



علم الخلية و البيولوجيا الجزيئية و الاجنة
للفرقة الاولى للتعليم الاساسى
للعلوم البيولوجية – كلية التربية
الفصل الدراسى الاول ٢٠٢٤-٢٠٢٥

اعداد

أ.د عبدالباسط مسعود عبيد

استاذ علم الخلية و الوراثة

د زينب كمال سيد

استاذ الاجنة المساعد

علم الخلية و الوراثة الجزيئية

Cytology & Molecular Biology



إعداد

أ.د عبد الباسط مسعود عبید
أستاذ علم الخلية والوراثة

بسم الله الرحمن الرحيم

الحمد لله و الصلاة و السلام على رسول الله و على آله و صحبة و سلم تسليما كثيرا

و بعد،،،،،

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 التجريبي 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 عظمتة 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 و التطلع الى تكويناته المذهلة التى أعيت العقول. ولا شك أننا كلما تعمقنا فى دراسة الجسم البشرى كلما أدركنا المعنى العظيم الذى تنطوي عليه بعض الآيات القرآنية و التى أشارت الى ضرورة التأمل فى 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. ايماننا 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 أجلي و يتجاوز به عن ذلتي و يمحو به خطيئتي، انه أهل التقوى و أهل المعرفة.

أ.د / عبد الباسط مسعود عبيد

مقدمة

علم الخلية Cytology

أي علم هذا الذي نتحدث عنه أنه علم الخلية 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 العلم الذي يتناول
بالتفصيل دراسة الخلية Cell و محتوياتها و ما يدور بداخلها من العمليات الحيوية
المختلفة و بعبارة أخرى هو العلم 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 هي الوحدة التركيبية 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 هي الخلايا .

بعد اختراع الميكروسكوب الضوئي light microscope تمكن العلماء من رؤية
وحدات دقيقة جدا tinny units لا ترى بالعين المجردة و قد أطلقوا عليها اسم
الخلايا cells. واعتبرت الخلايا هي الوحدات الأساسية essential units للكائنات
الحية. لذا يعتبر اكتشاف الخلية أمر هام جدا و بالغ الأثر و ذلك لأننا نعيش فى هذه
الأيام ثورة التقدم التكنولوجي Technology و هي 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 عقل، من
الذى أبدع هذا الكيان 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 التي توجد داخل الخلية و التي يطلق عليها مظاهر حياة الخلية.

لمحة تاريخية عن اكتشاف الخلية History of cytology

بعد اكتشاف الميكروسكوب الضوئي light microscope أمكن معرفة الكثير عن اسرار تركيب هذه الكائنات ، ففي عام (١٦٦٥ - ١٦٦٨) وجد روبرت هوك Robert Hooke أثناء فحصه لقطاع رقيق من نبات الفلين تحت الميكروسكوب الضوئي أنه يتكون من حجرات صغيرة small 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 ، ففي عام ١٧٠٠ اكتشف ليفنهوك Leiwin Hooke النواة nucleus داخل الخلية ذلك من خلال مشاهدت كرات الدم الحمراء فى سمك السلمون و بالتالي أصبح تعريف الخلية على أنها تجويف أو فراغ يحتوى على نواة و يحاط بجدار من الخارج ، 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 ، مرنة elastic ، منقبضة contracted ، شفافة clear ، متجانسة homologous و لا تذوب فى الماء insoluble in water و أطلق على هذه المادة التي 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 بالتالي فان شلايدن هو أول عالم يدخل مسمى خلية على الكائنات النباتية و بالتالي فان الأنسجة النباتية ماهى الا

تجمعات من الخلايا النباتية، و لذا أصبحت الخلية النباتية هي الوحدة التركيبية للنبات و أيضا بعد عام واحد أى عام ١٨٣٩ توصل عالم الحيوان الألماني شفان Schwann الى نفس النتيجة للحيوان و أصبحت الأنسجة الحيوانية ما هي الا تجمعات من الخلايا الحيوانية clusters of animal cells و أن الخلية الحيوانية هي الوحدة التركيبية للحيوان ، و لقد كان شفان أول من أستخدم مفهوم النظرية الخلية cell theory و هو أن " الخلايا عبارة عن كائنات حية و أن النباتات و الحيوانات ما هي الا تجمعات من تلك الكائنات مرتبة وفقا لقوانين خاصة و هذا يعنى أن جميع الكائنات الحية حيوانية أو نباتية تتتركب 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 فون 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 بغشاء 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 ريماك الى اكتشاف انقسام الخلية المباشر Amitosis، فى حين أن شنيدر 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 الضفدعة بينما أوضح هيرتويج (١٨٧٥) اندماج الحيوان المنوى بالبويضة وبهذه الخاصية استطاع العلماء تفهم قوانين الوراثة.

ماهى 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 الأساسية التي تتكوّن منها أجسام جميع الكائنات الحيّة، وهي صغيرة الحجم لا يزيد حجم أكبرها عن ١٠٠ مايكرومتر، وهي نوعان: خلايا حقيقيّة النّواة، وهي الخلايا التي تكون أنويتها محاطة بغشاء، ومن الأمثلة عليها الخلايا المكوّنة لأجسام كل من الطلائعيات، والفطريات، والنّباتات، والحيوانات، أما الخلايا بدائيّة النّواة فيها النواة لا تحاط بغشاء نووى، ومن الأمثلة عليها البكتيريا. تحتوي الخلايا الحيوانيّة على عُضَيّاتٍ مشتركة مع الخلايا النباتيّة، مثل الغشاء الخلوي، والسيتوبلازم، والنّواة، والميتوكوندريا، والشبكة الإندوبلازميّة، وأجسام جولجي، والريبوسومات، وغيرها، كما أنّها تحتوي على عُضَيّات خاصة لا توجد في الخلايا النباتيّة، مثل الجسم المركزي، والأجسام الحالّة، والأهداب، والأسواط.

هل للخلية أنواع

نعم الخلية نوعان من ناحية النواه، بدائيّة النواه (الخلية البكتيرية) و حقيقيّة 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 التي 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 لا بد 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

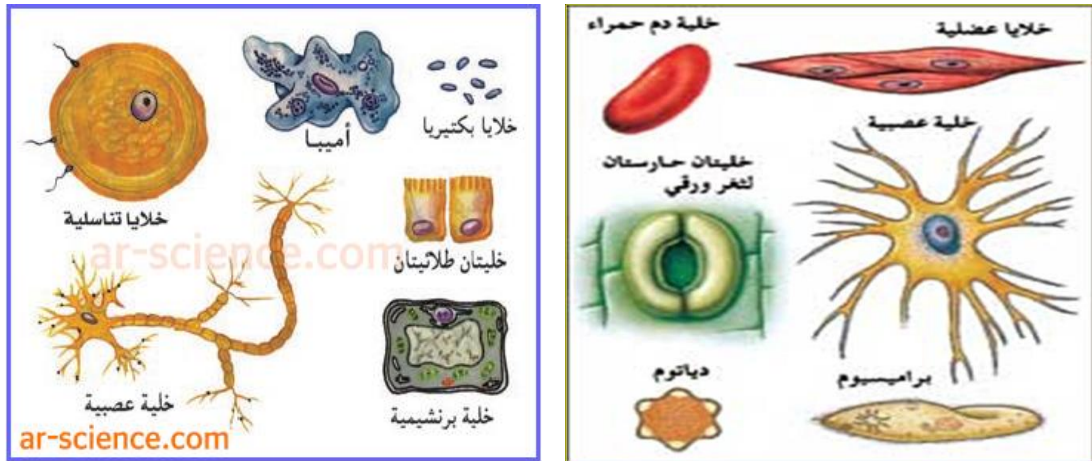
١- الكائنات ذات الخلايا بدائية النواة Prokaryotic

٢- الكائنات ذات الخلايا حقيقية النواة Eukaryotic

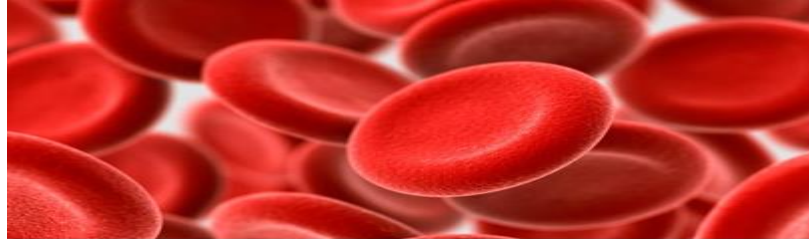
تركزت الفيروسات خارج هذا التقسيم ولا تنتمي إلي أي من الممالك الستة المعروفة كوحدات مستقلة بذاتها

أشكال وأحجام الخلايا الحيوانية

يتراوح حجم معظم الخلايا الحيوانية بين ١٠ إلى ١٠٠ ميكرون. يختلف حجم وشكل الخلايا في الأحياء كثيرا. ويصل الاختلاف إلى أعمله عندما نجد أن هناك الآلاف من أشكال وأنواع وأحجام الخلايا في الكائن الواحد الناشئ 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 .

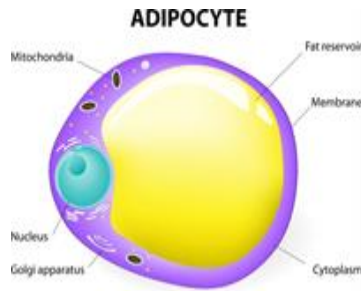


تتميز الخلايا العصبية بسعة حجمها ووجود زوائد كثيرة بارزة من جسم الخلية إضافة إلى وجود نتوء بارز طويل يرتبط مع خلايا عصبية أخرى تقع بعيدا في موقع آخر وبذلك تستطيع نقل الآلاف من من الرسائل العصبية من خلال زوائدها الشجرية المرتبطة بالآلاف من محاور الخلايا العصبية الأخرى.

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 فلاحظوا 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 .

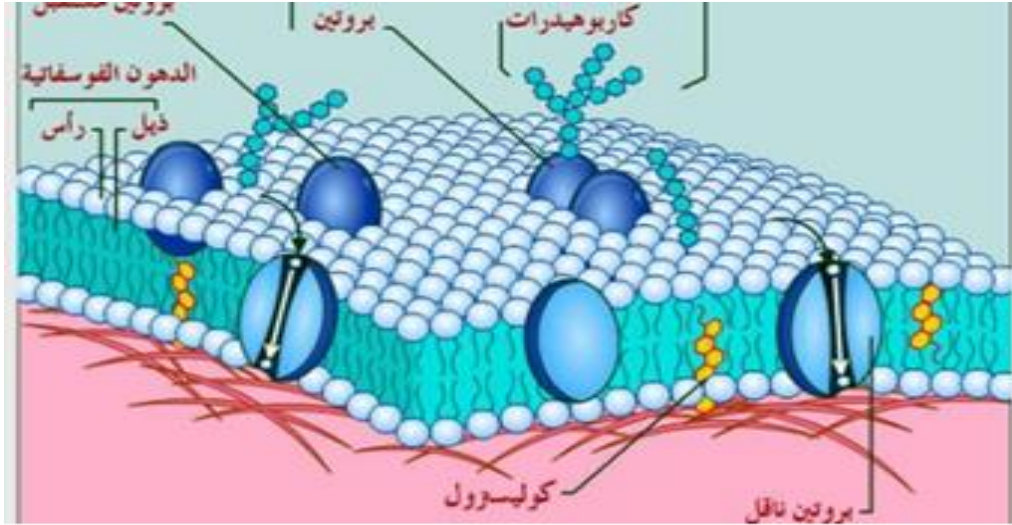
تركيب غشاء البلازما Structure of plasma membrane

أوضحت الدراسات التي 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 فلا بد 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 دانيلى لغشاء الخلية Danielli model

تناول العالم دانيلى (١٩٥٢) تركيب غشاء الخلية فى صورة نموذج يعرف بنموذج دانيلى 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 دانيلى (١٩٥٤) من فكره موضحا أن غشاء الخلية تركيب غير متصل و أنه يحتوى على ثقب pores من خلالها تمر المواد التى ليس لها قابلية للذوبان فى الدهون داخل الخلية . جاء بعد ذلك العالم روبرتسون (١٩٥٩) و بواسطة استخدام الميكروسكوب الألكترونى ليؤكد تركيب دانيلى (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 .



النموذج الفسيفسائى السائل The fluid mosaic model

البحوث الحديثة توضح أن نموذج دانيلى قد لا ينطبق على التنظيم الكيمائى 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 . و فى عام

١٩٧٢ قدم نيكسون و سنجر نظرية تشبه بصورة أساسية نموذج دانيلى و ذلك فيما يتعلق بوجود طبقة مزدوجة من الليبيدات منظمة بحيث تكون رؤوسها محبة للماء و متجهة ناحية سطح الغشاء الخلوى و نهايتها غير محبة للماء متجهة 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 . يصف نموذج الفسفساء السائل الطريقة التي يتكوّن بها الغشاء البلازمي من فوسفوليبيدات حرة الحركة، تحتوي على رءوس فوسفاتية محبة للماء وذيول أحماض دهنية كارهة للماء، تتخلّلها 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 دانيلى 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 . و فيما يلى وصف لهذه المركبات.

الأهمية الوظيفية لغشاء البلازما

١- النفاذية 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 التي تنظم دخول المواد الأساسية لبناء التراكييب الحية كما تنظم خروج الماء و المواد التالفة التي تتخلص منها الخلية.

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 التي تعرف بالنقل النشط للأيونات و الجزيئات فعلى سبيل المثال يتم أعتداء 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

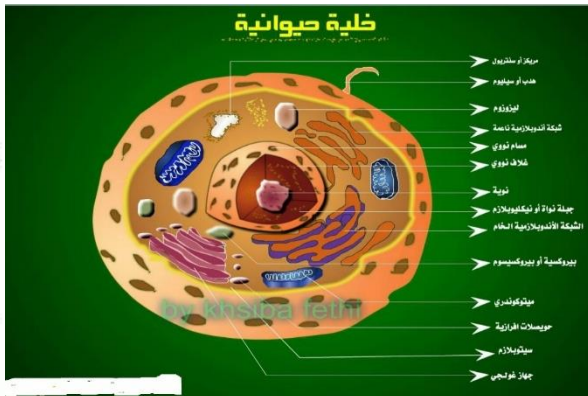
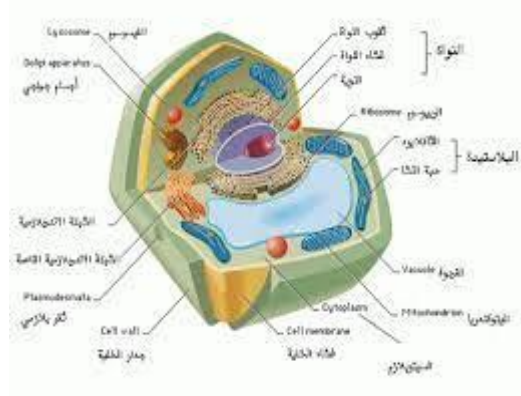
٤- الوظيفة الرئيسية للغشاء البلازمي هي الحماية حيث يخلق الغشاء البلازمي حاجز يفصل الخلية عن البيئة المحيطة.

البروتوبلازم Protoplasm

البروتوبلازم هو المادة الحية التي 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 التي يقوم بها الكائن الحى سببها التغيرات الكيميائية و الطبيعية التي تحدث فى البروتوبلازم و يطلق لفظ البروتوبلازم على المواد المختلفة التي يتكون منها السيتوبلازم و النواة و البعض الأخر يطلق لفظ بروتوبلازم على المواد المختلفة التي 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 الكيميائي للبروتوبلازم

لا يمكن التعرف على التركيب الكيميائي الدقيق للبروتوبلازم اذ لا يمكن تحليل البروتوبلازم دون قتله بواسطة مواد كيميائية و بالتالى تحدث تغيرات كيميائية ينتج عنها مواد جديدة أو اختفاء مواد من المكونات الاساسية للبروتوبلازم . كما أن البروتوبلازم أثناء النشاط العادى للخلية يخرج إفرازات secretions و بذلك لا يكون تحليله تحليلا دقيقا . 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 . و بالرغم من ذلك فقد أثبتت التحاليل الكيميائية أن البروتوبلازم فى جميع الأنسجة الحيوانية animal tissues يحتوى على العناصر بنسب متفاوتة (الكالسيوم Calcium و الحديد Iron و البوتاسيوم Potassium و الكبريت Sulphate و الصوديوم sodium و الماغنسيوم Magnesium و الفوسفور Phosphor و غيرها من العناصر) كما أنه يحتوى على الكربون Carbon و الهيدروجين Hydrogen و الاكسجين Oxygen و الأزوت بنسب مختلفة . 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) .

أولاً: المركبات العضوية في الخلية

يقصد بالمركبات العضوية المركبات التي لا بد أن تحتوى على كل من الهيدروجين H و الكربون C معاً وجود أى عناصر أخرى • و تحتوى الخلية الحيوانية على أربعة أنواع من المركبات العضوية هى :-

المواد البروتينية Proteins

المواد البروتينية هى أكثر المواد العضوية تواجداً و انتشاراً فى البروتوبلازم الحيوانى و من الصور المميزة للمادة الحية هى المواد البروتينية • و تشتمل المواد البروتينية على المكونات الأتية :- الكربون C و الهيدروجين H و الأكسجين O و النيتروجين N بالإضافة الى عناصر أخرى توجد بنسب ضئيلة مثل الكبريت S و الفوسفور PH و الكالسيوم Ca و غيرها من العناصر الأخرى • جزيئات البروتين معقدة التركيب و أبسط وحداتها التركيبية هى الأحماض الأمينية •• و تستطيع الأحماض الأمينية أن تتحد فيما بينها و أيضاً مع مواد أخرى لتعطى عدد هائل من المواد البروتينية و الذى معه من الصعوبة وضع تصور حقيقى لتركيب البروتوبلازم • و هذه الوحدات البسيطة للبروتينات ما هى الا أحماض عضوية تحتوى على الأحماض الأمينية تكون سلسلة طويلة منها باتحادها مع بعضها البعض.

البروتينات proteins ← البروتيازات proteases ← 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 خلوية خاصة • و من هنا نجد أن لكل خلية مجموعة من البروتينات الحرة و التى تختار منها الخلية ما تحتاج اليه لتبنى لنفسها البروتينات اللازمة و الضرورية و تسمى هذه البروتينات " بركة الخلية cell pool " .

أنواع البروتينات Types of proteins

تصنف البروتينات على أساس

أولاً: 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 يلي :-

أ- الهستونات Histones :- و من أهم ما يميزها أنها تذوب في الماء و لكن لا تذوب في الأمونيا المخففة و تلعب دور هام في تركيب الكروموسومات الحاملة للمادة الوراثية المسؤولة عن انتقال الصفات الوراثية من الاباء الى الابناء و اظهر الصفات الوراثية.

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

ج - الجلوبيولينات Globulins :- و هذا النوع من البروتينات يذوب في الأحماض و القلويات و محاليل الملح و لكنه لا يذوب في الماء • عبارة عن مجموعة من البروتينات في الدم مصنوعة في الكبد عن طريق الجهاز المناعي. تلعب الجلوبيولين دور مهم في وظائف الكبد و تجلط الدم و محاربة 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 في الماء و لكن لا تتجلط بالحرارة . تلعب دور هام جدا في عملية نقل الصفات الوراثية من خلية الى اخرى و كذلك في تنظيم بعض التفاعلات الحيوية.

٢ - البروتينات المرتبطة Conjugated proteins

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

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

ب - البروتينات النووية Nucleoproteins :-

نتيجة من اتحاد البروتين مع الحمض النووي • و تعد هذه البروتينات المكون الأساسي للكروموسومات و تختلف الكائنات الحية تبعاً لأختلاف محتوياتها من البروتينات.

ج- البروتينات الدهنية Lipoproteins و هي ناتجة من اتحاد البروتين مع الدهون.

٣- البروتينات المشتقة Derived proteins

و هي عبارة عن بروتينات معقدة حدث لها تحلل جزئى مثل تحلل البروتينات الى بروتيازات و البروتيازات الى ببتونات و هكذا •

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 باضاقتها الى بنيان الجسم •
- ٢- تعمل على تعويض التالف من الألياف البروتينية بالجسم •
- ٣- تساهم فى تخليق الهرمونات •
- ٤- لها المقدرة على الاتحاد مع عناصر و مواد أخرى لتكوين مركبات هامة للجسم مثل اتحادها مع الحديد لتكوين الهيموجلوبين و غيرها •

المواد الكربوهيدراتية Carbohydrates

هى مركبات تتكون من الأوكسجين و الهيدروجين و الكربون و يوجد العنصران الأوليان بنفس نسبة تواجدهما فى الماء • 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 • لذا فهى أيضا لها قابلية للانتشار خلال الأغشية المشبعة و أيضا لها قابلية للذوبان فى الماء • أما المواد عديدة التسكر لا تنتشر خلال الأغشية المشبعة و لا تتبلور و تكون محاليل غروية مع الماء.

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 Ribonucleic acid و الذى أكسى ريبونيوكليك Deoxyribonucleic acid) بينما السكريات السداسية هو المسؤل عن توفير الطاقة الحيوية اللازمة للجسم •

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 •

المواد عديدة التسكر polysaccharides

تتكون من اتحاد عدة جزئيات من السكريات وحيدة التسكر مع فقدان جزئيات من الماء • و من أهم المواد عديدة التسكر النشا النباتي (و يمثل المواد الكربوهيدراتية المختزلة في الخلايا النباتية و يتم تكوينه من ثنائي أكسيد الكربون و الماء في وجود الكلورفيل) و السليلوز النباتي cellulose (و هو المكون الأساسي لجدر الخلايا النباتية و يشارك أيضا في تكوين التراكيب المسؤلة عن تكوين الدعامة الهيكلية للنبات) و النشا الحيواني و يمثل المواد الكربوهيدراتية المختزلة في الخلايا الحيوانية و هي تمثل أهمية بالغة للحيوان و برغم تواجده في كثير من أنسجة الجسم الا أن الجزء الأكبر منه يوجد في الكبد liver يمثل ٣ % من وزن الكبد " و العضلات muscles و يعرف بالجليكوجين glycogen و الجليكوجين الى حد ما قابل للذوبان في الماء و من المحتمل أن يذوب في البروتوبلازم و يمكن توضيحه في 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 النووية Nucleic acids

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

أما حامض الريبونيوكليك فيوجد فى مناطق مختلفة منها السيتوبلازم cytoplasm و النواة nucleus . 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 ribosomes . 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 acids . و تمثل الاحماض النووية بطاقة الهوية لكل كائن حى تحمل من خلالها الجينات المسؤولة عن اظهار الصفات الوراثية (الجسدية و الجنسية) لكل كائن حى.

مكونات الأحماض النووية Components of nucleic acids

أبسط الوحدات التي تتكون منها الأحماض النووية nucleic acids هي النيوكليوتيدات nucleotides التي تتكون من ثلاثة جزيئات جزيء سكر خماسي (ريبوز ribose أو دي اكسي ريبوز deoxyribose) و جزيء حامض فوسفوريك phosphoric acid و جزيء نيتروجين قاعدى (بيريميدين pyrimidine bases أو بيورين purine bases) • السكر الخماسى و النيتروجين القاعدى يعرفا بالنيكلوسيد nucleoside و القواعد النيتروجينية البيريميديية 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 بالإضافة الى ذلك يحتوى حمض DNA على الثيمين بينما يحتوى حمض RNA على اليوراسيل.

المواد الدهنية Fats

هى مواد تمثل مصدر اخر للطاقة و بالتالى 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 الجليسيريدات 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 دهني Emulsifie 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 .

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 . 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 تدريجيا .

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 خارجها .

الأملاح المعدنية 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 . 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 نسبتها المألوفة فى الجسم فان القلب و العضلات لا يمكنهما أداء وظائفهما بالصورة الطبيعية هذا بالإضافة الى الأهمية التى يعرفها العامة قبل المتخصصين و هى أن الأسنان و العظام تتكون بصفة أساسية من أملاح الكالسيوم.

الماء Water

يقول المولى عز و جل فى كتابه الكريم " بسم الله الرحمن الرحيم و جعلنا من الماء كل شىء حى صدق الله العظيم " • 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 • فعلى سبيل المثال لا الحصر يستخدم الماء كمذيب لعديد من المركبات المختلفة كما أنه الوسط الذى لا بد 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 للإنسان 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 • 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 •

عضيات الخلية

١- العضيات العشائية: وهي محاطة بغشاء وتشمل:

الشبكة الإندوبلازمية - جهاز جولجي - الميتوكوندريا - الليسوسومات - الفجوات - البيروكسيسومات.

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

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

الميتوكوندريا 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 الحديثة. ففى عام ١٨٩٠ م استطاع العالم ألتمان Altmann من وصف الميتوكوندريا mitochondria داخل الخلية العصبية nerve cell ثم أكد العالم بندا Benda وجود الميتوكوندريا فى جميع الخلايا فى عام ١٨٩٧ م. يحتوى سيتوبلازم الخلية على الميتوكوندريا 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. تعرف الميتوكوندريا التى تحمل شكل القضبان القصيرة و الخيوط الصغيرة بالكندريوكتات Chonderioconts أما الميتوكوندريا حبيبية الشكل تسمى بالكندريوميتات chonderiomites فى حين أن الميتوكوندريا حويصلية الشكل تعرف بالكندريوسفيرات Chonderiospheres. و تعتبر الميتوكوندريا المولدات النباتية للطاقة Power plants فى الخلايا أو مصانع إلهية يتم بداخلها تحويل الطاقة الكيميائية الموجودة فى المواد الغذائية الى نوع من الطاقة يتم استخدامة بواسطة الخلايا المختلفة بالجسم.

أشكال الميتوكوندريا Morphology of mitochondria

هل من الضروري أن تحتوى الخلية على شكل واحد فقط من أشكال الميتوكوندريا ؟
كل خلية تحتوى على شكل أو أكثر من الأشكال المميزة للميتوكوندريا • فعلى سبيل المثال تحتوى خلايا البنكرياس Pancreatic cells على الشكل الخيطى للميتوكوندريا فى حين أن الخلايا التناسلية genital cells (البويضات و الحيوانات المنوية Sperms & Eggs) تحتوى على الشكل الحبيبي للميتوكوندريا بينما الخلايا العصبية Nerve cells تحتوى على شكلين من أشكال الميتوكوندريا و هما القضبان القصيرة و الخيوط الصغيرة (Chondriocots) و كذلك نجد أن الخلايا الطلائية للأمعاء تحتوى على الشكل الحويصلى و الحبيبي و الخيطى داخل الخلية الواحدة و هذا يعنى أن الخلية يمكنها أن تمتلك شكل واحد أو عدة أشكال.

