

الخلايا Cells

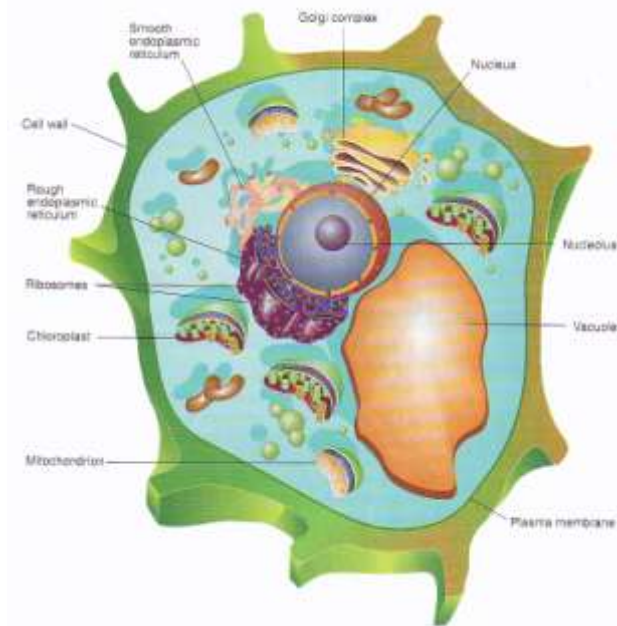
ان دراسة الكيمياء الحيوية تبدأ بدراسة الخلايا ، فقد يكون بعضنا قد درس فعلاً حياتية الخلية (Cell Biologist) ومع ذلك فان المهم ان تبدأ بهذه الطريقة لان الخلايا ليست انابيب اختبار او اقداح كيميائية (Beakers) ، بل هي المحيط الطبيعي التي تحدث فيه معظم التفاعلات الكيميائية . ان الفرق الرئيسي بين الكيمياء الحيوية والكيمياء الاعتيادية هو ان التفاعلات الكيميائية الحيوية تحدث ضمن شروط يفرضها حجم الخلايا واجزائها الداخلية وكذلك الظروف الكيميائية والفيزيائية التي تكون منسجمة مع الحياة الخلوية .

ان التفاعلات الكيميائية الاعتيادية التي نعرفها تجري في انابيب اختبار تتكون من مواد غير حياتية وتكون كبيرة الحجم مقارنة بالجزيئات التي تعاني تحولات ، واكثر من هذا فان التفاعلات الكيميائية الاعتيادية قد تتطلب درجات حرارة مرتفعة او ضغوطاً عالية او كواشف كيميائية قوية او تتطلب استخدام الطاقة الكهربائية ، وغالباً ما تتم في مذيبات عضوية وعلى النقيض من ذلك فالتفاعلات الكيميائية الحيوية تحدث في الخلايا الحية وضمن الابعاد الضيقة للخلايا الحية او الحيز الثانوي ، الذي تكون جدرانه هشة وقابلة للكسر ويبلغ سمكها بضعة جزيئات واكثر من ذلك ، فان التفاعلات الكيميائية الحيوية تحدث في وسط مائي تحت درجات حرارة واطنة ثابتة نسبياً ، ولا تستطيع الخلايا ان تتحمل الظروف الاستثنائية من درجات الحرارة والضغط والحامضية او وجود الكواشف (Reagents) القوية . ومن الان علينا ان نفكر بكيمياء العمليات الحيوية في محيط الخلية من ناحية ابعاد الخلية وتركيبها وفعاليتها . ويجب علينا كذلك ان نوحّد بين نقطتين من وجهات النظر وهي وجهة نظر الكيميائية ووجهة نظر المختصين في حياتية الخلية في هذا الفصل سنوضح الفعاليات الكيميائية الحيوية لتركيب خلايا معينة ونتطرق فيما بعد في الفصول اللاحقة الى بعض هذه العلاقات بشيء من التفصيل.

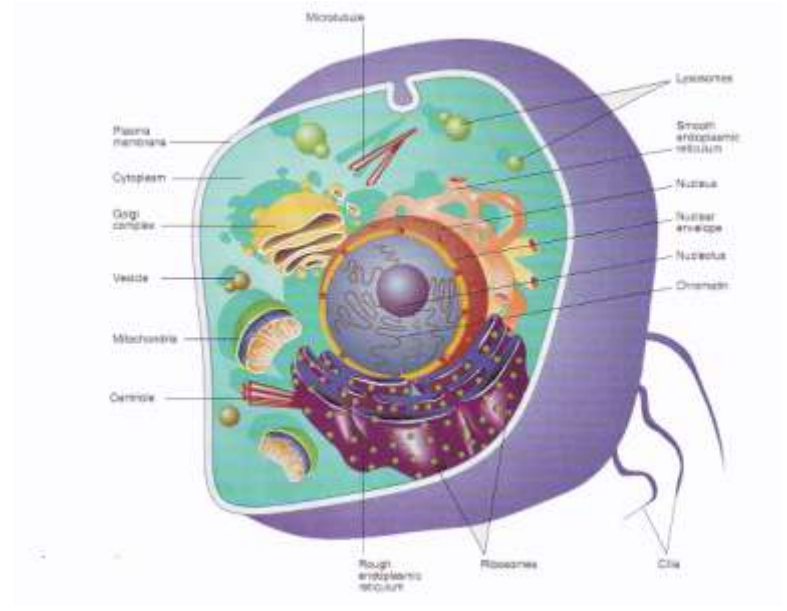
الخلايا هي الوحدات الوظيفية والتركيبية للكائنات الحية . اذ يتكون اصغر الكائنات الحية من خلية منفردة وعلى النقيض من ذلك ، يعتقد بان جسم الانسان يحتوي على ما لا يقل عن 10^{14} خلية . توجد انواع عديدة من الخلايا تختلف الى درجة كبيرة فيما بينها من حيث الحجم والشكل والوظائف المتخصصة ، وتوجد عشرات الانواع المختلفة من الاحياء احادية الخلية في حفنة من التراب او في قذح من ماء بركة . وتوجد عشرات او مئات الانواع من الخلايا في كل كائن حي متعدد الخلايا ، سواء كان ذلك الكائن الحي هو جسم الانسان او نبات الذرة ، وتكون جميع خلايا هذا الكائن الحي متخصصة بدرجة عالية لانه تعمل سوية على شكل انسجة واعضاء ولا يهم مقدار كبر الكائن الحي او درجة تعقيده اذ ان لكل نوع من الخلايا بعض الخصوصية والاستقلالية . وعلى الرغم من هذه الاختلافات ، فان الانواع المختلفة من الخلايا تكون متشابهة الى حد كبير في معالمها التركيبية الاساسية الشكل (1-2).

وعلى الرغم من اختلافاتها الظاهرة الكثيرة ، فان الانواع المختلفة من الخلايا تكون متشابهة الى حد كبير في معالمها التركيبية الاساسية الشكل (1-2). كل خلية لها غشاء رقيق جداً يحيط بها فيجعلها ذات ذاتية مستقلة ولحد ما تكون ذات اكتفاء ذاتي . ان الغشاء الخلوي الذي يدعى بالغشاء البلازمي (Plasma Membrane) او الغشاء الساييتوبلازمي (Cytoplasmic Membrane) وهو غشاء ذو صفة تسمح بمرور المواد اختيارياً من خلاله ، فهو يسمح بمرور المواد الغذائية الضرورية والاملاح الى داخل

الخلية ويسمح للفضلات بمغادرة الخلية ، ولكنه لا يسمح بمرور المواد غير المطلوبة من المحيط . ففي جميع الخلايا تتشابه البناء الهندسي للغشاء البلازمي بالاساس ، ويتألف من طبقتين من الجزيئات الدهنية تغمر فيها مجموعة متنوعة من البروتينات المتخصصة وتكون بعض بروتينات الغشاء هي عبارة عن انزيمات في حين تستطيع البروتينات الاخرى ان ترتبط بالمواد المغذية من البيئة وتنقلها الى داخل الخلية ويوجد داخل كل خلية ما يسمى بالسيتوبلازم (Cytoplasm) تحدث فيه معظم التفاعلات الحيوية التي تحفزها الانزيمات وفي هذا الجزء تستخدم الطاقة الكيميائية للقيام بشغل لبناء تركيبها والحفاظ عليه وتقوم تجربة الخلية او نقلتها . وتوجد كذلك في سايتوبلازم جميع ال خلايا ما يسـمى بالرايبوسـومات (Ribosoms) وهي عبارة عن حبيبات صغيرة يبلغ قطرها ما بين (8-22) نانومتر وتعمل هذه الرايبوسومات على بناء البروتينات . وتحتوي جميع الخلايا الحية اما على النواة (Nucleus) او على الجسم النووي (Nuclear Body) الذي تتضاعف فيه المادة الوراثية وتخزن على شكل الحامض النووي اللاوكسجيني (DNA).



(B)



(A)

الشكل (1-2)

تشارك جميع الخلايا بصفة تركيبية مهمة اخرى وهي انها صغيرة الحجم نسبياً في المختبر . تجري التفاعلات الكيميائية في انابيب اختبار تحتوي على الكثير الملي لتترات او اللترات احياناً في المحاليل الكيميائية ويجب رج انابيب الاختبار بشكل جيد لغرض مزج محتوياتها من الكواشف الكيميائية حيث لا تؤثر سرعة انتشار الجزيئات المتفاعل فتجعل سرعة التفاعل م قيدة اما في الخلايا الحية فتحدث التفاعلات الكيميائية الحيوية في اجزاء او اقسام الخلية ذات الحجم المجهرى . الدقيقة، فم-ثلاً بيل-غ ح حجم الخلية الواحدة مـن بكتريا القولون (*E. coli*) حوالي 2×10^{-12} مللتر (مل) ولكي نقيم تقييماً كاملاً للمعاني المتضمنة في علاقة حجم الخلية بالجوانب الكيميائية لفعاليات الخلية علينا اولاً ان نعرف ابعاد الجزيئات

الحيوية والخلايا. حيث يوضح الجدول (1-2) وحدات الأطوال المهمة المستخدمة للتعبير عن أبعاد الخلية وهي النانومتر (nm) (nanometer) والميكرومتر (mm) وهذه الوحدات مبنية على النظام المتري.

الجدول (1-2) :وحدات النظام العالمي (الوحدات الأساسية)

الطول	متر (م)
الكتلة	كيلو غرام (كغم)
الزمن	ثانية (ث)
10^{-3} ملي (m)	10^3 كيلو غرام (كغم)
10^{-6} مايكرو (M)	10^6 ميكا (M)
10^{-9} نانو (n)	10^9 كيكا (G)

وحدات الأطوال المستخدمة في حياتية الخلية وكيميائها الحيوية

نانومتر (nm)	10^{-9} م
	10^{-6} ملليمتر
	10^{-3} مايكرومتر
مايكرومتر (mm)	10^{-6} م
	10^{-3} ملليمتر
	1000 نانومتر

الوحدات السابقة التي بطل استخدامها ومع ذلك تستخدم أحياناً

(1) مايكرون (μ)	(1) مايكرومتر (μ m)
(1) ملي مايكرون (m μ)	(1) نانومتر (nm)
(1) انكستروم (\AA)	(0.1) نانومتر

ومع ان الوحدات السابقة مثل الانكستروم (Angstrom) والوحدات الاسبق مثل المايكرون (Micron) فقد اصبحت تستخدم بدرجة اقل واقل ومع ذلك يجب علينا معرفتها . ولقد تم تحويل الجدول (2-2) بحيث يظهر حجوم بعض التراكيب الحيوية المهمة. وتشمل هذه التراكيب الجزيئات الحيوية الصغيرة (كاللنين والكلوكوز) والجزيئات الحيوية الكبيرة والانظمة الفوجزينية (Supramolecular System) مثل الرايبوسومات والرواشح (الفايروسات) وعضيات الخلية (Cell Organelles) وهي المايكوندريا والبلاستيدات الخضراء والبكتريا والخلية الكبدية . يبلغ طول البكتريا من انواع البكتريا حوالي (2) مايكرومتر في حين يبلغ طول معظم خلايا الحيوانات الراقية من حوالي (20-30) مايكرومتر.

اذن لماذا تكون ابعاد الخلايا الحية على ما هي عليه؟ لماذا لا تكون الخلايا اصغر او اكبر من حجومها الحالية هناك اسباب مهمة لذلك، فالخلايا المتكاملة الاصغر حجماً او الاحياء المجهرية المسماة مايكوبلازما (Mycoplasma) لا يمكن ان تكون اصغر مما هي عليه الان وذلك لان جزيئات الوحدات البنائية التي تتكون منها مادتها العضوية ذات حجوم ثابتة تقاس بواسطة ابعاد ذرات الكربون والهيدروجين والاكسجين

والنتروجين. وبما ان هناك عدداً ادنى معيناً من الجزيئات الحيوية المختلفة ضروري للحياة فاذا كانت الخلايا اصغر من حجمها الحالي فيجب ان تكون قد بنيت من جزيئات او ذرات اصغر.

لا يمكن للخلايا ان تكون اكبر بكثير مما هي عليه الان لان سرعة فعاليتها الحيوية تصبح محددة بسرعة انتشار جزيئات المواد الغذائية في جميع اجزائها الداخلية، لهذا تحدد قدرة الخلايا على تنظيم فعاليتها الحيوية وعليه فان الحد الاعلى لحجم الخلايا يجب ان تحدده القوانين الفيزيائية الاساسية التي تعين سرعة انتشار جزيئات المذاب في المحاليل المائية وفي اكبر انواع الخلايا يقسم السايكوبلازم الى تراكيب ذات ابعاد اصغر تدعى العضيات (Organelles) كي تسهل التفاعلات السريعة التي تحدث بين الجزيئات الخاصة وذلك بتقصير المسافة التي يجب ان تقطعها لكي تتصادم مع بعضها وتتفاعل من جهة وان احد الاسباب التي دعت الى ان تكون الخلايا صغيرة الحجم هو انه يجب عليها ان تقوم بفعاليتها الحيوية بدون الحاجة الى مساعدة اجهزة تحريك كهربائية او ميكانيكية والسبب الاخر هو وجود نسبة مثلى بين المساحة السطحية للخلايا وحجومها.

ان المساحة السطحية الكبيرة قياساً بحجم الخلايا تسمح للعديد من جزيئات المواد الغذائية بالمرور الى الخلية خلال وحدة زمنية معينة وتقل نسبة المساحة السطحية قياساً الى الحجم بشدة مع زيادة قطر الشكل الكروي كما تظهرها بعض الحسابات.

الجدول رقم (2-2): ابعاد بعض التراكيب الحيوية

التركيب البنائي	الطول (نانومتر)
الانين (حامض اميني)	0.5
الكلوكوز (سكر)	0.7
فوسفوتديل كولين (من دهون الاغشية)	3,5
المايوكلوبين (بروتين صغير)	3,6
الهيموكلوبين (بروتين متوسط الحجم)	6,8
رايبوسوم بكتريا القولون	18
حمة (فايروس) التهاب النخاع السنجابي	30
المايوسين (بروتين طويل) ذي شكل خيطي	160
حمة (فايروس) التبع الموزائكي	300
مايتوكوندريا خلية الكبد	1,500
خلية بكتريا القولون (<i>E. coli</i>)	2,000
البلاستيدات الخضراء لبناء السيانغ	8,000
خلية الكبد	20,000

يوجد صنفان رئيسان للخلايا وهما الخلايا حقيقية النواة (Eucaryotes) والخلايا بدائية النواة (Prokaryotes)

There Are Two Great Classes of Cell: Prokaryotes And Eukaryotes:

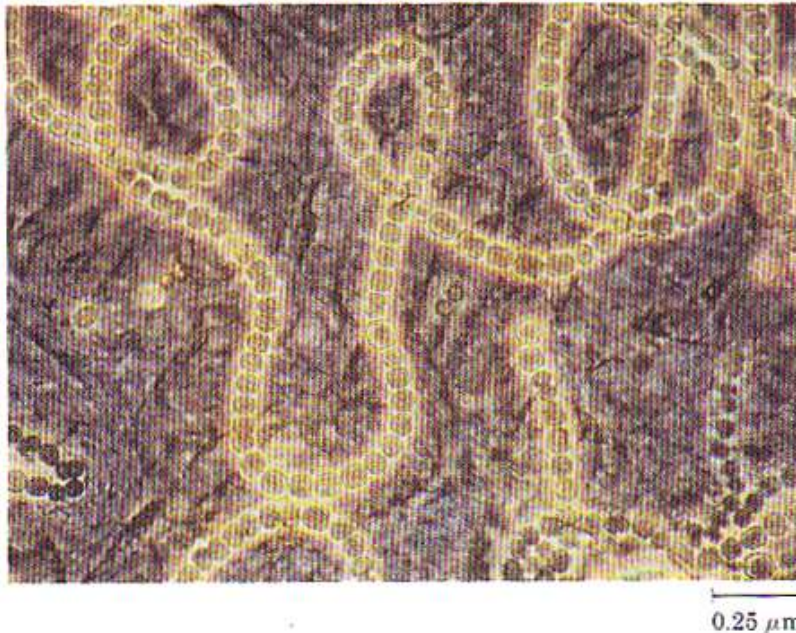
ان ابسط الخلايا تركيباً واصغرهما حجماً هي تلك الخلايا ذات الاصول القديمة جداً المسماة الخلايا بدائية النواة (Prokaryotes) اذ انها تتكون من عوائل مختلفة من الكائنات الحية المجهرية احادية الخلايا تدعى البكتيريا (Bacteria) وقد كانت الخلايا بدائية النواة اول ما ظهر من الخلايا خلال التطور الحياتي وقد اظهرت متحجرات تلك الخلايا ان عمرها يبلغ اكثر من ثلاث مليار عام (3×10^9). وقد وجدت في داخل اصداف في افريقيا الشكل (2-2) وكذلك في استراليا. ان الخلايا حقيقية النواة (Eukaryotic Cell) التي ظهرت للوجود منذ مليارات السنين بعد الخلايا بدائية النواة ، وهي اكبر من ذلك واكثر تعقيداً وتظهر مدى اوسع من التنوع و التمايز وهي الخلايا الموجودة في كل الحيوانات والنباتات والفطريات متعددة الخلايا.

