্রকারের হয়—

(i) **অটোফ্যাজিক গহ্বর** (Autophagic vacuole) বা **সাইটোলাইসোজোম** (Cytolysosome) বা **অটোফ্যাগোজোম** (Autophagosome)—এই প্রকার লাইসোজোমে কোশের সাইটোপ্লাজম ও কোশ অঙ্গাণু, যেমন—মাইটোকনড্রিয়া, রাইবোজোম, পেরঅক্সিজোম, গ্লাইকোজেন দানা ইত্যাদির স্বপাচন ঘটে। এই প্রক্রিয়াকে তাই **অটোফ্যাজি** (Autophagy) বলে। কোশঅঙ্গাণুসহ লাইসোজোমকে **অটোফ্যাগোজোম** বা অটোফ্যাজিক গহ্বর বা সাইটোলাইসোজোম (Cytolysosome) বলে।



চিত্র 1.16 ঃ নিউট্রোফিলের লাইসোজোমের ফ্যাগোসাইটোসিস প্রক্রিয়ায় ব্যাকটেরিয়া ও ভাইরাসের ধ্বংসের চিত্ররূপ।

(ii) **হেটেরোফ্যাগোজোম** (Hetero-phagosome)—ফ্যাগোসাইটোসিস্ প্রক্রিয়ায় সৃষ্ট **অটোফ্যাজিক গহ্বর বা ফ্যাগোজোম** এবং প্রাথমিক লাইসোজোমের মিলনে **হেটেরোফ্যাগোজোম** সৃষ্টি হয়। গৌণ লাইসোজোমে খাদ্য পাচিত হয়, তাই একে **পাচন গহ্বর** (Digestive vacuole) বলে।

(iii) **রেসিডুয়াল বডি** (Residual bodies)—হেটেরোফ্যাগোজোম ও

অটোফ্যাগোজোমে অসম্পূর্ণ পরিপাকের পর কিছু পদার্থ রেসিডিয়ু (অবশিষ্টাংশ) অপাচ্য হিসাবে থেকে যায়। অবশিষ্টাংশ এই সব পদার্থসহ গৌণ লাইসোজোমকে **রেসিডুয়াল বডি** বলে যা বৃহৎ ও অনিয়তাকার হয়। এগুলি কোশের পর্দার দিকে সরে আসে এবং কোশের বাইরে নিক্ষিপ্ত হয়। রেসিডুয়াল বডি টেলোলাইসোজোম (Telolysosome) বা **ডেনস বডিস** (Dense bodies) নামেও পরিচিত।

■ **লাইসোজোমের কাজ (Functions of Lysosome) : (i) পরিপাক**—লাইসোজোমে উপস্থিত উৎসেচক পরিপাক ক্রিয়ায় প্রোটিনকে ডাইপেপটাইড ও কার্বোহাইড্রেটকে মোনোস্যাকারাইডে পরিণত করে। **(ii) নবীকরণ**—অটোফ্যাগি প্রক্রিয়ার সাহায্যে কোশের অংশবিশেষের নবীকরণ হয়। **(iii) রূপান্তর**—ব্যাঙাচির রূপান্তরের সময় লেজ, ফুলকা ইত্যাদি অবলুপ্ত হয়। **(iv) রোগ সৃষ্টি**—রিউম্যাটয়েড আর্থ্রাইটিস রোগে লাইসোজোমের উৎসেচকের প্রভাবে তরুণাস্থি ক্ষয়প্রাপ্ত হয়। **(v) নিষেক**—শুক্রাণুর অ্যাক্রোজোম একপ্রকার লাইসোজোম বিশেষ যা ডিম্বাণুর পর্দা বিনষ্ট করতে সাহায্য করে এবং নিষেকে সহায়তা করে। **(vi) ফ্যাগোসাইটোসিস**—শ্বেত রক্তকণিকার লাইসোজোম ফ্যাগোসাইটোসিস প্রক্রিয়ার সাহায্যে ব্যাকটেরিয়া ও ভাইরাস ধ্বংস করে। **(vii) সঞ্চিত রোগ**—লাইসোজোমের উৎসেচকের ঘাটতির ফলে কিছু পদার্থ (যেমন—গ্লাইকোজেন, গ্লাইকোলিপিড ইত্যাদি) লাইসোজোমের ভিতর সঞ্চিত থাকে। এর ফলে প্রায় 20টি কনজেনিট্যাল রোগ সৃষ্টি হয়। এই রোগগুলিকে **storage disease** বলে। **(viii) অঙ্কুরোদ্‌গমে সহায়তা**—উদ্ভিদের বীজের অঙ্কুরোদ্‌গমের সময় বীজের ভিতর প্রোটিন ও স্টার্চ কমানোর জন্য লাইসোজোমের ভূমিকা উল্লেখযোগ্য। **(ix) ধ্বংশকারী ভূমিকা**—লাইসোজোমে উপস্থিত উৎসেচকের ক্রিয়ার ফলে কোনো নিষ্ক্রিয় কোশ অঙ্গাণু অথবা সমগ্র কোশ ধ্বংশপ্রাপ্ত হতে পারে।