حجم و عدد و توزيع الميتوكوندريا Size , number and position

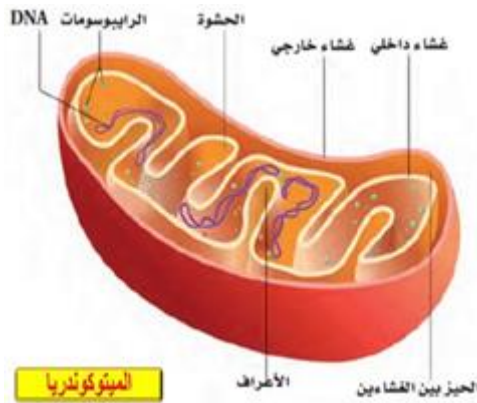
لاحتوى الخلايا الحيوانية على حجم واحد للميتوكوندريا و لكن يختلف حجم الميتوكوندريا باختلاف نشاط الخلية • و لكن الملاحظ أن عرض الميتوكوندريا ثابت تقريبا بينما طولها يختلف من خلية الى أخرى فقد يوجد منها القصير و قد يوجد الطويل حسب نشاط الخلية و أيضا الضغط الأسموزى و المثبت المستخدم. يختلف عدد الميتوكوندريا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

تركيب الميتوكوندريا Structure of mitochondria

نتناول هنا التركيب الدقيق و التركيب الكيميائي للميتوكوندريا :-

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 آخر يمتد داخل تجويف الميتوكوندريا على هيئة مجموعة من الأعراف أو الفواصل أو الحواجز التى تقسم التجويف الى مجموعة من الحجرات الصغيرة و نلاحظ أيضا أن الغشاء الداخلى يقسم الميتوكوندريا الى حجرتين ، حجرة خارجية تقع بين الغشائين الخارجى و الداخلى و حجرة داخلية يحدها الغشاء الداخلى و تمتلأ بمادة تعرف بالمادة الخلالية للميتوكوندريا فى جميع أنواع الميتوكوندريا تركيب الغشاء الخارجى واحد بينما تركيب الغشاء الداخلى و الحواجز الميتوكوندريية مختلفة باختلاف الخلايا و ايضا الحواجز الميتوكوندريية تقسم الحجرة الداخلية انقسام غير كامل و يعتبر وجود مثل هذه الحواجز و أشكالها نوع من التحور للحصول على متسع من مساحة السطح تتم عليه العمليات الحيوية . لذا نجد أن الميتوكوندريا تحتوى على حبيبات بالغة الدقة موزعة بانتظام على الحواجز الميتوكوندريية 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 ١٠٠٠٠٠٠ انزيم تنفسى .



٢- التركيب الكيميائي Chemistry of mitochondria

يختلف التركيب الكيميائي للميتوكوندريا من خلية الى أخرى باختلاف الظروف و مدى تأثرها بالتغيرات المرضية . تتركب الميتوكوندريا كيميائيا من الليبيدات حوالى ٣٠% و البروتينات حوالى ٧٠% .

وظائف الميتوكوندريا Functions of mitochondria

للميتوكوندريا مهام وظيفية عديدة منها :-

- ١ - نظرا لحتوائها على العديد من الانزيمات التنفسية تعتبر من المراكز التنفسية للخلية .
- ٢- تحتوى الميتوكوندريا على انزيمات تؤدي وظيفة متناقضة أى تقوم بعملية البناء فى الأوليات النباتية و عملية الهدم فى الأوليات الحيوانية .
- ٣ - يعتقد أن الميتوكوندريا مسئولة عن انتاج حبيبات الزيموجين فى خلايا البنكرياس لذا فهى تلعب دور هام فى عملية الهضم خارج الخلايا .
- ٤ - تلعب الميتوكوندريا دورا هام فى عملية أيض الدهون .
- ٥- تقوم الميتوكوندريا بدور هام فى تكوين المح الزلالى فى البويضات .
- ٦- تكون الميتوكوندريا 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 ففي 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

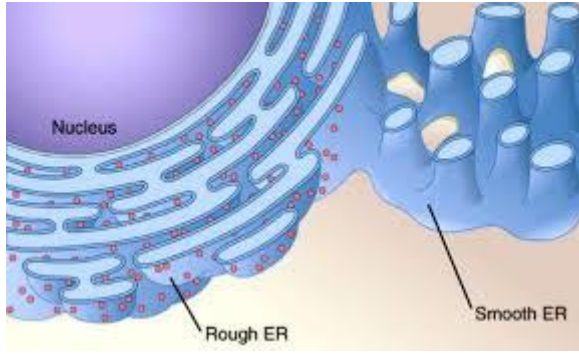
الشبكة الاندوبلازمية عبارة عن جهاز يتكون من تجاويف على شكل أنابيب أو قنوات أو حويصلات أو جميعها • و تحاط هذه التجاويف بأغشية رقيقة ، و يختلف عدد هذه التجاويف الغشائية حسب نوع الخلية فتكون كثيرة جدا فى العدد كما فى الخلايا الكبدية و البنكرياسية أو قليلة كما فى الخلايا العضلية •

أنواع الشبكة الاندوبلازمية 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 • و هذه الحبيبات غنية بالمواد البروتينية و حمض الريبونيوكلريك RNA و لذلك سميت هذه الحبيبات بالريبوسومات أو الحبيبات النووية، إلا أن الريبوسومات ليست أجزاء مستقرة من بنية هذه العضية لأنها فى حالة ارتباط وانفصال مستمرة بالغشاء. لا يرتبط الريبوسوم بالشبكة الخشنة سوى عند تشكل مركب بروتين حمض نووي خاص فى العصارة الخلوية، هذا المركب الخاص يتشكل حين يبدأ ريبوسوم حر فى 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 • 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 • و هذا يفسر تواجد مادة الألبومين متمركز فى تجويف الشبكة الاندوبلازمية لخلايا البنكرياس و الخلايا المبطنة لقناة البيض فى الطيور • وترتبط الشبكة الاندوبلازمية الخشنة ارتباطا وثيقا بعملية نمو الخلايا و أيضا التميز •



٢- الشبكة الإندوبلازمية الملساء Smooth endoplasmic reticulum

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

هل الخلية تحتوى على نوع واحد فقط من نوعى الشبكة الإندوبلازمية

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



أهمية الشبكة الإندوبلازمية Significance of endoplasmic reticulum

الشبكة الإندوبلازمية هي الموقع الخلوي لتخليق الدهون وإزالة السموم الخلوية وسمية النواتج الطبيعية للأيض والكحول والأدوية، وايض الكربوهيدرات وتخزين أيونات الكالسيوم. تتنقل البروتينات المفترزة 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.

الريبوسومات Ribosomes

الريبوسومات هي عبارة عن تراكيب بالغة الدقة توجد في جميع الخلايا الحيوانية فيما عدا كرات الدم الحمراء كاملة التكوين . الريبوسومات اما أن توجد حرة التوزيع داخل المادة الخلالية للسيتوبلازم أو متصلة بأجزاء معينة من غشاء الشبكة الإندوبلازمية في الخلايا التي تلعب فيها الريبوسومات دورا في تخليق البروتين و هي العملية التي يتم أثناءها تجميع و تنظيم الأحماض الأمينية بطريقة معينة لتكون سلسلة من عديدة الببتيدات . وتبدو الريبوسومات كروية الشكل أو عصوية أو عديدة الأضلاع ، و يتكون كل ريبوسوم من وحدتين صغيرتين . و المكونات الأساسية للريبوسوم عبارة عن البروتين و الحمض النووى الريبونوكليك 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 تترايط 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 صناعة 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 إلا في حالة تكوين البروتين. إحدى هذه الوحدات أكبر من الأخر يمكن للريبوسومات أن تسبح في الخلية بحرية كما في بدائيات النواة أما في حقيقيات النواة فقد توجد حرة في السيتوبلازم أو مرتبطة بأغشية الشبكة الاندوبلازمية.

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

جهاز جولجي 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 صهرجية متصلة ببعضها عبر أنيبيبات دقيقة ويقوم بمعالجة وتجميع البروتينات في حويصلات غشائية ناقلة وإرسالها إلى وجهتها النهائية.

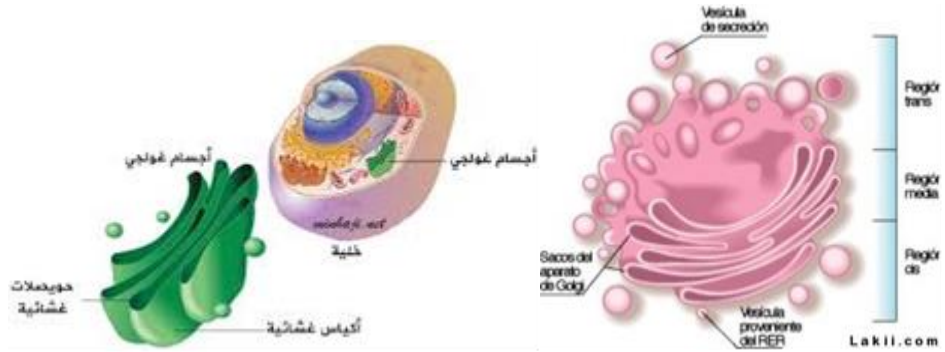
التركيب Structure

أخى الطالب ٠٠٠ أختى الطالبة نعلم جميعا أن المملكة الحيوانية عبارة عن حيوانات تحتوى على العمود الفقري 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 تهاى 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 بالليوكنديريا Lipochondria أو جولجوسومات 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 الكبيرة ٠ يتكون جهاز جولجى لدى معظم حقيقيات النواة من مجموعة من الفجوات الغشائية المسطحة المدمجة و تعرف باسم الصهاريج نشأت من تكدسات حويصلات تتبرعم من الشبكة الإندوبلازمية. تحتوى خلايا الثدييات عادة على حوالي ٤٠ إلى ١٠٠ حزمة من الصهاريج. حيث تتواجد من أربع إلى ثمانية صهاريج فى 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 المحفزة للتعديلات الأولية في مدخل للصهاريج، أما الإنزيمات التي تحفز التعديلات اللاحقة أو الأخيرة فتوجد في مخرج الصهاريج لحزمة جهاز جولجي.



التركيب الكيميائي Chemical composition

يتركب جهاز جولجي 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 .

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 . فعلى 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 . 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 . ففي الخلايا النشيطة يكون أكبر حجما من الخلايا الأخرى الأقل نشاطا . 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 محيطة 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 البيسين بواسطة الخلايا البيسينية فى المعدة و الصفراء فى

الخلايا الكبدية و حبيبات الزيموجين وهي إنزيمات خاصة بالبنكرياس، ولكنها غير نشطة و يساعد جولجى فى اطلاقها فى صورة نشطة.

٢-يقوم جهاز جولجى بتكوين الجسم القمى للحيوان المنوى •

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 للتدبيبات 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 الجلسرين •

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

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

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

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 الميتوكوندريا و بمتابعة الأداء الوظيفى لها

لاحظ أنها تؤدي وظيفة مختلفة عن وظائف الميتوكوندريا فأطلق عليها مسمى الليسوسومات و قد تم وصفها بعد ذلك في معظم الخلايا الحيوانية بواسطة نوفيكونف . ١٩٥٦ .

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، أيضا 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 جسم 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 حامضياً مقارنة بالسائل الخلوي (٧.٢) وتوجد اللايسوسومات في جميع الخلايا الحيوانية تقريبا، وتوجد بوفرة في الخلايا التي تقوم بنشاط ابتلاعي، مثل: الخلايا الأكلة 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 الضوئي في حين أنها تبدو على هيئة أكياس صغيرة محاطة بغشاء رقيق ذو تركيب دهني بواسطة الميكروسكوب الإلكتروني و تتميز الليسوسومات باحتوائها على

انزيمات تحلل مائى تعمل فى وسط حمضى مثل الفوسفاتيز الحمضى و الريبونيوكليز و الذى 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 لیسوسومات ذات أحجام كبيرة و ايضا لكل خلية موقع محدد لليسوسومات بداخلها.

إنزيمات الجسيمات الحالة

من أهم الإنزيمات الموجودة داخل الليسوسومات: إنزيم الليبيز الذى يقوم بهضم الدهون. إنزيم الكربوهيدريز الذى يقوم بهضم النشويات. إنزيم البروتينيز الذى يقوم بهضم البروتينات. إنزيم النيوكلييز الذى يقوم بهضم الأحماض النووية. وتتكون إنزيمات الجسم الحال فى 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 تجميعه داخل تجويف الشبكة الاندوبلازمية ، ثم ينفذ هذا الانزيم خارج الشبكة الاندوبلازمية ويتم تجميعه

داخل الحويصلات الصغيرة الخاصة بجهاز جولجي ويعرف هذا التركيب (حويصلة صغيرة تحتوى على انزيم الفوسفاتيز الحمضى) بالليسوسوم الأبتدائى و على ذلك يمكن القول بأن الليسوسومات الأولية تنشأ جزئياً من جهاز جولجي .

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 .

٣- ليسوسومات البلعمة الذاتية The autophagic lysosomes

يقوم هذا النوع من الليسوسومات بابتلاع أجزاء من الخلية مثل المتوكندريا، الشبكة الاندوبلازمية ، جهاز جولجي و هكذا و قد تؤدي 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 .

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

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

- 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 نسل 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 للصبغة 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 الكيمايى 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 للشئء 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 .

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 . 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 . و من هذا المفهوم و جب علينا التعرف على الأهمية الفسيولوجية لأجسام نسل و تتمثل فى الآتى:-

١- يعتقد بعض الباحثين أن هذه الأجسام تقوم باختزان الأكسجين في 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 و التى 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 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

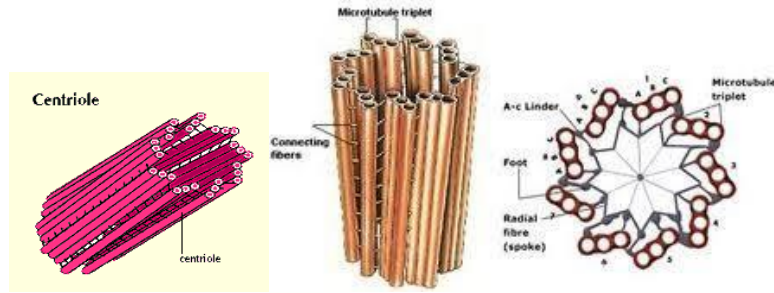
عند دراسة تركيب الجسم المركزى فى الخلية لا بد من دراسة الخلية و هى حية و أيضا و هى مثبتة ٠٠ ففى الخلية الحية تمكن كليفلاند (١٩٥٣) من مشاهدته بواسطة الميكروسكوب الضوئى وذلك فى الخلايا الليفية أثناء انقسامها ملاحظا سلوكا خاصا و خصائص عامة و ميلا لنوع معين من الصبغات كل هذا يؤكد حقيقة تواجده فى السيتوبلازم ٠ و يظهر الجسم المركزى فى التحضيرات المصبوغة على هيئة حبيبية

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 المغزل.

التركيب الدقيق للحبيبة المركزية Ultra structure of the centriole

تبدو الحبيبة المركزية تحت الميكروسكوب الألكترونى على هيئة جسم اسطوانى صغير جداره 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 إليها بـ 9 + 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 الرئيسى للجسيم المركزى على النحو الآتى: التنظيم داخل الخلايا للأنابيب الدقيقة أثناء انقسام الخلية: يعمل الجسيم المركزى 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 نوعاً 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 في 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)؟

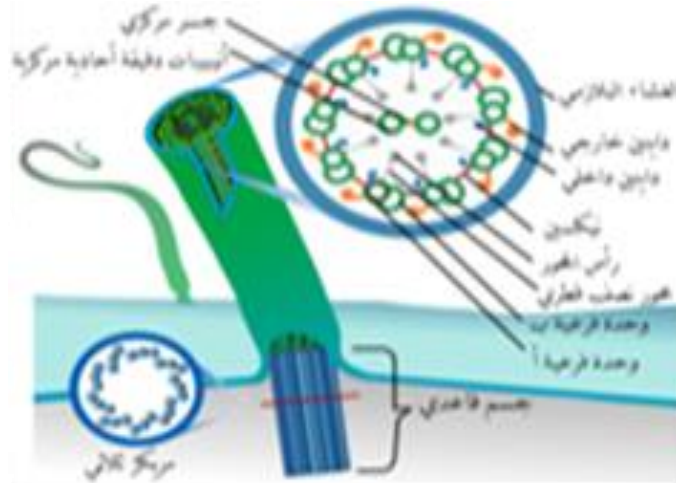
الأهداب ، وبعد تطور المجهر لوحظ وجود أهداب معظمها في الحيوانات، في جميع أنواع الخلايا تقريباً. وعُثر أيضاً على بعض الأهداب في الخلايا النباتية على شكل أمشاج. تتكون الأهداب من ٩ مجموعات من الأنابيب الدقيقة، كل مجموعة عبارة عن انبوتان و يوجد في المركز زوج من المجموعات الانبوبية ، يصنع الجسم الخلوي البروتينات الهدبية وينقلها إلى رأس الخيط المحوري، وتسمى هذه العملية (النقل داخل الأهداب أو النقل داخل الاسواط. يعتقد العلماء حالياً 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 أيضاً نقل السوائل في 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 في 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 عادةً 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 تساعد 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 سمك 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 مكونة 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 العضيات الأخرى في مكانها حتى لا تسبح في السيتوبلازم عشوائياً. الهيكل الخلوي هو شبكة مكونة من خيوط بروتينية داخل الخلية تحدد موضع العضيات، وتوفر الدعامة التركيبية، وتسمح لبعض الخلايا بالحركة. أيضاً، 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 «الأميبيا» بالتحرك وحدها كما أنه يؤدي دوراً مهماً في الانقسام الخلوي.

النواة The nucleus

تعتبر النواة أول عضوية تم اكتشافها بواسطة ليفينهوك (1700)، حيث لاحظ وجودها في خلايا الدم الحمراء للسالmon على عكس خلايا الدم الحمراء في الثدييات، تظهر النواة كعضوية كثيفة خشنة ذات شكل كروي، النواة أكبر العضيات 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 وقلوية.

شكل النواة Shape of nucleus

شكل النواة غالباً يكون مرتبطاً بشكل الخلية و كقاعدة عامة فان معظم الأنوية تكون كروية أو بيضاوية الشكل و هذا لا يمنع تواجد النواة في الأشكال الأخرى المستطيلة و العنقودية و العصوية و الهرمية و الكمثرية و الكلوية . . . الخ .

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 يتبعا 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 لا يحتوى على نواة مثل كرات الدم الحمراء RBCs كاملة التكوين فى الانسان. تفتقد الخلايا عديمة النواة أى نواة، أى أنها غير قادرة على الانقسام، وبالتالي غير قادرة على توليد خلايا جديدة. إحدى أكثر الخلايا عديمة النواة المعروفة عند الثدييات هي خلايا الدم الحمراء، التى تفتقر أيضاً إلى ميتوكوندريا، حيث تقوم هذه الخلية بدور ناقل للأوكسجين من الرئتين إلى أنسجة الجسم.

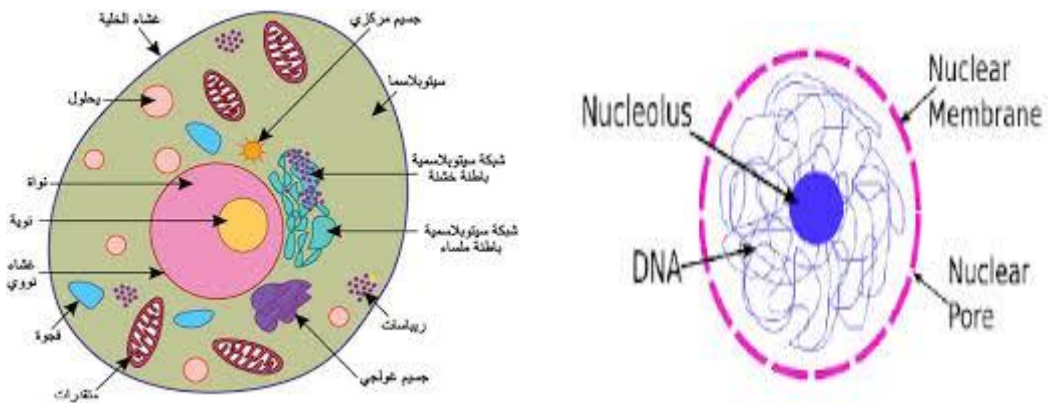
موقع النواة (تمركز النواة) Nucleus location

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 . و النواة داخل الخلية تمتلك عدد من المواقع ٠٠٠ فكر معى بعد أن تضع النواة فى وسط الخلية كما موقع غير هذا ٠٠٠؟

الهيكل الرئيسية للنواة

الهيكل الرئيسية التي تُشكّل النواة هي الغلاف النووي، وهو غشاء مزدوج يُغلف النواة ويعزل محتوياتها عن السيتوبلازما الخلوية، وكذلك الصفيحة النووية وهي شبكة من الألياف التي تمنح النواة دعماً ميكانيكياً، كالهيكال 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 طبقتي 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 لتنتمكن من التعبير الجيني والحفاظ على الكروموسومات. على الرغم من أن المنطقة الداخلية من النواة لا تحتوي على حجات داخلية مزودة بغشاء، إلا أن محتوياتها غير متجانسة. حيث تتواجد بعض الأجسام المصنوعة من بروتينات معينة، وجزيئات من الحمض النووي الريبوزي RNA ، وأجزاء معينة من الكروموسومات. أشهر هذه الأجسام هو النوية، التي تشارك بشكل رئيسي في تجميع الكروموسومات، وكذلك إن الريبوسومات تُصنّع في النوية ومن ثم تنطلق إلى السيتوبلازما، حيث تقوم بترجمة الحمض النووي الريبوزي الرسول mRNA.



الغلاف النووي، كذلك يدعى الغشاء النووي وهو طبقة مزدوجة من الغشاء الخلوي، داخلية وخارجية، متوازيان وتفصل بينهما 10-50 نانومتر. يغلف الغلاف النووي

النواة بالكامل ويفصل المادة الوراثية للخلية عن السيتوبلازم ، فيقوم الغلاف النووي مقام حاجز يمنع انتشار الجزيئات بحرية بين البلازما الخلوية والبلازما النووية. يستمر الغشاء النووي الخارجي مع غشاء الشبكة السيتوبلازمية الداخلية الخشنة كما تستمر المسافة بين الغشائين النوويين مع أجواف الشبكة السيتوبلازمية الداخلية الخشنة RER.

الصفحة النووية

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

النوية

النوية بنية ملونة كثيفة ومنفصلة موجودة داخل النواة، غير محاطة بغشاء، وتُدعى أحياناً بالعضية الفرعية. تشكل النوية حولها تكرارات مترادفة من rDNA ، وهو الحمض النووي الريبوزي منقوص الأوكسجين الريبوسومي، وهو الـ DNA المرمز لتصنيع rRNA ، الحمض النووي الريبوزي الريبوسومي الضروري لتخليق البروتين في الخلية. تُدعى هذه المناطق مناطق التنظيم في النوية. يُعتبر تصنيع rRNA وتجميع الريبوسومات الدور الرئيسي الذي تلعبه النوية. يعتمد التماسك الهيكلي للنوية على نشاطها، بالإضافة إلى تجميع الريبوسومات.

الوظيفة

توفر 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، والتوسط 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، لتُشكّل الكروموسومات أو الصبغيات. الجينات أو المورثات المحمولة على هذه الكروموسومات أو الصبغيات، تُشكّل 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 تُعتبرُ مركز التحكم في الخلية.

إنقسام الخلية Cell division

لقد تأكد خلال القرن التاسع عشر أن الحياة تأتي من خلال حياة سابقة لها و أن الخلايا تأتي من خلايا سابقة لها و كل جيل من الخلايا أو الأفراد ينتج عن التكاثر و حيث أن الناتج 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 الناتج على هذه المعلومات لكي ينمو و يكون نتاج بدوره . و عندما تتضاعف المادة الوراثية في الآباء فإنها تنتقل للأبناء (الناتج) 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 الناتج مشابه للآباء لذا فإن التضاعف في المادة

الوراثية تحدث عندما يتضاعف الحمض النووي DNA و حيث اننا نعرف ان
DNA الجديد ينسخ

كما تحدثنا سالفا أن كثيرا من العلماء تمكنوا من مشاهدة إنقسام الخلية فى عام (١٨٤١) توصل ريماك الى إكتشاف إنقسام الخلية المباشر فى حين أن شنيدر 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 الضفدعة بينما أوضح هيروتيج (١٨٧٥) إندماج الحيوان المنوى بالبويضة و بهذه الخاصية إستطاع العلماء تفهم قوانين الوراثة، و يشتمل إنقسام الخلية على إنقسام النواه الذى يسبق إنقسام السيتوبلازم ، و قد ميز العلماء نوعين 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 behavior .

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 ، الإنقسام الميتوزى هو الإنقسام 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 لا بد أن نعرف أن هذا الإنقسام يمر بأربعة مراحل مختلفة و هى : المرحلة التمهيديّة Prophase stage – المرحلة الإستوائية Metaphase stage – المرحلة الإنفصالية Anaphase stage – المرحلة النهائية Telophase stage .

