

الفصل الأول الخلية

محتويات الفصل

- 1 - 1 . مقدمة .
- 1 - 2 . نظرية الخلية (Cell Theory) .
- 1 - 3 . حجم الخلية (Cell Size) .
- 1 - 4 . الخلية بدائية النواة (Prokaryotic Cell) .
- 1 - 5 . الخلية حقيقية النواة (Eukaryotic Cell) .
- 1 - 6 . الانشطة الخلوية (Cell Activities) .
- 1 - 7 . انقسام الخلية (Cell Division) .

بعد الانتهاء من دراسة الفصل الاول نأمل من الطالب ان يكون قادراً على ان :

1. يعرف الخلية ويقارن بين الخلية بدائية التواة وحقيقية التواة .
2. يبين الاسس التي استندت اليها نظرية الخلية .
3. يسمي العالمين اللذين استندت النظرية الخلوية الى عملهما .
4. يعدد ميزات الخلية بدائية التواة .
5. يعدد عضيات الخلية ويعرف كل منها .
6. يبين التركيب الكيميائي للغشاء البلازمي .
7. يقارن بين جدار الخلية والغشاء البلازمي .
8. يقارن بين وظائف جهاز كولجي في الخلية النباتية والخلية الحيوانية .
9. يعدد انواع البلاستيدات .
10. يوضح وظائف الجسيمات الحالة .
11. يحدد مكونات هيكل الخلية .
12. يقارن بين الخيوط الدقيقة والنيبيات الدقيقة في الخلية .
13. يعرف الجسيمات المركزية .
14. يعرف الجسم الحركي ويبين دوره في الانشطة الخلوية .
15. يصف المحتويات غير الحية في الخلية .
16. يعدد اجزاء التواة ويعرف كل منها .
17. يعدد انواع الخاليل تبعاً لتركيزها التناضحي .
18. يوضح مفهوم عبور المواد عبر الاغشية الخلوية .
19. يقارن بين الادخال الخلوي والاخراج الخلوي .
20. يعرف التنفس الخلوي ويقارن بين نوعيه الهوائي واللاهوائي .
21. يعرف الاحماض النووية ويبين مكوناتها .
22. يعدد انواع الانقسامات في الخلية ويعرف كل منها .
23. يشرح مراحل الانقسام الخيطي .
24. يشرح مراحل الانقسام الاختزالي ويقارنه بالانقسام الخيطي .

الخلية

1-1 مقدمة

تعد الخلية الوحدة التركيبية لجميع الكائنات الحية ، وبشكل عام هناك نوعين من الخلايا من حيث التركيب

النوع الاول : الخلية بدائية النواة (**Prokaryotic Cell**) كما هو الحال في الخلية البكتيرية التي تفتقد الغلاف او الغشاء النووي والعضيات الغشائية (**Membranous Organelles**) .

النوع الثاني : الخلية حقيقية النواة (**Eukaryotic Cell**) التي لها نواة واضحة محاطة بغلاف نووي وعضيات الخلية .

لقد كانت الخلية ومنذ امدٍ ليس بالقريب محور اهتمام كبير من قبل العديد من العلماء ، وكان لاكتشافاتهم دور كبير في نشوء وتطور علم الخلية (**Cytology**) ونعني به دراسة الخلايا . ويمكن ايجاز مراحل تطور الاكتشافات في مجال الخلية كالآتي :

أ. لم تكن الخلية معروفة قبل قيام العالم انتوني فان ليفنهوك (**Antonie Van**)

ب. توصل العالم الانكليزي روبرت هوك (**Robert Hooke 1635-1703**) الى نفس ملاحظات

ليفنهوك ، وهو اول شخص استخدم كلمة خلية (**Cell**) بعد ان قام بفحص تركيب قشرة شجر البلوط ، ووصف الوحدات الفلينية في نسيج الفلين (شكل 1-1) ، وعرف الخلية بانها ردهة هوائية تشبه تجويف خلية شمع العسل .

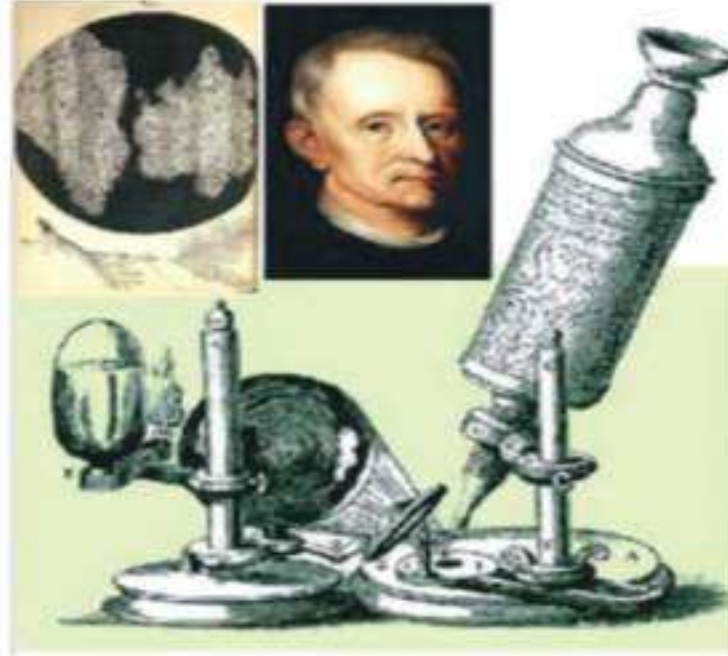
ج. اكتشف العالم الاسكتلندي روبرت براون (**Robert Brown**) عام (1831) نواة الخلية وقدم وصفاً لها .

د. توصل العالم الالماني ماثياس شلايدن (Mathias Schleiden) في العام (1838)

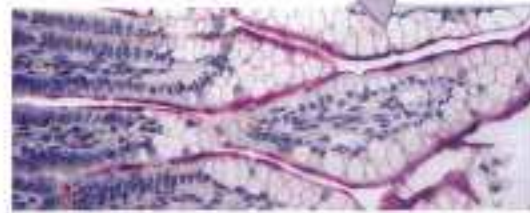
الى ان جميع النباتات تتكون من خلايا .

هـ . اعلن عالم الحيوان الالماني ثيودور شوان (Theodor Schwann) في العام (1839) ان

جميع الحيوانات تتكون من خلايا ، (شكل 1 - 2) .



شكل (1-1) مجهر روبرت هوك والخلايا القلبية التي درسها (للاطلاع) .



شكل (1-2) . الخلايا والكائنات الحية (للاطلاع) .

لقد توسعت الدراسات والابحاث في مجال علم الخلية ، لاسيما بعد تطور المجهر الضوئي وظهور

المجهر الالكتروني واصبحت دراستها فرعاً رئيساً من فروع علوم الحياة يعرف بعلم الخلية .

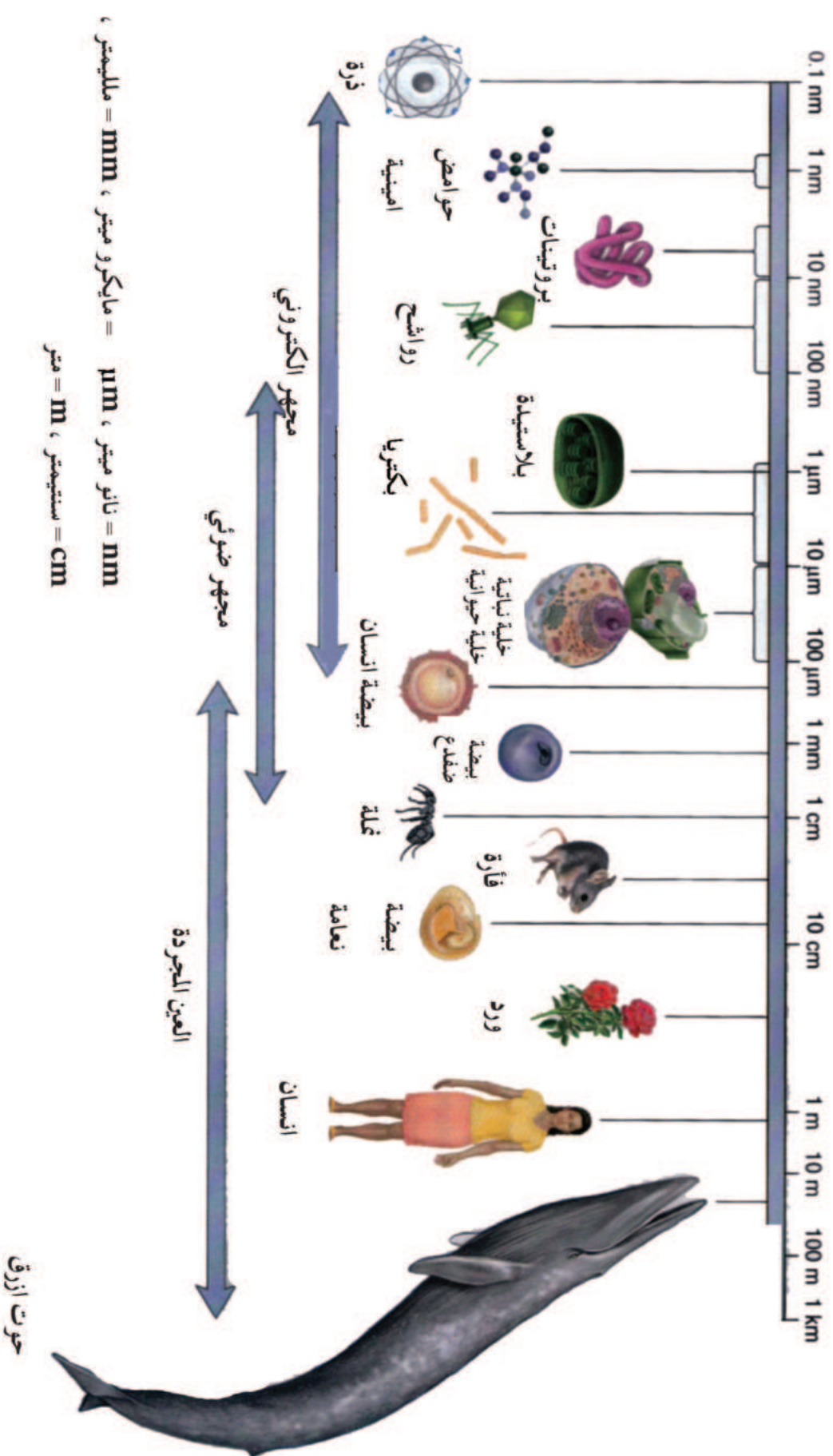
تستند نظرية الخلية الى العمل الذي قدمه كل من ماثياس شلايدن (M. Schleidin) و ثيودور شوان (T. Schwann) ويمكن ايجاز اسسها بالآتي :

- أ. جميع الكائنات الحية تتكون من خلايا .
- ب. الخلايا هي الوحدات الاساسية التركيبية والوظيفية للكائنات الحية .
- ج. الخلايا تنسج من خلايا اخرى من خلال انقسامها .

3-1. حجم الخلية (Cell Size)

تتباين الخلايا في الحجم ، وعلى سبيل المثال يصل قطر بيضة الضفدع الى (1 ملم) وهي من الكبر بحيث يمكن ان ترى بالعين المجردة ، ولكن معظم الخلايا تكون اصغر بكثير من (1 ملم) فبيضة الانسان على سبيل المثال لايتجاوز قطرها (100 مايكرومتر) وهناك من الخلايا مايكون اقل من ذلك (شكل 1 - 3) .

كما تملك الخلايا تخصصات معينة يراد منها زيادة الكفاءة في انجاز الوظائف المختلفة وسيرد ذلك في الفصل الخاص بالنمو في هذا الكتاب . نحتاج الى المجهر لنرى الخلايا والكائنات الحية المجهرية (الدقيقة) ، والخلايا يمكن ان ترى بالمجهر الضوئي ولكن تفاصيل مكوناتها وعلى سبيل المثال عضيات الخلية تحتاج الى استخدام المجهر الالكتروني لمشاهدتها وكذلك لمشاهدة الفيروسات (الرواشح) والجزيئات العضوية .



1 mm = 1000 μm ، 1 mm = 1000000 nm
 1 μm = 1000 nm ، 1 cm = 10 mm

شكل (1-3) حجور الاشياء الحية ومكوناتها (للاطلاع) .

تعد الخلية بدائية النواة أقل الخلايا تطوراً ، كونها أكثرها بدائية من حيث الشكل والتركيب وتتميز بالآتي (شكل 1-4) :

أ. لهذه الخلية نواة بدون غشاء نووي وتدعى **منطقة النواة** أو المنطقة النووية (Nucleoid)

ب. لا يحوي سايتوبلازم الخلية بدائية النواة عضيات غشائية كاجسام كولجي (Golgi Bodies) والميتوكوندريا (Mitochondria) ، الا انه يحوي رايبوسومات تظهر بهيئة حبيبات صغيرة كثيرة العدد تقوم ببناء البروتينات .

ج. تتمثل الخلية بدائية النواة بالطحالب الخضراء المزرقة (Blue Green Algae) ، والبكتيريا (Bacteria) ، والمايكوبلازما (Mycoplasma) ، وجميعها تتبع مملكة الاوليات (Monera) .