■ **লাইসোজোমে উপস্থিত কিছু উৎসেচক (Some enzymes present in lysosome) :**

দেখা গেছে লাইসোজোমে প্রায় **40 প্রকারের** আর্দ্রবিশ্লেষণকারী উৎসেচক থাকে, এগুলি সব অ্যাসিড **হাইড্রোলেজ** (Acid Hydrolase), তাই এইসব উৎসেচকের বিক্রিয়ার অনুকূল pH অ্যাসিড (pH 5) হয় যা লাইসোজোমে থাকে।

1. **প্রোটিওজেস** (Proteoses)—প্রোটিন পরিপাককারী ক্যাথেপসিন।
2. **নিউক্লিয়েজ** (Nuclease)—RNA ও DNA পরিপাককারী অ্যাসিড রাইবোনিউক্লিয়েজ এবং অ্যাসিড ডিঅক্সিরাইবোনিউক্লিয়েজ।
3. **গ্লাইকোসাইডেজ** (Glycosidase)—পলিস্যাকারাইড এবং গ্লাইকোসাইডস পরিপাককারী উৎসেচক।
4. **লাইপেজ, ফসফোলাইপেজ এবং ফসফাটেজ** (Lipase, Phospholipase and Phosphatase)—লিপিড, লেসিথিন, ফসফেট যৌগ ইত্যাদি পরিপাককারী উৎসেচক।

● লাইসোজোমের বহুরূপতা (Polymorphism of Lysosome) ●

লাইসোজোমে নির্দিষ্ট কোনো আকার বা আয়তন নেই। বিভিন্ন কোশের মধ্যে, এমনকি একই কোশের বিভিন্ন সময়ে গতিময় লাইসোজোম বিভিন্ন আকৃতিবিশিষ্ট হয়। এই কারণে লাইসোজোমের বহুরূপতা (Polymorphism) দেখা যায়। আধুনিক তথ্য অনুযায়ী লাইসোজোমের বহুরূপতা নির্ভর করে প্রধানত কী ধরনের বস্তু আগ্রাসন (Phagocytosis) পদ্ধতিতে কোশের মধ্যে গৃহীত হয় তার উপর বা কী ধরনের বস্তুর সঙ্গে প্রাথমিক লাইসোজোম সংযুক্ত হয় তার ওপর। কোশের মধ্যে চারপ্রকার লাইসোজোমের উপস্থিতি লক্ষ করা যায়, যেমন—

1. **প্রাথমিক লাইসোজোম**—সদ্য গঠিত উৎসেচকপূর্ণ ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র থলি।
2. **অটোফ্যাগোজোম**—যে-কোনো কোশঅঙ্গাণুসহ লাইসোজোম।
3. **গৌণ লাইসোজোম**—ফ্যাগোজোম ও পিনোজোমের সঙ্গে প্রাথমিক লাইসোজোমের সংযুক্তিকরণে উৎপন্ন লাইসোজোম।
4. **রেসিডুয়াল বডি**—কিছু অপাচিত এবং অশোষিত বস্তুসহ লাইসোজোম।

অটোফ্যাগি ও হেট্যারোফ্যাগির মধ্যে পার্থক্য (Differences between Autophagy and Heterophagy) :