أ- المرحلة التمهيديّة 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 البيني Interphase stage و بعده تبدأ رحلة الدور التمهيدي 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 فتكسيبها 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 التمهيديّة فإن الكروموسومات تقصر و تزداد فى السمك تدريجيا و بالتالى فإن المرحلة التمهيديّة تتم بفقدان الماء لزيادة درجة الثبات و النمو و الإنقباض أو التكتيف • 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 التمهيديّة و تكون الكروماتيدتان ملتصقتان بطول الكروموسوم و تحتويان على جسم وحيد غير قابل للإنقسام يعرف بالسنترومير Centromere أو القطعة الوسطية • و يجب ملاحظة أن الكروموسومات تتواجد دائما منفصلة و مستقلة •

و عند إنتهاء التحضيرات الأولية للمرحلة التمهيديّة تبدأ الخطوات الرئيسيّة للإنقسام وهى كالاتى:-

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

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

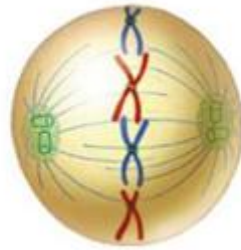
٣- مع إستمرار هجرة الحبيبتين تتحول الطبقة المعتمة Archoplasm للجسم المركزى الى أشعة نجمية astral rays تربط بين الحبيبتين •

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) •

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

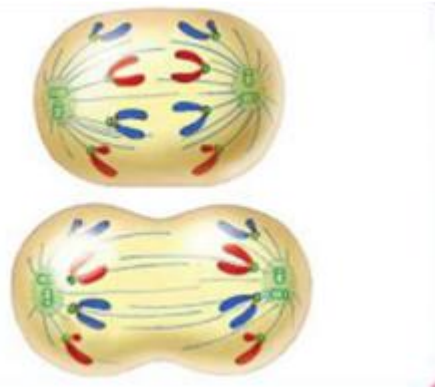
ب- المرحلة الإستوائية Metaphase stage

و تبدأ هذه المرحلة مع ظهور خيوط المغزل Spindle thirds مع ملاحظة أنه بالقرب من نهاية المرحلة التمهيديّة 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 السنتروميترات و المنطقة التى تتعلق بها الكروموسومات من خيوط المغزل تعرف بالصفحة الإستوائية Equatorial plate مع ملاحظة أن الكروموسومات فى هذه المرحلة تكون مزدوجة و مواجهه للصفحة الإستوائية •



ج- المرحلة الإنفصالية Anaphase stage

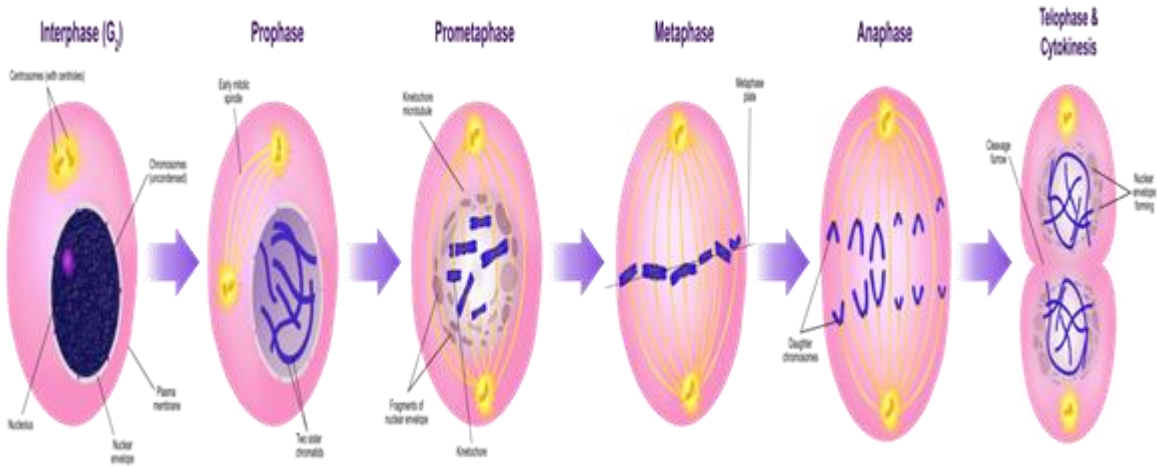
كما ذكرنا من قبل أن كل كروموسوم يتكون من خيطن من الكروماتيد يربط بينهما السنتروميير أو القطعة الوسطية ، و مع بداية المرحلة الانفصالية ينشطر السنتروميير الى جزئين بحيث يكون كل خيط كروماتيدي يحتوى على أحد جزئى السنتروميير ثم ينفصل الخيطين عن بعضهما البعض و يتحرك كل منها تجاه أحد قطبى المغزل المقابل له ثم تحدث عملية نسخ Copy حيث ينسخ كل خيط كروماتيدي 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



ثانياً الإنقسام الميوزي (الإختزالي) (Meiosis division)(reduction division)

نعلم جميعاً أن جسم الكائن الحي الذي يحتوي على جهاز تناسلي يمتلك نوعين من الخلايا ، خلايا جسدية somatic cells تحتوي على العدد الزوجي (التضاعفي diploid) للكروموسومات (2ن) و خلايا جنسية sex cells تحتوي على العدد الفردي (النصفى haploid) للكروموسومات (ن) مثال العدد الزوجي لكروموسومات الخلية الجسدية للإنسان 46 بينما عدد الكروموسومات في الخلية الجنسية 23 و هذا يؤكد عدم قدرة الخلية الجنسية منفردة على الإنقسام division و يرجع السبب الى إحتوائها على نصف عدد الكروموسومات فلا بد أن تتحد خلية جنسية ذكورية spermatocyte (حيوان منوي sperm) مع خلية جنسية أنثوية oocyte (بويضة ovum) لكي نحصل على خلية واحدة تحتوي على العدد التضاعفي (الزوجي) للكروموسومات و في هذه الحالة تمتلك الخلية المقدرة على الإنقسام .

و الإنقسام الخوى cell division الذى يختزل فيه عدد الكروموسومات الجسدية (2ن) الى النصف (ن) يعرف بالإنقسام الميوزى meiosis أو الإختزالى reduction . و يمر الإنقسام الميوزى بإنقسامين متتاليين قد توجد بينهم فترة زمنية أو لا يكون 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 التمهيديّة الأولى first prophase stage

و تتميز هذه المرحلة بطولها و تعقيدياتها 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 الازواج حسب ترتيبها فى الطور القلادى هل مستقطبة ام غير مستقطبة . فى حالة

ان تكون مستقطبة تبدأ عملية الازدواج من السنتروميير و غير ذلك يبدأ الازدواج من اى نقطة غير السنتروميير. و الازدواج ايضا يتم بين الكروموسومات من الداخل و بعد ذلك نجد ان الكروموسومات تظهر غليظة و قصيرة و قد تحدث انقلابات اثناء عملية التزاوج مما يؤدي الى انعكاس جزء من الكروموسوم فاذا كانت دلالات الكروموسومات 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 اثناء فى المنتصف. و يبدو ان عملية الازدواج تنتج من قوة تجاذب بين الكروموسومات 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 ظاهري 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 اشربة tetra-bars بعد الانشطار و 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 الكروماتيديتين الخارجيتين 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 كلياً 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 تدريجياً و تتحرك خارجياً مكونه ما يسمى بالانزلاق الطرفى terminilization .

٥- الطور التشتتى Diakinesis

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

ب- المرحلة الاستوائية الاولى First metaphase stage

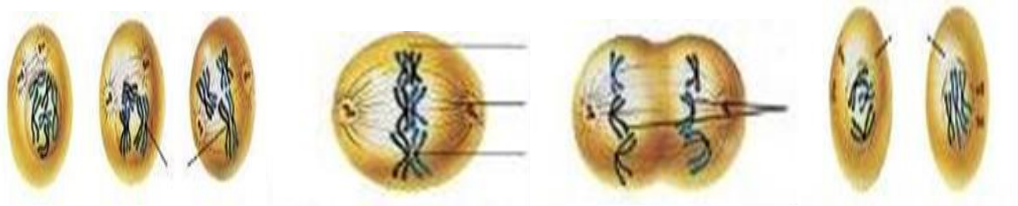
نجد أن الفترة بين اختفاء الغشاء النووى disappearing of nuclear membrane و بين اللحظة التى يتم فيها تكوين المغزل formation the spindle تكويناً كاملاً يطلق عليها المرحلة الاستوائية و هى تختلف عن المرحلة الاستوائية للانقسام الميتوزى فى ان كل ثنائى يحتوى على سنتروميرين bicentromeres مستقلين عن بعضهما البعض و لا تنقسمان كما فى الانقسام الميتوزى. و تقع السنتروميرات اعلى او اسفل الخط الاستوائى بينما فى الانقسام الميتوزى نجد ان جميع السنتروميرات 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 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 قطبي 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 الانفصالى

الطور الاستوائى

الطور التمهيدي
الطور النهائى

٢- الانقسام الميوزى الثانى Second meiotic division

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

أ- المرحلة التمهيديّة الثانية Second prophase stage

كما ذكرنا فى المرحلة التمهيديّة الانقسام الميوزى الاول و هى بداية وضوح الكروموسومات فى هذه المرحلة يبدأ دور الجسم المركزى فى عملية الانقسام و فيها تنقسم كل حبيبة مركزية Centriole اذا كانت واحدة او تنفصل عن بعضها البعض

إذا كانت حبيبتين يتحرك كل منها الى احد قطبي الخلية ثم يبدأ الغشاء النووي في الاختفاء و معه يبدأ المغزل في الظهور .

ب- المرحلة الاستوائية الثانية Second metaphase stage

و فيها يتم ترتيب الكروموسومات على خيوط المغزل بعد تكوينها و ظهورها في نهاية المرحلة التمهيدية و المنطقة التي 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.

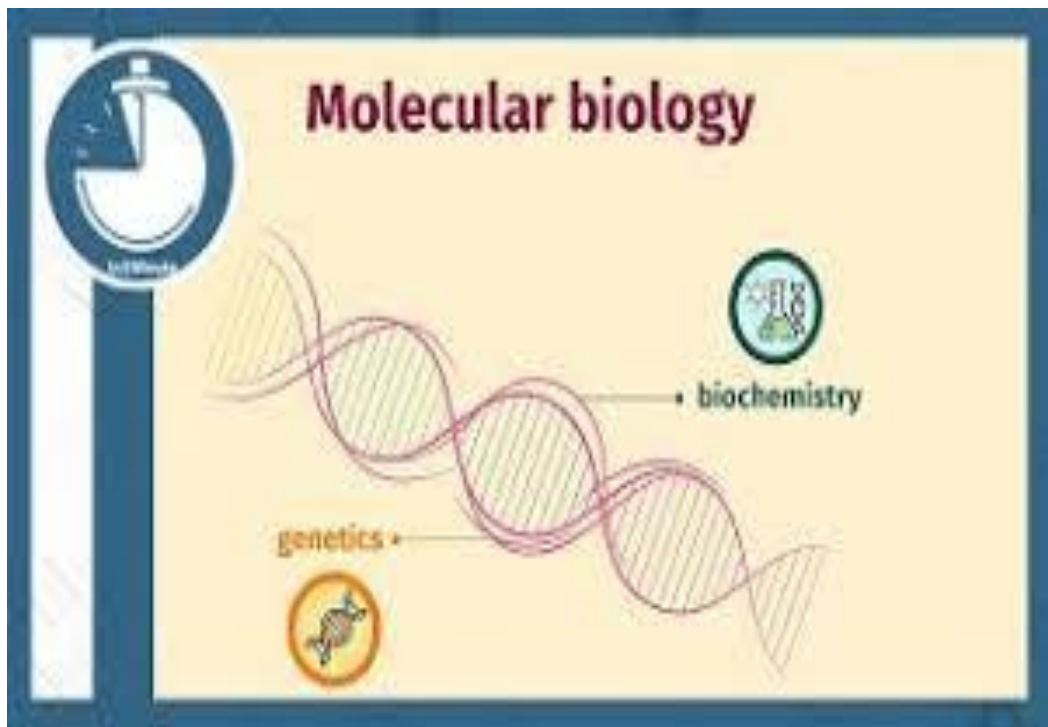
ج- المرحلة الانفصالية الثانية Second anaphase stage

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 التي كل منها تحتوى على جزء من السنترومير ثم تتحرك كل كروماتيدة تجاه القطب القريب منها ثم تبدأ كل كروماتيدة في 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 التي 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.

بيولوجيا الجزيئات



بيولوجيا الجزيئات

بيولوجيا الجزيئات هي فرع علم الأحياء الذي يدرس الأساس الجزيئي للنشاط البيولوجي. تتكون الكائنات الحية من مواد كيميائية تمامًا مثل الأشياء غير الحية، لذلك يدرس عالم الأحياء الجزيئية كيفية تفاعل الجزيئات مع بعضها البعض في الكائنات الحية لأداء وظائف الحياة. يقوم علماء الأحياء الجزيئية بإجراء تجارب للتحقيق في بنية الجزيئات البيولوجية ووظيفتها ومعالجتها وتنظيمها وتطويرها وتفاعلها مع بعضها البعض، مما يوفر رؤى على المستوى الجزيئي حول كيفية عمل الحياة. على الرغم من وجود أنواع عديدة من الجزيئات في كل كائن حي، إلا أن معظم علماء الأحياء الجزيئية يركزون على الجينات والبروتينات. تؤدي البروتينات تنوعًا كبيرًا في الوظائف داخل الخلايا الحية، وتحتوي الجينات على المعلومات اللازمة لإنتاج المزيد من البروتينات.

البيولوجيا الجزيئية هي أحد فروع علم الأحياء الذي يسعى إلى فهم الأساس الجزيئي للنشاط البيولوجي داخل الخلايا وفيما بينها، بما في ذلك التركيب الجزيئي الحيوي، والتعديل، والآليات، والتفاعلات. على الرغم من أن الخلايا والتراكيب المجهرية الأخرى قد لوحظت في الكائنات الحية في وقت مبكر من القرن الثامن عشر، إلا أن الفهم التفصيلي للآليات والتفاعلات التي تحكم سلوكها لم يظهر حتى القرن العشرين، عندما تقدمت التقنيات المستخدمة في الفيزياء والكيمياء بما يكفي للسماح بتطبيقها في العلوم البيولوجية.

في عام ١٩٥٣، كريك و واتسون أول من وصف نموذج الحلزون المزدوج للتركيب الكيميائي للحمض النووي الريبي منقوص الأكسجين (DNA)، والذي غالبًا ما يُعتبر نموذجًا حلزونيًا مزدوجًا. و هذا حدث تاريخي لأنه قدم أساسًا فيزيائيًا وكيميائيًا يمكن

من خلاله فهم الفكرة الغامضة سابقاً عن الأحماض النووية باعتبارها المادة الأساسية للوراثة البيولوجية.

يتضمن مجال البيولوجيا الجزيئية تقنيات تمكن العلماء من التعرف على العمليات الجزيئية. تُستخدم هذه التقنيات لاستهداف الأدوية الجديدة بكفاءة وتشخيص الأمراض وفهم فسيولوجيا الخلية بشكل أفضل. يتم تغطية بعض الأبحاث السريرية والعلاجات الطبية الناشئة عن البيولوجيا الجزيئية تحت العلاج الجيني، في حين يشار الآن إلى استخدام البيولوجيا الجزيئية أو بيولوجيا الخلايا الجزيئية في الطب باسم الطب الجزيئي.

لمحة تاريخية عن بيولوجيا الجزيئات

كان اكتشاف بنية الحمض النووي أحد المعالم الرئيسية في علم الأحياء الجزيئي. بدأ هذا العمل في عام ١٨٦٩ ميسر الذي اقترح لأول مرة بنية تسمى النيوكلين، والتي نعرفها الآن باسم (الحمض النووي الريبوزي منقوص الأكسجين)، وملاحظة الخصائص الفريدة "للمواد التي تحتوي على الفوسفور".

ليفين، الذي اقترح "نموذج متعدد النوكليوتيدات" للحمض النووي في عام ١٩١٩ نتيجة لتجاربه الكيميائية الحيوية على الخميرة. استُخدم مصطلح "البيولوجيا الجزيئية" لأول مرة في عام ١٩٤٥ من قبل أستبري، الذي وصفه بأنه نهج يركز على تمييز أسس الظواهر البيولوجية. الكشف عن الهياكل الفيزيائية والكيميائية وخصائص الجزيئات البيولوجية، بالإضافة إلى تفاعلاتها مع الجزيئات الأخرى وكيف تفسر هذه التفاعلات ملاحظات ما يسمى بالبيولوجيا الكلاسيكية، التي تدرس بدلاً من ذلك العمليات البيولوجية على نطاقات أكبر ومستويات أعلى من التنظيم. في عام ١٩٥٠، توسع جاف في عمل ليفين وأوضح بعض الخصائص المهمة للأحماض النووية: أولاً، يختلف تسلسل الأحماض النووية عبر الأنواع. ثانياً، التركيز الكلي للبيورينات (الأدينين والجوانين) يساوي دائماً التركيز الكلي للبيريميدين (السيستين والثايمين).

في عام ١٩٦١، ثبت أنه عندما يقوم الجين بتشفير البروتين، فإن ثلاث قواعد متسلسلة من الحمض النووي للجين تحدد كل حمض أميني متعاقب من البروتين. وبالتالي فإن الشفرة الوراثية هي شفرة ثلاثية، حيث يحدد كل ثلاثية (تسمى كودون) حمضًا أمينيًا معينًا. علاوة على ذلك، فقد تبين أن الكودونات لا تتداخل مع بعضها البعض في تسلسل الحمض النووي الذي يشفر البروتين، وأن كل تسلسل يُقرأ من نقطة بداية ثابتة.

البيولوجيا الجزيئية الحديثة

في أوائل عشرينيات القرن الحالي، دخلت البيولوجيا الجزيئية عصرًا ذهبيًا حدده التطور التقني و تسمح التقنيات الجديدة برصد العمليات البيولوجية على المستوى الذري في الوقت الحقيقي. يتمتع علماء الأحياء الجزيئية اليوم بإمكانية الوصول إلى بيانات التسلسل على أعماق متزايدة، مما يسهل تطوير أساليب معالجة جينية جديدة في كائنات جديدة غير نموذجية. وبالمثل، سيقود علماء الأحياء الجزيئية الاصطناعية الإنتاج الصناعي للجزيئات الصغيرة والكبيرة من خلال إدخال مسارات استقلابية خارجية في مختلف خطوط الخلايا بدائية النواة وحقيقية النواة.

تقنيات البيولوجيا الجزيئية

الاستنساخ الجزيئي

يستخدم الاستنساخ الجزيئي لعزل ثم نقل تسلسل الحمض النووي محل الاهتمام إلى ناقل البلازميد. تم تطوير تقنية الحمض النووي المؤتلف هذه لأول مرة في الستينيات. في هذه التقنية، يتم استنساخ ترميز تسلسل الحمض النووي للبروتين المعني باستخدام تفاعل البوليميراز المتسلسل (PCR)، و إنزيمات التقييد، إلى بلازميد ناقل التعبير. عادةً ما يمتلك ناقل البلازميد ثلاث سمات مميزة على الأقل: أصل التكرار، وموقع الاستنساخ المتعدد (MCS)، وعلامة انتقائية (عادةً مقاومة المضادات الحيوية). بالإضافة إلى ذلك، فإن المنبع من MCS هي مناطق المروج وموقع بدء النسخ، الذي ينظم التعبير عن الجينات المستنسخة.

يمكن إدخال هذا البلازميد في الخلايا البكتيرية أو الحيوانية. يمكن إدخال الحمض النووي إلى الخلايا البكتيرية عن طريق التحول عن طريق امتصاص الحمض النووي العاري، أو الاقتران عبر ملامسة الخلية الخلوية، أو عن طريق النقل عبر الناقل الفيروسي. يُطلق على إدخال الحمض النووي إلى الخلايا حقيقية النواة، مثل الخلايا الحيوانية، بوسائل فيزيائية أو كيميائية اسم ترنسفاكشن. تتوفر العديد من تقنيات ترنسفاكشن المختلفة، مثل ترنسفاكشن فوسفات الكالسيوم، التنقيب الكهربائي، الحقن المجهرى وترنسفاكشن الجسيمات الشحمية. تتوفر تقنيات ترنسفاكشن مختلفة، مثل ترنسفاكشن فوسفات الكالسيوم، التنقيب الكهربائي، الحقن المجهرى وترنسفاكشن الجسيمات الشحمية.

قد يتم دمج البلازميد في الجينوم، مما يؤدي إلى ترنسفاكشن مستقر، أو قد يظل مستقلاً عن الجينوم ويتم التعبير عنه بشكل مؤقت، يسمى ترنسفاكشن عابر. أصبح ترميز الحمض النووي للبروتين المعني موجوداً الآن داخل الخلية، ويمكن الآن التعبير عن البروتين. تتوفر مجموعة متنوعة من الأنظمة، مثل المحفزين وعوامل محددة لتشوير الخلايا، للمساعدة في التعبير عن البروتين محل الاهتمام بمستويات عالية. يمكن بعد ذلك استخلاص كميات كبيرة من البروتين من الخلية البكتيرية أو حقيقية النواة. يمكن اختبار البروتين بحثاً عن النشاط الأنزيمي في ظل مجموعة متنوعة من المواقف، ويمكن تبلور البروتين بحيث يمكن دراسة تركيبه الثالث، أو في صناعة الأدوية، يمكن دراسة نشاط الأدوية الجديدة ضد البروتين.

تفاعل البلمرة المتسلسل

تفاعل البوليميراز المتسلسل (PCR) هو تقنية متعددة الاستخدامات للغاية لنسخ الحمض النووي. باختصار، يسمح تفاعل البوليميراز المتسلسل (PCR) بنسخ أو تعديل تسلسل معين من الحمض النووي بطرق محددة مسبقاً. التفاعل قوي للغاية

وفي ظل ظروف مثالية يمكن أن يضخم جزيء واحد من الحمض النووي ليصبح ١.٠٧ مليار جزيء في أقل من ساعتين. ولتفاعل البوليميراز المتسلسل العديد من التطبيقات، بما في ذلك دراسة التعبير الجيني، والكشف عن الكائنات الحية الدقيقة المسببة للأمراض، والكشف عن الطفرات الجينية، وإدخال الطفرات في الحمض النووي.

يمكن استخدام تقنية PCR لإدخال مواقع إنزيم التقييد إلى نهايات جزيئات الحمض النووي، أو لتحوير قواعد معينة من الحمض النووي، وهذه الأخيرة هي طريقة يشار إليها باسم الطفرات الموجهة للموقع. لدى PCR العديد من الاختلافات، مثل النسخ العكسي (RT-PCR) لتضخيم الحمض النووي الريبي (RNA)، ومؤخرًا، PCR الكمي الذي يسمح بالقياس الكمي لجزيئات DNA أو RNA.

مصفوفة الحمض النووي الدقيقة عبارة عن مجموعة من البقع المرتبطة بدعامة صلبة مثل شريحة المجهر حيث تحتوي كل بقعة على قطعة واحدة أو أكثر من شظايا قليل النوكليوتيد من الحمض النووي المفرد. تتيح المصفوفات إمكانية وضع كميات كبيرة من البقع الصغيرة جدًا (قطرها ١٠٠ ميكرومتر) على شريحة واحدة. تحتوي كل بقعة على جزء من الحمض النووي المكمل لتسلسل DNA واحد. يسمح أحد أشكال هذه التقنية بتأهيل التعبير الجيني للكائن الحي في مرحلة معينة من التطور.

في هذه التقنية يتم عزل الحمض النووي الريبي (RNA) الموجود في الأنسجة وتحويله إلى DNA التكميلي. يتم بعد ذلك تهجين (cDNA) هذا إلى الأجزاء الموجودة في المصفوفة ويمكن إجراء تصور للتهجين. نظرًا لأنه يمكن إنشاء مصفوفات متعددة بنفس موضع الأجزاء تمامًا، فهي مفيدة بشكل خاص لمقارنة التعبير الجيني لنسجين مختلفين، مثل الأنسجة السليمة والسرطانية. كما يمكن للمرء قياس الجينات التي يتم التعبير عنها وكيف يتغير هذا التعبير مع مرور الوقت أو مع عوامل أخرى. هناك العديد من الطرق المختلفة لتصنيع المصفوفات الدقيقة؛ الأكثر شيوعًا هي رقائق السيليكون، وشرائح المجهر ذات البقع التي يبلغ قطرها حوالي

١٠٠ ميكرومتر، والمصفوفات المخصصة، والمصفوفات ذات البقع الأكبر على الأغشية المسامية (المصفوفات الكبيرة). يمكن أن يكون هناك ما يتراوح بين ١٠٠ نقطة إلى أكثر من ١٠٠٠٠٠ نقطة في مصفوفة معينة. يمكن أيضاً تصنيع المصفوفات باستخدام جزيئات أخرى غير الحمض النووي.

في البيولوجيا الجزيئية، يتم تطوير الإجراءات والتقنيات بشكل مستمر ويتم التخلي عن التقنيات القديمة. على سبيل المثال، قبل ظهور الترحيل الكهربائي لهلام الحمض النووي (الاجاروز أو بولي أكريلاميد)، كان يتم تحديد حجم جزيئات الحمض النووي عادة عن طريق معدل الترسيب في تدرجات السكروز، وهي تقنية بطيئة وكثيفة العمالة تتطلب أدوات باهظة الثمن؛ قبل التدرجات السكروز، تم استخدام قياس اللزوجة. وبصرف النظر عن اهتماماتها التاريخية، غالباً ما يكون من المفيد معرفة التكنولوجيا القديمة، حيث أنه من المفيد أحياناً حل مشكلة جديدة أخرى تكون التقنية الأحدث غير مناسبة لها.

تتعامل العقيدة المركزية للبيولوجيا الجزيئية مع تدفق المعلومات الوراثية داخل النظام البيولوجي. غالباً ما يُذكر أن "DNA يصنع RNA، وRNA يصنع البروتين"، على الرغم من أن هذا ليس معناه الأصلي. وينص هذا على أنه بمجرد انتقال "المعلومات" إلى البروتين، لا يمكنها الخروج مرة أخرى. بمزيد من التفصيل، قد يكون نقل المعلومات من الحمض النووي إلى الحمض النووي، أو من الحمض النووي إلى البروتين ممكناً، لكن نقل المعلومات من البروتين إلى البروتين، أو من البروتين إلى الحمض النووي أمر مستحيل. المعلومات هنا تعني التحديد الدقيق للتسلسل، إما للقواعد الموجودة في الحمض النووي أو بقايا الأحماض الأمينية في البروتين. و هذا يعنى إن العقيدة المركزية للبيولوجيا الجزيئية تتعامل مع النقل التفصيلي للمعلومات التسلسلية من بقايا إلى بقايا. وتنص على أن مثل هذه المعلومات لا يمكن نقلها مرة أخرى من البروتين إلى البروتين أو النواة.

الاحماض النووية

الاحماض النووية، مركبات كيميائية طبيعية تعمل كجزيء رئيسي يحمل المعلومات في الخلية ويوجه عملية تخليق البروتين، وبالتالي تحديد الخصائص الموروثة لكل كائن حي. يتم تعريف الأحماض النووية أيضاً من خلال قدرتها على التحلل لإنتاج حمض الفوسفوريك والسكريات وخليط من القواعد العضوية (البورينات والبيريميدين). (الفتتان الرئيسيتان للأحماض النووية هما الحمض النووي الريبي منقوص الأكسجين (DNA) والحمض النووي (RNA). الحمض النووي هو المخطط الرئيسي للحياة ويشكل المادة الوراثية في جميع الكائنات الحية الحرة ومعظم الفيروسات. الحمض النووي الريبوزي (RNA) هو المادة الوراثية لبعض الفيروسات، ولكنه موجود أيضاً في جميع الخلايا الحية، حيث يلعب دوراً مهماً في عمليات معينة، مثل صنع البروتينات.

