علم الخلية

للفرقة الاولى للتعليم الاعدادى و الثانوى

للعلوم البيولوجية – كلية التربية

الفصل الدراسى الاول ٢٠٢٤-٢٠٢٥

اعداد

أ.د عبدالباسط مسعود عبيد

استاذ علم الخلية و الوراثة

بسم الله الرحمن الرحيم

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

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 أجمـل ما عبـر القـرآن الكريم أروع تعبيـــر (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 عبـــادة لا تساندها معرفة حقـــه 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 عبيـد

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 الوظيفي Structural 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 .

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 التكنولوجيTechnology 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

بعد اكتشـاف الميكروسـكوب الضـوئي light microscope أمكن معرفة الكثير عن اســرار تركيـب هـذه الكـائنـات ، ففى عـام (١٦٦٥- ١٦٦٨) وجـد روبرت هوك Robert Hooke أثناء فحصـــه لقطاع رقيق من نبات الفلين تحت الميكروســكوب الضــوئي أنه يتركب من حجرات صــغيرة small chambers جوفاء أطلق عليها مسـمى خلايا cells لشـبهها بخلايا نحل العسـل و بالتالي أصـبح روبرت هوك أول عالم يســتخدم لفظ خلية و عرفها على أنها حجرة أو فراغ أو تجويف يحاط بجدار من الخـارج و لكنـه لم يـذكر مـا اذا كـان هـذا الفراغ يحتوى على تراكيـب أخرى أم لا يحتوى.

و تســـابق العلمـاء فى التعرف على محتويـات الخليـة ، ففى عـام ١٧٠٠ اكتشـــف ليفنهوك Leiuwin Hooke النواة nucleus داخل الخلية ذلك من خلال مشـــاهدت كرات الدم الحمراء فى ســـمك الســـالمون و بالتالي أصـــبح تعريف الخلية على أنها تجويف أو فراغ يحتوى على نواة و يحـاط بجدار من الخارج ، و أكد العالم روبرت براون Robert Brown (١٨٣١) تواجد النواة داخل كل خلية حيوانية. و فى عام ١٨٣٥ وصـــف العـالم ديجـاردن Dejardin محتويـات الكـائنـات الدقيقـة بـأنهـا مـادة جيلاتينية jelly ، مرنه elastic ، منقبضـة 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 أوضـح العالم شـلايدن Schleidin و هو عالم نباتي أن الخلايا هى الوحدات التركيبيـة و البنـائيـة للنبـاتـات . . و بـالتالى فان شـــلا يدن هو أول عالم يدخل مســـمى خليـة على الكـائنـات النباتية و بالتالي فان الأنســـجة النباتية ماهى الا

تجمعات من الخلايا النباتية، و لـــــــذا أصبحت الخلية النباتية هى الوحدة التركيبية للنبات و أيضا بعد عام واحد أى عام ١٨٣٩ توصل عالم الحيوان الألمانى شفـــــان Schwann الى نفس النتيجة للحيوان و أصـــبحت الأنســـجة الحيوانية ما هى الا تجمعات من الخلايا الحيوانية clusters of animal cells و أن الخلية الحيوانية هى الوحدة التركيبية للحيوان ، و لقد كان شـــفان أول من أســـتخدم مفهوم النظرية الخلويـــة 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 جميـــــع الكائنات الحيـــــة 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. 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 بغشـــاء من الخارج، و لكن هذا التعريف يفتقر الى الدقة للأسباب الآتية ؛ أن بعض الخلايا تحتوى على نواتين او اكثر لا نواة واحدة و 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 ريمـــاك الى اكتشاف انقسام الخلية المباشـــر Amitosis، فى حين أن شنيـــدر 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 الضفدعــة بينما أوضح هيرتويج (١٨٧٥) اندماج الحيوان المنوى بالبويضـــة وبهذه الخاصية استطاع العلماء تفهم قوانين الوراثـــــة.

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 فيها النواة لا تحاط بغشاء نووى، ومن الأمثلة عليها البكتيريا. تحتوي الخلايا الحيوانيّة على عُضيّاتٍ مشتركة مع الخلايا النباتيّة، مثل الغشاء الخلوي، والسّيتوبلازم، والنّواة، والميتوكندريا، والشّبكة الإندوبلازميّة، وأجسام جولجي، والرّيبوسومات، 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 نوعان من ناحية المادة الوراثية، خلية جسمية (٢ن) و خلية جنسية (ن) و انواع عديدة من الخلايا تكتسب مسميات الاعضاء التى تكونها (خلية عظمية ، خلية كبدية....) 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

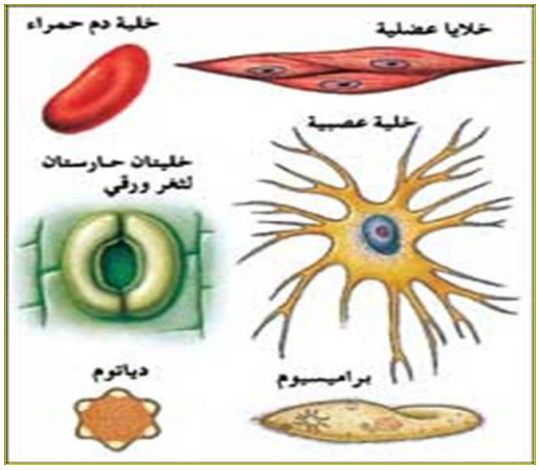
١- الكائنات ذات الخلايا بدائية النواة Prokaryotic

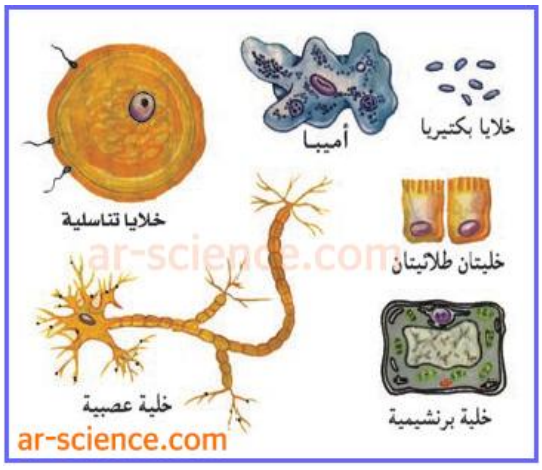
٢- الكائنات ذات الخلايا حقيقة النواة Eukaryotic

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

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.

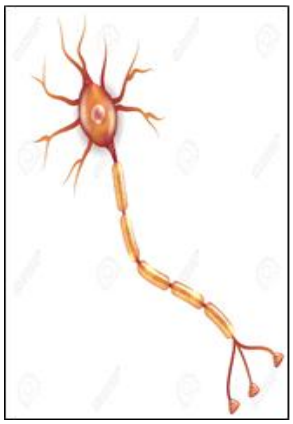


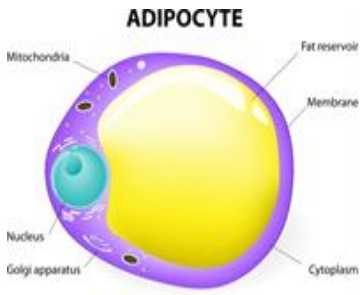


على سبيل المثال، كريات الدم الحمراء تتميز بشكلها القرصي الذي يساعدها في المرور عبر الأوعية الدموية الضيقة .

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 العصبية الخلية الدهنية الخلية البيضية

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.

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).