تمثل كل خلية بكتيرية كائناً بدائياً النواة ، ويحيط بها جدار صلب مؤلف من مركبات كيميائية (البروتين والدهون وعديد السكريد) ، والى الداخل من هذا الجدار الصلب يوجد الغشاء البلازمي (Plasma Membrane) ، وهو غشاء نصف ناضح يحيط بالسايٲوبلازم الذي يحوي المنطقة النووية (Nucleoid) ، حيث ينعدم الغلاف النووي والنوية على خلاف ما هو موجود في الخلايا حقيقية النواة ، كما يحوي السايٲوبلازم على الرايبوسومات وقد تمتلك بعض انواع البكتيريا المتحركة اسواط (Flagella) (شكل 1-4) و (جدول 1-1) .

شكل (1-4) :

خلية بدائية النواة (البكتيريا) وتوضح فيها المنطقة النووية التي تعد موقع ال DNA

التركيب	المظهر العام
1. غلاف الخلية .	- جدار الخلية - غشاء بلازمي
2. الساييتوبلازم .	- منطقة نووية . - رايبوسومات .
3. اللواحق .	- الاسواط (Flagella) . - الاهداب (Fimbriae) . - اهلاب جنسية (Sex pili) .



5-1. الخلية حقيقية النواة (Eukaryotic Cell)

وهي الخلية التي تمتلك نواة حقيقية ، وتوجد في ممالك (عوالم) الطليعات (**Protesta**) والفطريات (**Fungi**) والنباتات (**Plantae**) والحيوانات (**Animalia**) .
تختلف الخلايا حقيقية النوى من حيث الشكل فلبعضها اشكال ثابتة منها الكروية والهرمية والانبوبية والمكعبة والعمودية والبيضوية والمسطحة والنجمية والمغزلية ... الخ .
وللبعض الآخر شكل غير ثابت حيث يتغير من حين لآخر كالاميبا مثلاً ، ويمكن ان يعزى التغير في الشكل الى الوظيفة التي تقوم بها الخلايا فغالباً مايكون للخلايا شكل يلائم الوظيفة التي تؤديها واغلب الخلايا حقيقية النوى صغيرة ، وتحتاج الى استخدام مجهر لرؤيتها الا انها من دون شك اكبر حجماً من الخلايا بدائية النوى وعموماً تحتاج الخلية الى مساحة سطحية (**الغشاء البلازمي**) لتستطيع من خلالها القيام بعملية تبادل المواد مع محيطها بشكل ملائم .

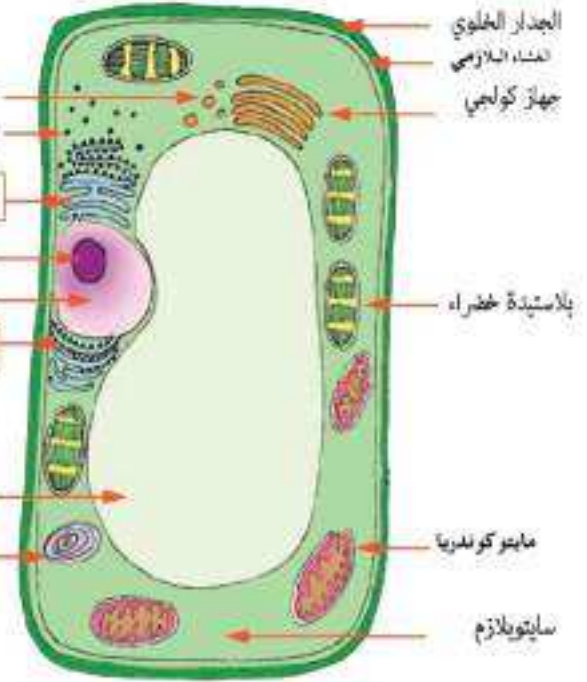
تتألف الخلايا حقيقية النوى (شكل 1-5 و 1-6) من ثلاث مكونات رئيسية هي:

أ. جدار الخلية والغشاء البلازمي في الخلية النباتية (Cell Wall and Plasma Membrane)

والغشاء البلازمي فقط في الخلية الحيوانية حيث أنها لا تحتوي على جدار خلوي.

ب. السايوبلازم (Cytoplasm)

ج. النواة (Nucleus)



(أ) رسم تحفظي (لحفظ)

شكل (1-5). الخلية النباتية

1-5-1. جدار الخلية والغشاء البلازمي

أ. جدار الخلية (Cell Wall)

يقنصر وجود جدار الخلية على الخلايا النباتية فقط وهو يمثل بجدار خارجي سميك يحيط بمكونات الخلية

ويغطي الغشاء البلازمي الذي يقع الى الداخل منه ، وجدار الخلية يحقق حماية واسناد للغشاء البلازمي

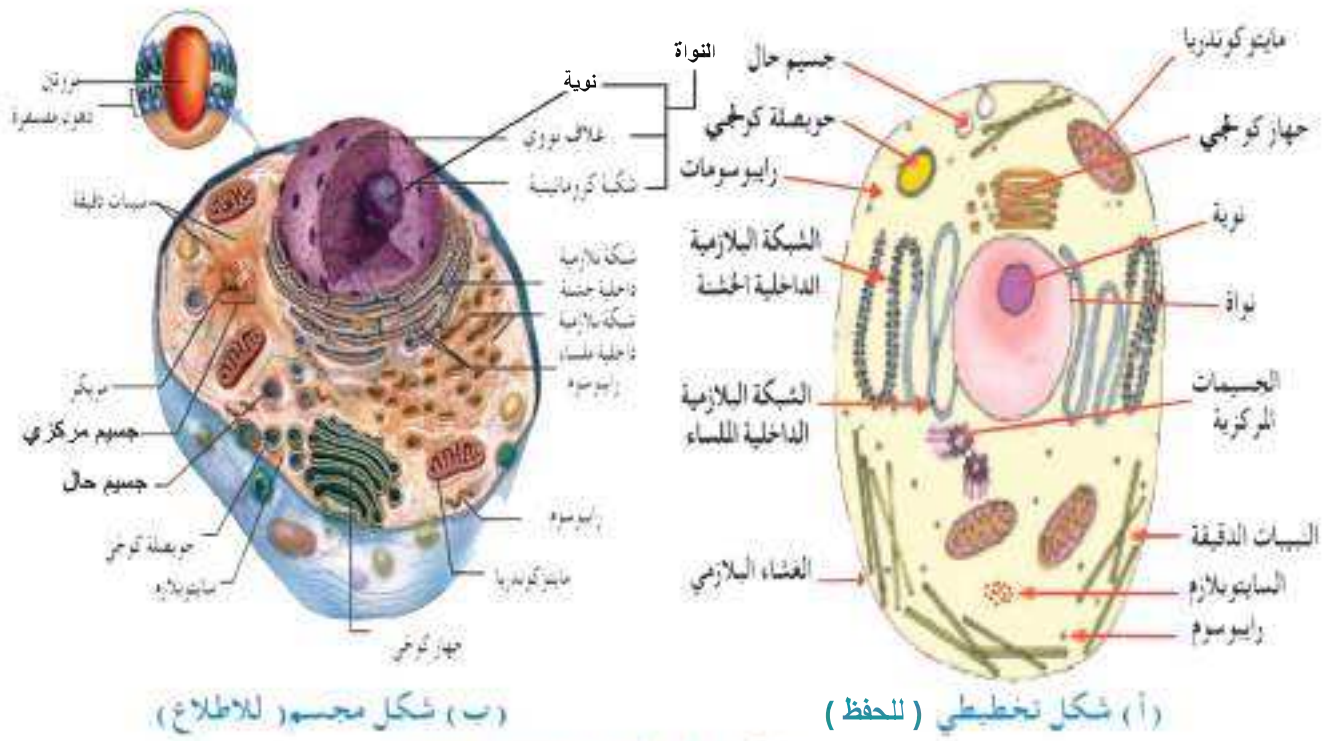
والسايوبلازم (شكل 1-5).

يتركب جدار الخلية من ثلاث طبقات هي :

= الصفائح الوسطى (Middle Lamella)

= الجدار الابتدائي (Primary Wall)

= الجدار الثانوي (Secondary Wall)



(ب) شكل مجسم (للاطلاع)

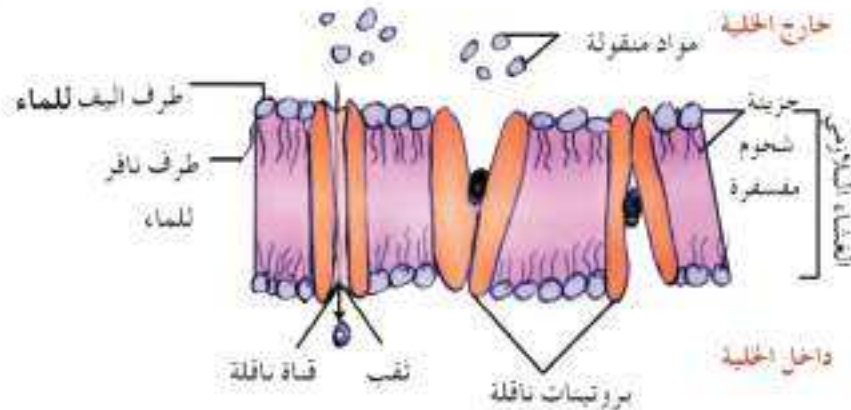
(أ) شكل تخطيطي (للحفظ)

شكل (1-6) . خلية حيوانية .

وكيميائيا يتركب جدار الخلية من مادة السيليلوز (Cellulose) في الخلايا الفتية ويتشخن بأضافة الحشيين (اللكتين - lignin) في الخلايا المتقدمة في العمر .

ب - الغشاء البلازمي (plasma Membrane)

وهو غشاء خلوي يحيط بالسايوبلازم في الخلايا بدائية النوى وحقيقية النوى ويتمثل بغشاء رقيق مرن ونصف ناضج وهو لا يرى بالمجهر الضوئي الا انه يمكن رؤيته بالمجهر الالكتروني يتركب الغشاء البلازمي كيميائيا من طبقتين رقيقتين من جزيئات الدهون المفسفرة (Phospholipids) ذات طرف اليف (محب) للماء وطرف نافر للماء وتخلل الطبقتين جزيئات بروتينية تسمح او تتحكم بمرور المواد (شكل 1-7) .



(شكل 1-7) . تركيب الغشاء البلازمي في الخلية حقيقية النواة .

يمثل السايٲوبلازم جزء الخلية الذي يقع بين العشاء البلازمي والنواة ،وهو مادة معقدة يشكل الماء (80%) من مكوناته ، والبروتينات (15%) وما تبقى (5%) يتمثل بالشحوم والسكريات واملاح متنوعة .

يحتوي السايٲوبلازم العديد من العضيات الخلوية التي تمثل التراكيب الحية في السايٲوبلازم كما يحتوي على مكونات غير حية مثلة بجسيمات تتكون نتيجة لنشاط عضيات الخلية .

اولاً :العضيات الحية :

(1) الشبكة البلازمية الداخلية (Endoplasmic Reticulum)

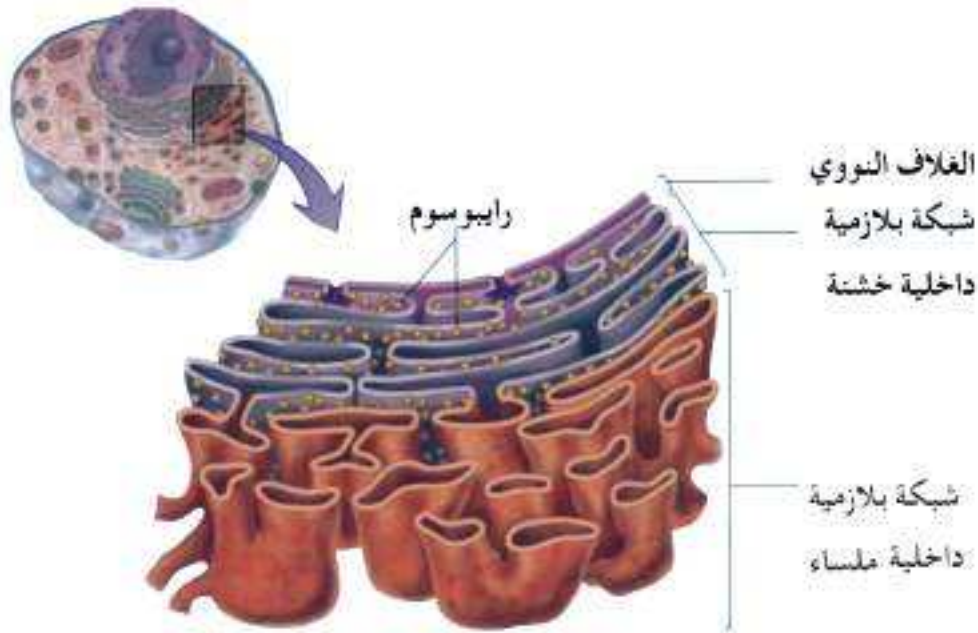
تتمثل الشبكة البلازمية بنظام شبكي مترابط من نبيبات وحويصلات ، ترتبط بالغشاء البلازمي في مناطق معينة ومع الغشاء النووي في مناطق اخرى (شكل 1- 8) . تمثل الشبكة البلازمية الداخلية موقعا لصنع الدهون والكاربوهدرات والبروتينات . وقد اكتسبت الشبكة البلازمية الداخلية اسمها نتيجة لتفرعاتها وتشابكاتها مع بعضها ، ويمكن تقسيم الشبكة البلازمية الداخلية الى نوعين هما :

أ الشبكية البلازمية الداخلية الخشنة (Rough Endoplasmic Reticulum)

يمتاز هذا النوع من الشبكية البلازمية الداخلية بوجود الرايبوسومات على سطوح نسيباتها مما يعطيها مظهراً خشناً أو حبيبياً ، ولهذا النوع دور فعال في بناء البروتينات ، وهي تعمل على نقل المواد داخل الخلية ، وبشكل خاص الى اجسام كولي ، كما تعمل كشبكة هيكلية للمادة البنية السايوبلازمية .

