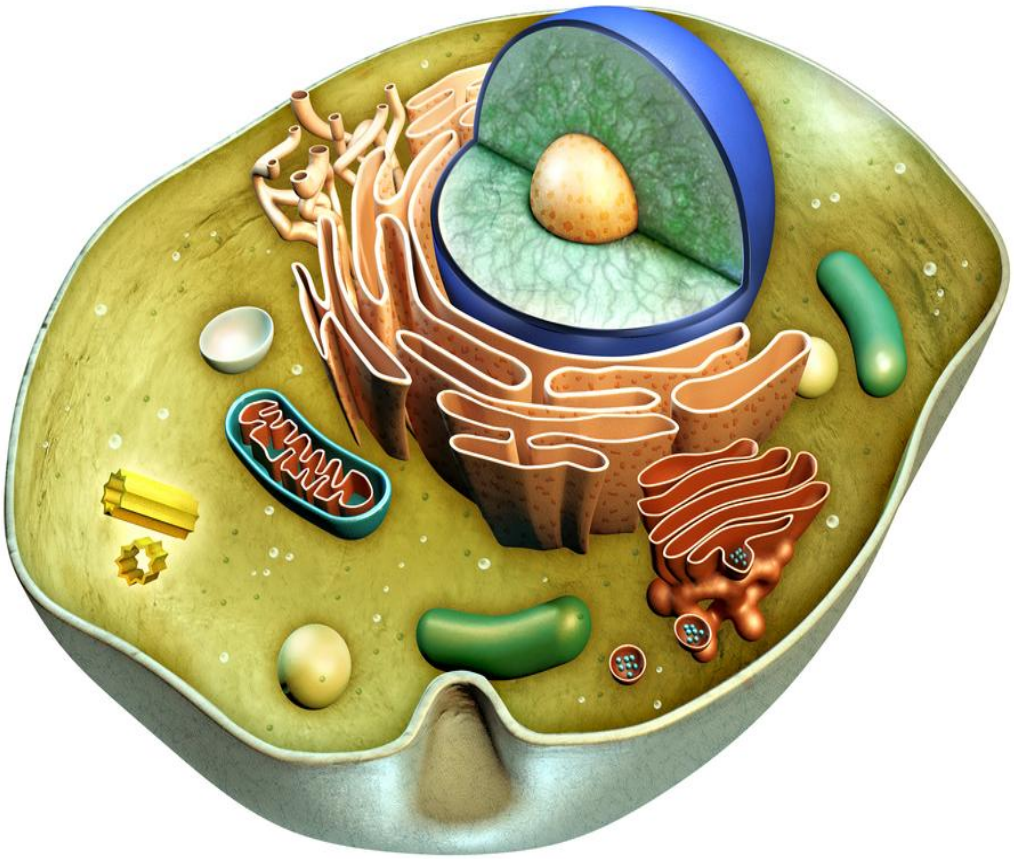
علم الخلية
Cytology



إعداد

أ.د عبد الباسط مسعود عبيد
أستاذ علم الخلية والوراثة

الموضوعات

مقدمة ٥
لمحة تاريخية عن اكتشاف الخلية ٦
المجاهر ٨
ما هية الخلية ٨
الخلية حقيقية النواة ٩
البروتوبلازم ٩
التركيب الكيميائى للبروتوبلازم ١١
البروتينات ١١
المواد الكربوهيدراتية ١٣
الاحماض النووية ١٥
المواد الدهنية ١٦
الاملاح المعدنية ١٧
الماء ١٧
السيتوبلازم ١٨
غشاء البلازما ١٩
المكونات الحية فى بروتوبلازم الخلية ٢٢
الميتوكندريا ٢٣
الشبكة الاندويلازمية ٢٦
جهاز جولجى ٢٩
الليسوسومات ٣٣
أجسام نسل ٣٦
الجسم المركزى ٣٨
الاهداب و الاسواط ٣٩
الهيكل الخلوى ٤٠
النواة ٤٠
أشكال و أحجام الخلايا ٤٤
دورة الخلية ٤٥

انقسام الخلية ٤٨
موت الخلية ٥٧
الروابط ٦١
المراجع ٦١

الأشكال

شكل ١: المجاهر ٩
شكل ٢: الخلية البكترية ١١
شكل ٣: الخلية الحيوانية ١٣
شكل ٤: غشاء الخلية ٢٣
شكل ٥: الميتوكندريا ٢٨
شكل ٦: الشبكة الاندوبلازمية ٣١
شكل ٧: جهاز جولجى ٣٤
شكل ٨: الجسم المركزى ٤٢
شكل ٩: الاهداب و الاسواط ٤٣
شكل ١٠: النواة ٤٤
شكل ١١: اشكال الخلايا ٤٧
شكل ١٢: احجام الخلايا ٤٨
شكل ١٣: دورة الخلية ٥١
شكل ١٤: انقسام الخلية ٥٤

روابط الفيديو

Error! Bookmark not defined.. https://youtu.be/2ZL6j2N89Tc

Error! Bookmark not defined.. https://youtu.be/oHAdPvrReIg

سم الله الرحمن الرحيم

الحمد لله و الصلاة و السلام على رسول الله و على آله وصحبة و سلم تسليما كثيرا
وبعـــــــــــد،،،،،

جميل جدا أن يرتبط الايمان بعلم له عمقه ومغزاه .... خاصة اذا كان هذا العلم فى آيات الله .... فعالم الدين الورع تسعده آيات القرآن الكريم سعادة لا تدانيها سعادة أخرى ..... خاصة اذا تأمل فى معانيها و تذوق جمالها و كذلك يكون رجل العلم التجريبى المتأمل فى آيات الخلق الكثيرة التى تنظم تواجد مخلوقات الله كما يشاء المولى عز و جل و التى تمتد حوله بلا حدود. اذ يسعد و يخشع لنظمها المتقنة و دقتها المتناهية. لذا فما أجمل ما عبر القرآن الكريم أروع تعبير (و فى الأرض آيات للموقنين و فى أنفسكم أفلا تبصرون). لذا فالآيات القرآنية كثيرة الإشارة إلى الحض على التأمل فى الآيات الكونية و البحث فى النواميس الطبيعية، لأن مغزى ذلك لا يخفى على لبيب ، اذ بقدر ما نكتشف من بديع صنع الله بقدر ما تتجلى لنا عظمته و دقته ، خلق فسوى و قدر فأبدع (الذى خلق فسوى و الذى قدر فهدى)، و عندئذ نتقرب اليه أكثر و أكثر و نعبده عبادة قائمة على علم و هدى خير و أبقى من عبادة لا تساندها معرفة حقه بالله سبحانه فى قدره و شأنه .

الانسان بلا شك خلق عظيم، ولكن ذلك لا يتجلى لنا الا بالبحث فى أصول هذا الخلق والتطلع الى تكويناته المذهلة التي أعيت العقول. ولا شك أننا كلما تعمقنا في دراسة الجسم البشرى كلما أدركنا المعنى العظيم الذي تنطوي عليه بعض الآيات القرآنية والتي أشارت الى ضرورة التأمل في أنفسنا و فى كل شئ حولنا، فهذا يوضح لنا ما خفى علينا من أسرار و ما أكثر ما يخفى علينا من أسرار. فهل ندرك بحق كيف تعمل هذه الأعضاء (السمع والحس، الابصار والفؤاد) فلو عرفنا ذلك حق المعرفة لاستقر الايمان بقلب المسلم. ايمانا بالله تعالى منزل القرآن ومرسل الرسل ومجازى الناس على أعمالهم كل بما كسبت جوارحه.

والله أسأل أن يتقبل هذا العمل والجهد فانه جهد المقل. وأسأله أن ينفع به ويجعله خالصا لوجهه الكريم. و يجعله ذخرا لي عند انقطاع عملي و انتهاء أجلى و يتجاوز به عن ذلتي و يمحو به خطيئتي، انه أهل التقوى و أهل المعرفة.

أ.د / عبد الباسط مسعود عبيد

مقدمة

علـم الخليـــة Cytology

أي علم هذا الذي نتحدث عنه أنه علم الخليقة علم تبدأ من عنده و به الحياة.. البقاء.. التواجد.. لأي كائن كان؟ ألا وهو علم بداية ونهاية المخلوقات .... علم الخلية .... ويعرف علم الخلية (بيولوجيا الخلية Cell biology) بأنه العلـم الذي يتناول بالتفصيل دراسة الخلية Cell و محتوياتها و ما يدور بداخلها من العمليات الحيوية المختلفة و بعبارة أخرى هو العلـــم الذى يتناول النظام التركيبي و الوظيفيStructural and functional system لمادة البروتوبلازم و علاقة ذلك بالأنشطة الحيوية المختلفة بما فى ذلك نمو الخلايا Growth of cells و التطور Evolution و الوراثة Genetics و غيرها من العمليات المختلفة. لذا فان علم الخلية هو أحد أفرع العلوم البيولوجية Biological Sciences التي تختص بدراسة تركيب الخلايا و كيميائيتها و وظائفها ..... الخلية هى الوحدة التركيبة unit structure والوظيفية functional للكائن الحي ولقد عكف علماء البيولوجيا فى أبحاثهم فى العصور السابقة وتوصلوا الى أن الكائنات الحيوانية والنباتية تتركب من وحدات تركيبية هى الخلايا all animal and plant organisms composed of structural units named as cells.

بعد اختراع الميكروسكوب الضوئيlight microscope تمكن العلماء من رؤية وحدات دقيقة جداtinny units لا ترى بالعين المجردة و قد أطلقوا عليها اسم الخلايا cells. واعتبرت الخلايا هى الوحدات الأساسية essential units للكائنات الحية. لذا يعتبر اكتشاف الخلية أمر هام جدا و بالغ الأثـــر و ذلك لأننا نعيش فى هذه الأيام ثورة التقدم التكنولوجي biotechnology و هى الفترة التحليلية الدقيقة للعلم ، و بالتالي أصبح فى حكم المؤكد التعرف على الأنشطة الحيوية vital activities و العمليات المختلفة التى تحدث داخل هذا الكيان الدقيق الذي لا يشاهد بالعين المجردة. و هنا تتجلى يد القدرة الإلهية فى هذا البنيان الدقيق لكي يتأمل كل ذى عقـــل، من الذى أبـــدع هذا الكيـــان و أمره أن يعمل بلا توقف ، بدون صيانة ، بدون قطع غيار . و بعد التعرف على التحليل الدقيق للخلية يتم فصل عناصرها الرئيسية حتى يتمكن العلماء من التعرف على صور الطاقة المختلفة التى توجد داخل الخلية و التى يطلق عليها مظاهر حياة الخلية.

لمحة تاريخية عن اكتشاف الخليـــة History of cytology

الدنيا كم هى عجيبة فى كل شئ بالأمس القريب كانت معرفتنا بالكائنات الحيوانية و النباتية لا تتعدى الوصف الظاهري أو المورفولوجي للحيوان أو النبات morphology of animal or plant و الذي يشاهد بالعين المجردة ، ولكن بعد اكتشاف الميكروسكوب الضوئي light microscope كما تحدثنا من قبل أمكن معرفة الكثير عن دقائق تركيب هذه الكائنات ، ففى عام(١٦٦٥- ١٦٦٨) وجد روبرت هوك Robert Hooke أثناء فحصه لقطاع رقيق من نبات الفلين تحت الميكروسكوب الضوئي أنه يتركب من حجرات صغيرةsmall chambers جوفاء أطلق عليها مسمى خلايا cells لشبهها بخلايا نحل العسل و بالتالي أصبح روبرت هوك أول عالم يستخدم لفظ خلية و عرفها على أنها حجرة أو فراغ أو تجويف يحاط بجدار من الخارج و لكنه لم يذكر ما اذا كان هذا الفراغ يحتوى على تراكيب أخرى أم لا يحتوى.

و تسابق العلماء فى التعرف على محتويات الخلية ، ففى عام ١٧٠٠ اكتشف ليفنهوك Leiuwin Hooke النواة nucleus داخل الخلية و بالتالي أصبح تعريف الخلية على أنها تجويف أو فراغ يحتوى على نواة و يحاط بجدار من الخارج ، و ذلك من خلال مشاهدت كرات الدم الحمراء فى سمك السالمون .... و أكد العالم روبرت براون Robert Brown (١٨٣١) تواجد النواة داخل كل خلية حيوانية. و فى عام ١٨٣٥ وصف العالم ديجاردن Dejardin محتويات الكائنات الدقيقة بأنها مادة جيلاتينية jelly ، مرنه elastic ، منقبضة contracted ، شفافة clear ، متجانسة homologous و لا تذوب فى الماء insoluble in water و أطلق على هذه المادة التى تمتلك مثل هذه المواصفات لفظ الساركود sarcode .

بينما فى عام ١٨٣٨ أوضح العالم شلايدن Schleidin و هو عالم نباتي أن الخلايا هى الوحدات التركيبية و البنائية للنباتات . . و بالتالى فان شلا يدن هو أول عالم يدخل مسمى خلية على الكائنات النباتية و بالتالي فان الأنسجة النباتية ماهى الا تجمعات من الخلايا . و لـــذا أصبحت الخلية هى الوحدة التركيبية للنبات و أيضا بعد عام واحد أى عام ١٨٣٩ توصل عالم الحيوان الألمانى شفان Schwann الى نفس النتيجة للحيوان و أصبحت الأنسجة الحيوانية ما هى الا تجمعات من الخلايا clusters of the cells و أن الخلية هى الوحدة التركيبية للحيوان ، و لقد كان شفان أول من أستخدم مفهوم النظرية الخلويــة cell theory و هو أن " الخلايا عبارة عن كائنات حيـــة و أن النباتات و الحيوانات ما هى الا تجمعات من تلك الكائنات مرتبة وفقا لقوانين

خاصة و هذا يعنى أن جميـــع الكائنات الحيـــة حيوانية أو نباتية تتركب أجسامها من خلايا و هناك مجموعة أخرى من العلماء توصلوا الى نفس النتيجة بصورة أقل أو أكثر احتمالا .

و فى عام ١٨٤٠ أطلق بركنجه Perkeinje لفظ بروتوبلازم protoplasm على محتويات الخلية الحيوانية و بعد ست أعوام (١٨٤٦) أقر فـون Vonn رأى بركنجه و أستعمل مفهوم البروتوبلازم على محتويات الخلية النباتية. فى حين أن العالم ماكس شولتـز (١٨٦١) و هو ألمانى الجنسيـة بين أوجه التشابه و الاختلاف بين الساركود و البروتوبلازم . و أيضا قد تحقق العلماء من أن البروتوبلازم هو المكون الاساسى للخلايا فى كل من الحيوان و النبات. و أن جدار الخلية cell wall بالإضافة إلى كونه ميتا - فانه يوجد فقط فى الخلية النباتية plant cell و لا يوجد فى الخلية الحيوانية animal cell . و على ذلك فقد تم تعريف الخلية على أنها كتلة من البروتوبلازم تحتوى على نواة و تحاط بغشـاء من الخارج، و لكن هذا التعريف يفتقر الى الدقة للأسباب الآتية ؛ أن بعض الخلايا تحتوى على نواتين لا نواة واحدة و البعض الأخر يحتوى على أكثر من نواتين و على النقيض بعض الخلايا الأخرى مثل كرات الدم الحمراء كاملة التكوين mature red blood corpuscles لا تحتوى على نواة.

وتوالى بعض ذلك مجموعة أخرى من العلماء بحثا عن اكتشاف جديد يخدم البشرية لمفهوم الخلية التي تمثل عصب الحيوان والنبات .... ففى عام (١٨٤١) توصل ريمـاك الى اكتشاف انقسام الخلية المباشـر Amitosis، فى حين أن شنيـدر فى نفس العام تمكن من اكتشاف الانقسام الميتوزى للخلية Mitosis ولأول مرة فى عام (١٨٥٤) تمكن العالم نيوبورت Newport من رؤية دخول الحيوان المنوي sperm فى بويضة ovum حيوان الضفدعـة بينما أوضح هيرتويج (١٨٧٥) اندماج الحيوان المنوى بالبويضـة وبهذه الخاصية استطاع العلماء تفهم قوانين الوراثـــة Genetic lows.

بالتالي يتم التعرف على التنظيم العضوي للخلية جميعنـــا يعلم أن هذا العصـر عصـر الصيحات العلمية المتلاحقـة و التى لن يستطيع الإنسان متابعتها و من عوامل ظهور مثل هذا التقدم العلمي السريع ظهور أدوات التقنية الخاصة به (الميكروسكوب الألكترونـى Electron microscope) و التي غيرت كثيرا من معرفتنا السابقة عن بعض المفاهيم العلمية و على رأسها الخليـة.

ومن هنا وجب علينا دراسة الخلية من منظورين مختلفين لكى يتـم التعرف على الخلية بصورة سليمـة، المنظور الأول الخلية الحية والمنظور الثاني الخلية المثبتة fixative cell وهذا لا يتأتى الا في وجود الميكروسكوبات (المجاهر) microscopes.

المجاهر Microscopes

نظرا للأحجام الصغيرة لغالبية الخلايا والتي لا يمكن مشاهدتها بالعين المجردة كما ان محتويات هذه الخلايا ذات معامل انكسار متقارب مما يجعل هناك صعوبة شديدة في التعرف على الخلايا ومحتوياتها الا في وجود أدوات تساعد في معرفة تركيب ومحتويات هذه الخلايا ومن هذه الأدوات المجاهر والتي يرجع اختراعها للعالم ليفنهوك (١٥٩١-١٦٢٣). ويوجد أنواع مختلفة منها حسب نوع الاستخدام منها المجهر الضوئى البسيط و المركب و مجهر التباين و المجهر الفلوروسينتى و مجهر الحقل و المجهر الالكترونى و غيرها من الأنواع.

شكل (١) المجهر

ماهية الخلية؟ What meaning the cell?

الخلية عبارة عن كائن حي لا يمكن مشاهدته بالعين المجردة يتكون من ثلاث مكونات أساسية تجمعات من البروتوبلازم بداخلها نواه أو أكثر أو لا تحتوي وتحاط بغشاء أو جدار من الخارج. هي الوحدة الأساسيّة التي تتكوّن منها أجسام جميع الكائنات الحيّة، وهي صغيرة الحجم لا يزيد حجم أكبرها عن ١٠٠مايكرومتر، وهي نوعان: خلايا حقيقيّة النّواة، وهي الخلايا التي تكون أنويتها محاطة بغشاء، ومن الأمثلة عليها الخلايا المكوّنة لأجسام كل من الطّلائعيات، والفطريات، والنّباتات، والحيوانات، أما الخلايا بدائيّة النّواة فلا تحتوي على نواة محاطة بغشاء، ومن الأمثلة عليها البكتيريا، والبكتيريا القديمة. مكوّنات الخليّة الحيوانية الخلايا الحيوانيّة هي الخلايا التي تتركب منها أجسام الحيوانات. تحتوي الخلايا الحيوانيّة على عُضيّاتٍ مشتركة مع الخلايا النباتيّة، مثل الغشاء الخلوي، والسّيتوبلازم، والنّواة، والمايتوكندريا، والشّبكة

الإندوبلازميّة، وأجسام جولجي، والرّايبوسومات، وغيرها، كما أنهّا تحتوي على عُضيّات خاصة لا توجد في الخلايا النّباتيّة، مثل الجسم المركزى، والأجسام الحالّة، والأهداب، والأسواط.

هل للخلية أنواع

نعم الخلية نوعان من ناحية النواه ..... بدائية النواه (الخلية البكتيرية) و حقيقية النواه الخلية الحيوانية و الخلية النباتية) و الذى يظهر من خلالها مفهوم التنظيم الخلوى

التنظيم الخلوى Cellular organization

الخلية هي الوحدة التركيبية والوظيفية للكائنات الحية ، ولا توجد خلية نموذجية Typical cell وذلك لأن الخلايا تختلف في الشكل والحجم والوظيفة.

إذن لابد من توفر ثلاث خصائص رئيسية في الخلية من أجل أن تعيش حياة حرة مستقلة دون الاعتماد علي غيرها هي: وجود الغشاء البلازمي و وجود الجهاز الإنزيمي الخاص بإنتاج الطاقة اللازمة لعمليات البناء و القدرة علي التكاثر.