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، 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 و أيضا بأحداث ثقب بالخلية لوحظ خروج البروتوبلازم خارج الخلية مما يعنى وجود غشاء يمنع خروج البروتوبلازم ٠

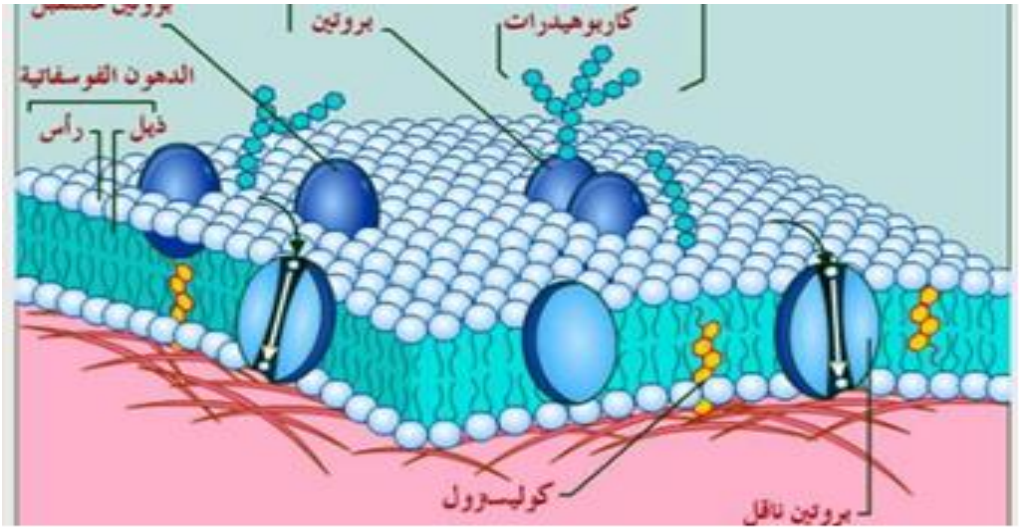
تركيب غشاء البلازما Structure of plasma membrane

أوضحت الدراسات التى أجريت بواسطة مجموعة من الباحثين منذ فترة زمنية بعيدة أن غشاء البلازما يتركب من طبقة واحدة رقيقة من الدهون و حيث أن نفاذ أى مادة خلال مادة أخرى مرتبط بقابلية هذه المادة على الذوبان فى الدهون 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.و هذا اعطى فرصة لمجموعة من العلماء لتفسير ذلك من خلال اجراء العديد من الدراسات منها:-

نموذج دانيللى لغشاء الخلية Danielli model

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 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 ٠ 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



النموذج الفسيفسائى السائل The fluid mosaic model

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 تصل الى ٣٠ % و هذا يوضح المدى الواسع فى النسبة مما يؤكد اختلاف أغشية الخلايا عن بعضها البعض ٠ و فى عام ١٩٧٢ قدم

نيكسون و سنجر 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 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 و أيضا قد يكون تركيب البروتينات للسطح الخارجى مختلفة عن بروتينات السطح الداخلى لأسطح الخلايا ٠ يصف نموذج الفسيفساء السائل الطريقة التي يتكوَن بها الغشاء البلازمي من فوسفوليبيدات حرة الحركة، تحتوي على رءوس فوسفاتية محبة للماء وذيول أحماض دهنية كارِهة للماء، تتخلَّلها بروتينات وكوليسترول متضمنة. تؤثر درجة الحرارة على نفاذية الأغشية من خلال زيادة سيولة الفوسفوليبيدات، وتشويه البروتينات المتضمنة، تؤثر أيضا المذيبات العضوية مثل المواد الكحولية على نفاذية الأغشية عن طريق إذابة الفوسفوليبيدات، وهو ما يجعل الغشاء أكثر سيولة ونفاذية.

التركيب الكيميائى لغشاء الخلية

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 ١٩٥٩٠ و فيما يلى وصف لهذه المركبات.

الأهمية الوظيفية لغشاء البلازمـا

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 الخلية٠

٢- ظاهرة الالتهام (الابتلاع) 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 بها٠

٣-غشاء البلازما هو المسئول عن تحديد الشكل العام للخلية

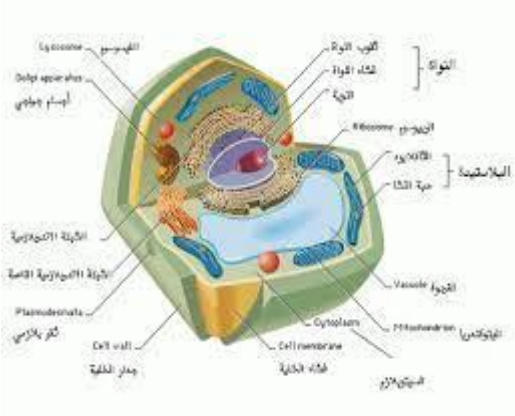
٤-الوظيفة الرئيسية للغشاء البلازمي هي الحماية حيث يخلق الغشاء البلازمي حاجز يفصل الخلية عن البيئة المحيطة.

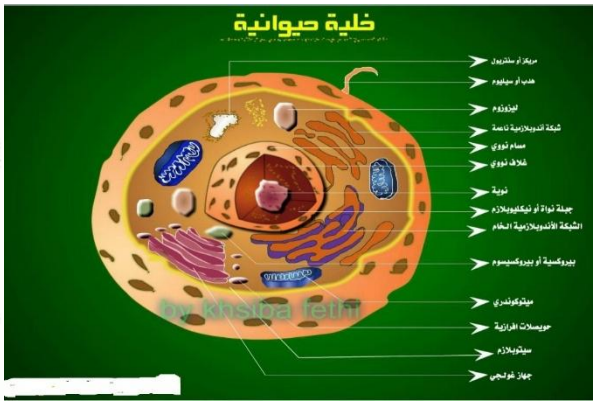
البروتوبلازم Protoplasm

البروتوبلازم هو المادة الحية التى تتكون منها جميع الكائنات الحيوانية و النباتية الحية و بدون البروتوبلازم لا توجد حياة على أى مستوى و لذا قال هكسلى فى عام (١٨٦٨) مقولة المشهورة أن " البروتوبلازم هو الأساس الطبيعى للحياة " و هذا يعنى أن جميع الأنشطة الحيوية التى يقوم بها الكائن الحى سببها التغيرات الكيميائية و الطبيعية التى تحدث فى البروتوبلازم و يطلق لفظ البروتوبلازم على المواد المختلفة التى يتكون منها السيتوبلازم و النواة و البعض الأخر يطلق لفظ بروتوبلازم على المواد المختلفة التى يتكون منها السيتوبلازم فقط و تختلف مادة البروتوبلازم باختلاف انواع الخلايا 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 ابحاث الخلية cell researches.

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





التركيب الكيميائى للبروتوبلازم

لا يمكن التعرف على التركيب الكيميائى الدقيق للبروتوبـــلازم 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 الحيوانيـــة animal tissues يحتـوى على العناصـــر بنســـب متفاوتـــــة (الكالسيوم Calcium و الحديد Iron و البوتاسيوم Potassium و الكبريت Sulphate و الصوديوم sodium و الماغنسيوم Magnesiumو الفوسفورPhosphor و غيرها من العناصر) كما أنه يحتوى على الكربـــون Carbon و الهيدروجيـــن Hydrogen و الاكسجيـــن Oxygen و الأزوت بنســـب مختلفة ٠ و تتحد هذه العناصر مع بعضها البعض مكونه نوعين من المركبات، العضوية organic components (البروتينات proteins – الدهون fats (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

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 هـــى : -

المواد البروتينية Proteins

المواد البروتينية هى أكثر المواد العضوية تواجدا و انتشارا فى البروتوبلازم الحيوانى 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 ٠ و هذه الوحدات البسيطة للبروتينات ما هى الا أحماض عضوية تحتوى على الأحماض الأمينية تكون سلسلة طويلة منها باتحادها مع بعضها 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 ٠ 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

أولا: طبيعة نواتج التحلل للمواد البروتينية المعقدة الى ثلاثة أنواع:-

١- 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 و تلعب دور هام فى تركيب الكروموسومات الحاملة للمادة الوراثية المسئولة عن انتقال الصفات الوراثية من الاباء الى الابناء واظهار الصفات الوراثية.

ب - الألبومينات Albumines :- بروتينات تذوب فى الماء و أيضا تتجلط اذا تعرضت للحرارة ٠ توجد فى مصل الدم و تقوم بنقل الاحماض الدهنية بين الانسجة و الاعضاء.

ج – الجلوبيولينات Globulins :- و هذا النوع من البروتينات يذوب فى الأحماض و القلويات و محاليل الملح و لكنه لا يذوب فى الماء ٠عبارة عن مجموعة من البروتينات في الدم مصنوعة في الكبد عن طريق الجهاز المناعي. تلعب الجلوبيولين دور مهم في وظائف الكبد وتجلط الدم ومحاربة العدوى. يمكن استخدام اختبارات الجلوبيولين للمساعدة في تشخيص مجموعة متنوعة من الحالات، مثل تلف الكبد أو مرض في الكبد، مرض في الكلية، اضطرابات المناعة الذاتية وأنواع معينة من السرطان.

د – البروتامينات Protamines :- تذوب فى الماء و لكن لا تتجلط بالحرارة . تلعب دور هام جدا فى عملية نقل الصفات الوراثية من خلية الى اخرى و كذلك فى تنظيم بعض التفاعلات الحيوية.

٢ - البروتينات المرتبطة Conjugated proteins

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

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

ب - البروتينات النووية Nucleoproteins :-

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 إتحاد البروتين مع الدهون.