لقد اشتقت المصطلحات (بدائية النواة، حقيقية النواة) من الكلمة ا لاغريقية (Karyon) من (البندقية Nut) او (الجوزاء Kernel) اي النواة وتعني كلمة (Prokaryotic) (سابق او قبل النواة) كما تعني (Eukaryotic) (ذات نواة مكتملة او ناضجة) كما تقع المواد الوراثية في الخلايا بدائية النواة في جسم نووي غير منتظم يدعى الجسم النووي (Nuclear Body) او النيوكلويد (Nucleoid) الذي لا يحتوي على غشاء يحيط به. اما الخلايا حقيقية النواة فتكون من جهة اخرى ذات نواة حقيقية معقدة جداً يحيط بها غشاء نووي (Nuclear Envelope) يتألف من غشائين وسنشرح الان الخلايا بدائية النواة وحقيقية النواة بشيء من التفصيل.

The Prokaryotes Cells:

الخلايا بدائية النواة

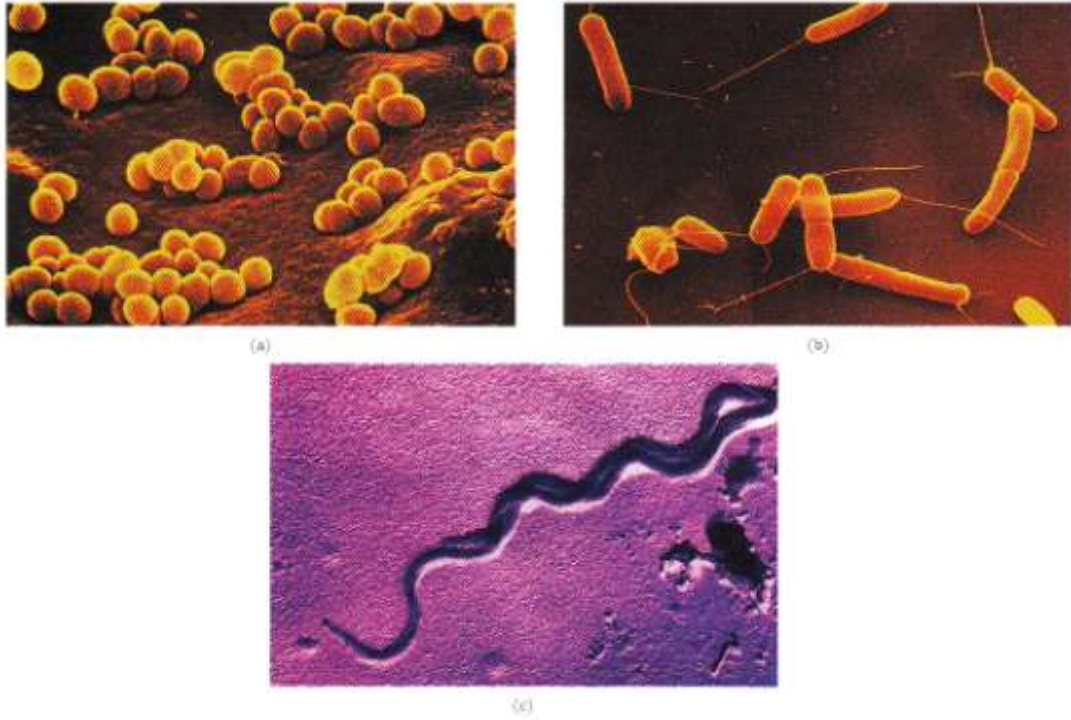
تتكون الكائنات الحية بدائية النواة من حوالي 3000 نوع من البكتيريا، بما فيها الكائنات الحية المسماة بالطحالب الخضراء المزرققة (Blue- Green Glae) وتعد هذه الطحالب عائلة خاصة من البكتيريا وتسمى حالياً باسم البكتيريا الزرقاء (Cyanobacteria) (حيث تعني كلمة Cyano - الزرقاء). تكون البكتيريا الزرقاء متميزة وغالباً ما تفصل عن غيرها لانه ذات نظام يحرر الاوكسجين نسبة الى حد كبير عملية التركيب الضوئي للنباتات الراقية. ومع ان هناك انواع اخرى من البكتيريا يمكن ان تقوم بعملية التركيب الضوئي ، لكن هذه الانواع لا تحرر الاوكسجين.



الشكل (2-2)

Nostoc sp., a photosynthetic cyanobacterium. This light micrograph shows long strings of the individual round cells.

الواقع ان معظم انواع البكتريا ليس لها القدرة على التركيب الضوئي ، وتحصل على طاقتها من هدم المواد الغذائية التي تحصل عليها من محيطها. هناك حوالي عشرين عائلة مختلفة من عوائل الخلايا بدائية النواة التي يتم تصنيفها او تسميتها حسب شكلها لاحظ الشكل (2-3) وحسب قدرتها على الحركة وخواصها الصبغية ونوعية المواد الغذائية التي تفضلها او النواتج التي تكونها وتكون بعض انواع البكتريا مرضية (Pathogenic) مسببة لأمراض وبعضها ذات فائدة كبيرة. ومن ضمن الخلايا البدائية توجد عوائل ذات خلايا صغيرة جداً تعيش على طفيليات داخل الخلايا الاخرى.

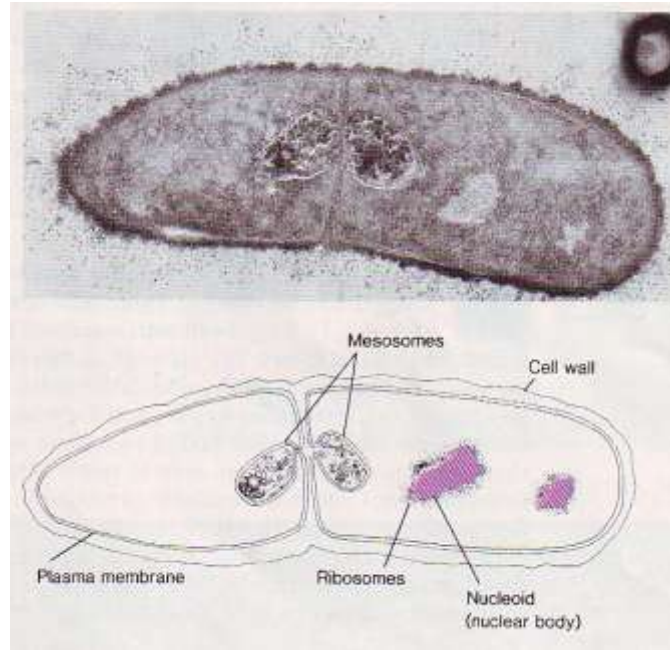


الشكل (2-3)

مع ان الخلايا بدائية النواة غير مرئية للعين المجردة وغير مألوفة لنا كالنباتات والحيوانات الراقية لكنها تشكل جزءاً مهماً للكتلة الحيوية الموجودة على سطح الكرة الأرضية . ومن المحتمل ان حوالي ثلاثة ارباع المادة الحية على الارض تتكون من احياء مجهرية معظمها خلايا بدائية النواة واكثر من ذلك ، تلعب الخلايا بدائية النواة دوراً مهماً في التبدلات الحيوية للمادة والطاقة على الارض . ان البكتريا التي لها القدرة على القيام بعملية التركيب الضوئي وتعيش في كل من المياه العذبة والبحرية تقوم باقتناص الطاقة الشمسية فتستخدمها لبناء الكربوهيدرات وغيرها من مكونات الخلية الاخرى ، التي تستخدم طعاماً من قبل الكائنات الحية الاخرى . وتستطيع بعض انواع البكتريا تثبيت النيتروجين الجزيئي (N_2) من الهواء لبناء مركبات نيتروجينية مفيدة. ولهذا فان الاحياء بدائية النواة تشكل نقطة البداية للكثير من السلاسل الغذائية في المحيط الحيوي . وكذلك تشارك الخلايا بدائية النواة بصفة مستهلكات نهائية لان البكتريا المختلفة تحطم الاجزاء العضوية للنباتات والحيوانات الميتة ، وتعيد النواتج النهائية الى الجو والتربة والبحار. حيث تستخدم من جديد في الدورة البايولوجية لعناصر الكربون والنيتروجين والاكسجين.

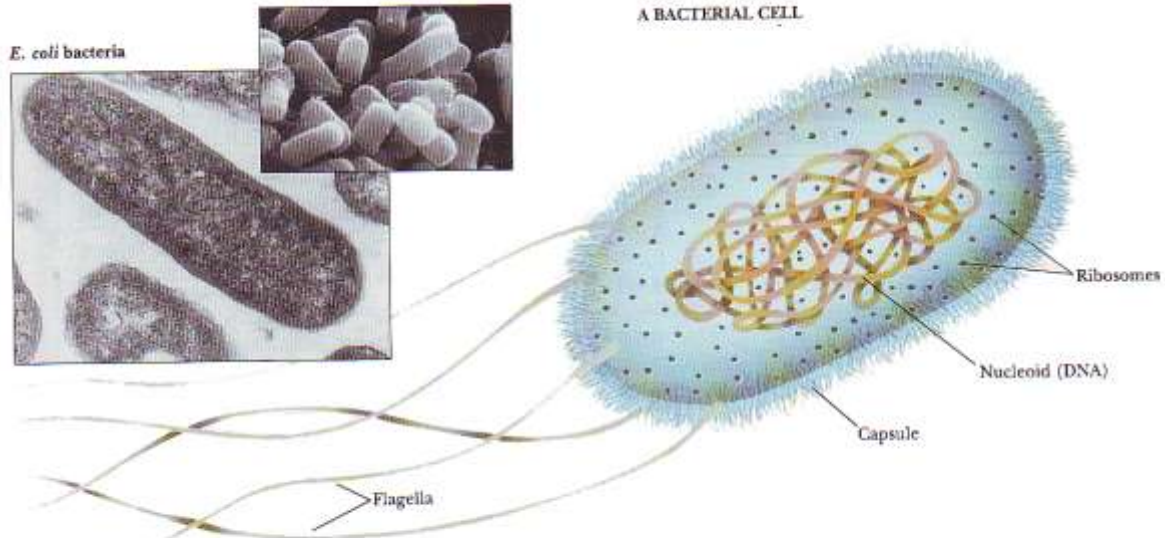
تكون الخلايا بدائية النواة مهمة بشكل خاص في دراسة الكيمياء الحيوية وعلم الحياة الجزيئي (Molecular Biology) بسبب بساطة تركيبها والسرعة والسهولة التي يمكن ان تنمو بها الاعداد الكبيرة من هذه الخلايا والالية البسيطة نسبياً للتكاثر ونقل المعلومات الوراثية. وتحت الظروف المثالية تنشط بكتريا القولون خلال كل (20-30) دقيقة عند درجة حرارة ٣٧ م° في وسط غذائي بسيط من الكلوكوز واملاح الامونيا والعناصر المعدنية . ومن الميزات المهمة الاخرى للخلايا بدائية النواة هي انها تتكاثر بطريقة لاجنسية بسيطة، حيث انها تنمو الى ان تبلغ ضعف حجمها الاعتيادي ثم تنقسم الى خليتين وليدتين جدينتين (Daughter Cells) وتحتوي كل خلية نسخة من المعلومات الوراثية (DNA) للخلية الابوية وللخلايا بدائية النواة كروموسوم (جسيم صبغي) واحد يتألف من جزيء (DNA) ذي سلسلتين (ظفيرتين) مزدوجين. واكثر من هذا يمكن للطفرة الوراثية للخلايا بدائية النواة تستحث وتستزرع بسهولة وبسبب هذه النواحي فقد حصلنا على الكثير من معلوماتنا حول العمليات الجزيئية المشمولة بنقل المعلومات الوراثية من البكتريا.

ان بكتريا القولون (*E. Coli*)، الشكل (2-4) هي البكتريا غير الضارة التي تعيش اداة في القناة الهضمية للانسان وغيره من الحيوانات الراقية الاخرى وهي اكثر انواع الخلايا بدائية النواة التي تمت دراستها بالتفصيل ومن المحتمل ان تكون معروفة اكثر من اي نوع من انواع الخلايا . يبلغ طول خلية بكتريا القولون 2 مايكرومتر وقطرها اقل من مايكرومتر واحد. وتحتوي على جدار خلوي للحماية ، في داخله غشاء خلوي رقيق وهناك سايتوبلازم موجود ضمن الغشاء وهي ذات جسم نووي يحتوي على جزيئة منفردة من الـ (DNA) مزدوج السلسلة على شكل لولبي طويل وغالباً ما يسمى بالدائرة (Circle). يبلغ طول جزيء (DNA) لبكتريا القولون 1000 مرة اطول من الخلية نفسها ، ولذلك يجب ان يكون مطوياً بقوة لكي يلائم الجسم النووي الذي لا يتجاوز طوله مايكرومتر واحد في اطول حالاته. وكما هو الحال في معظم الخلايا بدائية النواة لا يوجد هناك اي غشاء يحيط بالمواد الوراثية في بك بكتريا القولون بالاضافة الى الجسم الرئيس للجزيء (DNA) في النيوكليوتيد فان سايتوبلازم معظم البكتريا يحتوي على قطع دائرية صغيرة جداً من (DNA) تدعى البلازميدات (Plasmids) وسترى فيما بعد ان هذه هي عبارة عن عناصر وراثية منفصلة شبه مستقلة وهي التي تقود الان الى تطورات مهمة في الكيمياء الحيوية الوراثية والهندسة الوراثية.



الشكل (2-4)

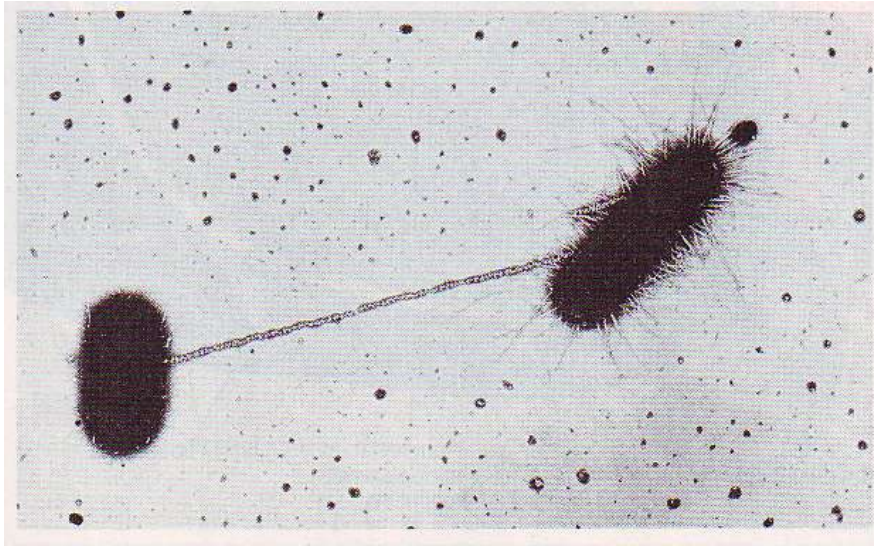
يغطي الجدار الخلوي الخارجي بغلاف او كبسولة (Capsule) مكون من مادة غروية لزجة تمتد خلالها تراكيب يغطي الجدار الخلوي الخارجي بغلاف او كبسولة (Capsule) مكون من مادة غروية لزجة تمتد خلالها تراكيب تشبه الشعر قصيرة تدعى بالشعر (الزغب Pili) وتكون فاندتها غير معروفة بالضبط . تحتوي سلالات بكتريا القولون وغيرها من انواع البكتريا المتحركة على سوط واحد او اكثر من الاسواط (Flagella) التي يمكنها ان تحرك الخلية البكتيرية ضمن الوسط المائي المحيط بها . تكون اسواط البكتريا قضباناً رقيقة صلبة ومنحنية ويبلغ قطرها من (10-20) نانومتر . وهي متصلة بتركيب موحد داخل الغشاء يشبه الارسل (النقل) الذاتي الذي يحرك السوط . يتألف غشاء الخلية من طبقتين من الجزيئات الدهنية تخترقهما البروتينات ويكون الغشاء ناضحاً انتقائياً ويحتوي على بروتينان لها القدرة على نقل مواد غذائية معينة الى داخل الخلية ونقل الفضلات الى خارج الخلايا . ويحتوي الغشاء الخلوي لمعظم الخلايا بدائية النواة على بروتينات حاملة الالكترونات يمكن لها ان تحول الطاقة التأكسدية الى طاقة كيميائية على شكل ATP في الخلايا التي تقوم بعملية التركيب الضوئي تتكون الاغشية الداخلية من الغشاء البلازمي الذي يحتوي على الكلوروفيل وغيره من الطبقات التي تصطاد الضوء الشكل (2-5) يوجد في سايتوبلازم بكتريا القولون عدد من العناصر الحبيبية.