ب الشبكية البلازمية الداخلية الملساء (Smooth Endoplasmic Reticulum)

تختلف الشبكية البلازمية الداخلية الملساء عن الخشنة بخلوها من الرايبوسومات ولذا تكون اغشيتها ملساء وهي كما هو الحال في الشبكية البلازمية الداخلية الخشنة تعمل على نقل المواد داخل الخلية وكشبكية هيكلية للمادة البنية السايوبلازمية ، وتقوم الشبكية الملساء بدور مهم في ازالة التأثير السمي لبعض السموم والادوية المخدرة ، وهي تمثل مواضع لبناء وتجمع الشحوم لغرض تخزينها ولذلك فهي تكثر في خلايا المبايض والخصى والغدتين الكظريتين حيث تقوم بأفراز الهرمونات الستيرويدية .



شكل (1-8) الشبكية البلازمية الداخلية الخشنة واللساء وموقعها ضمن الخلية (للاطلاع) .

(2) جهاز كولي (Golgi Apparatus)

يعد جهاز كولي جهازاً افرازياً خلويًا ، وقد وصفه لأول مرة ومن خلال دراسة الخلايا العصبية العالم كولي (Golgi) في العام (1898) . يمثل جهاز كولي موقعاً خاصاً في السايوبلازم بين النواة والغشاء البلازمي ومن الصعوبة تمييز حدوده بشكل دقيق ، وهو يختلف في الشكل والحجم من خلية الى اخرى .

يتألف جهاز كوجلي من ثلاث ردهات محددة بأغشية ملساء ، الاولى تتمثل بعدد (3-10) من الاكياس المسطحة التي يطلق عليها الصهاريج (Cisternae) ، والثانية عبارة عن حويصلات (Vesicles) ، والثالثة مؤلفة من فجوات (Vacuoles) كبيرة (شكل 1-9) ، وجهاز كوجلي يخلو من الرايوسومات . يطلق على جهاز كوجلي في الخلية النباتية اسم الدكتيوسوم (Dictyosome) ، وهو يقوم ببناء السليلوز وبعض مكونات الجدار الخلوي في الخلية النباتية .

وفي الخلايا الحيوانية ينجز جهاز كوجلي عدداً من الوظائف منها

- بناء وافراز السكريات المعقدة .
- افراز البروتين الذي يحصل عليه من الشبكة البلازمية الداخلية اي انه لا يصنع البروتين .
- افراز العديد من المواد مثل الهرمونات والانزيمات وغيرها .



شكل (1-9) :

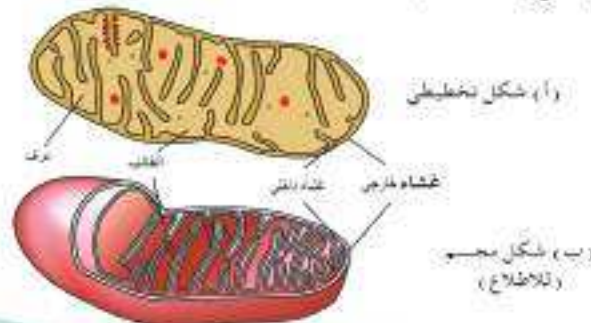
تركيب جهاز كوجلي وموقعه ضمن الخلية

(للاطلاع)

(3) المايتركوندريا (Mitochondria) :

المايتركوندريا تراكيب كروية او خيطية عرضها (0.5 - 1) مايكرومتر وطولها قد يصل (10) مايكرومتر ويختلف توزيعها ضمن الخلايا المختلفة . توجد المايتركوندريا في جميع الخلايا حقيقية النواة ، وهي تنبأين في حجمها بحسب الخلايا التي توجد فيها . تحاط المايتركوندريا بغشاء مزدوج (ثنائي الطبقات) ، والطبقة الداخلية منه تظهر عدة انشاءات وانطواءات تتخذ اشكالاً واتجاهات مختلفة ، وتعرف هذه التراكيب بالاعراف (Cristae) ، وهي تزيد المساحة السطحية للطبقة الداخلية لغشاء المايتركوندريا (شكل 1-10) .

تعرف المايتركوندريا ببيوت الطاقة في الخلية لما لها من علاقة بانتاج معظم جزيئات الاديوسمين ثلاثي الفوسفات (ATP) ذات الطاقة العالية ، وعليه فان الوظيفة الرئيسية للمايتركوندريا هي التنفس الخلوي ، وذلك لاحتوائها على الانزيمات التنفسية .



(10-1) تركيب المايتركوندريا

(4) البلاستيدات (Plastids) .

عضيات خلوية توجد في سايتوبلازم الخلايا النباتية (شكل 1-5) ، وتظهر بأشكال واحجام واللون مختلفة ، فمنها البيضوي والكاسي والخلزوني والنجمي وغير ذلك وتكون البلاستيدات على ثلاثة انواع :

أ - البلاستيدات الملونة : التي تحوي صبغات مختلفة تعطي اللون الازهار والثمار .

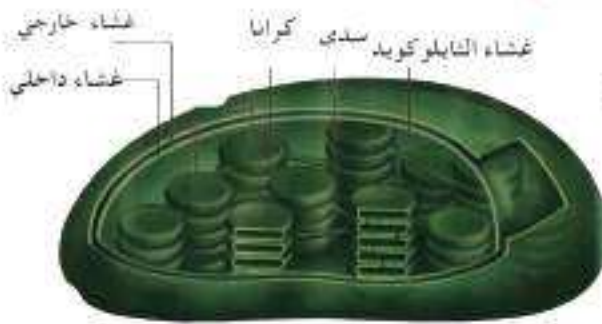
ب - البلاستيدات عديمة اللون : تشكل مراكز لتحويل سكر الكلوكوز الى سكريات متعددة مثل النشاء او الى شحوم وبروتينات ، فبياض البطاطا على سبيل المثال ناتج عن وجود بلاستيدات عديمة اللون بكميات كبيرة وملينة بالنشاء .

ج - البلاستيدات الخضراء : هي البلاستيدات الشائعة في النباتات .

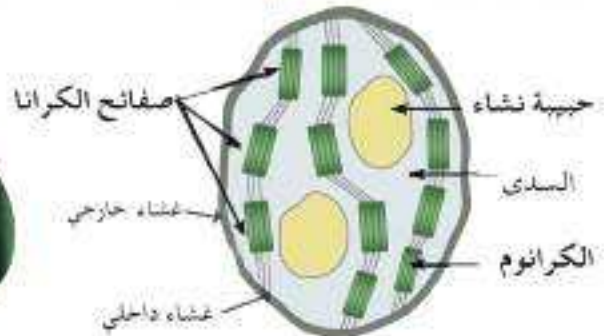
تحاط البلاستيدة الخضراء بغشاء مزدوج ، ويوجد داخل الغشاء تركيبان مهمان هما البذيرة او الكرانوم (Granum) وجمعها كراننا (Grana) ، والسدى او الحشوة (Stroma) (شكل 1-11) ، السدى هو المادة السائلة الشفافة التي تملأ الفسحة الداخلية للبلاستيدة ، وتحوي داخلها الكراننا التي تحوي الكلوروفيل . ويمكن ايجاز وظائف البلاستيدات الخضراء في كونها تساهم في عملية البناء الضوئي حيث تحتاج هذه العملية الى صبغات تتمكن من اقتناص الطاقة الشمسية ، وانزيمات تستطيع تكوين الكربوهيدرات وهذه الصبغات (الكلوروفيل على سبيل المثال) موجودة على اغشية الكراننا ، ووجود الانزيمات التي تختزل ثنائي اوكسيد للكربون (CO_2) في السدى يسهل على البلاستيدات الخضراء القيام بعملية البناء الضوئي

(Photosynthesis)

غشاء الثايلويد كويد : تركيب كيسي القرصي الشكل يتكون من الغشاء الداخلي للبلاستيدة يحوي كلوروفيل وانزيمات تساهم في انجاز عملية البناء الضوئي .



(ب) شكل مجسم (للاطلاع)



(أ) شكل تخطيطي (للحفظ)

شكل (1-11)

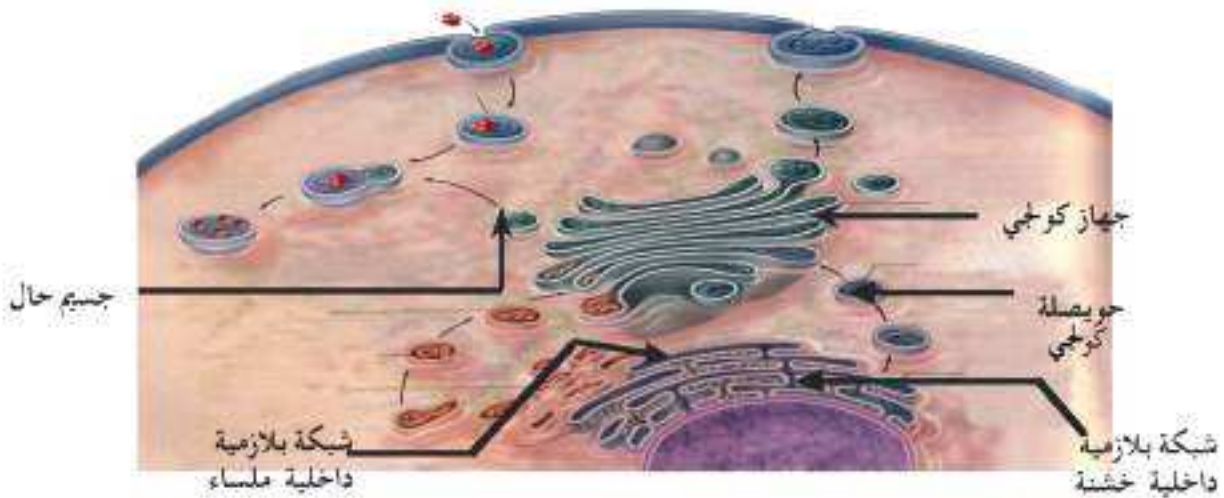
تركيب البلاستيدة الخضراء

(5) الجسيمات الحالة (Lysosomes) .

هي حويصلات محاطة بغشاء احادي الطبقة ، وتحتوي اعداداً كبيرة من الانزيمات المحللة (اكثر من 40 انزيم) تكون مسؤولة عن عملية الهضم داخل الخلية . وتوجد الجسيمات الحالة في جميع الخلايا تقريباً وبشكل خاص الخلايا التي تتميز بقابلية البلعمة (**Phagocytosis**) ، مثل خلايا الدم البيض العدلة (**Neutrophils**) (شكل 1-12) .

تنجز الجسيمات الحالة العديد من الوظائف الخلوية منها :

- أ. تخلص سايتوبلازم الخلية من بعض الدقائق الغذائية وقطع المايتركوندريا والاحياء المجهرية وغير ذلك من الشوائب .
- ب. تؤدي الجسيمات الحالة دوراً مهماً في عملية التحول الشكلي (**Metamorphosis**) في الحيوانات وعلى سبيل المثال اختفاء ذنب دعاميص (يرقات) الضفادع عند تحولها الى ضفادع بالغة ، ويتم هذه العملية من خلال تحرر الانزيمات من الجسيمات الحالة الى سايتوبلازم الخلية وينتج عن ذلك هضم محتويات السايتوبلازم من الجزيئات الكبيرة وبالتالي موت الخلية ، بعملية يطلق عليها التحلل الذاتي (**Autolysis**) ، وتسهم هذه العملية في تحلل اجسام الكائنات الحية بعد موتها .
- ج. تعمل على تحطيم الخلايا المكونة لها ، عند موت الكائن الحي .
- د. تدوير العناصر في الطبيعة من خلال عملية التحلل الذاتي .



شكل (1-12) . الجسيمات الحالة وموقعها في الخلية (للاطلاع) .

(6) هيكل الخلية (Cytoskeleton) .

للخلايا حقيقية النوى جهاز مميز من الخيوط الدقيقة والنيبيات التي تكون هيكل الخلية ، وهذه تعطي دعامة للخلية ، وتحافظ على شكلها ، ويستعمل هذا الجهاز من قبل العديد من الخلايا كوسائل حركة وانتقال للعضيات داخل الخلية ويتكون من التراكيب الآتية :

أ . الخيوط الدقيقة (Microfilaments) .

هي تراكيب رقيقة ومستقيمة لوحظت لأول مرة بوضوح في الخلايا العضلية ، وهي تتمثل بخيوط الاكتين المكونة من بروتين الاكتين وخيوط المايوسين وهي الاخرى مكونة من بروتين المايوسين وكلا النوعين مسؤول عن قدرة الخلية في التقلص والانبساط .

ب . النيبيات الدقيقة (Microtubules) .