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

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.

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 ٠ لذا فهى أيضا لها قابلية للأنتشار خلال الأغشية المشبعة و أيضا لها قابلية للذوبان فى المــاء ٠ أما المواد عديدة التسكر لا تنتشر خلال الأغشية المشبعة و لا تتبلور و تكون محاليل غروية مع المــاء.

المواد أحادية التسكر monosaccharides

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

و هى تتكون من اتحاد جزئين من السكريات الأحادية مع فقدان جزئ من الماء 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 عديــدة التسكر polysaccharides

تتكون من اتحاد عدة جزئيات من السكريات وحيدة التسكر مع فقدان جزئيات من الماء ٠ 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 الكربوهيدراتية المختزلة فى الخلايا الحيوانية و هى تمثل أهمية بالغة للحيوان و برغم تواجدة فى كثير من أنسجة الجسم 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.

وظيفة الكربوهيدرات

١- على الرغم من أن معظم خلايا الجسم يمكنها تفكيك المركبات العضوية الأخرى للحصول على الطاقة، إلا أن جميع خلايا الجسم يمكنها استخدام الجلوكوز. علاوة على ذلك، فإن الخلايا العصبية (الخلايا العصبية) في الدماغ والحبل الشوكي ومن خلال الجهاز العصبي المحيطي وخلايا الدم الحمراء، يمكنها استخدام الجلوكوز فقط للحصول على الطاقة.

٢- تكوين الإطار الهيكلي للـ RNA و DNA (الحمض الريبي النووي والحمض النووي الريبي منقوص الأكسجين).

٣- تكوين العناصر الهيكلية في جدران الخلايا النباتية (السليلوز) والغشاء الخلوي للحيوانات.

٤-تتواجد الكربوهيدرات بكميات قليلة جداً في بنية الخلايا، فمثلاً ترتبط بعض جزيئات الكربوهيدرات مع البروتينات لتنتج البروتينات السكرية، وبعضها الآخر يتحد مع

الدهون لينتج الدهون السكرية، وكلاهما موجود في الغشاء الذي يحيط بمحتويات خلايا الجسم. .

الأحماض النوويـــة Nucleic acids

الأحماض النووية عبارة عن مركبات كيميائية بالغة الأهمية، و هى توجد فى جميع الكائنات الحية و يحتوى الكائن الحى على حامض واحد على الأقل ٠ فتحتوى بعضها على حامض دى أكسى ريبونيوكليك فقط كالبكتريا أما الحيوانات و النباتات الراقية فتحتوى على الحمضين معـــــا الريبونيوكليك Ribonucleic acid و دى أكسى ريبونيوكليك Deoxyribonucleic acid ٠ و يوجد حامض دى أكسى الريبونيوكليك فى النواة nucleus و الميتوكندريا و البلاستيدات 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 ٠ و فى النواة nucleus يتحد حامض دى أكسى الريبونيوكليك مع البروتينات (الببتونات و البروتامينات) مكونا البروتينات النووية nucleoprotein٠

أما حامض الريبونيوكليك فيوجد فى مناطق مختلفة منها السيتوبلازم cytoplasm و النواة nucleus٠ 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 ribosomes٠ 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) ٠ السكر الخماسى و النيتروجين القاعدى يعرفا بالنيكلوسيد nucleoside و القواعد النتروجينية البيريميدية عبارة عن سيتوسين cytosine و الثيمين thymine و اليوراسيل uracil فى حين أن القواعد النيتروجينية البيورينية تتكون من الأدينين adinine و الجوانين guanine و يحتوى كل من الحمض النووى DNA و الحمض النووى RNA على الأدينين و الجوانين و السيتوسين بالأضافة الى ذلك يحتوى حمض DNA على الثيمين بينما يحتوى حمض RNA على اليوراسيل.

المواد الدهنيـة Fats

هى مواد تمثل مصدر اخر للطاقة و بالتالي تتكون من نفس العناصر المكونة للمواد الكربوهيدراتية و هى الهيدروجين و الأكسجين و الكربون و غيرها من العناصر الأخرى، و يحتوى البروتوبلازم على الدهون الحقيقية True fats و مشتقاتها و المواد الدهنية غير قابلة للذوبان فى الماء و لكن تذوب فى المذيبات العضوية Organic solvents مثل البنزين و بعض من المذيبات الأخرى.

أهمية الدهون Function of lipids

تلعب الدهون دور حيوي وهام داخل أنسجة الجسم و يتوقف هذا الدور على مكانها و الصورة الموجودة عليها، 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 و تكون مسئولة عن تكوين مادة الميلين و التى من خلالها تعرف الليفة العصبية هل هى ميلينية أو غير ميلينية و تتحول الدهون الى مستحلب دهنىEmulsifie بواسطة أحماض العصارة

الصفراوية مما يسهل من عملية هضمها بصورة أولية 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، دهون متعادلة Neutral fats و الفوسفوليبيدات و الثانى يمثل الدهن الحقيقى للبروتوبلازم 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) فعلى سبيل المثال الدهون التى توجد فى أنسجة المخ دهون حقيقية و بالتالى أثناء فترة الصوم Fasting لا تتأثر و ايضا نجد أن الكبد يمثل المحور الرئيسى للدهون داخل الجسم ففى حالات التسمم يزداد معدل الدهون فى الكبد بصورة كبيرة مع أن الكبد يلعب دور بالغ الأهمية فى عملية أيض الدهون ٠ يحتوى الكبد فى الصورة الطبيعية على ٤ % ليبيدات (١ : ٣ دهون متعادلة 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 components

يحتوى البروتوبلازم على المكونات غير العضوية فى صورة أملاح متحدة مع المواد العضوية Organic components فهى تتحد مع المواد البروتينية (الأحماض الأمينية) مكونة بعض الهرمونات Hormones (الثيروكسين Thyroxine) أو بعض المركبات الأخرى (الهيموجلوبين) 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 الأملاح المعدنية تلعب دورا هاما و حيويا فعلى سبيل المثال اذا

نقصت كمية الكالسيوم عن معدلها العادى فى الدم قد تؤدى الى الوفاة 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 هذا بالأضافة الى الأهمية التى يعرفها العامة قبل المتخصصين و هى أن الأسنان و العظام تتكون بصفة أساسية من أملاح الكالسيوم.

المـــاء Water

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

و تختلف كمية الماء من نسيج الى آخر ، فالنسيج العظمى للأنسان يحتوى تقريبا على ١٠% بينما يحتوى النسيج العضلى على ٧٥% تقريبا 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 ٠ 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 و بالتالى نسبة الماء داخل النسيج ترتبط بالأداء الوظيفى للنسيج ٠

عضيات الخلية

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

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

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

الريبوسومات - الجسم المركزي - 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 الحديثة٠ 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 و تم التعرف عليها من خلال الميكروسكوب الضوئى 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 ٠ 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 ٠ 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 ٠ 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 تحتوى على الشكل الحويصلى و الحبيبى و الخيطى داخل الخلية الواحدة و هذا يعنى أن الخلية يمكنها أن تمتلك شكل واحد أو عدة أشكال.

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 ٠ و لكن الملاحظ أن عرض الميتوكندريا ثابت تقريبا بينما طولها 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 ٠ فعلى سبيل المثال تحتوى الخلية الكبدية للثدييات 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 ٠ نجد أن الميتوكندريا فى خلايا الكلية Renal cells تتجمع فى المنطقة القاعدية Basal region للخلية بينما فى الأنواع الأخرى للخلايا يختلف موضع الميتوكندريا حسب وظيفتها كمصدر للطاقة Energy suppliers ٠ ففى خلايا شبكية العين تحتل الميتوكندريا المنطقة الداخلية للتركيب الدقيق للخلية فى حين أنها تشغل حافة السيتوبلازم فى الخلايا العصبية Nerve cells ٠

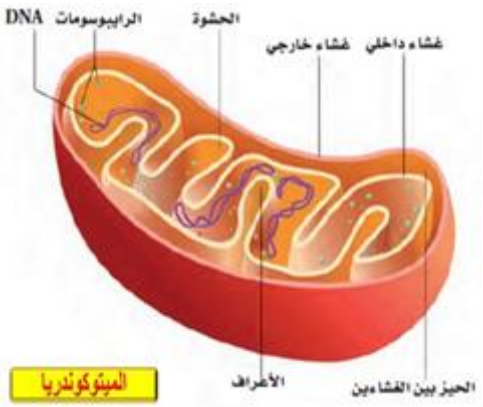
تركيب الميتوكندريا Structure of mitochondria

نتناول هنا التركيب الدقيق و التركيب الكيميائى للميتوكندريا :-

١- التركيب الدقيق Ultra structure

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 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 ٠ لذا نجد أن الميتوكندريا تحتوى على حبيبات بالغة الدقة موزعة بانتظام على الحواجز الميتوكندرية و تمثل هذه الحبيبات تجمعات من الأنزيمات التنفسية و تحتوى الخلية الكبدية على حوالى ١٥٠٠٠ من الانزيمات التنفسية بينما فى خلايا عضلات الطائر قد تحتوى كل خلية على ١٠٠٠٠٠ انزيم تنفسى ٠



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 % .