تطور بعد ذلك علم الخلية ، وتم وضع تصنيف حديث للكائنات الحية اعتمد فيه علي التنظيم الخلوي، وأدرجت فيه جميع الكائنات الحية عدا الفيروسات في مجموعتين هما:

١- الكائنات ذات الخلايا بدائية النواة Prokaryotic

٢- الكائنات ذات الخلايا حقيقة النواة Eukaryotic

تركت الفيروسات خارج هذا التقسيم ولا تنتمي إلي أي من الممالك السته المعروفة كوحدات مستقلة بذاتها

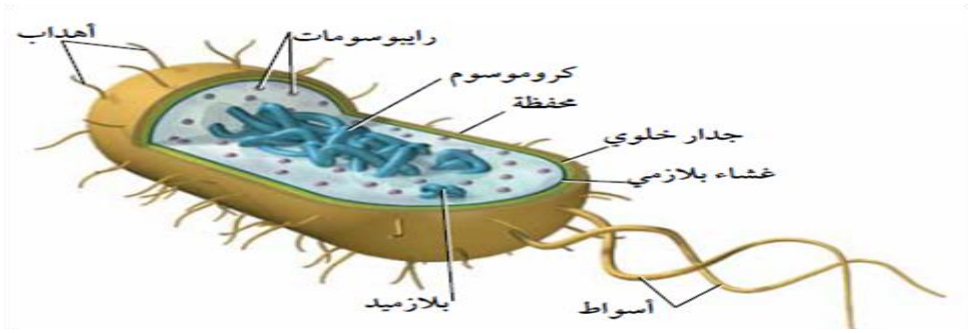
مقارنة بين الخلايا بدائية وحقيقية النواة

الصفة	الخلايا بدائية النواة	الخلايا حقيقية النواة
حجم الخلية	غالباً صغيرة (١ – ١٠ ميكرون)	غالباً كبيرة (١٠ – ١٠٠ ميكرون)
التركيب الوراثي	DNA مع بعض البروتين اللاهستوني	DNA متحد مع بروتينات هستونية وغير هستونية
انقسام الخلية	مباشر بالانقسام الثنائي أو التبرعم	الانقسام الميتوزي والاختزالي
العضيات السيتوبلازمية	لا توجد..... عدا بعض الريبوسومات	تنتشر في السيتوبلازم وتكون الريبوسومات أكبر حجماً
النظام الجنسي	إن وجد يكون بانتقال الجينات باتجاه واحد	يحدث نتيجة لالتحام الأنوية بالكامل

أعضاء الحركة	السواط البسيطة في بعض الأنواع البكتريا	الأسواط أو الأهداب المعقدة
التغذية	الامتصاص بمعظمها، والتمثيل الضوئي لبعضها	الامتصاص، والابتلاع والتمثيل الضوئي ببعضها
طاقة الأيض	الميتوكوندريا غير موجودة	الميتوكوندريا موجودة

البكتريا Bacteria

- هي أكبر عائلات بدائية النواة.
- تنتمي البكتريا إلي مملكة المونيرا Monera.
- يمكن تقسيم البكتريا حسب أشكالها أو حسب نوع تغذيتها ، أو حسب حركتها .... الخ.
- تتكاثر جميع أنواع البكتريا تكاثراً لا جنسيا وإن لوحظ وجود التكاثر الجنسي في بعض أنواعها.
- تتكون الخلية البكتيرية من الآتي:
- المادة النووية (الكروموسوم الحلقي البكتيرى) الذي يحتوي علي المعلومات الوراثية.
- العصير البلازمي (السيتوسول) ويحتوي علي الريبوسومات والمواد العضوية.
- جدار الخلية: وهو يعطي الخلية شكلها المعروف وهو رقيق لكنه صلب وشبه نفاذ.
- غشاء البلازما: هو غشاء شبه نفاذ ويحتوي علي إنزيمات التنفس.
- المحفظة: وتوجد في بعض البكتريا ولا توجد في البعض الأخر وتغطي جدار الخلية من الخارج.
- الأسواط: بعض البكتريا لاها أسوط وتستخدم في الحركة.
- الأهداب: عبارة عن استطالات دقيقة تقع حول الخلية.



شكل (٢) الخلية البكترية

الخلية حقيقية النواة Eukaryotic Cell

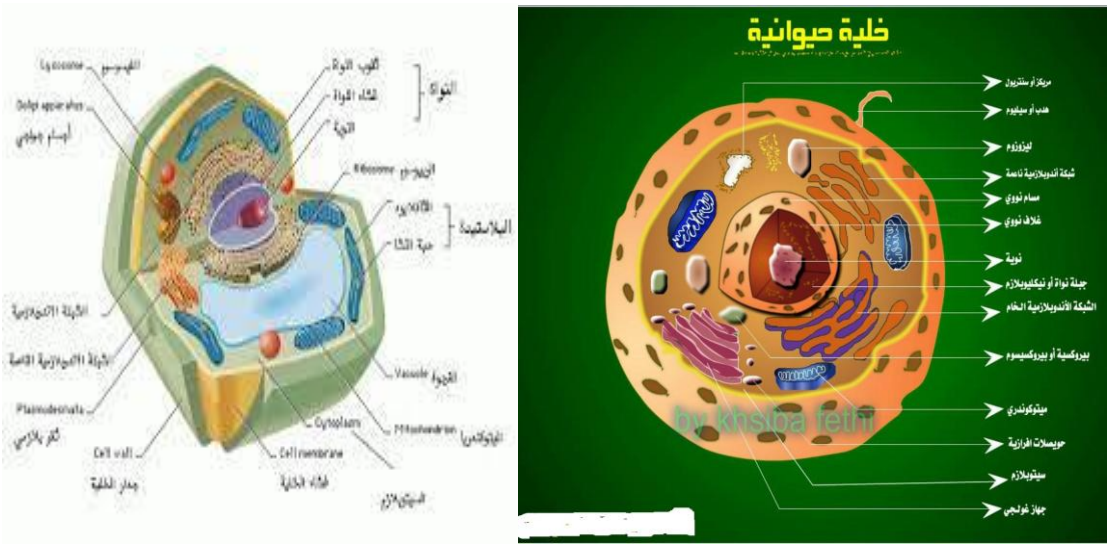
تتكون الخلية حقيقية النواة من كتلة من البروتوبلازم تحتوى على نواة او اكثر او لاتحتوى و تحاط بغشاء من الخارج (الخلية الحيوانية) او بجدار من الخارج (الخلية النباتية).

البروتوبلازم Protoplasm

البروتوبـلازم هو المادة الحيــة التى تتكون منها جميـــــع الكائنات الحيوانية و النباتية الحية و بدون البروتوبلازم لا توجـد حيـــاة على أى مستـــوى و لـذا قال هكسلى فى عـــــام (١٨٦٨) مقولــة المشهـورة أن " البروتوبلازم هو الأساس الطبيعى للحيــاة " و هذا يعنى أن جميع الأنشطة الحيوية التى يقوم بها الكائن الحـى سببها التغيرات الكيميائيـة و الطبيعيـــة التى تحدث فى الأســـاس الطبيعى للحياة (البروتوبلازم) و يطلق لفظ البروتوبلازم على المواد المختلفة التى يتكون منها السيتوبلازم و النـواة و البعض الأخـــر يطلق لفظ بروتوبــلازم على المواد المختلفــة التى يتكـون منها السيتوبلازم فقط ٠٠٠ و تختلف مـادة البروتوبلازم من نوع من الخلايا عن نوع آخر و هى مميزة لخلايا الأعضاء و الأنواع.

ومما تجدر الإشارة اليه أن التحسن الذي طرأ على وسائل التقنية الحديثة والفحص والتوضيح للتراكيب الخلوية واستخدام الصبغات الحيوية vital dyes كان له فضل كبير في فتح آفاق جديد واسعة في بحـــوث الخليـــة cell researches

ومما نلاحظ وجود أشكال تشريحية كثيرة بالنسبة للخلية الحيوانية وذلك لوجود أشكال عديدة للخلية الحيوانية ومنها هذه الاشكال أيضا.



شكل (٣) الخلية الحيوانية

التركيب الكيميائى للبروتوبلازم

Chemical composition of protoplasm

لا يمكن التعرف على التركيب الكيميائى الدقيق للبروتوبــلازم ٠٠ fine chemical composition of protoplasm اذ لا يمكن تحليل البروتوبـلازم دون قتله بواسطة مواد كيميائية و بالتالى تحدث تغيرات كيميائية ينتج عنها مواد جديدة أو اختفاء مواد من المكونات الاساسية للبروتوبلازم ٠٠ كما أن البروتوبلازم أثناء النشاط العادى للخلية يخرج إفرازات secretions و بذلك لايكون تحليله تحليلا دقيقا ٠٠ بجانب ذلك كما تحدثنا من قبل البروتوبلازم يختلف من خلية الى أخرى مثال بروتوبلازم الخلية الكبدية hepatic cell يختلف عن بروتوبلازم الخلية العصبية nerve cell و هكذا ٠ و بالرغم من ذلك فقد أثبتت التحاليل الكيميائية أن البروتوبلازم فى جميع الأنسجـــة الحيوانيــة animal tissues يحتـوى على العناصــر بنســب متفاوتـــــة (الكالسيوم Calcium و الحديد Iron و البوتاسيوم Potassium و الكبريت Sulphate و الصوديوم sodium و الماغنسيوم Magnesium و الفوسفورPhosphor و غيرها من العناصر) كما أنه يحتوى على الكربــون Carbon و الهيدروجيــن Hydrogen و الاكسجيــن Oxygen و الأزوت بنســب مختلفة ٠ و تتحد هذه العناصر مع بعضها البعض مكونه نوعين من المركبات العضوية organic components (البروتينات proteins – الدهون fats or lipids- الكربوهيدرات carbohydrates- الاحماض النووية Nucleic acids) و غير العضوية inorganic components (الماء water و الأملاح المعدنية mineral salts) ٠

أولا: المركبات العضوية فى الخلية

Organic components of the cell

يقصد بالمركبات العضوية المركبات التى لابد أن تحتوى على كل من الهيدروجين H و الكربون C معا مع وجود اى عناصر اخرى ٠ و تحتوى الخلية الحيوانية على أربعة أنواع من المركبات العضوية هــى : -

أ- المواد البروتينية Proteins

المواد البروتينية هى أكثر المواد العضوية تواجدا و انتشارا فى البروتوبلازم الحيوانى ٠٠ و من الصور المميزة للمادة الحية هى المواد البروتينية ٠ و تشتمل المواد البروتينية على المكونات الأتية : - الكربون C و الهيدروجين H و الأكسجين O و النيتروجين N بالاضافة الى عناصر أخرى توجد بنسب ضئيلة مثل الكبريت S و الفوسفورPH و الكالسيوم Ca و غيرها من

العناصر الأخرى ٠ جزيئات البروتين معقدة التركيب و أبسط وحداتها التركيبية هى الأحماض الأمينية٠٠ و تستطيع الأحماض الأمينية أن تتحد فيما بينها و أيضا مع مواد أخرى لتعطى عدد هائل من المواد البروتينية و الذى معه من الصعوبة وضع تصور حقيقى لتركيب البروتوبلازم ٠٠٠ و هذه الوحدات البسيطة للبروتينات ما هى الا أحماض عضوية تحتوى على الأحماض الأمينية تكون سلسلة طويلة منها باتحادها مع بعضه البعض.

البروتينات proteins – البروتيوزات proteoses – الببتونات peptones – عديدة الببتيدات polypeptides – ثنائية الببتيدات dipeptides – الأحماض الأمينية amino acids

وتمر هذه الأحماض الأمينية amino acids الى الدورة الدموية التى تحملها الى الخلايا التى تحولها الى بروتينات حيوانية شبيهه ببروتينات الجسم و ذلك تحت تأثير انزيمات خلويـــة خاصة ٠٠٠ و من هنا نجد أن لكل خلية مجموعة من البروتينات الحرة و التى تختار منها الخلية ما تحتاج اليه لتبنى لنفسها البروتينات اللازمــة و الضرورية و تسمى هذه البروتينات " بركة الخلية cell pool "

أنواع البروتينات Types of proteins

تصنف البروتينات على أساس طبيعة نواتج التحلل لهذه المواد البروتينية الى ثلاثة أنواع:-

بروتينات بسيطة Simple proteins

تحلل هذا النوع من البروتينات يعطى أحماض أمينية amino acids فقط و من هذه أمثلة ذلك ما يلى :-

أ-الهستونات Histones :- و من أهم ما يميزها أنها تذوب فى الماء و لكن لا تذوب فى الأمونيا المخففة ٠

ب - الألبومينات Alpomines :- بروتينات تذوب فى الماء و أيضا تتجلط اذا تعرضت للحرارة ٠

ج – الجلوبيولينات Golobulins :- و هذا النوع من البروتينات يذوب فى الأحماض و القلويات و محاليل الملح و لكنه لا يذوب فى الماء ٠

د – البروتامينات Protamines :- تذوب فى الماء و لكن لا تتجلط بالحرارة ٠

٢ - البروتينات المرتبطة Conjugated proteins

و تحتوى على الأنواع التى يمكن فيها أن تتحد البروتينات البسيطة مع مواد أخرى ٠٠ و هى تحتوى على الأنواع الأتية :-

أ- البروتينات السكرية Glycoproteins :- وتكون فيها البروتينات متحدة مع مادة كربوهيدراتية ٠

ب - البروتينات النووية Nucleoproteins :- و هى ناتجة من إتحـاد البروتيـــــن مع الحمض النووى ٠ و تعد هذه البروتينات المكون الأساسى للكروموسومات و تختلف الكائنات الحية تبعا لأختلاف محتوياتها من البروتينات

ج- البروتينات الدهنية Lipoproteins و هى ناتجة من إتحـاد البروتين مع الدهون ٠

٣-البروتينات المشتقة Derived proteins

و هى عبارة عن بروتينات معقدة حدث لها تحلل جزئى مثل تحلل البروتينات الى بروتيوزات و البروتيوزات الى ببتونات و هكذا ٠

مصادر البروتينات Sources of proteins

يوجد مصدران للبروتينات أحدهما حيوانى وهو عبارة عن اللحوم بأنواعها والأسماك والطيور والبيض بينما المصدر الثانى فهو نباتى مثل البقوليات بأنواعها المختلفة؛ الفول -العدس -البسلة الفاصوليا-اللوبيا وغيره.

وظائف البروتينات Functions of proteins

تلعب البروتينات دور هام و حيوى بالنسبة للكائن الحى حيث :-

١- تستخدم كمصدر حقيقى للنمو باضافتها الى بنيان الجسم ٠

٢- تعمل على تعويض التالف من الألياف البروتينية بالجسم ٠

٣- تساهم فى تخليق الهرمونات ٠

٤- لها المقدرة على الاتحاد مع عناصر و مواد أخرى لتكوين مركبات هامة للجسم مثل اتحادها مع الحديد لتكوين الهيموجلوبين و غيرها ٠

ب- المواد الكربوهيدراتية Carbohydrates

هى مركبات تتكون من الأكسجيـن و الهيدروجين و الكربون و يوجد العنصران الأوليان بنفس نسبة تواجدهما فى الماء ٠ و توجد هذه المواد فى صورة معقدة مثل النشا الحيوانى (الجليكوجين Glycogen) و النشا النباتى و السليلوز cellulose و أخرى بسيطة مثل السكريات الأحادية.

أنواع المواد الكربوهيدراتية Types of carbohydrates

يمكن تقسيم المواد الكربوهيدراتية الى ثلاثة أنواع : - مواد أحادية التسكر monosaccharides و ثنائية التسكر disaccharides و عديدة التسكر polysaccharides و تعرف المواد الأحادية و الثنائية بالمواد السكرية نظرا لمذاقها الحلو ٠٠٠ لذا فهى أيضا لها قابلية للأنتشار خلال الأغشية المشبعة و أيضا لها قابلية للذوبان فى المـاء ٠٠٠ أما المواد عديدة التسكر لا تنتشر خلال الأغشية المشبعة و لا تتبلور و تكون محاليل غروية مع المـاء ٠

المواد أحادية التسكر monosaccharides ٠٠٠ هى سكريات بسيطة و أهم هذه المركبات فى الخلية الحيوانية هى السكريات الخماسية pentose و السداسية hexose و هى توجد متحدة بالبروتينات و الدهون و تمثل السكريات الخماسية المكون الأساسى للكروماتين النووى nucleoprotein و بالتالى هى المسؤلة عن تكوين الأحماض النووية (حامض الريبو نيوكليك Ribonuclic acid و الدى أكسى ريبونيوكليك Deoxyribonucleic acid) بينما السكريات السداسية هو المسؤل عن توفير الطاقة الحيوية اللازمة للجسم٠

المواد ثنائية التسكر disaccharides ٠٠٠ و هى تتكون من اتحاد جزئين من السكريات الأحادية مع فقدان جزئ من الماء ٠٠٠ و من أهم هذه الأنواع سكر اللبن (اللاكتوز lactose) و يتكون من جزئين من الجلوكوز و الجلاكتوز ؛ سكر الشعير (المالتوز maltose) و يتكون من جزئين من الجلوكوز فى حين أن سكر القصب (السكروز sucrose) يتكون من جزئين هما الجلوكوز و الفراكتوز ٠

المواد عديـدة التسكر polysaccharides ٠٠٠ و هى تتكون من اتحاد عدة جزئيات من السكريات وحيدة التسكر مع فقدان جزئيات من الماء ٠٠٠ و من أهم المواد عديدة التسكر النشا النباتى (و يمثل المواد الكمربوهيدراتية المختزلة فى الخلايا النباتية و يتم تكوينه من ثانى أكسيد الكربون و الماء فى وجود الكلورفيل) و السليلوز النباتى cellulose (و هو المكون الأساسى لجدر الخلايا النباتية و يشارك أيضا فى تكوين التراكيب المسؤلة عن تكوين الدعامة الهيكلية للنبات) و النشا الحيوانى و يمثل المواد الكمربوهيدراتية المختزلة فى الخلايا الحيوانية و هى تمثل أهمية بالغة للحيوان و برغم تواجدة فى كثير من أنسجة الجسم body tissues الا أن الجزء الأكبر منه يوجد فى الكبد liver يمثل ٣ % من وزن الكبد " و العضلات muscles و يعرف بالجليكوجين glycogen و الجليكوجين الى حد ما قابل للذوبان فى المـــاء و من المحتمل أن يذوب فى البروتوبلازم و يمكن توضيحة فى الخلايا الكبدية من خلال نوعية معينة من الصبغات dyes فهو يعطى لون أحمر مع صبغة بست كارمين ٠

الأحماض النوويـــة Nucleic acids

الأحماض النووية عبارة عن مركبات كيميائية بالغة الأهمية they are very important chemical compounds ٠٠٠ و هى توجد فى جميع الكائنات الحية all living organisms و يحتوى الكائن الحى على حامض واحد على الأقل ٠٠ فتحتوى بعض الفيروسات virus على حامض الريبونيوكليك مثل فيروس الشلل Poliomyelitis Virus أو يحتوى بعضها على حامض دى أكسى ريبونيوكليك فقط كأكلات البكتريا Bacteriophages أما الحيوانات و النباتات الراقية فتحتوى على الحمضين معـــــا الريبونيوكليك Ribonucleic acid و دى أكسى ريبونيوكليك Deoxyribonucleic acid ٠٠٠ و يوجد حامض دى أكسى الريبونيوكليك فى النواة nucleus و الميتوكندريا فقط و يكون معظم التركيب الكروموسومى (من ٩٠% - ٩٥ %) و ذلك عندما تكون الخلية فى حالة انقسام division بينما تكون الخلية فى فترة الراحة أو الفترة البينية interphase stage فيوجد حامض دى أكسى الريبونيوكليك فى الخيوط الكروماتينية ٠٠٠ و فى النواة nucleus يتحد حامض دى أكسى الريبونيوكليك مع البروتينات (البيتونات و البروتامينات) مكونا البروتينات النووية nucleoprotein٠

أما حامض الريبونيوكليك فيوجد فى مناطق مختلفة ٠٠ يوجد فى السيتوبلازم cytoplasm و النواة nucleus٠٠ يوجد فى النواة بكميات قليلة فى النوية nucleolus و الكروماتين chromatin و الكروموسومات chromosomes بينما يوجد بكميات كبيرة فى السيتوبلازم حيث يكون جزءا كبيرا من الريبوسومات ribosome's٠ و أيضا تكون المواد الكربوهيدراتية مع بعض المواد الأخرى مركبات معينة مثل الأحماض الأمينية amino acids و البروتينات proteins و هذه المواد ذات أهمية خاصة فى تكوين الأحماض النووية nucleic acids٠

و تمثل الاحماض النووية بطاقة الهوية لكل كائن حى تحمل من خلالها الجينات المسئولة عن اظهار الصفات الوراثية (الجسدية و الجنسية) لكل كائن حى.