الشكل (2-5)

واكثرها وضوحاً هي الرايبوسومات (Ribosomes) التي تصطبغ بكثافة ويبلغ قطرها في الخلايا بدائية النواة حوالي 18 نانومتر . ان الرايبوسومات التي تحتوي على الحامض النووي الاوكسجين الرايبوزي وعلى عدد من جزيئات البروتينات تقوم ببناء البروتينات الخلوية وغالباً ما توجد على شكل عناقيد تدعى متعدد الرايبوسومات (Polyribosomes) او (Polysoms) وتوجد كذلك في سايتوبلازم الكثير من خلايا البكتريا حبيبات (Granules) تحتوي على مواد غذائية مخزونة يتكون قسم منها من الغشاء في حين يحتوي النوع الاخر على الدهون . ان السايتوسول (Cytosol) هو الطور المائي للسايتوبلازم يحتوي كذلك على الكثير من الانزيمات والكثير من جزيئات الوحدات البنائية التي تعمل بشكل وماد لتكوين الجزيئات الخلوية الكبيرة وعدد من الاملاح اللاعضوية بصورة ذاتية في السايتوبلازم ولقد لاحظنا حتى في ابسط انواع البكتريا انقساماً بدائياً للمخاض (التكاثر) ضمن الخلية الواحدة . يكون الجدار الخلوي في الحد الخارجي

ويكون ذا طبيعة للحماية يقوم الغشاء الخلوي بنقل المواد الغذائية الى الداخل ونقل الفضلات الى الخارج ويولد كذلك طاقة كيميائية على شكل (ATP) ويكون الساييتوبلازم كذلك مركزاً للكثير من التفاعلات التي تحفزها الانزيمات وتؤدي الى تكوين الكثير من مكونات الخلية. والرايبوسومات تقوم بصناعة البروتينات ويشترك الجسم النووي في خزن المعلومات الوراثية ونقلها. ومع ان الخلايا بدائية النواة بسيطة نسبياً وصغيرة مقارنة بالخلايا حقيقية النواة فلن قسمها منها يقوم بفاعليات معقدة. فمثلاً يظهر الكثير من انواع البكتريا القدرة على الانجذاب الكيميائي (Chemotaxis) اذ انها تنجذب وتتحرك نحو مواد كيميائية معينة وخاصة المواد الغذائية، كما انها تتنافر وتتحرك بعيداً عن المواد السامة. ولذلك فهي عبارة عن جهاز حسي بدائي يستطيع ان يوحد ايعازات الى الاسواط التي تدفع نحو المواد الجاذبة او الدافعة او بعيداً عنها (الشكل 2-6) . وتحتوي هذه الخلايا كذلك على ذاكرة بدائية. وتميل بعض انواع الخلايا بدائية النواة لانه تتجمع مع بعضها على شكل عناقيد او خيوط، توحى بانها كائنات حية متعدد الخلايا الحقيقية الخلايا، ولكن الكائنات الحية متعددة الخلايا الحقيقية تحتوي على الخلايا حقيقية النواة فقط.



الشكل (2-6)

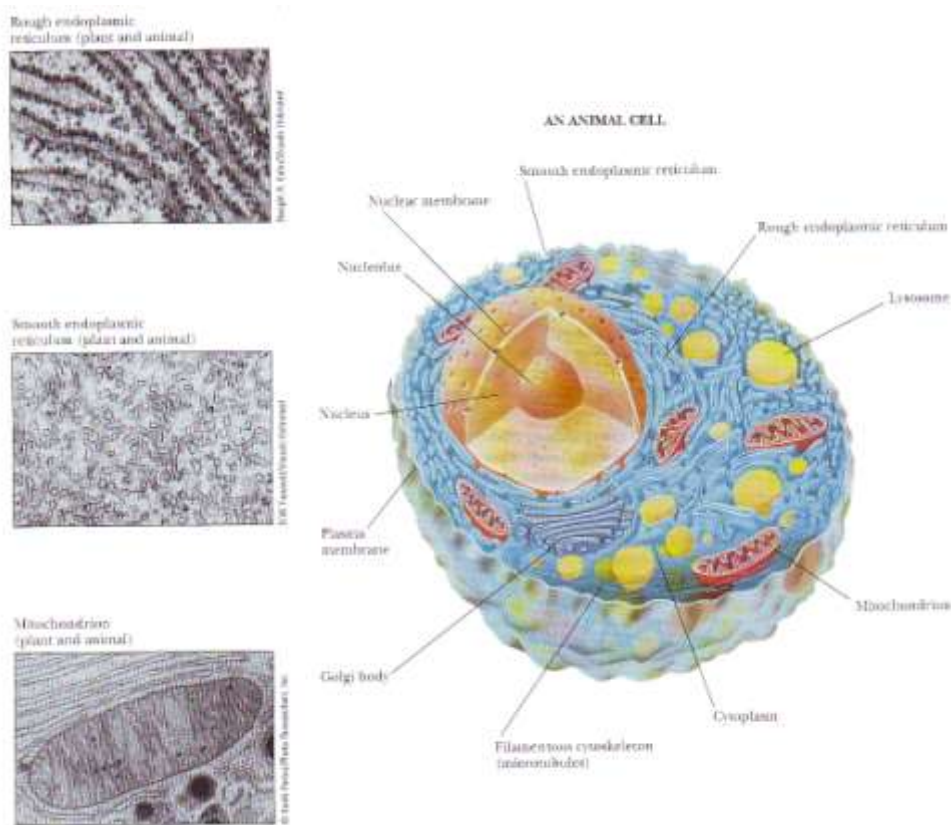
Eukaryotic Cell:

الخلايا حقيقية النواة

تكون الخلايا الحقيقية النواة النموذجية اكبر بكثير من الخلايا بدائية النواة فمثلاً تكون الخلايا الكبدية (Hepatocytes) هي النوع الرئيس للخلايا في كبد الحيوانات الراقية ، ويبلغ قطرها حوالي (20-30) مايكروميتر مقارنة بقطر البكتريا البالغ (1-2) مايكروميتر. ومن الصفات الاكثر اهمية مقدار حجم الخلية الذي يكون في معظم الخلايا حقيقية النواة اكبر من حجم خلية البكتريا بحوالي (1000 الى 10000 مرة) . ويمكن حساب الحجم النسبية للخلايا حقيقية النواة اكبر من هذا الحجم بكثير مثل البيوض غير المخصبة للدجاج حيث ان حجمها الكبير تشغله المواد الغذائية المخزونة اللازمة لنمو الجنين . وتكون بعض الخلايا حقيقية النواة طويلة جداً كالخلايا الحركية (المحركة) للجهاز العصبي للانسان حيث يتجاوز طولها المتر على سبيل المثال ومن اكثر المميزات وضوحاً ان للخلايا حقيقية النواة نواة متكونة بشكل جيد يحيط بها غشاءان وتكون ذات تركيب داخلي معقد.

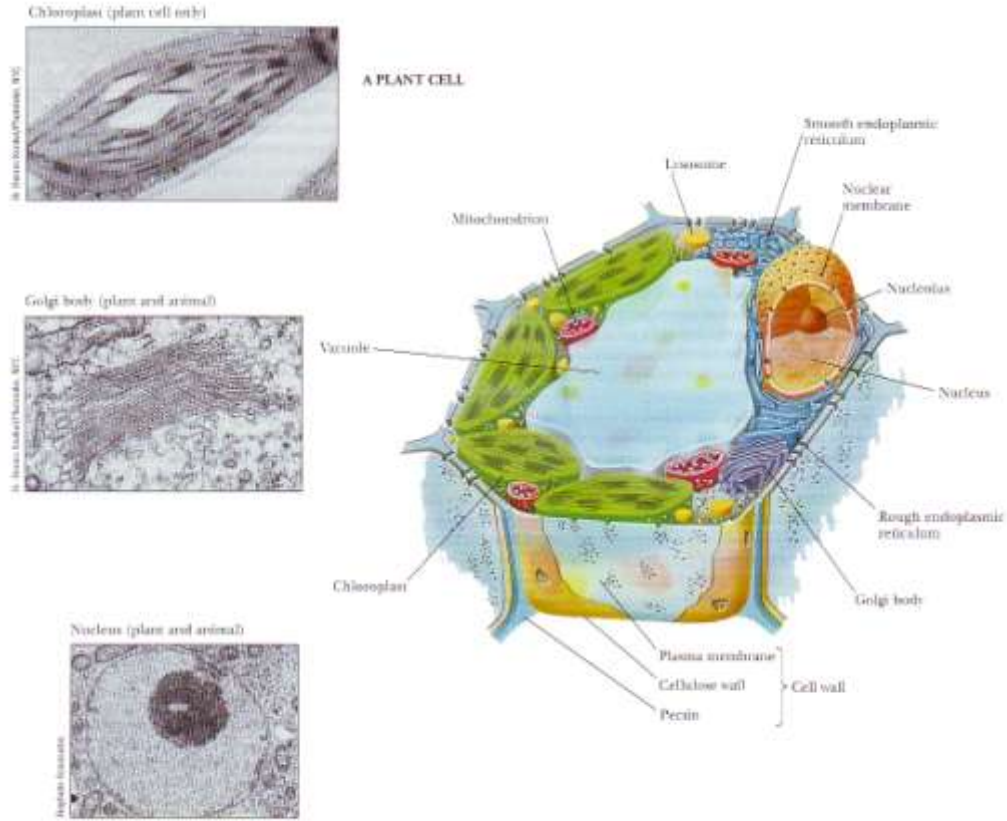
وتنقسم الخلايا حقيقية النواة كما هو حال الخلايا بدائية النواة انقساماً لا جنسياً. لكن هذا يحدث بطريقة أكثر تعقيداً تسمى الانقسام (الانشطار) الخيطي (Mitosis) وقد تمارس الخلايا الجرثومية للكائنات الحية حقيقية النواة اقتراناً جنسياً مع تبادل الجينات.

والفرق المهم الآخر بين الخلايا حقيقية النواة والخلايا بدائية النواة هو ان الخلايا حقيقية النواة تحتوي بالاضافة الى النواة المتكونة بشكل جيد على عدد من العضيات (Organelles) الداخلية التي تغلفها الاغشية مثل المايكوندريا (Mitochondria) والشبكة الاندوبلازمية (Endoplasmic Reticulum) واجسام كولي (Golgi Bodies) ويكون لكل واحد منها دور محدد في ايض وتدبير امور وفعاليات الخلية. ويظهر الشكل (7-2) خلية حقيقية النواة نموذجية وهي خلية كبد الجرذ التي تكون ذات تركيب داخلي معقد جداً ومقسم بكثرة الى اجزاء وكما سنرى فان الخلايا حقيقية النواة تمتلك اقساماً أكثر تطوراً للامور الخدمية للخلية وكل واحد منها يلعب دوراً خاصاً في النشاط الخلوي.



الشكل (7-2)

تكون خلايا جميع النباتات والحيوانات الراقية والفطريات خلايا حقيقية النواة وهناك الكثير من الخلايا احادية الخلية حقيقية النواة وتشمل على مجموعة متنوعة من انواع الحيوانات البدائية (الابتدائيات Protozoa) والطحالب واليوغلينات والخمائر وخلايا عفن الفطر الغروي (Slim Molds) ولان لهذه المخلوقات كميات كبيرة من المواد الوراثية ولانها غالباً ما تحصل لها عملية اقتران جنسي يحدث فيه تبادل للجينات فان الاحياء حقيقية النواة ذات مدى اوسع من التميز والتخصص من الخلايا بدائية النواة ولذلك توجد ملايين من انواع الخلايا حقيقية النواة باشكال مختلفة مقارنة بالخلايا بدائية النواة التي تبلغ انواعها بضعة الاف ومن جهة اخرى فان الكائنات الحية بدائية النواة تكون على درجة اعلى من التحمل لمقاومة التغيرات التي تحصل في بيئتها ويمكن ان تتكاثر بسرعة اعلى من الخلايا حقيقية النواة مما يمكنها من المعيشة في الظروف غير المرغوبة.



الشكل (8-2)

The Nucleus of Eukaryotes:

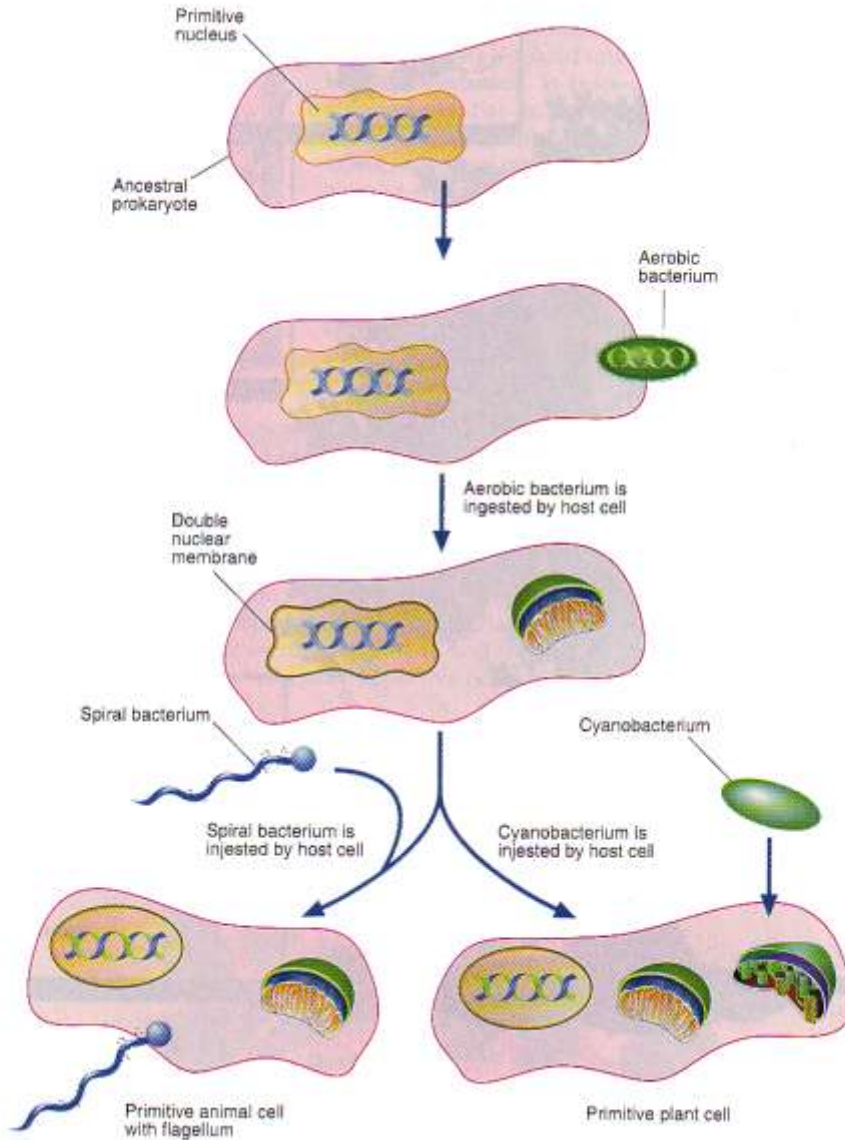
نواة الخلايا حقيقية النواة

تحتوي النواة على جميع جزيئات (DNA) تقريباً في خلايا حقيقية النواة في كل من الخلايا الحيوانية الشكل (7-2) والخلايا النباتية الشكل (8-2) تكون الخلايا محاطة بغلاف نووي (Nuclear Envelope) يتكون من غشائين متقاربين من بعضهما يفصلها حيز ضيق . ويتحد الغلافان النوويان خلال فترات زمنية معينة حول فتحة معينة او (فتحات معينة) تدعى الثقوب النووية (Nuclear Pores) وهي ذات قطر يبلغ حوالي 90 نانومتر . ومن خلال هذه الفتحات التي تشبه الشبابيك يمكن ان تنتقل المواد المختلفة بين النواة والسيتوبلازم ويوجد داخل النواة النوية (Nucleolus) الشكل (8-2) التي تصطبغ بكثافة وذلك لمحتواها الغني بالحامض النووي الرايبوزي (RNA) . وتكون النواة عبارة عن معمل لبناء (RNA) وتحدث هنا كذلك المراحل الاولى لبناء الرايبوسومات .

ويحتوي الجزء الباقي على الكروماتين (Chromatin) وقد سمي بذلك لانه يصطبغ بطريقة خاصة الاشكال (6-2) و (7-2) . ويتكون الكروماتين من الـ (DNA) والـ (RNA) وعدد من البروتينات الخاصة . ويتشتت الكروماتين بين الانقسامات الخلوية بطريقة عشوائية خلال النواة ، ولكن قبل الانقسام الخلوي مباشرة يصبح الكروماتين متخصصا على شكل اجسام حبيبية متميزة وهي الاجسام الصبغية (الكروموسومات (Chromosomes)) .

ولكل نوع من انواع الخلايا الحقيقية النواة عدد خاص من الكروموسومات ، حيث يوجد في الخلية الجسمية للانسان 46 كروموسوما . وبعد ان تجري عملية تكرار (تضاعف) ، تنفصل الكروموسومات الوليدة ويتم ايصالها الى الخلايا الوليدة في عملية تدعى الانقسام الخيطي (Mitosis) وهي عبارة عن سلسلة معقدة جدا من الاحداث ، وقد تم توضيح قسم منها في الشكل (9-2) وبعد اكتمال عملية الانقسام الخيطي يتشتت الكروماتين من جديد . ولهذا فان النواة المتكونة بشكل جيد في الخلايا حقيقة النواة تكون معقدة جدا في تركيبها وفعاليتها الحيوية مقارنة بالجسم النووي البسيط للخلايا بدائية النواة .