هي اكبر من الخيوط الدقيقة وتتمثل بتراكيب انبوبية مكونة من بروتين يدعى تيوبولين (Tubulin) وللنيبيات الدقيقة دوراً حيوياً في حركة الكروموسومات اثناء انقسام الخلية وتعد مهمة بالنسبة للهيكل الخلوي ، والتنظيم وانتقال المواد ، فضلاً عن كونها تكون اجزاء اساسية في تركيب الاهداب والاسواط . والنيبيات الدقيقة التي توجد في سايتوبلازم الخلايا الحيوانية عادة وفي بعض الاحياء الواطئة مثل الطحالب والفطريات ، تقع بالقرب من النواة ، وتشكل الجسيمات المركزية (Centrosomes) .

ج - الجسيمات المركزية (Centrosomes) .

يحتوي الجسيم المركزي على زوج من المريكزات (Centrioles) عادة (شكل 1 - 13) وكل منهما يمثل اسطوانة مكونة من تسع مجاميع وتحتوي المجموعة الواحدة على ثلاثة نيبيات دقيقة .

(8) الفجوات (Vacuoles) .

هي اكياس غشائية (Memberanous Sacs) توجد ضمن سايتوبلازم الخلية والفجوات في بعض الطليعيات (Protists) تكون متخصصة ، فهي تتمثل بفجوات متقلصة (Contractile Vacuoles) تعمل على تخليص الخلية من الماء الزائد عن الحاجة مع بعض المواد الابرازية الذائبة كما هو الحال في الاميبا والبراميسيوم ، كما توجد فجوات غذائية تتكون وقتياً من خلال احاطة المواد الغذائية بغشاء من الكائن الحي ، ويهضم الغذاء داخل هذه الفجوات من خلال انزيمات تفرزها الجسيمات الحالة الى داخل الفجوة . اما في الخلايا النباتية فأن الفجوات تكون اكثر وضوحاً مما في الخلايا الحيوانية ، وهي صغيرة في الخلايا الفتية وواسعة في الخلايا الناضجة ، وتحتوي على عصير لمواد مختلفة بصورة ذائبة بشكل محلول يعرف بالعصير الخلوي (Cell Sap) .

ثانياً : اختويات غير الحية للخلية

هي عادة مكونات مؤقتة في السايتوبلازم يطلق عليها بالمخلفات السايتوبلازمية (Cytoplasmic Deposit) وتتكون هذه المخلفات بشكل رئيس من مواد ايضية او مخلفات متراكمة ذات طبيعة مختلفة ، توجد بعدة اشكال منها .

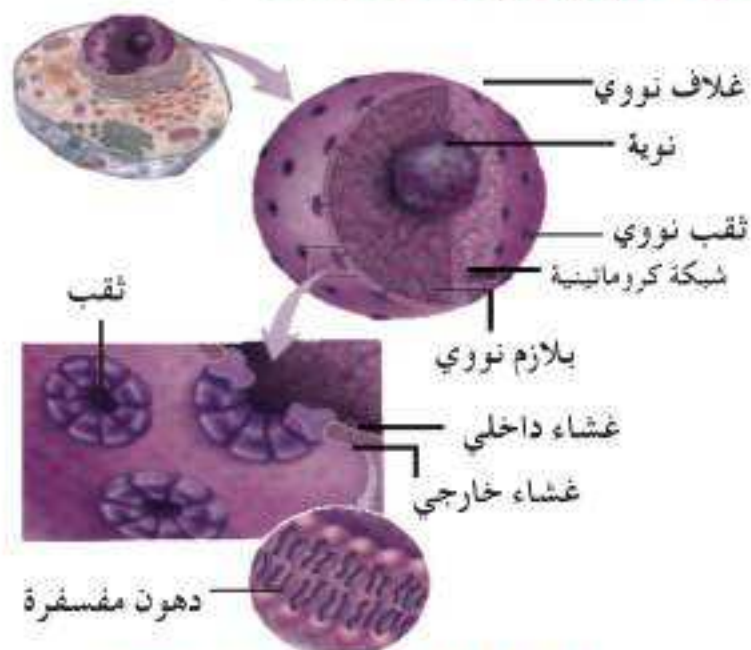
1. القطيرات الدهنية (Lipid Droplets) في خلايا النسيج الدهني وخلايا الكبد .
2. التجمعات الكربوهيدراتية التي تتمثل بالكلايكوجين (Glycogen) ، كما تتضح في خلايا الكبد .
3. البروتينات التي تخزن في الخلايا الغدية بشكل حبيبات افرازية (Secretory granules) ، وتتحلل هذه الحبيبات بشكل دوري الى السائل خارج الخلايا .
4. مخلفات المواد الملونة او الصبغات (Pigments) اذ تقوم الخلايا بصنع هذه الصبغات كما هو الحال في خلايا الجلد .
5. الانزيمات والهورمونات وبعض انواع الفيتامينات وهذه تأخذ اشكالاً حبيبية كروية او بيضوية وتكون محاطة بغشاء كما هو الحال في الحبيبات الافرازية العصبية .

1 - 5 - 3 . النواة (Nucleus)

تمثل النواة اهم مكونات الخلية في الكائنات الحية ويعد وجودها اساسي للحياة حيث ان بقاء الخلية يعتمد على المبادلات الايضية المختلفة التي تتم بين النواة والسايتوبلازم ، والخلية التي تفقد نواتها تعيش لفترة قصيرة ثم تتحلل كما هو الحال في خلايا الدم الحمراء الناضجة .

تظهر نوى الخلايا تبايناً في أشكالها وهذا التباين ذو صلة بشكل الخلية وهي قد تكون كروية أو بيضوية أو مفصصة أو غير منتظمة الشكل كما هو الحال في خلايا الدم البيض .
 تمثل النواة أكبر عضية متميزة داخل الخلية ويختلف حجم النواة باختلاف الخلايا ويكون لحجمها علاقة بحجم الساييتوبلازم والغالبية العظمى من الخلايا تكون وحيدة النواة ، ولكن توجد حالات تكون فيها الخلايا ثنائية النواة كما هو الحال في خلايا الغضروف والكبد والأنسجة العضلية .
 تتخذ النواة موقعاً مركزياً في الخلايا الجنسية ، وتتخذ موقعاً جانبياً أو محيطياً في بعض الخلايا الإفرازية كالخلايا الدهنية أو المخاطية .

تتألف النواة (شكل 1-15) من الأجزاء أو التراكيب الآتية :



شكل (1-15) ، تركيب النواة (للاطلاع) .

1. الغلاف النووي (Nuclear Envelope) .

هو غشاء رقيق ثنائي الطبقة ، يحدد النواة وله خواصه الفيزيائية والكيميائية وهو ينظم تبادل المواد بين النواة والساييتوبلازم لاحتوائه ثقب دقيقة يمر من خلالها بعض جزيئات المواد ، ويمتاز الغشاء النووي بخاصية النفاذية الاختيارية . ويوجد هذا الغشاء محيطاً بمحتويات النواة في جميع الخلايا فيما عدا البكتيريا والطحالب الخضراء المزرقة (بدائية النواة) حيث لا تمتلك نواة بل مادة نووية .

2. البلازم النووي (Nucleoplasm) .

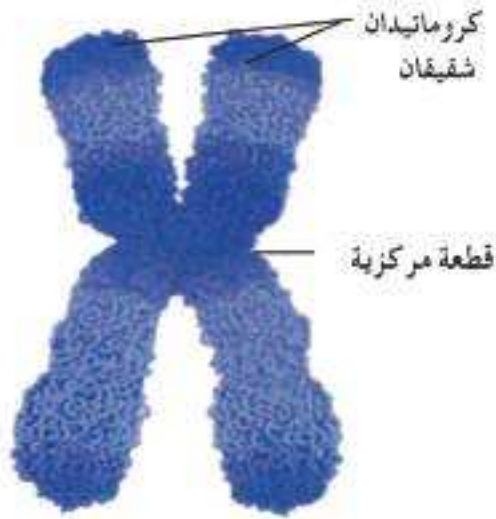
هو سائل هلامي عديم اللون يملأ النواة وتوزع فيه اختريبات النووية والمتمثلة بالنوية والشبكة الكروماتينية .

3 . النوية (Nucleolus) .

تحتوي النواة نوية واحدة أو أكثر ، وعلى سبيل المثال تحوي نواة خلية البصل أربع نويات . وتبدو النوية بشكل تركيب كروي داخل النواة كبيرة الحجم نسبياً ، وهي تتكون من البروتين والحمض النووي الرايبى (RNA) ، وللنوية دوراً هام في تكوين الرايبوسومات التي يتم فيها تكوين البروتينات .

4 . الشبكة الكروماتينية (Chromatine Network) .

تظهر الشبكة الكروماتينية بشكل تراكيبي خيطية متداخلة غير منتظمة الشكل ، وتنضج خيوط الشبكة



شكل (1-16) . الكروموسوم .

الكروماتينية أثناء الانقسام الخلوي مكونة عدداً محدداً من التراكيب العصبية في الغالب وتعرف بالكروموسومات (Chromosomes) وهي تحمل الجينات (المورثات) التي يتم بواسطتها نقل الصفات الوراثية من جيل الى آخر ، ولذا اكتسبت الكروموسومات أهمية كبرى بسبب الدور الاساسي الذي تلعبه في الوراثة والتكاثر والتباين والطفرات وغيرها .

يمكن رؤية الكروموسومات فقط عند انقسام الخلية ويختلف عدد الكروموسومات في الانواع المختلفة من الاحياء اذ ان لكل نوع عدداً ثابتاً من الكروموسومات ففي خلايا دودة الاسكارس هناك كروموسومان فقط وقد يصل عدد الكروموسومات في خلايا الفراشة الاسبانية الى (380)

كروموسوم ، وهناك (12) كروموسوم في الذبابة المنزلية و (26) في الضفدع و (80) في الحمامة وفي الحصان يكون العدد (64) كروموسوماً اما في الانسان فيكون العدد (46) كروموسوماً . ولابد من الاشارة الى ان هذه الاعداد تمثل اعداد الكروموسومات في الخلايا الجسدية وان اعدادها في الامشاج او الخلايا الجنسية يكون نصف العدد اي ان بويضة الانسان او النطفة تحتوي (23) كروموسوماً في حين يكون العدد في الخلايا الجسدية ($46 = 2 \times 23$) وهو ناتج من اندماج نواة خلية البويضة بنواة النطفة وللكروموسومات في كل نوع من انواع الكائنات الحية شكل وحجم ثابت ويتراوح طول الكروموسوم بين (0.2 - 50) مايكروميتر وعلى سبيل المثال يصل طوله في الانسان من (4 - 6) مايكروميتر (شكل 1-16) .

مقارنة بين الخلية الحيوانية والنباتية :

تظهر الخلايا النباتية والحيوانية بعض جوانب الاختلاف فيما بينها، والجدول (1-2) يوضح أهم جوانب الاختلاف والتشابه بين الخلايا النباتية والحيوانية من الناحية التركيبية .

جدول (1 - 2) . مقارنة بين الخلية النباتية والخلية الحيوانية

الخلية الحيوانية	الخلية النباتية	الصفة
يكون على هيئة غشاء بلازمي رقيق .	يكون على هيئة غشاء بلازمي رقيق ، بالإضافة الى جدار سيليلوزي سميك يحوي الخشبين او اللكئين احياناً مما يعطي الخلية شكلاً ثابتاً .	1. الغلاف الخلوي .
لا توجد بلاستيدات .	توجد بلاستيدات خضراء ترتبط غالباً بالتمثيل الضوئي ، ويوجد منها عديمة اللون او البيضاء وتلك ذات الالوان المختلفة .	2. البلاستيدات .
توجد في معظم الخلايا الحيوانية ولها دور في انقسام الخلية .	لا توجد جسيمات مركزية الا في بعض النباتات البدائية .	3. الجسيمات المركزية
كبيرة العدد ، صغيرة الحجم ، منتشرة في السيتوبلازم .	قليلة العدد ، كبيرة الحجم ، وقد تشغل معظم حجم الخلية النباتية البالغة .	4. الفجوات الخلوية .
عند انقسام الخلية يحصل تخرص في السيتوبلازم يمتد من الخارج نحو الداخل .	عند انقسام الخلية تتكون الصفيحة الخلوية التي تنمو من المركز الى الخارج حيث يكوئها بروتوبلاست الخلية .	5. انقسام الخلية .

6-1. الأنشطة الخلوية (Cell Activities)

تتجزأ الخلايا الحية نباتية كانت أم حيوانية العديد من الأنشطة تنعكس مظاهرها على نشاط الكائن الحي ، ولعل أهم هذه الأنشطة ما يأتي :

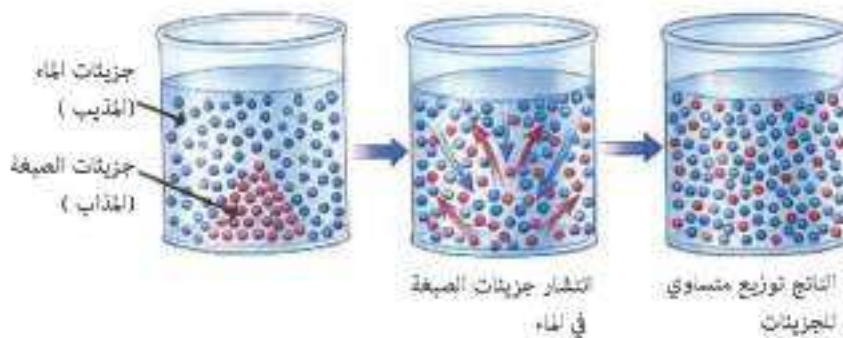
أولاً : عبور المواد عبر الأغشية .