مكونات الأحماض النووية Components of nucleic acids

أبسط الوحدات التى تتكون منها الأحماض النووية nucleic acids هى النيوكليوتيدات nucleotides التى تتكون من ثلاثة جزيئات جزىء سكر خماسى (ريبوز ribose أو دى اكسى ريبوز deoxyribose) و جزىء حامض فوسفوريك phosphoric acid و جزىء نيتروجين قاعدى (بيريميدين pyrimidine bases أو بيورين purine bases) ٠٠٠ السكر الخماسى و النيتروجين القاعدى يعرفا بالنيكلوسيد nucleoside و القواعد النتروجينية البيريميدية عبارة عن سيتوسين cytosine و الثيمين thymene و اليوراسيل uracil فى حين

أن القواعد النيتروجينية البيورينية تتكون من الأدينين adenine و الجوانين guanine و يحتوى كل من الحامض النووى DNA و الحامض النووى RNA على الأدينين و الجوانين و السيتوسين بالأضافة الى ذلك يحتوى حامض DNA على الثيمين بينما يحتوى حامض RNA على اليوراسيل ٠

المواد الدهنيـة Fats

هى مواد تمثل مصدر اخر للطاقة another source of energy و بالتالي تتكون من نفس العناصر المكونة للمواد الكربوهيدراتية و هى :- الهيدروجين Hydrogen و الأكسجين Oxygen و الكربون Carbon و غيرها من العناصر الأخرى٠٠٠ و يحتوى البروتوبلازم على الدهون الحقيقية True Fats و مشتقاتها their derived و المواد الدهنية غير قابلة للذوبان فى الماء و لكن تذوب فى المذيبات العضوية Organic solvents مثل البنزين Petrolو بعض من المذيبات الأخرى Other solvents٠

أهمية الدهون Function of lipids

تلعب الدهون دور حيوي Vital role وهام داخل أنسجة الجسم و يتوقف هذا الدور على مكانها و الصورة الموجودة عليها ٠٠٠ فمثلا الجليسريدات تعمل كمصدر للطاقة الحرارية و حصن أمان ضد البرودة و المساعدة فى مقاومة أى أذى يلحق بالجسم فى حين أن الفوسفوليبيدات phospholipids توجد داخل النسيج العصبي Nerve tissue و تكون مسئولة عن تكوين مادة الميلين myelin و التى من خلالها تعرف الليفة العصبية nerve fibred هل هى ميلينية أو غير ميلينية ٠و تتحول الدهون الى مستحلب دهنى بواسطة أحماض العصارة الصفراوية مما يسهل من عملية هضمها بصورة أولية ٠٠٠ و بعض الدهون تلعب دور هام فى المحافظة على تنظيم الاداء الميكانيكى للجلد و الشعر مثل الكوليسترول ٠

و يوجد نوعان من الدهون فى أنسجة الجسم ٠٠ دهون متعادلة Neutral fats و الفوسفوليبيدات phospholipids و الثانى يمثل الدهن الحقيقى للبروتوبلازم ٠٠ و الدهون الحقيقية لا تتأثر بالعوامل المختلفة فعلى سبيل المثال فى حالة الجوع تتناقص كمية الدهون المتعادلة فى أنسجة بينما لا تتأثر الدهون الحقيقية (الفوسفوليبيدات) ٠٠ فعلى سبيل المثال الدهون التى توجد فى أنسجة المخ Brain tissues دهون حقيقية و بالتالى أثناء فترة الصوم Fasting لا تتأثر و ايضا نجد أن الكبد يمثل المحور الرئيسى للدهون داخل الجسم ٠٠٠ ففى حالات التسمم يزداد معدل الدهون فى الكبد بصورة كبيرة مع أن الكبد يلعب دور بالغ الأهمية فى عملية أيض الدهون Fat metabolism ٠٠٠ و يحتوى الكبد فى الصورة الطبيعية على ٤ % ليبيدات (١ : ٣ دهون

أساسية و فوسفوليبيدات) و يزداد معدل الدهون فى الكبد خلال الفترة الأولى من عملية الصيام و ذلك لأن المواد الدهنية تنتقل من مخازن الجسم الى الكبد لأكسدتها ثم بعد ذلك تأخذ الدهون فى الكبد فى التناقص تدريجيا٠

ثانيا- المكونات غير العضوية Inorganic component

يحتوى البروتوبلازم على المكونات غير العضوية فى صورة أملاح Salts متحدة مع المواد العضوية Organic components ٠٠٠ فهى تتحد مع المواد البروتينية (الأحماض الأمينية) مكونة بعض الهرمونات Hormones (الثيروكسين Thyroxine) أو بعض المركبات الأخرى (الهيموجلوبين و الهيموسيانين Haemoglobin & haemocyanine) ٠٠٠ و يختلف تركيز هذه العناصر داخل الخلية عن خارجها٠

الأملاح المعدنيـــة Mineral salts

و هى عبارة عن الأملاح غير العضوية inorganic salts التى توجد مذابة فى البروتوبلازم و السوائل الجسمية مكونة تقريبا ١ % من وزن الجسم و من أمثلتها كلوريد البوتاسيوم و كلوريد الصوديوم و فوسفات الكالسيوم و كربوناته و غيرها من الأملاح الأخرى ٠ فالأملاح المعدنية تلعب دورا هاما و حيويا فعلى سبيل المثال اذا نقصت كمية الكالسيوم عن معدلها العادى فى الدم قد تؤدى الى الوفاة ٠٠٠ و ايضا فى حالة نقص كل من الصوديوم و البوتاسيوم عن نسبتهما المألوفة فى الجسم فان القلب و العضلات لا يمكنهما أداء وظائفهما بالصورة الطبيعية ٠٠٠ هذا بالأضافة الى الأهمية التى يعرفها العامة قبل المتخصصين و هى أن الأسنان و العظام تتكون بصفة أساسية من أملاح.

المـــاء Water

يقول المولى عز و جل فى كتابه الكريم " بسم الله الرحمن الرحيم و جعلنا من الماء كل شىء حى صدق الله العظيم " ٠٠٠ نفهم من الآية الكريمة أن الماء هو كل شىء فى الحياة و لذا نجد أن كل خلية تحتوى على من ٦٠% الى ٩٠% ماء تقريبا ٠٠٠ فعلى سبيل المثال لا الحصر يستخدم الماء كمذيب solvent لعديد من المركبات المختلفة كما أنه الوسط medium الذى لابد منه لحدوث غالبية ان لم يكن جميع العمليات الفوسيولوجية الجسمية كالهضم و التنفس و الاخراج و الأمتصاص و الأخراج و غيرها من العمليات الأخرى المختلفة ٠٠٠ الى جانب ذلك يعمل الماء على حماية الجسم من التغيرات المفاجئة فى درجات الحرارة ٠

و تختلف كمية الماء من نسيج tissue الى آخر ، فالنسيج العظمى للأنسان يحتوى تقريبا على ١٠% بينما يحتوى النسيج العضلى على ٧٥% تقريبا ٠٠٠ و حتى فى العضو الواحد تختلف

كمية الماء من نسيج الى نسيج فعلى سبيل المثال يحتوى نسيج المادة البيضاء فى المخ على ٦٨% فى حين أن نسيج المادة السنجابية للمخ يحتوى على ٨٤% تقريبا من الماء ٠٠٠ أيضا تختلف كمية الماء لنفس النسيج لعمر النسيج ، فالنسيج فى الأطوار الجنينية يحتوى على نسبة عالية من الماء عنه فى مرحلة الشيخوخة فعلى سبيل المثال كمية الماء فى مخ الفأر الصغير قد تصل الى ٩٠% من وزن المخ بينما تصل الى ٧٥% من وزن المخ للفأر البالغ ٠٠ و بالتالى نسبة الماء داخل النسيج ترتبط بالأداء الوظيفى للنسيج ٠

السيتوبلازم

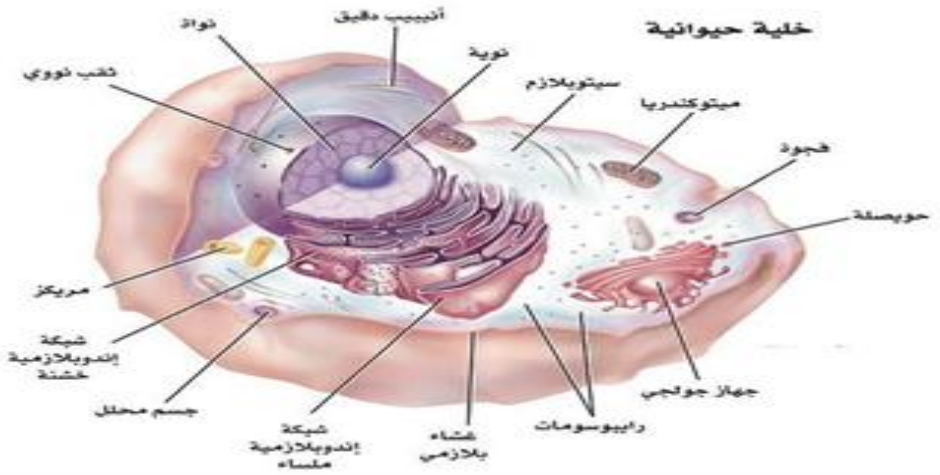
السيتوبلازم مادة لزجة (شبيهة بالهلام) محاطة بغشاء الخلية. يتكون من السيتوسول بالإضافة إلى المشتملات وعدد من العضيات الخلوية ذات الوظائف المختلفة.

مكونات السيتوبلازم

أ- مادة السيتوبلازم (السيتوسول) : مادة لزجة تحتوي على الماء والبروتينات والكربوهيدرات والأنزيمات والأملاح غير العضوية.

ب- العضيات السيتوبلازمية : تراكيب حية تسبح في مادة السيتوبلازم وتقوم بوظائف معينة تخدم حياة الخلية. وتنقسم الى عضيات غشائية وعضيات غير غشائية.

ج-المشتملات السيتوبلازمية : مواد غير حية مخزنة في السيتوبلازم. وتشتمل على مواد غذائية تخزينية مثل الجليكوجين والدهون والأصباغ مثل الهيموجلوبين والميلانين وغيرها و تشمل ايضا بعض البللورات.



شكل (٣) الخلية الحيوانية

الوظيفة:

١-إذا كانت الخلية خالية من السيتوبلازم فلن تتمكن من الحفاظ على شكلها وستكون مفرغة ومسطحة ولن تبقى العضيات معلقة في محلول الخلية دون دعم السيتوبلازم.

٢-يحدث في السيتوبلازم معظم التفاعلات الأنزيمية والنشاط الأيضي للخلية.

٣-يساعد السيتوبلازم على تحريك المواد ، مثل الهرمونات ، حول الخلية ويذيب أيضًا النفايات الخلوية.

ثانيا: المكونات الحية في بروتوبلازم الخلية

Living components

يشتمل بروتوبلازم الخلية على العديد من المكونات الحية منها:-

غشاء البلازما The plasma membrane

من خلال تعريف الخلية على أنها كتلة من البروتوبلازم تحتوى على نواة أو أكثر أو لا تحتوى و تحاط بغشاء من الخارج ٠٠٠ أجرى بعض الباحثين بعض التجارب للتأكد من أن الخلية تحتوى على غشاء (بالرغم من أن هذا الغشاء رقيق جدا و لا يمكن مشاهدته بالميكروسكوب العادى) فقام بعضهم بحقن الخلية بنوع من الصبغات فلاحظا عدم خروج الصبغة خارج الخلية مما يعنى وجود غشاء يحيط بالخلية ٠٠ و أيضا بأحداث ثقب بالخلية لوحظ خروج البروتوبلازم خارج الخلية مما يعنى وجود غشاء يمنع خروج البروتوبلازم ٠

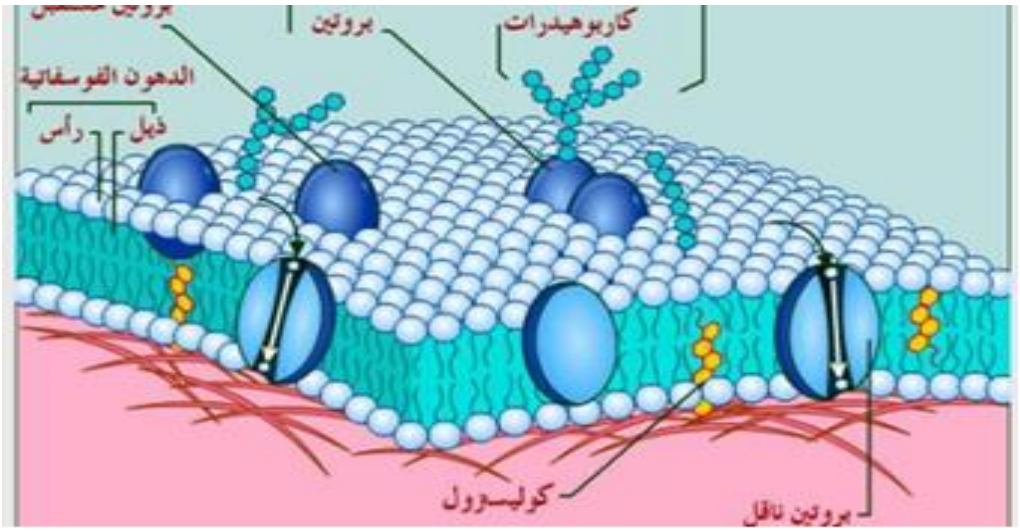
تركيب غشاء البلازما Structure of plasma membrane

أوضحت الدراسات التى أجريت بواسطة مجموعة من الباحثين منذ فترة زمنية بعيدة أن غشاء البلازما يتركب من طبقة واحدة رقيقة من الدهون٠٠ و حيث أن نفاذ أى مادة خلال مادة أخرى مرتبط بقابلية هذه المادة على الذوبان فى الأخرى و بناءا عليه اذا كان غشاء الخلية عبارة عن ليبيدات فلابد أن أى مادة داخل الخلية يكون لها القابلية للذوبان فى الدهون و لكن وجد مواد داخل الخلية ليس لها القابلية للذوبان فى الدهون ٠

نموذج دانيللى لغشاء الخلية Danielli theory

تناول العالم دانيللى (١٩٥٢) تركيب غشاء الخلية فى صورة نموذج يعرف بنموذج دانيللى لغشاء الخلية و فيه يبين أن غشاء الخلية عبارة عن ثلاث طبقات و ليست طبقة واحدة ، الطبقة الخارجية و الداخلية عبارة عن بروتين protein بينما الطبقة المتوسطة عبارة عن ليبيدات

lipids (دهون) فى صورة جزئين و لكن هذا التركيب لم يفسر كيفية دخول المواد التى ليست لها قابلية للذوبان فى الدهون داخل الخلية ٠٠٠ ثم طور دانيللى (١٩٥٤) من فكره موضحا أن غشاء الخلية تركيب غير متصل و أنه يحتوى على ثقوب pores من خلالها تمر المواد التى ليس لها قابلية للذوبان فى الدهون داخل الخلية ٠٠٠٠ ثم جاء بعد ذلك العالم روبرتسون (١٩٥٩) و بواسطة استخدام الميكروسكوب الألكترونى ليأكد تركيب دانيللى (١٩٥٤) على أن غشاء الخلية تركيب ثلاثى الطبقات و لكنه أضاف أن طبقة الليبيدات المزدوجة جزءها الخارجى محب للماء بينما جزءها الداخلى كارهه للماء و أن غشاء الخلية يحاط من الخارج بطبقة سطحية رقيقة من المواد السكرية المخاطية يطلق عليها الغلاف الكأسى أو الغلاف السكرى ٠



شكل (٤) غشاء الخلية

النموذج الفسيفسائى السائل The fluid mosaic theory

البحوث الحديثة توضح أن نموذج دانيللى قد لا ينطبق على التنظيم الكيميائى لأغشية الخلايا الحيوانية جميعها بالرغم من أن التركيب العام لغشاء الخلية عبارة عن بروتينات و دهون و لكن تختلف كل خلية عن الأخرى فى سمك الغشاء و هذا يبين أن نسبة الليبيدات فى تركيب غشاء الخلية قد تتراوح بين ٣٠ % الى ٨٠ % و هذا يوضح المدى الواسع فى النسبة مما يؤكد اختلاف أغشية الخلايا عن بعضها البعض ٠ و فى عام ١٩٧٢ قدم نظرية تشبه بصورة أساسية نموذج دانيللى و ذلك فيما يتعلق بوجود طبقة مزدوجة من الليبيدات منظمة بحيث تكون رؤوسها محبه للماء و متجهه ناحية سطح الغشاء الخلوى و نهايتها غير محبه للماء متجهه للداخل ٠٠٠ و لكن هذه النظرية ترى أن وجود البروتينات غير قاصر على أسطح الخلايا أى أنها لا تكون صفيحة كاملة على أسطح تلك الأغشية و لكن توجد بطريقة انتشارية على كل من السطحين الخارجى و

الداخلى للخلية ٠٠٠ و أيضا قد يكون تركيب البروتينات السطح الخارجى مختلفة عن بروتينات السطح الداخلى لأسطح الخلايا ٠

يتألف الغشاء البلازمي من البروتينات والليبيدات التي تكون مرتبة مع بعضها البعض بشكل طبقة رقيقة بواسطة اواصر غير تساهمية وتعتمد نسبة الليبيد إلى البروتين على نوع الغشاء الخلوي بالنسبة للغشاء البلازمي والعضيات الخلوية الأخرى كما ويؤثر نوع الكائن الحي فيما إذا كان حقيقي النواة أو بدائي النواة على هذه النسبة كذلك يلاحظ وجود الكوليسترول وليبيدات سكرية وتختلف نسبة هذه الأنواع من الدهون الغشائية باختلاف أنواع الاغشية البلازمية وقد بينت نتائج الدراسات الحديثة على اغشية كريات الدم الحمراء ان هنالك تباين في توزيع هذه الأنواع من الدهون وحتى الدهن الواحد على طبقتي الغشاء فمثلاً يوجد Choline Phospholipidsوالدهون السكرية على الطبقة الخارجية أكثر من وجودها على الطبقة الداخلية للغشاء المواجهة للسايتوبلازم والتي يكثر وجود Amino Phospholipids عليها وقد اقترح الباحثون ان هذا التباين يكون ثابتاً حيث لايحدث تبادل بين طبقتي الدهن ويمكن ان يعزى ذلك إلى ان المجاميع القطبية الكارهة للماء Hydrophobic لطبقة الدهن الثانية تتطلب طاقة عالية إذا ما ارادت الحركة خلال المركز. ان جزيئة الدهن تتألف من جزئين هما:-

١- الجزء القطبي Polar Portion وهذا الجزء محب أو اليف للماء

٢- الجزء غير القطبي Nonpolar Portion وهذا الجزء كاره أو غير أليف للماء Hydrophobic

إن انتقال المواد عبر الغشاء يمكن أن يتم بشكل منفعل passive حسب قواعد الانتشار وفق تدرج التركيز وهنا يتطلب أن تكون المادة منحلة في الدسم لتنحل في الطبقة الثنائية الدسمة أو منحلة في الماء لتؤمن عبورها مع الماء عبر القنوات الشاردية الموجودة ضمن البروتينات الغشائية، طريقة أخرى للنقل تدعى بالنقل الفعال تتطلب صرف طاقة يتم الحصول عليها عن طريق جزيئات آ تي بي تقوم بها جزيئات بروتينية خاصة تعمل كمضخات شاردية.

تتواجد أيضا ضمن الغشاء مستقبلات بروتينية تعمل على استقبال الإشارات الحيوية من البيئة المحيطة بالخلية على شكل مرسالات خلوية كيميائية أو هرمونات .يتم نقل هذه الإشارات إلى الداخل الخلوي مما يؤدي للاستجابة على هذه الإشارة. بعض البروتينات الأخرى تعمل كعلامات تميز هذه الخلايا بالنسبة لخلايا أخرى لإتمام التواصل. ترابط هذه البروتينات مع مستقبلاتها النوعية في الخلايا الأخرى تشكل الأساس للتآثر الخلوي في الجهاز المناعي.

التركيب الكيميائى لغشاء الخلية

Chemical structure of the cell membrane

كما تحدثنا من قبل من خلال نموذج دانيللى للخلية أن غشاء الخلية يتركب بصفة أساسية من الليبيدات بنسبة قد تصل الى ٣٠% و البروتينات بنسبة قد تصل الى ٧٠ % و أيضا يحتوى على المواد الكربوهيدراتية بنسبة تتراوح من ١ % الى ٥ % طبقا لروبرتسون عام ١٩٥٩.

الأهمية الوظيفية لغشاء البلازمـا

Functional significance of plasma membrane

يلعب غشاء الخلية دور هام بالنسبة للخلية موجزها فيما يلى :-

١- النفاذيـــة Permeability

و من خلالها يعمل غشاء الخلية على التحكم فى مرور المواد الذائبة الى داخل الخلية و يمنع انتشار البروتوبلازم خارج الخلية و تعرف هذه الظاهرة بالنفاذية و لها أهمية أساسية و ذلك لأنها الميكانيكية التى تنظم دخول المواد الأساسية لبناء التراكيب الحية كما تنظم خروج الماء و المواد التالفة التى تتخلص منها الخلية.

٢- ظاهرة الالتهام (الابتلاع) Phagocytosis

ولما كان غشاء الخلية يمثل الحد الفاصل بين الخلية والوسط الذي يحيط بها فان الجزء الأكبر من عمليات تبادل المواد بين الخلية و الوسط المحيط بها يتم عن طريق عملية الالتهام أو الابتلاع و التى تعرف بالنقل النشيط للأيونات و الجزيئات فعلى سبيل المثال يتم أغتذاء الخلايا بصورة نشطة للأجزاء الصغيرة من المواد الصلبة و المذابة بواسطة عملية الأبتلاع أو الألتهام .و أيضا فى مرور النواتج الخلوية من الخلية الى الوسط المحيط بها.

٣-غشاء البلازما هو المسئول عن تحديد الشكل العام للخلية

من وظائف الغشاء الخلوي ما يأتي يساهم في نقل المواد من الخليّة وإليها.