الشكل (9-2)

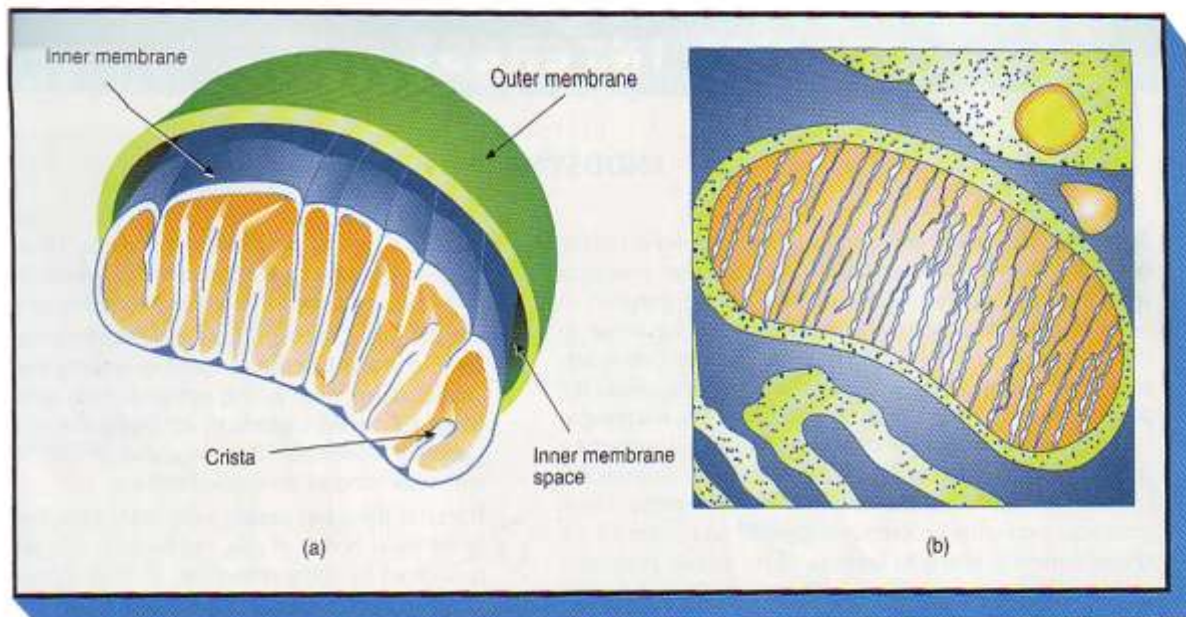


Mitochondria

الميتوكوندريا

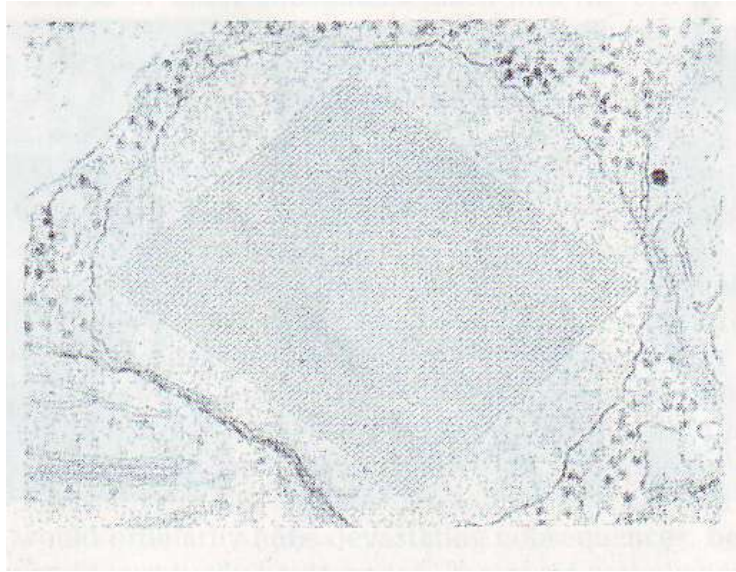
كل خلية حقيقية النواة تستخدم الاوكسجين لتوليد الطاقة الضرورية للفاعليات الخلوية . تلك العملية تسمى بالتنفس الهوائي والتي تحدث في الميتوكوندريا . غالبا توصف الميتوكوندريا بان لها شكل السجق (10-2) ولكن مظهرها يختلف باختلاف الانواع والخلايا . يوجد في خلية كبد الجرذ حوالي 1000 ميتوكوندريا . وتكون ذات قطر يبلغ حوالي مايكروميتر واحد ويبلغ حجمها بقدر حجم خلايا البكتيريا تقريبا ويكون بعض انواع الخلايا حقيقية النواة مثل خلايا الحيامن او خلايا الخمائر ، حاوية على عدد قليل جدا من الميتوكوندريا الكبيرة جدا ، في حين تحتوي الاخرى مثل خلايا البيوض على الالاف كثيرة من الميتوكوندريا وتكون الميتوكوندريا متشعبة جدا خلال حجم كبير من السيتوبلازم . هيكله هذا التركيب تتغير بتغير الحالة الفيزيائية للخلية ، وعلى سبيل المثال ان المظهر الداخلي للميتوكوندريا في الكبد يتغير خلال التنفس الفعال الشكل (10-2). اضافة الى ذلك فان تكسر او الانتفاخ غير الطبيعي للميتوكوندريا هو دليل حساس جدا على تضرر الخلية . الميتوكوندريا تكون محاطة بغشائين ، الغشاء الخارجي الناعم ويكون مثقب نسبيا حيث يكون نفاذ لكل الجزيئات التي لايزيد حجمها عن 10.000 دالتون ، اما الغشاء الداخلي فيحتوي على نتوءات تدعى الزغابات (Cristae). يوجد عدد قليل نسبيا من الزغابات في الميتوكوندريا الكبدية ، ولكن اعداد الزغابات تكون هائلة جدا في الخلايا القلبية ، وتكون متوازية كذلك. ويكون الجزء الداخلي من الميتوكوندريا مملوء بمادة هلامية تشبه الجلي تدعى الحشوة (Matrix) الشكل (٢-١١) . الميتوكوندريا هي مصانع الطاقة في الخلية . وتحتوي على الكثير من الانزيمات والتي تحفز مجتمعة اكسدة المواد الغذائية العضوية للخلية بالاوكسجين الجزيئي لانتاج ثاني اوكسيد الكربون والماء . ويوجد قسم من هذه الانزيمات في الحشوة ، ويوجد القسم الاخر منها في الغشاء الداخلي . ويتم اطلاق جزء مهم من الطاقة الكيميائية خلال عمليات الاكسدة هذه التي تستخدم لتوليد ثالث فوسفات الادينوسين (ATP) (Adenosine Triphosphate) . وهو الجزء الرئيس الحامل للطاقة في الخلايا . ان جزيئات (ATP) المتكونة بواسطة الميتوكوندريا تنتشر في جميع اجزاء الخلية حيث تستخدم هناك للقيام بالشكل الخلوي.

Structure of Eukaryotic Cells



الشكل(2-10)

تحتوي الماييتوكوندريا كذلك على كميات قليلة من الـ (DNA) وكذلك الـ (RNA) والرايبوسومات . الـ (DNA) يقوم بنقل شفرة تكوين بروتينات خاصة للغشاء الداخلي . وقد يتسال احدا لماذا تحتوي الماييتوكوندريا على (DNA) . لقد قاد هذا السؤال الى اثاره فكرة مهمة ان الماييتوكوندريا ظهرت للوجود خلال فترة التطور الحياتي (البايولوجي) بعد اجتياح سايتوبلازم الخلايا اللاهوانية بدائية النواة من قبل الخلايا الاخرى ، وتكون الخلايا بدائية النواة الصغيرة لها القدرة على استخدام الاوكسجين الجزيئي لأكسدة موادها الغذائية الشكل (2-11) . وتصبح البكتريا الغازية لهذا طفيلية ضمن خلايا المضيف . وبمرور الزمن وبحدوث تطور اكثر اصبحت هذه العلاقة علاقة تبادل منفعة (Symbiotic) اي المنفعة تتحقق لكل من المضيف والكفيلي وتنقسم الماييتوكوندريا خلال عملية انقسام الخلية . ولهذا فقد يكون كل م ن الـ (DNA) الماييتوكوندري والرايبوسومات الموجودة في الماييتوكوندريا اخلاف تطورية للـ (DNA) والرايبوسومات لهذا البكتريا الغازية .



الشكل(2-11)

Endoplasmic Reticulum(ER)

الشبكة الاندوبلازمية الداخلية

توجد في سايتوبلازم جميع الخلايا الحقيقية تقريبا فتوات غشائية ثلاثية الابعاد وهي ما يسمى بالشبكة الاندوبلازمية (Endoplasmic Reticulum) التي تشكل الكثير من التنوعات والالتواءات خلال الفراغ الساييتوبلازمي تسمى الفراغات الموجودة في الشبكة بالحويصلات (Cisternae) وهي اكياس مغلفة محددة بأغشية وتستخدم كقنوات لنقل النواغ المختلفة خلال الخلية ، وعادة تقع الى الخارج . وفي بعض الخلايا ، تستخدم هذه الاكياس كأماكن للخرن وهناك نوعان من الشبكة الاندوبلازمية الخشنة (Rough) والناعمة (Smooth). حيث يكون السطح الخارجي في النوع الاول مليئا بالرايبوسومات اما الشبكة الاندوبلازمية

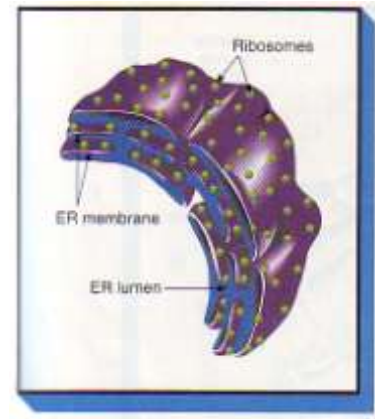
الملساء فلا تحتوي على الرايبوسومات . وتكون الرايبوسومات المتصلة بالشبكة الاندوبلازمية الخشنة مشغولة بعملية البناء الحيوي للبروتينات التي تبنيها الرايبوسومات المرتبطة بالغشاء خلال الغشاء الى فراغ- تجويف- الاكياس وتمر في النهاية الى خارج الخلايا . وتلعب الشبكة الاندوبلازمية دورا في بناء الحيوي للدهنيات .

تكون للشبكة الاندوبلازمية اشكال ووظائف مختلفة في انواع من الخلايا حقيقية النواة . وفي خلايا العضلات الهيكلية والتي يتم تحفيز تقلصها بواسطة ايون الكالسيوم Ca^{2+} في عملية الانبساط بواسطة اعادة امتصاص ايونات الكالسيوم .

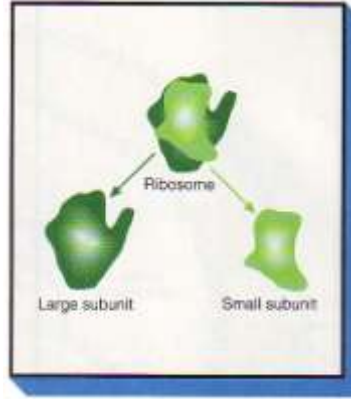
الشكل (12-2)



(B)



(A)



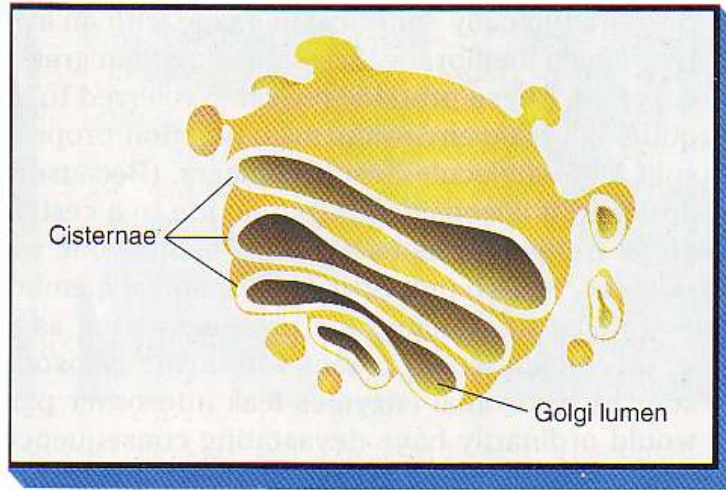
(C)

Golgi Bodies

اجسام كولجي

وتسمى ايضا بمقعد كولجي (Golgi Complex) سميت بذلك شبه الى العالم البايولوجي كونت كاميلو كولجي (Cont Camillo Golgi). الذي وصفها لاول مرة في عام 1898 . وهي تتكون من تركيب كبر مسطح الشكل يتكون من حويصلات غشائية تشبه الكيس تكون على شكل صفائح المتراسة. جهاز كولجي عند النباتات يسمى (Dictyosomes) يعمل على خزن وتوزيع المنتجات الخلوية الى الاجزاء الداخلية والخارجية الشكل (11-2). جهاز كولجي له شلان ، الصفيحة وتسمى (Cisterna) وتقع بالقرب من

الشبكة البلازمية الداخلية (ER) لتكون الشكل (cis) ، بينما الذي يكون الشكل (trans) فيقع بالقرب وباتجاه الغشاء البلازمي الخلوي حيث تعمل في عملية الإفراز. تستقبل اجسام كولجي نواتج معينة من الشبكة الاندوبلازمية وترسلها الى الحويصلات الإفرازية ، حيث تجد طريقها الى الغشاء البلازمي الخارجي للخلية وتلتحم به. وقد تفتتح الاجزاء الملتحمة لطرح محتويات الحويصلة الى الخارج بعملية تسمى تنوي لكريات الخارجية (Exocytosis) – طرح الحشوة الخلوية الى الخارج – وتستخدم هذه الطريقة في بعض الخلايا النباتية لنقل الافرازات المصنوعة مقدماً الى جدار الخلية الخارجي من داخل الخلية ، حيث تتجه هناك الى خارج الخلية لأجل ان تلتصق بجدار الخلية النامية.



الشكل (13-2)

Lysosomes

اللايسوسومات

اللايسوسومات (Lysosomes) عبارة عن مجموعة من العناصر وثيقة الترابط ومحدد غشائياً ، وهي مختلفة الاشكال وموجودة في الساييتوبلازم وتختلف من ناحية الحجم ، ولكنها اكبر من الماييتوكوندريا . تحتوي اللايسوسومات على الكثير من الانزيمات مائية التحليل التي لها القدرة على هضم بروتينات الخلية والسكريات المتعددة وادھون التي لا تحتاج اليها الخلية ، وبما ان هذه الانزيمات ضارة لبقية الخلية فإنها تكون معزولة في اللايسوسومات. ولأجل تكسير البروتينات وغيرها من المكونات ، يتم جلبها انتقائياً الى داخل اللايسوسومات ويتم تحليلها مائياً هناك الى وحداتها البنائية البسيطة التي تطرح بعد ذلك من جديد الى الساييتوبلازم. وفي حالة المرض الوراثي البشري المسمى مرض تاي – ساك (Tay – Sachs Disease) تكون اللايسوسومات مصابة بخلل في محتوياتها من الانزيمات المحللة للدهون ، فتؤدي الى تجمع بعض الدهون في الدماغ وغيره من الانسج فتسبب اصابة المريض في النهاية بالتخلف العقلي.

Peroxisomes

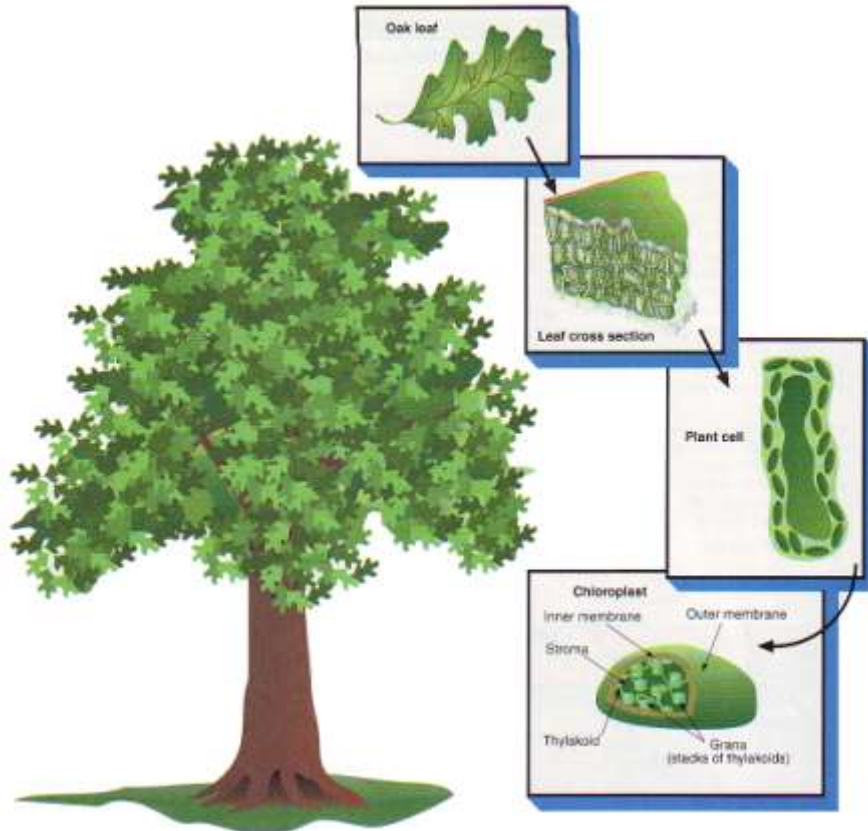
الاجسام فوق الاكسيدية

وهي عضيات غشائية كروية صغيرة تحتوي على انواع من الانزيمات المؤكسدة (بروتينات تحفز عملية انتقال الالكترونات). تلك العضيات بمحتواها الانزيمي الذي يختلف باختلاف الانواع والخلايا في الكائن الحي . وتكون غالباً موجودة لمشاركتها في توليد وتكسير الجزيئات السامة تعرف بالبيريوكسيدات (Peroxides). فعلى سبيل المثال ان بيروكسيد الهيدروجين (H_2O_2) يتولد عندما جزيئة الاوكسجين تستخدم لأزالة ذرة الهيدروجين من جزيئات عضوية معينة (فإن H_2O_2 يجب ان يتحطم حال دخوله الى الخلية وألا تقتل الخلية فوراً) تلك العملية لها اهمية خاصة في خلايا الكليو والكبد بحيث تقوم بأزالة السمية في جسم الحيوان . فعلى سبيل المثال ان البيروكسيوم يساهم في اكسدة بعض جزيئات الايثانول المهضوم . هناك نوعين من البيروكسيوم شخضت عن النباتات ، احدى هذه الانواع موجودة في الاوراق تك ون مسؤولة عن استهلاك الاوكسجين تعرف بالتنفس الهوائي والتي تطرح الـ (CO_2) ، والنوع الثاني من البيروكسيوم الذي غالباً يسمى (Glyoxysomes) يكون موجود في لبذور الثابتة في ذلك التركيب جزيئات الدهون تتحول الى كاربوهيدرات وهي مصادر الطاقة الضرورية للنمو والتطور.