অটোফ্যাগি	হেট্যারোফ্যাগি
লাইসোজোমের ভিতরের উৎসেচকগুলি যখন কোশের মধ্যে সাইটোপ্লাজমীয় কোশঅঙ্গাণুকে পাচিত করে তখন সেই প্রক্রিয়াকে **অটোফ্যাগি** বলে। এই প্রক্রিয়ায় সৃষ্ট গহ্বরকে **অটোফ্যাগিক গহ্বর** (Autophagic vacuole) বা সাইটোলাইসোজোম (Cytolysosome) বা **অটোফ্যাগোজোম** (Autophagosome) বলে। যেমন— অকেজো মাইটোকনড্রিয়া বিনাশ।	লাইসোজোমের উৎসেচকগুলি যখন কোশের মধ্যে গৃহীত খাদ্যবস্তু, ব্যাকটেরিয়া ইত্যাদিকে জারিত করে তখন সেই প্রক্রিয়াকে হেটেরোফ্যাগি বলে। খাদ্য বা জীবাণুপূর্ণ ফ্যাগোজোম ও প্রাথমিক লাইসোজোমের মিলনে **হেটেরোফ্যাগোজোম** বা পাচনগহ্বর (Digestive vacuole) সৃষ্ট হয়। যেমন—বিভিন্ন প্রকার খাদ্য পাচন।

রাইবোজোম ও লাইসোজোমের মধ্যে পার্থক্য (Differences between Ribosome and Lysosome) :

বৈশিষ্ট্য	রাইবোজোম	লাইসোজোম
1. প্রাপ্তিস্থান	1. সকল প্রোক্যারিওটিক ও ইউক্যারিওটিক কোশে থাকে।	1. শুধুমাত্র ইউক্যারিওটিক কোশে এবং প্রধানত প্রাণীকোশে থাকে।
2. অবস্থান	2. এন্ডোপ্লাজমিক রেটিকিউলাম, নিউক্লীয় পর্দা বা অন্য কোনো কোশঅঙ্গাণুর সঙ্গে যুক্ত অবস্থায় অথবা সাইটোপ্লাজমে মুক্ত অবস্থায় ছড়িয়ে থাকে।	2. সাইটোপ্লাজমে মুক্ত অবস্থায় ছড়িয়ে থাকে।
3. গঠন	3. ঘন, দানাদার কোশঅঙ্গাণু এবং কোনো পর্দা দিয়ে ঘেরা থাকে না।	3. এটি একপ্রকার থলির মতো পর্দাবেষ্টিত কোশ অঙ্গাণু।
4. RNA	4. RNA উপস্থিত থাকে।	4. RNA উপস্থিত থাকে না।
5. উৎসেচক	5. কোনো উৎসেচক থাকে না।	5. বিভিন্ন রকমের উৎসেচক থাকে।
6. কাজ	6. প্রোটিন সংশ্লেষে অংশগ্রহণ করে।	6. হাইড্রোলাইটিক প্রক্রিয়ায় বিশেষ করে অন্তঃকোশীয় ও বহিঃকোশীয় পাচনে অংশগ্রহণ করে।

1.6. মাইটোকনড্রিয়া—গঠন ও কাজ (MITOCHONDRIA—Structure and Functions)

মাইটোকনড্রিয়ার ইলেকট্রন আণুবীক্ষণিক গঠন (Electron Microscopic Structure of Mitochondria) :

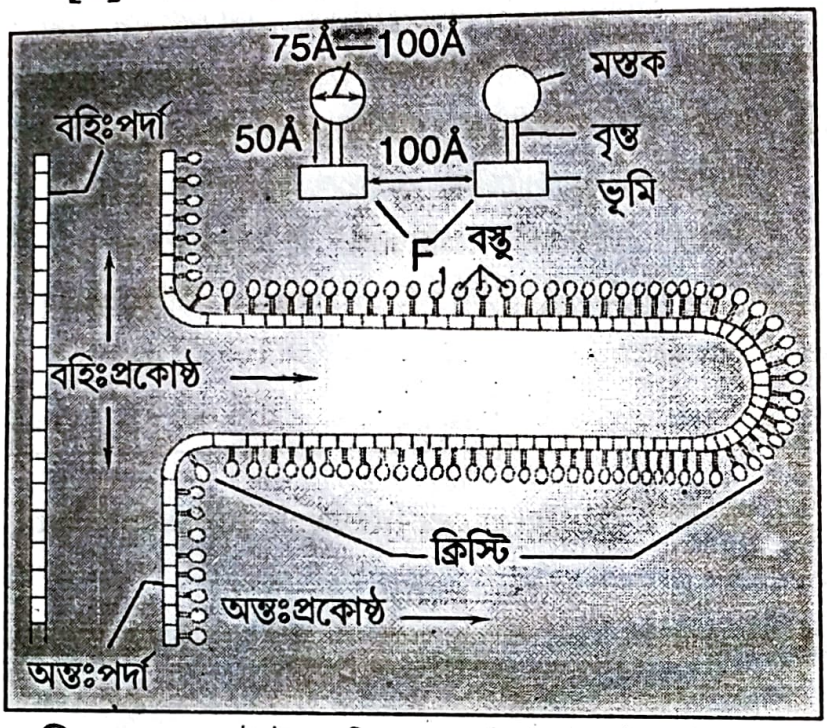
[1] আবরণী (Covering) :