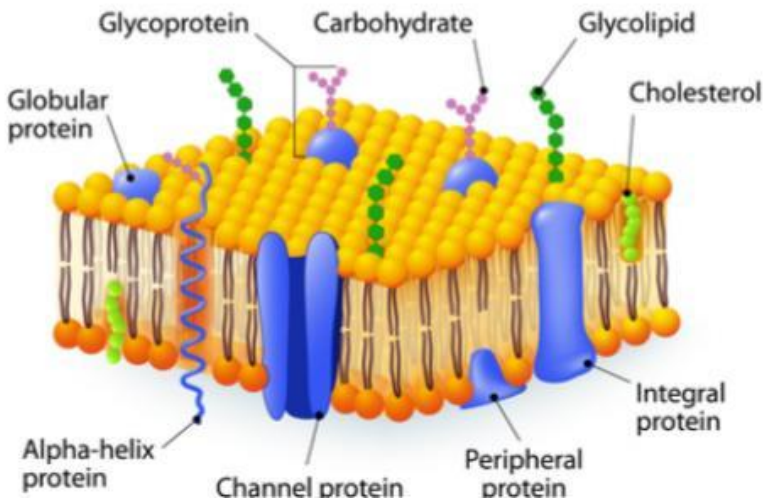
أنواع النّقل عبر الغشاء الخلوي، ما يأتي

١-**الانتشار البسيط (Diffusion)** نقل الجزيئات غير القطبيّة والجزيئات القطبيّة صغيرة الحجم عبر الدّهون المفسفرة للغشاء البلازمي؛ من المناطق ذات التّركيز المرتفع إلى المناطق ذات التّركيز المنخفض أي باتجاه التّركيز؛ للوصول إلى حالة الاتزان دون الحاجة إلى مصدر خارجيّ للطاقة.

٢-الانتشار المسهّل (Facilitate diffusion):انتقال الأيونات والجزيئات القطبيّة باتجاه التّركيز بمساعدة البروتينات النّاقلة في الغشاء البلازمي، دون الحاجة إلى مصدر خارجي للطاقة.

٣- النّقل النّشِط (Active transport) نقل المواد المشحونة والقطبيّة عبر الغشاء الخلوي من المنطقة ذات التّركيز المنخفض إلى المنطقة ذات التّركيز المرتفع (ضد التّركيز)، وهذا النّوع من النّقل يحتاج إلى طاقة على شكل (ATP).

٤- الإدخال الخلوي (Endocytosis) :هي طريقة لنقل المواد كبيرة الحجم إلى داخل الخليّة، وتتمّ كالآتي: ينثني الغشاء الخلوي حول المادة التي تحتاجها الخليّة للداخل، فيتشكل غمد أو جيب صغير يبدأ بالتخصّر والتعمّق ليشكّل حويصلةً، تنفصل بعد ذلك عن الغشاء الخلوي، وبذلك تصبح داخل الخليّة وهي عمليّة معاكسة تماماً لطريقة الإخراج الخلوي.



شكل (٤) غشاء الخلية

عضيات الخلية

١- **العضيات الغشائية:** وهي محاطة بغشاء وتشمل:

الشبكة الإندوبلازمية - جهازجولجي - الميتوكوندريا - الليسوسومات - الفجوات - البيروكسيسومات.

٢- **العضيات الغير غشائية :** لا تحتوى على أغشية وتشمل:

الريبوسومات - الجسم المركزي - الهيكل الخلوي (الأنيبيبات الدقيقة و الخيوط) – الاهداب و الاسواط

الميتوكندريا Mitochondria

أجريت العديد من الأبحاث العلمية متناولة الخلية الحيوانية و أيضا النباتية و ذلك بداية من نهاية القرن التاسع عشر و حتى يومنا هذا مازالت تجرى الأبحاث المتطورة مع تطور التقنيات الحديثة٠٠٠ ففى عام ١٨٩٠ م استطاع العالم ألتمان Altmann من وصف الميتوكندريا mitochondria داخل الخلية العصبية nerve cell ثم أكد العالم بندا Benda وجود الميتوكندريا فى جميع الخلايا فى عام ١٨٩٧م ٠ يحتوى سيتوبلازم الخلية على الميتوكندريا فى صورة عضيات حية Living organisms و تم التعرف عليها من خلال الميكروسكوب الضوئى Light microscope الذى أظهرها فى صورة حبيبات صغيرة Small granules أو قضبان قصيرة Short rods أو حويصلات Vesicles أو خيوط دقيقة Filaments و أخذت هذه الأشكال مسميات مختلفة ٠٠ تعرف الميتوكندريا التى تحمل شكل القضبان القصيرة و الخيوط الصغيرة بالكندريوكنتات Chonderioconts أما الميتوكندريا حبيبية الشكل تسمى بالكندريوميتات chonderiomites فى حين أن الميتوكندريا حويصلية الشكل تعرف بالكندريوسفيرات Chonderiospheres ٠٠٠ و تعتبر الميتوكندريا المولدات النباتية للطاقة Power plants فى الخلايا أو مصانع إلاهية يتم بداخلها تحويل الطاقة الكيميائية الموجودة فى المواد الغذائية الى نوع من الطاقة يتم استخدامة بواسطة الخلايا المختلفة بالجسم ٠

أشكال الميتوكندريا Morphology of mitochondria

هل من الضرورى أن تحتوى الخلية على شكل واحد فقط من أشكال الميتوكندريا ؟

كل خلية تحتوى على شكل أو أكثر من الأشكال المميزة للميتوكندريا ٠٠٠ فعلى سبيل المثال تحتوى خلايا البنكرياس Pancreatic cells على الشكل الخيطى للميتوكندريا فى حين أن الخلايا التناسلية genital cells (البويضات و الحيوانات المنوية Sperms & Eggs) تحتوى على الشكل الحبيبى للميتوكندريا بينما الخلايا العصبية Nerve cells تحتوى على شكلين من أشكال الميتوكندريا و هما القضبان القصيرة و الخيوط الصغيرة (Chonderioconts) و كذلك نجد أن الخلايا الطلائية للأمعاء intestinal epithelial cells تحتوى على الشكل الحويصلى و الحبيبى و الخيطى داخل الخلية الواحدة و هذا يعنى أن الخلية يمكنها أن تمتلك شكل واحد أو عدة أشكال ٠

حجم و عدد و توزيع الميتوكندريا Size , number and position

لاتحتوى الخلايا الحيوانية على حجم واحد للميتوكندريا و لكن يختلف حجم الميتوكندريا باختلاف نشاط الخلية ٠٠٠ و لكن الملاحظ أن عرض الميتوكندريا Width of mitochondria ثابت

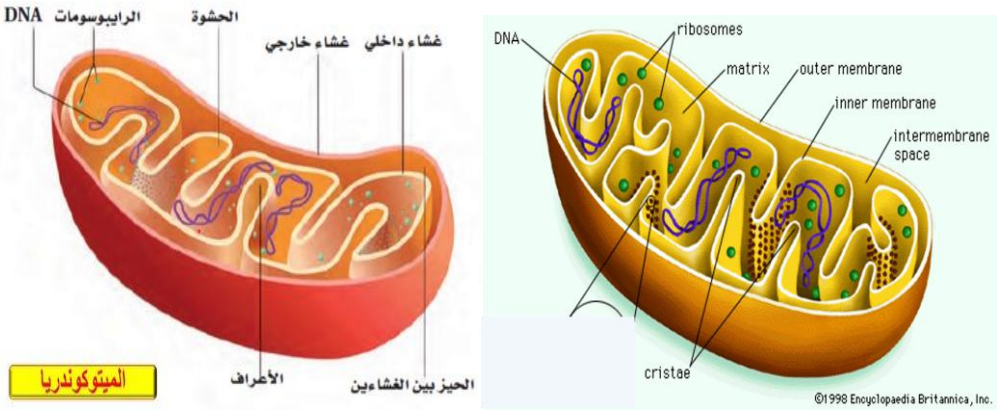
تقريبا بينما طولها length يختلف من خلية الى أخرى فقد يوجد منها القصير و قد يوجد الطويل حسب نشاط الخلية و أيضا الضغط الأسموزى و المثبت المستخدم. يختلف عدد الميتوكندريا تبعا لنوع الخلايا و حالتها ووظيفتها ٠٠٠ فعلى سبيل المثال تحتوى الخلية الكبدية للثدييات Mammalian hepatic cells على حوالى ٢٥٠٠ بينما يتناقص هذا العدد و قد يصل الى ٢٠٠ تقريبا فى الخلايا الكبدية المصابة بالسرطان Hepatoma تنتشر الميتوكندريا فى الظروف العادية فى جميع أنحاء السيتوبلازم و لكن فى حالات أخرى قد تتمركز فى مناطق معينة ٠٠٠ نجد أن الميتوكندريا فى خلايا الكلية Kidney cells تتجمع فى المنطقة القاعدية Basal region للخلية بينما فى الأنواع الأخرى للخلايا يختلف موضع الميتوكندريا حسب وظيفتها كمصدر للطاقة Energy suppliers ٠٠٠ ففى خلايا شبكية العين تحتل الميتوكندريا المنطقة الداخلية Inner region للتركيب الدقيق للخلية فى حين أنها تشغل حافة السيتوبلازم فى الخلايا العصبية Nerve cells ٠

تركيب الميتوكندريا Structure of mitochondria

نتناول هنا التركيب الدقيق و التركيب الكيميائى للميتوكندريا :-

١- التركيب الدقيق Ultra structure

يقصد به استخدام الميكروسكوب الألكترونى و الذى تظهر من خلاله فى صورة تجويف محاط بغشاء خارجى أملس و ايضا يوجد داخل هذا الغشاء غشاء أخر يمتد داخل تجويف الميتوكندريا على هيئة مجموعة من الأعراف أو الفواصل أو الحواجز التى تقسم التجويف الى مجموعة من الحجرات الصغيرة ٠٠٠ و نلاحظ أيضا أن الغشاء الداخلى يقسم الميتوكندريا الى حجرتين ، حجرة خارجية تقع بين الغشائين الخارجى و الداخلى و حجرة داخلية يحدها الغشاء الداخلى و تمتلأ بمادة تعرف بالمادة الخلالية للميتوكندريا فى جميع أنواع الميتوكندريا تركيب الغشاء الخارجى واحد بينما تركيب الغشاء الداخلى و الجواجز الميتوكندرية مختلفة باختلاف الخلايا و ايضا الحواجز الميتوكندرية تقسم الحجرة الداخلية انقسام غير كامل و يعتبر وجود مثل هذه الحواجز و أشكالها نوع من التحور للحصول على متسع من مساحة السطح تتم علية العمليات الحيوية ٠٠٠ لذا نجد أن الميتوكندريا تحتوى على حبيبات بالغة الدقة موزعة بانتظام على الحواجز الميتوكندرية و تمثل هذه الحبيبات تجمعات من الأنزيمات التنفسية ٠٠٠ و تحتوى الخلية الكبدية على حوالى ١٥٠٠٠ من الانزيمات التنفسية بينما فى خلايا عضلات الطائر قد تحتوى كل خلية على ١٠٠٠٠٠ انزيم تنفسى ٠



شكل (٥) الميتوكندريا

٢- التركيب الكيميائى Chemistry of mitochondria

يختلف التركيب الكيميائى للميتوكندريا من خلية الى أخرى باختلاف الظروف و مدى تأثرها بالتغيرات المرضية ٠ تتركب الميتوكندريا كيميائيا من الليبيدات (حوالى ٣٠%) و البروتينات (حوالى ٧٠ %) ٠

توضيح الميتوكندريا Demonstration of mitochondria

لكى يتم التعرف على الميتوكندريا و توضيحها داخل الخلية لابد من توفر وسيلة تقنية حديثة متمثلة فى استخدام ميكروسكوب التباين Phase contrast microscope و ذلك لعدم القدرة على مشاهدتها بالميكروسكوب الضوئى العادى ٠٠٠ لذا يمكن مشاهدة الميتوكندريا فى الخلية إما

١- موجودة فى الصورة الحية Live cell و ذلك بحقن الخلية بصبغة معينة تتأثر بها فقط الميتوكندريا مثل صبغة الجانس الخضراء و السوداء Green or Black Janus stains ٠٠ و يصبغ الجانس الأخضر الميتوكندريا باللون الأخضر المزرق فى حين أن هذه الصبغة لا تظهر فى المحتويات الأخرى للسيتوبلازم و ذلك لأختزالها الى مادة قاعدية ٠

٢- موجودة فى الصورة المثبتة Fixative cell : - و فى هذه الحالة لابد من تثبيت الخلية بواسطة مثبت مناسب (حمض الكروميك أو رابع أكسيد الأوزميوم Chromic acid or Osmium tetroxide) بحيث لا تتحلل مكونات الخلية و خصوصا التركيب الدهنى البروتينى lipoprotein structure و بعد ذلك تصبغ الخلية بواسطة صبغة مناسبة تقوم بصباغة الميتوكندريا فقط دون صباغة المكونات الأخرى للخلية مثل صبغة الفكسين الحمضى لألتمان Altmann acid fuchsin أو محلول ريجو Regaud's iron-alum haematoxylin أو

محلول بندا البنفسجى البلورى Benda's crystal violet solution و غيرها من الصبغات الأخرى.

عدم تجانس الميتوكندريا Heterogeneity of mitochondria

تحدثنا من قبل عن الأشكال المختلفة للميتوكندريا داخل الخلايا المختلفة و كيف أن الخلية لابد أن تحتوى على شكل أو عدة أشكال مختلفة يتوفر فيها شرط التجانس بين هذه الأشكال فى العضو الواحد ٠٠٠ الا أنه قد يوجد أكثر من نمط أو شكل فى خلايا العضو الواحد كما هو الحال فى خلايا كبد الثدييات و يطلق على هذه الظاهرة Phenomenon " عدم تجانس الميتوكندريا Heterogenity of mitochonderia " و قد يعزى هذا الأختلاف الى نشاط الخلايا المختلفة cell activities ٠ ففى حالة الفصوص الكبدية للثدييات Mammalian hepatic lobules نجد أن الخلايا الحافية للفص الكبدي peripheral cells of hepatic lobules) الخارجية) تحتوى على ميتوكندريا خيطية فى حين أن الخلايا فى المنطقة المتوسطة للفص الكبدى Central lobules تحتوى على خليط من أشكال الميتوكندريا (الحبيبى و الخيطى)

وظائف الميتوكندريا Functions of mitochondria

للميتوكندريا مهام وظيفية عديدة منها : -

١ - نظرا لحتوائها على العديد من الانزيمات التنفسية تعتبر من المراكز التنفسية للخلية ٠

٢- تحتوى الميتوكندريا على انزيمات تؤدى وظيفة متناقضة أى تقوم بعملية البناء فى الأوليات النباتية و عملية الهدم فى الأوليات الحيوانية ٠

٣ - يعتقد أن الميتوكندريا مسئولة عن انتاج حبيبات الزيموجين فى خلايا البنكرياس لذا فهى تلعب دور هام فى عملية الهضم خارج الحلايا ٠

٤ - تلعب الميتوكندريا دورا هام فى عملية أيض الدهون ٠

٥- تقوم الميتوكندريا بدور هام فى تكوين المح الزلالى فى البويضات ٠

٦- تكون الميتوكندريا غلاف الخيط المحورى للقطعة المتوسطة للحيوان المنوى

الشبكة الاندوبلازمية Endoplasmic reticular

لعب الميكروسكوب الألكترونى دور هام و حيوى فى التعرف على التركيب الدقيق لمكونات الخلية ٠٠٠ ففى عام ١٩٥٤ تمكن العالم بورتر من اكتشاف الشبكة الاندوبلازمية داخل بروتوبلازم الخلية و أكد أيضا أن جميع الخلايا الحيوانية تحتوى على هذا التركيب فيما عدا كرات الدم الحمراء كاملة التكوين٠

تركيب الشبكة الاندوبلازمية Structure of idioplasmic reticular

****

الشبكة الاندوبلازمية عبارة عن جهاز يتكون من تجاويف على شكل أنابيب أو قنوات أو حويصلات أو جميعها ٠ و تحاط هذه التجاويف بأغشية رقيقة ، و يختلف عدد هذه التجاويف الغشائية حسب نوع الخلية فتكون كثيرة جدا فى العدد كما فى الخلايا الكبدية و البنكرياسية أو قليلة كما فى الخلايا العضلية ٠ و قد لوحظ التنظيم الشبكى للشبكة الاندوبلازمية لأول مرة فى مزارع الأنسجة حيث يكون جميع أجزائها متصلة مكونه جهازا متصلا و لكن هذا التركيب غير ثابت فى كل الخلايا و لكنه يتكسر الى الأشكال المكونة للشبكة الاندوبلازمية٠

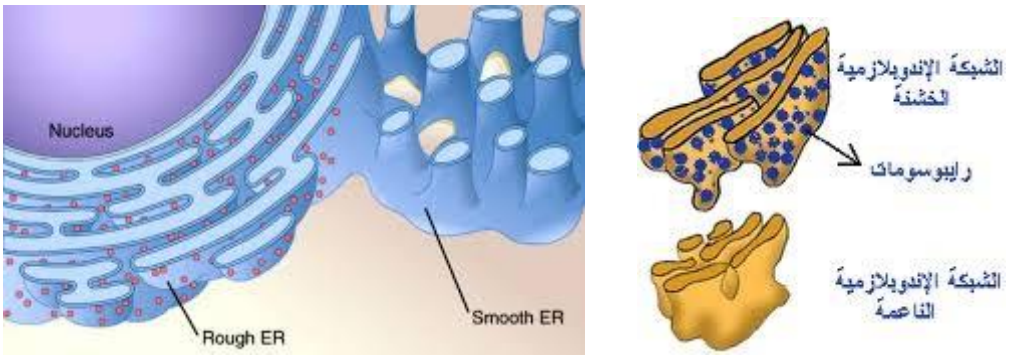
أنواع الشبكة الاندوبلازميــة Types of endoplasmic reticular

١ـ الشبكة الاندوبلازمية الخشنة (المحببة)

Rough (granular) endoplasmic reticula

أهم ما يميز هذا النوع من الشبكة الاندوبلازمية وجود حبيبات دقيقة جدا على السطح الخارجى لغشائها و هذه الحبيبات تكسب الشبكة الاندوبلازمية الملمس الخشن ٠ و هذه الحبيبات غنية) و لذلك سميت هذه الحبيبات بالريبوسومات RNA بالمواد البروتينية و حمض الريبونيوكليك (أو الحبيبات النووية و تكون الشبكة الاندوبلازمية الخشنة مركزة و واضحة التكوين فى المناطق القاعدية من الخلية (المناطق التى تقبل الصباغة بالصباغات القاعدية) و خصوصا الخلايا الافرازية ٠ و الشبكة الاندوبلازمية المحببة واسعة الانتشار فى الخلايا النامية و فى الخلايا التى لها علاقة بتكوين المواد البروتينية.

تحتوى فى تجويفها على حبيبات الانزيمات الخام و التى تستخدم فى تحويل الأحماض الأمينية الى بروتينات و هذا يعنى أن المواد البروتينية التى تتكون بواسطة الريبوسومات يتم تجميعها فى تجاويف الشبكة الاندوبلازمية حيث تتكاثف على هيئة حبيبات ٠ و هذا يفسر تواجد مادة الألبومين متمركز فى تجويف الشبكة الاندوبلازمية لخلايا البنكرياس و الخلايا المبطنة لقناة البيض فى الطيور٠ وترتبط الشبكة الاندوبلازمية الخشنة ارتباطا وثيقا بعملية نمو الخلايا و أيضا التميز ٠



شكل (٦) الشبكة الاندوبلازمية

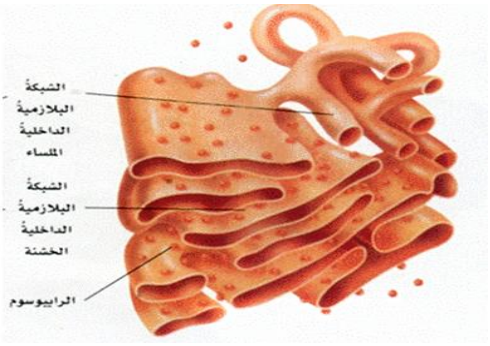
٢ـ الشبكة الاندوبلازمية الملساء (الناعمة)

Smooth(Agranular)endoplasmicreticulum

يتميز هذا النوع من الشبكة الاندوبلازمية بعدم احتوائه على الريبوسومات أو الحبيبات النووية أى أن السطح الخارجى لغشائها أملس ٠ و يوجد هذا النوع من الشبكة الاندوبلازمية الملساء فى الخلايا العضلية الارادية و الخلايا الطلائية لشبكية العين.