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

٧- تلعب دور هام فى الموت المبرمج للخلية.

٨- مصدر رئيسى للطاقة فى الخلية عن طريق انتاجها ATP

الشبكة الاندوبلازمية Endoplasmic reticulum

لعب الميكروسكوب الألكترونى دور هام و حيوى فى التعرف على التركيب الدقيق لمكونات الخلية 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 التكوين فى الانسان.

تركيب الشبكة الاندوبلازمية Structure of idioplasmic reticulum

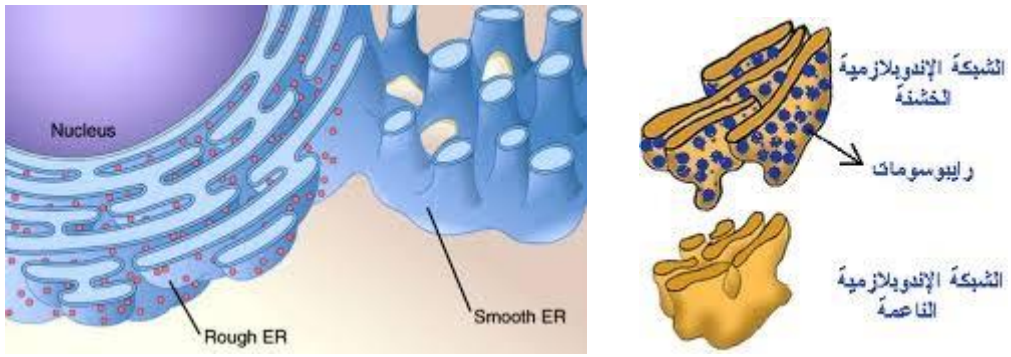
الشبكة الاندوبلازمية عبارة عن جهاز يتكون من تجاويف على شكل أنابيب أو قنوات أو حويصلات أو جميعها ٠ و تحاط هذه التجاويف بأغشية رقيقة ، و يختلف عدد هذه التجاويف الغشائية حسب نوع الخلية فتكون كثيرة جدا فى العدد كما فى الخلايا الكبدية و البنكرياسية أو قليلة كما فى الخلايا العضلية ٠

أنواع الشبكة الاندوبلازميــة Types of endoplasmic reticulum

١- الشبكة الاندوبلازمية الخشنة Rough endoplasmic reticulum

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 بالمواد البروتينية و حمض الريبونيوكليك RNA و لذلك سميت هذه الحبيبات بالريبوسومات أو الحبيبات النووية، إلا أن الريبوسومات ليست أجزاء مستقرة من بنية هذه العضية لأنها في حالة ارتباط وانفصال مستمرة بالغشاء. لا يرتبط الريبوسوم بالشبكة الخشنة سوى عند تشكل مركب بروتين حمض نووي خاص في العصارة الخلوية، هذا المركب الخاص يتشكل حين يبدأ ريبوسوم حر في ترجمة RNAm لبروتين هدفه المسار الإفرازي.

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 الطيور ٠ وترتبط الشبكة الاندوبلازمية الخشنة ارتباطا وثيقا بعملية نمو الخلايا و أيضا التميز ٠



شكل (٦) الشبكة الاندوبلازمية

٢- الشبكة الاندوبلازمية الملساء Smooth endoplasmic reticulum

يتميز هذا النوع من الشبكة الاندوبلازمية بعدم احتوائه على الريبوسومات أو الحبيبات النووية أى أن السطح الخارجى لغشائها أملس ٠ الشبكة الإندوبلازمية الملساء قليلة في معظم الخلايا، وبدل ذلك توجد مناطق في الشبكة ملساء جزئيا وخشنة جزئيا وتسمى هذه المناطق بالشبكة الإندوبلازمية الانتقالية وذلك لاحتوائها على مواقع لمغادرة الشبكة الإندوبلازمية، في هذه المناطق تنفصل الحويصلات الناقلة التي تحتوي على ليبيدات وبروتينات مخلقة عن الشبكة وتبدأ في التحرك نحو جهاز جولجي. 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 .

أهمية الشبكة الاندوبلازمية Significance of endoplasmic reticulum

الشبكة الإندوبلازمية هي الموقع الخلوي لتخليق الدهون وإزالة السموم الخلوية و سمية النواتج الطبيعية للأيض والكحول والأدوية، وايض الكربوهيدرات وتخزين أيونات الكالسيوم. تنقّل البروتينات المفرزة في الغالب بروتينات سكرية على طول غشاء الشبكة الإندوبلازمية. الشبكة الإندوبلازمية جزء من مسار تصنيف البروتين، وهي نظام النقل في خلايا حقيقيات النوى. تميل الخلايا المتخصصة في إفراز الهرمونات إلى أن تكون وفيرة في الشبكة الإندوبلازمية الناعمة. وبالمثل ، فإن خلايا إزالة السموم

من الكبد غنية بالشبكة الإندوبلازمية الناعمة. تحفز الشبكة الإندوبلازمية من حين لآخر عملية موت الخلايا المبرمج apoptosis كاستجابة لزيادة كمية البروتينات غير المطوية. يسبب العديد من الاضطرابات الهيكلية الوراثية، نمو ضعيف للعظم، ومفاصل ضعيفة، وقابلية انخلاع المفاصل. يمكن أن تساهم حتى في مرض الزهايمر. وتسبب الاضطرابات في عملها في أمراض نقص التأكسج ، مقاومة الأنسولين واضطرابات أخرى. كما أنها تلعب دورا هام و حيوى فى نقل المؤثرات المنبهه من منطقة الى منطقة أخرى داخل الخلية.

الريبوسومـات Ribosomes

الريبوسومات 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.

الريبوسوم Ribosome هو أحد عضيات الخلايا الحية ، وهو مؤلف من بروتينات ريبوسومية و RNA ريبوسومي، مهمته الأساسية ترجمة RNA المرسل إلى سلاسل ببتيدية تترابط فيما بعد لتشكيل البروتينات، وبالتالي هو أحد المراكز المهمة في عملية تحويل المعلومات الوراثية إلى بروتينات مشفرة ضمن الصيغة الوراثية الى جانب المهمة الرئيسية للريبوسوم هي صِناعة البروتينات للخلية و بالتالي فإن الريبوسوم يحتاج تعليمات محددة حول كيفية صناعة كل نوع من البروتين و هذه التعليمات تأتي من النواة في شكل الحمض الريبوزي الرسول RNAm.

تتكون الريبوسومات من وحدتي بروتينات، لا تجتمع مع بعضها اِلا في حالة تكوين البروتين. اِحدى هذه الوحدات أكبر من الأخر يمكن للريبوسومات أن تسبح في الخلية بحرية كما في بدائيات النواة أمّا في حقيقيات النواة فقد توجد حرة في السيتوبلازم أو مرتبطة بأغشية الشبكة الاندوبلازمية.

تقوم الريبوسومات المبعثرة في السيتوبلازم بإنتاج البروتينات الخاصة بالخلية أما الرايبوسومات التي تكون مرتبطة بالشبكة الإندوبلازمية والغلاف النووي فتنتج البروتينات الخاصة بالغشاء الخلوي أو تلك التي قد لاتخص الخلية نفسها مثل الهرمونات.

جهاز جولجى Golgi apparatus

جهاز جولجي أو معقد جولجي أو جسيم جولجي أو جسم جولجي أو شبكة جولجي هي عضية خلوية تتواجد في معظم خلايا حقيقيات النواة، اكتشفها العالم الإيطالي كاميلو جولجي سنة ١٨٩٧ وسماها باسمه سنة ١٨٩٨. جهاز جولجي جزء من النظام الغشائي الداخلي في السيتوبلازم، ويتكون من عدة حزم صهريجية متصلة ببعضها عبر أنيبيبات دقيقة ويقوم بمعالجة وتجميع البروتينات في حويصلات غشائية ناقلة وإرسالها إلى وجهتها النهائية.