(

32

Chapter 2 / Living Cells

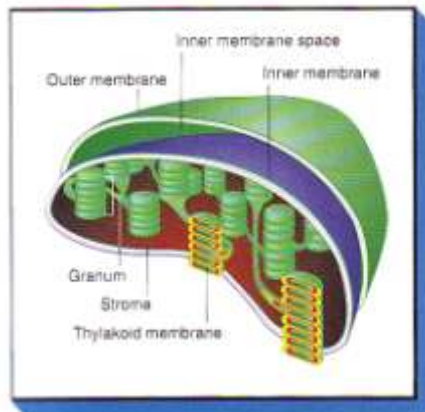


الشكل (14-2)

خلايا النباتات الراقية حقيقة النواة متشابهة اساساً ولكنها تختلف في بعض النواحي التفصيلية عن تلك الخلايا الخاصة بالحيوانات الراقية. ومن المحتمل ان يكون اكثر الاختلافات وضوحاً هو ان معظم الخلايا النباتية تحتوي على البلاستيدات الخضراء (Plastids). وهي عبارة عن عضيات متخصصة موجودة في الساييتوبلازم ، ويحيط بها غشاءان ومن الاشياء الواضحة ان البلاستيدات موجودة في كل خلايا النباتات الخضراء وتسمى بالبلاستيدات الخضراء (Chloroplasts). ويمكن اعتبار البلاستيدات الخضراء مصانع للطاقة كما هو الحال بالنسبة للماييتوكونديريا ، الا ان الفرق المهم بينهما و ان البلاستيدات الخضراء هي مصانع الطاقة الشمسية ، تستخدم طاقة الضوء ، في حين ان الماييتوكونديريا هي مصانع الطاقة الكيميائية ، تستخدم الطاقة الكيميائية للمواد الغذائية . وتمتص البلاستيدات الخضراء طاقة الضوء وتستخدمها لأختزال ثاني اوكسيد الكربون لتكوين الكربوهيدرات مثل النشا مع تحرير الاوكسجين الجزيئي (O₂). تحتوي خلايا النباتات التي تقوم بعملية التركيب الضوئي على كل من البلاستيدات الخضراء والماييتوكونديريا ، حيث تستخدم البلاستيدات الخضراء كمصانع للطاقة في الضوء وتستخدم الماييتوكونديريا اثناء الظلام . حيث تقوم بأكسدة الكربوهيدرات المتولدة بعملية التركيب الضوئي خلال ساعات النهار.

تكون البلاستيدات الخضراء (الكلوروبلاستات) اكبر من الماييتوكونديريا وتوجد باشكال متعددة. ولانها تحتوي على كميات كبيرة من صبغة الكلوروفيل (Chlorophyll) ، وتكون الخلايا التي تقوم بعملية التركيب الضوئي خضراء اللون ، وقد تكون لها الوان اخرى ، بالاعتماد على الكمية النسبية للصبغات الاخرى الموجودة في البلاستيدات الخضراء. ان جزيئات الصبغات هذه التي يملكها جميعاً امتصاص الطاقة الضوئية لجزء كبير من طيف الضوء المرئي تكون واقعة في الغشاء الداخلي للبلاستيدات الخضراء الذي يكون مطوياً بطريقة معقدة لتكوين اقراص الثايلاكويد (Thylakoid Disks) وتحتوي البلاستيدات الخضراء مثل الماييتوكونديريا على من الـ (DNA) و الـ (RNA) والرايبوسومات ويبدو ان البلاستيدات الخضراء أصلاً تطورياً في الخلايا بدائية النواة المتطفلة (الشكل 2-14) ، ولكن في هذه الحالة قد تكون الخلايا بدائية النواة التي تمكنت من الدخول الى خلايا المضيف من البكتيريا الزرقاء البدائية ، والتي جلبت معها قابليتها على التركيب الضوئي وتكوين الاوكسجين.

تحتوي الخلايا النباتية كذلك على انواع اخرى من البلاستيدات . حيث ان البلاستيدات عديمة اللون (Leucoplasts) تستخدم لخرن النشا الزيوت. ومن الاشياء البارزة والواضحة في خلايا الكثير من النباتات الفجوات (Vacuoles) الكبيرة التي يغلفها غشاء واحد تكون هذه الحويصلات مملوءة بنسخ الخلية (Sap) والفضلات الخلوية ، وغالباً ما تنجمع على شكل ترسبات بلورية. تكون مثل هذه الفجوات صغيرة في الخلايا الحديثة ولكنها تصبح كبيرة بتقدم عمر الخلية ، وغالباً ما تشغل معظم حيز الخلية . وتوجد الفجوات كذلك في بعض الخلايا الحيوانية ولكنها اصغر بكثير من فجوات الخلايا النباتية ولا تمتلك الخلايا النباتية اسواطاً او اهداباً.

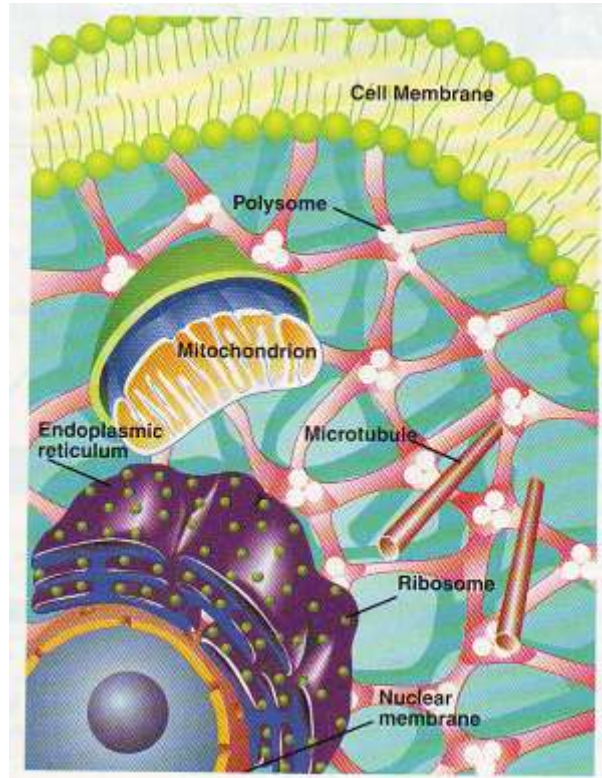


الشكل (15-2)

Cell Wall

جدار الخلية

وتكون معظم الخلايا في النباتات الراقية محاطة كلياً بجدران الخلية (Cell Walls) التي تستخدم كتركيب قوية للحماية . وتكون سميكة نسبياً وذات ثقبوب وقوية جداً الشكل (6-2) . تتألف جدران الخلايا النباتية من لبيفات سليوزية مغراة (Glued) مع بعضها بواسطة مواد رابطة عبارة عن م ركب بوليميري . تسمح جدران الخلايا النباتية للماء والجزيئات الصغيرة بالمرور خلال ثقبوبها بسهولة ، ولكنها تقاوم الانتفاخ او التوسع الذي يحصل في الخلية المحصورة . وفي الاجزاء الخشبية من النباتات وجذوع الاشجار تكون جدران الخلايا الاولى محاطة بجدران سميكة خارجية وثنائية ، يمكنها مجتمعة ان تساهم في الازان الكبيرة لهذه الخلايا.



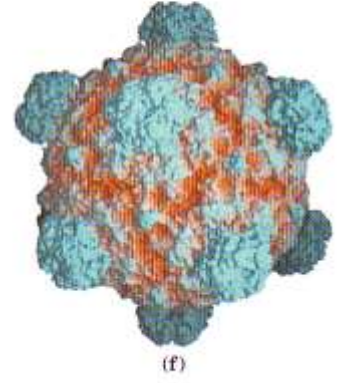
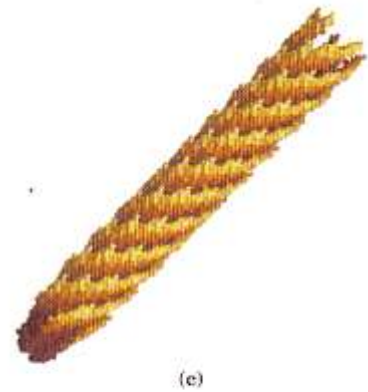
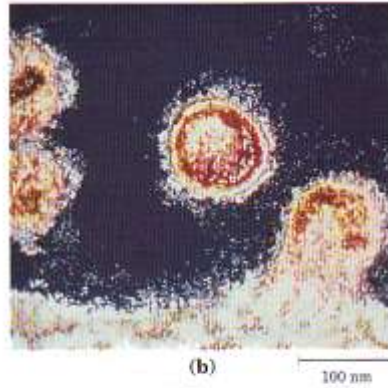
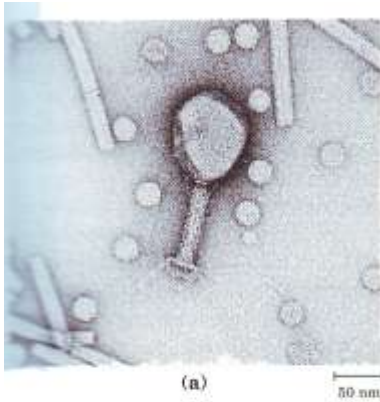
الشكل (16-2)

Viruses

الفايروسات (الرواشح)

لايمكن ان تكتمل فكرتنا العامة عن الخلايا كوحات للحياة دون ان نتطرق الى الرواشح (الفايروسات) . فالفايروسات هي عبارة عن تراكيب غير حية ولكنها تتكون حياتياً من اكثر من جزيء واحد ، ويمكنها ان تتكاثر في خلايا مضيف مناسب . وهي تتألف من جزيء من الحامض النووي يحيط به غلاف للحماية او

ما يسمى الكبسولة (Capsid) يتكون من جزيئات بروتينية . وتوجد الفايروسات (الرواشح) بحالتين ، فالرواشح تكون عبارة عن جسيمات غير حية خارج الخلايا التي تكونها وتسمى في هذه الحالة فايروونات (Virions) وتكون ذات حجم منتظم وشكل وتركيب. ويمكن الحصول على بعض الرواشح (الفايروسات) على شكل بلورات ولهذا تسلك سلوك جزيئات كبيرة جداً . وعلى أية حال ، فحالما يدخل جسيم فايروس او مكونات حامضه النووي الى خلية مضيف معين خاص ، يتخذ شكلاً اخر من الوجود اي انه يتخذ شكلاً طفيلياً داخل الخلية. وينقل الحامض النووي الفايروسي الرسالة الوراثية لتحديد التركيب الكامل للفايروس السليم . فيتغلب على فعاليات خلية المضيف الاعتيادية ويغيرها ويقوم بتوجيه التطفل البايوكيميائي للخلية ، وذلك بتحويل انزيماتها ورايبوسوماتها من الادوار الخلوية الاعتيادية الى تصنيع العديد من الجسيمات الفايروسية الوليدة الجديدة ونتيجة لذلك تتكون عشرات بل مئات الجسيمات الفايروسية من فايرون (جسيم فايروسي واحد) بجيب خلية المضيف الشكل (2-24). وفي بعض أنظمة المضيف الفايروس (الراشح) يتم اطلاق الفايروسات الوليدة من خلية المضيف فتموت وتحلل الخلية المضيفة . اما في أنظمة المضيف الاخرى الفايروس ، فيبقى الحامض النووي الحديث التكوين داخل خلية المضيف ، ويكون له في بعض الاحيان تأثير على ابقاء حياة خلية المضيف وفي الاغلب تحدث تغيرات بارزة في شكل خلية المضيف وفعاليتها. وتحتوي بعض الفايروسات (الرواشح) على الـ (DNA) وبعضها يحتوي على الـ (RNA) وتوجد الان مئات الانواع المختلفة من الفايروسات المعروفة ويكون كل واحد منها خاصاً بنوع معين من خلايا المضيف. وقد يكون المضيف خلية حيوانية او خلية نباتية او خلية بكتيرية (Bacteriophages) او تسمى ببساطة العاثيات (Phages) وتعني كلمة (Phage) يأكل او يستهلك وقد يحتوي الفايروس على نوع واحد من البروتينات في غلافه (كبسولته) كما هو الحال فايروس التبغ الموزا (Tobacco Mosaic Virus) وهو من ابسط انواع الرواشح واقل الرواشح تم الحصول عليه بشكل بلوري الشكل (2-17)



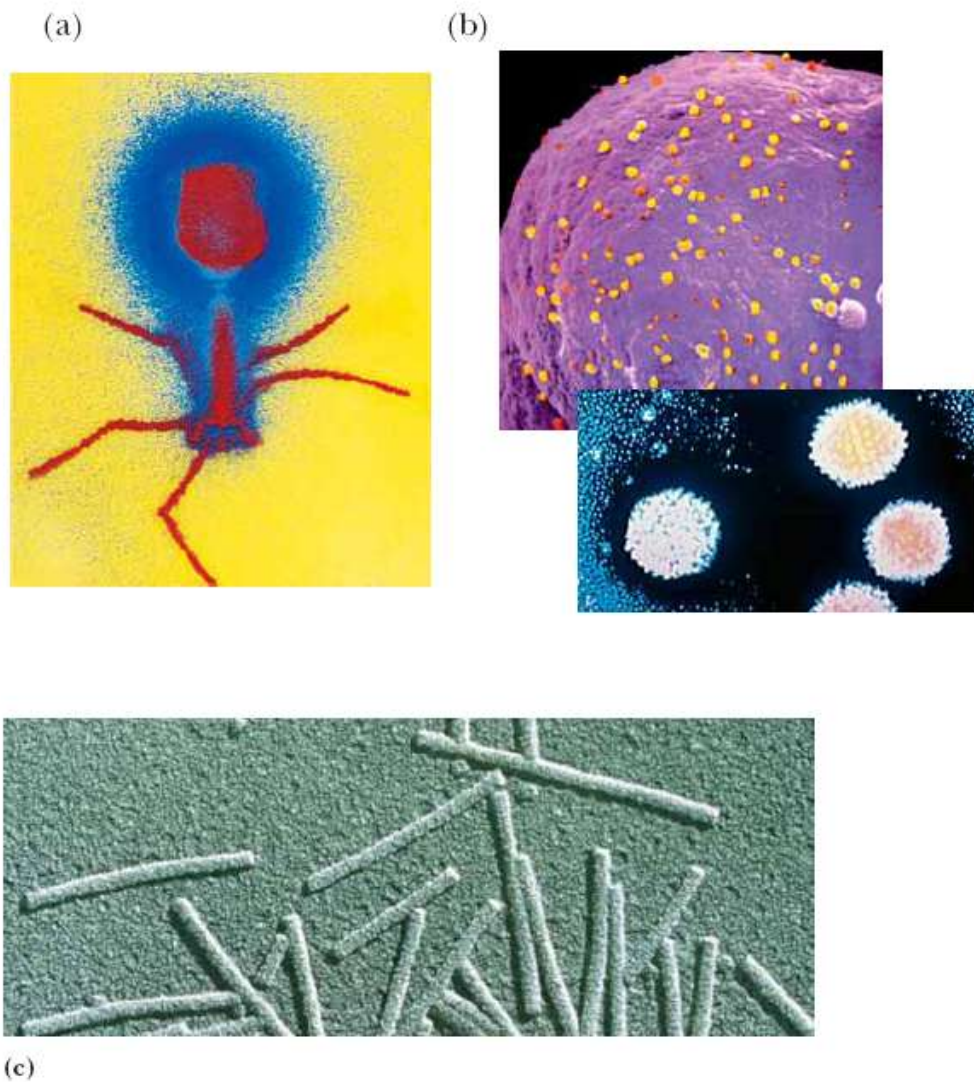


FIGURE 1.24 • Viruses are genetic elements enclosed in a protein coat. Viruses are not free-living and can only reproduce within cells. Viruses show an almost absolute specificity for their particular host cells, infecting and multiplying only within those cells. Viruses are known for virtually every kind of cell. Shown here are examples of (a) a bacterial virus, bacteriophage T₄; (b) an animal virus, adenovirus (inset at greater magnification); and (c) a plant virus, tobacco mosaic virus. (a, M. Wurtz/Biozentrum/University of Basel/SPL/Photo Researchers, Inc.; b, Dr. Thomas Broker/Phototake, NYC; inset, CNRI/SPL/Photo Researchers, Inc.; c, Biology Media/Photo Researchers, Inc.)