هل الخلية تحتوى على نوع واحد فقط من نوعى الشبكة الاندوبلازمية ؟

ليس من الضرورى احتواء الخلية على نوع واحد من نوعى الشبكة الاندوبلازمية بل توجد خلايا تحتوى على النوعين معا مثل الخلية الكبدية حيث تقع الشبكة الاندوبلازمية الخشنة فى المنطقة المركزية للخلية بينما توجد الشبكة الاندوبلازمية الناعمة عند المنطقة الحافية للخلية ٠



شكل (٦) الشبكة الاندوبلازمية

العلاقة بين الشبكة الاندوبلازمية و الغشاء النووى للنواة

من المعلوم أن الغشاء النووى الذى يحيط بالنواة يتكون من طبقتين احداهما خارجية و الثانية داخلية و من ثم وجد أن الشبكة الاندوبلازمية ترتبط ارتباطا قويا بالطبقة الخارجية للغشاء

النووى و لذلك أعتبر الغشاء النووى جزءا من الشبكة الاندوبلازمية ٠ و هذا يوضح عدم وجود الشبكة الاندوبلازمية فى كرات الدم الحمراء كاملة التكوين و أيضا عدم وجود نواة بها ٠

أهمية الشبكة الاندوبلازمية Significance of endoplasmic reticule

تلعب الشبكة الاندوبلازمية دورا هام فى بعض الأنشطة الخلوية و بصفة خاصة ما يتعلق بالبروتينات و الافرازات الخلوية ٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠ الشبكة الاندوبلازمية الخشنة او المحببة تلعب دور رئيسى فى تخليق البروتين من خلال حبيبات الريبوسومات التى تحملها على اغشيتها بينما توجد الشبكة الاندوبلازمية الملساء بشكل كبير و مميز فى الخلايا التى لها علاقة بانتاج المواد الدهنية و الكربوهيدراتية مما يدل على أن لهل علاقة بتلك الوظائف ٠ كما أنها تلعب دورا هام و حيوى فى نقل المؤثرات المنبهه من منطقة الى منطقة أخرى داخل الخلية.

الريبوسومـات Ribosomes

كما تحدثنا من قبل أن الريبوسومات توجد على الغشاء الخارجى الذى يحيط بالشبكة الاندوبلازمية و هى عبارة عن تراكيب بالغة الدقة توجد فى جميع الخلايا الحيوانية فيما عدا كرات الدم الحمراء كاملة التكوين٠ الريبوسومات اما أن توجد حرة التوزيع داخل المادة الخلالية للسيتوبلازم أو متصلة بأجزاء معينة من غشاء الشبكة الاندوبلازمية (فى الخلايا التى تلعب فيها الريبوسومات دورا فى تخليق البروتين و هى العملية التى يتم أثناءها تجميع و تنظيم الأحماض الأمينية بطريقة معينة لتكون سلسلة من عديدة الببتيدات)٠ وتبدو الريبوسومات كروية الشكل أو عصوية أو عديدة الأضلاع ، و يتكون كل ريبوسوم من وحدتين صغيرتين ٠ و المكونات الأساسية للريبوسوم عبارة عن البروتين و الحمض النووى الريبونيوكليك بنسب قد تكون متساوية مع وجود أو عدم وجود نسبة ضئيلة من المواد الدهنية و بالتالى فان الريبوسومات تلعب دور حيوى و أساسى فى عملية تخليق البروتين.

جهاز جولجى Golgi apparatus

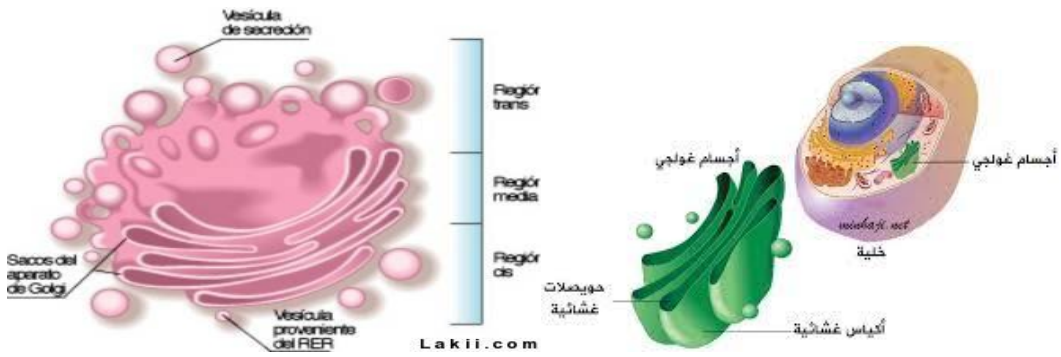
فى عام ١٨٩٨ م لاحظ كاميللو جولجى Camillo Golgi أثناء دراسته للخلايا العصبية Nerve cells لبعض الفقاريات Vertebrates وجود تركيب شبكي Network or reticular structure أطلق علية جهاز جولجى ، ثم أجرى الكثير من العلماء الكثير من الدراسات التى

أوضحت احتواء جميع الخلايا الحيوانية على هذا التركيب All animal cells have this structure

التركيب Structure

أخى الطالب ٠٠٠ أختى الطالبة نعلم جميعا أن المملكة الحيوانية Animal kingdom عبارة عن حيوانات تحتوى على العمود الفقرى Vertebral column و تسمى بالفقاريات vertebrates و حيوانات أخرى لا تحتوى على مثل هذا التركيب تعرف باللافقاريات Invertebrates ٠٠٠ كما أن هنال نوعان من الخلايا على أساس عدد الكروموسومات أو الصبغيات الوراثية (chromosome number 2N) Doubloid، النوع الأول يحتوى على العدد التضاعفى من الصبغيات الوراثية (٢ ن) و تسمى بالخلايا الجسدية أو الخلايا الجسمية Somatic cells أما النوع الثانى فيحتوى على العدد النصفى من الصبغيات الوراثية (ن) و تسمى بالخلايا التناسلية Genital cells ٠٠ لذا يوجد جهاز جولجى فى الخلايا الجسدية للفقاريات على هيئة تركيب شبكى Network or reticular structure و بالتالى وصف هذا الجهاز على أنه جهاز قنوى Canalcular system (جاتينبى و تهامى موسى ١٩٤٩) أى يتكون من حويصلات vesicles و أنابيب tubes يحتوى تجويفها على مادة جهاز جولجى ٠ بينما يحمل جهاز جولجى شكل الحويصلات vesicles أو الأهلة فى الخلايا الجسدية و التناسلية للحيوانات اللافقاريةsomatic and genital cells of invertebrates و الخلايا التناسلية للحيوانات الفقارية Genital cells of vertebrates و يعرف جهاز جولجى أيضا باللليبوكندريا Lipochondria أو جولجيوسومات Golgiosomes أو الديكتيوسومات Dictyosomes.

كان لظهور الميكروسكوب الألكترونى Electron microscope بالغ الأثر فى التعرف على التركيب الدقيق لعضيات الخلية Ultra structure of cell organoids٠٠ لذا يتركب جهاز جولجى من وحدات تعرف بالصهاريج Cisternae أو أكياس كبيرة مفلطحة elongated flattened sacs و مجموعة من الفجوات الكبيرة large vacuoles التى تقع عند حافة الصهاريج و تجمعات من الحويصلات الصغيرة clusters of small vesicles التى توجد بين الفجوات الكبيرة٠٠ و الشكلان التاليان عبارة عن جهاز جولجى .



شكل (٧) جهاز جولجى

التركيب الكيميائى Chemical composition

يتركب جهاز جولجى من البروتينات و الدهون proteins & fats و تكون الدهون موجودة بصورة مقنعة masked form أى تكون متحدة بالبروتينات و لكن بطريقة معينة بحيث لا تعطى نتائج ايجابية عند ذوبانها فى مذيبات الدهون fat solvents أو صباعتها بواسطة الصبغات الخاصة بالدهون fat dyes و لكن فى بعض الحيوانات تكون الدهون غير مقنعة كما فى الخلايا التناسلية للحلقيات و الرخويات sex cells of Annelid & Mollusca و أيضا عند تقدم عمر الحيوان تتحول الدهون من الصورة المقنعة الى الصورة غير المقنعة فى كل من الفقاريات و اللافقاريات ٠

التغيرات المرضية لجهاز جولجى

Pathological changes of Golgi apparatus

جهاز جولجى جهاز حيوى يستجيب لأنواع الأنشطة الحيوية المختلفة ، فتؤثر الحالات الفسيولوجية و المرضية المختلفة على حجم الجهاز و وظيفته و تركيبه و مكان تواجده٠ و قد تم رصد العديد من التغيرات المورفولوجية كما يلى:-

١- يتسبب نقص فيتامين ب المركب فى تكسير و تفتيت جهاز جولجى فى الخلايا العصبية للثدييات الى جسيمات صغيرة تتركز حول النواة و باستمرار نقص هذا الفيتامين يستمر تفتت جهاز جولجى الى جسيمات يصعب مشاهدتها ٠

٢- يهاجر جهاز جولجى للخلايا العصبية من مكانه الأصلى حول النواة الى حافة الخلية عند قطع العصب الوركى

٣- عند معاملة الخلايا بالمبيدات الحشرية تحدث تغيرات فى مورفولوجية جهاز جولجى حيث يتفتت الجهاز و باستمرار التعمل مع المبيدات الحشرية يبدأ
جهاز جولجى فلى عملية الاختفاء تدريجيا.

٤- يتكسر أيضا جهاز جولجى الى جسيمات صغيرة عند تعرض الخلية للتسمم بمادة المورفين و مع استمرارية التسمم بالمورفين تبدأ جسيمات جهاز
جولجى فى الاختفاء تدريجيا.....

الشكل العام و الحجم و التوزيع Form, size and distribution

كل نوع من أنواع الخلايا الحيوانية يحتوى على شكل مميز و خاص من جهاز جولجى و يختلف هذا الشكل داخل الخلية الواحدة طبقا لنشاطها و أيضا عمرها ٠٠فعلى سبيل المثال عند تجويع الحيوان (الأرنب) نجد أن جهاز جولجى فى الخلايا الطلائية للمعدة و الأمعاء يصبح فى صورة حبيبات و لكن عند تغذية الحيوان يعود جهاز جولجى الى شكله الطبيعى الذى كان عليه قبل عملية التجويع ٠٠٠ أيضا يتكسر جهاز جولجى الى جسيمات صغيرة عندما تدخل الخلية فى عملية المحافظة على النوع تنتشر بالتساوى داخل سيتوبلازم الخلية و هذا يؤدى الى توزيع هذه الجسيمات بالتساوى بين الخليتين الناتجتين من عملية الانقسام برغم من عدم التوزيع بالتساوى أثناء مراحل الانقسام يختلف جحم جهاز جولجى من خلية الى أخرى تبعا لنوع الخلية و نشاطها ٠٠٠ ففى الخلايا النشيطة يكون أكبر حجما من الخلايا الأخرى الأقل نشاطا ٠ بينما توزيع جهاز جولجى داخل الخلايا يكون ثابت و مميز لكل نوع من الخلايا ، فعلى سبيل المثال يكون منتشر فى السيتوبلازم كما فى الخلايا العصبية للحيوانات اللافقارية أو يكون محيطا بالجسم المركزى كما فى الخلايا التناسلية أو على شكل شبكة محيطة بالنواة كما فى الخلايا العصبية للفقاريات ، كما يقع بين النواة و القطب الاخراجى كما فى خلايا الغدد القنوية ٠

وظائف جهاز جولجى Function of Golgi apparatus

١- يرتبط جهاز جولجى بتكوين الافرازات فى أنواع مختلفة من الغدد خارجية الافراز مثل افراز انزيم الببسين بواسطة الخلايا الببسينية فى المعدة و الصفراء فى الخلايا الكبدية و الزيموجين فى الخلايا البنكرياسية ٠

٢- يقوم جهاز جولجى بتكوين الجسم القمى للحيوان المنوى ٠

٣- يعتبر جهاز جولجى مركز تكوين المواد المخاطية فى الخلايا المخاطية

٤- تواجد فيتامين أ فى الخلايا الحيوانية مرتبط بجهاز جولجى ٠٠ فعلى سبيل المثال يعمل جهاز جولجى على افراز أو تركيز فيتامين أ فى الخلايا العصبية الثمبتاوية للثدييات فى حين أن يقوم جهاز جولجى بعزل أو فصل فيتامين أ فى الخلايا الكلوية ٠

٥- يختص جهاز جولجى فى الخلايا المعدية بتخليق الدهون من الاحماض الدهنية و الجلسرين٠

٦- جهاز جولجى داخل الخلايا المكونة للغشاء الزلالى للمفاصل يرتبط بافراز السائل الزلالى بين المفاصل ٠

٧- يلعب جهاز جولجى دورا حيويا فى تكوين مادة المينا للأسنان من الخلايا المسئولة عن تكوين السنة٠

٨- يرتبط جهاز جولجى بتكوين الحبيبات الملونة أو الصبغية فى قزحية العين ٠

٩- يقوم جهاز جولجى بدور فعال فى المحافظة على النسل و ذلك بتكوينه المح الدهنى فى البويضات ٠

١٠- يساهم جهاز جولجى فى افراز انزيمى الفوسفاتيز الحمضى و القلوى ٠

١١- يلعب جهاز جولجى دور فى ظهور مظاهر الشيخوخة عند تقدم عمر الحيوان

١٢- يشارك جهاز جولجى فى نضج البروتينات و انطلاقها بعد ذلك فى السيتوبلازم

١٣- يعمل جهاز جولجى على سحب الماء الزائد عن حاجة المواد الافرازية المتكونة و تحويلها الى حبيبات متماسكة ٠

١٤ - هل تعلم أخى الطالب ٠٠ أختى الطالبة أن جهاز جولجى هو المصنع الربانى الوحيد المسئول على تخليق المواد عديدة التسكر المعقدة ؟

١٥- يقوم جهاز جولجى بدور هام فى تميز الخلايا الجنينية و ذلك لوجودة فى حالة نشاط أثناء تميز الخلايا ٠

الليسوسومات Lysosomes

العالم دى ديوف (١٩٥٤) أول من وصف الليسوسومات لأول مرة فى خلايا كبد الفأر و كان يعتقد أنها عبارة عن أحد أشكال الميتوكندريا و بمتابعة الأداء الوظيفى لها لاحظ أنها تؤدى

وظيفة مختلفة عن وظائف الميتوكندريا فأطلق عليها مسمى الليسوسومات و قد تم وصفها بعد ذلك فى معظم الخلايا الحيوانية ٠

تركيب الليسوسوم Structure of lysosome

تبدو الليسوسومات على هيئة حبيبات أو حويصلات صغيرة بواسطة الميكروسكوب الضوئى فى حين أنها تبدو على هيئة أكياس صغيرة محاطة بغشاء رقيق ذو تركيب دهنى بواسطة الميكرسكوب الألكترونى و تتميز الليسوسومات باحتوائها على انزيمات تحلل مائى تعمل فى وسط حمضى مثل الفوسفاتيز الحمضى و الريبونيوكليز و الدى أكسى ريبونيوكليز ٠٠٠٠ و تعمل هذه الانزيمات على هضم أو تكسير أو تحلل المواد الخلوية المختلفة مثل البروتينات و الكربوهيدرات و الأحماض النووية و غيرها ٠٠ هل تعلم أن خروج هذا الانزيم خارج الغشاء الذى يحيط به يؤدى الى موت الخلية و بذلك تسمى الليسوسومات بالأكياس الانتحارية ٠

حجم و توزيع الليسوسومات

Size and distribution of Lysosomes

توجد الليسوسومات أينما توجد وحدات جهاز جولجى حيث أنه هناك علاقة وثيقة بين الليسوسومات و موقع جهاز جولجى فى الخلية وقد أوضحت الدراسات أن الليسوسومات الأولية انما تنشأ جزئيا من جهاز جولجى و بالتالى من الطبيعى أن يكون مكان الليسوسومات ملازم لموقع جهاز جولجى فى الخلية ٠ يختلف حجم الليسوسومات باختلاف نوع ونشاط الخلية كلما كانت الخلية نشيطة كلما كانت تحتوى على ليسوسومات ذات أحجام كبيرة ٠

أنواع الليسوسومات Types of lysosomes

يمكن تمييز أربعة أنواع من الليسوسومات :-

١ـ الليسوسومات الأصلية أو الأولية

The original or primary lysosomes

و يقصد بها كيفية تكوين الليسوسومات ٠٠ الريبوسومات التى توجد على غشاء الشبكة الاندوبلازمية تقوم بتخليق انزيم الفوسفاتيز الحمضى و تجميعة داخل تجويف الشبكة الاندوبلازمية ، ثم ينفذ هذا الانزيم خارج الشبكة الاندوبلازمية ويتم تجميعة داخل الحويصلات الصغيرة الخاصة بجهاز جولجى ٠٠٠ ويعرف هذا التركيب (حويصلة صغيرة تحتوى على انزيم الفوسفاتيز الحمضى) بالليسوسوم الأبتدائى و على ذلك يمكن القول بأن الليسوسومات الأولية تنشأ جزئيا من جهاز جولجى ٠

٢- الليسوسومات الثانوية (الفجوات الهضمية أو الأجسام البلعومية المخالفة)

The secondary lysosomes (Digestive vacuoles or heterophagosomes)

هذا النوع من الليسوسومات يقوم بابتلاع الكائنات الغريبة التى تدخل الخلية و يقوم بتفتيتها و تحطيمها بواسطة انزيم الفوسفاتيز الحمضى و فى النهاية تمر نواتج عملية التفتيت من خلال غشاء الليسوسوم الى سيتوبلازم الخلية و بالتالى يعمل هذا النوع من الليسوسومات كوسيلة دفاع للخلية ٠

٣- ليسوسومات البلعمة الذاتية The antophagic lysosomes

يقوم هذا النوع من الليسوسومات بابتلاع أجزاء من الخلية مثل المتوكندريا، الشبكة الاندوبلازمية ، جهاز جولجى ٠٠٠و هكذا و قد تؤدى هذه العملية الى موت الخلية و لذا يعرف هذا النوع من الليسوسومات بالأكياس الانتحارية ٠

٤- ليسوسومات الأجسام المستبقاه The residual lysosome bodies

و يقصد بها الليسوسومات المحتوية على المواد المتخلفة غير المهضومة حيث تقوم هذه الليسوسومات بتفتيت هذه هذه المواد الى جزيئات صغيرة تستطيع الخلية أن تتخلص منها ٠

وظائف الليسوسومات Functionl significance of lysosomes

١- تشارك الليسوسومات فى عملية الهضم داخل الخلايا و تكوين حبيبات دهنية ملونة ٠

٢- تقوم الليسوسومات بدور أساسى فى أيض المواد الكربوهيدراتية ، حيث أنها توجد بكثرة فى الخلايا أثناء أيض المواد الكربوهيدراتية ٠

٣- تلعب الليسوسومات دورا أساسيا فى التخلص من الأنسجة الزائدة عن حاجة جسم الحيوان و ذلك بابتلاعها٠

٤- تساعد الليسوسومات فى عملية تسهيل دخول الحيوان المنوى فى البويضة .

٥- الليسوسومات لها اتصال وثيق بكثير من الظواهر البيولوجية و المرضية مثل التشكل و الشيخوخة و تحول الخلايا العادية الى خلايا سرطانية .

سلوك الليسوسومات Behaviour of lysosomes

تتأثر الليسوسومات بكثير من العوامل غير الطبيعية من الناحية الفسيولوجية و التركيبية كما يلى :-

١- اذا تعرضت الليسوسومات لأشعة اكس تتجمع فى بعض الخلايا مثل الخلايا العصبية أو تتفتت و تختفى فى نوع آخر من الخلايا مثل الخلايا الكبدية ، بينما تعرض الخلايا لفترات طويلة لأشعة أكس يؤدى الى انفجار الأغشية البلازمية للخلايا .

٢- يؤدى تجويع الحيوان الى نقصان فى عدد الليسوسومات و باستمرار حالة التجويع تختفى الليسوسومات تماما من الخلايا .

٣- عندما تستعد الخلايا للدخول فى مرحلة الشيخوخة يكون ذلك مصحوب بنقصان فى عدد الليسوسومات و خصوصا فى الخلايا الكبدية .

٤- اصابة الخلايا ببعض الأمراض يؤدى الى نقصان فى عدد و حجم الليسوسومات مثال لذلك الخلية الكبدية عندما تصاب بمرض السرطان تقل فيها أعداد الليسوسومات

أجسام نسـل Nissl bodies

أول من تحدث عن هذه العضيات الدقيقة نسل عام ١٨٨٩ م موضحا أن هذه الأجسام لاتوجد سوى فى الخلايا العصبية . ووصفت هذه الأجسام بالأجسام الملونة أو الأجسام القاعدية نظرا لقابليتها الشديدة للصباغة بالصبغات القاعدية و هذه الأجسام لاتوجد فقط الا فى الخلايا العصبية لذا تعد هذه الأجسام مميزة للخلايا العصبية عن غيرها . وتشغل أجسام نسل موقعين من المواقع الثلاثة داخل الخلية العصبية فى كل من السيتوبلازم و التفرعات الشجيرية بينما تفتقر الوجود فى المحاور لهذه الخلايا .