التركيب Structure

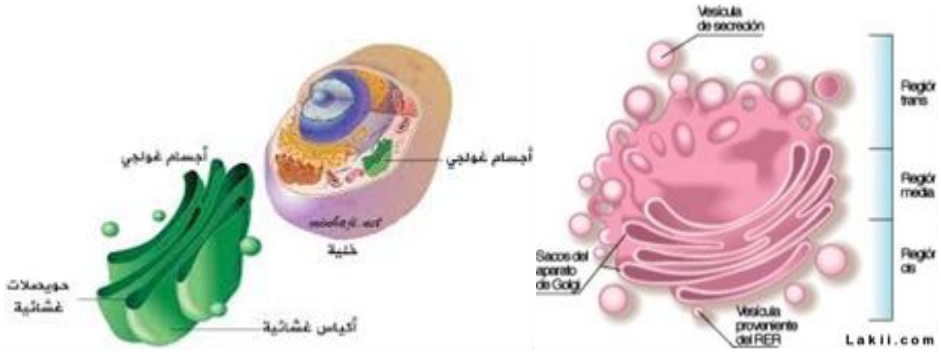
أخى الطالب ٠٠٠ أختى الطالبة نعلم جميعا أن المملكة الحيوانية عبارة عن حيوانات تحتوى على العمود الفقرى و تسمى بالفقاريات و حيوانات أخرى لا تحتوى على مثل هذا التركيب تعرف باللافقاريات . كما أن هناك نوعان من الخلايا على أساس عدد الكروموسومات أو الصبغيات الوراثية، النوع الأول يحتوى على العدد التضاعفى من الصبغيات الوراثية (٢ ن) و تسمى بالخلايا الجسدية أو الخلايا الجسمية أما النوع الثانى فيحتوى على العدد النصفى من الصبغيات الوراثية (ن) و تسمى بالخلايا التناسلية (الجنسية) . لذا يوجد جهاز جولجى فى الخلايا الجسدية للفقاريات على هيئة تركيب شبكى و بالتالى وصف هذا الجهاز على أنه جهاز قنوى(جاتينبى و تهامى

موسى ١٩٤٩) أى يتكون من حويصلات و أنابيب يحتوى تجويفها على مادة جهاز جولجى ٠ بينما يحمل جهاز جولجى شكل الحويصلات vesicles أو الأهلة فى الخلايا الجسدية و التناسلية للحيوانات اللافقارية و الخلايا التناسلية للحيوانات الفقارية و يعرف جهاز جولجى أيضا بالليبوكندريا Lipochondria أو جولجيوسومات Golgiosomes أو الديكتيوسومات Dictyosomes.

كان لظهور الميكروسكوب الألكترونى بالغ الأثر فى التعرف على التركيب الدقيق لعضيات الخلية . لذا يتركب جهاز جولجى من وحدات تعرف بالصهاريج Cisternae أو أكياس كبيرة مفلطحة Flat large 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 الكبيرة٠يتكون جهاز جولجي لدى معظم حقيقيات النواة من مجموعة من الفجوات الغشائية المسطحة المدمجة وتعرف باسم الصهاريج نشأت من تكدسات حويصلات تتبرعم من الشبكة الإندوبلازمية. تحتوي خلايا الثدييات عادة على حوالي ٤٠ إلى ١٠٠ حزمة من الصهاريج. حيث تتواجد من أربع إلى ثمانية صهاريج في كل حزمة، لكن لدى البعض تنقسم مجموعة الصهاريج هذه إلى ثلاث اجزاء: مقرون، وسط ومفروق مشكلين شبكتين أساسيتين شبكة مدخل جولجي (CGN) وشبكة مخرج جولجي (TGN) شبكة مقرون هي أول صهريج وشبكة مفروق هي آخر صهريج والذي تجمع فيه البروتينات داخل الحويصلات التي تغادر إلى الحويصلات الإفرازية أو سطح الخلية. يميل جهاز جولجي لأن يكون أكبر حجما وعددا في الخلايا التي تخلق وتطرح كميات كبيرة من المركبات، على سبيل المثال الخلية البلازمية B التي تفرز الأجسام المضادة الخاصة بالجهاز المناعي لديها اجسام جولجي كثيرة.

في جميع حقيقيات النواة ، لدى كل حزمة من الصهاريج مدخل ومخرج تتميز هذه الوجوه ببنية وكيميائية حيوية فريدة. توجد داخل الحزم الفردية تشكيلات من الإنزيمات المسؤولة على اختيار وتعديل البروتينات وشحنها، حيث تؤثر هذه التعديلات على مصير البروتين ووظيفته. جهاز جولجي له ميزات في فصل الإنزيمات عن بعضها

وبذلك الحفاظ على خطوات معالجة البروتينات الاختيارية والمتواصلة بحيث تجمع الإنزيمات المحفّزة للتعديلات الأولية في مدخل للصهاريج، أما الإنزيمات التي تحفز التعديلات اللاحقة أو الأخيرة فتوجد في مخرج الصهاريج لحزمة جهاز جولجي.



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 أو صباعتها بواسطة الصبغات الخاصة بالدهون و لكن فى بعض الحيوانات تكون الدهون غير مقنعة كما فى الخلايا التناسلية للحلقيات و الرخويات و أيضا عند تقدم عمر الحيوان تتحول الدهون من الصورة المقنعة الى الصورة غير المقنعة فى كل من الفقاريات و اللافقاريات ٠

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 ٠فعلى 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 ٠ 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 حجم جهاز جولجى من خلية الى أخرى تبعا لنوع الخلية و نشاطها ٠ 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.

وظائف جهاز جولجى

يؤدى جهاز جولجى العديد من الوظائف منها

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 حبيبات الزيموجين وهي إنزيمات خاصة بالبنكرياس، ولكنها غيرنشطة و يساعد جولوجى فى اطلاقها فى صورة نشطة.

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 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 .

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.

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

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 بواسطة نوفيكوف ١٩٥٦ ٠

الليسوسومات

عبارة عن عضيات موجودة في الخلايا الحيوانية تحتوي على إنزيمات هاضمة تقوم بتفكيك الزائد أو الهالك من العضيات والغذاء والفيروسات والبكتيريا. ويحيط بالليسوسوم غشاء له دور هام جدا في عمل العضيات، ايضا عبارة عن عضيات غشائية شبة كروية الشكل توجد في الخلية تشبة في عملها عمل الجهاز الهضمي عند الإنسان إذ تحتوي على إنزيمات نشط تعمل الأجسام الحالة على تحويل المواد معقدة التركيب مثل الدهون والكربوهيدرات والأجسام الغريبة إلى مواد بسيطة التركيب تسهل عملية امتصاصها.

وهي تتكون في البداية من إضافة الإنزيمات المحللة hydrolytic enzymes إلى جسيم داخلي endosomes الناتج من جهاز جولجي و حجم الجسيمات الحالة يتراوح

من ٠,١ ميكرومتر إلى ١,٢ ميكرومتر. مع درجة حموضة تتراوح من ٤,٥ إلى ٥,٠، يكون الجزء الداخلي من الجسيمات الحالة حامضيًا مقارنة بالسائل الخلوي (٧,٢) وتوجد اللايسوسومات في جميع الخلايا الحيوانية تقريبا، وتوجد بوفرة في الخلايا التي تقوم بنشاط ابتلاعي، مثل:الخلايا الأكولة الكبيرة وخلايا الدم البيضاء. ويلاحظ أن بروتينات غشاء اللايسوسوم مرتبط بها جليكوزيلات، مما يعمل على حماية هذا الغشاء من تأثير الإنزيمات الهاضمة للبروتينات الموجودة داخل اللايسوسومات.

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 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 و موقع الليسوسومات

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 و ايضا لكل خلية موقع محدد لليسوسومات بداخلها.

إنزيمات الجسيمات الحالة

من أهم الإنزيمات الموجودة داخل الليسوسومات: إنزيم الليبيز الذي يقوم بهضم الدهون. إنزيم الكربوهيدريز الذي يقوم بهضم النشويات. إنزيم البروتينيز الذي يقوم بهضم البروتينات. إنزيم النيوكلييز الذي يقوم بهضم الأحماض النووية. وتتكون إنزيمات الجسم الحال في العصارة الخلوية والشبكة الإندوبلازمية.