Rough endoplasmic reticulum (plant and animal)



Smooth endoplasmic reticulum (plant and animal)



Mitochondrion (plant and animal)



AN ANIMAL CELL

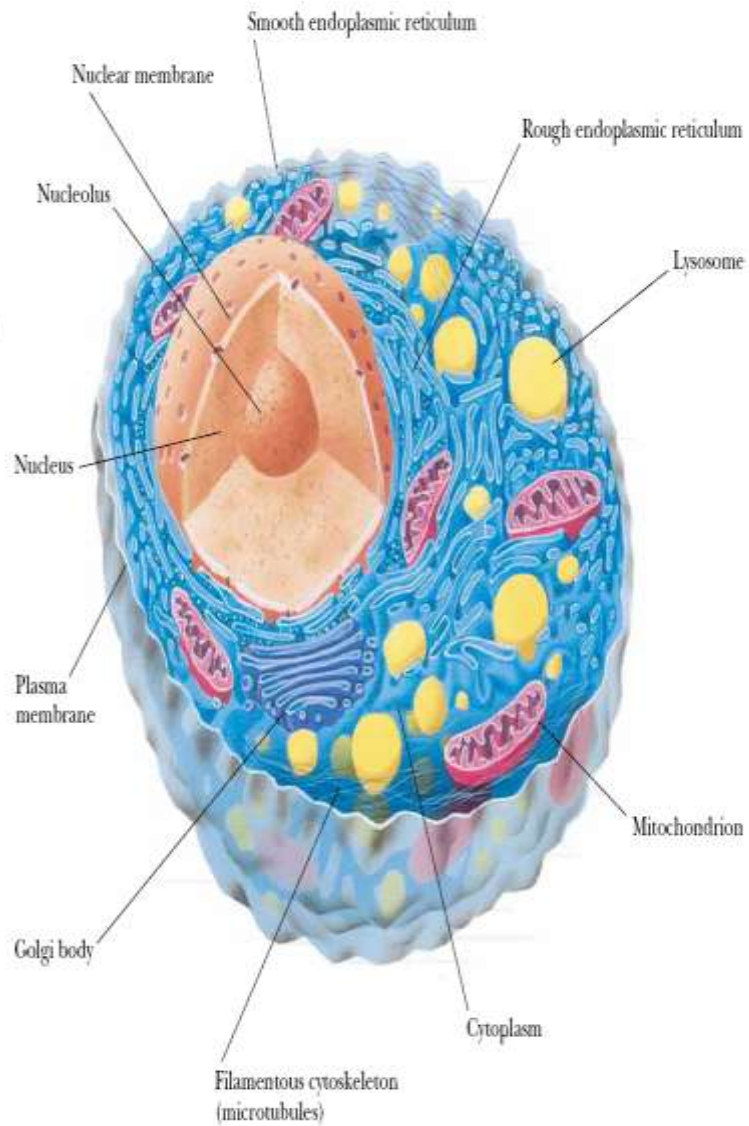


FIGURE 1.22 • This figure diagrams a rat liver cell, a typical higher animal cell in which the characteristic features of animal cells are evident, such as a nucleus, nucleolus, mitochondria, Golgi bodies, lysosomes, and endoplasmic reticulum (ER). Microtubules and the network of filaments constituting the cytoskeleton are also depicted. (photos, top, Dwight R. Kuhn/Visuals Unlimited; middle, D. W. Fawcett/Visuals Unlimited; bottom, Keith Porter/Photo Researchers, Inc.)

Major Features of a Typical Animal Cell

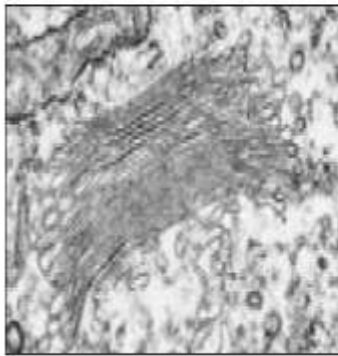
Structure	Molecular Composition	Function
Extracellular matrix	The surfaces of animal cells are covered with a flexible and sticky layer of complex carbohydrates, proteins, and lipids.	This complex coating is cell-specific, serves in cell–cell recognition and communication, creates cell adhesion, and provides a protective outer layer.
Cell membrane (plasma membrane)	Roughly 50:50 lipid:protein as a 5-nm-thick continuous sheet of lipid bilayer in which a variety of proteins are embedded.	The plasma membrane is a selectively permeable outer boundary of the cell, containing specific systems—pumps, channels, transporters—for the exchange of nutrients and other materials with the environment. Important enzymes are also located here.
Nucleus	The nucleus is separated from the cytosol by a double membrane, the nuclear envelope. The DNA is complexed with basic proteins (histones) to form chromatin fibers, the material from which chromosomes are made. A distinct RNA-rich region, the nucleolus, is the site of ribosome assembly.	The nucleus is the repository of genetic information encoded in DNA and organized into chromosomes. During mitosis, the chromosomes are replicated and transmitted to the daughter cells. The genetic information of DNA is transcribed into RNA in the nucleus and passes into the cytosol where it is translated into protein by ribosomes.
Mitochondria	Mitochondria are organelles surrounded by two membranes that differ markedly in their protein and lipid composition. The inner membrane and its interior volume, the matrix, contain many important enzymes of energy metabolism. Mitochondria are about the size of bacteria, $\approx 1\ \mu\text{m}$. Cells contain hundreds of mitochondria, which collectively occupy about one-fifth of the cell volume.	Mitochondria are the power plants of eukaryotic cells where carbohydrates, fats, and amino acids are oxidized to CO_2 and H_2O . The energy released is trapped as high-energy phosphate bonds in ATP.
Golgi apparatus	A system of flattened membrane-bounded vesicles often stacked into a complex. Numerous small vesicles are found peripheral to the Golgi and contain secretory material packaged by the Golgi.	Involved in the packaging and processing of macromolecules for secretion and for delivery to other cellular compartments.
Endoplasmic reticulum (ER) and ribosomes	Flattened sacs, tubes, and sheets of internal membrane extending throughout the cytoplasm of the cell and enclosing a large interconnecting series of volumes called <i>cisternae</i> . The ER membrane is continuous with the outer membrane of the nuclear envelope. Portions of the sheetlike areas of the ER are studded with ribosomes, giving rise to <i>rough ER</i> . Eukaryotic ribosomes are larger than prokaryotic ribosomes.	The endoplasmic reticulum is a labyrinthine organelle where both membrane proteins and lipids are synthesized. Proteins made by the ribosomes of the rough ER pass through the outer ER membrane into the cisternae and can be transported via the Golgi to the periphery of the cell. Other ribosomes unassociated with the ER carry on protein synthesis in the cytosol.
Lysosomes	Lysosomes are vesicles $0.2\text{--}0.5\ \mu\text{m}$ in diameter, bounded by a single membrane. They contain hydrolytic enzymes such as proteases and nucleases which, if set free, could degrade essential cell constituents. They are formed by budding from the Golgi apparatus.	Lysosomes function in intracellular digestion of materials entering the cell via phagocytosis or pinocytosis. They also function in the controlled degradation of cellular components.
Peroxisomes	Like lysosomes, peroxisomes are $0.2\text{--}0.5\ \mu\text{m}$ single-membrane-bounded vesicles. They contain a variety of oxidative enzymes that use molecular oxygen and generate peroxides. They are formed by budding from the smooth ER.	Peroxisomes act to oxidize certain nutrients, such as amino acids. In doing so, they form potentially toxic hydrogen peroxide, H_2O_2 , and then decompose it to H_2O and O_2 by way of the peroxide-cleaving enzyme catalase.
Cytoskeleton	The cytoskeleton is composed of a network of protein filaments: actin filaments (or microfilaments), $7\ \text{nm}$ in diameter; intermediate filaments, $8\text{--}10\ \text{nm}$; and microtubules, $25\ \text{nm}$. These filaments interact in establishing the structure and functions of the cytoskeleton. This interacting network of protein filaments gives structure and organization to the cytoplasm.	The cytoskeleton determines the shape of the cell and gives it its ability to move. It also mediates the internal movements that occur in the cytoplasm, such as the migration of organelles and mitotic movements of chromosomes. The propulsion instruments of cells—cilia and flagella—are constructed of microtubules.

Chloroplast (plant cell only)



A PLANT CELL

Golgi body (plant and animal)



Nucleus (plant and animal)

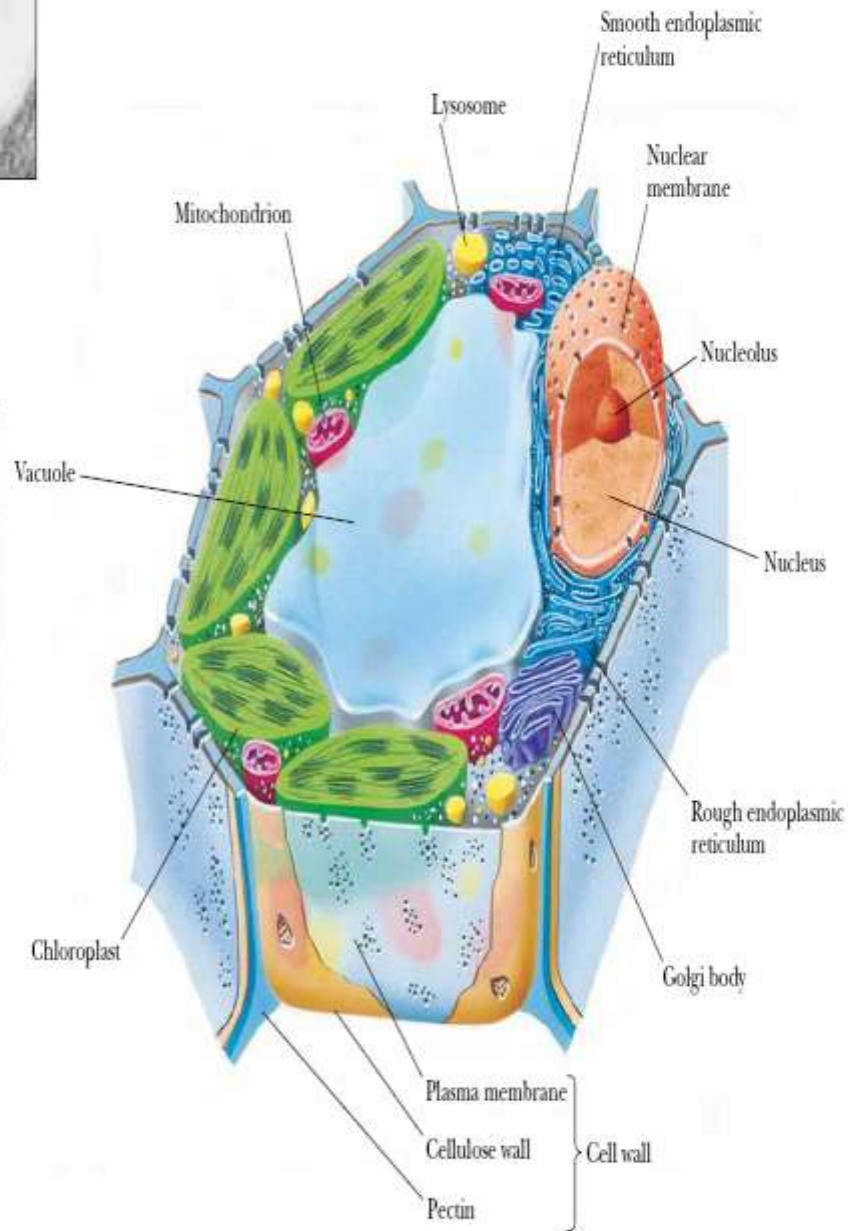
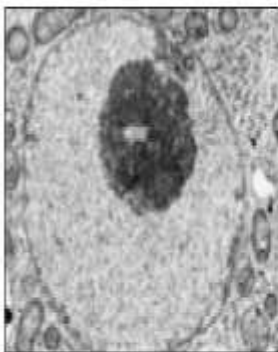

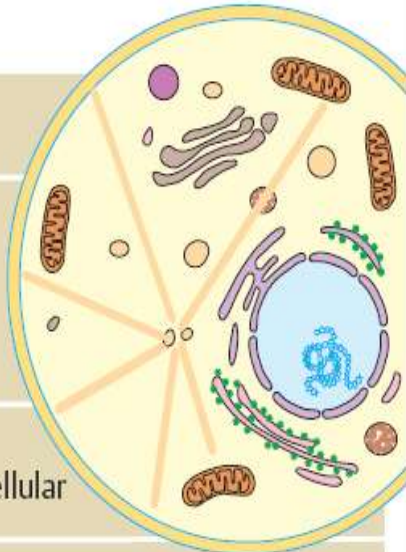


FIGURE 1.23 • This figure diagrams a cell in the leaf of a higher plant. The cell wall, membrane, nucleus, chloroplasts, mitochondria, vacuole, ER, and other characteristic features are shown. (photos, top, middle, Dr Dennis Kunkel/Phototake, NYC; bottom, Biophoto Associates)

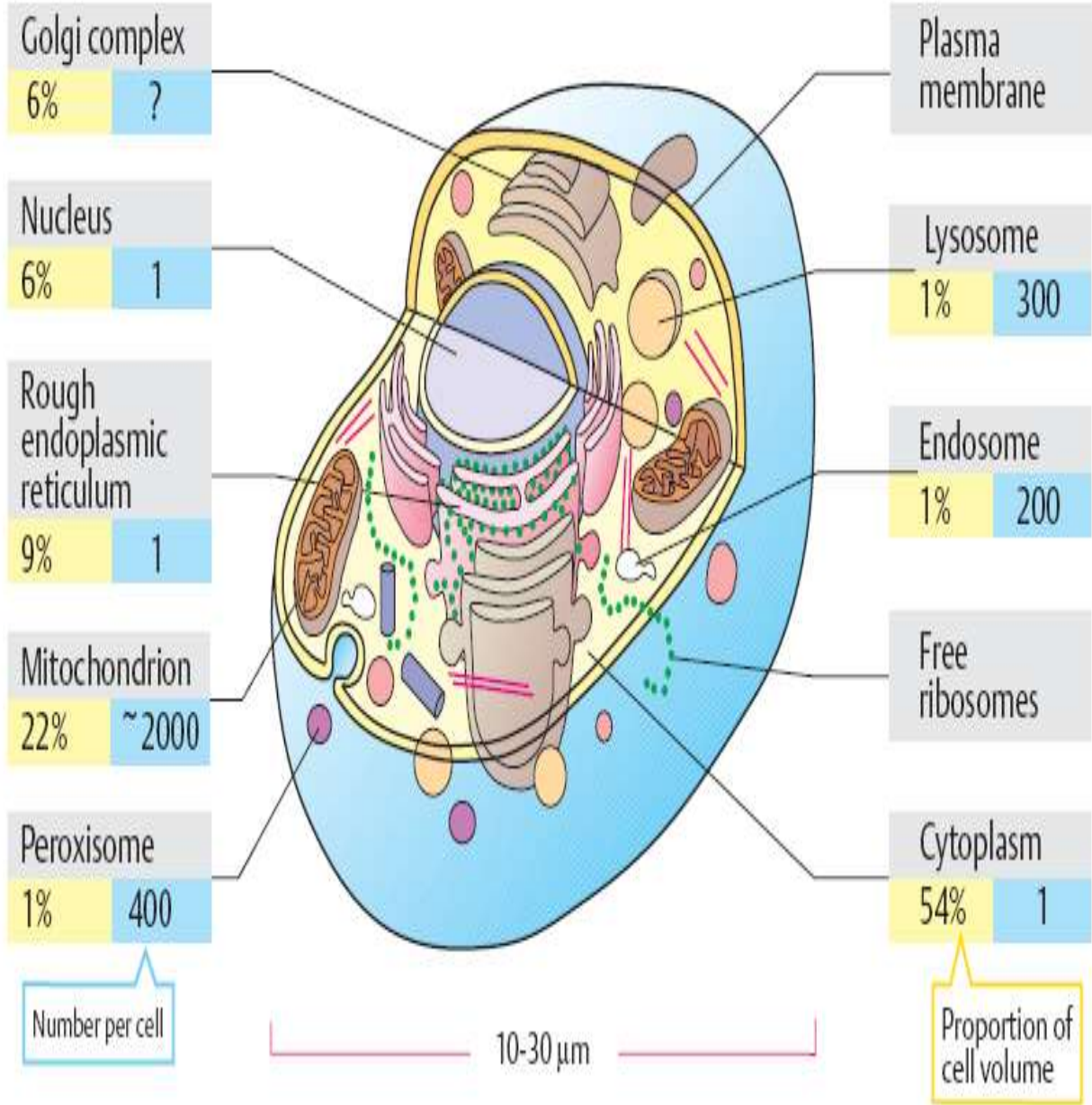
Major Features of a Higher Plant Cell: A Photosynthetic Leaf Cell

Structure	Molecular Composition	Function
Cell wall	Cellulose fibers embedded in a polysaccharide/protein matrix; it is thick ($>0.1\ \mu\text{m}$), rigid, and porous to small molecules.	Protection against osmotic or mechanical rupture. The walls of neighboring cells interact in cementing the cells together to form the plant. Channels for fluid circulation and for cell–cell communication pass through the walls. The structural material confers form and strength on plant tissue.
Cell membrane	Plant cell membranes are similar in overall structure and organization to animal cell membranes but differ in lipid and protein composition.	The plasma membrane of plant cells is selectively permeable, containing transport systems for the uptake of essential nutrients and inorganic ions. A number of important enzymes are localized here.
Nucleus	The nucleus, nucleolus, and nuclear envelope of plant cells are like those of animal cells.	Chromosomal organization, DNA replication, transcription, ribosome synthesis, and mitosis in plant cells are grossly similar to the analogous features in animals.
Chloroplasts	Plant cells contain a unique family of organelles, the plastids, of which the chloroplast is the prominent example. Chloroplasts have a double membrane envelope, an inner volume called the stroma , and an internal membrane system rich in thylakoid membranes, which enclose a third compartment, the thylakoid lumen . Chloroplasts are significantly larger than mitochondria. Other plastids are found in specialized structures such as fruits, flower petals, and roots and have specialized roles.	Chloroplasts are the site of photosynthesis, the reactions by which light energy is converted to metabolically useful chemical energy in the form of ATP. These reactions occur on the thylakoid membranes. The formation of carbohydrate from CO_2 takes place in the stroma. Oxygen is evolved during photosynthesis. Chloroplasts are the primary source of energy in the light.
Mitochondria	Plant cell mitochondria resemble the mitochondria of other eukaryotes in form and function.	Plant mitochondria are the main source of energy generation in photosynthetic cells in the dark and in nonphotosynthetic cells under all conditions.
Vacuole	The vacuole is usually the most obvious compartment in plant cells. It is a very large vesicle enclosed by a single membrane called the tonoplast . Vacuoles tend to be smaller in young cells, but in mature cells, they may occupy more than 50% of the cell's volume. Vacuoles occupy the center of the cell, with the cytoplasm being located peripherally around it. They resemble the lysosomes of animal cells.	Vacuoles function in transport and storage of nutrients and cellular waste products. By accumulating water, the vacuole allows the plant cell to grow dramatically in size with no increase in cytoplasmic volume.
Golgi apparatus, endoplasmic reticulum, ribosomes, lysosomes, peroxisomes, and cytoskeleton	Plant cells also contain all of these characteristic eukaryotic organelles, essentially in the form described for animal cells.	These organelles serve the same purposes in plant cells that they do in animal cells.