التركيب الكيميائى لأجسام نسل

Chemical composition of Nissl bodies

تتكون أجسام نسل من بروتين نووى ٠٠٠ و البروتين النووى عبارة عن بروتين بسيط مثل الهستادين و الحمض النووى ر ن أ و هذا يتشابه مع الريبوسومات التى تمتلك نفس التركيب أى بروتين نووى ولكن نوع البروتين مختلف ٠٠٠ سبحان من يقول للشىء كن فيكون ٠٠ قال

سبحانه و تعالى للبروتين النووى كن ريبوسوم فأصبح ريبوسوم ٠٠ كن حبيبات أو أجسم نسل فقال سمعا و طاعة و شتان بين وظيفة الريبوسوم و جسم نسل ٠

توضيح أجسام نسل Demonstration of Nissl bodies

يمكننا و يمكنك أخى الطالب و أختى الطالبة أن نشاهد عظمة الخالق سبحانة و تعالى متمثلة فى تواجد مثل هذه العضيات الدقيقة داخل تركيب دقيق (الخلية) لايشاهد الا بالمنظار أو الميكروسكوب الضوئى من صورتين ٠٠ الأولى و الخلية حية كما خلقها المولى عز و جل و من غير تدخل من الانسان أى و الخلية غير مصبوغة بأى نوع من الصباغة و ذلك بواسطة ميكروسكوب التباين ٠٠٠ الثانية و الخلية مثبتة بواسطة مثبت لا يذيب أجسام نسل ثم تصبغ الخلية بصبغة تتعامل فقط مع أجسام نسل مثل التلويدين الأزرق أو صبغة جمسا٠

الأهمية الفسيولوجية لأجسام نسل

Physiological signifance of Nissl bodies

قد لايعطى بعد العاملين فى حقل البحث العلمى أهمية لهذة الأجسام على أساس أنها قاصرة على نوع واحد من الخلايا ٠٠٠ وهذا هو الخطأ الكبير ٠ لماذا؟ و الأجابة واضحة وضوح الشمس فى مدارها ٠٠ و هى أن الخلية العصبية ليست مثل أى نوع من الخلايا حيث يتكون منها الجهاز العصبى الذى يسيطر و يتحكم فى جميع العمليات الحيوية التى تحدث داخل جسم الكائن الحى ٠ و من هذا المفهوم وجب علينا التعرف على الأهمية الفوسيولوجية لأجسام نسل و تتمثل فى الآتى:-

١- يعتقد بعض الباحثين أن هذه الأجسام تقوم باختزان الأكسجين فى الخلايا العصبية و بالتالى تم استنتاج أن هناك علاقة وثيقة بين هذه الأجسام و الأنشطة الوظيفية لهذه الخلايا و ذلك من خلال حالات الأجهاد التى يتعرض لهل الحيوان والتى معها تختفى هذه الأجسام و عودتها مرة أخرى عند حصول الحيوان على قسط من الراحة ؟

٢- أجسام نسل تتأثر بالحالة الفسيولوجية للخلية العصبية ٠٠ فعند قطع العصب مثلا تختفى أجسام نسل بعد أيام قليلة و أيضا تتضاءل كمية الأحماض النووية الى حد كبير جدا و هذا يدل على أن أجسام نسل لها علاقة وثيقة بعملية تواجد البروتينات النووية و الوظائف الحركية و الحسية للخلية العصبية ٠

٣- هجرة أجسام نسل من مناطق تواجدها الأصلية الى محور الخلية العصبية بعد موتها دليل واضح و مدعم للقول بأن أجسام نسل تخزن الأكسجين حيث هجرة هذه الأجسام ماهى الا بحثا عن الأكسجين ٠

الجسم المركزى The cell center

الجسم المركزى هو أحد العضيات الحية السيتوبلازمية داخل الخلية و يعرف أيضا بمركز الانقسام و هو يوجد فى جميع الخلايا الحيوانية فيما عدا كرات الدم الحمراء كاملة التكوين و يلعب دورا هاما و حيويا فى عملية انقسام الخلية ٠ يوجد الجسم المركزى فى الخلية البينية قريبا من النواة و أحيانا يشغل المركز الهندسى للخلية ٠٠ و بالرغم من ذلك فالجسم المركزى له موقع مميز خاص بكل نوع من أنواع الخلايا الحيوانية ٠

التركيب Structure

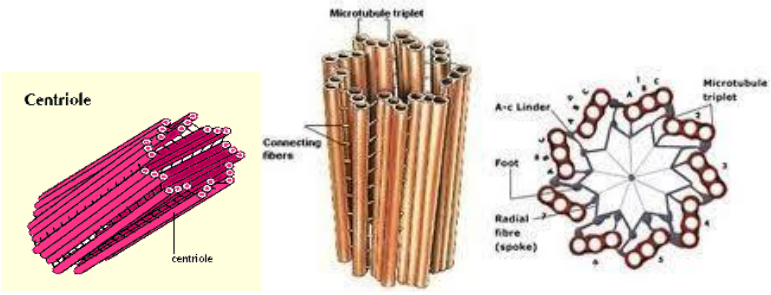
عند دراسة تركيب الجسم المركزى فى الخلية لابد من دراسة الخلية و هى حية و أيضا و هى مثبته ٠٠ ففى الخلية الحية تمكن كليفلاند (١٩٥٣) من مشاهدته بواسطة الميكروسكوب الضوئى وذلك فى الخلايا الليفية أثناء انقسامها ملاحظا سلوكا خاصا و خصائص عامة و ميلا لنوع معين من الصبغات كل هذا يؤكد حقيقة تواجده فى السيتوبلازم٠

و يظهر الجسم المركزى فى التحضيرات المصبوغة على هيئة حبيبة واحدة أو حبيبتين و تسمى بالحبيبة المركزية أو السنتريول و تحاط الحبيبة أو حبيبتين منطقة رائقة تسمى المركز الدقيق تليها منطقة معتمة تسمى الكرة المركزية و منها تنشأ الأشعة النجمية و من الطبقة الرائقة تنشأ خيوط المغزل٠

التركيب الدقيق للحبيبة المركزية Ultra structure of the centriole

تبدو الحبيبة المركزية تحت الميكروسكوب الألكترونى على هيئة جسم اسطوانى صغيرجداره عبارة عن تسع مجموعات أنبوبية كل مجموعة تتكون من ثلاثة أنابيب و مركز الجسم الأسطوانى لا يحتوى على أى تراكيب و لذلك الصيغة البنائية للحبيبة المركزية يشار اليها بـ ٩ + صفر ٠

لاحظ بعض الباحثين وجود جسيمات معينة حول السنتريول عرفت بالتوابع و لكن البعض الآخر وصف هذه الجسيمات على أنها حبيبات مركزية بنوية يبدو أنها تنشأ من الحبيبة الأم و يمكن ربط هذه الحبيبات بعملية تضاعف الحبيبة المركزية و قول آخر بأن الجسيمات الموجودة حول الحبيبة تراكيب ليست مستديمة و لكنها تظهر بصورة مرحلية ترتبط بدورة نشاط الحبيبة المركزية



شكل (٨) الجسم المركزى

وظيفة الجسم المركزىFunction of the cell center

يلعب الجسم المركزى الدور الأساسى و الحيوى فى عملية أنقسام الخلية و أى عملية تضاعف للكروموسومات و التى من خلالها تتم عملية الأنقسام لابد أن تتم من خلال الدور الذى يقوم به الجسم المركزى ٠

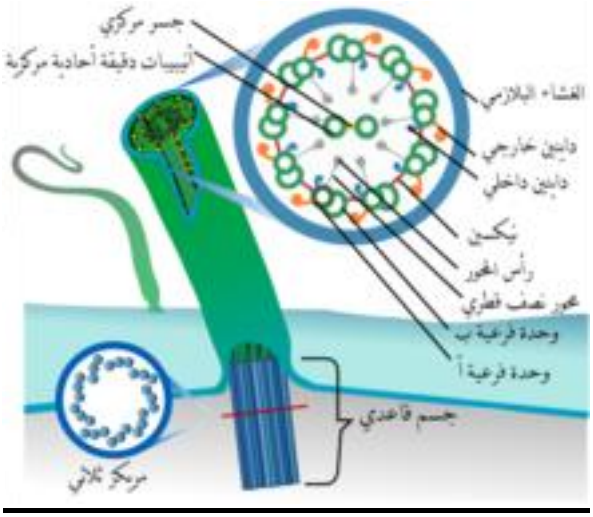
الأهداب و الأسواط Cilia and Flagella

تشبه الأهداب و الأسواط فى تركيبها الحبيبة المركزية فى أنها تتكون أيضا من تسع مجموعات أنبوبية تنتظم على هيئة جسم أسطوانى صغير و لكنهما يختلفان عنها فيما يلى :-

أ- يحتوى كل من السوط أو الهدب على زوج أضافى من الأنابيب فى المركز الداخلى للجسم الأسطوانى وتصبح الصيغة البنائية للهدب أو السوط يشار اليها بـ ٩ + ٢ فى حين الصيغة البنائية للحبيبة المركزية يشار اليها بـ ٩ + صفر ٠

ب- كل مجموعة من المجموعات التسع التى يتكون منها الهدب أو السوط تتكون من أنبوبتين فقط بينما مثياتها فى الحبيبة المركزية تتركب من ثلاثة أنابيب ٠

ج- يحاط كل هدب أو سوط بغشاء هو امتداد لغشاء البلازما بينما الحبيبة المركزية لا تحتوى على مثل هذا الغشاء بل توجد فى السيتوبلازم بدون غشاء حولها ٠



شكل (٩) الاهداب و الاسواط

الهيكل الخلوي

الهيكل الخلوي هو شبكة مكوَّنة من البروتينات الموجودة في جميع أجزاء السيتوبلازم. كلمة خلوي ترتبط بالخلية، فمصطلح «الهيكل الخلوي» يعني هيكل الخلية. والهيكل الخلوي مكوَّن من خيوط دقيقة، وخيوط متوسطة، وأنيبيبات دقيقة. تثبت هذه البروتينات العُضَيَّات الأخرى في مكانها حتى لا تسبح في السيتوبلازم عشوائيًّا. الهيكل الخلوي هو شبكة مكونة من خيوط بروتينية داخل الخلية تحدد موضع العُضَيَّات، وتوفر الدعامة التركيبية، وتسمح لبعض الخلايا بالحركة. أيضًا، يعمل الهيكل الخلوي باعتباره مسارات يمكن للعُضَيَّات استخدامها للانتقال من مكان إلى آخر. الهيكل الخلوي هو ما يسمح لخلايا محددة مثل الأنواع التي تنتمي إلى جنس حقيقيات النوى وحيدة الخلية التي تسمى «الأميبا» بالتحرك وحدها كما أنه يؤدي دورًا مهمًّا في الانقسام الخلوي.

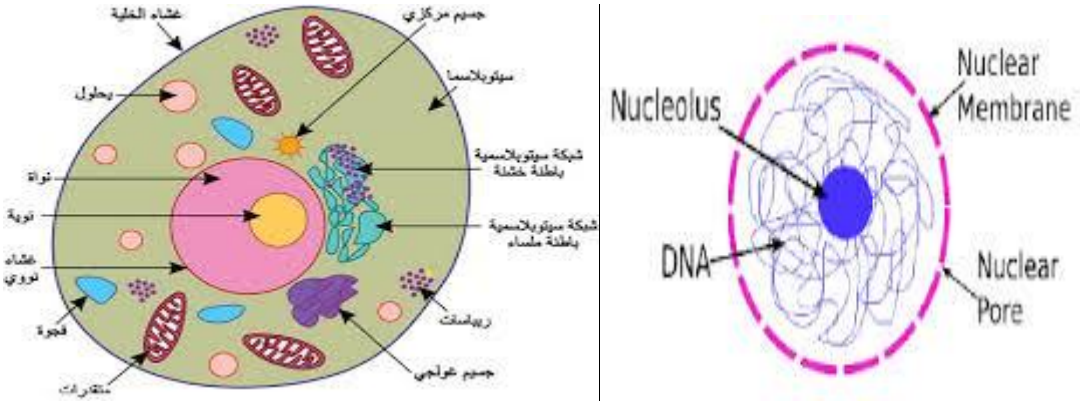
The nucleus النواة

تحدثنا من قبل على أن أول من أكتشف النواة هو العالم ليفنهوك ١٧٠٠ ثم جاء من بعده روبرت براون عام ١٨٣١ مؤكدا أن النواة جزء أساسى و دائم فى الخلية و منذ ذلك الحين و الدراسات مستمرة على مكونات الخلية التشريحية و الوظيفية و التى منها يستلهم كل ابتكار و أعجاز علمى يأخذ ببنات عقولنا دون النظر و التأمل فى عظمة خالق هذه الخلايا ناسبين العظمة و الفخر لمن أكتشف مكنون من مكنونات المولى عز و جل فى النفس البشرية " و فى أنفسكم أفلا تبصرون "٠ أخى الطالب و أختى الطالبة ٠٠٠ حياتنا تمر بمتغيرات تركيبية و وظيفية نشعر بها و قد

نسعد و قد.....؟ و كل هذه المتغيرات لابد أن تحدث أولا داخل الخلايا التى يتكون منها أجسامنا لكى نشعر بها و من هذا المنطلق لابد أن تمر النواة فى تاريخ حياتها بمرحلتين هما

أ- المرحلة البينية و يطلق عليه المرحلة الأيضية و يقصد بها الفترة التى تأتى بين كل أنقسامين متتاليين و لذا يطلق عليها "طور السكون " و هذا لايعنى سكون كلى للنواة و لكن سكون عن الانقسام فقط و النواة تؤدى جميع وظائفها فيما عدا الانقسام

ب- مرحلة الانقسام و يقصد بها فترة الانقسام فى الخلية أى الفترة التى تشغلها المراحل و الصور المختلفة للأنقسام ٠



شكل (١٠) النواة

النواة تركيب دائم فى الخلية و بالتالى توجد فى جميع الخلايا فيما عدا كرات الدم الحمراء كاملة التكوين و هذا يعنى تواجدها فى كرات الدم الحمراء الجنينية٠ و معنى تواجد النواة فى جميع الخلايا فيما عدا كرات الدم الحمراء كاملة التكوين أن تركيبها واحد و ثابت فى جميع الخلايا ٠٠ الا ففى الكائنات بدائية النواة تكون النواة ممثلة بمجموعة من الحبيبات من المادة النووية تعرف بالحبيبات الكروماتينية مبعثرة فى سيتوبلازم الخلية٠

شكل النواة Shape of nucleus

شكل النواة غالبا يكون مرتبط بشكل الخلية و كقاعدة عامة فان معظم الأنوية تكون كروية أو بيضاوية الشكل و هذا لا يمنع تواجد النواة فى الأشكال الآخرى المستطيلة و العنقودية و العصوية و الهرمية و الكمثرية و الكلوية ٠٠٠٠ ألخ ٠

حجم النواة Volume of nucleus

غالبا ما يكون حجم النواة غير ثابت أو كثير التغير و بالرغم من ذلك توجد علاقة عامة بين حجم النواة و حجم سيتوبلازم الخلية و تعرف هذه العلاقة بالمعامل النووى السيتوبلازمى

(س ن) و هذا يعنى أن المعامل النووى السيتوبلازمى ذو قيمة ثابتة أى أن الزيادة فى حجم النواة لابد أن يتبعة زيادة فى حجم السيتوبلازم و عندما يحدث قصور فى الإحتفاظ بالقيمة الثابتة لهذا المعامل يكون مؤشرا لدخول الخلية فى عملية الإنقسام.

عدد الأنوية داخل الخلية Number of nucleus

الصورة الطبيعية للخلية إحتوائها على نواة واحدة و لكن ليست كل الخلايا تحمل العدد الطبيعى للأنوية فمنها من يحتوى على نواتين (الخلايا الكبدية liver cells و العصبية nerve cells و الغضروفية cartilage cells) و منها من يحتوى على المدمج الخلوى أى أكثر من نواتين كما فى الخلايا العظمية bone cells التى توجد فى النخاع العظمى bone medulla و أيضا الألياف العضلية المخططة striated muscle fibers ٠

موقع النواة (تمركز النواة) Nuclear location

من الطبيعى عدم وجود النواة فى موقع واحد داخل الخلية و هذا يعزى لأختلاف أنواع الخلايا و لكنه مميز و ثابت فى النوع الواحد من الخلايا ٠ و النواة داخل الخلية تمتلك عدد من المواقع ٠٠٠ فكر معى بعد أن تضع النواة فى وسط الخلية كما موقع غير هذا٠٠٠؟

تركيب النواة Structure of nucleus

عندما نريد أن نتعرف على تركيب الوحدة المسئولة عن حمل المعلومات الوراثية لأى كائن حى حيوان كان أم نبات يصبح من الضرورى دراسة النواة و هى حية و أيضا و هى مثبتة

أ- النواة الحية Living nuclues

تظهر النواة فى الخلية الحية سواء كانت معاملة بنوع معين من الصباغة أو غير مصبوغة على هيئة شكل كروى لامع محاط بغشاء و قد يبدو هذا الشكل شفاف متجانس و يحتوى على حبيبة كبيرة فى منتصفة تعرف بالنوية nucleoli و لكن فى بعض الحالات تكون النواة غير متجانسة و بالتالى ليست شفافة ٠

ب- النواة المثبتة fixed nucleus

عندما يتم تثبيت النواة بواسطة مثبت مناسب تظهر النواة بتراكيبها المعقدة و المتمثلة فى التالى :-

١- الغشاء النووى nuclear membrane (envelope)

و قد أوضح الميكروسكوب الألكترونى بأن الغشاء النووى يتركب من طبقتين : طبقة خارجية مسامية أى تحتوى على مسام أو ثقوب pores و طبقة داخلية مستمرة أو متصلة أى لا تحتوى على ثقوب.

تكوّن نواة الخليّة بشكلٍ رئيسيّ من الكروموسومات التي تتألف بشكل أساسي من الحمض النووي والذي يحمل على سلاسله المعلومات الخاصّة بالنمو والتكاثر. تتواجد الكروموسومات (DNA) على شكل تشابك طويل يسمى بالكروماتين في حالة سبات الخليّة وعدم انقسامها. تحتوي أيضاً التي تقوم بإنتاج البروتينات ليتم نقلها بعدها للسيتوبلازم (RNA) نواة الخليّة على الريبوسومات عبر المسام النووية الموجودة في الغلاف النووي المحيط بالنواة. تحاط النواة بغشاء يسمى بالغلاف النووري ذو تركيب مزدوج من الدهون، وظيفته فصل النواة بما تحتوية عن السيتوبلازم، كما يقوم بالمحافظة على شكل النواة وتبادل المواد بين النواة وسائل السيتوبلازم عبر المسام الموجودة فية، حيث تعمل هذه المسام كمنظم لدخول المواد وخروجها عبرالغلاف، تسمح لبعض الجزيئات ولاتسمح لأخرى، لتلبية احتياجات النواة من الطاقة اللازمة لبناء كلٍّ من ، بالإضافة للطاقة اللازمة لبناء المواد الجينيّة، ويسمى السائل التي توجد به (RNA)و (DNA) ويكون على شكل مصفوفة. نواة الخلية تُعرف نواة الخليّة (nucleoplasm) مكوّنات النواه باسم بأنّها قلب الخليّة ومركز التحكّم ومجمّع المعلومات الخاصّة بها، تتواجد في كافّة الكائنات الحيّة حقيقيّة النواة، تختزن بداخلها المعلومات الوراثية وكل ما يتعلق بأمور الانقسام والنمو، حيث تتواجد فيها المعلومات الخاصّة بالصفات الجينيّة مشفّرة ومحمولةً على البناء الحلزوني المعروف المكوّن للحمض النووي، حيث يحمل كل جين مجموعةً من الصفات والمعلومات (DNA) باسم الفرعيّة، ويعتبر جزءاً من سلسلة الحمض النووي.

<u>أهم وظيفة للنواة</u> هي تخزين المعلومات الوراثية للخلية في شكل حمض نووي - DNA. هذا الحمض النووي يحمل التعليمات الخاصة بكيفية عمل الخلية. و يتم تنظيم جزيئات الحمض النووي في هياكل خاصة تسمى الكروموسومات. توجد أجزاء من الحمض النووي DNA تعرف بـ الجينات و هي التي تحمل المعلومات الوراثية مثل لون العينين و الطول.

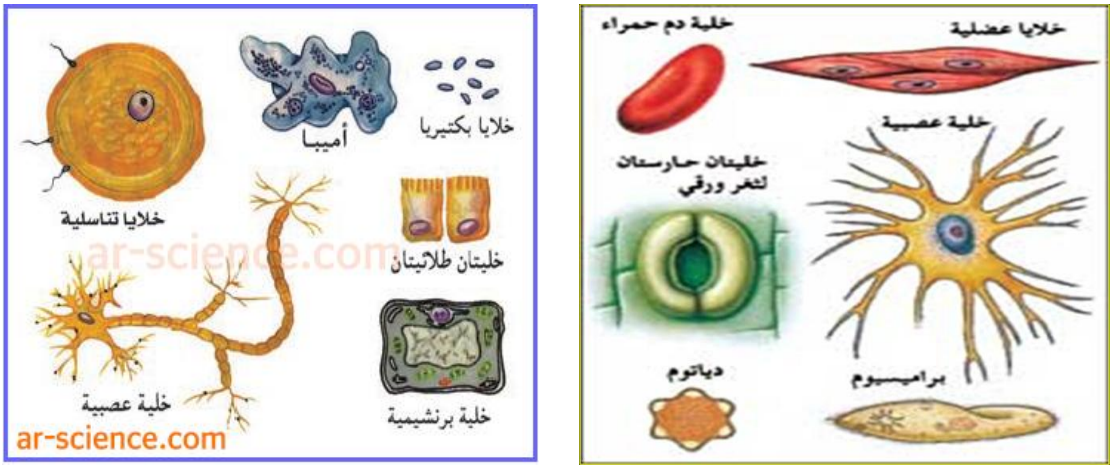
تُوجَد الكروموسومات في النواة، ويتكوَّن كلٌّ منها من شريط طويل من DNA يحتوي كل شريط على العديد من الجينات المختلفة، وهي مقاطع من DNA تُشفَّر لإنتاج بروتينات معينة ضرورية لأنشطة الخلية.