تعد عملية عبور المواد إلى الخلية وخارجها من العمليات الخلوية الأساسية التي تنظم الفعاليات الوظيفية الخلوية ، إذ يتحدد بموجبها تنظيم خروج المواد الأخرائية والماء من الخلية ولا يخفى مال هذا من أهمية في حفظ واستمرار العمليات الحيوية للخلية وبناء المواد الحية فيها ويتم العبور بطرق مختلفة منها :

(1) الانتشار (Diffusion) .

يعرف الانتشار بأنه حركة الأيونات والجزيئات خلال وسط معين من المناطق ذات التركيز العالي إلى المناطق ذات التركيز الواطئ .

وكقاعدة فإن الغازات مثل الأوكسجين وثنائي أوكسيد الكربون ، والمواد القابلة للذوبان في الدهون مثل الهيدروكربونات والكحولات هي المواد المذابة التي يمكنها الانتشار عبر الأغشية الحيوية (غشاء الخلية) بحرية تامة . ويمكن ملاحظة ظاهرة الانتشار بالعين المجردة من خلال وضع بلورات لكبريتات النحاس أو برمنغنات البوتاسيوم في إناء زجاجي يحوي ماء ، فسوف نلاحظ انتشار المادة الملونة الناتجة من ذوبان البلورات أعلاه في الماء حيث تنتشر المادة الملونة عبر مسافات قصيرة بينما يقل انتشارها عبر المسافات الطويلة وهذا يعود إلى أن المسافة التي تقطعها الجزيئات المنتشرة تناسب طردياً مع زمن الانتشار ، ومع مرور الوقت فإن المادة سوف تنتشر في كل أجزاء الماء في الإناء الزجاجي ، (شكل 1-17) .



شكل (1-17) عملية الانتشار

(2) النفاذية (Permeability) .

تمثل ظاهرة تبادل المواد بين الخلية ومحيطها عبر الغشاء البلازمي حيث تستطيع الخلية ان تمتص المواد الغذائية اذا وجدت في وسط غذائي مناسب ، ولكن مجرد وجود المواد الغذائية خارج الخلية لايعني بالضرورة انه بإمكان الخلية استغلالها فعلى هذه المواد ان تمر أولاً خلال الغشاء البلازمي كما يجب ان تتميز بذوبانها في الماء بدرجة معينة حتى يمكنها العبور خلال هذا الغشاء ، وبالمثل لابد ان تتميز النواتج الاخراجية ومواد الفضلات بذوبانها في الساييتوبلازم حتى تستطيع العبور الى خارج الخلية . وبشكل عام يمكن ان تصنف الاغشية تبعاً لقدرتها على نفاذية المواد الى :

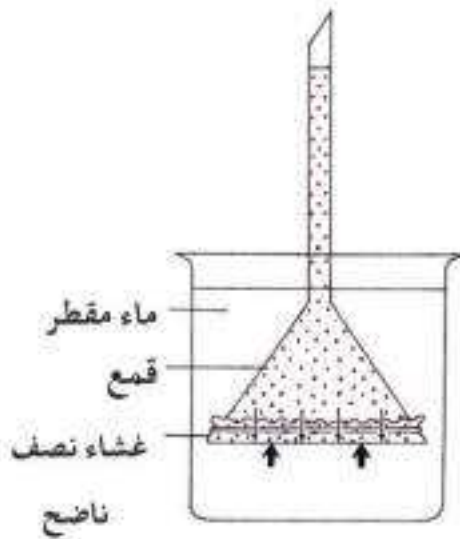
- = اغشية ذات نفاذية تامة وهي التي تنفذ المواد من خلالها بغض النظر عن طبيعتها او حجم جزيئاتها كما في الجدار الخلوي .
- = اغشية شبه نفاذة (Semi Permeable) وهذه لا تسمح بعبور الذائبات بنفس معدلات عبور المذيبات .
- = اغشية ذات نفاذية اختيارية (Selectively Permeable) وهي تسمح بعبور المواد اختيارياً تبعاً لحجم جزيئاتها مثل الغشاء البلازمي .
- = اغشية غير نفاذة مثل اغشية النايلون . ولابد من الاشارة الى أن نفاذية الغشاء البلازمي تتأثر بعوامل داخلية وخارجية .

(3) التناضح (Osmosis) .

يمكن تعريف التناضح بانه حركة جزيئات الماء خلال غشاء اختياري النفاذية (الغشاء البلازمي) تبعاً لاختلاف التركيز ، وتم حركة جزيئات الماء وفق قانون الانتشار اذ ان التناضح هو حالة من حالات الانتشار ولكي نوضح التناضح يمكن اجراء تجربة بسيطة (شكل 1-18) . باستخدام غشاء ذو نفاذية اختيارية مثل السيلوفان مربوطاً باحكام في نهاية قمع . يملأ القمع بالماء المقطر ، ويوضع في حوض زجاجي يحوي ماء مقطر بحيث يكون مستوى الماء داخل وخارج القمع في مستوى واحد وعند اضافة محلول سكري الى القمع نلاحظ ارتفاع مستوى الماء في انبوبة القمع الزجاجي مشيراً الى أن الماء يمر خلال غشاء السيلوفان الى محلول السكر (شكل 1-18) في القمع مسبباً ضغطاً هيدروستاتيكياً (Hydrostatic Pressure) ويتوقف دخول جزيئات الماء عندما يتساوى الضغط الهيدروستاتيكي مع الضغط التناضحي .

تنقسم المحاليل تبعاً لتركيزها التناضحي الى ثلاثة انواع لكل منها تأثير خاص في الخلية وهي :

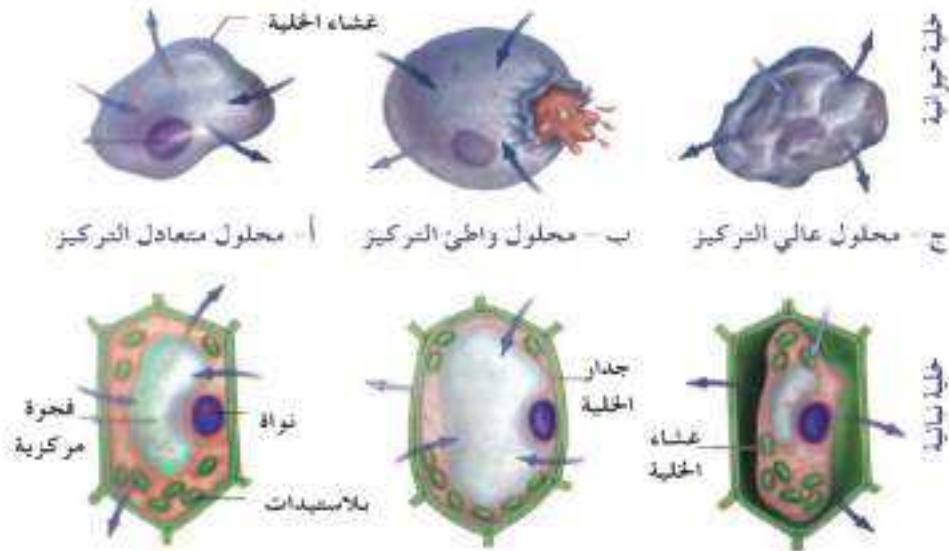
- أ. المحلول متعادل التركيز (Isotonic Solution) وفيه يكون تركيز الماء خارج الخلية مساو لتركيزه في ساييتوبلازم الخلية ، والخلية لا تكسب ولا تفقد الماء (شكل 1-19) .



شكل (1-18) عملية التناضح .

ب . المحلول واطئ التركيز (Hypotonic Solution)

يتميز هذا المحلول بتركيز منخفض من المواد الذائبة غير النفاذة إذا ما قورنت بالمواد الذائبة في سايتوبلازم الخلية الموجودة فيه والخلية تكتسب الماء وقد يؤدي دخول الماء الى انتفاخ الخلية الحيوانية وتمزقها (شكل 1-19) .

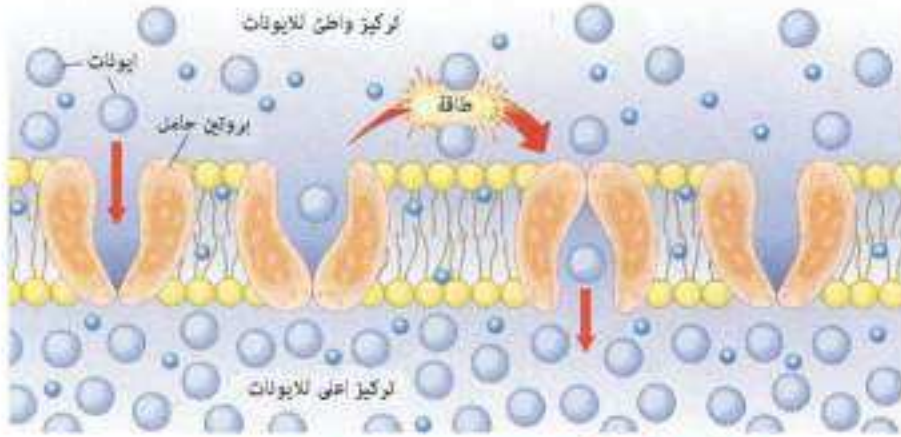


شكل (1-19) . التناضح في الخلايا الحيوانية والنباتية .

ج . المحلول عالي التركيز (Hypertonic Solution) ، يتميز هذا المحلول بتركيز عال من المواد الذائبة بالمقارنة مع السايتوبلازم ، ولذلك فان حركة الماء تكون من السايتوبلازم الى المحلول الخارجي مما يترتب عليه انكماش الخلايا (شكل 1-19) . ونظراً لوجود جدار في الخلايا النباتية فان حجم الخلية لا يتغير كثيراً بالمقارنة مع الخلايا الحيوانية عندما توضع في محلول عال التركيز ، وان ما يحدث هو ابتعاد الغشاء الخلوي عن جدار الخلية (شكل 1-19) وهذا ما يعرف بالبلزمة (Plasmolysis) وهو بالطبع ناتج عن خروج الماء من الخلية ولكن عند اضافة الماء للمحلول تعود الخلية الى حالتها الاولى وتسمى هذه العملية العكسية ، بحالة ازالة البلزمة (Deplasmolysis) .

(4) النقل النشط أو الفعال (Active Transport) .

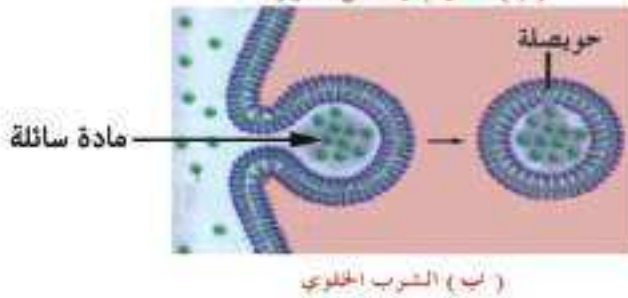
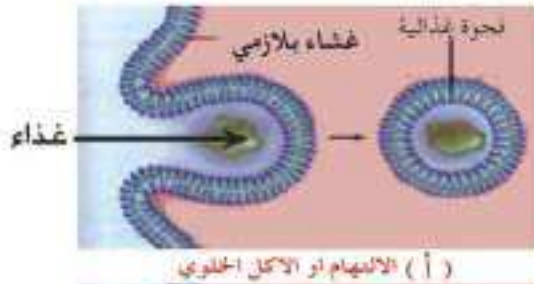
تمتص الخلايا أحياناً بعض المواد من محيطها الخارجي بالرغم من أن تراكيز تلك المواد داخل الخلايا أعلى منها في الخارج ، ومن أجل إنجاز هذه العملية لابد من وجود مواد حاملة (Carriers) في غشاء الخلية يمكنها التحرك من الخارج إلى الداخل وبالعكس ، حيث تتحد المادة الحاملة مع مادة أخرى (جزيء أو أيون) تحتاجها الخلية وتتحرك باتجاه السطح الداخلي للغشاء حيث تنفصل المادة المنقولة داخل السايروبلازم (شكل 20-1) ، وتحتاج هذه العملية إلى صرف طاقة تستمد من ATP في الخلية الحية .



شكل (20-1) خطوات عملية النقل الفعال .

(5) البلعمة (Phagocytosis) .

يقصد بالبلعمة الأكل الخلوي وهي طريقة شائعة للتغذية بين الطليعات مثل الأميبا وهي أيضاً الطريقة التي تلتهم بها خلايا الدم البيض بقايا الخلايا والجراثيم التي توجد بالدم وتتم هذه العملية بأن يكون غشاء الخلية جيباً يحيط بالمادة الصلبة ، وبعد ذلك ينفصل هذا الجيب أو الحوصلة من سطح الخلية ويتحرك داخل السايروبلازم ، حيث تهضم محتوياتها بواسطة الانزيمات المفرزة من الجسيمات الحالة والموجودة ضمن السايروبلازم (شكل 21-1 أ) .