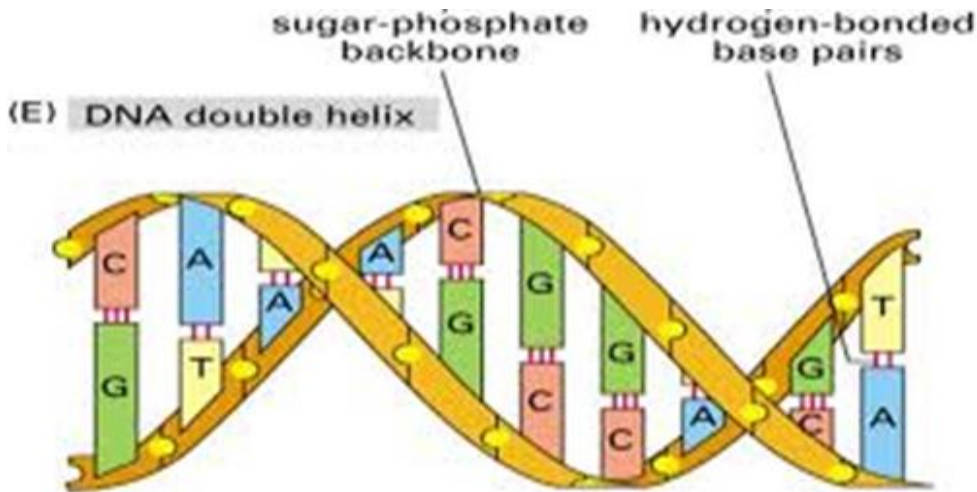


Figure 1-2 part 2 of 2. Molecular Biology of the Cell, 4th Ed

النيوكليوتيدات: اللبنات الأساسية للأحماض النووية

الأحماض النووية هي عديدات النيوكليوتيدات، أي جزيئات طويلة تشبه السلسلة وتتكون من سلسلة من وحدات البناء المتطابقة تقريباً تسمى النيوكليوتيدات. يتكون كل نيوكليوتيد من قاعدة عطرية تحتوي على النيتروجين مرتبطة بسكر البنتوز (خماسي الكربون)، والذي يرتبط بدوره بمجموعة الفوسفات.

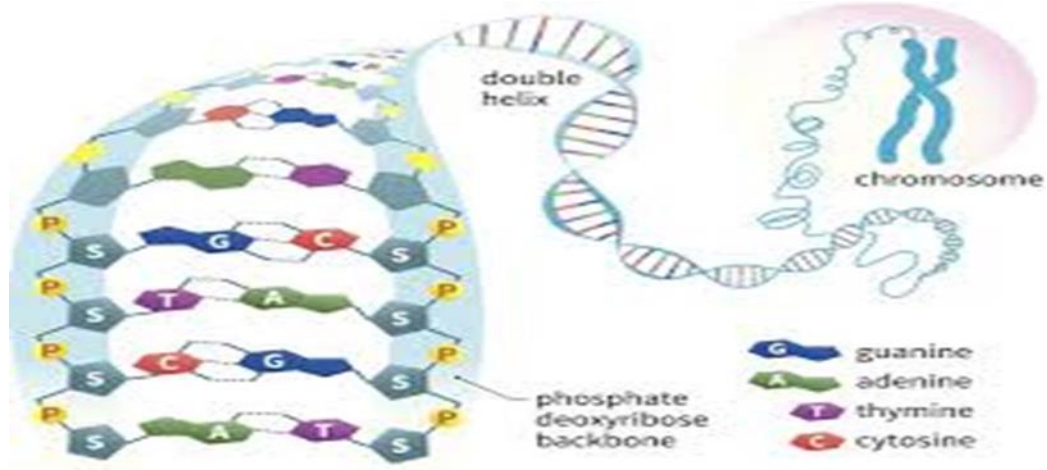
يحتوي كل حمض نووي على أربع من خمس قواعد محتملة تحتوي على النيتروجين: الأدينين (A)، والجوانين (G)، والسيتوزين (C)، والثايمين (T)، واليوراسيل (U). يتم تصنيف A و G على أنها بورينات، وتسمى C و T و U مجتمعة بالبيريميدينات. تحتوي جميع الأحماض النووية على القواعد A و C و G؛ ومع ذلك، تم العثور على T فقط في الحمض النووي، في حين تم العثور على U في الحمض النووي الريبوزي.

يختلف سكر البننوز في الحمض النووي deoxyribose عن السكر في الحمض النووي الريبوز بسبب عدم وجود مجموعة الهيدروكسيل (OH—) على الكربون ٢ في حلقة السكر. بدون مجموعة فوسفات متصلة، يُعرف السكر المرتبط بإحدى القواعد بالنيوكليوزيد. تربط مجموعة الفوسفات ببقايا السكر المتعاقبة عن طريق سد مجموعة ٥-هيدروكسيل الموجودة على سكر واحد ومجموعة ٣-هيدروكسيل من السكر التالي في السلسلة. تسمى هذه الروابط النيوكليوسيدية روابط فوسفوديستر وهي نفسها في الحمض النووي (RNA) والحمض النووي (DNA).

التخليق الحيوي

يتم تصنيع النيوكليوتيدات من السلانف المتاحة بسهولة في الخلية. يتم تصنيع جزء فوسفات الريبوز من نيوكليوتيدات البيورين والبيريميدين من الجلوكوز عبر مسار فوسفات البننوز. يتم تصنيع حلقة البيريميدين المكونة من ستة ذرات أولاً ثم يتم ربطها بعد ذلك بفوسفات الريبوز. يتم تصنيع الحلقتين في البيورينات أثناء ربطهما بفوسفات الريبوز أثناء تجميع نوكلوسيدات الأدينين أو الجوانين. وفي كلتا الحالتين، يكون المنتج النهائي عبارة عن نيوكليوتيد يحمل فوسفات مرتباً بذرة الكربون ٥ الموجودة في السكر. أخيراً، يضيف إنزيم متخصص يُسمى الكيناز مجموعتين من الفوسفات باستخدام أدينوسين ثلاثي الفوسفات (ATP) كمانح للفوسفات لتكوين ثلاثي فوسفات الريبونوكليوسيد، السلانف المباشرة للحمض النووي الريبوزي. بالنسبة للحمض النووي (DNA)، تتم إزالة مجموعة ٢-هيدروكسيل من ثنائي

فوسفات الريبونوكليوسيد لإعطاء ديوكسي ريبونوكليوسيد ثنائي الفوسفات. يتم بعد ذلك إضافة مجموعة فوسفات إضافية من ATP بواسطة كيناز آخر لتكوين ثلاثي فوسفات الديوكسيريبونوكليوسيد، وهو السلائف المباشرة للحمض النووي.

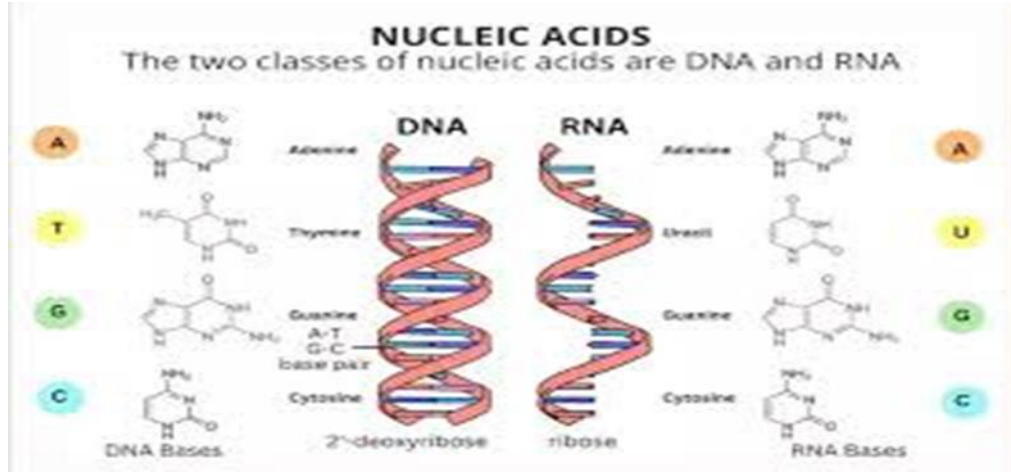


أثناء عملية التمثيل الغذائي الطبيعي للخلية، يتم تصنيع الحمض النووي الريبي (RNA) وتكسيه باستمرار. يتم إعادة استخدام بقايا البيورين والبيريميدين من خلال عدة مسارات إنقاذ لإنتاج المزيد من المواد الجينية. يتم إنقاذ البيورين على شكل نيوكليوتيد مناظر، في حين يتم إنقاذ البيريميدين على شكل نيوكليوزيد.

بنية الحمض النووي

حمض الديوكسي ريبونوكلييك (DNA)، بنية الحمض النووي، تظهر قواعد النيوكليوتيدات السيتوزين (C)، والثايمين (T)، والأدينين (A)، والجوانين (G) المرتبطة بالعمود الفقري لمجموعات الفوسفات (P) وسكر الديوكسيريبوز (S) بالتناوب. يتم إقران سلسلتين من فوسفات السكر من خلال روابط هيدروجينية بين A و T وبين G و C، وبالتالي تشكل الحلزون المزدوج لجزء الحمض النووي. بنية الحمض النووي الحلزوني المزدوج لواتسون وكريك، المكونة من سلسلتين متشابكتين من النيوكليوتيدات تشبه السلم الحلزوني، البنية المتحركة لجزء الحمض النووي. تشكل جزيئات سكر ديوكسيريبوز وجزيئات الفوسفات الحواف الخارجية

للحلزون المزدوج للحمض النووي، وتربط أزواج القواعد الشريطين ببعضهما البعض.



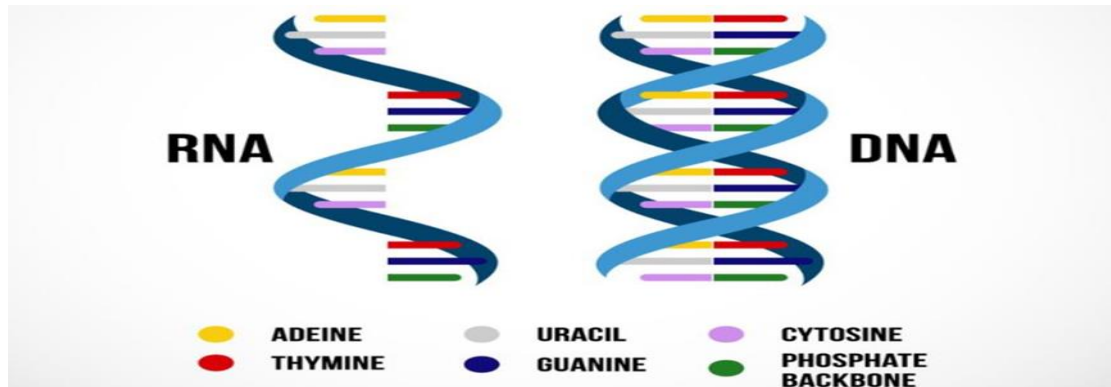
الحمض النووي عبارة عن بوليمر يتكون من النيوكليوتيدات الأربعة A و C و G و T، والتي يتم ربطها من خلال العمود الفقري للفوسفات وبقايا سكر الديوكسيريبوز بالتناوب. توجد هذه القواعد المحتوية على النيتروجين في أزواج متكاملة وفقاً لقدرتها على تكوين روابط هيدروجينية فيما بينها. يقترن A دائماً مع T من خلال رابطتين هيدروجينيتين، ويقترن G دائماً مع C من خلال ثلاث روابط هيدروجينية. إن امتدادات أزواج الروابط الهيدروجينية A:T و G:C متطابقة تقريباً، مما يسمح لها بتوصيل سلاسل السكر والفوسفات بشكل موحد. هذا الهيكل، إلى جانب الاستقرار الكيميائي للجزيء، يجعل من الحمض النووي المادة الوراثية المثالية. يوفر الترابط بين القواعد التكميلية أيضاً آلية لتكرار الحمض النووي ونقل المعلومات الوراثية.

التركيب الكيميائي

الاقتراح الأولي لبنية الحمض النووي من قبل جيمس واتسون وفرانسيس كريك، والذي رافقه اقتراح حول وسائل التضاعف. في عام ١٩٥٣، جيمس د. واتسون وفرانسيس إتش سي. اقترح كريك بنية ثلاثية الأبعاد للحمض النووي تعتمد على بيانات بلورية منخفضة الدقة بالأشعة السينية تم جمعها من قبل علماء الفيزياء الحيوية روزاليند فرانكلين وموريس ويلكنز، وعلى ملاحظة إيروين تشارجاف أنه

في الحمض النووي الذي يحدث بشكل طبيعي، فإن كمية T تساوي كمية A و كمية G تساوي كمية C. افترض واتسون وكريك، أن خيطين من متعددات النيوكليوتيدات يلتفتان حول بعضهما البعض، ويشكلان حلزوناً مزدوجاً. على الرغم من أن الخيطين متطابقين، إلا أنهما يسيران في اتجاهين متعاكسين كما هو محدد بواسطة اتجاه رابطة فوسفوديستر ٥ إلى ٣. وتمتد سلاسل السكر والفوسفات على طول الجزء الخارجي من الحلزون، وتقع القواعد في الداخل، حيث ترتبط بقواعد تكميلية على الطرف الآخر من خلال روابط هيدروجينية.

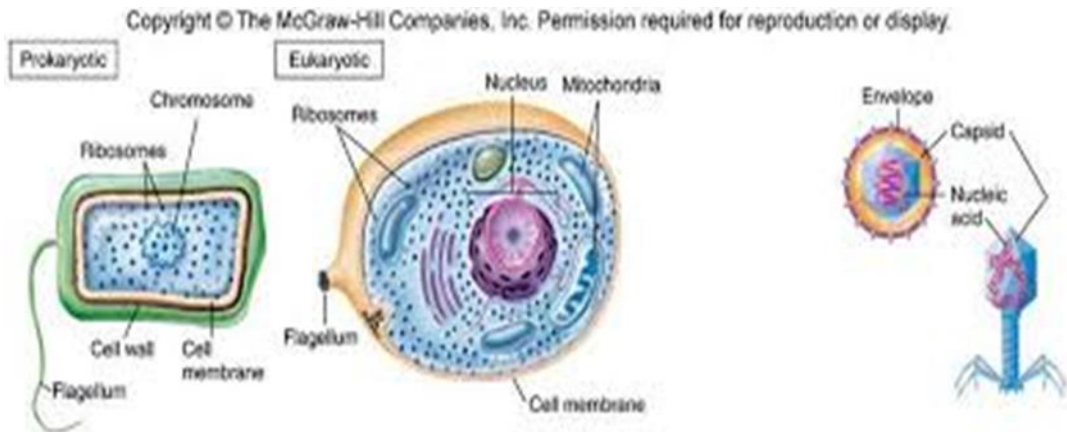
يأخذ الهيكل الحلزوني المزدوج للحمض النووي الطبيعي شكلاً أيمناً يسمى الحلزون. يقوم الحلزون بدورة كاملة تقريباً كل ١٠ أزواج أساسية. يحتوي B-DNA على أخدودين رئيسيين، أخدود رئيسي واسع وأخدود صغير ضيق. تتفاعل العديد من البروتينات في مساحة الأخدود الرئيسي، حيث تقوم بإجراء اتصالات خاصة بالتسلسل مع القواعد. بالإضافة إلى ذلك، من المعروف أن بعض البروتينات تقوم بإجراء اتصالات عبر الأخدود الصغير. العديد من المتغيرات الهيكلية للحمض النووي معروفة في A-DNA، الذي يتشكل في ظل ظروف تركيز الملح العالي والحد الأدنى من الماء، تميل الأزواج الأساسية وتتحرك نحو الأخدود الصغير. يتشكل Z-DNA الأيسر بسهولة أكبر في خيوط تحتوي على تسلسلات مع البيورينات والبيريميدين بالتناوب. يمكن للحمض النووي أن يشكل حلزونات ثلاثية عندما يتفاعل شريطان يحتويان على سلسلة من البيريميدين مع شريط ثالث يحتوي على مجموعة من البيورينات.



يتم تصوير B-DNA عمومًا على أنه حلزون أملس؛ ومع ذلك، فإن تسلسلات محددة من القواعد يمكن أن تشوه البنية المنتظمة. على سبيل المثال، تؤدي مساحات قصيرة من بقايا A تتخللها أقسام قصيرة من التسلسل العام إلى انحناء جزيء الحمض النووي. من ناحية أخرى، تنتج التسلسلات الأساسية المقلوقة هياكل صليبية ذات وصلات رباعية الاتجاهات تشبه وسيطات إعادة التركيب. تم تشخيص معظم هياكل الحمض النووي البديلة هذه في المختبر فقط، وأهميتها الخلوية غير معروفة.

الهياكل البيولوجية

يمكن أن تكون جزيئات الحمض النووي الموجودة بشكل طبيعي دائرية أو خطية. إن جينومات البكتيريا وحيدة الخلية (بشكل جماعي، بدائيات النوى)، وكذلك جينومات الميتوكوندريا والبلاستيدات الخضراء (بعض الهياكل الوظيفية داخل الخلية)، هي جزيئات دائرية. بالإضافة إلى ذلك، تحتوي بعض البكتيريا على جزيئات DNA دائرية أصغر تسمى البلازميدات والتي تحتوي عادةً على عدد قليل فقط من الجينات. تنتقل العديد من البلازميدات بسهولة من خلية إلى أخرى. بالنسبة للبكتيريا النموذجية، فإن الجينوم الذي يشفر جميع جينات الكائن الحي هو جزيء دائري واحد متجاوز يحتوي على نصف مليون إلى خمسة ملايين زوج قاعدي. تحتوي جينومات معظم حقيقيات النوى وبعض بدائيات النوى على جزيئات خطية من الحمض النووي تسمى الكروموسومات. الحمض النووي البشري، على سبيل المثال، يتكون من 23 زوجًا من الكروموسومات الخطية تحتوي على ثلاثة مليارات زوج أساسي.



يلتف الحمض النووي النووي حول مجموعات من بروتينات الهيستون لتكوين الجسيمات النووية، والتي تلتف لتشكل ملفات لولبية، وهي أساس ألياف الكروماتين التي تشكل الكروموسومات في جميع الخلايا، لا يوجد الحمض النووي حرًا في المحاليل، بل كمركب مغلف بالبروتين يسمى الكروماتين في بدائيات النوى، تساعد الطبقة الفضاضة من البروتينات الموجودة على الحمض النووي على حماية الشحنة السالبة للعمود الفقري للفوسفودستر. يحتوي الكروماتين أيضًا على بروتينات تتحكم في التعبير الجيني وتحدد الأشكال المميزة للكروموسومات. في حقيقيات النوى، يلتف جزء من الحمض النووي يتراوح بين 140 و 200 زوج قاعدي حول مجموعة منفصلة من ثمانية بروتينات موجبة الشحنة تسمى الهيستون، وتشكل بنية كروية تسمى الجسيم النووي. يتم تغليف الهستونات الإضافية بواسطة أقسام متتالية من الحمض النووي، وتشكل سلسلة من النيوكليوسومات مثل الخرز على الخيط. يعد نسخ الحمض النووي وتكراره أكثر تعقيدًا في حقيقيات النوى لأن مجتمعات النيوكليوزوم يجب أن يتم تفكيكها جزئيًا على الأقل حتى تتم العمليات بشكل فعال.

تحتوي معظم الفيروسات على جينومات خطية تكون عادة أقصر بكثير وتحتوي فقط على الجينات اللازمة لانتشار الفيروس. قد تحتوي الفيروسات البكتيرية التي تسمى العاثيات على أشكال خطية ودائرية من الحمض النووي. على سبيل المثال، يحتوي جينوم العاثيات ، الذي يصيب بكتيريا القولون، على 48502 زوجًا أساسيًا ويمكن أن يوجد كجزء خطي معبأ في طبقة بروتينية. يمكن أيضًا أن يوجد الحمض النووي للعائيات α في شكل دائري وهو قادر على الاندماج في الجينوم الدائري للخلية البكتيرية المضيفة. تم العثور على كل من الجينوم الدائري والخطي بين الفيروسات ، لكنها تستخدم الحمض النووي الريبوزي (RNA) كمادة وراثية بشكل أكثر شيوعًا.

الخصائص البيوكيميائية

تمسخ يتم ربط خيوط الحلزون المزدوج للحمض النووي معًا عن طريق تفاعلات الرابطة الهيدروجينية بين أزواج القواعد التكميلية. يؤدي تسخين الحمض النووي في

المحلول إلى كسر هذه الروابط الهيدروجينية بسهولة، مما يسمح للخيطين بالانفصال، وهي عملية تسمى تمسخ الطبيعة أو الذوبان. قد يتم إعادة ربط الشريطين عندما يبرد المحلول، مما يؤدي إلى إصلاح ازدواج الحمض النووي البادئ، وهي عملية تسمى إعادة الطبيعة أو التهجين. تشكل هذه العمليات الأساس للعديد من التقنيات المهمة لمعالجة الحمض النووي. على سبيل المثال، يمكن استخدام قطعة قصيرة من الحمض النووي تسمى قليل النوكليوتيد لاختبار ما إذا كان تسلسل الحمض النووي الطويل جدًا يحتوي على التسلسل التكميلي لقليلة النيوكلوتيد المضمن بداخله. باستخدام التهجين، يمكن لجزء الحمض النووي المفرد الذي تقطعت به السبل التقاط تسلسلات تكميلية من أي مصدر. يمكن أيضًا إعادة الارتباط بين الخيوط المفردة من الحمض النووي الريبسي (RNA). يمكن أن تشكل خيوط DNA و RNA المفردة جزيئات هجينة تكون أكثر استقرارًا من الحمض النووي المزدوج. تشكل هذه الجزيئات أساس تقنية تُستخدم لتنقية وتوصيف جزيئات الحمض النووي الريبسي المرسل (mRNA) المقابلة للجينات الفردية.

التعديل الكيميائي

بعد تجميع جزيء الحمض النووي، قد يتم تعديله كيميائيًا، أحيانًا عن عمد بواسطة إنزيمات خاصة تسمى ناقلات ميثيل الحمض النووي، وأحيانًا عن طريق الخطأ عن طريق الأكسدة، أو الإشعاعات المؤينة، أو عمل المواد الكيميائية المسرطنة. يمكن أيضًا أن ينقسم الحمض النووي ويتحلل بواسطة إنزيمات تسمى نوكلياز.

الميثيلية

تم الإبلاغ عن ثلاثة أنواع من المثيلة الطبيعية في الحمض النووي. يمكن تعديل السيتوزين إما على الحلقة لتكوين 5-ميثيل أسيتوزين أو على المجموعة الأمينية الخارجية لتكوين N4-ميثيل أسيتوزين. يمكن تعديل الأدينين ليشكل N6-ميثيل أدينين. تم العثور على N4- methylcytosine و N6-methyladenine فقط في بدائيات النواة ، في حين يتم توزيع methylcytosine-5 على نطاق واسع.

إنزيمات خاصة تسمى DNA methyltransferases هي المسؤولة عن عملية المثيلة هذه؛ يتعرفون على تسلسلات محددة داخل جزيء الحمض النووي بحيث يتم تعديل مجموعة فرعية فقط من القواعد. يتم في بعض الأحيان إحداث مثيلات أخرى للقواعد أو للريبوز منقوص الأكسجين عن طريق المواد المسرطنة. تؤدي هذه عادةً إلى سوء اقتران القواعد أثناء النسخ ويجب إزالتها إذا لم تصبح مطفرة. المثيلة الطبيعية لديها العديد من الوظائف الخلوية. في بدائيات النواة، تشكل المثيلة جزءًا أساسيًا من الجهاز المناعي عن طريق حماية جزيئات الحمض النووي من التفتت عن طريق تقييد النوويات الداخلية. في بعض الكائنات الحية، تساعد عملية المثيلة على التخلص من التسلسلات الأساسية غير الصحيحة التي يتم تقديمها أثناء تكرار الحمض النووي. من خلال وضع علامة على الشريط الأصلي بمجموعة ميثيل، تقوم آلية خلوية تُعرف باسم نظام إصلاح عدم التطابق بالتمييز بين الشريط المنسوخ حديثًا حيث تحدث الأخطاء والتسلسل الصحيح على شريط القالب.

في حقيقيات النوى الأعلى، يتحكم 5-ميثيل أسيتوزين في العديد من الظواهر الخلوية عن طريق منع نسخ الحمض النووي. ويُعتقد أيضًا أن عملية الميثيل تشير إلى عملية البصمة، وهي عملية يتم من خلالها تعطيل بعض الجينات الموروثة من أحد الوالدين بشكل انتقائي. قد تؤدي عملية المثيلة الصحيحة أيضًا إلى قمع أو تنشيط الجينات الرئيسية التي تتحكم في التطور الجنيني. من ناحية أخرى، من المحتمل أن يكون 5-ميثيل أسيتوزين مطفرًا لأن التيمين الذي يتم إنتاجه أثناء عملية المثيلة يحول أزواج C:G إلى أزواج T:A في الثدييات، تحدث عملية المثيلة بشكل انتقائي ضمن تسلسل الدينوكليوتيد CG، وهو تسلسل نادر، ربما لأنه فقد بسبب الطفرة. في العديد من أنواع السرطان، توجد طفرات في الجينات الرئيسية في ثنائي النوكليوتيدات CG.

إنزيمات النيوكلياز هي إنزيمات تشق بشكل مائي العمود الفقري للفوسفوديستر في الحمض النووي. تشق النواة الداخلية في منتصف السلاسل، بينما تعمل النواة الخارجية بشكل انتقائي عن طريق التحلل من نهاية السلسلة. ومن المعروف أن النيوكليازات التي تعمل على كل من الحمض النووي المفرد والمزدوج. إن

نوكليازات التقييد الداخلية هي فئة خاصة تتعرف على تسلسلات محددة في الحمض النووي وتقطعها. تنقسم نوكليازات تقييد النوع الثاني دائمًا عند مواقع التعرف الخاصة بها أو بالقرب منها. إنها تنتج أجزاء صغيرة ومحددة جيدًا من الحمض النووي تساعد في توصيف الجينات والجينومات وتنتج الحمض النووي المؤتلف. يمكن نقل أجزاء الحمض النووي التي تنتجها نوكليازات التقييد من كائن حي إلى آخر. وبهذه الطريقة أصبح من الممكن التعبير عن البروتينات مثل الأنسولين البشري في البكتيريا.