أنواع الليسوسومات Types of lysosomes

يمكن تمييز أربعة أنواع من الليسوسومات :-

١- الليسوسومات الأصلية أو الأولية

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 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)

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 autophagic lysosomes

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

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.

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 .

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

تتكون أجسام نسل من بروتين نووى ٠٠٠ و البروتين النووى عبارة عن بروتين بسيط مثل الهستادين و الحمض النووى RNA و هذا يتشابه مع الريبوسومات التى تمتلك

نفس التركيب أى بروتين نووى ولكن نوع البروتين مختلف ٠٠٠ سبحان من يقول للشيء كن فيكون ٠٠ قال سبحانه و تعالى للبروتين النووى كن ريبوسوم فأصبح ريبوسوم ٠٠ كن حبيبات أو جسم نسل فقال سمعا و طاعة و شتان بين وظيفة الريبوسوم و جسم نسل ٠

الأهمية الفسيولوجية لأجسام نسل

قد لايعطى بعد العاملين فى حقل البحث العلمى أهمية لهذه الأجسام على أساس أنها قاصرة على نوع واحد من الخلايا وهذا هو الخطأ الكبير ٠ لماذا؟ و الأجابة واضحة وضوح الشمس فى مدارها 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 والحسية للخلايا العصبية.

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 central body

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 و بالرغم من ذلك فالجسم المركزى له موقع مميز خاص بكل نوع من أنواع الخلايا الحيوانية ٠

التركيب Structure

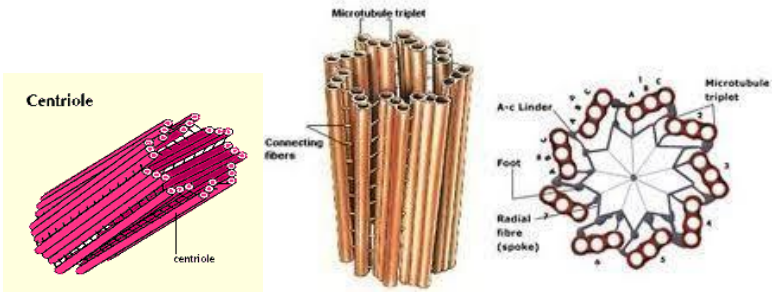
عند دراسة تركيب الجسم المركزى فى الخلية لابد من دراسة الخلية و هى حية و أيضا و هى مثبته ٠٠ ففى الخلية الحية تمكن كليفلاند (١٩٥٣) من مشاهدته بواسطة الميكروسكوب الضوئى وذلك فى الخلايا الليفية أثناء انقسامها ملاحظا سلوكا خاصا و خصائص عامة و ميلا لنوع معين من الصبغات كل هذا يؤكد حقيقة تواجده فى السيتوبلازم٠و 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.

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



وظيفة الجسم المركزى Function of the cell center

يتمثل الدور الرئيسي للجسيم المركزي على النحو الآتي: التنظيم داخل الخلايا للأنابيب الدقيقة أثناء انقسام الخلية: يعمل الجسيم المركزي على التكوين الصحيح وتوجيه الخيوط المغزلية للقيام بالانقسام، مما يضمن الفصل المناسب للكروماتيدات الشقيقة لكل خلية من الخلايا الوليدة. التحكم في الشكل الخلوي والقطبية والتكاثر والتنقل وانقسام الخلية. التنسيق بين مجموعة متنوعة من العمليات الخلوية، بما في ذلك حركة الخلية، والإشارات، التصاق وتحريك البروتينات بواسطة الهيكل الخلوي الدقيق وإكساب الخلية نوعا من القطبية. تحديد المسارات التي يمكن من خلالها نقل المكونات الخلوية المختلفة إلى أجزاء مختلفة من الخلية، والمساعدة في تحديد السرعة التي تتحرك بها المكونات على طول مسارات النقل، ويعمل كمركز إشارات الجسيم المركزي ودوره في الانقسام المتساوي.

الأهداب و الأسواط Cilia and Flagella

الأهداب و الاسواط هما نوعان مختلفان من الزوائد المجهرية على الخلايا إذ اكتشفهما العالم Leeuwenhoek في أواخر القرن السابع عشر ، توجد الأهداب في كل من الحيوانات والكائنات الحية الدقيقة. تستخدم البكتيريا والأمشاج حقيقيات النوى الاسواط في الحركة. تخدم الأهداب و الاسواط وظائف الحركة فى الخلية، ولكن بطرق مختلفة.

توجد الأهداب و الاسواط كعضيات في الخلايا وهي تؤدي وظائف الدفع، والأجهزة الحسية، وآليات التنظيف، والعديد من الوظائف المهمة الأخرى في الكائنات الحية.

ما هي (الأهداب – Cilia)؟

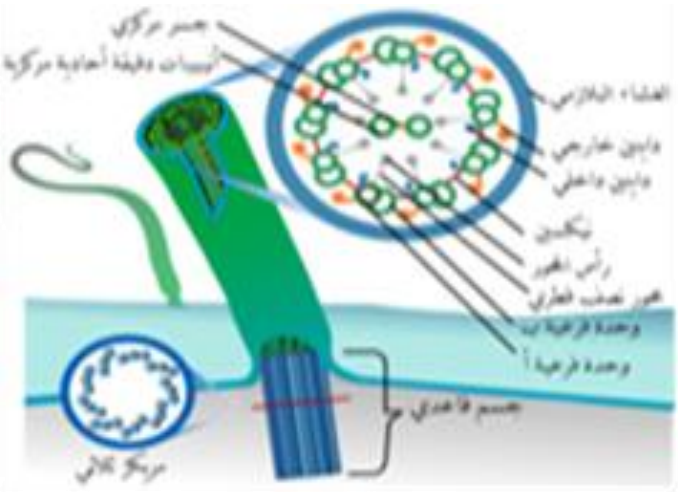
الأهداب ، وبعد تطور المجهر لوحظ وجود أهداب معظمها في الحيوانات، في جميع أنواع الخلايا تقريبًا. وعُثر أيضًا على بعض الأهداب في الخلايا النباتية على شكل أمشاج. تتكون الأهداب من ٩ مجموعات من الأنابيب الدقيقة، كل مجموعة عبارة عن انبوبتان و يوجد فى المركز زوج من المجموعات الانبوبية ، يصنع الجسم الخلوي البروتينات الهدبية وينقلها إلى رأس الخيط المحوري، وتسمى هذه العملية (النقل داخل الأهداب أو النقل داخل الاسواط. يعتقد العلماء حاليًا أن حوالي ١% من الجينوم البشري مخصص للأهداب ونشأتها. يتراوح طول الأهداب بين ١-١٠ ميكرومترات. وتعمل هذه العضيات التي تشبه الشعر على تحريك الخلايا ونقل المواد. يمكنها أيضًا نقل السوائل فى الكائنات البحرية كالمحار، حتى تمكنه من نقل الطعام والأكسجين. تساهم أهداب التنفس في منع الحطام ومسببات الأمراض المحتملة من غزو الجسم. تلعب الأهداب دورًا فعالًا فى دورة حياة الخلية وتلعب أيضًا دورًا مهمًا في الاتصال الخلوي.

ما هي الاسواط – Flagella؟

الاسواط هي الزوائد التي تساعد على تحريك البكتيريا والأمشاج حقيقيات النوى، وبعض الحيوانات الأولية. توجد الاسواط غالبًا بصورة مفردة، مثل: الذيل. تكون الاسواط عادًة أطول من الأهداب في بدائيات النوى، وتعمل بمثابة محركات صغيرة دوارة في حقيقيات النوى، وتزيد سلاسة الحركة.

السوط flagellum بنية سطحية لخلايا حقيقيات النوى أو بدائيات النوى تساعدها على الحركة في الوسط السائل أو على سطح وسط جامد. توجد فروق هامة بين الاسواط عند حقيقيات النوى وبدائيات النوى من حيث تركيبها البروتيني وآلية الدفع والبنية، حيث سمك السوط عند البكتيريا من ١٠ إلى ٢٠ نانومتر، ولذلك لا يمكن رؤيته بواسطة المجهر الضوئي، وطوله ٣-١٥ ميكرون، بينما قد يصل سُمك السوط عند حقيقيات

النوى إلى ٢٠٠ نم وطوله إلى ٢٠٠ ميكرون. وتتشابه بنية السياط والأهداب عند حقيقيات النوى، وقد تختلف بالوظيفة أو الطول.تعمل سوط بدائية النواة في حركة دوارة ، بينما تعمل سوط حقيقيات النوى في حركة منحنية. يستخدم الأسواط بدائية النواة محركًا دوارًا ، ويستخدم الأسواط حقيقية النواة نظام خيوط انزلاقي معقد. سوط حقيقيات النواة و سوط بدائية النواة يحركها ATP.