شكل (21-1) . عملية البلعمة

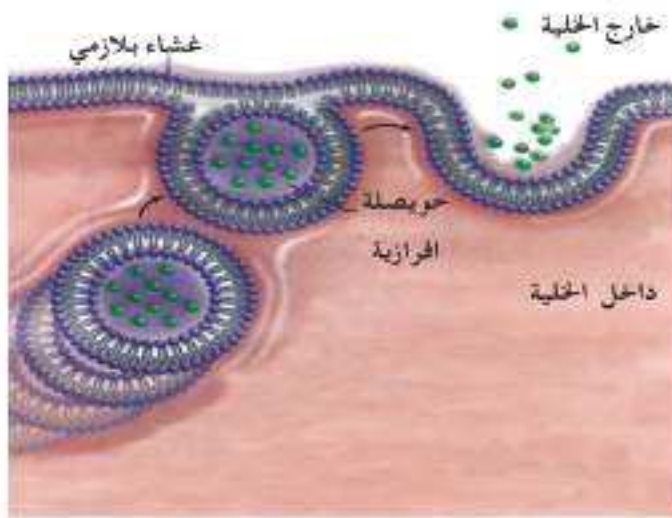
(أ) الأكل الخلوي - (ب) الشرب الخلوي .

(6) الشرب الخلوي (Pinocytosis)

وهو عملية مشابهة للاكل الخلوي فعند دخول مادة سائلة من خارج الخلية يحدث انبعاج صغير في غشاء الخلية يحيط بالمادة السائلة والتي تصبح داخل حويصلة (Pinocytic Vesicle) حيث تنفصل هذه الحويصلة من غشاء الخلية وتصبح داخل الخلية كما في (الشكل 1- 21 ب) .

(7) الاخراج الخلوي (Exocytosis)

يستعمل مصطلح الاخراج الخلوي لوصف عملية تحرير بعض المواد من داخل الخلية الى خارجها وتحدث هذه العملية في خلايا مختلفة للتخلص من بقايا مواد غير مهضومة دخلت بواسطة عملية الادخال الخلوي او لافراز مواد مثل الهرمونات (شكل 1- 22) .



شكل (1- 22) . الاخراج الخلوي .

ثانياً : الايض الخلوي (Cell Metabolism)

تمثل عمليات الايض الخلوي مجموع التحويلات الكيميائية التي تحدث في الخلية بمساعدة الانزيمات في الخلية وتنقسم عملية الهدم (Catabolism) وعن طريقها تتحلل المواد ، وعملية البناء (Anabolism) والتي عن طريقها تبنى النواج الجديدة .

وتتميز عمليات البناء باستهلاكها للطاقة عادة بينما يرافق عمليات الهدم تحرير الطاقة ، وعلى سبيل المثال فان بناء جزيئة سكر العنب (الكلوكوز) من ثنائي اوكسيد الكربون والماء يحتاج طاقة ، تأخذها النباتات الخضراء من ضوء الشمس ، بينما تتضمن عملية هدم جزيئة الكلوكوز في التنفس تحرير الطاقة التي يستغلها الكائن الحي في الكثير من اعماله .

1 - . التنفس (Respiration) .

يعد سكر العنب (سكر الكلوكوز) مادة التنفس الرئيسية ، حيث يعاني سلسلة من التفاعلات متحولاً الى جزيئين من الحامض البايروفي (**Pyruvic Acid**) خلال عملية تدعى بالتحلل السكري (**Glycolysis**) ، وتجري هذه العملية في سايتوبلازم الخلية لوجود انزيماتها . ويمكن ايجاز عملية التحلل السكري (**مخطط 1 - 1**) بالآتي :

أ تنشيط جزيئة الكلوكوز (**6C**) بالفسفرة فيتحول الى كلوكوز احادي الفوسفات ، وتستهلك في العملية جزيئة من **ATP** .

ب يتم تحويل الكلوكوز احادي الفوسفات (**6C**) الى فركتوز احادي الفوسفات (**6C**) بفعل انزيم معين .

ج يتم تنشيط الفركتوز احادي الفوسفات (**6C**) بعملية فسفرة ثانية فيتحول الى فركتوز ثنائي الفوسفات ، وتستهلك في العملية جزيئة من **ATP** .

د تنشطر جزيئة الفركتوز ثنائي الفوسفات (**6C**) الى جزيئين من الكليسر الديهايد المفسفر (**3C**) كمحصلة لهذا الانشطار .

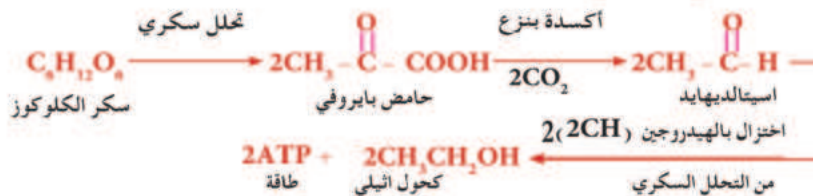
هـ تتحول كل جزيئة من الكليسر الديهايد المفسفر الى جزيئة من الحامض البايروفي (اي تصبح بالنتيجة جزيئتان من الحامض البايروفي) ، علماً انه يتم انتاج اربع جزيئات من **ATP** من خلال عملية التحول ويستهلك منها جزيئين في عمليتي الفسفرة وبالتالي يكون الربح **2ATP** .

و اذا كان التنفس لاهوائياً (**Anaerobic Respiration**) فيحصل للحامض البايروفي اما تخمر كحولي او تخمر لبنني في سايتوبلازم الخلية .

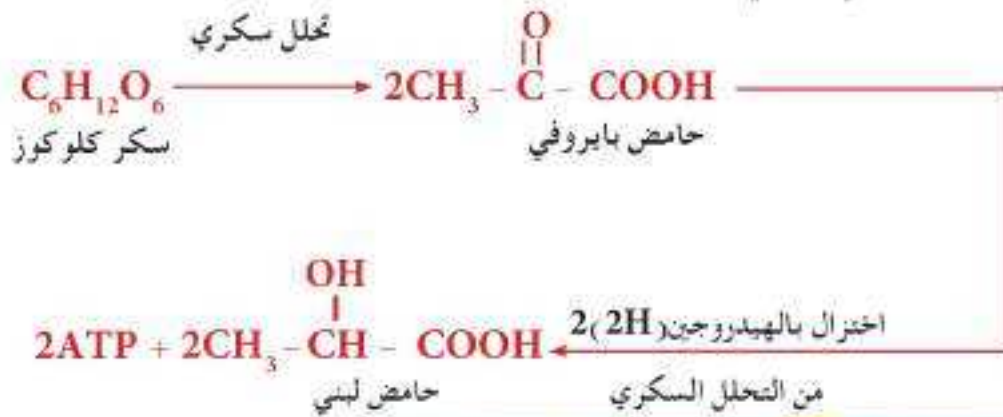
اما اذا كان التنفس هوائياً (**Aerobic Respiration**) فيتحول الحامض البايروفي الى جزيئة من (**استيل كو - A**) الذي يدخل في تفاعلات تدعى دورة كريبس (**Krebs Cycle**) في مايتوكوندريا الخلية وفيما يلي توضيح لتفاعلات التنفس اللاهوائي والتنفس الهوائي .

أولاً : التنفس اللاهوائي ويشمل :

(أ) التخمر الكحولي ويحصل في الخميرة والنباتات الخضراء عند غياب او نقص الاوكسجين وفي بعض انواع البكتيريا حيث يحصل للحامض البايروفي اكسدة بانتزاع جزيئة (**CO₂) ثم اختزال بهيدروجين التحلل السكري متحولاً الى كحول اثيلي كما في المعادلة التالية :**



(ب) التخمر اللبني ويحصل في بعض انواع البكتيريا والعضلات حيث يحصل للحامض البايروفي اختزالاً متحولاً الى الحامض اللبني كما في المعادلة التالية :



ثانياً : التنفس الهوائي (**Aerobic Respiration**) .

بعد تحول الحامض البايروفي الناتج من التحلل السكري الى (**استيل كو - A**) ، يدخل الاخير (**استيل كو - A**) دورة كريبس (والذي يعد مفتاحاً لها) في سلسلة من التفاعلات مؤدية الى تحرير كامل الطاقة والبالغة **12 جزيئة ATP** في كل دورة ، ويوضح المخطط (**1-1**) . خطوات التحلل السكري ودورة كريبس ، وخلاصة لما تقدم فإن مقدار الطاقة المتحررة من اكسدة جزيء غرامي واحد من سكر الكلوكوز اكسدة تامة في التنفس الهوائي كما يأتي :

2ATP

ربح الطاقة من التحلل السكري .

(2 × 3 ATP) 6ATP

من تحول جزيئتي الحامض البايروفي الى استيل كو - A .

(2 × 3 ATP) 6ATP

من **2(2H)** الناتج من التحلل السكري بعد مرورها بسلسلة نقل الالكترونات .

(2 × 12 ATP) 24ATP

من دورتي كريبس

ويصبح المجموع

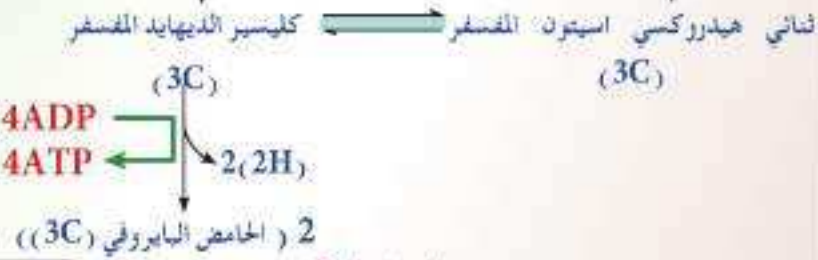
(ATP 38)

استهلاك
طاقة مقدارها
2ATP



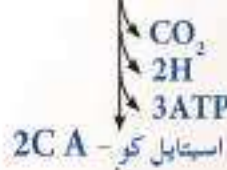
في السيتوبلازم

تحرير طاقة
مقدارها
4ATP



(التحلل السكري)

الحمض البايروفي 3C



داخل الميتوكوندريا

مخطط (1-1) يبين مراحل عملية التنفس الخلوي .

2. عمليات البناء : تثبيت ثنائي اوكسيد الكربون .

بعد ثنائي اوكسيد الكربون (CO_2) احد النواتج الرئيسة لعمليات التنفس الهوائي واللاهوائي ومع ان عمليات التنفس تمثل عمليات هدم الا انه ينشأ عنها قدر من الطاقة الكيميائية تخزن بشكل (ATP) والتي تستغل في الكثير من العمليات الهامة التي يقوم بها الكائن الحي مثل حركة العضلات واللواحق الجسمية والتي تمثل عمليات ميكانيكية وكذلك تكوين المواد الحيوية المعقدة وهي عمليات كيميائية . تستطيع النباتات تثبيت ثنائي اوكسيد الكربون على شكل مواد عضوية بوجود الطاقة الشمسية ، فمن المعروف ان النباتات تمتص ثنائي اوكسيد الكربون بوجود الماء وباستغلال الطاقة الشمسية لتكوين مواد كربوهيدراتية ويطلق على هذا التفاعل تثبيت او اختزال ثنائي اوكسيد الكربون وهذا التفاعل يؤدي الى تكوين جميع الجزيئات العضوية المعقدة ، لذا تعد هذه العملية عملية بناء للمواد العضوية .

7-1. انقسام الخلية (Cell Division)

يعد انقسام الخلية من العمليات المعقدة والتي تهدف الى مضاعفة المادة الوراثية كميًا مع ضمان توزيعها بشكل متجانس بين الخليتين الناتجتين من الانقسام . تحصل في الخلية ثلاثة انواع من الانقسام وهي :

1 - 7 - 1 . الانقسام المباشر او اللاخيطي (Amitosis) .

في هذا النوع من الانقسام الخلوي تنقسم الخلايا دون حصول تغيرات نووية وسيتوبلازمية واضحة ذلك بتخصر النواة او المادة النووية والسيتوبلازم ومن ثم انقسامهما وتكوين خليتين تحوي كل منهما على جزء من النواة الاصلية او المادة النووية وجزء من السيتوبلازم الاصيلي ، يحصل مثل هذا الانقسام في البكتيريا والطحالب الخضراء المزرقة .

1 - 7 - 2 . الانقسام غير المباشر او الخيطي (Mitosis) .

يعرف الانقسام الخيطي بأنه ، عملية انقسام النواة بصورة تضمن تسليم كل من الخليتين البنويتين الجديدتين نفس العدد ونفس النوعية من الكروموسومات الموجودة اصلاً في الخلية الام .

يتطلب الانقسام الخيطي تضاعفاً لكل كروموسوم ليتكون كروموسومان متماثلين ومتجاورين اذ يظهران وكأنهما كروموسوم واحد . وعند بدء عملية انقسام الخلية يتباعد الكروموسومان احدهما عن الآخر ويظهران منفصلين في الاطوار المتقدمة . يعقب انقسام النواة الانقسام السيتوبلازمي ($Cytokinesis$) . ولناخذ مثلاً خلية من خلايا جسم الانسان فسنجد انها تحتوي (46) كروموسوماً تتضاعف قبل الانقسام فتصبح (92) كروماتيداً وعندما تتم عملية الانقسام يذهب (46) منها الى خلية و (46) الباقية الى الخلية الثانية

ليتشكل منها كروموسومات الخلايا الجديدة ، وتستمر هذه العملية في كل مرة . تتم عملية انقسام الخلية من خلال أربع أطوار يسبقها طوراً بيني (**Interphase**) : تمر الخلية بهذا الطور قبل بدء عملية انقسام الخلية ، و يلاحظ فيه ان نواة الخلية تكون كبيرة بالمقارنة مع الانوية في الخلايا المنقسمة وتقوم الخلية في هذا الطور بتخليق جزيئات كبيرة من الاحماض النووية والبروتينات كخطوة تحضيرية لعملية الانقسام واهم ما يميزه هذا الطور هو تضاعف جزيئات الحامض النووي الرايبى نافص الاوكسين (**DNA**) ، كما يتضاعف الجسم المركزي في هذا الطور (شكل 1- 23).