طفرة

يمكن أن يؤدي التعديل الكيميائي للحمض النووي إلى حدوث طفرات في المادة الوراثية. يمكن للأنيونات مثل بيكبريتيت أن تميع السيتوزين لتكوين اليوراسيل، مما يغير الرسالة الجينية عن طريق التسبب في التحولات C- T. يؤدي التعرض للحمض إلى فقدان بقايا البيورين، على الرغم من وجود إنزيمات محددة في الخلايا لإصلاح هذه الآفات. يمكن أن يؤدي التعرض للأشعة فوق البنفسجية إلى تقليص البيريميدينيات المجاورة، في حين أن الضرر التأكسدي الناتج عن الجذور الحرة أو العوامل المؤكسدة القوية يمكن أن يسبب مجموعة متنوعة من الآفات التي تكون مطفرة إذا لم يتم إصلاحها. تتفاعل الهالوجينات مثل الكلور والبروم بشكل مباشر مع اليوراسيل والأدينين والجوانين، مما يعطي قواعد بديلة غالبًا ما تكون مطفرة. وبالمثل، يتفاعل حمض النيتروز مع مجموعات الأمينات الأولية - على سبيل المثال، تحويل الأدينوزين إلى إينوزين - مما يؤدي بعد ذلك إلى تغييرات في الاقتران الأساسي والطفرة. ترجع سمية العديد من المطفرات الكيميائية، مثل الهيدروكربونات الكلورية والنترت، إلى إنتاج الهاليدات وحمض النيتروز أثناء عملية التمثيل الغذائي في الجسم.

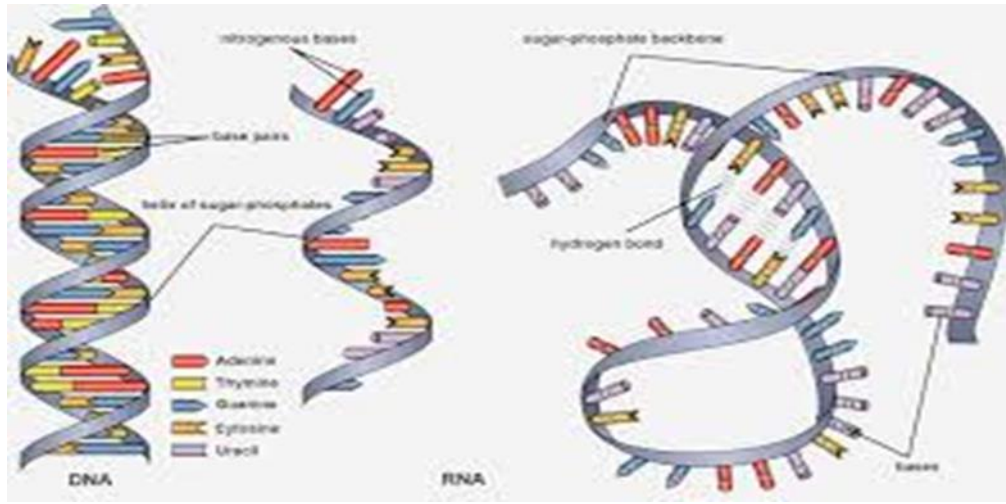
الالتفاف الفائق

يمكن لجزيئات الحمض النووي الدائرية، مثل تلك الموجودة في البلازميدات أو الكروموسومات البكتيرية، أن تتبنى العديد من الهياكل المختلفة. أحدهما هو اللف الفائق النشط، والذي يتضمن انقسام شريط DNA واحد، ولفه دورة واحدة أو أكثر حول الشريط المكمل، ثم إعادة إغلاق الجزيء. تؤدي كل دورة كاملة إلى إدخال دورة ملفوفة واحدة في الحمض النووي، وهي عملية يمكن أن تستمر حتى يتم جرح الحمض النووي بالكامل وينهار على نفسه في كرة ضيقة، الانعكاس ممكن أيضًا. تعمل الإنزيمات الخاصة التي تسمى الجيراز والتوبوزوميراز على تحفيز عملية لف واسترخاء الحمض النووي فائق الالتفاف. في الكروموسومات الخطية لحقيقيات النوى، عادة ما يكون الحمض النووي مقيدًا بإحكام في نقاط مختلفة بواسطة البروتينات، مما يسمح للامتدادات المتداخلة بأن تكون فائقة الالتفاف. هذه الخاصية مسؤولة جزئيًا عن الضغط الكبير للحمض النووي الضروري لملاءمته داخل حدود الخلية. يمكن أن يكون طول الحمض النووي الموجود في خلية بشرية واحدة يتراوح بين مترين وثلاثة أمتار، ولكنه محكم للغاية بحيث يمكن وضعه داخل نواة الخلية البشرية التي يبلغ قطرها 10 ميكرومتر.

تحديد التسلسل

كانت طرق تسلسل الحمض النووي، التي تحدد ترتيب القواعد في الحمض النووي، رائدة في السبعينيات من قبل سانجر و جيلبرت. واعتمدت طريقة جيلبرت-ماكسام على التفاعلات الكيميائية المختلفة للقواعد، بينما اعتمدت طريقة سانجر على التوليف الأنزيمي للحمض النووي في المختبر. تهدف كلتا الطريقتين إلى قياس المسافة من نقطة ثابتة على الحمض النووي إلى كل ظهور لقاعدة معينة - A أو C أو G أو T. تم فصل شظايا الحمض النووي التي تم الحصول عليها من سلسلة من التفاعلات وفقًا للطول في أربعة "ممرات" بواسطة هلام الكهربائي. يتوافق كل حارة مع قاعدة فريدة، ويمكن قراءة التسلسل مباشرة من الجل. تمت أتمتة طريقة سانجر

لاحقًا باستخدام أصباغ الفلورسنت لتسمية الحمض النووي، وأنتجت آلة واحدة عشرات الآلاف من تسلسلات قواعد الحمض النووي في عملية واحدة.



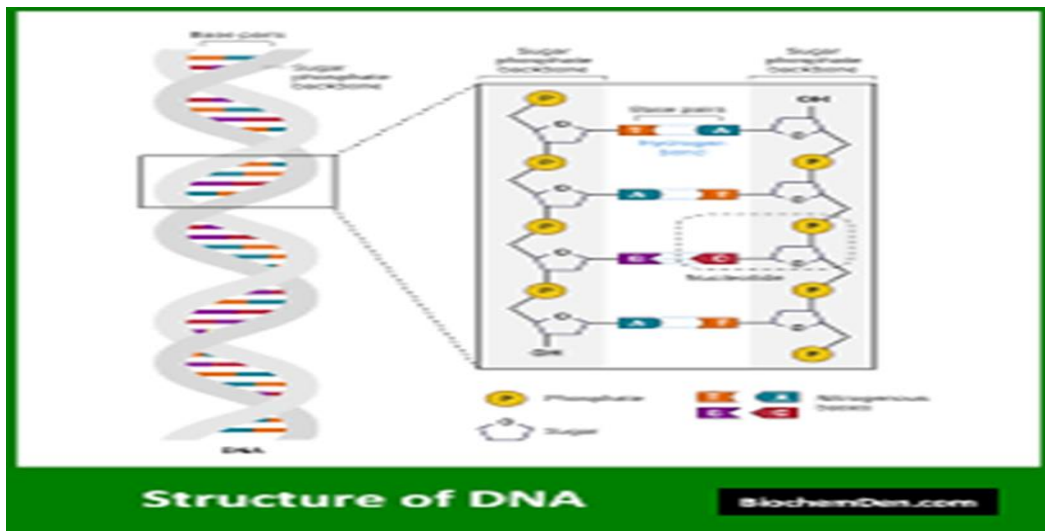
الحمض النووي الريبوزي منقوص الأكسجين DNA

الحمض النووي الريبوزي منقوص الأكسجين Deoxyribonucleic acid واختصارًا DNA هو حمض نووي يحتوي على المعلومات الوراثية المستخدمة في النمو والتكاثر وأداء الوظائف لدى جميع الكائنات الحية المعروفة. قطع DNA التي تحمل المعلومات الوراثية تسمى جينات، ولتسلسلات DNA الأخرى وظائف بنيوية أو لها دور في تنظيم استخدام المعلومات الجينية. إلى جانب البروتينات والسكريات، DNA هو أحد الجزيئات الضخمة الثلاث الضرورية لجميع أشكال الحياة المعروفة.

يتكون DNA من مبلمرين طويلين من وحدات بسيطة تسمى النوكليوتيدات مع عمودين فقيرين يتكونان من جزيئات السكر والفسفور مرتبطان بالتناوب بواسطة روابط فوسفات ثنائي الأستر. هاتين السلسلتين تمضيان في اتجاهين متعاكسين بالنسبة لبعضهما، أي في توازي متضاد. يرتبط بكل جزيء سكر (ريبوز منقوص الأكسجين) واحد من أربعة أنواع من الجزيئات تسمى قواعد نووية. تسلسل أو تتالي هذه القواعد الأربعة على طول العمود الفقري هو الذي يشفر المعلومات، وتقرأ هذه المعلومات باستخدام الشفرة الجينية التي تحدد تسلسل الأحماض الأمينية في

البروتينات. تُقرأ المعلومات المشفرة عبر نسخ أجزاء من DNA إلى الحمض النووي RNA في عملية تسمى النسخ. داخل الخلايا ينتظم DNA في بنى طويلة تسمى صبغيات. أثناء انقسام الخلية تتم مضاعفة هذه الصبغيات في عملية تضاعف DNA أو منح كل خلية بنوية مجموعة كاملة من الصبغيات الخاصة بها. تخزن حقيقيات النوى (الحيوانات، النبات، الفطريات، والطلائعيات) معظم DNA الخاص بها داخل نواة الخلية وبعضه في عضيات مثل الميتوكوندريا أو البلاستيدات. في المقابل، تخزن بدائيات النوى (بكتيريا، عتائق) DNA الخاص بها في السيتوبلازم فقط. داخل الصبغيات، تحزّم بروتينات الكروماتين مثل الهستونات DNA وتنظمه لتقلل من الحجم الذي يشغله، وتقود هذه البنى المحزّمة التآثرات بين DNA والبروتينات الأخرى، وتساعد على التحكم في الأجزاء التي يتم نسخها.

فضلا عن القواعد الأربعة الأساسية تتواجد في DNA قواعد غير معيارية مثل اليوراسيل والقاعدة ج وتختلف أسباب تواجدها بين تعرض القواعد الأساسية للمثيلة أو لكونها مواقع ارتباط إنزيمات محددة. بنية DNA ليست ثابتة وتتحكم فيها ظروف الخلية من: مستوى التميؤ، تسلسلات DNA، كمية واتجاه اللف الفائق، التغيرات الكيميائية للقواعد، نوع وتركيز الأيونات المعدنية ووجود متعددات الأمين في المحلول، حيث يتواجد DNA على عدة أشكال منها DNAa، DNAb و DNAc.



حمض الريبونوكليك (RNA)

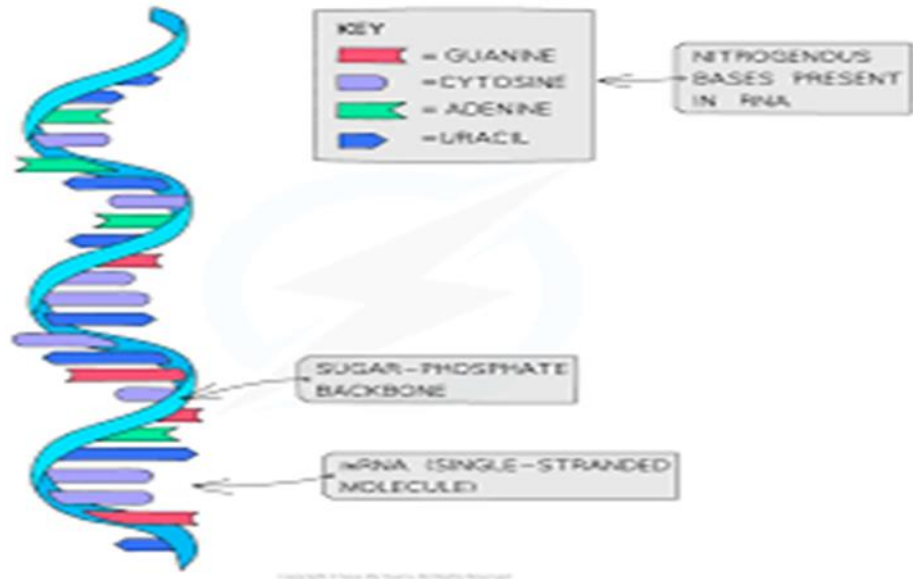
الحمض النووي الريبوي (RNA) عبارة عن بوليمر حمض نووي مفرد الجديلة يتكون من النيوكليوتيدات الأربعة A و C و G و U المرتبطة من خلال عمود فقري من بقايا الفوسفات وسكر الريبوز بالتناوب. وهو الوسيط الأول في تحويل المعلومات من الحمض النووي إلى بروتينات ضرورية لعمل الخلية. تؤدي بعض جزيئات RNA أيضًا أدوارًا مباشرة في عملية التمثيل الغذائي الخلوي. يتم تصنيع الحمض النووي الريبوزي (RNA) عن طريق نسخ التسلسل الأساسي لقسم من الحمض النووي المزدوج الشريط، يسمى الجين، إلى قطعة من الحمض النووي المفرد الشريط. يتم تحفيز هذه العملية، المعروفة باسم النسخ (انظر أدناه استقلاب الحمض النووي الريبوزي)، بواسطة إنزيم يسمى بوليميراز الحمض النووي الريبوي (RNAPolymerase).

التركيب الكيميائي

في حين أن الحمض النووي يوفر المعلومات الوراثية للخلية وهو بطبيعته مستقر تمامًا، فإن الحمض النووي الريبوي (RNA) له العديد من الأدوار وهو أكثر تفاعلاً كيميائياً. الحمض النووي الريبوزي (RNA) حساس للعوامل المؤكسدة مثل البريودات التي تؤدي إلى فتح حلقة الريبوز ذات الأطراف الثلاثة. تعد مجموعة ٢'-هيدروكسيل الموجودة على حلقة الريبوز سبباً رئيسياً لعدم الاستقرار في الحمض النووي الريبوزي (RNA)، لأن وجود القلويات يؤدي إلى انقسام سريع لرابطة فوسفوديستر التي تربط مجموعات الريبوز والفوسفات. بشكل عام، لا يمثل عدم الاستقرار هذا مشكلة كبيرة للخلية، لأن الحمض النووي الريبوزي (RNA) يتم تصنيعه وتحلله باستمرار.

تختلف التفاعلات بين القواعد المحتوية على النيتروجين في DNA و RNA في الحمض النووي، الذي عادة ما يكون مزدوجاً، تقترن القواعد الموجودة في شريط واحد مع القواعد التكميلية في شريط DNA الثاني. في الحمض النووي الريبوزي

(RNA)، الذي عادة ما يكون مفردًا، تتزاوج القواعد مع قواعد أخرى داخل نفس الجزيء، مما يؤدي إلى هياكل معقدة ثلاثية الأبعاد. في بعض الأحيان، تتشكل ثنائيات RNA/RNA بين الجزيئات، لكنها تشكل حلزونًا أيمًا من النوع A بدلاً من حلزون DNA من النوع B اعتمادًا على كمية الملح الموجودة، تم العثور على ١١ أو ١٢ زوجًا أساسيًا في كل دورة من الحلزون. تتشكل أيضًا حلزونات بين جزيئات الحمض النووي الريبوزي (RNA) والحمض النووي (DNA)؛ هذه تعتمد التشكل من النوع A وهي أكثر استقرارًا من دبلكسات RNA/RNA أو DNA/DNA. تعد هذه الدبلكس الهجينة من الأنواع المهمة في علم الأحياء، حيث يتم تشكيلها عندما يقوم بوليميراز الحمض النووي الريبوزي (RNA) بنسخ الحمض النووي إلى mRNA لتخليق البروتين وعندما يقوم النسخ العكسي بنسخ جينوم الحمض النووي الريبوزي الفيروسي مثل فيروس نقص المناعة البشرية (HIV).



إن RNA المفرد الذي تقطعت به السبل عبارة عن جزيئات مرنة تشكل مجموعة متنوعة من الهياكل من خلال الاقتران الأساسي الداخلي والتفاعلات الزوجية غير الأساسية الإضافية. يمكن أن تشكل حلقات دبوس الشعر مثل تلك الموجودة في الحمض النووي الريبوزي الناقل (tRNA)، بالإضافة إلى تفاعلات طويلة المدى تشمل كلا من القواعد وبقايا الفوسفات لاثنين أو أكثر من النيوكليوتيدات. وهذا يؤدي

إلى هياكل مدمجة ثلاثية الأبعاد، تم استنتاج معظم هذه الهياكل من البيانات البيوكيميائية، حيث يتوفر عدد قليل من الصور البلورية لجزيئات الحمض النووي الريبي. في بعض أنواع الحمض النووي الريبي (RNA)، يتم تعديل عدد كبير من القواعد بعد نسخ الحمض النووي الريبي، (RNA) تم توثيق أكثر من ٩٠ تعديلاً مختلفاً، بما في ذلك عمليات المثيلة واسعة النطاق ومجموعة واسعة من البدائل حول الحلقة. في بعض الحالات، من المعروف أن هذه التعديلات تؤثر على البنية وتكون ضرورية للوظيفة.

أنواع الحمض النووي الريبوزي

الحمض النووي الريبوزي الرسول (mRNA)

يقوم (mRNA) Messenger RNA بتوصيل المعلومات المشفرة في جين واحد أو أكثر من الحمض النووي إلى الريبوسوم، وهو هيكل متخصص، أو عضوية، حيث يتم فك تشفير تلك المعلومات إلى بروتين. في بدائيات النوى، يحتوي mRNAs على نسخة طبق الأصل من تسلسل الحمض النووي الأصلي مع مجموعة طرفية ٥'-ثلاثي الفوسفات وبقايا ٣'-هيدروكسيل. في حقيقيات النوى تكون جزيئات mRNA أكثر تفصيلاً، يتم إجراء مزيد من الأسترة لبقايا ثلاثي الفوسفات ٥'، لتشكل بنية تسمى الغطاء. عند الأطراف ٣'، تحتوي جزيئات mRNA حقيقية النواة عادةً على كميات طويلة من بقايا الأدينوزين (polyA) التي لم يتم تشفيرها في الحمض النووي ولكن تمت إضافتها إنزيمياً بعد النسخ.

تتكون جزيئات mRNA حقيقية النواة عادةً من أجزاء صغيرة من الجين الأصلي ويتم إنشاؤها عن طريق عملية الانقسام وإعادة الانضمام من جزيء RNA الأصلي (ما قبل mRNA)، وهو نسخة طبق الأصل من الجين. بشكل عام، تتحلل جزيئات الرنا المرسل بدائية النواة بسرعة كبيرة، في حين أن بنية الغطاء وذيل polyA للرنا المرسل حقيقية النواة يعززان استقرارها بشكل كبير.

الحمض النووي الريبوزي الريبوسومي

الحمض النووي الريبوزي الريبوسومي

(rRNA) هي المكونات الهيكلية للريبوسوم. تشكل الرنا الريبوسومي هياكل ثانوية واسعة النطاق وتلعب دورًا نشطًا في التعرف على الأجزاء المحفوظة من الرنا الرسول والحمض الريبوزي النووي الناقل. كما أنها تساعد في تحفيز تخليق البروتين. في بدائيات النوى القولونية، هناك ما بين نسخة واحدة إلى ١٥ نسخة من أوبون الرنا الريبوسومي (الأوبرون عبارة عن مجموعة من الجينات الهيكلية المشفرة للبروتين في البكتيريا)؛ rRNA تقوم هذه العمليات بتجميع حوالي ١٥٠٠٠ ريبوسوم لكل خلية القولونية بطيئة النمو وما يصل إلى ٧٠٠٠٠ ريبوسوم لكل خلية للإشريكية القولونية سريعة النمو. في حقيقيات النوى الأعداد أكبر بكثير. في أي مكان من ٥٠ إلى ٥٠٠٠ مجموعة من جينات الرنا الريبوسومي وما يصل إلى ١٠ ملايين ريبوسوم قد تكون موجودة في خلية واحدة. في حقيقيات النوى، يتم إخراج جينات الرنا الريبوسومي هذه من ألياف الكروموسومات الرئيسية وتتجمع في وجود البروتينات لتشكل عضية تسمى النواة. النواة هي المكان الذي يتم فيه نسخ جينات الرنا الريبوسومي (rRNA) ويتم التجميع المبكر للريبوسومات.

نقل الحمض النووي الريبوزي

ينقل الحمض النووي الريبوزي الناقل (tRNA) الأحماض الأمينية الفردية إلى الريبوسوم لتجميعها في سلسلة البولي ببتيد المتنامية. تحتوي جزيئات الحمض الريبوزي النووي الناقل على ٧٠ إلى ٨٠ نيوكليوتيدات وتطوى لتشكل بنية ورقة البرسيم المميزة. توجد RNAs المتخصصة لكل من الأحماض الأمينية العشرين اللازمة لتخليق البروتين، وفي كثير من الحالات يوجد أكثر من RNA لكل حمض أميني. يتم تحويل تسلسل النيوكليوتيدات إلى تسلسل بروتيني عن طريق ترجمة كل تسلسل ثلاثي القواعد (يسمى كودون) ببروتين معين. يمكن قراءة الكودونات الـ ٦١ المستخدمة لتشفير الأحماض الأمينية بواسطة عدد أقل من ٦١ RNA مختلفًا في البكتيريا القولونية، يتم استخدام ما مجموعه ٤٠ نوعًا مختلفًا من الحمض النووي

الريبي (tRNA) لترجمة الكودونات الـ ٦١. يتم تحميل الأحماض الأمينية على الحمض الريبوزي النووي الناقل (tRNAs) بواسطة إنزيمات متخصصة تسمى أمينواسيل الحمض النووي الريبوزي (tRNA Synthetases) ، عادة مع تخليق واحد لكل حمض أميني. ومع ذلك، في بعض الكائنات الحية، تكون هناك حاجة إلى أقل من المجموعة الكاملة المكونة من ٢٠ إنزيمًا صناعيًا لأن بعض الأحماض الأمينية، مثل الجلوتامين والأسباراجين، يمكن تصنيعها في الحمض الريبوزي النووي الناقل الخاص بها. تتبنى جميع جزيئات الحمض النووي الريبوزي (tRNA) هياكل متشابهة لأنها جميعها يجب أن تتفاعل مع نفس المواقع على الريبوسوم.

الريبوسومات

لا يتم تنفيذ جميع عمليات التحفيز داخل الخلية حصريًا بواسطة البروتينات. اكتشف توماس تشيك وسيدني ألتمان، أن بعض أنواع الحمض النووي الريبوزي، المعروفة الآن باسم الريبوسومات أظهرت نشاطًا إنزيميًا. أوضح تشيك أن التسلسل غير المشفر (إنترن) في الوحدة الفرعية الصغيرة للـ rRNA من الأوليات، والذي كان لا بد من إزالته قبل أن يصبح الرنا الريبوسومي فعالًا، يمكنه استئصال نفسه من جزيء RNA الأطول بكثير وإعادة ضم الطرفين في تفاعل تحفيزي ذاتي. أظهر ألتمان أن مكون الحمض النووي الريبوزي (RNA) في مجمع بروتين الحمض النووي الريبوزي (RNA) المسمى ريبونوكلياز P يمكن أن يقطع سلائف الحمض الريبوي النووي الناقل (tRNA) لتوليد الحمض الريبوزي النووي الناقل (tRNA) الناضج. بالإضافة إلى RNAs ذاتية الربط المشابهة لتلك التي اكتشفها تشيك، تم تصنيع RNAs الاصطناعي الذي يظهر مجموعة متنوعة من التفاعلات التحفيزية. من المعتقد الآن على نطاق واسع أنه كانت هناك مرحلة أثناء التطور عندما كان الحمض النووي الريبوي (RNA) فقط هو الذي قام بتحفيز المعلومات الجينية وتخزينها. يُفترض أن هذه الفترة، والتي يشار إليها أحيانًا باسم عالم الحمض النووي الريبوزي (RNA)، قد سبقت وظيفة الحمض النووي كمواد وراثية.

معظم RNAs المضادة للمعنى هي مشتقات معدلة صناعياً من RNA أو DNA ذات قيمة علاجية محتملة. في الطبيعة، تحتوي RNAs المضادة للاتجاه على تسلسلات هي مكملة لتسلسلات الترميز العادية الموجودة في mRNAs وتسمى أيضاً RNAs مثل mRNAs، فإن RNAs المضادة للاتجاه تكون أحادية السلسلة، لكن لا يمكن ترجمتها إلى بروتين. يمكنهم تعطيل mRNA التكميلي الخاص بهم عن طريق تشكيل بنية مزدوجة تقطعت بهم السبل تمنع ترجمة التسلسل الأساسي. يؤدي إدخال RNAs المضاد للاتجاه بشكل مصطنع إلى الخلايا إلى تعطيل الجينات بشكل انتقائي عن طريق التدخل في استقلاب RNA الطبيعي.

الجينومات الفيروسيّة

تستخدم العديد من الفيروسات الحمض النووي الريبوزي (RNA) لمادتها الوراثية. هذا هو الأكثر انتشاراً بين الفيروسات حقيقية النواة، ولكن عدد قليل من فيروسات الحمض النووي الريبوزي بدائية النواة معروفة أيضاً. وتشمل بعض الأمثلة الشائعة شلل الأطفال، وفيروس نقص المناعة البشرية، والأنفلونزا A H1N1، وكلها تؤثر على البشر. في بعض الفيروسات، يتم تشفير المادة الوراثية بأكملها في جزيء RNA واحد، بينما في فيروسات RNA المجزأة قد توجد عدة جزيئات RNA تستخدم العديد من فيروسات الحمض النووي الريبوزي (RNA)، مثل فيروس نقص المناعة البشرية (HIV)، إنزيمًا متخصصًا يُسمى إنزيم النسخ العكسي (Reverse Transcriptase) الذي يسمح بتكاثر الفيروس من خلال وسيط الحمض النووي (DNA) في بعض الحالات، يصبح هذا الحمض النووي الوسيط مدمجًا في كروموسوم المضيف أثناء الإصابة؛ ثم يوجد الفيروس في حالة نائمة ويتهرب بشكل فعال من الجهاز المناعي المضيف.