الهيكل الخلوي

الهيكل الخلوي هو شبكة مكوَنة من البروتينات الموجودة في جميع أجزاء السيتوبلازم. كلمة خلوي ترتبط بالخلية، فمصطلح «الهيكل الخلوي» يعني هيكل الخلية. والهيكل الخلوي مكون من خيوط دقيقة، وخيوط متوسطة، وأنيبيبات دقيقة، تثبت هذه البروتينات العضَيات الأخرى في مكانها حتى لا تسبح في السيتوبلازم عشوائيا. الهيكل الخلوي هو شبكة مكونة من خيوط بروتينية داخل الخلية تحدد موضع العضَيات، وتوفر الدعامة التركيبية، وتسمح لبعض الخلايا بالحركة. أيضا، يعمل الهيكل الخلوي باعتباره مسارات يمكن للعضيات 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 دورا مهما في الانقسام الخلوي.

النواة The nucleus

تعتبر النواة أول عضية تم اكتشافها بواسطة ليفينهوك (1700) ، حيث لاحظ وجودها فى خلايا الدم الحمراء للسالمون على عكس خلايا الدم الحمراء في الثدييات، ، تظهر النواة كعضيّة كثيفة خشنة ذات شكل كروي، النواة أكبرُ العُضَيَّات في الخلية الحيوانية ، تتضمن النواة أيضاً سائلاً لزجاً يدعى البلازما النووية nucleoplasm أو Karyolymph وهي مشابهة للعصارة الخلوية في التركيب. تتركب النواة الجافة تقريباً من 11% RNA, 1% DNA, 9% هستونات , 65% بروتينات حامضية , 14% بروتينات متعادلة و قلوية.

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 و منها ما لايحتوى على نواة مثل كرات الدم الحمراء RBCs كاملة التكوين فى الانسان. تفتقد الخلايا عديمة النواة أي نواة، أي أنها غير قادرة على الانقسام، وبالتالي غير قادرة على توليد خلايا جديدة. إحدى أكثر الخلايا عديمة النواة المعروفة عند الثدييّات هي خلايا الدم الحمراء، التي تفتقر أيضاً إلى ميتوكوندريا، حيث تقوم هذه الخلية بدور ناقل للأوكسجين من الرئتين إلى أنسجة الجسم.

موقع النواة (تمركز النواة) Nucleus location

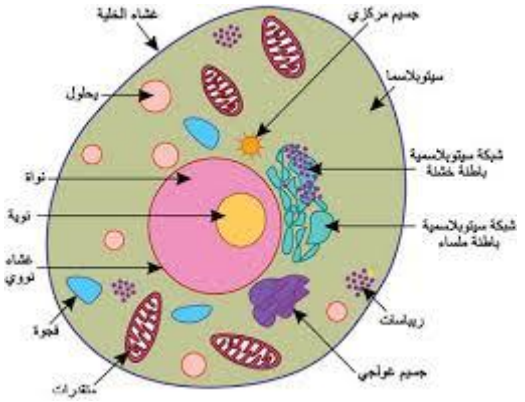
من الطبيعى عدم وجود النواة فى موقع واحد داخل الخلية و هذا يعزى لأختلاف أنواع الخلايا و لكنه مميز و ثابت فى النوع الواحد من الخلايا ٠ و النواة داخل الخلية تمتلك عدد من المواقع ٠٠٠ فكر معى بعد أن تضع النواة فى وسط الخلية كما موقع غير هذا٠٠٠؟

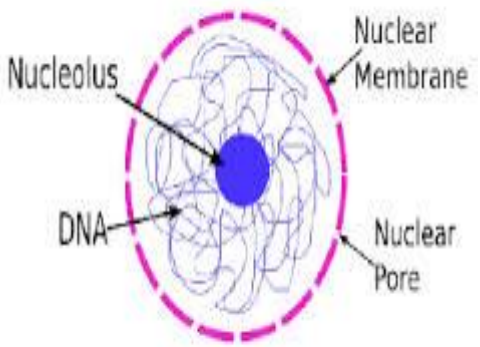
الهياكل الرئيسية للنواه

الهياكل الرئيسية التي تُشَكِّلُ النواة هي الغلاف النووي، وهو غشاء مزدوج يُغلِّف النواة ويعزل محتوياتها عن السيتوبلازما الخلوية، وكذلك الصفيحة النووية وهي شبكة من الألياف التي تمنح النواة دعماً ميكانيكياً، كالهيكل الخلوي الذي يدعم الخلية ككل و النوية و الكروموسومات (المادة الوراثية).

بما أن الغشاء النووي غير منفذ للجزيئات الكبيرة، هناك حاجةٌ لوجود مسامات نووية لتنظيم النقل النووي للجزيئات عبر الغلاف النووي. تجتاز المسام النووية طبقتَي الغشاء النووي وتوفّر قناةً يمكن للجزيئات الصغيرة والأيونات العبور من خلالها بحرية، بينما تحتاج الجزيئات الأكبر إلى بروتينات حاملة لنقلها بشكل فاعل. بعض الجزيئات الكبيرة مثل البروتينات والحمض النووي الريبوزي RNA تجتاز المسام كشرط لتتمكن من التعبير الجيني والحفاظ على الكروموسومات. على الرغم من أن المنطقة الداخلية من النواة لا تحتوي على حجرات داخلية مزودة بغشاء، إلا أن محتوياتها غير متجانسة.

حيث تتواجد بعض الأجسام المصنوعة من بروتينات معينة، وجزيئات من الحمض النووي الريبوزيRNA ، وأجزاء معينة من الكروموسومات. أشهر هذه الأجسام هو النوَية، التي تشارك بشكل رئيسي في تجميع الكروموسومات، وكذلك إن الريبوسومات تُصنّع في النويّة ومن ثم تنطلق إلى السيتوبلازما، حيث تقوم بترجمة الحمض النووي الريبوزي الرسولmRNA.





الغلاف النوَوِي، كذلك يدعى الغشاء النوَوِي وهو طبقة مزدوجة من الغشاء الخلَوِي، داخلية وخارجية، متوازيتان وتفصل بينهما ١٠-٥٠ نانومتر. يغلف الغلاف النووي النواة بالكامل ويفصل المادة الوراثية للخلية عن السيتوبلازم ، فيقوم الغلاف النووي مقامَ حاجزٍ يمنع انتشار الجزيئات بحرية بين البلازما الخلوية والبلازما النووية. يستمر الغشاء النووي الخارجي مع غشاء الشبكة السيتوبلازمية الداخلية الخشنة كما تستمر المسافة بين الغشائين النوَوِيَين مع أجواف الشبكة السيتوبلازمية الداخلية الخشنة RER.

الصفيحة النووية

توفر شبكتان من الخيوط الدقيقة الدعمَ الميكانيكي للنواة في الخلايا الحيوانية ، حيث تشكل الصفيحة النووية شبكة منظمة على الوجه الداخلي للغلاف النووي، وشبكة غير منظمة على الوجه المقابل للعصارة الخلوية من الغلاف النووي. كلا الشبكتان توفران دعما هيكليا للغلاف النووي وتؤمن ترسيخ مواقع الكروموسومات والمسام النووية .

النُويّة

النُويّة بُنية ملوّنة كثيفة ومنفصلة موجودة داخل النواة، غير محاطة بغشاء، وتُدعى أحياناً بالعضيّة الفرعيّة. تشكّل النوية حولها تكرارات مترادفة منrDNA ، وهو الحمض النووي الريبوزي منقوص الأوكسجين الريبوسومي، وهو الـ DNAالمرمّز لتصنيعrRNA ، الحمض النووي الريبوزي الريبوسومي الضروري لتخليق البروتين في الخلية. تُدعى هذه المناطق مناطق التنظيم في النوية. يُعتبر تصنيع rRNA وتجميع الريبوسومات الدورَ الرئيسي الذي تلعبه النوية. يعتمد التماسك الهيكلي للنُويّة على نشاطها، بالإضافة إلى تجميع الريبوسومات.