(i) মাইটোকনড্রিয়া দুটি পর্দা ও দুটি প্রকোষ্ঠ দিয়ে তৈরি হয়।

(ii) বাইরের পর্দাটি প্রায় 6·0 nm পুরু এবং মসৃণ হয়। এর থেকে 6-8 nm দূরত্বে অন্তঃপর্দা থাকে।

(iii) অন্তঃপর্দাটি মসৃণ হয় এবং ভিতরের দিকে ভাঁজ হয়ে আঙুলের মতো প্রবর্ধক সৃষ্টি করে। এরে **ক্রিস্টি** (Cristae) বলে। বহিঃপর্দা এবং অন্তঃপর্দার মধ্যবর্তী স্থানকে পেরিমাইটোকনড্রিয়াল স্পেস (Perimitochondrial space) বলে।

[2] প্রকোষ্ঠ (Chambers) : অন্তঃপর্দা মাইটোকনড্রিয়াকে **দুটি** প্রকোষ্ঠে বিভক্ত করে, যেমন—



চিত্র 1.17 : মাইটোকনড্রিয়ার একটি ক্রিস্টির বিবর্ধিত চিত্রের পরাণু-গঠন।

(i) **বহিঃপ্রকোষ্ঠ** (Outer chamber)—এটি অন্তঃপর্দা ও বহিঃপর্দা দিয়ে ঘেরা প্রকোষ্ঠ।

(ii) **অন্তঃপ্রকোষ্ঠ** (Inner chamber)—এটি অন্তঃপর্দা দিয়ে ঘেরা প্রকোষ্ঠ এবং এখানে একপ্রকার ঘন প্রোটিন সমৃদ্ধ, ধাত্র পদার্থ (Mitochondrial matrix) থাকে। অন্তঃপর্দার ভেতরের দিকে ম্যাট্রিক্সের মধ্যে প্রোটিন দিয়ে গঠিত টেনিস র‍্যাকেটের মতো বৃন্তযুক্ত অসংখ্য দানার উপস্থিতি লক্ষ করা যায়। এই প্রকার দানাকে **এলিমেন্টারি দানা** (Elementary particles) বা অক্সিজোম (Oxysome) বা **ফারনানডেজ—মোরান** অধঃএকক (Farnandez-Moran subunit) বা F1 **পার্টিকল** (F_1 particle) বলে।

[3] ধাত্র (Matrix) : অন্তঃপর্দা দিয়ে আবৃত অন্তঃপ্রকোষ্ঠে অবস্থিত তরল হল ধাত্র (Matrix)। ধাত্র জেল সদৃশ ঘন প্রোটিন জাতীয় তরল এতে এক বা একাধিক **চক্রাকার DNA** অণু, ফ্যাট, প্রোটিন, RNA, রাইবোজোম দানা ও ক্রেবস চক্রের বিভিন্ন প্রকার উৎসেচক থাকে। রাইবোজোমগুলি 55S পরিমাপের হয় এবং এর দুটি অধঃএকক হল 35S এবং 25S পরিমাপের।

মাইটোকনড্রিয়ার রাসায়নিক গঠন (Chemical composition of Mitochondria) ঃ মাইটোকনড্রিয়া প্রোটিন (60-70%), লিপিড (25-30%) এবং RNA (0·5%) নিয়ে গঠিত। এছাড়া মাইটোকনড্রিয়ার নিজস্ব **রাইবোজোম** বা মাইটোরাইবোজোম (Mitoribosome 55S—type) DNA এবং কিছু দানা থাকে।