أما الاطوار الاربعة التي تلي الطور البيني فهي :

الطور الاول : التمهيدي (**Prophase**) .

تتميز في هذا الطور الشبكة الكروماتينية الى عدد من الكروموسومات التي تبدو كثيفة وتتميز الى جزئين متماثلين تماماً (**كروماتيدين**) (**Chromatids**) ويرتبط هذان الكروماتيدان الشقيقان مع بعضهما عند منطقة جزيئهما المركزيين (**Centromeres**) واللذان سيكونان الكروموسومات البنية .

يتباعد الجسمان المركزيان اللذان سبق وان تكونا في الطور البيني ويتجهان في اتجاهين متعاكسين نحو قطبي الخلية ، وتتمد من كل منهما خيوط شعاعية (**النجم**) وتتكون بينهما خيوط المغزل (**Spindle**) تختفي النوية والغشاء النووي في مرحلة متأخرة من هذا الطور (شكل 1 - 23) .

الطور الثاني : الاستوائي (**Metaphase**) .

تنكمش وتغلظ الكروموسومات في هذا الطور وتأخذ موقعاً عند خط استواء المغزل وتعلق الكروموسومات بخيوط المغزل حيث يتعلق كل كروموسوم بخيط من خيوط المغزل بواسطة الجزء المركزي (**Centromere**) (شكل 1 - 23) .

الطور الثالث : الانفصالي (**Anaphase**) .

تنفصل في هذا الطور الكروموسومات البنية الناتجة عن الكروماتيدات الشقيقة في الطور التمهيدي بعضها عن بعض باتجاه القطبين المتعاكسين للخلية (الشكل 1- 23) . لاتعرف ميكانيكية حركة الكروموسومات نحو القطبين المتعاكسين في الخلية لحد الان بشكل دقيق ولكن هناك نظريات تقترح تفسيراً لذلك وهي :

أ- يعتقد ان خيوط المغزل تنقلص بوجود **ATP** وتسحب الكروموسومات نحو القطبين .

ب- يعتقد ان خيوط المغزل تعمل بوضعها طريقاً تنزلق عليه الكروموسومات متجهة نحو القطبين .

الطور الرابع : النهائي (Telophase) .

يبدأ الطور النهائي عند اكتمال وصول الكروموسومات الى قطبي الخلية المتعاكسين ، وتعود الكروموسومات الى شكلها السابق الخيطي الدقيق حيث تبدو بشكل خيوط كروماتينية دقيقة (تتكون الشبكة الكروماتينية) وتتكون النوية او النويات الجديدة .

و يتكون الغشاء النووي . ويختفي المغزل ، وهكذا ينتهي انقسام النواة .

يعقب انقسام النواة الانقسام السايوبلازمي (Cytokinesis) شكل (1 - 23) .

تظهر الخلية الحيوانية اختلافاً في الانقسام السايوبلازمي مقارنة بالخلية النباتية ، ففي الخلية الحيوانية يحدث تخرص في غشاء الخلية قرب منطقة خط استواء الخلية ومرار الوقت يزداد هذا التخرص تدريجياً الى ان تنقسم الخلية الى خليتين جديدتين تحوي كل منهما على نواة ، اما في الخلية النباتية فان الانقسام السايوبلازمي يبدأ بتكوين الصفيحة الخلوية (Cell Plate) .

في منطقة خط استواء الخلية تفرز من قبل بروتوبلاست الخلية ، ثم تبدأ كل خلية جديدة بتكوين جدارها الخلوي من جهتها ، وتكتمل العملية بالانفصال لتتكون خليتين جديدتين .

ولابد من الاشارة الى ان المدة التي يستغرقها الانقسام الخلوي تتباين تبعاً لنوع الخلية او النسيج وعمر الكائن الحي ، كما ان كل طور من اطوار الانقسام له مدة زمنية تختلف عن اطوار الانقسام الاخرى وهذا يتبع الاحداث التي تحصل في كل طور .

لقد وجد عند دراسة اطوار الانقسام في خلايا بشرية تحت المجهر ان الطور التمهيدي يستغرق (30 - 60) دقيقة بينما يستغرق الطور الاستوائي (2 - 6) دقيقة ويستغرق الطور الانفصالي (3 - 15) دقيقة والطور النهائي (30 - 60) دقيقة ، كما لوحظ ان مدة انقسام الخلية في النسيج العصبي (خلية عصبية او عصبونة) تستغرق حوالي (30) دقيقة خلال الادوار الجنينية في حين يصبح الانقسام نادراً عند البلوغ كنتيجة لتخصص الخلايا العصبية بصورة نهائية .

1 - 7 - 3 . الانقسام الاختزالي (Meiosis) .

تهدف عملية الانقسام الاختزالي الى الحفاظ على عدد ثابت من الكروموسومات لافراد الانواع المختلفة من الاحياء ، خلال عملية تعاقب الاجيال الذي يتم خلاله تكوين الامشاج (Gametes) كالبويض (Eggs) والنطف (Sperms) في الحيوانات والابواغ (Spores) في بعض النباتات . والانقسام الاختزالي عبارة عن انقسامين متعاقبين للخلية ويتم خلال الانقسام الاختزالي اختزال عدد الكروموسومات الى نصف العدد الكامل لكروموسومات الخلايا الجسمية ، ولذلك نجد ان الامشاج تحتوي نصف عدد الكروموسومات الموجود في الخلايا الجسمية ، وعند التحام نواتين خليتين او مشيجين لتكوين اول خلية جنينية فان الاخيرة تحوي عدد كامل من الكروموسومات .

تتم عملية الانقسام الاختزالي من خلال انقسامين نوويين متعاقبين ، اذ يتم خلال الانقسام الاول فصل الكروموسومات المتماثلة عن بعضها البعض ولهذا الانقسام اربعة اطوار هي :

- الطور التمهيدي الاول (**Prophase 1**) .

- الطور الاستوائي الاول (**Metaphase 1**) .

- الطور الانفصالي الاول (**Anaphase 1**) .

- الطور النهائي الاول (**Telophase 1**) .

اما الانقسام الثاني فيتم فيه فصل كروماتيدي الكروموسوم وينتقل كل كروماتيد الى قطب من اقطاب الخلية ، والانقسام الثاني وكما هو الحال في الانقسام الاول يتم باطوار متعاقبة هي :

- الطور التمهيدي الثاني (**Prophase 2**) .

- الطور الاستوائي الثاني (**Metaphase 2**) .

- الطور الانفصالي الثاني (**Anaphase 2**) .

- الطور النهائي الثاني (**Telophase 2**) (لاحظ الشكل 1 - 24) .

فيما يلي عرض لما يحدث في كل من الانقسامين .

أولاً - الانقسام الاختزالي الاول

(أ) الطور التمهيدي الاول (**Prophase 1**) .

يمتاز هذا الطور الانقسامي بكونه بطيء حيث يتضمن خمسة ادوار ذات ميزات خاصة بها وهي :

- الدور القلادي (**Leptotene**) .

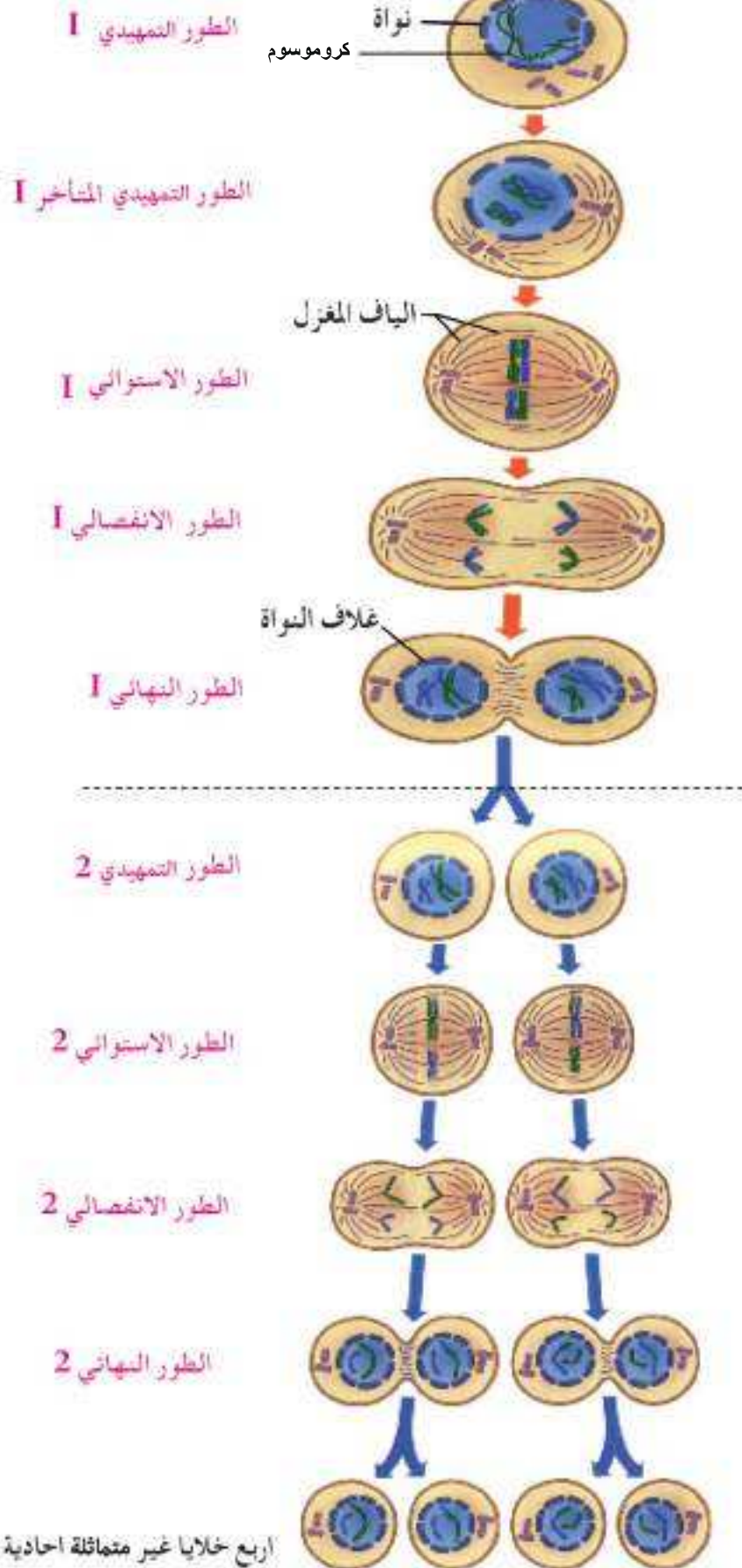
تكون الكروموسومات في هذا الدور بشكل خيوط طويلة نحيفة مفردة ذات تشخات شبيهة بالفصوص او الخرز مما يضفي على الكروموسومات شكل الفلادة ، ويكون ال DNA متضاعفا في كل كروموسوم .

- الدور الازدواجي (**Zygotene**) .

تترافق الكروموسومات المتماثلة في هذا الدور وتزدوج ، وبعد ازدواجها يلتوي بعضها على البعض الآخر وتدعى العملية بالأيشاق او التشابك (**Synapsis**) ويسمى الكروموسومان المزدوجان بالشئ (**Bivalent**) ، وهذه العملية تشكل صفة مميزة للانقسام الاختزالي اذ لاتحدث في الانقسام الخيطي الاعتيادي .

- الدور التغلطي (**Pachytene**) .

يزداد في هذا الدور تكثف الكروموسومات وتغلظها ويقل طولها . ويظهر في هذا الدور تضاعف كل كروموسوم الى كروماتيدين واضحين ، يرتبطان فيما بينهما بواسطة جزئيهما المركزيين (**Centromeres**)



أربع خلايا غير متماثلة أحادية المجموعة الكروموسومية

شكل (1 - 24)

أطوار الانقسام الاختزالي

الفصل الأول / الخلية

ويطلق على كل كروماتيدين يكونا نفس الكروموسوم بالشقيقتين (**Sister Chromatides**) يظهر في هذا الدور كل زوج من الكروموسومات المتماثلة مكونا من حزمة مؤلفة من اربعة كروماتيدات ، وتدعى هذه الحزمة بالرباعي (**Tetrad**) ، ولناخذ مثلاً خلية الانسان نجدها تحوي في هذا الدور (23) رباعياً اي (92) كروماتيد كمجموع كلي ويحصل في هذا الدور تبادل في مواقع المورثات بين الكروموسومين المتماثلين وتدعى عملية التبادل هذه بالتعابر (**Crossing Over**) .

ـ الدور الانفراجي (**Diplotene**) .

يبدأ في هذا الدور كل كروموسومين متماثلين الابتعاد عن بعضهما ، ويبقى الكروماتيدان غير الشقيقتين مرتبطان بنقطة واحدة او اكثر ، وتدعى نقاط الارتباط بالتصلبات (**Chiasmata**) ويختلف موقع وعدد التصلبات من كروموسوم الى آخر ومن خلية الى اخرى وتبادل قطع الكروماتيدات غير الشقيقة في كل منطقة تصالب (**Chiasma**) بعضها مع بعض .

ـ الدور الحركي (**Diakinesis**) .