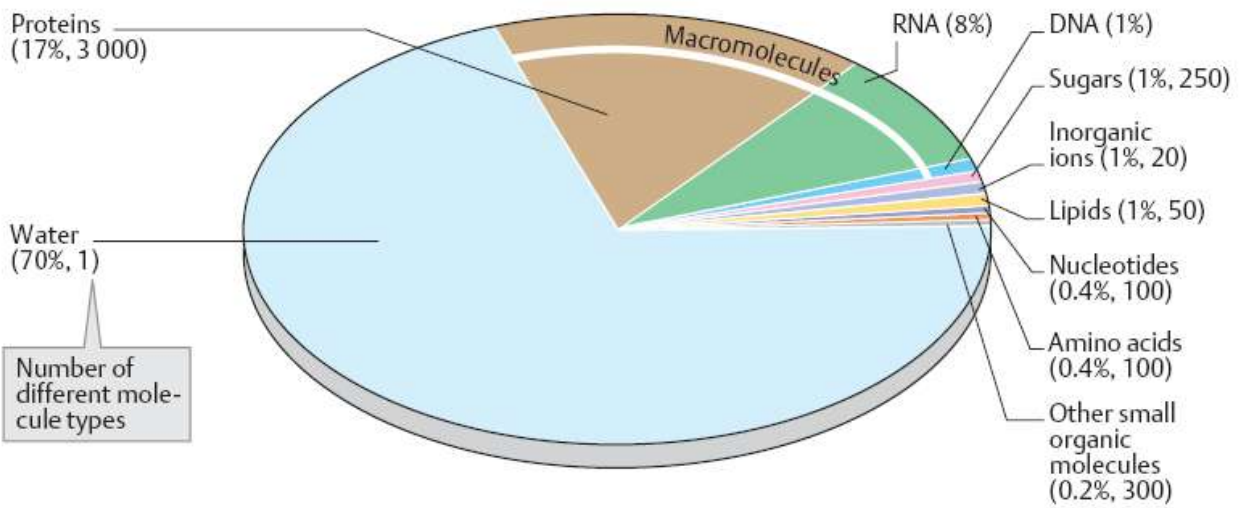
A. Comparison of prokaryotes and eukaryotes

Prokaryotes	Eukaryotes
 <p>1-10 μm</p> <p>Organisms</p> <p>Eubacteria Archaeobacteria</p>	 <p>10-100 μm</p> <p>Fungi Plants Animals</p>
Form	
Single-celled	Single or multi-cellular
Organelles, cytoskeleton, cell division apparatus	
Missing	Present, complicated, specialized
DNA	
Small, circular, no introns, plasmids	Large, in nucleus, many introns
RNA: Synthesis and maturation	
Simple, in cytoplasm	Complicated, in nucleus
Protein: Synthesis and maturation	
Simple, coupled with RNA synthesis	Complicated, in the cytoplasm and the rough endoplasmic reticulum
Metabolism	
Anaerobic or aerobic very flexible	Mostly aerobic, compartmented
Endocytosis and Exocytosis	
no	yes