توجد العديد من جزيئات الحمض النووي الريبوزي (RNA) الصغيرة الأخرى ذات الوظائف المتخصصة في الخلايا. على سبيل المثال، تشارك RNAs النووية الصغيرة (snRNAs) في ربط الحمض النووي الريبوزي (RNA)، كما أن

RNAs الصغيرة الأخرى التي تشكل جزءًا من إنزيمات التيلوميراز أو الريبونوكلياز P هي جزء من جزيئات البروتين النووي الريبسي. يحتوي مكون الحمض النووي الريبسي (RNA) في التيلوميراز على تسلسل قصير يعمل كقالب لإضافة سلاسل صغيرة من قليلة النيوكليوتيدات في نهايات الكروموسومات حقيقية النواة. تعمل جزيئات الحمض النووي الريبوزي (RNA) الأخرى بمثابة RNAs الإرشادية للتحريك، أو تكون مكملة لأجزاء صغيرة من الرنا الريبوسومي (rRNA) وتقوم إما بتوجيه المواضع التي تحتاج إلى إضافة مجموعات الميثيل أو تحديد بقايا U للتحويل إلى أيزومر السودوريدين.

معالجة الحمض النووي الريبوزي

بعد التوليف عن طريق النسخ، تتم معالجة معظم جزيئات الحمض النووي الريبسي (RNA) قبل الوصول إلى شكلها النهائي. يتم تقسيم العديد من جزيئات الرنا الريبوسومي (rRNA) من نسخ أكبر بكثير ويمكن أيضًا ميثليتها أو تعديلها إنزيميًا. بالإضافة إلى ذلك، عادةً ما يتم تشكيل الحمض الريبوزي النووي النقال كجزيئات أولية أطول يتم تقطيعها بواسطة ريبونوكلياز P لتوليد النهاية الناضجة 5' وغالبًا ما تحتوي على بقايا إضافية تضاف إلى نهايتها 3' لتشكيل تسلسل CCA. تعمل مجموعة الهيدروكسيل الموجودة على حلقة الريبوز للطرف A من تسلسل 3'-CCA كمستقبل للحمض الأميني الضروري لوظيفة RNA في بناء البروتين.

الربط

في بدائيات النوى، يحتل تسلسل ترميز البروتين قطعة خطية واحدة متواصلة من الحمض النووي. ومع ذلك، في الجينات حقيقية النواة، يتم في كثير من الأحيان "تقسيم" تسلسلات الترميز في الجينوم. يُطلق على ترميز الحمض النووي الريبوزي (RNA) للبروتين اسم الإكسونات، وتسمى المناطق غير المشفرة التي تفصل الإكسونات الإنترونات. بعد النسخ، يجب ضم تسلسلات الترميز هذه معًا قبل أن تتمكن mRNAs من العمل. تسمى عملية إزالة الإنترونات وإعادة ضم الإكسونات

لاحقًا بربط الحمض النووي الريبوي (RNA). تتم إزالة كل إنترون في سلسلة منفصلة من التفاعلات بواسطة قطعة معقدة من الآلات الأنزيمية تسمى جسيم التضفير. تتكون هذه الآلية من عدد من جزيئات البروتين النووي الريبوزي الصغيرة (snRNPs) التي تحتوي على snRNAs.

تحرير الحمض النووي الريبوزي

تخضع بعض جزيئات الحمض النووي الريبوزي (RNA)، وخاصة تلك الموجودة في الميتوكوندريا الأولية، لتحرير واسع النطاق بعد تركيبها الأولي. أثناء عملية التحرير هذه، تتم إضافة المخلفات أو حذفها بواسطة آلية ما بعد النسخ تحت تأثير دليل RNAs في بعض الحالات يمكن استخلاص ما يصل إلى ٤٠% من جزيء الحمض النووي الريبوزي (RNA) النهائي من خلال عملية التحرير هذه، بدلاً من ترميزها مباشرة في الجينوم. تم أيضًا العثور على بعض الأمثلة على التحرير في جزيئات الرنا المرسال، لكنها تبدو محدودة النطاق أكثر بكثير.

تكرار الحمض النووي شبه المحافظ، يتم فصل جزيء الحمض النووي الموجود إلى شريطين قالبين. تصطف النيوكليوتيدات الجديدة مع النيوكليوتيدات الموجودة في الخيوط الموجودة وترتبط بها، وبالتالي تشكل جزيئين من الحمض النووي متطابقين مع جزيء الحمض النووي الأصلي.

يتم تنفيذ النسخ المتماثل والإصلاح وإعادة التركيب - العمليات الرئيسية الثلاث لاستقلاب الحمض النووي - بواسطة آلات متخصصة داخل الخلية. يجب أن يتم تكرار الحمض النووي بدقة لضمان سلامة الشفرة الوراثية. يجب إصلاح الأخطاء التي تتسلل أثناء النسخ المتماثل أو بسبب التلف بعد النسخ المتماثل. وأخيرًا، تعد إعادة التركيب بين الجينومات آلية مهمة لتوفير التنوع داخل النوع وللمساعدة في إصلاح الحمض النووي التالف. تم إعداد تفاصيل كل عملية في بدائيات النوى، حيث تكون الآلية أكثر انسيابية وبساطة وأكثر قابلية للدراسة. يبدو أن العديد من المبادئ الأساسية متشابهة في حقيقيات النوى.

النسخ المتماثل:- تكرار الحمض النووي هو عملية شبه محافظة يتم فيها فصل الشريطين ويتم إنشاء خيوط تكميلية جديدة بشكل مستقل، مما يؤدي إلى نسختين دقيقتين من جزيء الحمض النووي الأصلي. وبالتالي، تحتوي كل نسخة على شريط واحد مشتق من الأصل وشريط واحد تم تصنيعه حديثاً. يبدأ التضاعف عند نقطة محددة على الكروموسوم تسمى الأصل، ويستمر في كلا الاتجاهين على طول الشريط، وينتهي عند نقطة محددة. في حالة الكروموسومات الدائرية، يتم الوصول إلى النهاية تلقائياً عندما تلتقي السلسلتان الممتدتان، وعند هذه النقطة تنضم بروتينات معينة إلى الخيوط. لا يمكن لبوليمرات DNA أن تبدأ التضاعف في نهاية شريط DNA؛ يمكنهم فقط تمديد شظايا قليل النوكليوتيد الموجودة مسبقاً والتي تسمى البادئات. ولذلك، في الكروموسومات الخطية، هناك آليات خاصة تبدأ وتنتهي تخليق الحمض النووي لتجنب فقدان المعلومات. عادةً ما يسبق بدء تصنيع الحمض النووي (DNA) تخليق بادئة قصيرة من الحمض النووي الريبسي (RNA) بواسطة بوليميراز RNA متخصص يسمى بريميز. بعد تكرار الحمض النووي، تتحلل RNAs التمهيدي.

يتم تكرار شريطي الحمض النووي بأشكال مختلفة تحددها اتجاه رابطة الفوسفوديستر. يتم تكرار الشريط الرئيسي بشكل مستمر عن طريق إضافة النيوكليوتيدات الفردية إلى الطرف ٣' من السلسلة. يتم تصنيع الشريط المتخلف بطريقة متقطعة عن طريق وضع بادئات قصيرة من الحمض النووي الريبسي ثم ملء الفجوات بواسطة بوليميراز الحمض النووي، بحيث تكون القواعد دائماً

معلومات التسلسل البيولوجي

البوليمرات الحيوية التي تشتمل على DNA و RNA و (poly) الببتيدات هي بوليمرات خطية (أي كل مونومر متصل بمونومرين آخرين على الأكثر). يقوم تسلسل المونومرات الخاصة بتشفير المعلومات بشكل فعال. تعتبر عمليات نقل المعلومات من جزيء إلى آخر عمليات نقل حتمية ودقيقة، حيث يتم استخدام تسلسل بوليمر

حيوي كقالب لبناء بوليمر حيوي آخر بتسلسل يعتمد كلياً على تسلسل البوليمر الحيوي الأصلي.

عندما يتم نسخ DNA إلى RNA، يتم إقران مكملته به. يتم نقل رموز A (DNA و G و T و C (إلى رموز A RNA و G و U و C) على التوالي. يتم تفسير البروتينات في مجموعات من ثلاثة، تعرف باسم الكودونات. ينطبق جدول الكودون القياسي على البشر والثدييات، ولكن بعض أشكال الحياة الأخرى (بما في ذلك الميتوكوندريا البشرية تستخدم ترجمات مختلفة).

تكرارات الحمض النووي بمعنى أن تضاعف الحمض النووي يجب أن يحدث إذا أردنا توفير المادة الوراثية لذرية أي خلية، سواء كانت جسدية أو إنجابية، فإن النسخ من الحمض النووي إلى الحمض النووي هو الخطوة الأساسية في نقل المعلومات. تقوم مجموعة معقدة من البروتينات تسمى الريبليوسوم بتكرار المعلومات من الشريط الأصلي إلى الشريط الابن المكمل.

النسخ

النسخ هو العملية التي يتم من خلالها نسخ المعلومات الموجودة في جزء من الحمض النووي في شكل قطعة مجمعة حديثاً من الحمض النووي الريبوزي الرسول. (mRNA) تشمل الإنزيمات التي تسهل العملية بوليميراز الحمض النووي الريبوزي (RNA) وعوامل النسخ. في الخلايا حقيقية النواة يكون النص الأساسي هو ما قبل mRNA. يجب معالجة ما قبل mRNA لبدء الترجمة. تتضمن المعالجة إضافة غطاء مقاس 5 بوساطة وذيل متعدد A إلى سلسلة ما قبل الرنا المرسال، متبوعة بالربط. يحدث الربط البديل عندما يكون ذلك مناسباً، مما يزيد من تنوع البروتينات التي يمكن أن ينتجها أي mRNA منفرد. إن نتاج عملية النسخ بأكملها (التي بدأت بإنتاج سلسلة ما قبل الرنا المرسال) هو سلسلة mRNA ناضجة.

ترجمة

يُجد mRNA الناضح طريقه إلى الريبوسوم، حيث تتم ترجمته في الخلايا بدائية النواة، التي لا تحتوي على حجرة نووية، قد يتم ربط عمليتي النسخ والترجمة معاً دون فصل واضح. في الخلايا حقيقية النواة، عادةً ما يتم فصل موقع النسخ (نواة الخلية) عن موقع الترجمة (السايتوبلازم)، لذلك يجب نقل (mRNA) خارج النواة إلى السايتوبلازم، حيث يمكن ربطه بالريبوسومات. يقرأ الريبوسوم كودونات mRNA الثلاثية، والتي تبدأ عادةً بـ AUG (أدينين - يوراسيل - جوانين)، أو كودون الميثيونين البادئ في اتجاه مجرى موقع ربط الريبوسوم.

تقوم مجتمعات عوامل البدء وعوامل الاستطالة بإحضار RNAs الناقل الأميني (tRNAs) إلى مجمع الريبوسوم-mRNA، مما يطابق الكودون الموجود في mRNA مع الكودون المضاد الموجود على tRNA. يحمل كل tRNA بقايا الأحماض الأمينية المناسبة لإضافتها إلى سلسلة البولي ببتيد التي يتم تصنيعها. عندما ترتبط الأحماض الأمينية بسلسلة الببتيد المتنامية، تبدأ السلسلة في طي الشكل الصحيح. تنتهي الترجمة بكود التوقف الذي قد يكون UAA أو UGA أو UAG ثلاثي.

لا يحتوي mRNA على كافة المعلومات اللازمة لتحديد طبيعة البروتين الناضح. عادةً ما تتطلب سلسلة البولي ببتيد الناشئة من الريبوسوم معالجة إضافية قبل ظهور المنتج النهائي لسبب واحد، عملية الطي الصحيحة معقدة وذات أهمية حيوية، بالنسبة لمعظم البروتينات، يتطلب الأمر بروتينات مرافقة أخرى للتحكم في شكل المنتج. تقوم بعض البروتينات بعد ذلك بإزالة الأجزاء الداخلية من سلاسل الببتيد الخاصة بها، مما يؤدي إلى ربط الأطراف الحرة التي تحيط بالفجوة؛ في مثل هذه العمليات تسمى الأقسام الداخلية المهملة بـ inteins. يجب تقسيم البروتينات الأخرى إلى أقسام متعددة دون الربط. تحتاج بعض سلاسل البوليبيبتيد إلى أن تكون مترابطة، والبعض الآخر يجب أن يرتبط بالعوامل المساعدة مثل الهيم قبل أن تصبح وظيفية.

النسخ العكسي

عمليات النقل الخاصة للمعلومات التسلسلية البيولوجية هو نقل المعلومات من الحمض النووي الريبي إلى الحمض النووي (عكس النسخ الطبيعي). ومن المعروف أن هذا يحدث في حالة الفيروسات القهقرية، مثل فيروس نقص المناعة البشرية، وكذلك في حقيقيات النوى، في حالة الناقلات الرجعية وتخليق التيلومير. إنها العملية التي يتم من خلالها نسخ المعلومات الوراثية من الحمض النووي الريبي (RNA) إلى حمض نووي جديد (DNA). تسمى عائلة الإنزيمات المشاركة في هذه العملية بـ Reverse Transcriptase.

تكرار الحمض النووي الريبوزي

تكرار الحمض النووي الريبي (RNA) هو نسخ RNA إلى آخر. تتكاثر العديد من الفيروسات بهذه الطريقة. الإنزيمات التي تنسخ الحمض النووي الريبوزي (RNA) إلى حمض نووي ريبي (RNA) جديد، تسمى بوليميرات الحمض النووي الريبوزي المعتمدة على الحمض النووي الريبي (RNA)، توجد أيضاً في العديد من حقيقيات النوى حيث تشارك في إسكات الحمض النووي الريبي (RNA). يمكن أيضاً اعتبار تحرير الحمض النووي الريبوزي (RNA)، حيث يتم تغيير تسلسل الحمض النووي الريبي (RNA) بواسطة مجموعة معقدة من البروتينات بالحمض النووي الريبوزي الموجه.

تعديل ما بعد الترجمة

بعد ترجمة تسلسلات الأحماض الأمينية البروتينية من سلاسل الأحماض النووية، يمكن تحريرها بواسطة الإنزيمات المناسبة. على الرغم من أن هذا هو شكل من أشكال البروتين الذي يؤثر على تسلسل البروتين، ولا تغطيه العقيدة المركزية بشكل صريح، إلا أنه لا توجد أمثلة واضحة كثيرة حيث يكون للمفاهيم المرتبطة بالمجالين علاقة كبيرة ببعضها البعض.

تخليق الببتيد غير الريبوسومي يتم تصنيع بعض البروتينات بواسطة إنزيمات الببتيد غير الريبوسومية، والتي يمكن أن تكون مجمعات بروتينية كبيرة، كل منها متخصص في تصنيع نوع واحد فقط من الببتيد. غالبًا ما تحتوي الببتيدات غير الريبوسومية على هياكل حلقية و متفرعة ويمكن أن تحتوي على أحماض أمينية غير بروتينية - وهذان العاملان يميزانها عن بروتينات الريبوسوم المركبة. مثال على الببتيدات غير الريبوسومية هي بعض المضادات الحيوية.

الإنتين هو جزء طفيلي من البروتين قادر على استئصال نفسه من سلسلة الأحماض الأمينية عند خروجها من الريبوسوم وإعادة ربط الأجزاء المتبقية برابطة الببتيد بطريقة تجعل العمود الفقري للبروتين الرئيسي يتفاعل مع بعضها البعض أي لا تنهار. هذه حالة يقوم فيها البروتين بتغيير تسلسله الأساسي من التسلسل المشفر في الأصل بواسطة الحمض النووي للجين. بالإضافة إلى ذلك، تحتوي الإنتينيات على نوكلياز داخلي موجه أو مجال HEG قادر على العثور على نسخة من الجين الأصلي الذي لا يتضمن تسلسل نيوكليوتيدات الإنتين. عند الاتصال بالنسخة الخالية من الإنتين، يبدأ مجال HEG آلية إصلاح كسر الحمض النووي المزدوج. تؤدي هذه العملية إلى نسخ تسلسل الإنتين من الجين المصدر الأصلي إلى الجين الخالي من الإنتين. هذا مثال على قيام البروتين بتحرير تسلسل الحمض النووي مباشرة، بالإضافة إلى زيادة انتشار التسلسل بالوراثة.

الميثيل يمكن أن يؤدي التباين في حالات مثيلة الحمض النووي إلى تغيير مستويات التعبير الجيني بشكل كبير. يحدث تباين الميثيل عادة من خلال عمل ميثيلاز الحمض النووي. عندما يكون التغيير وراثيًا، فإنه يعتبر لاجيني. عندما يكون التغيير في حالة المعلومات غير وراثي، فإنه سيكون نموذجًا جسديًا. تم تغيير محتوى المعلومات الفعال عن طريق تصرفات البروتين أو البروتينات على الحمض النووي، ولكن تسلسل الحمض النووي الأولي لا يتغير.

البريونات

البريونات عبارة عن بروتينات مكونة من تسلسلات معينة من الأحماض الأمينية في توافقات معينة. وهي تنتشر في الخلايا المضيفة عن طريق إجراء تغييرات تكوينية في جزيئات البروتين الأخرى التي لها نفس تسلسل الأحماض الأمينية، ولكن بتشكيل مختلف يكون مهمًا وظيفيًا أو ضارًا بالكائن الحي. بمجرد أن يتحول البروتين إلى طي البريون فإنه يغير وظيفته. ويمكنه بدوره نقل المعلومات إلى خلايا جديدة وإعادة تكوين الجزيئات الأكثر وظيفية لهذا التسلسل في شكل البريون البديل. في بعض أنواع البريون في الفطريات يكون هذا التغيير مستمرًا ومباشرًا؛ تدفق المعلومات هو البروتين → البروتين.

الوراثة بوساطة البريون تنتهك العقيدة المركزية للبيولوجيا الجزيئية. ومع ذلك، أن "فرضية البريون ليست هرطقة للعقيدة المركزية للبيولوجيا الجزيئية - وهي أن المعلومات اللازمة لتصنيع البروتينات يتم تشفيرها في تسلسل النيوكليوتيدات للحمض النووي - لأنها لا يدعي أن البروتينات تتكاثر، بل يدعي أن هناك مصدرًا للمعلومات داخل جزيئات البروتين يساهم في وظيفتها البيولوجية، وأن هذه المعلومات يمكن أن تنتقل إلى جزيئات أخرى.

الهندسة الوراثية

يرى جيمس أ. شابيرو أن مجموعة شاملة من هذه الأمثلة يجب تصنيفها على أنها هندسة وراثية طبيعية وتكون كافية لتزييف العقيدة المركزية.

الجين في علم الأحياء، كلمة الجين لها معنيان. الجين المندي هو الوحدة الأساسية للوراثة. الجين الجزيئي هو سلسلة من النيوكليوتيدات في الحمض النووي التي يتم نسخها لإنتاج RNA وظيفي. هناك نوعان من الجينات الجزيئية: الجينات المشفرة للبروتين والجينات غير المشفرة. أثناء التعبير الجيني (تخليق الحمض النووي الريبوزي (RNA) أو البروتين من الجين)، يتم نسخ الحمض النووي أولاً إلى الحمض النووي الريبوزي يمكن أن يكون الحمض النووي الريبوزي (RNA)

وظيفياً بشكل مباشر أو يكون القالب الوسيط لتخليق البروتين. نحن نعرّف الجين بأنه تسلسل الحمض النووي الذي يتم نسخه. يتضمن هذا التعريف الجينات التي لا تقوم بتشفير البروتينات (ليست كل النسخ عبارة عن RNA الرسول). يستبعد التعريف عادة مناطق الجينوم التي تتحكم في النسخ ولكنها لا يتم نسخها بنفسها. سنواجه بعض الاستثناءات لتعريفنا للجين، ومن المدهش أنه لا يوجد تعريف مرضٍ تمامًا. الجين هو تسلسل الحمض النووي الذي يرمز لمنتج قابل للانتشار. قد يكون هذا المنتج بروتيناً (كما هو الحال في غالبية الجينات) أو قد يكون RNA (كما هو الحال في الجينات التي ترمز إلى tRNA و rRNA). السمة الحاسمة هي أن المنتج ينتشر بعيداً عن موقع تصنيعه ليعمل في مكان آخر.

إن انتقال الجينات إلى ذرية الكائن الحي هو أساس وراثته الصفات المظهرية من جيل إلى جيل. تشكل هذه الجينات تسلسلات مختلفة من الحمض النووي، تسمى معاً النمط الجيني، وهو خاص بكل فرد معين، ضمن مجموعة الجينات لسكان نوع معين. يحدد النمط الجيني، إلى جانب العوامل البيئية والتنموية، في النهاية النمط الظاهري للفرد. تحدث معظم السمات البيولوجية تحت التأثير المشترك للجينات المتعددة (مجموعة من الجينات المختلفة) والتفاعلات بين الجينات والبيئة. بعض السمات الجينية تكون مرئية على الفور، مثل لون العين أو عدد الأطراف، وبعضها الآخر لا يكون كذلك، مثل فصيلة الدم، أو خطر الإصابة بأمراض معينة، أو الآلاف من العمليات الكيميائية الحيوية الأساسية التي تشكل الحياة.

يمكن للجين أن يكتسب طفرات في تسلسله، مما يؤدي إلى متغيرات مختلفة، تعرف باسم الأليلات، تقوم هذه الأليلات بتشفير إصدارات مختلفة قليلاً من الجين، والتي قد تسبب سمات ظاهرية مختلفة، تتطور الجينات بسبب الانتقاء الطبيعي أو البقاء للأصلح والانحراف الوراثي للأليلات.

اقترح العمل المبكر جداً في المجال الذي أصبح فيما بعد علم الوراثة الجزيئية مفهوم أن جيناً واحداً يصنع بروتيناً واحداً (في الأصل "جين واحد - إنزيم واحد"). ومع

ذلك، فقد تم اقتراح الجينات التي تنتج RNAs المثبطة في الخمسينيات وبحلول الستينيات، كانت الكتب المدرسية تستخدم تعريفات الجينات الجزيئية التي تضمنت تلك التي تحدد جزيئات الحمض النووي الريبي الوظيفية مثل RNA الريبوسومي و tRNA (الجينات غير المشفرة) بالإضافة إلى ترميز البروتين. الجينات. ا تزال فكرة وجود نوعين من الجينات جزءًا من تعريف الجين في معظم الكتب المدرسية. على سبيل المثال، الوظيفة الأساسية للجينوم هي إنتاج جزيئات الحمض النووي الريبي (RNA). يتم نسخ أجزاء مختارة من تسلسل نيوكليوتيدات الحمض النووي إلى تسلسل نيوكليوتيدات الحمض النووي الريبي (RNA) المقابل، والذي إما يشفر البروتين (إذا كان mRNA) أو يشكل RNA "بنيويًا"، مثل الحمض النووي الريبي الناقل (tRNA) أو الحمض النووي الريبي الريبوسومي (rRNA) جزيء. كل منطقة من حلزون الحمض النووي التي تنتج جزيء RNA وظيفي تشكل جينًا.

الأجزاء المهمة من هذه التعريفات هي: (١) أن الجين يتوافق مع وحدة النسخ؛ (٢) أن الجينات تنتج كلاً من mRNA و RNAs غير المشفرة؛ و (٣) تتحكم التسلسلات التنظيمية في التعبير الجيني ولكنها ليست جزءًا من الجين نفسه. ومع ذلك، هناك جزء مهم آخر من التعريف الجينات بمثابة تسلسلات الحمض النووي التي تشفر المعلومات للمنتجات الوظيفية، سواء كانت بروتينات أو جزيئات الحمض النووي الريبي (RNA). مع "معلومات التشفير"، أعني أن تسلسل الحمض النووي يستخدم كقالب لإنتاج جزيء الحمض النووي الريبي (RNA) أو البروتين الذي يؤدي بعض الوظائف.

يعد التركيز على الوظيفة أمرًا ضروريًا لأن هناك امتدادات من الحمض النووي تنتج نسخًا غير وظيفية وهي غير مؤهلة كجينات. وتشمل هذه الأمثلة الواضحة مثل الجينات الكاذبة المنسوخة بالإضافة إلى أمثلة أقل وضوحًا مثل الحمض النووي الريبوزي غير المرغوب فيه الذي ينتج كضوضاء بسبب أخطاء النسخ. من أجل التأهل كجينة حقيقية، بموجب هذا التعريف، يجب على المرء إثبات أن النص له وظيفة بيولوجية.

استندت التكهّنات المبكرة حول حجم الجين النموذجي إلى رسم خرائط جينية عالية الدقة وعلى حجم البروتينات وجزئيات الحمض النووي الريبوزي (RNA). بدأ طول ١٥٠٠ زوجًا أساسيًا معقولًا في ذلك الوقت. واستند هذا إلى فكرة أن الجين هو الحمض النووي المسؤول بشكل مباشر عن إنتاج المنتج الوظيفي. كان اكتشاف الإنترونات في السبعينيات يعني أن العديد من الجينات حقيقية النواة كانت أكبر بكثير مما يوحي به حجم المنتج الوظيفي. على سبيل المثال، يبلغ طول جينات ترميز البروتين النموذجية في الثدييات حوالي ٦٢٠٠٠ زوج قاعدي وبما أن هناك حوالي ٢٠٠٠٠ منها فإنها تشغل حوالي ٣٥-٤٠٪ من جينوم الثدييات (بما في ذلك الجينوم البشري)

على الرغم من أن بعض التعريفات يمكن أن تكون قابلة للتطبيق على نطاق أوسع من غيرها، فإن التعقيد الأساسي لعلم الأحياء يعني أنه لا يوجد تعريف للجين يمكن أن يشمل جميع الجوانب بشكل مثالي. ليست كل الجينومات عبارة عن حمض نووي (مثل فيروسات الحمض النووي الريبوزي)، والأوبراونات البكتيرية هي مناطق متعددة لترميز البروتين منسوخة في جزيئات mRNA كبيرة واحدة، ويمكن الربط البديل منطقة جينومية واحدة من تفسير منتجات مناطق متعددة ويقوم الربط عبر الربط بتسلسل mRNAs من تسلسل ترميز أقصر. عبر الجينوم. نظرًا لأن التعريفات الجزيئية تستبعد عناصر مثل الإنترونات والمعززات والمناطق التنظيمية الأخرى، فبدلاً من ذلك يُنظر إليها على أنها "مرتبطة" بالجين وتؤثر على وظيفته.