يمثل هذا الدور آخر ادوار الطور التمهيدي وفيه تزداد الكروموسومات (كروماتيدات الكروموسومات المتماثلة) قصراً وتغلظاً ، تبدأ النوية والغشاء النووي بالانحلال التدريجي وتتحرك مواقع التصلبات باتجاه نهايات الكروموسومات وينتج عن ذلك تناقص في عدد التصلبات .

(ب) الطور الاستوائي الاول (**Metaphase I**) .

تترتب الكروموسومات المتماثلة في هذا الطور على خط استواء الخلية بشكل مجاميع كروموسومية ثنائية وتظهر الاجزاء المركزية (**Centromeres**) ويظهر المغزل بالياقه التي يتصل بعضها بالاجزاء المركزية .

(جـ) الطور الانفصالي الاول (**Anaphase I**) .

في هذا الطور ينفصل الكروموسومان المتماثلان عن بعضهما ، ويتحركان باتجاهين متعاكسين باتجاه قطبي الخلية ، ويبقى كروماتيداً كل كروموسوم مرتبطين مع بعض في منطقة جزئيهما المركزيين .

(د) الطور النهائي الاول (**Telophase I**) .

تتجمع الكروموسومات الجديدة عند القطبين ، وغالباً ما يختفي المغزل في هذا الطور وتبدأ النوية والغلاف او الغشاء النووي بالتكون والذي يحيط بمجموعتي الكروموسومات في قطبي الخلية ، وتكون هذه المجموعة احادية (**Haploid**) (تحوي نصف العدد الكلي من الكروموسومات) يتبع عملية الانقسام النووي الانقسام السيتوبلازمي (**Cytokinesis**) كالذي يحصل في الانقسام الخيطي فيكتمل تكوين الخليتين الجديدتين ، واللتين تكونان مهيتين للانقسام الاختزالي الثاني .

ثانياً : الانقسام الاختزالي الثاني .

(أ) الطور التمهيدي الثاني (Prophase 2) .

يكون عدد الكروموسومات في كل نواة تشترك في الطور التمهيدي الثاني هو نصف العدد الكامل للكروموسومات وهو بذلك يختلف عن الانقسام الخيطي والذي تكون فيه النواة حاوية على عدد الكروموسومات الكامل .

تكون في هذا الطور الكروماتيدات متباعدة عن بعضها وقد تختلف من حيث تركيبها كنتيجة لعملية العبور التي حصلت في الدور التغلطي (Pachytene) من الطور التمهيدي الاول .

(ب) الطور الاستوائي الثاني (Metaphase 2) .

تتخذ في هذا الطور الكروموسومات مواقعها عند مستوى الصفيحة الاستوائية للخلية وهي تظهر متصلة بخيوط المغزل عن طريق اجزائها المركزية .

ويبقى كل كروموسوم مؤلفاً من كروماتيدين ، ويختلف هذا الطور عن الطور الاستوائي الاول من خلال كون الكروموسومات في الاول مرتبة بحزم مكونة من اربعة كروماتيدات ، في حين تتألف في هذا الطور من كروماتيدين .

(ج) الطور الانفصالي الثاني (Anaphase 2) .

تنفصل كروماتيدات كل كروموسوم عن بعضها من خلال انفصال جزئيهما المركزيين فيصبح كل كروماتيد ممثلاً لكروموسوماً بنوياً مستقلاً يتحرك باتجاه احد قطبي الخلية بواسطة خيوط المغزل .

(د) الطور النهائي الثاني (Telophase 2) .

تنجمع في هذا الطور الكروموسومات عند قطبي الخلية فتزداد طولاً وتقل سمكاً ، وتظهر المادة الكروماتينية بشكل خيوط دقيقة ، ثم يظهر الغشاء النووي والنويات لتتكون نواتان جديدتان من نواة واحدة اصلية .

وفي بعض الخلايا النباتية تتكون الصفيحة الخلوية (Cell Plate) عبر المغزل ثم تتكون الصفيحة الوسطى (Middle Lamella) ثم جدار الخلية (Cell Wall) ، اما في الخلايا الحيوانية فيتكون الغشاء البلازمي بين النواتين الجديدتين ليفصلهما عن بعضهما .

بعد انتهاء الانقسام الاختزالي الاول والثاني تكون الخصلة النهائية تكوين اربع خلايا احادية المجموعة الكروموسومية (س) .

يحدث الانقسام الاختزالي في الخصى (Testes) وفي المبايض (Ovaries) عند تكوين الأمشاج في الحيوان ، وفي تكوين البويض وحبوب اللقاح في النبات مع وجود بعض الاختلافات في التفاصيل والتي سنتناولها في فصل لاحق من هذا الكتاب :

بعد ان تعرفت عزيزي الطالب على ادوار الانقسام الخيطي والاختزالي تعرف على مقارنة بينهما من خلال الجدول (1 - 3) .

جدول (1 - 3) . مقارنة بين الانقسام الخيطي والاختزالي .

الانقسام الاختزالي .	الانقسام الخيطي .
- انقسامين .	- انقسام واحد .
- تتكون اربع خلايا غير متماثلة من كل انقسام .	- تتكون خليتين متماثلتين من كل انقسام .
- الخلايا مختلفة وراثياً .	- الخلايا المتكونة متماثلة وراثياً .
- عدد الكروموسومات في الخلايا المتكونة نصف العدد الموجود في الخلية الام .	- عدد الكروموسومات في الخليتين المتكونتين يماثل عددها في الخلية الام .
- يحصل الانقسام في الخلايا الجنسية (الأمشاج) .	- يحصل الانقسام في الخلايا الجسمية .
- يحصل بعد النضج الجنسي فقط .	- يحصل الانقسام خلال دورة الحياة بشكل مستمر .
- يشارك في النكاثر الجنسي ونقل المادة الوراثية من الاباء الى الابناء .	- يشارك هذا الانقسام في النمو واصلاح التلف في الخلايا والنكاثر اللاجنسي .

أسئلة الفصل الأول

السؤال الأول :

اكتب المصطلح العلمي الذي يدل على كل عبارة مما يأتي :

- 1 - مسائل هلامي عديم اللون يملأ النواة .
- 2 - تركيب كروي داخل النواة ، يتكون من البروتين والحمض النووي الرايبى RNA .
- 3 - حركة جزيئات الماء خلال غشاء اختياري النفاذية تبعاً لاختلاف التركيز .
- 4 - عملية تحرير بعض المواد من داخل الخلية الى خارجها .
- 5 - عضيات تشكل مراكز لتحويل سكر الكلوكوز الى سكريات متعددة .
- 6 - تركيب يقع عند قاعدة الهدب او السوط في الخلايا التي تحوي اهداباً او اسواطاً .
- 7 - مادة سائلة شفافة تملأ الفسح الداخلية للبلاستيدة .
- 8 - مادة معقدة تمثل مكون اساسي من مكونات الخلية تقع بين الغشاء البلازمي والنواة .
- 9 - الطريقة التي تلتهم بها خلايا الدم البيض بقايا الخلايا والجراثيم التي توجد في الدم .
- 10 - مجموع التحولات الكيميائية التي تحدث في الخلية بمساعدة الانزيمات في الخلية .
- 11 - عملية انقسام الخلية دون حصول تغيرات نووية وسايتوبلازمية واضحة .

السؤال الثاني :

فسر الحقائق العلمية التالية :

- 1 - يوجد عدد كبير من الماييتوكوندريا في العضلات .
- 2 - وجود الاجسام الحالة في خلايا الدم البيض العذلة .

- 3 - للجسيم المركزي دور هام في عملية انقسام الخلية .
- 4 - وجود انزيمات معينة في البلاستيدات الخضراء يسهل القيام بعملية البناء الضوئي .
- 5 - الخلية النباتية تحت المجهر تكون واضحة الحدود .
- 6 - توصف الخلية الحيوانية التي تظهر فيها جميع العضيات بأنها خلية افتراضية .
- 7 - وجود الأعراف في الماييتوكوندريا .
- 8 - الوظيفة الرئيسية للماييتوكوندريا هي التنفس الخلوي .
- 9 - تظهر نوى الخلايا تبايناً في أشكالها .
- 10 - تتمتع الخلايا أحياناً بعض المواد من محيطها الخارجي بالرغم من أن تراكيز تلك المواد داخل الخلية أعلى منها في الخارج .
- 11 - تُعد عملية تثبيت ثنائي أوكسيد الكربون عملية بناء للمواد العضوية .

السؤال الثالث :

اكتب داخل القوسين الحرف الذي يشير الى الجواب الصحيح :

- (1 - أول عالم استخدم كلمة "خلية" هو :)
 - أ. فان ليفنهوك .
 - ب. روبرت هوك .
 - ج. روبرت براون .
 - د. ثيودور شوان .
- (2 - العالمان اللذان استندت النظرية الخلوية الى أعمالهما هما :)
 - أ. ماثياس شلادين و روبرت هوك .
 - ب. روبرت براون و ثيودور شوان .
 - ج. ثيودور شوان و روبرت هوك .
 - د. ماثياس شلادين و ثيودور شوان .
- (3 - واحدة من الاختيارات ادناه ليست من وظائف الشبكة البلازمية الداخلية .)
 - أ. تغليف البروتين .
 - ب. توصيل المواد بين اجزاء الخلية .
 - ج. انتاج بعض انواع الدهون .
 - د. تخزين المواد البيروثينية والدهنية .
- (4 - يطلق اسم الدكتيوسوم على جهاز كولجي الموجود في :)
 - أ. الخلية الحيوانية .
 - ب. الخلية البكتيرية .
 - ج. الخلية النباتية .
 - د. الخلية اللمفاوية .
- (5 - تتخذ النواة في الخلايا الجنينية موقعاً :)
 - أ. مركزياً .
 - ب. جانبياً .
 - ج. محيطياً .
 - د. سطحيّاً .

(6 - يطلق على حركة الايونات والجزيئات خلال وسط معين من المناطق ذات

التركيز العالي الى المناطق ذات التركيز الواطئ تسمية :

ا. التناضح . ب. الانتشار .

ج. النفوذية . د. البلعمة .

(7 - العضيات التي تؤدي دوراً هاماً في عملية التحول الشكلي في الحيوانات هي :

ا. الجسيمات المركزية . ب. المايتوكوندريا .

ج. الفجوات . د. الجسيمات الحالة .

(8 - واحد مما يلي ليس من مميزات الفجوات الخلوية :

ا. اكثر وضوحاً في الخلايا النباتية . ب. صغيرة في الخلايا الفتية .

ج. لها دور مهم في حركة الاهداب والاسواط . د. تحتوي على العصير الخلوي .

(9 - يكون شكل نواة خلية الدم البيضاء :

ا. كروي . ب. بيضوي .

ج. مفصص . د. غير منتظم .

(10 - عدد النويات التي تحتويها نواة خلية البصل هو :

ا. خمس . ب. اربع .

ج. ثلاث . د. اثنان .

(11 - تكوين البروتينات في مايتوبلازم الخلية بواسطة :

ا. المايتوكوندريا . ب. الرايبوسومات .

ج. جهاز كولجي . د. الجسيمات الحالة .

(12 - يبلغ عدد الكروموسومات في الخلايا الجنسية للفرشة الاسبانية :

ا. 415 . ب. 154 .

ج. 190 . د. 69 .

(13 - الطريقة الشائعة للتغذية في الاميبا هي :

ا. الشرب الخلوي . ب. النقل الفعال .

ج. البلعمة . د. البلزمة .

السؤال الرابع :

اكمل العبارات التالية :

- 1 - يعزى التغير في شكل بعض الخلايا الى
- 2 - تحدد المكونات الرئيسية للخلية حقيقية النواة بالآتي :
 - ا.
 - ب.
 - ج.
- 3 - تسمى الشبكة البلازمية الداخلية التي تفتقر لوجود الرايبوسومات بأسم
- 4 - هناك حالات تكون فيها الخلايا ثنائية الانوية كما هو الحال في
و.....
و.....
- 5- يوجد داخل الغشاء الذي يحيط بالبلاستيدة تركيبان مهمان هما و.....
- 6 - يتألف جدار الخلية من ثلاث طبقات هي و.....
و.....
- 7 - يتكون جهاز كولجي من ثلاث ردهات هي
- 8 - تحتوي الجسيمات الحالة على اعداد كبيرة من الانزيمات المحللة تكون مسؤولة عن.....
- 9 - يتضمن الايض الخلوي عملية التي يتم فيها
..... وعملية التي عن طريقها

السؤال الخامس :

- 1 - رتب العلماء المدرجة اسمائهم ادناه حسب اسبقية اكتشافاتهم في مجال علم الخلية:
(روبرت هوك ، ماثياس شلايدن ، ثيودور شوان ، فان ليفنهوك ، روبرت براون)
 1.
 2.
 3.
 4.
 5.

2 - اكمل العمودين الثاني والثالث في الجدول التالي بذكر تركيب ووظيفة كل من العضيات المدرجة في العمود الاول :

العضيات	التركيب	الوظيفة
الشبكة البلازمية الداخلية		
جهاز كولي		
المابنوكونديريا		
البلاستيدة الخضراء		
المسيمات الحالة		
الغشاء البلازمي		

3 - قارن بين :

- الشبكة البلازمية الداخلية الخشنة والشبكة البلازمية الداخلية الملساء .
- الأغشية شبه النفاذة والأغشية إختيارية النفاذية .
- الجسم المركزي والجسيم الحركي.
- الطور النهائي الأول والطور النهائي الثاني في الانقسام الاختزالي .