الكروموسوم عبارة عن حزمة منظمة البناء والتركيب يتكون معظمها من حمض نووي ريبوزي منقوص الأكسجين (DNA) في الكائنات الحية، تقع في نواة الخلية . وهي عادة لا توجد من تلقاء نفسها، وإنما تقترن في العضويات حقيقيات النوى مع العديد من البروتينات الهيكلية تسمى

هستون، وتقوم هذه البروتينات إلى جانب بروتينات أخرى مرافقة بعملية توضيب وطي لسلسلة الـ DNA كيلا تبقى مفرودة على شكل خيوط متشابكة.

أشكال وأحجام الخلايا الحيوانية

يتراوح حجم معظم الخلايا الحيوانية بين ١٠ إلى ١٠٠ ميكرون. يختلف حجم وشكل الخلايا في الأحياء كثيرا. ويصل الاختلاف إلى أعمقه عندما نجد أن هناك الآلاف من أشكال وأنواع وأحجام الخلايا في الكائن الواحد الناشىء أصلا من خلية واحدة. ويبدو أن هذا الاختلاف في حجم وشكل الخلايا يعود لأسباب مهمة مثل العمر وموقع الخلايا وتطورها الجنيني، كذلك الوظيفة والتي تعتبر ذات أهمية كبيرة في تحديد الحجم والشكل



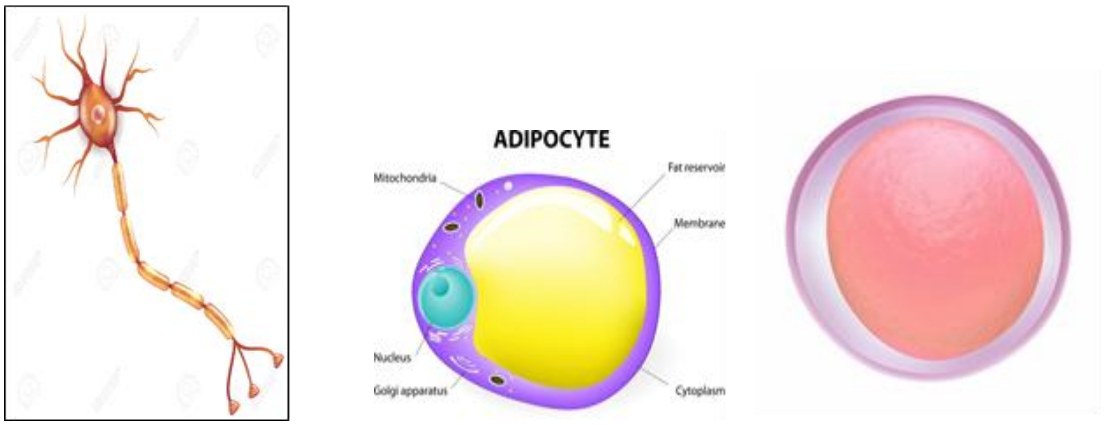
شكل (١١) اشكال الخلية الحيوانية

على سبيل المثال، كريات الدم الحمراء تتميز بشكلها القرصي الذي يساعدها في المرور عبر الأوعية الدموية الضيقة (شكل ٢).

شكل (١١) شكل خلايا الدم الحمراء

تتميز الخلايا العصبية بسعة حجمها ووجود زوائد كثيرة بارزة من جسم الخلية إضافة إلى وجود نتوء بارز طويل يرتبط مع خلايا عصبية أخرى تقع بعيدا في موقع آخر وبذلك تستطيع نقل الآلاف من من الرسائل العصبية من خلال زوائدها الشجيرية المرتبطة بالآلاف من محاور الخلايا العصبية الأخرى.

تعتبر الخلايا الدهنية والبويضات من أكبر الخلايا حجما ويعود ذلك لوجود الكثير من المواد الغذائية المخزنة في هذه الخلايا



الخلية البيضية الخلية الدهنية الخلية العصبية

شكل (١٢) احجام الخلية الحيوانية

وهكذا فإن الشكل المغزلي للعضلات الملساء والشكل الإسطواني للعضلات الهيكلية والقلبية والشكل المغزلي الذيلي للحيوانات المنوية والخلايا المهدبة في بطانة القصبة الهوائية والأمعاء وقنوات المبايض تخدم وظيفة هذه الخلايا، كذلك تتكيف الخلايا الأميبية وخلايا الدم البيضاء بأشكال متباينة لخدمة وظيفته

دورة الخلية Cell cycle

دورةُ (انقسامِ) الخليةِ هي الأطوار المتتابعة من النمو والانقسام التي تحدث للخلية في الفترة الزمنية الواقعة بين انقسامين متتاليين وتختلف مدة هذة الفترة من خلية إلى أخرى. تستمر دورة الخلية لمدة أقلها ١٢ ساعة، ولا تنتقل الخلية من المرحلة التمهيدي حتى تجهز المركبات الكيميائية التي تحتاجها للانقسام من أحماض أمينية وليبيدات وسكريات ولذلك يعتمد وقت وسرعة انقسام الخلية على كمية المواد الغذائية التي يتلقاها الجسم. تمر معظم الخلايا بأربع

مراحل وهي المرحلة التمهيدية تليها المرحلة الاستوائية ثم المرحلة الانفصالية وأخيرا المرحلة النهائية وهكذا تكون الخلية قد انقسمت وشكلت خليتين بنتين.

تتكون دورة الخلية من طورين متبادلين هما الطور البيني وطور الانقسام الخلوي

أولاً: الطور البينيInterphase ويستغرق ٩٠% من زمن الدورة، ويتضمن ثلاث فترات هي

١- طور النمو الأول G1 phase: فيه يتضاعف عدد عضيات الخلية وانزماتها وبالتالي يزداد حجم الخلية
٢- طور التركيبِ S phase يتضاعف الحمض النووي الريبوز منقوص الأكسجين
٣- طور النمو الثاني G2 phase: تنمو الخلية سريعا تأهبًا للانقسام

ثانيا: طور الانقسام الخلوي Cell division

يوجد نوعان من الانقسام الخلوي هما الانقسام غير المباشر والانقسام الاختزالي والذي ينتهي بتكوين خليتين، تدخل كل خلية منهما طورا بينيا جديدا.

طور السكون G0

الطور G0 هو طور راحة، تغادر الخلية دورة الانقسام وتتوقف عن الانقسام. تبدأ الدورة الانقسامية الخلوية بهذا الطور. تستخدم عبارة «الطور ما بعد الانقسام الفتيلي» أحيانًا للإشارة إلى كل من الخلايا الساكنة والخلايا الهرمة. تدخل الخلايا غير المتكاثرة (غير المنقسمة) في حقيقيات النوى عديدة الخلايا بشكل عام إلى الطور G0 الساكن من G1 وقد تبقى ساكنة لفترة زمنية طويلة أحيانًا وربما إلى لا نهاية (كما هو الحال في كثير من الأحيان بالنسبة للأعصاب). هذا شائع جدًا بالنسبة للخلايا المتمايزة بشكل كامل. تحصل الشيخوخة الخلوية كاستجابة لتضرر الحمض النووي والإجهاد الخارجي وعادةً ما تسبب توقف في الطور G1. تدخل بعض الخلايا الطور G0 بشكل شبه دائم وتعتبر في طور ما بعد الانقسام الفتيلي مثل بعض خلايا الكبد والمعدة والكلى. العديد من الخلايا لا تدخل الطور G0 وتستمر بالانقسام طوال حياة الكائن الحي كالخلايا الجلدية على سبيل المثال.

الطور البيني Interphase

الطور البيني عبارة عن سلسلة من التغيرات التي تطرأ على الخلية المتشكلة حديثًا ونواتها قبل أن تصبح قادرة على الانقسام مرة أخرى. ويسمى أيضًا الطور التحضيري أو الطور بين مراحل

الانقسام الفتيلي. يدوم الطور البيني عادةً لما لا يقل عن ٩٠% من المدة الإجمالية لدورة حياة الخلية. يشتمل الطور البيني على ثلاثة أطوار وهي G1 phase وS phase وG2 phase يليه دورة الانقسام الفتيلي والانقسام السيتوبلازمي. تتضاعف محتويات نواة الخلية من الحمض النووي خلال الطور إس (طور التركيب)

طور النمو الأول G1 phase (طور فجوة ما بعد الانقسام الفتيلي)

يسمى الطور الأول خلال الطور البيني من نهاية المرحلة M السابقة إلى بداية تركيب الحمض النووي G1 phase ويسمى أيضًا طور النمو. تُستأنف خلال هذه المرحلة الأنشطة الحيوية للخلية، التي تباطأت إلى حد كبير خلال الطور M، بمعدل مرتفع. تتفاوت مدة الطور G1 بشكل كبير، حتى بين الخلايا المختلفة من نفس النوع. تزيد الخلية في هذا الطور إمدادها من البروتينات وتزيد من عدد عضيّاتها (كالميتاكوندريا والريبوسومات) ويزداد حجمها. يوجد أمام الخلية في الطور G1 ثلاثة خيارات.

أ- متابعة الدورة الخلوية والدخول في طور التركيب.
ب- إيقاف الدورة الخلوية والدخول في الطور G0 والخضوع للتمايز.

ج- التوقف في الطور G1 phase وبالتالي إما أن تدخل في الطور G0 أو تعيد الدخول في الانقسام الخلوي.

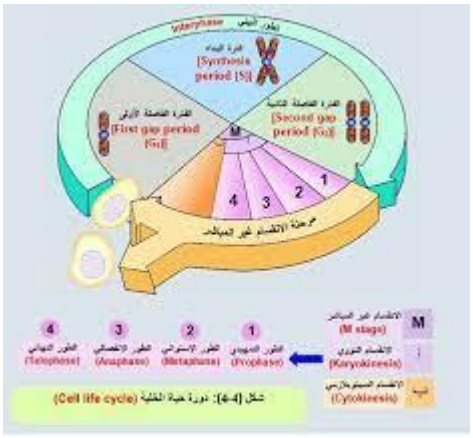
الطور S phase (طور تضاعف الحمض النووي)

يبدأ الطور S phase اللاحق عندما يبدأ تركيب الحمض النووي، عندما تكون كل الصبغيات قد انقسمت أي أن كل صبغي يتكون من زوج من الصبيغيات. وهكذا وخلال هذا الطور فإن كمية الحمض النووي في الخلية تكون قد تضاعفت، على الرغم من أن الصِّيغَةُ الصِّبْغِيَّة وعدد الصبغيات لم يتغير. تكون معدلات نسخ الحمض النووي الريبوزى وتصنيع البروتين متدنية جدًا خلال هذا الطور. الاستثناء الوحيد هو تصنيع الهيستون الذي يتم بمعظمه خلال هذا الطور.

الطور G2 phase (طور النمو)

يحصل الطور G2 phase بعد تضاعف الحمض النووي وهي مرحلة من تصنيع البروتين وتسارع في نمو الخلية لتحضير الخلية للانقسام الفتيلي. خلال هذا الطور تبدأ الأُنَيبوبات

الميكروية بإعادة التنظيم لتشكل المغزل (مرحلة ما قبل الطور التمهيدي).



شكل (١٣) دورة الخلية

الانقسام الفتيلي Cell Division :هو مرحلة تفصل بها الخلية حقيقية النواة الصبغيات ضمن نواتها إلى مجموعتين متطابقتين ضمن نواتين. أثناء عملية الانقسام الفتيلي تتكثف الصبغيات وتتعلق على الأُنَيبوبات الميكروية التي تسحب الصبيغيات الشقيقة إلى جانبي الخلية.

إنقسام الخلية Cell division

لقد تأكد خلال القرن التاسع عشر أن الحياة تأتى من خلال حياة سابقة لها و أن الخلايا تأتى من خلايا سابقة لها و كل جيل من الخلايا أو الأفراد ينتج عن التكاثر و حيث أن النتاج يشبه الآباء. و لكي تتم هذه العملية لابد من تضاعف المادة الوراثية أو الصبغيات الوراثية اى لابد من وجود آلية تضمن زيادة الأحماض الامينية و نقل المعلومات الوراثية لذا لابد من عمل نسخ من المعلومات الوراثية لضمان حصول النتاج على هذه المعلومات لكي ينمو و يكون نتاج بدوره . و عندما تتضاعف المادة الوراثية في الآباء فإنها تنتقل للأبناء (النتاج) لكي تستمر الأجيال في الحياة و البقاء و أيضا عمليتي تضاعف المادة الوراثية و نقلها من الآباء إلى الأبناء لابد أن تتم بمنتهى الأمان لكي يصبح النتاج مشابه للآباء ..... لذا فإن التضاعف فى المادة الوراثية تحدث عندما يتضاعف الحمض النووى DNA و حيث اننا نعرف ان DNA الجديد ينسخ

كما تحدثنا سالفا أن كثيرا من العلماء تمكنوا من مشاهدة إنقسام الخلية٠٠٠٠ ففى عام (١٨٤١) توصل ريماك الى إكتشاف إنقسام الخلية المباشر ٠٠٠ فى حين أن شنيدر فى نفس العام تمكن من إكتشاف الإنقسام الميتوزى Mitosis للخلية ٠٠٠ و لأول مرة فى عام (١٨٥٤) تمكن العالم نيوبورتر من رؤية دخول الحيوان المنوى Sperm فى بويضة Ovum

حيوان الضفدعــة بينما أوضح هيروتيج (١٨٧٥) إندماج الحيوان المنوى بالبويضـــة و بهذه الخاصية إستطاع العلماء تفهم قوانين الوراثـــــة٠و يشتمل إنقسام الخلية على إنقسام النواه الذى يسبق إنقسام السيتوبلازم ٠ و قد ميز العلماء نوعيين أساسيين لإنقسام الخلية هما الإنقسام الميتوزى Mitosis و الإنقسام الميوزى Meiosis و هذا لا يمنع تواجد إنقسام آخر و هو الإنقسام المباشر Amitosis مبنى على أساس نوعية معينة من الخلايا و أيضا تحت ظروف خاصة و بالتالى يعتمد إنقسام الخلية على سلوك النواة Nucleus behavior٠

أولا : الإنقسام الميتوزى Mitosis

الإنقسام الميتوزى و يعرف أيضا بالإنقسام غير المباشر هو إنقسام النواة مرة لتعطى نواتين و كذا تضاعف الكروموسومات ايضا مرة واحدة ٠ الإنقسام الميتوزى هوالإنقسام العام الذى يتم بطريقة منتظمة فى جميع الحيوانات الحية و هو عملية ديناميكية مستمرة بإستمرار حياة الحيوان. و للدراسة الطلابية يجب سهولة الوصف و لذا لابد أن نعرف أن هذا الإنقسام يمر بأربعة مراحل مختلفة و هى : المرحلة التمهيديةProphase stage – المرحلة الإستوائيةMetaphase stage – المرحلة الإنفصاليةAnaphase stage – المرحلة النهائيةTelophase stage٠

أ- المرحلة التمهيدية Prophase stage

تبنى هذه المرحلة على درجة ثبات Fixibility النواة و ما به من تراكيب و أهمها الكروموسومات Chromosomes فعندما تكون درجة الثبات صفر و هذا يعنى عدم ثبات النواة و هذا كله قاصر على الطور البينى Interphase stage و بعده تبدأ رحلة الدور التمهيدى للإنقسام بحيث نجد أن الكروموسومات أصبح لها قدر من الثبات حيث تظهر على هيئة خيوط رقيقة Fine thirds داخل النواة و تكون هذه الخيوط متشابكة و لدراسة ذلك تصبغ الخلية بصبغة تتعامل مع هذه الخيوط فتكسبها لونا أزرق خفيف من خلاله يمكن دراسة الكروموسوم تحت الميكروسكوب حيث يبدو على هيئة سلسلة طويلة من الجسيمات الصغيرة مختلفة الأحجام تعرف بالكروموميرات chromomeres و التى تتصل ببعضها بواسطة خيط رفيع أخف صباغة منها و الترتيب الطولى لهذه الكروموسومات يكون ثابت لكل كروموسوم و الكروموميرات المتجاورة يكون لديها ميل للتجمع مع بعضها البعض أثناء عملية التثبيت ، بعد

هذه العملية و مع تقدم المرحلة التمهيدية فإن الكروموسومات تقصر و تزداد فى السمك تدريجيا و بالتالى فإن المرحلة التمهيدية تتم بفقدان الماء لزيادة درجة الثبات و النمو و الإنقباض أو التكثيف ٠ و يبدو أن كل كروموسوم فى هذه المرحلة منشقا طوليا أى أن كل كروموسوم يتكون من نصفين طوليين كل منهما يعرف بالكروماتيدة chromattidia أو الكروموسوم الإبنةdaughter chromosome و هذا يؤكد أن الكروموسومات تكون دائما مزدوجة منذ إبتداء المرحلة التمهيدية و تكون الكروماتيدتان ملتصقتان بطول الكروموسوم و تحتويان على جسم وحيد غير قابل للإنقسام يعرف بالسنترومير Centro mere أو القطعة الوسطية ٠ و يجب ملاحظة أن الكروموسومات تتواجد دائما منفصلة و مستقلة ٠

و عند إنتهاء التحضيرات الأولية للمرحلة التمهيدية تبدأ الخطوات الرئيسية للإنقسام وهى كالأتى:-

١- الحبيبة المركزية Centriole للجسم المركزى Cell center تنقسم الى حبيبتين إن لم تكن موجودة فى صورة حبيبتين ٠

٢- تبدأ كل حبيبة فى الهجرة تجاه أحد قطبى الخلية Cell poles (القطب الحيوانى Animal pole و القطب الخضرى Vegetable pole) ٠

٣- مع إستمرار هجرة الحبيبتين تتحول الطبقة المعتمة Archoplasm للجسم المركزى الى أشعة نجمية astral rays تربط بين الحبيبتين ٠

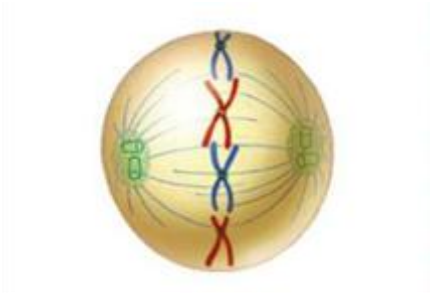
٤- و عندما تقترب كل حبيبة من القطب المتجهه اليه تبدأ النوية و الغشاء النووى فى الإختفاء و يتبقى فقط من مكونات النواة السائل النووى و الكروموسومات (الخيوط الكروماتيدية) ٠

٥- و فى نهاية المرحلة التمهيدية تتحول الطبقة الشفافة للجسم المركزى الى خيوط المغزل Spindle thirds و التى معها تتوقف المرحلة التمهيدية و تبدأ المرحلة الإستوائية ٠

ب- المرحلة الإستوائية Metaphase stage

و تبدأ هذه المرحلة مع ظهور خيوط المغزل Spindle thirds مع ملاحظة أنه بالقرب من نهاية المرحلة التمهيدية أشرنا الى إختفاء الغشاء النووى و النوية و قلنا أن المتبقى من تركيب النواة هو السائل النووى و الخيوط الكروماتيدية (الكروموسومات) و مع ظهور خيوط المغزل تبدأ الكروموسومات فى التعلق بخيوط المغزل بواسطة السنترومیرات و المنطقة التى تتعلق بها

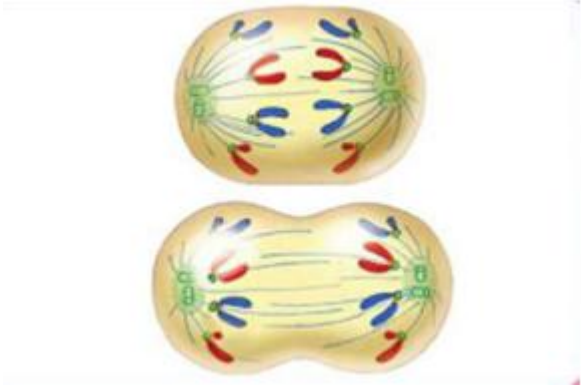
الكروموسومات من خيوط المغزل تعرف بالصفيحة الإستوائية Equatorial plate مع ملاحظة أن الكروموسومات فى هذه المرحلة تكون مزدوجة و مواجهه للصفيحة الإستوائية ٠