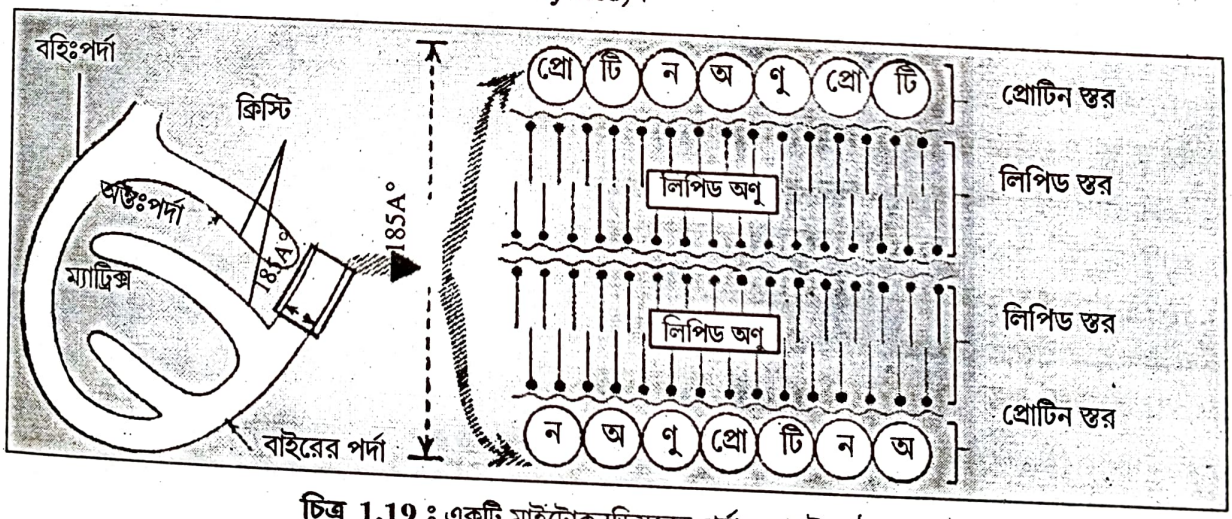
মাইটোকনড্রিয়ার বিভিন্ন অংশে উপস্থিত উৎসেচক (Enzymes present in different parts of Mitochondria) ঃ

1. **বহিঃপর্দায় উপস্থিত উৎসেচক**—মোনোঅ্যামিন অক্সিডেজ (Monoamine oxidase), রোটিনোন-ইনসেনসিটিভ NADH–সাইটোক্রোম-C রিডাক্টেজ (Rotenone-insensitive NADH– cytochrome-C reductase), কাইনুরেনিন হাইড্রক্সিলেজ (Kynurenine hydroxylase), ফ্যাটি অ্যাসিড CoA লাইগেজ (Fatty acid CoA ligase)।

2. **বহিঃপ্রকোষ্ঠে উপস্থিত উৎসেচক**—অ্যাডিনাইলেট কাইনেজ (Adenylate kinase) ও নিউক্লিওসাইড ডাইফসফোকাইনেজ (Nucleoside diphosphokinase)।

3. **অন্তঃপর্দায় উপস্থিত উৎসেচক**—শ্বসন শৃঙ্খল উৎসেচক (Respiratory chain enzymes), ATP-সিন্থেটেজ (ATP-synthetase), সাক্সিনেট ডিহাইড্রোজিনেজ (Succinate dehydrogenase), বিটা-হাইড্রক্সিবিউটাইরেট ডিহাইড্রোজিনেজ (β-hydroxybutyrate dehydrogenase), কারনিটাইন ফ্যাটি অ্যাসাইল ট্রান্সফারেজ (Carnitine fatty acyl transferase)।

4. **ধাত্রে উপস্থিত উৎসেচক**—ম্যালেট ও আইসোসাইট্রেট ডিহাইড্রোজিনেজ (Malate and isocitrate dehydrogenase), ফিউমারেজ ও অ্যাকোনাইটেজ (Fumerase and Aconitase), সাইট্রেট সিন্থেটেজ (Citrate synthetase), আলফা কিটো অ্যাসিড ডিহাইড্রোজিনেজ (α-keto acid dehydrogenases), বিটা-অক্সিডেশন উৎসেচক (β-oxidation enzymes)।



চিত্র 1.19 ঃ একটি মাইটোকনড্রিয়নের পর্দার আলট্রা গঠন।

মাইটোকনড্রিয়ার কাজ (Functions of Mitochondria) ঃ

(i) মাইটোকনড্রিয়া শক্তির রূপান্তরে বিশেষ ভূমিকা পালন করে। কোশীয় বিপাকের শেষে ATP তৈরি হয়। ATP জীবের সমস্ত কাজে শক্তি জোগান দেয়। তাই ATP-কে **এনার্জি কারেন্সি** (Energy currency) বলে। **শক্তি জোগানকারী ATP মাইটোকনড্রিয়াতে তৈরি হয় বলে মাইটোকনড্রিয়াকে কোশের শক্তিঘর (Power house of cell) বলে।**

(ii) মাইটোকনড্রিয়াতে **ফ্যাটি অ্যাসিডের বিটা জারণ** সম্পন্ন হয়। এছাড়া অ্যামাইনো অ্যাসিডের জারণও এখানে ঘটে।