الوظيفة

توفّر النواة موقعاً لنسخ الجينات منفصلاً عن موقع الترجمة في السيتوبلازم، مما يتيح مستويات تنظيمية للجينات غير متوفرة في بدائيات النوى. الوظيفة الأساسية لنواة الخلية هي التحكم في التعبير الجيني، والتوّسط في نسخ الدنا خلال دورة الخلية. 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. يحمل الحمض النووي DNA الجينات و هي التي تحمل المعلومات الوراثية مثل لون العينين و الطول. ويتم تنظيم جزيئات الحمض النووي الدنا، جنباً إلى جنب مع مجموعة متنوعة من البروتينات، لتشكيل الكروموسومات.

تحتوي النواة على معظم المادة الوراثية الموجودة في الخلية (أصبحت فيما بعد وظيفة النواة حامل للمعلومات الجينية) ، منتظمة على شكل جزيئات خطية طويلة من الحمض النووي الريبوزي منقوص الأوكسجين DNA على شكل معقد بالإضافة إلى مجموعة كبيرة من البروتينات، مثل الهستونات، لتُشَكِّل الكروموسومات أو الصبغيات. الجينات أو المورثات المحمولة على هذه الكروموسومات أو الصبغيات، تُشَكِّل معاً المجموع الوراثي أو الجينوم، وتأخذ هذه الجينات هذه البنية لتعزيز وظيفة الخلية. تحافظ النواة

على وجود الجينات معاً وتحافظ على سلامتها، وتتحكم كذلك في أنشطة الخلية من خلال تنظيم التعبير الجيني، وبالتالي فإن النواة تُعتَبَرُ مركز التحكم في 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 الخلية ففى عام (١٨٤١) توصل ريمـاك الى إكتشاف إنقسام الخلية المباشـر فى حين أن شنيـدر فى نفس العام تمكن من إكتشاف الإنقسام الميتوزى Mitosis للخلية و لأول مرة فى عام (١٨٥٤) تمكن العالم نيوبورت من رؤية دخول الحيوان المنوى Sperm فى بويضة Ovum حيوان الضفدعـة بينما أوضح هيروتيج (١٨٧٥) إندماج الحيوان المنوى بالبويضـة و بهذه الخاصية إستطاع العلماء تفهم قوانين الوراثـة٠و 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 التمهيدية Prophase stage – المرحلة الإستوائية Metaphase stage – المرحلة الإنفصالية Anaphase stage – المرحلة النهائية Telophase stage.

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

chromatidia أو الكروموسوم الإبنة daughter 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 Centromere 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

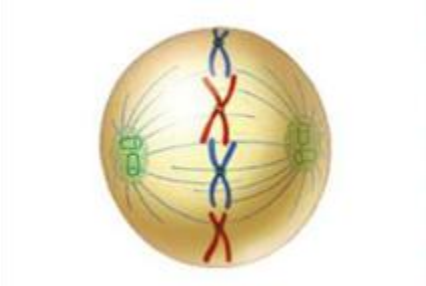
٤- و عندما تقترب كل حبيبة من القطب المتجهه اليه تبدأ النوية و الغشاء النووى فى الإختفاء و يتبقى فقط من مكونات النواة السائل النووى و الكروموسومات (الخيوط الكروماتيدية) ٠

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

ب- المرحلة الإستوائية Metaphase stage

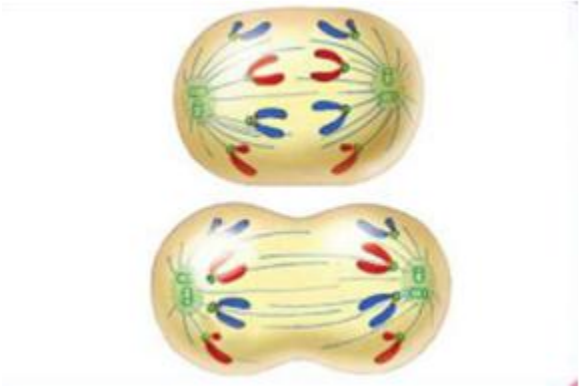
و تبدأ هذه المرحلة مع ظهور خيوط المغزل Spindle thirds مع ملاحظة أنه بالقرب من نهاية المرحلة التمهيدية أشرنا الى إختفاء الغشاء النووى و النوية و قلنا أن المتبقى من تركيب النواة هو السائل النووى و الخيوط الكروماتيدية (

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



ج- المرحلة الإنفصالية Anaphase stage

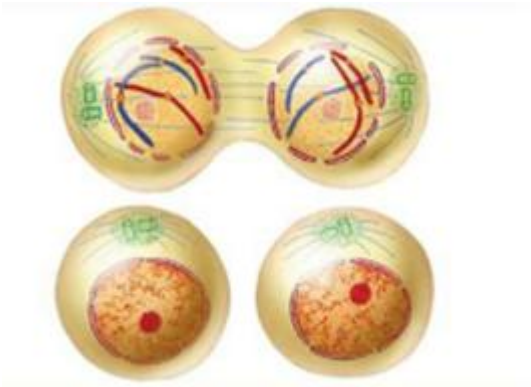
كما ذكرنا من قبل أن كل كروموسوم يتكون من خيطن من الكروماتيد يربط بينهما السنترومير أو القطعة الوسطية ، و مع بداية المرحلة الإنفصالية ينشطر السنترومير الى جزئين بحيث يكون كل خيط كروماتيدى يحتوى على أحد جزئى السنترومير ثم ينفصل الخيطين عن بعضهما البعض و يتحرك كل منها تجاه أحد قطبى المغزل المقابل له ثم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

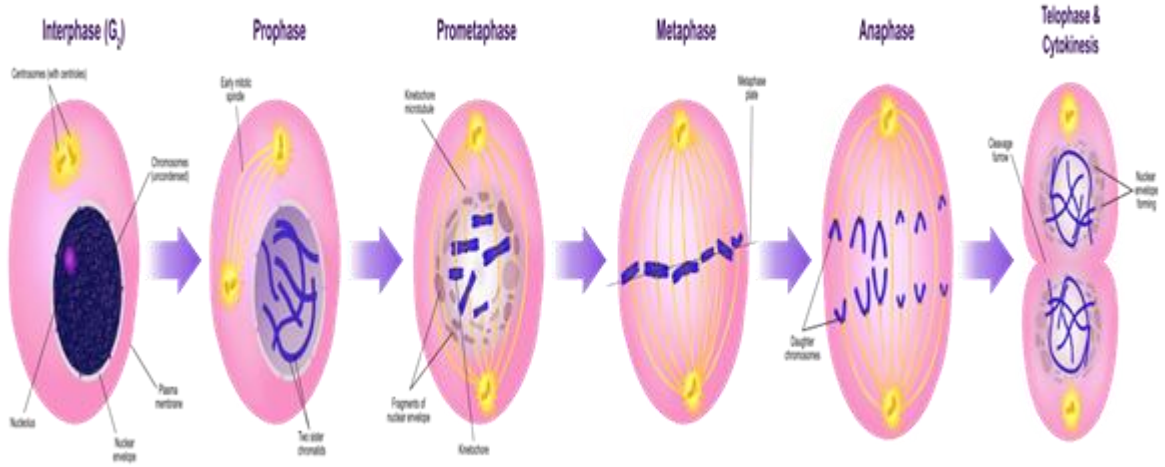


د- المرحلة النهائية Telophase stage

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





ثانيا الإنقسام الميوزى(الإختزالى) Meiosis 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.

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 بذلك 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 المنقلبة 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 two-bar قبل الانشطار و طور ذو الاربع اشرطة tetra-bars 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 بالعبور crossing 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

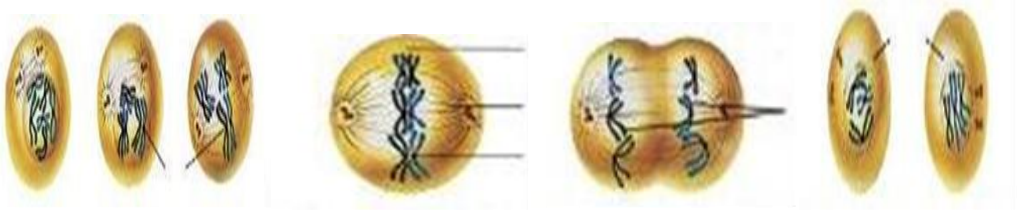
نجد أن الفترة بين اختفاء الغشاء النووى disappearing of nuclear membrane و بين اللحظة التى يتم فيها تكوين المغزل formation the spindle تكوينا كاملا يطلق عليها المرحلة الاستوائية و هى تختلف عن المرحلة الاستوائية للانقسام الميتوزى فى ان كل ثنائى يحتوى على سنترومبرين bicentromeres مستقلين عن بعضهما البعض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

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.