شكل (١٤) الانقسام الميتوزى

ج- المرحلة الإنفصالية Anaphase stage

كما ذكرنا من قبل أن كل كروموسوم يتكون من خيطن من الكروماتيد يربط بينهما السنترومير أو القطعة الوسطية ، و مع بداية المرحلة الإنفصالية ينشطر السنترومير الى جزئين بحيث يكون كل خيط كروماتيدى يحتوى على أحد جزئى السنترومير ثم ينفصل الخيطين عن بعضهما البعض و يتحرك كل منها تجاه أحد قطبى المغزل المقابل له ثم تحدث عملية نسخ Copy حيث ينسخ كل خيط كروماتيدى نفسه مكونا كروموسوما كاملا و بالتالى تحدث عملية تضاعف للكروموسومات Duplication of chromosomes٠

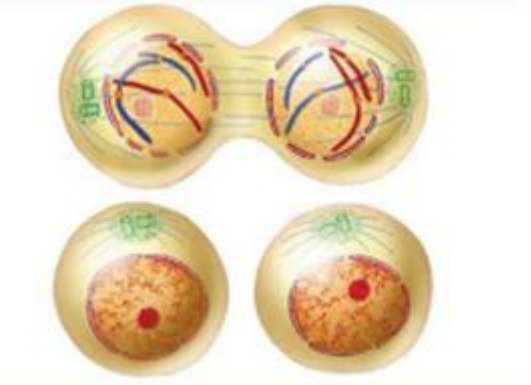


شكل (١٤) الانقسام الميتوزى

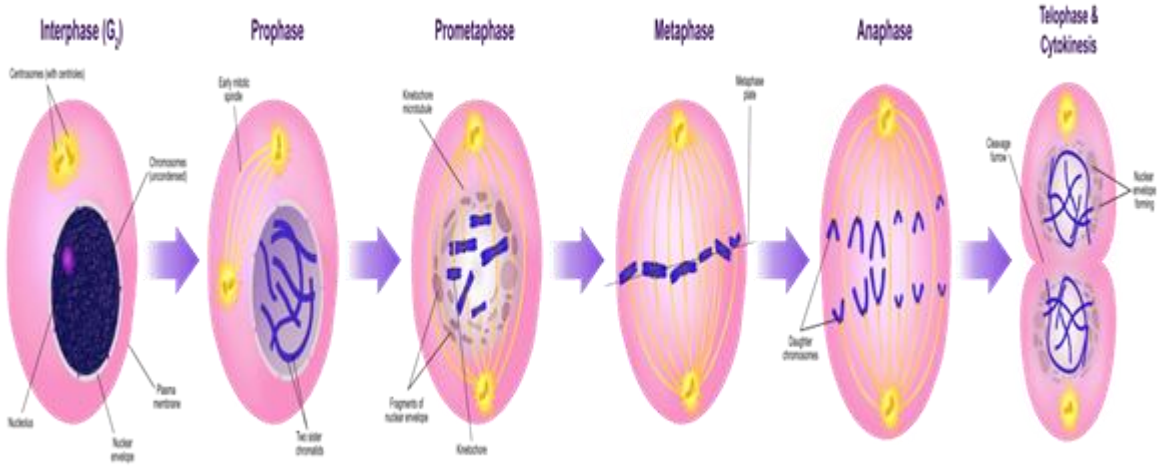
د- المرحلة النهائية Telophase stage

و فى هذه المرحلة تبدأ كل مجموعة من الكروموسومات موجودة عند أحد قطبى المغزل فى التجمع ثم تبدأ رحلة ظهور النوية و الغشاء النووى عند كل من قطبى المغزل و بالتالى تتكون نواتان ٠٠٠ كيف؟

و فى هذه الأثناء يظهر حز إختناق حول المنطقة الإستوائية للخلية و يستمر هذا الحز فى التقدم الى الداخل حت يقسم الخلية الى خليتين شقيقتين Daughter cells كل منهما نسخة طبق الأصل من الخلية الأصلية الأم و لا يكون الإختلاف الا فى الحجم فقط ٠ و تتراوح الفترة الزمنية التى يستغرقها الإنقسام الميتوزى بين عشرة دقائق الى عدة ساعات معتمدا على نوع الخلية – حالتها الوظيفية – العوامل الخارجية ٠



شكل (١٤) الانقسام الميتوزى



شكل (١٤) الانقسام الميتوزى

ثانيا:الإنقسام الميوزى(الإختزالى) Meiosi division(reduction division)

نعلم جميعا أن جسم الكائن الحى الذى يحتوى على جهاز تناسلى يمتلك نوعين من الخلايا ، خلايا جسدية somatic cells تحتوى على العدد الزوجى (التضاعفى diploid) للكروموسومات (٢ن) و خلايا جنسية sex cells تحتوى على العدد الفردى(النصفى

haploid) للكروموسومات (ن) ٠٠٠ مثال العدد الزوجى لكروموسومات الخلية الجسدية للإنسان ٤٦ بينما عدد الكروموسومات فى الخلية الجنسية ٢٣ و هذا يؤكد عدم قدرة الخلية الجنسية منفردة على الإنقسام division و يرجع السبب الى إحتوائها على نصف عدد الكروموسومات فلابد أن تتحد خلية جنسية ذكرية spermatocyte (حيوان منوى sperm) مع خلية جنسية أنثوية oocyte (بويضة ovum) لكى نحصل على خلية واحدة تحتوى على العدد التضاعفى (الزوجى) للكروموسومات و فى هذه الحالة تمتلك الخلية المقدرة على الإنقسام ٠

و الإنقسام الخلوى cell division الذى يختزل فيه عدد الكروموسومات الجسدية (٢ن) الى النصف (ن) يعرف بالإنقسام الميوزى meiosis أو الإختزالى reduction ٠ و يمر الإنقسام الميوزى بإنقسامين متتاليين قد توجد بينهم فترة زمنية أو لايكون و يتم أثناء هذين الإنقسامين أن تنقسم الكروموسومات مرة واحدة بينما النواة تنقسم مرتين ، و يطلق على هذين الإنقسامين الإنقسام الميوزى الأول first meiotic division و الإنقسام الميوزى الثانى second meiotic division و يفصل بينهما طور بينى قصير جدا و فى بعض الكائنات الحية الأخرى لا يوجد هذا الطور البينى interphase ٠

١ – الإنقسام الميوزى الأول First meiotic division

يمر هذا الإنقسام بأربعة مراحل أساسية : -

أ- المرحلة التمهيدية الأولى first prophase stage

و تتميز هذه المرحلة بطولها و تعقيداتها لذا نقسمها الى عدة اطوار حسب ترتيب حدوثها و هى

١- الطور القلادى Leptotene stage

و يبدأ هذا الطور بتحضير بسيط و هو محاولة ظهور الكروموسومات لصعوبة وضوحها ثم تبدأ سلسلة مظاهر لوضوح الكروموسوم حتى تبدو على هيئة خيوط طويلة و رفيعة تتساوى فى عددها مع الكروموسومات فى الخلية الجسمية و هذا اعطى انطباع للباحثين و العلماء بأن الكروموسومات لا تنقسم طوليا و ان الكروموسوم عبارة عن كروماتيدة واحدة . و قد تتواجد الكروموسومات اما بطريقة مرتبة (مستقطبة) او بطريقة غير مرتبة (غير مستقطبة) .

٢- الطور التزاوجى Zygotene stage

و فيه يتم ازدواج الكروموسومات المتشابهه او المتماثلة جنبا الى جنب و بذلط ترتب الكروموسومات فى ازواج و يختلف ترتيب الكروموسومات اثناء عملية الازدواج حسب ترتيبها فى الطور القلادى هل مستقطبة ام غير مستقطبة . فى حالة ان تكون مستقطبة تبدأ عملية الازدواج من السنترومير و غير ذلك يبدا الازدواج من اى نقطة غير السنترومير. و الازدواج ايضا يتم بين الكروموميرات من الداخل و بعد ذلك نجد ان الكروموسومات تظهر غليظة و قصيرة و قد تحدث انقلابات اثناء عملية التزاوج مما يؤدى الى انعكاس جزء من الكروموسوم فاذا كانت دلالات الكروموميرات على الكروموسوم a,b,c,d,e,f و مثيلتها على الكروموسوم الاخر a',b',c',d',e',f' فانه يحدث ازدواج a مع a' و b مع b' فان كان هناك انقلاب فى احد هذين الكروموسومين المتماثلين و لم يحدث انقلاب فى مثيله الاخر نجد ان المنطقة النقلبة ستبقى غير مزدوجة و تكون انثناء فى المنتصف. و يبدو ان عملية الازدواج تنتج من قوة تجاذب بين الكروموميرات المتماثلة و تكون قوة التجاذب نوعية و انها تقوم بدورها خلال مسافات محددة و هناك احتمال فى ان قوة التجاذب تتطابق مع القوة التى تحفظ الكروماتيديتين مع بعضهما البعض على طول امتداد الكروموسوم.

٣- الطور الضام Pachytene stage

عندما يحدث ازدواج للكروموسومات تصبح قصيرة و غليظة لذا يبدو عدد الكروموسومات ظاهريا مختزل للنصف اى ان الاختزال ظاهرى فقط اى ان كل وحدة عبارة عن زوج من الكروموسومات pair of chromosome اى اربع خيوط كروماتيدية .

و يحدث فى منتصف هذا الطور انشطار طولى longitudinal division لكل كروموسوم فى مستوى عمودى على عملية الازدواج و يمكن تسمية الطور الضام بطور ذو شريطين diads قبل الانشطار و طور ذو الاربع اشرطة tetrads بعد الانشطارو بعد عملية الانشطار يلتف كل شريطين حول الشريطين الاخرين و قد يحدث اثناء ذلك ان تتكسر الكروماتيدات الداخلية المتناظرة homologous chromatids ثم يحدث تبادل بين القطع المتكسرة و تعرف هذه العملية بالعبورcrossing over و لهذا فان الكروماتيدتين الخارجيتن تبقا كما هما.

٤- الطور الانفراجى Diplotene stage

يبدأ هذا الطور عندما تبدأ الكروموسومات المتماثلة فى عملية الانشطار و تبعد عن بعضها البعض و بالتالى تتحول قوى التجاذب الى قوى تنافر و انفصال الكروموسومات المتماثلة لا يكون انفصالا كليا و لكن تبقى الكروموسومات متصلة مع بعضها البعض عن طريق نقاط الكيازماتا chiasmata و هى نقاط التبادل بين الكروماتيدات المتناظرة و هى بينية اى تتواجد

بين نهايات الكروموسومات و ايضا تختزل تدريجيا و تتحرك خارجيا مكونه ما يسمى بالانزلاق الطرفى terminilization .

٥- الطور التشتتى Diakinesis

و هذا الطور يقابل المرحلة المتاخرة التمهيدية للانقسام المباشر و يتميز هذا الطور بانكماش الكروموسومات و استمرارية عملية الانزلاق الطرفى حتى تتلاشى تماما الكيازماتا و من ثم ينتقل الطور الانفراجى الى الطور التشتتى .

ب- الملرحلة الاستوائية الاولى First metaphase stage

نجد أن الفترة بين اختفاء الغشاء النووى disappearing of nuclear membrane و بين اللحظة التى يتم فيها تكوين المغزل formation the spindle تكوينا كاملا يطلق عليها المرحلة الاستوائية و هى تختلف عن المرحلة الاستوائية للانقسام الميتوزى فى ان كل ثنائى يحتوى على سنترومير bicentromeres مستقلين عن بعضهما البعض و لا تنقسمان كما فى الانقسام الميتوزى. و تقع السنترومير ات اعلى او اسفل الخط الاستوائى بينما فى الانقسام الميتوزى نجد ان جميع السنترومير ات تقع على الخط الاستوائى لأن كل كروموسوم يحتوى على سنترومير واحد .

ج- المرحلة الانفصالية الاولى First anaphase stage

نتيجة لتحول قوى التجاذب الى قوى تنافر فإن كل سنترومير فى اتجاه القطب الاقرب و يجر خلفه الكروماتيدة المتصله به و فى المرحلة الانفصالية المتأخرة تستطيل المنطقة الوسطية للمغزل و يتم انفصال كل ثنائى الى وحدتين اى الى كروموسومين.

د- المرحلة النهائية الاولى First telophase stage

و فيها تبدأ الكروموسومات القريبة من كل قطب من قطبى الخلية التحرك تجاه هذا القطب معها تبدأ المرحلة النهائية الاولى و هذا مطابق لما يحدث فى المرحلة الانفصالية للانقسام الميتوزى ماعدا ان كل مجموعة كروموسومية تكون احادية السنترومير و قد تبقى الكروموسومات فى صورة مجتمعة او مكثفة و بالتالى نجد ان الكروماتيدات الشقيقة تنفرج عن بعضها البعض و ينتج عن الانقسام الاختزالى الاول تكوين امهات البيض الثانوية فى الانثى و امهات المنى الثانوية فى الذكر.

الطور التمهيدى الطور الاستوائى الطور الانفصالى الطور النهائى

شكل (١٥) الانقسام الميوزى الاول

٢- الانقسام الميوزى الثانى Second meiotic division

و هو يمر بنفس المراحل الاساسية الاربعة الانقسام الميتوزى و ايضا الانقسام الميوزى الاول وهى :-

أ- المرحلة التمهيدية الثانية Second prophase stage

كما ذكرنا فى المرحلة التمهيدية الانقسام الميوزى الاول و هى بداية وضوح الكروموسومات ففى هذه المرحلة يبدأ دور الجسم المركزى فى عملية الانقسام و فيها تنقسم كل حبيبة مركزية Centriole اذا كانت واحدة او تنفصل عن بعضها البعض اذا كانت حبيبتين يتحرك كل منها الى احد قطبى الخلية ثم يبدأ الغشاء النووى فى الاختفاء و معه يبدأ المغزل فى الظهور .

ب- المرحلة الاستوائية الثانية Second metaphase styage

و فيها يتم ترتيب الكروموسومات على خيوط المغزل بعد تكوينها و ظهورها فى نهاية المرحلة التمهيدية و المنطقة التى تشغلها الكروموسومات على خيوط المغزل تسمى الصفيحة الاستوائية و كل كروموسوم من هذه الكروموسومات يتكون من زوج من الكروماتيدات تتصلان ببعضهما عن طريق القطعة الوسطية او السنترومير.

ج- المرحلة الانفصالية الثانية Second anaphase stage

يحدث انشطار طولى او انقسام طولى لكل كروموسوم و يشمل الانقسام السنترومير و ينتج عن ذلك ان كل كروموسوم اصبح عبارة عن زوج من الكروماتيدات المنفصلة و التى كل منها تحتوى على جزء من السنترومير ثم تتحرك كل كروماتيدة تجاه القطب القريب منها ثم تبدأ كل كروماتيدة فى نسخ نفسها و بالتالى تكون كروموسوم كامل و فى هذه المرحلة تحدث عملية تضاعف الصبغيات الوراثية او الكروموسومات.

د- المرحلة النهائية الثانية Second telophase stage

فى هذه المرحلة تتجمع الكروموسومات بالقرب من القطب المقابل ثم تبدأ المكونات التى إختفت فى الظهور مرة اخرى فتظهر الانوية، نواه لكل مجموعة من الكروموسومات و ايضا غشاء

نووى و نوية و السائل النووى و يبدأ الغشاء النووى فى الاحاطة بالكروموسومات و النواة و النوية و العصير النووى و بالتالى تتكون نواة و لكن تحتوى على عدد فردى من الكروموسومات اى العدد النصفى للكروموسومات و تعرف الخلية الناتجة بالحيوان المنوى او البويضة.

الطور التمهيدى الطور الاستوائى الطور الانفصالى

الطور النهائى

شكل (١٦) الانقسام الميوزى الثانى

موت الخلية المبرمج (programmed cell death)

هو موت الخلية بأي شكل من الأشكال، بوساطة برنامج داخل الخلايا، ويشار إليه أيضًا باسم الانتحار الخلوي. يحدث موت الخلية المبرمج ضمن عملية بيولوجية، والتي عادةً ما تكون مفيدة خلال دورة حياة الكائن الحي. على سبيل المثال، يحدث تمايز أصابع اليدين والقدمين لدى الجنين البشري النامي نتيجة موت الخلايا بين أصابع اليدين. والنتيجة هي انفصال الأصابع. يدعم موت الخلية المبرمج الوظائف الأساسية خلال نمو الأنسجة النباتية والحيوانية. يعد كل من الاستماتة والالتهام الذاتي شكلًا من أشكال موت الخلية المبرمج، أما النخر، فيعتبر عملية غير فسيولوجية تحدث نتيجة للعدوى أو الإصابة.

النخر هو موت الخلية الناجم عن عوامل خارجية مثل الصدمة أو العدوى ويحدث بأشكال مختلفة. في الآونة الأخيرة، عُرف شكل من أشكال النخر المبرمج، يسمى نكروبتوسيس، كشكل

بديل لموت الخلايا المبرمج. تقول النظريات أن نخر الخلايا هو بمثابة داعم لعملية الاستموات عندما تُحجب إشارة موت الخلايا المبرمج بواسطة عوامل داخلية أو خارجية مثل الفيروسات أو الطفرات. في الآونة الأخيرة، اكتُشفت أنواع أخرى من النخر الخاضع للتنظيم أيضًا، والتي تشترك من حيث التأشير مع النكروبتوسيس والاستموات.

الاستموات أو النوع الأول للموت الخلوي المبرمج

الالتهام الذاتي أو النوع الثاني للموت الخلوي المبرمج: يتميز بتكوين فجوات كبيرة داخل السيتوبلازم تأكل العضيات الخلوية ضمن تسلسل محدد قبل تدمير النواة.

الاستموات

الاستموات هو عملية موت الخلايا المبرمج التي قد تحدث في الكائنات متعددة لخلايا. تؤدي الأحداث الكيميائية الحيوية إلى تغييرات مميزة في الخلايا (مورفولوجيا). تتضمن هذه التغييرات تشكل فقاعات، انكماش الخلايا، تفكك نووي، تكثف الكروماتين، تفكك الدنا الصبغي. يُعتقد الآن أنه- في سياق تنموي- تُحث الخلايا على الانتحار بشكل إيجابي ضمن سياق استتبابي. قد يوفر غياب عوامل بقاء معينة قوة دافعة للانتحار. يبدو أن هناك بعض الاختلاف في المورفولوجيا وفي مجال الكيمياء الحيوية لهذه المسارات الانتحارية؛ تلجأ بعض الخلايا لطريق «الاستموات»، بينما يتبع بعضها الآخر طريقًا أكثر عمومية للحذف، لكن عادةً ما يكون الدافع وراثياً وصنعيًا. توجد بعض الأدلة على أن بعض أعراض «الاستموات» مثل تنشيط النوكليز الداخلي يمكن أن تحدث بشكل زائف دون إشراك تنظيم جيني، ومع ذلك، يجب أن يكون الاستموات والموت المبرمج للخلايا الحقيقي متواسط جينياً. أصبح من الواضح أيضًا أن الانقسام الخلوي أو الاستموات يتبدلان أو يرتبطان بطريقة أو بأخرى وأن التوازن المحقق يعتمد على الإشارات التي ترسلها عوامل النمو أو البقاء المناسبة.

الالتهام الذاتي

البلعمة الكبيرة، وغالبًا ما يشار إليها باسم الالتهام الذاتي، هي عملية تقويضية تؤدي إلى الالتهام الذاتي الليزوزومي لمحتويات السيتوبلازما الضخمة، التجمعات البروتينية الشاذة، والعضيات الزائدة أو التالفة. تتنشط عملية الالتهام الذاتي بشكل عام بحالات نقص التغذية، لكنها ترتبط أيضًا بالعمليات الفسيولوجية والمرضية مثل النمو والتمايز وأمراض التنكس العصبي والإجهاد والعدوى والسرطان.

الروابط

يمكنكم مشاهدة فيديوهات توضيحية تخدم جزء الأنسجة من خلال الروابط التالية:

https://youtu.be/e1tBr80uO-Q

https://youtu.be/BsvJR8wjNuU

https://youtu.be/fRyyYoaTJ-o

المراجع

المراجع العربية

١- تيرينس آلن وجراهام كاولينج (٢٠١٤): الخلية - مقدمة قصيرة جدا-مؤسسة هنداوي.

٢- محمد حسن الحمود و وليد حميد يوسف (٢٠٠٣): علم الأنسجة: النسيج الطلائي، النسيج الرابط، النسيج الدهني، الغضروب، العظم، العضلة - الأهلية للنشر والتوزيع.

٣- وفاء محمد شكري (٢٠١٢): مقدمة في علم الخلية ووظائفها - مكتبة المتنبي.

المراجع الأجنبية

١- El-Banhawy, M. A.; Demian, E. S.; Shalaby, A. A.; Roshdy, M. A.; Saoud, M. F. A. and Said, E. (1998): Text Book of Zoology. 8th eds. Dar Al-Maaref, 1119 Corniche El Nile, Cairo.

٢- Kuehnl, W (2003): Color atlas of cytology, histology, and microscopic anatomy, 4th edit., rev. and enl. Thieme Stuttgart. New York.

٣- Lőw, P; Molnár, K and Kriska, G (2016): Atlas of animal anatomy and histology. 1st edit. Springer International Publishing.

١- Sajonski, H.; Smollich, A. and Lindner, D. (1969): Cells and tissues. Introduction to cytology and histology for students in the medical and biological sciences