التعبير الجيني

في جميع الكائنات الحية، هناك حاجة إلى خطوتين لقراءة المعلومات المشفرة في الحمض النووي للجين وإنتاج البروتين الذي يحدده. أولاً، يتم نسخ الحمض النووي للجين إلى الحمض النووي الريبوزي المرسل (mRNA) ثانيًا، تتم ترجمة هذا الحمض النووي الريبوزي المرسل إلى بروتين. يجب أن تستمر جينات ترميز الحمض النووي الريبوزي (RNA) في الخطوة الأولى، ولكن لا تتم ترجمتها إلى

البروتين. تسمى عملية إنتاج جزيء وظيفي بيولوجياً من الحمض النووي الريبوزي (RNA) أو البروتين بالتعبير الجيني، ويسمى الجزيء الناتج منتجاً جينياً.

الكود الجيني

رسم تخطيطي لجزيء الحمض النووي الريبوزي (RNA) المفرد بل يوضح سلسلة من الكودونات ثلاثية القاعدة. يتوافق كل كودون ثلاثي النيوكليوتيدات مع حمض أميني عند ترجمته إلى بروتين. يحدد تسلسل النيوكليوتيدات في الحمض النووي للجين تسلسل الأحماض الأمينية للبروتين من خلال الشفرة الوراثية. مجموعات من ثلاث نيوكليوتيدات، تُعرف بالكودونات، تتوافق كل منها مع حمض أميني محدد.

بالإضافة إلى ذلك، يشير "كودون البداية" وثلاثة "كودونات توقف" إلى بداية ونهاية منطقة ترميز البروتين. هناك ٦٤ كودوناً محتملاً (أربعة نيوكليوتيدات محتملة في كل موقع من المواقع الثلاثة، وبالتالي ٤٣ كودوناً محتملاً) و ٢٠ حمضاً أمينياً قياسياً فقط؛ وبالتالي فإن الكود زائد عن الحاجة ويمكن للعديد من الكودونات تحديد نفس الحمض الأميني. إن المراسلات بين الكودونات والأحماض الأمينية تكاد تكون عالمية بين جميع الكائنات الحية المعروفة.

النسخ

ينتج النسخ جزيء RNA أحادي الجديلة يعرف باسم messenger RNA، والذي يكون تسلسل نيوكليوتيداته مكماً للحمض النووي الذي تم نسخه منه. يعمل mRNA كوسيط بين جين DNA ومنتج البروتين النهائي الخاص به. يتم استخدام الحمض النووي للجين كقالب لتوليد mRNA التكميلي. يتطابق mRNA مع تسلسل شريط ترميز الحمض النووي للجين لأنه يتم تصنيعه كمكمل لشريط القالب. يتم إجراء النسخ بواسطة إنزيم يسمى بوليميريز RNA، الذي يقرأ شريط القالب في الاتجاه ٣' إلى ٥' ويقوم بتركيب الحمض النووي الريبوي (RNA) من ٥' إلى ٣'. لبدء النسخ، يتعرف البوليميراز أولاً على المنطقة المحفزة للجين ويربطها. وبالتالي، فإن الآلية الرئيسية لتنظيم الجينات هي حجب أو عزل منطقة المحفز، إما عن طريق

الارتباط المحكم بواسطة الجزيئات الكابتة التي تمنع البوليميراز فعليًا أو عن طريق تنظيم الحمض النووي بحيث لا يمكن الوصول إلى منطقة المحفز.

في بدائيات النوى، يحدث النسخ في السيتوبلازم. بالنسبة للنصوص الطويلة جدًا، قد تبدأ الترجمة عند الطرف ٥' من الحمض النووي الريبسي (RNA) بينما لا يزال يتم نسخ الطرف ٣'. في حقيقيات النوى، يحدث النسخ في النواة، حيث يتم تخزين الحمض النووي للخلية. يُعرف جزيء الحمض النووي الريبسي (RNA) الذي ينتجه البوليميراز بالنسخة الأولية ويخضع لتعديلات ما بعد النسخ قبل تصديره إلى السيتوبلازم للترجمة. أحد التعديلات التي تم إجراؤها هو ربط الإنترونات وهي تسلسلات في المنطقة المكتوبة والتي لا تشفر البروتين. يمكن أن تؤدي آليات الربط البديلة إلى نسخ ناضجة من نفس الجين لها تسلسلات مختلفة، وبالتالي ترميز بروتينات مختلفة. هذا هو شكل رئيسي من أشكال التنظيم في الخلايا حقيقية النواة ويحدث أيضًا في بعض بدائيات النوى.

ترجمة

يتم نسخ جينات ترميز البروتين إلى وسيط mRNA، ثم يتم ترجمتها إلى بروتين وظيفي. يتم نسخ جينات ترميز الحمض النووي الريبسي (RNA) إلى RNA وظيفي غير مشفر. الترجمة هي العملية التي يتم من خلالها استخدام جزيء mRNA الناضج كقالب لتخليق بروتين جديد. تتم الترجمة بواسطة الريبوسومات، ومجمعات كبيرة من الحمض النووي الريبسي (RNA) والبروتين المسؤول عن تنفيذ التفاعلات الكيميائية لإضافة الأحماض الأمينية الجديدة إلى سلسلة بولي بيتيد متنامية عن طريق تكوين روابط ببتيدية. تتم قراءة الشفرة الوراثية ثلاث نيوكليوتيدات في المرة الواحدة، في وحدات تسمى الكودونات، عبر التفاعلات مع جزيئات RNA المتخصصة التي تسمى RNA الناقل (tRNA). يحتوي كل tRNA على ثلاث قواعد غير متزاوجة تُعرف باسم الكودون المضاد والتي تعد مكملة للكودون الذي يقرأه على mRNA. يرتبط الحمض النووي الريبوزي الناقل أيضًا تساهميًا

بالحمض الأميني المحدد بواسطة الكودون التكميلي. عندما يرتبط الحمض الريبي النووي النقال بالكودون التكميلي الخاص به في شريط mRNA، يربط الريبوسوم حمولته من الأحماض الأمينية بسلسلة البولي ببتيد الجديدة، والتي يتم تصنيعها من النهاية الأمينية إلى النهاية الكربوكسيلية. أثناء وبعد التخليق، يجب أن تنتهي معظم البروتينات الجديدة إلى بنيتها النشطة ثلاثية الأبعاد قبل أن تتمكن من القيام بوظائفها الخلوية.

تم تنظيم الجينات بحيث يتم التعبير عنها فقط عند الحاجة إلى المنتج، حيث أن التعبير يعتمد على موارد محدودة. تنظم الخلية تعبيرها الجيني اعتمادًا على بيئتها الخارجية (مثل العناصر الغذائية المتاحة، ودرجة الحرارة والضغط الأخرى)، وظروفها البيئية الداخلية (مثل دورة انقسام الخلايا، والتمثيل الغذائي، وحالة العدوى)، ودورها المحدد إذا كانت في كائن متعدد الخلايا. يمكن تنظيم التعبير الجيني في أي خطوة: من بدء النسخ، إلى معالجة الحمض النووي الريبي (RNA)، إلى تعديل البروتين بعد الترجمة.

جينات الحمض النووي الريبي يتم أولاً نسخ جين ترميز البروتين النموذجي إلى الحمض النووي الريبي (RNA) كوسيط في تصنيع منتج البروتين النهائي. في حالات أخرى، تكون جزيئات الحمض النووي الريبي (RNA) هي المنتجات الوظيفية الفعلية، كما هو الحال في تخليق الحمض النووي الريبوزي الرياسي ونقله. بعض RNAs المعروفة باسم الريبوزيمات قادرة على القيام بوظيفة إنزيمية، في حين أن البعض الآخر مثل microRNAs والمحولات الريبوزية لها أدوار تنظيمية. تُعرف تسلسلات الحمض النووي التي تُنسخ منها هذه الـ RNA باسم جينات RNA غير المشفرة. تقوم بعض الفيروسات بتخزين الجينوم الخاص بها بالكامل على شكل RNA، ولا تحتوي على أي DNA على الإطلاق. نظرًا لأنهم يستخدمون الحمض النووي الريبوزي (RNA) لتخزين الجينات، فإن مضيفيهم الخلويين قد يصنعون بروتيناتهم بمجرد إصابتهم بالعدوى ودون تأخير في انتظار النسخ. من ناحية أخرى، تتطلب الفيروسات القهقرية ذات الحمض النووي الريبي (RNA)، مثل فيروس

نقص المناعة البشرية (HIV)، النسخ العكسي لجينومها من الحمض النووي الريبي (RNA) إلى الحمض النووي (DNA) قبل أن يتم تصنيع بروتيناتها.

تضاعف الحمض النووي وانقسام الخلايا يعتمد نمو الكائنات الحية وتطورها وتكاثرها على انقسام الخلايا؛ العملية التي تنقسم بها الخلية الواحدة إلى خليتين ابنتيتين متطابقتين عادة. يتطلب هذا أولاً عمل نسخة مكررة من كل جين في الجينوم في عملية تسمى تكرار الحمض النووي. يتم عمل النسخ بواسطة إنزيمات متخصصة تعرف باسم بوليميراز الحمض النووي، والتي "تقرأ" شريطاً واحداً من الحمض النووي الحلزوني المزدوج، تُعرف باسم حبلا القلب، وتوليف حبلا مكمل جديد. نظراً لأن الحلزون المزدوج للحمض النووي متماسك معاً عن طريق الاقتران الأساسي، فإن تسلسل شريط واحد يحدد تماماً تسلسل مكملته؛ ومن ثم يحتاج الإنزيم إلى قراءة شريط واحد فقط لإنتاج نسخة مخصصة. تعتبر عملية تكرار الحمض النووي شبه محافظة؛ أي أن نسخة الجينوم الموروثة من كل خلية ابنة تحتوي على خيط واحد أصلي وشريط مركب حديثاً من الحمض النووي.

بعد اكتمال تضاعف الحمض النووي، يجب على الخلية أن تفصل فعلياً نسختين من الجينوم وتنقسم إلى خليتين متميزتين مرتبطين بغشاء. في بدائيات النوى (البكتيريا) يحدث هذا عادةً عبر عملية بسيطة نسبياً تسمى الانشطار الثنائي، حيث يرتبط كل جينوم دائري بغشاء الخلية ويتم فصله إلى الخلايا الوليدة عندما يغزو الغشاء لتقسيم السيتوبلازم إلى جزأين مرتبطين بالغشاء. الانشطار الثنائي سريع للغاية مقارنة بمعدلات انقسام الخلايا في حقيقيات النوى. يعد انقسام الخلايا حقيقية النواة عملية أكثر تعقيداً تُعرف باسم دورة الخلية. يحدث تكرار الحمض النووي خلال مرحلة من هذه الدورة المعروفة باسم المرحلة S، في حين أن عملية فصل الكروموسومات وتقسيم السيتوبلازم تحدث خلال المرحلة M.

الوراثة الجزيئية

إن ازدواج المادة الوراثية وانتقالها من جيل من الخلايا إلى الجيل التالي هو أساس الوراثة الجزيئية والربط بين الصور الكلاسيكية والجزيئية للجينات. تترث الكائنات الحية صفات والديها لأن خلايا النسل تحتوي على نسخ من الجينات الموجودة في خلايا والديها. في الكائنات الحية التي تتكاثر لا جنسيًا، سيكون النسل نسخة وراثية أو استنساخًا للكائن الأصلي. في الكائنات الحية التي تتكاثر جنسيًا، ينتج شكل متخصص من انقسام الخلايا يسمى الانقسام الاختزالي خلايا تسمى الأمشاج أو الخلايا الجرثومية أحادية الصيغة الصبغية، أو تحتوي على نسخة واحدة فقط من كل جين. تسمى الأمشاج التي تنتجها الإناث البيض أو البويضات، و تلك التي ينتجها الذكور تسمى الحيوانات المنوية. تندمج الأمشاج لتشكل بويضة مخصبة ثنائية الصيغة الصبغية، وهي خلية واحدة تحتوي على مجموعتين من الجينات، مع نسخة واحدة من كل جين من الأم وواحدة من الأب.

أثناء عملية انقسام الخلايا المنصف، يمكن أن يحدث أحيانًا حدث يسمى إعادة التركيب الجيني أو العبور، حيث يتم مبادلة طول الحمض النووي الموجود على كروماتيد واحد مع طول الحمض النووي الموجود على الكروماتيد المتماثل غير الشقيق. يمكن أن يؤدي هذا إلى إعادة ترتيب الأليلات المرتبطة. يؤكد مبدأ مندل للتوزيع المستقل على أن كل جين من جينات الوالدين لكل صفة سوف يفرز بشكل مستقل إلى أمشاج؛ الأليل الذي يرثه الكائن الحي لصفة واحدة لا علاقة له بالأليل الذي يرثه لصفة أخرى. وهذا في الواقع ينطبق فقط على الجينات التي لا توجد على نفس الكروموسوم أو التي تقع بعيدًا جدًا عن بعضها البعض على نفس الكروموسوم. كلما كان الجينين أقرب إلى نفس الكروموسوم، كلما كان ارتباطهما وثيقًا في الأمشاج وكلما ظهرًا معًا في كثير من الأحيان (المعروف باسم الارتباط الجيني). الجينات القريبة جدًا لا يتم فصلها أبدًا لأنه من غير المرجح أن تحدث نقطة تقاطع بينهما.

التطور الجزيئي

طفرة تكرار الحمض النووي في معظمه دقيق للغاية، ولكن الأخطاء (الطفرات) تحدث. يمكن أن يصل معدل الخطأ في الخلايا حقيقية النواة إلى ١٠-٨ لكل نيوكليوتيد في كل تكرار، بينما في بعض فيروسات الحمض النووي الريبوزي (RNA) يمكن أن يصل إلى ١٠-٣. وهذا يعني أن كل جيل، كل جينوم بشري يتراكم حوالي ٣٠ طفرة جديدة. يمكن أن تحدث الطفرات الصغيرة بسبب تكرار الحمض النووي وعواقب تلف الحمض النووي وتشمل الطفرات النقطية التي يتم فيها تغيير قاعدة واحدة وطفرة انزياح الإطارات التي يتم فيها إدراج قاعدة واحدة أو حذفها. يمكن لأي من هذه الطفرات تغيير الجين عن طريق الخطأ (تغيير الكودون لتشفير حمض أميني مختلف) أو الهراء (كودون التوقف المبكر). يمكن أن تحدث الطفرات الأكبر حجمًا بسبب أخطاء في إعادة التركيب لتسبب تشوهات الكروموسومات بما في ذلك ازدواجية أو حذف أو إعادة ترتيب أو قلب أجزاء كبيرة من الكروموسوم. بالإضافة إلى ذلك، يمكن لآليات إصلاح الحمض النووي إدخال أخطاء طفرية عند إصلاح الضرر المادي للجزيء. الإصلاح، حتى مع حدوث طفرة، أكثر أهمية للبقاء من استعادة نسخة طبق الأصل، على سبيل المثال عند إصلاح الكسور المزدوجة.

عند وجود أليلات مختلفة متعددة للجين في مجتمع نوع ما، يطلق عليه اسم متعدد الأشكال. معظم الأليلات المختلفة متكافئة وظيفيًا، ولكن بعض الأليلات يمكن أن تؤدي إلى سمات مظهرية مختلفة. يُطلق على الأليل الأكثر شيوعًا للجين اسم النوع البري، وتسمى الأليلات النادرة بالطفرات. يرجع الاختلاف الجيني في التكرارات النسبية للأليلات المختلفة في مجتمع ما إلى الانتقاء الطبيعي والانحراف الوراثي. ليس بالضرورة أن يكون أليل النوع البري هو سلف الأليلات الأقل شيوعًا، كما أنه ليس بالضرورة أكثر ملاءمة.

الطفرات

معظم الطفرات داخل الجينات محايدة، وليس لها أي تأثير على النمط الظاهري للكائن الحي (الطفرات الصامتة). بعض الطفرات لا تغير تسلسل الأحماض الأمينية لأن الكودونات المتعددة تشفر نفس الحمض الأميني (طفرات مترادفة). يمكن أن تكون الطفرات الأخرى محايدة إذا أدت إلى تغيرات في تسلسل الأحماض الأمينية، لكن البروتين لا يزال يعمل بشكل مشابه مع الحمض الأميني الجديد (مثل الطفرات المحافظة). ومع ذلك، فإن العديد من الطفرات ضارة أو حتى مميتة، ويتم إزالتها من المجموعات السكانية عن طريق الانتقاء الطبيعي. الاضطرابات الوراثية هي نتيجة طفرات ضارة ويمكن أن تكون بسبب طفرة عفوية في الفرد المصاب، أو يمكن أن تكون مورثة. أخيراً، جزء صغير من الطفرات مفيد، حيث يعمل على تحسين لياقة الكائن الحي وهو مهم للغاية للتطور، حيث أن اختيارها الاتجاهي يؤدي إلى تطور تكيفي

تماثل التسلسل

يمكن قياس العلاقة بين الجينات من خلال مقارنة تسلسل الحمض النووي الخاص بها. إذا تجاوز مستوى التشابه الحد الأدنى من القيمة، يمكن للمرء أن يستنتج أن الجينات تنحدر من سلف مشترك؛ هم متماثلون. الجينات المرتبطة بالنسب المباشر من سلف مشترك هي جينات متعامدة - وعادة ما توجد في نفس الموقع في أنواع مختلفة. الجينات المرتبطة نتيجة لحدث ازدواج الجينات هي جينات بارولوجية. غالباً ما يُفترض أن وظائف الجينات المتعامدة أكثر تشابهاً من وظائف الجينات شبه المتماثلة، على الرغم من أن الاختلاف ضئيل.

أصول الجينات الجديدة المصير التطوري للجينات المكررة المصدر الأكثر شيوعاً للجينات الجديدة في الأنساب حقيقية النواة هو ازدواجية الجينات، مما يؤدي إلى اختلاف عدد النسخ للجين الموجود في الجينوم. قد تتباعد الجينات الناتجة (نظيراتها) في التسلسل والوظيفة. تشكل مجموعات الجينات بهذه الطريقة عائلة جينية. إن

ازدواج الجينات وفقدانها داخل الأسرة أمر شائع ويمثل مصدرا رئيسيا للتنوع البيولوجي التطوري. في بعض الأحيان، قد يؤدي ازدواج الجينات إلى نسخة غير وظيفية من الجين، أو قد تتعرض النسخة الوظيفية لطفرات تؤدي إلى فقدان الوظيفة؛ تسمى هذه الجينات غير الوظيفية بالجينات الكاذبة.

الجينات "اليتيمة"، التي لا يظهر تسلسلها أي تشابه مع الجينات الموجودة، هي أقل شيوعاً من الجينات المكررة. يحتوي الجينوم البشري على ما يقدر بـ ١٨ إلى ٦٠ جيناً مع عدم وجود تماثلات يمكن التعرف عليها خارج البشر. تنشأ الجينات اليتيمة في المقام الأول إما من ظهور جديد من تسلسل غير مشفر سابقاً، أو ازدواج الجينات الذي يتبعه تغيير سريع في التسلسل بحيث تصبح العلاقة الأصلية غير قابلة للاكتشاف. جينات دي نوفو عادة ما تكون أقصر وأبسط في البنية من معظم الجينات حقيقية النواة، مع عدد قليل من الإنترونات، إن وجدت. على مدى فترات زمنية تطورية طويلة، قد تكون ولادة الجينات الجديدة مسؤولة عن جزء كبير من عائلات الجينات المقيدة تصنيفياً.

نقل الجينات الأفقي

يشير نقل الجينات الأفقي إلى نقل المادة الوراثية من خلال آلية أخرى غير التكاثر. تعتبر هذه الآلية مصدراً شائعاً للجينات الجديدة في بدائيات النوى، ويُعتقد أحياناً أنها تساهم في التنوع الجيني أكثر من تضاعف الجينات. وهي وسيلة شائعة لنشر مقاومة المضادات الحيوية، والفوعة، ووظائف التمثيل الغذائي التكيفي. على الرغم من أن نقل الجينات الأفقي نادر في حقيقيات النوى، فقد تم تحديد أمثلة محتملة على جينومات الطلائعيات والطحالب التي تحتوي على جينات من أصل بكتيري.

الجينوم

الجينوم هو مجموع المادة الوراثية للكائن الحي ويتضمن كلا من الجينات والتسلسلات غير المشفرة. يمكن شرح الجينات حقيقية النواة باستخدام FINDER عدد الجينات تصوير أعداد الجينات للنباتات التمثيلية (الأخضر)، والفقاريات

(الأزرق)، واللافقاريات (البرتقالي)، والفطريات (الأصفر)، والبكتيريا (الأرجواني)، والفيروسات (الرمادي). يظهر الشكل الداخلي على اليمين أن الجينومات الأصغر توسعت بمقدار ١٠٠ ضعف من حيث المساحة. يختلف حجم الجينوم وعدد الجينات التي يشفرها بشكل كبير بين الكائنات الحية. أصغر الجينومات تحدث في الفيروسات، وأشبه الفيروسات (التي تعمل بمثابة جينة RNA واحدة غير مشفرة). على العكس من ذلك، يمكن أن تحتوي النباتات على جينومات كبيرة للغاية، حيث يحتوي الأرز على أكثر من ٤٦٠٠٠ جيناً مشفرة للبروتين. ويقدر العدد الإجمالي للجينات المشفرة للبروتين (بروتين الأرض) بنحو ٥ ملايين تسلسل.

استندت التنبؤات النظرية الأولية لعدد الجينات البشرية في ستينيات وسبعينيات القرن العشرين إلى تقديرات حمل الطفرة وأعداد الرنا المرسال وتميل هذه التقديرات إلى أن تكون حوالي ٣٠.٠٠٠ جيناً مشفرة للبروتين. خلال التسعينيات، كانت هناك تقديرات لما يصل إلى ١٠٠.٠٠٠ جين، وتشير البيانات المبكرة حول اكتشاف mRNAs (علامات التسلسل المعبر عنها) إلى أكثر من القيمة التقليدية البالغة ٣٠.٠٠٠ جيناً والتي تم الإبلاغ عنها في الكتب المدرسية خلال الثمانينيات.

الهندسة الوراثية

الهندسة الوراثية هي تعديل جينوم الكائن الحي من خلال التكنولوجيا الحيوية. منذ السبعينيات، تم تطوير مجموعة متنوعة من التقنيات لإضافة وإزالة وتحرير الجينات في الكائن الحي. تستخدم تقنيات هندسة الجينوم التي تم تطويرها مؤخراً إنزيمات نوكلياز هندسية لإنشاء إصلاح مستهدف للحمض النووي في الكروموسوم إما لتعطيل الجين أو تحريره عند إصلاح الكسر. يُستخدم مصطلح البيولوجيا التركيبية أحياناً للإشارة إلى الهندسة الوراثية الشاملة للكائن الحي.

أصبحت الهندسة الوراثية الآن أداة بحث روتينية مع الكائنات الحية النموذجية. على سبيل المثال، تتم إضافة الجينات بسهولة إلى البكتيريا ويتم استخدام سلالات الفئران المعطوبة التي تعطلت وظيفة جين معين للتحقيق في وظيفة هذا الجين. تم تعديل

العديد من الكائنات الحية وراثيا لتطبيقات في الزراعة والتكنولوجيا الحيوية الصناعية والطب.

بالنسبة للكائنات متعددة الخلايا، عادةً ما يتم هندسة الجنين لينمو ليصبح الكائن البالغ المعدل وراثيًا. ومع ذلك، يمكن تحرير جينومات الخلايا في كائن حي بالغ باستخدام تقنيات العلاج الجيني لعلاج الأمراض الوراثية.

الكود الجيني

يتكون كل كودون من ثلاث نيوكليوتيدات، والتي تتوافق عادة مع حمض أميني واحد. يتم اختصار النيوكليوتيدات بالأحرف A و U و G و C. وهذا هو mRNA، والذي يستخدم U (اليوراسيل). يستخدم الحمض النووي DNA الثايمين T بدلا من ذلك. سيقوم جزيء mRNA هذا بإرشاد الريبوسوم لتصنيع البروتين وفقاً لهذا الكود.

الشفرة الوراثية هي مجموعة القواعد التي تستخدمها الخلايا الحية لترجمة المعلومات المشفرة داخل المادة الوراثية (تسلسلات الحمض النووي أو الحمض النووي الريبي ثلاثية النيوكليوتيدات، أو الكودونات) إلى بروتينات. تتم الترجمة بواسطة الريبوسوم، الذي يربط الأحماض الأمينية البروتينية بترتيب محدد بواسطة messenger RNA (mRNA)، وذلك باستخدام جزيئات RNA الناقلة (tRNA) لحمل الأحماض الأمينية وقراءة نيوكليوتيدات mRNA الثلاثة في المرة الواحدة. إن الشفرة الوراثية متشابهة إلى حد كبير بين جميع الكائنات الحية ويمكن التعبير عنها في جدول بسيط يحتوي على 64 مدخلاً.

تحدد الكودونات الحمض الأميني الذي سيتم إضافته بعد ذلك أثناء عملية التخليق الحيوي للبروتين. مع بعض الاستثناءات، يحدد كودون ثلاثي النيوكليوتيدات في تسلسل الحمض النووي حمضاً أمينياً واحداً. يتم تشفير الغالبية العظمى من الجينات باستخدام مخطط واحد (انظر جدول كودون الحمض النووي الريبي). يُشار إلى هذا المخطط غالباً بالشفرة الجينية الأساسية أو القياسية، أو ببساطة بالشفرة الجينية، على الرغم من وجود رموز مختلفة (كما هو الحال في الميتوكوندريا).

النمذجة الجزيئية

تشمل النمذجة الجزيئية جميع الأساليب النظرية والحسابية المستخدمة لنمذجة أو تقليد سلوك الجزيئات. تُستخدم هذه الأساليب في مجالات الكيمياء الحاسوبية، وتصميم الأدوية، وعلم الأحياء الاحصائي، وعلوم المواد لدراسة الأنظمة الجزيئية التي تتراوح من الأنظمة الكيميائية الصغيرة إلى الجزيئات البيولوجية الكبيرة وتجمعات المواد. يمكن إجراء أبسط الحسابات يدويًا، ولكن لا بد من وجود أجهزة كمبيوتر مطلوبة لإجراء النمذجة الجزيئية لأي نظام ذي حجم معقول. السمة المشتركة لطرق النمذجة الجزيئية هي وصف المستوى الذري للأنظمة الجزيئية. قد يشمل ذلك معالجة الذرات كأصغر وحدة فردية (منهج الميكانيكا الجزيئية)، أو نمذجة البروتونات والنيوترونات بشكل صريح بكواركاتها، والكواركات المضادة والغلوونات والإلكترونات بفوتوناتها.