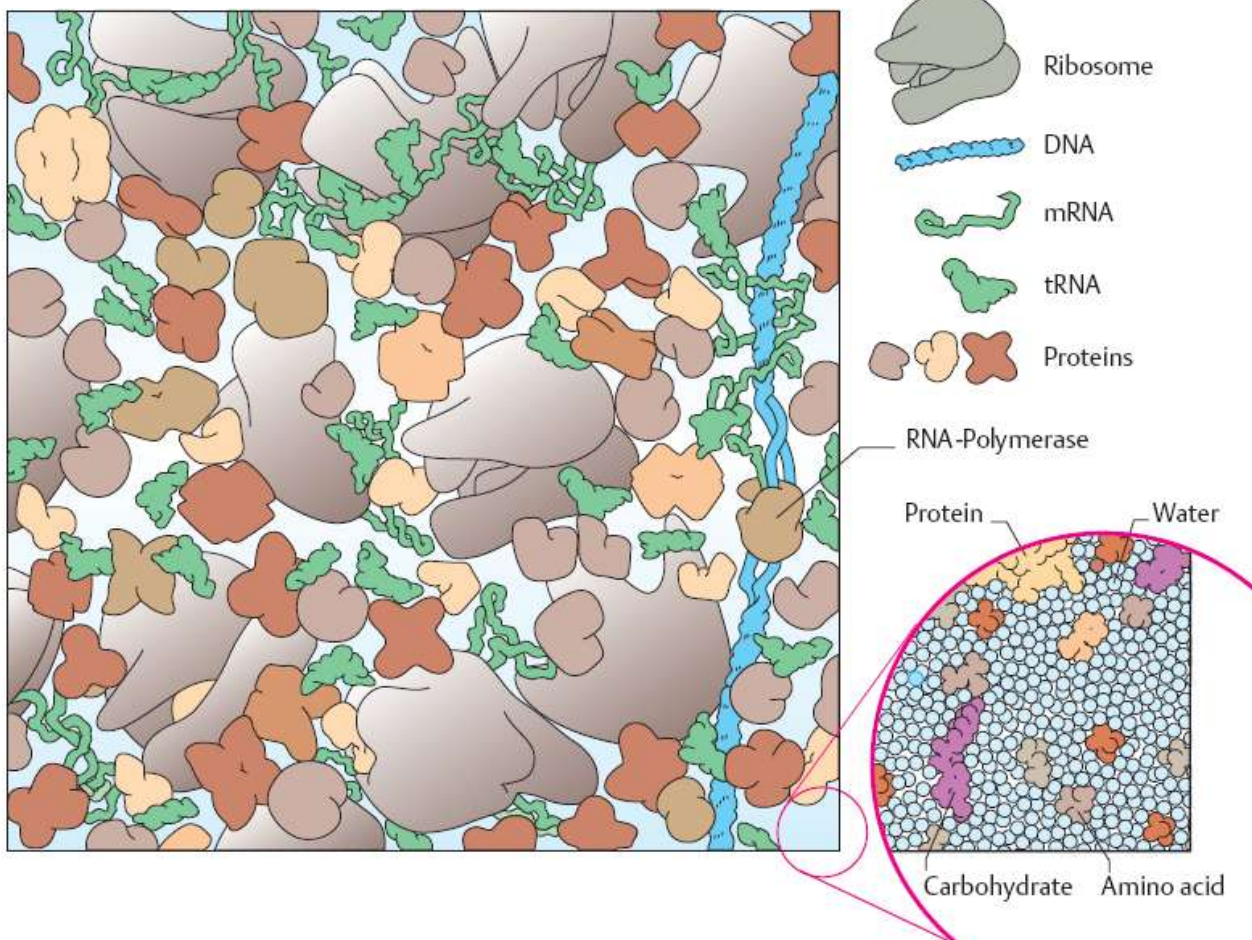
B. Structure of an animal cell



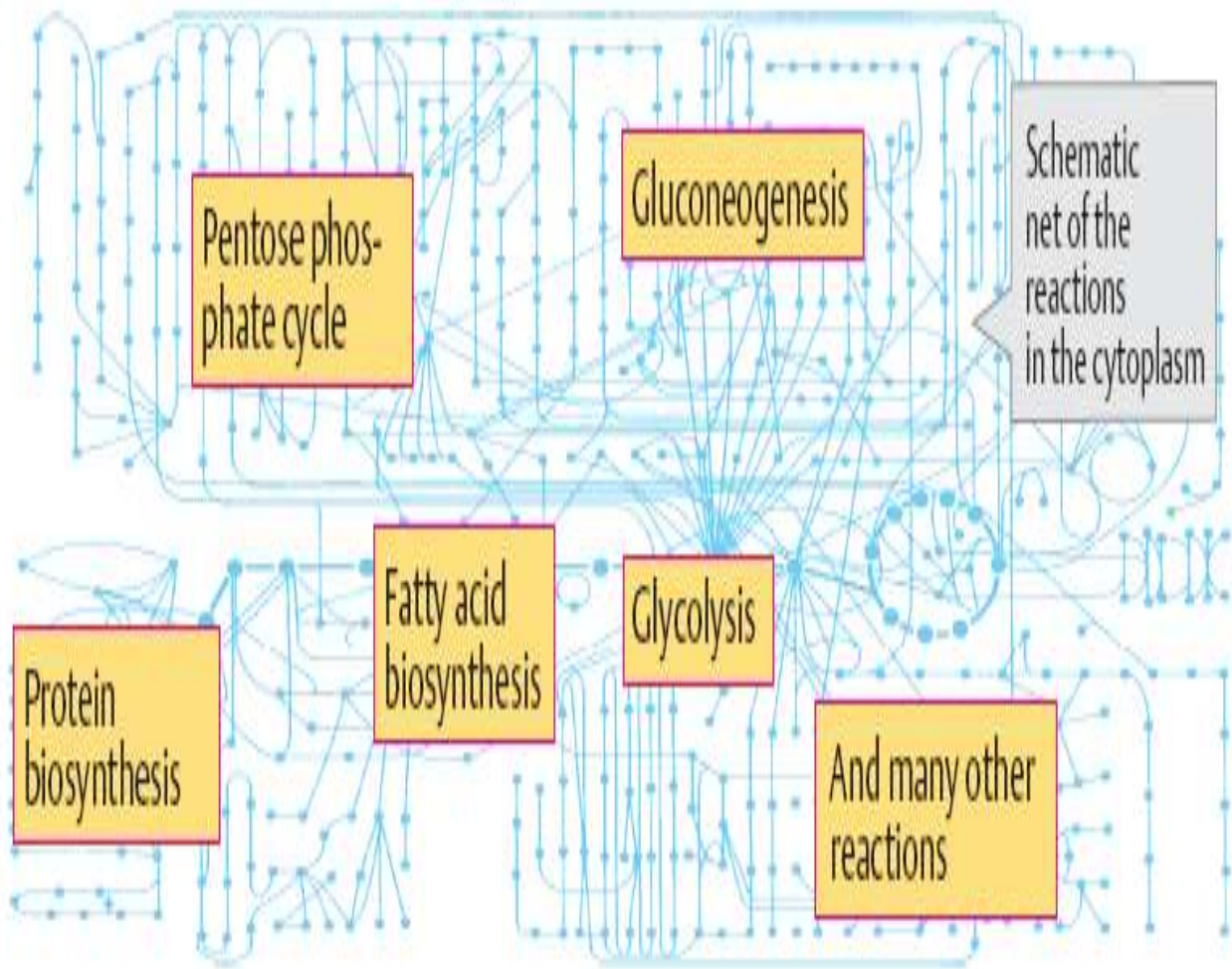
A. Components of a bacterial cell

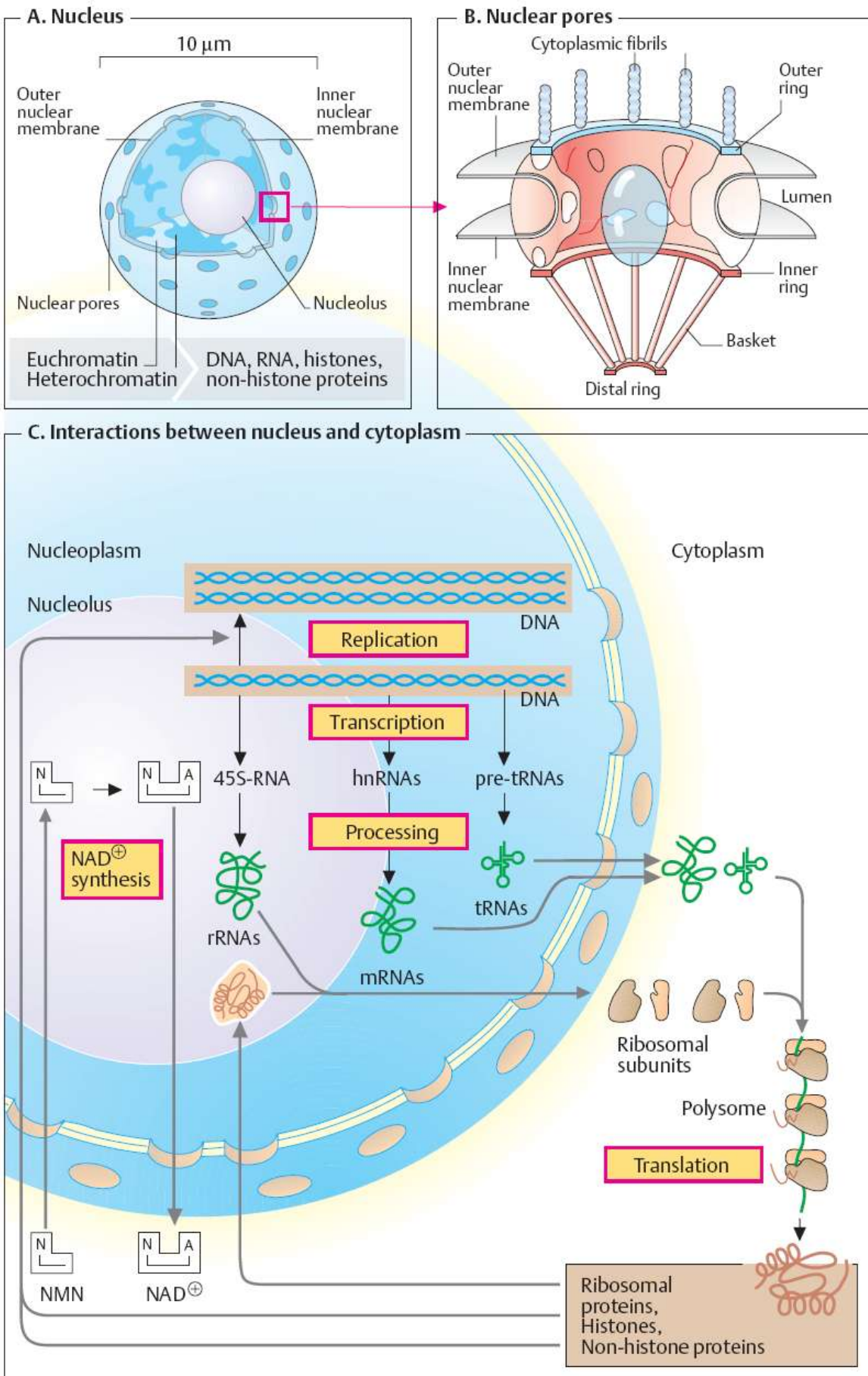


B. View into a bacterial cell

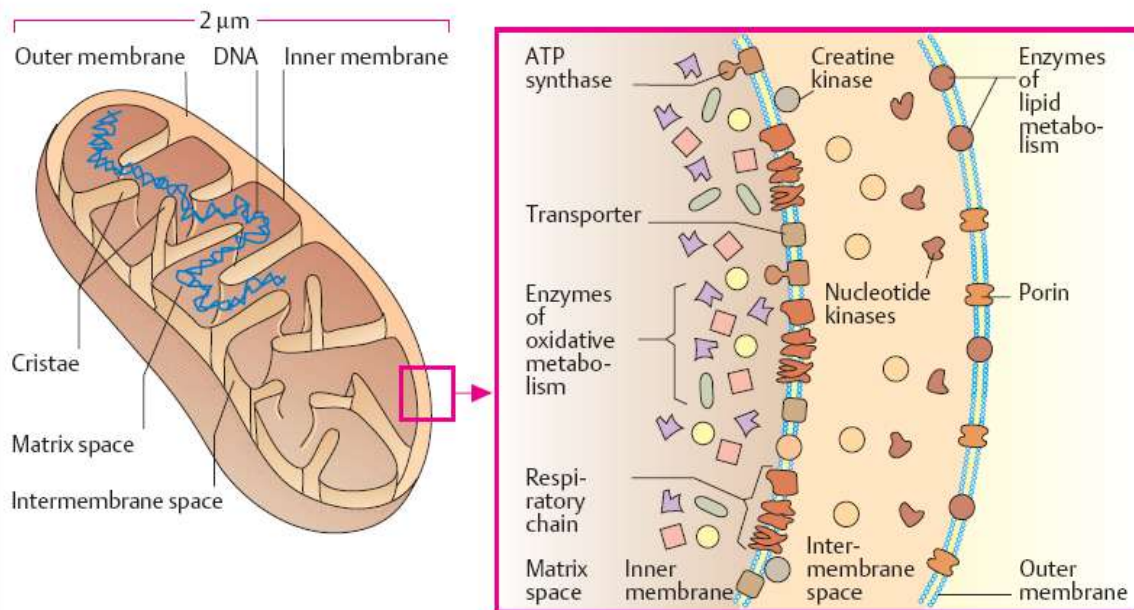


C. Biochemical functions of the cytoplasm

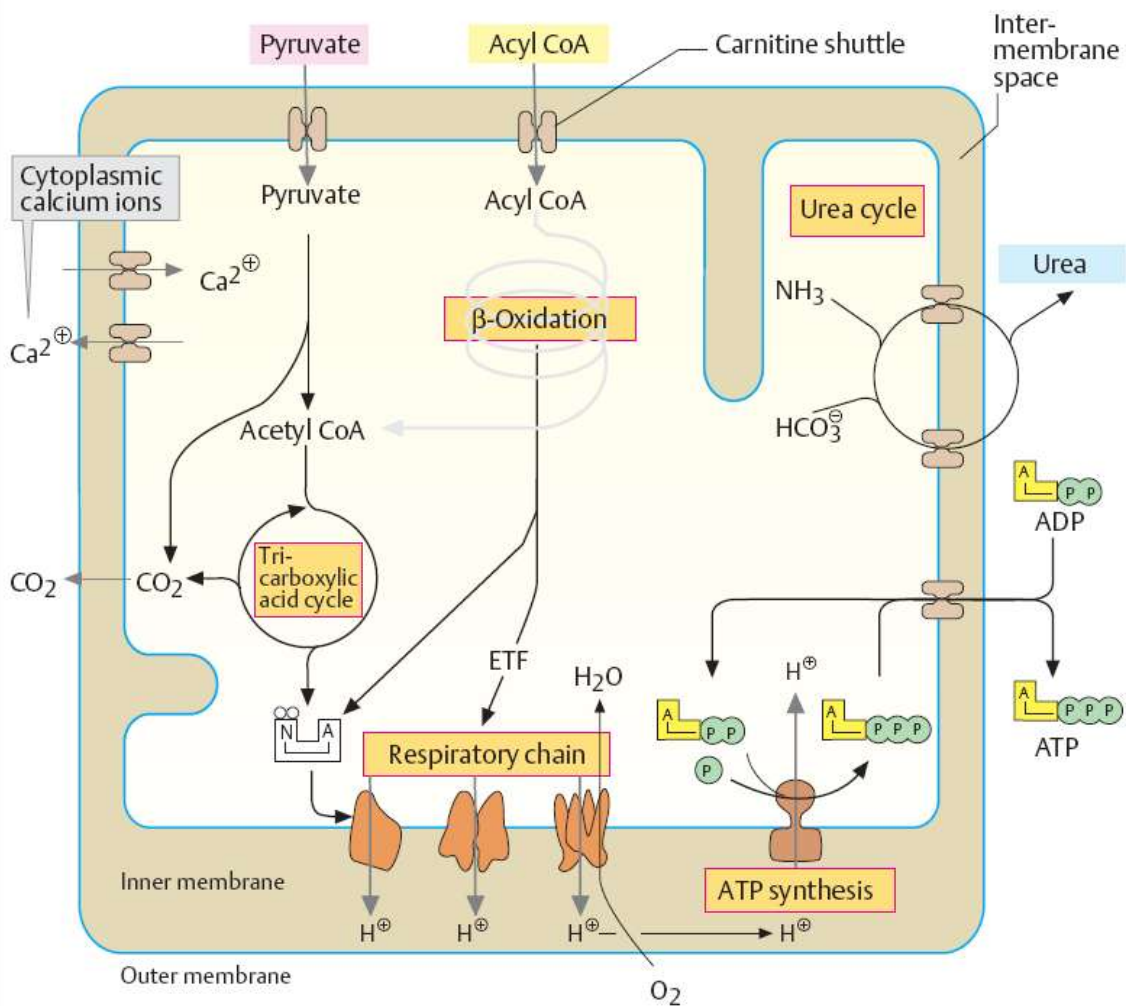




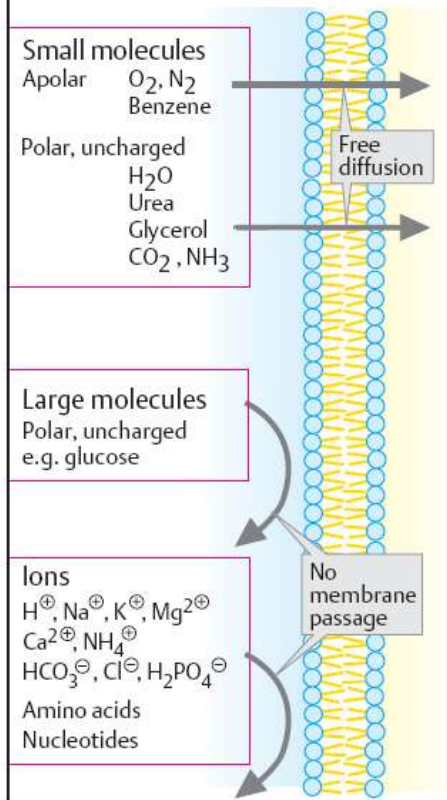
A. Mitochondrial structure



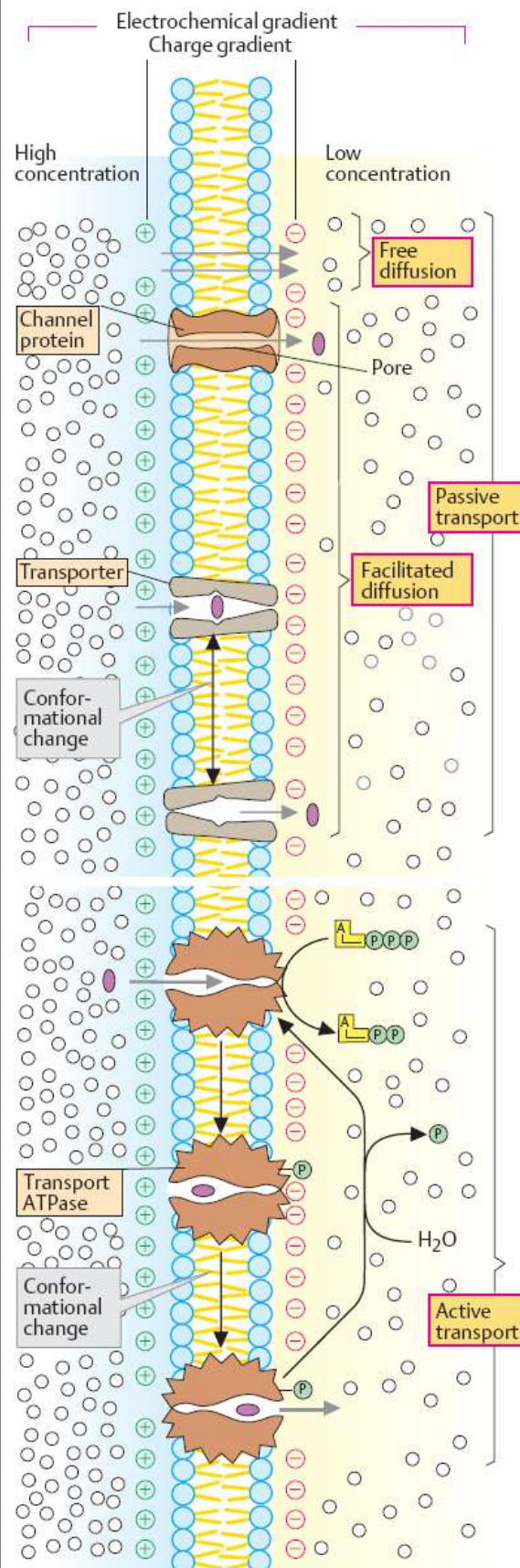
B. Metabolic functions



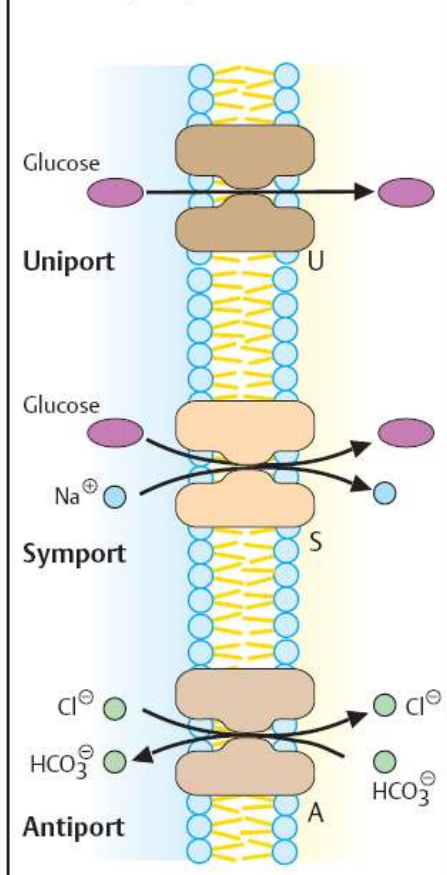
A. Permeability of membranes



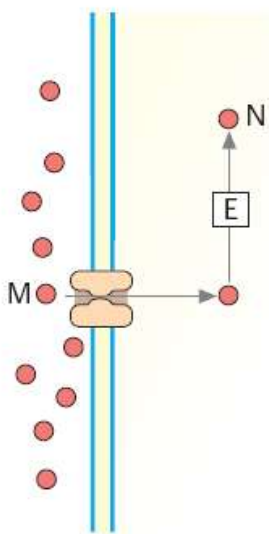
B. Passive and active transport



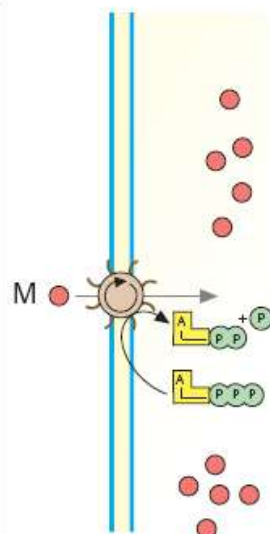
C. Transport processes



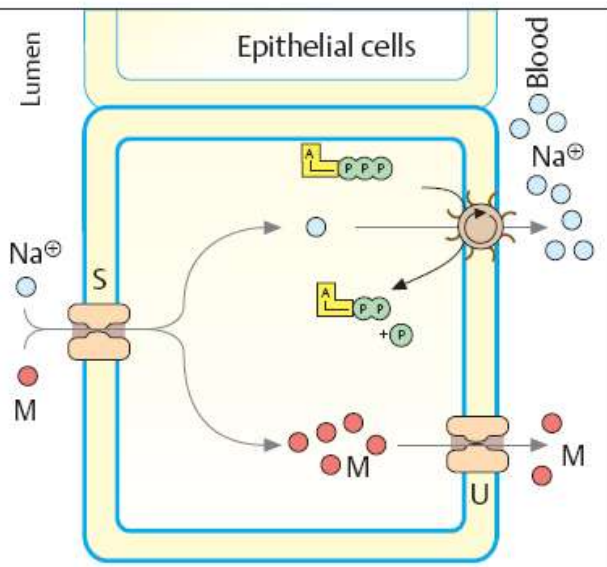
A. Transport mechanisms



1. Facilitated diffusion

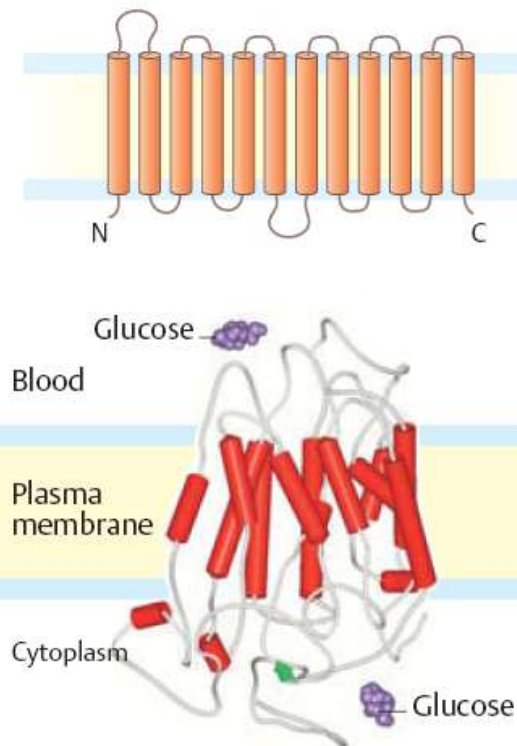


2. Active transport

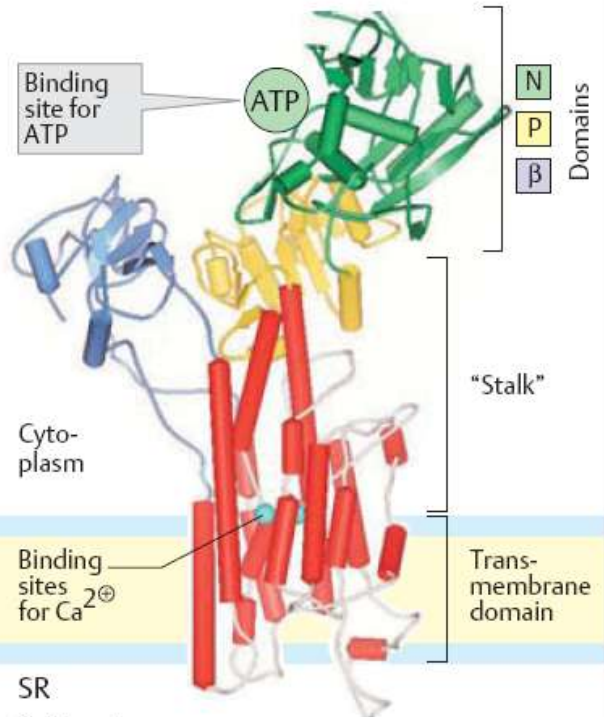


3. Secondary active transport

B. Glucose transporter Glut-1

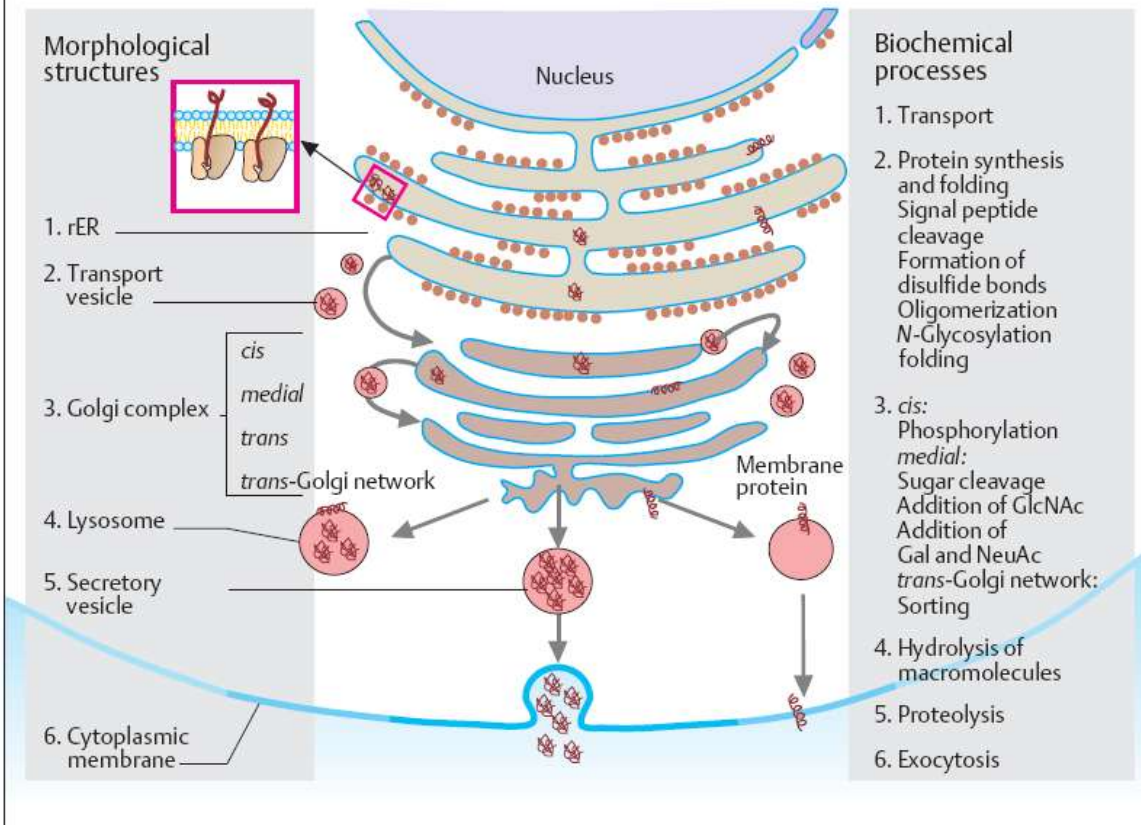


D. Sarcoplasmic Ca^{2+} pump



1. Structure

A. Rough endoplasmic reticulum and Golgi apparatus



B. Smooth endoplasmic reticulum