(iii) মাইটোকনড্রিয়া কয়েকটি উপচিতি প্রক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে, যেমন—ফ্যাটি অ্যাসিড সংশ্লেষ, RNA, DNA ও প্রোটিন তৈরি এখানে ঘটে।

1.7. পেরক্সিজোম—সংজ্ঞা, গঠন ও কাজ (Peroxisome — Definition, Structure and Functions)

সংজ্ঞা (Definition) ঃ প্রাণীকোশে উপস্থিত একক পর্দাবৃত যেসব মাইক্রোবডি বিভিন্ন উৎসেচকপূর্ণ থাকে এবং নানা জৈবরাসায়নিক বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে তাদের পেরক্সিজোম বলে।

গঠন (Structure) ঃ

(i) পেরক্সিজোমগুলি ক্ষুদ্র, ডিম্বাকৃতি, 0·6 μm – 0·7 μm ব্যাসযুক্ত এবং একক পর্দা দিয়ে ঘেরা।

(ii) পেরক্সিজোমে 50টির বেশি বিভিন্ন উৎসেচক থাকে। এর মধ্যে প্রধান উৎসেচকগুলি হল— পেরক্সিডেজ, ক্যাটালেজ, D-অ্যামাইনো অক্সিডেজ ও ইউরেট অক্সিডেজ।

(iii) পেরক্সিজোমের সূক্ষ্ম, দানাযুক্ত বস্তু কেন্দ্রস্থলে জমাট বেঁধে একটি অস্বচ্ছ কোর (core) গঠন করে।

(iv) বিভিন্ন কোশে পেরক্সিজোমের মধ্যে নলাকৃতি অধঃএকক দিয়ে তৈরি কেলাসজাতীয় বস্তু থাকে।

(v) পেরক্সিজোমের কেন্দ্রে বস্তু না থাকলে সেই পেরক্সিজোমকে **মাইক্রো-পেরক্সিজোম** (Microperoxisome) বলে।

(vi) পেরক্সিজোমে জিনোম (DNA) বা রাইবোজোম থাকে না।

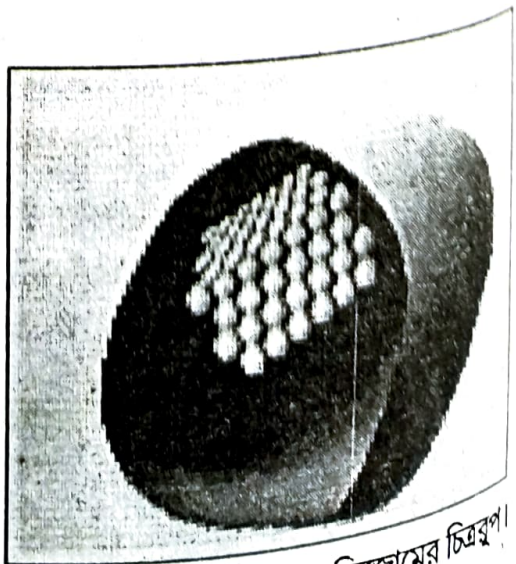
কাজ (Functions) ঃ

(i) পেরক্সিজোমে উপস্থিত 50টিরও বেশি উৎসেচক কোশের বিভিন্ন জৈবরাসায়নিক প্রক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে।

(ii) ইউরেট অক্সিডেজ, D-অ্যামাইনো অক্সিডেজ এবং α-হাইড্রক্সিল-অ্যাসিড-অক্সিডেজ উৎসেচকগুলি হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড (H_2O_2) উৎপন্ন করে এবং ক্যাটালেজ উৎসেচক H_2O_2-কে বিনষ্ট করে। H_2O_2 বিনষ্ট করার ধর্মের জন্যই এই কোশঅঙ্গাণুগুলিকে পেরক্সিজোম বলে।

(iii) এখানে ক্যাটালেজ উৎসেচক "**সেফটি ভালভ্**" (Safety valve)-এর কাজ করে। ক্যাটালেজ H_2O_2-কে H_2O এবং O_2-তে রূপান্তরিত করে এবং মৃত্যুর হাত থেকে কোশকে বাঁচায়।

(iv) পেরক্সিজোম লিপিড সংশ্লেষেও বিশেষ ভূমিকা পালন করে।



চিত্র 1.20 ঃ একটি পেরক্সিজোমের চিত্ররূপ।