التطبيقات

تُستخدم طرق النمذجة الجزيئية بشكل روتيني لدراسة البنية والديناميكيات والخصائص السطحية والديناميكا الحرارية للأنظمة غير العضوية والبيولوجية والبوليمرية. يتوفر اليوم عدد كبير من النماذج الجزيئية لمجال القوة في قواعد البيانات، تشمل أنواع النشاط البيولوجي التي تم بحثها باستخدام النمذجة الجزيئية طي البروتين، وتحفيز الإنزيمات، واستقرار البروتين، والتغيرات التوافقية المرتبطة بالوظيفة الجزيئية الحيوية، والتعرف الجزيئي على البروتينات، والحمض النووي، ومجمعات الغشاء.

البروتيوم

البروتيوم هو مجموعة البروتينات الكاملة التي يتم التعبير عنها أو يمكن التعبير عنها بواسطة الجينوم أو الخلية أو الأنسجة أو الكائن الحي في وقت معين، أو هي مجموعة البروتينات المعبر عنها في نوع معين من الخلايا أو الكائن الحي، في وقت معين، وتحت ظروف محددة.

أنواع البروتينات

بينما يشير البروتين بشكل عام إلى بروتين الكائن الحي، قد تحتوي الكائنات متعددة الخلايا على بروتينات مختلفة جدًا في خلايا مختلفة، وبالتالي من المهم التمييز بين البروتينات في الخلايا والكائنات الحية. البروتين الخلوي هو مجموعة البروتينات الموجودة في نوع معين من الخلايا في ظل مجموعة معينة من الظروف البيئية مثل التعرض لتحفيز الهرمونات. قد يكون من المفيد أيضًا النظر في البروتين الكامل للكائن الحي، والذي يمكن تصوره على أنه مجموعة كاملة من البروتينات من جميع البروتينات الخلوية المختلفة وهذا هو تقريبًا البروتين المعادل للجينوم. تم استخدام مصطلح البروتين أيضًا للإشارة إلى مجموعة البروتينات في بعض الأنظمة تحت الخلوية، مثل العضيات. على سبيل المثال، قد يتكون بروتين الميتوكوندريا من أكثر من 3000 بروتين متميز.

يمكن أن تسمى البروتينات الموجودة في الفيروس بالبروتينات الفيروسية. عادة يتم التنبؤ بالبروتينات الفيروسية من الجينوم الفيروسي ولكن تم إجراء بعض المحاولات لتحديد جميع البروتينات المعبر عنها من جينوم الفيروس، أي البروتين الفيروسي. ومع ذلك، في كثير من الأحيان، تقوم بروتينات الفيروس بتحليل التغيرات في البروتينات المضيفة عند الإصابة بالفيروس، بحيث يتم في الواقع دراسة اثنين من البروتينات (من الفيروس ومضيفه).

أهميته في مرض السرطان يمكن استخدام البروتين لتحديد وجود أنواع مختلفة من السرطان، يمكن استخدام البروتين من أجل تحليل خطوط الخلايا السرطانية المختلفة نسبيًا. تم استخدام الدراسات البروتينية لتحديد احتمالية حدوث ورم خبيث في خطوط خلايا سرطان المثانة KK47 و YTS1، ووجد أنها تحتوي على 36 بروتينًا غير منظم و 74 بروتينًا منظمًا. يمكن أن تساعد الاختلافات في التعبير البروتيني في تحديد آليات إشارات السرطان الجديدة.

تم العثور على المؤشرات الحيوية للسرطان من خلال التحليلات البروتينية القائمة على قياس الطيف الكتلي. يعد استخدام البروتيوميكيات أو دراسة البروتيوم خطوة للأمام في الطب الشخصي لتخصيص كوكتيلات دوائية لتناسب الملف البروتيني والجينومي الخاص بالمريض. أظهر تحليل خطوط خلايا سرطان المبيض أن المؤشرات الحيوية المفترضة لسرطان المبيض تشمل " α -enolase (ENOA)، وعامل الاستطالة Tu، والميتوكوندريا (EFTU)، وبروتين الإجهاد ٧٠، وغيرها من العوامل.



مقدمة فى علم الأجنة

مقدمة

تدل أقدم السجلات المكتوبة الي وقتنا هذا علي أن المسائل المتعلقة بتكوين الحيوان وخلق الانسان هي احدي المهام الرئيسية التي شغلت الانسان. وقول الله تعالى (فلينظر الانسان مما خلق) دعوة من الخالق سبحانه وتعالى للمخلوق للتأمل والتفكر والبحث والتقيب عن كيفية نشأته ومراحل تكوينه التي يمر بها منذ ان كان جنينا حتي صار انسانا كاملا متكامل.

لم تعرف خطوات التكوين الجنيني إلا في الآونة الأخيرة بعد اختراع المجهر وتقدم العلم. وقبل كل هذه الاجهزة والتقنيات والابحاث، وصف الله سبحانه وتعالى لنا في كتابه العزيز علي يد رسوله الكريم منذ ما يزيد علي الف عام مراحل التكوين بادق الاوصاف وذكر لنا كل المصطلحات العلمية وكل الخطوات التي شرحها لنا علماء الأجنة حديثا.

ويهدف هذا المقرر إلى تعريف الطالب بالمرحل الجنينية لطوائف الحبليات المختلفة، وهو ما يسمى بعلم الأجنة الوصفي، ابتداءً بالحبليات الأولية كالسهم وحتى الطوائف الأكثر تطوراً كالثدييات والإنسان حيث يشمل المقرر علي الموضوعات العامة في علم الاجنة كتاريخه، انواعه وأهمية دراسة علم الأجنة. ثم وصف الخلايا التناسلية (الحيوانات المنوية والبويضات) ومراحل تكوينها والتي تبدأ منها التطورات الجنينية. يلي ذلك شرح التطور الجنيني لحيوان السهم وهو من أشهر النماذج لدراسة التطور الجنيني وذلك لبساطة تطوره الجنيني مما يجعله أكثر قابلية للدراسة والمتابعة.

كذلك يهدف المقرر إلى تعريف الطالب بعلم الأجنة التجريبي وأهم تطبيقاته الحديثة ومنها الخلايا الجذعية وانواعها – الاستنساخ وانواعه - التلقيح الاصطناعي واطفال الأنابيب (IVF). كذلك معرفة أنواع التشوهات الخلقية واسبابها - تعدد المواليد – التوائم وانواعها.

علم الأجنة Embryology

علم الأجنة هو العلم الذي يبحث في دراسة مراحل النمو والتكوين والتميز التي تتم في الكائنات الحية منذ البداية (الخلية الأولى أو الزيجوت) إلى أن تصبح حيوانات كاملة التكوين معقدة التركيب شبيهة بأبويها، ناضجة تماماً ومعتمدة في حياتها اعتماداً كلياً على نفسها.

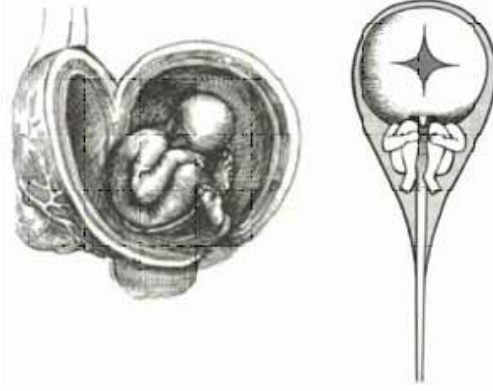
ولقد جرى العرف على أن تقتصر الدراسة في علم الأجنة على مراحل ما قبل التحور بالنسبة للبرمائيات أي من الزيجوت إلى أن يتم تكوين أبو ذنبية ومراحل نمو جنين الطيور داخل البيضة إلى ما قبل الفقس وكذلك مراحل ما قبل الولادة بالنسبة للحيوانات الثديية. إلا أن بعض الباحثين يعتبر علم الأجنة هو دراسة دورة حياة الفرد من الإخصاب حتى النضج الجنسي فالموت وأن التحور والفقس والولادة ما هي إلا علامات تشير إلى انتهاء مرحلة من مراحل النمو وبداية مرحلة أخرى في سلسلة متصلة من التطورات في حياة الفرد.

نبذة تاريخية عن علم الاجنة

نظريات التكوين الجنيني

1- نظرية التكوين المسبق Pre-formation theory

تفترض هذه النظرية بأن البويضة تحتوي علي صورة مصغرة من الحيوان اليافع (قرم) ، وأن التكوين عبارة عن نمو واستطالة هذا المخلوق المصغر الي الحيوان اليافع ومن روادها العالم مارسيلو مالبيجي Marcello Malpighi (1628- 1694). وعندما اكتشف انتوني فان ليفنهوك Antony van leeuvenhook (1632- 1723) الحيوان المنوي في الانسان، وهو الذي اطلق عليه اسم حوين (Animalcule) ، وظهر سؤال جديد هل البويضة التي تحتوي علي ذلك القرم أم الحيوان المنوي. شكل (1).



شكل 1: نظرية التكوين المسبق وتفترض وجود جنين دقيق داخل الحيوان المنوي

(from Needham, 1959)

2- نظرية التكوين التدريجي أو التراكمي Epigenesis theory

وصف الفيلسوف ارسطو (384- 322 قبل الميلاد) التكاثر والتكوين في بعض انواع الحيوانات علي اساس ان التكوين يبدأ من بدائيات بسيطة عديمة الشكل الي نظام معقد في الفرد البالغ. ثم جاء بعد ذلك العالم وولف Walf (1733- 1794) وشاهد في بيض الدجاج ان الاعضاء تتكون واحدا بعد الاخر، وانه لا يوجد فيها شكل مصغر مكون من قبل يشبه الدجاجة. لذلك تم رفض نظرية قبل التكوين واكدت نظرية التكوين التدريجي.

وفي عام 1672م استخدم العالم دي جراف (De graff) المجهر البسيط حيث رأى حويصلات صغيرة في رحم الأرنب وقال بأن هذه الحويصلات تأتي من المبيض ، ثم درس قطاعات من مبايض الحيوانات المختلفة واثبت بأن المبايض هي التي تنتج البويضات.

3- نظرية الطبقات الجرثومية Germ layer theory

بذل كارل ارنست فون بير (Karl Ernst von Baer) (1792- 1876) كل جهوده في بحوث علم الأجنة ومن ابرزها نظرية الطبقات الجرثومية حيث تتكون التراكيب المختلفة للجسم من الطبقات الجرثومية.

ويمكن تقسيم علم الأجنة الى ثلاث مراحل هي:

1- المرحلة الوصفية (علم الأجنة الوصفي): تبدأ من أكثر من ستة قرون قبل الميلاد وتستمر حتي القرن التاسع عشر.

2- المرحلة التجريبية (علم الأجنة التجريبي): نهاية القرن التاسع عشر وحتى الأربعينيات من القرن العشرين.

3- مرحلة التقنية واستخدام الأجهزة: من الأربعينيات وحتى يومنا هذا والتي استخدم فيها المجهر الإلكتروني – الات التصوير المتطورة- وسائل الكشف عن البروتينات والاحماض النووية وعزلها وتحليلها.

علم الأجنة وأطوار الجنين في القرآن الكريم

وقبل كل هذه الاجهزة والتقنيات الحديثة وصف القرآن الكريم والحديث الشريف الكثير من المكتشفات التي اكتشفها العلم الحديث. حيث تتضمن وصفاً دقيقاً شاملاً للتخلق البشري من وقت امتزاج الأمشاج وخلال تكون الأعضاء وما بعد ذلك ، في مثل قوله تعالى :

- (وَلَقَدْ خَلَقْنَا الْإِنْسَانَ مِنْ سُلَالَةٍ مِنْ طِينٍ (12) ثُمَّ جَعَلْنَاهُ نُطْفَةً فِي قَرَارٍ مَكِينٍ (13) ثُمَّ خَلَقْنَا النُّطْفَةَ عَلَقَةً فَخَلَقْنَا الْعُلُقَةَ مُضْغَةً فَخَلَقْنَا الْمُضْغَةَ عِظَامًا فَكَسَوْنَا الْعِظَامَ لَحْمًا ثُمَّ أَنْشَأْنَاهُ خَلْقًا آخَرَ فَبَارَكُ اللَّهُ أَحْسَنُ الْخَالِقِينَ (14) [المؤمنون].

النطفة هي الزيجوت الذي يتكون من اندماج نواتي الحيوان المنوي والبويضة، تتحول الي علقه تعلق في قرار مكين هو الرحم (مرحلة البلاستولا والجسترولا) ثم تصبح العلقه مضغه (مرحلة التعضي) ثم تتحول المضغه الي عظام (تكوين الحبل الظهرى أو العمود الفقري) التي يكسوها اللحم) عضلات الجسم) ثم يؤدي الي خلق آخر يختلف تماما في الشكل والتركيب والمظهر من خلية واحدة هي الزيجوت الي الي انسجة واعضاء تكون جسم الجنين في ادق صورة واحسن خلقه " فبارك الله احسن الخالقين"

- وضح أن الجنين لا يوجد على صورته ثم يكبر ولكنه يخلق في أطوار كما قال تعالى : (مَا لَكُمْ لَا تَرْجُونَ لِلَّهِ وَقَارًا (13) وَقَدْ خَلَقَكُمْ أَطْوَارًا (14) [نوح].

- وقوله تعالى: (يَخْلُقْكُمْ فِي بُطُونِ أُمَّهَاتِكُمْ خَلْقًا مِّن بَعْدِ خَلْقٍ فِي ظُلُمَاتٍ ثَلَاثٍ ذَلِكُمْ اللَّهُ رَبُّكُمْ لَهُ الْمُلْكُ لَا إِلَهَ إِلَّا هُوَ فَأَنَّى تُصْرَفُونَ [الزمر: 6].

أثبت علماء الأجنة أن الجنين يكون محاطاً أثناء مراحل تخلقه في الرحم بثلاث أغشية هي : الغشاء الأمنيوسي المحيط بالجنين ، وجدار الرحم وجدار البطن.

- وقوله تعالى: (يَا أَيُّهَا الْإِنْسَانُ مَا غَرَّبَكَ بِرَبِّكَ الْكَرِيمِ (6) الَّذِي خَلَقَكَ فَسَوَّاكَ فَعَدَلَكَ (7) فِي أَيِّ صُورَةٍ مَا شَاءَ رَكَّبَكَ (8) [الانفطار].

- وقوله تعالى: (إِنَّا خَلَقْنَا الْإِنْسَانَ مِنْ نُطْفَةٍ أَمْشَاجٍ نَّبْتَلِيهِ فَجَعَلْنَاهُ سَمِيعًا بَصِيرًا (2) [الإنسان]

- وقوله تعالى: (يَا أَيُّهَا النَّاسُ إِنَّا خَلَقْنَاكُمْ مِّن ذَكَرٍ وَأُنثَىٰ وَجَعَلْنَاكُمْ شُعُوبًا وَقَبَائِلَ لِتَعَارَفُوا ۗ إِنَّ أَكْرَمَكُمْ عِنْدَ اللَّهِ أَتْقَاكُمْ ۗ إِنَّ اللَّهَ عَلِيمٌ خَبِيرٌ (13) [الحجرات].

- وقوله تعالى: (يَا أَيُّهَا النَّاسُ إِن كُنْتُمْ فِي رَيْبٍ مِّن مِّمَّا نَزَّلْنَا مِن تِلْكَ الْكِتَابِ فَإِن لَّمْ يَأْتِكُمْ مِنَ الْغَيْبِ فَذِكْرِ الْأَمْثِلِ الَّذِينَ خَلَقُوا شُعُوبًا وَقَبَائِلَ بِأَشْهُابٍ مُّطَهَّرَةٍ مِّن ذُرِّيَّتِكُمْ فَكُلُوا مِن ثَمَرِهِمْ وَمَا عَمِلُوا عَلَيْهِم مِّن شَيْءٍ ۚ إِنَّ اللَّهَ عَلِيمٌ خَبِيرٌ (5) [الحج].

حتى عمليات الحمل والمخاض والوضع ونوع الجنين والعقم والحياة والموت اشار الله سبحانه وتعالى في الكثير من المراضع في القرآن الكريم.

(وَصَيَّنَا الْإِنْسَانَ بِإِذْنِهِ إِحْسَانًا حَمَلَتْهُ أُمُّهُ كُرْهًا وَوَضَعَتْهُ كُرْهًا وَحَمَلُهُ وَفِصَالُهُ ثَلَاثُونَ شَهْرًا) (15) [الأحقاف].

فروع علم الأجنة

1- علم الأجنة الوصفي: Descriptive Embryology

وهو العلم الذي يصف لنا مراحل النمو المختلفة التي تمر بها الأجنة حيث يصف لنا مراحل النمو المختلفة من النطفة (الزيجوت) ثم مرحلة التفجج (البلاستولا) ثم مرحلة التبطين وتكوين الطبقات الجنينية الثلاث المختلفة (الجاسترولا) ثم مرحلة التكوين المبدئي للأعضاء ثم مرحلة التعضي والتكوين النهائي للأعضاء ثم النمو والزيادة في الحجم حتى موعد الخروج للحياة (القس أو الولادة)

2- علم الأجنة المقارن Comparative Embryology

ويهتم بمقارنة مراحل التكوين الجنيني في الطوائف المختلفة من الحيوانات كمقارنة نمو جنين الضفدعة بجنين الدجاج أو بالثدييات.

3- علم الأجنة التجريبي Experimental Embryology

يفسر لنا ظواهر النمو المختلفة وتستخدم فيه الأجنة كمادة للتجربة ومن أهم تطبيقاته (التلقيح الاصطناعي IVF ، وأطفال الانابيب، تجميد الأمشاج والأجنة، البزل الأمني، الاستنساخ، تشخيص الأجنة ومعرفة تأثير المواد الكيميائية علي الجنين).

4- علم التشوهات الخلقية Teratology

يبحث عن الأسباب التي تؤدي إلي التكوين غير الطبيعي بالتأثير على الأطوار الجنينية بعوامل عديدة منها المواد الكيميائية والإشعاع والوراثة والبيئة والهرمونات والأدوية..... الخ.

5- زراعة الأنسجة Tissue Culture

يختص هذا العلم بزراعة الخلايا والأنسجة والأعضاء والأجنة وزرع الخلايا الجنينية لعلاج الكثير من الأمراض المزمنة كمرض الزهايمر واستبدال القلب والشرابين التالفة أو زراعة خلايا جزر البنكرياس لعلاج السكر.

6- علم الأجنة الجزيئي Molecular Embryology

دراسة التكوين الجنيني على المستوي الجزيئي لجميع مراحل التكوين الجنيني لمختلف أنواع الكائنات الحية ، دور الجينات اثناء التكوين الجنيني وتصنيع الأحماض النووية المختلفة والبروتينات والمعالجات الجينية الجنينية.

يفسر لنا ظواهر النمو المختلفة وتستخدم فيه الأجنة كمادة للتجربة ومن أهم تطبيقاته التلقيح الصناعي (IVF) وأطفال الانابيب ، الاستنساخ ، تجميد الأمشاج والأجنة، البزل الأمني وتشخيص الأجنة ، معرفة تأثير المواد الكيميائية علي الجنين.

مراحل التكوين الجنيني

ويمكن تقسيم المراحل التي يمر بها التكوين الجنيني في الحبلبات إلى المراحل التالية:-

1- مرحلة تكوين الأمشاج Gametogenesis

وفيها يتم تكوين الأمشاج المذكرة والأمشاج المؤنثة.

2- الإخصاب Fertilization: وهو اتحاد نواة البويضة مع نواة الحيوان المنوي لتكوين البويضة الملقحة أو اللاقحة أو Zygote .

3- مرحلة التقلج Cleavage: انقسام البويضة المخصبة عدة انقسامات ينتج عنها مجموعة من الخلايا تعرف بالفلجات وتستمر الانقسامات إلى أن تتكون كتلة من الخلايا تعرف بالكتلة الجرثومية.

4- مرحلة تكوين البلاستولا Blastulation: يتكون تجويف داخل الكتلة الجرثومية فتصبح على شكل كرة جوفاء سمكها خلية واحدة في السهيم أو كرة جوفاء سمكها عدة خلايا كما في البرمائيات أو على شكل قرص من الخلايا يطفو فوق المح يعرف بالقرص الجرثومي كما في الزواحف والطيور وتمثل إعادة ترتيب وتوزيع الخلايا وفقاً لما ستعطيه كل مجموعة من الخلايا مستقبلاً.

5- مرحلة التبطين أو الجاسترولا Gastrulation: وهي تمايز الطبقات الجرثومية الثلاث وهي الاكتوديرم والميزوديرم والانوديرم.

التعضي أو تكوين الأعضاء Organogenesis: وهي تكوين الأنسجة والأعضاء المختلفة وتمثل المرحلة الجنينية الحرجة ويعقبها مرحلة نمو لهذه الأعضاء.

التكوين التطوري في الأجنة

وهو كيف تتحول هذه الخلية الواحدة وهي الزيجوت إلى ملايين الخلايا والتي تنتظم فيما بعد لتكون الأجهزة والأعضاء التي تنتهي بتكوين فرد مشابه للأبوين وبذلك فإن عملية التكوين الجنيني تشمل كلاً من :

1- التمايز 2- النمو.

(1) التمايز الخلوي :-

وهو قدرة الخلايا الجنينية في المراحل المبكرة من التكوين على أن تتمايز إلى الأنسجة والأعضاء المختلفة . فبعد أن يصبح الجنين كرة خلوية ناتجة عن الانقسام والمضاعفة الخلوية يبدأ في التمايز إلى الثلاث طبقات (اكتودرم – ميزودرم – اندودرم) ثم تبدأ كل طبقة في تكوين الأجهزة الناشئة عنها .

(2) - النمو:-

ويعني الزيادة في عدد الخلايا الجنينية أو حجمها أو وزنها و يكون النمو بطريقة الانقسام الخلوي وذلك عن طريق تكوين خلايا جديدة بعملية الانقسام غير المباشر وبذلك فإن خلايا الجنين تتمايز إلى.

خلايا مستقرة التكوين :-

مثل الخلايا العصبية حيث أن هذه الخلايا متى ما تكونت ووصلت إلى عددها النهائي قبل الولادة تتوقف عن الانقسام بعد الولادة وتستمر خلايا الغراء العصبي فقط بالانقسام فقط. وتكون الزيادة فقط في حجم الخلايا عن طريق زيادة كمية السيتوبلازم وأجسام نسل والزوائد الشجرية.

1- خلايا مستمرة التكوين :-

وهي الخلايا التي تستمر في انقسامها أو تكاثرها حتى بعد الولادة مثل معظم خلايا الجسد " الكبد ، العضلات " تبعاً لحاجة الجسم ووفقاً لعوامل عديدة منها الوراثة والهرمونية وغيرها.

1- خلايا متجددة التكوين :-

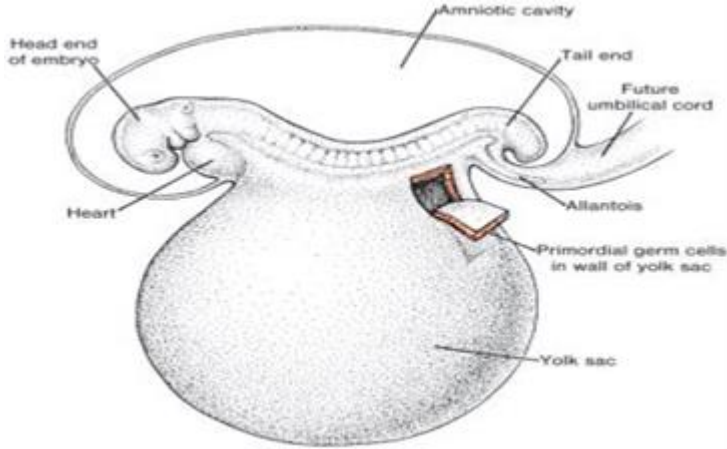
وهي خلايا احتفظت بخواصها الجنينية دون أن تتميز إلى أي نوع من الخلايا حيث تنقسم إلى خليتين احدهما تتميز بينما تبقى الأخرى غير متميزة مثل " خلايا الدم ، الجلد ، الأمشاج " .

تكوين الأمشاج Gametogenesis

تنتقل الصفات الوراثية من الآباء إلى الأبناء عن طريق الخلايا الجنسية وهي الحيوانات المنوية (الجاميتات أو الأمشاج المذكرة) وتتكون في خصية الذكر داخل الأنابيب الأنبيبات المنوية. وهي صغيرة الحجم ذات رأس ولها ذيل طويل تتحرك بواسطته. أما النوع الآخر فهي البويضات ومفردها بويضة وهي أكبر بكثير من الحيوانات المنوية ساكنة لا تتحرك محملة بالمواد الغذائية وكلاً منهما يحمل نصف العدد الأصلي من الكروموسومات (23 كروموسوم) وهي المرحلة الأولى لتكوين الجنين وبداية الخلق وهي النطفة.

منشأ وهجرة الخلايا الجرثومية الأولية:- تسمى الخلايا التي تكون الجاميتات (الحيوانات المنوية او البويضات) بالخلايا الجرثومية الأولية Primordial germ cells . تنشأ الخلايا الجرثومية الأولية في الثدييات من اندودرم عنق كيس المح قبل هجرتها الي الغدد التناسلية (الخصية او

المبيض). حيث تهجر الي المناسل خلال الدورة الموية حيث تتعرف علي الاوعية الدموية للمناسل وتخترق جدار الاوعية الدموية وتستقر في النهاية في المناسل شكل 2.

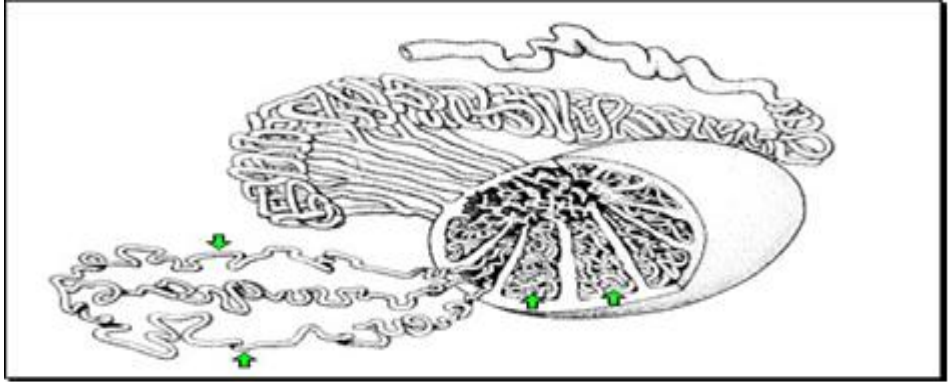


شكل 2: يوضح منشأ الخلايا الجرثومية الأولية لجنين الانسان في نهاية الاسبوع الثالث

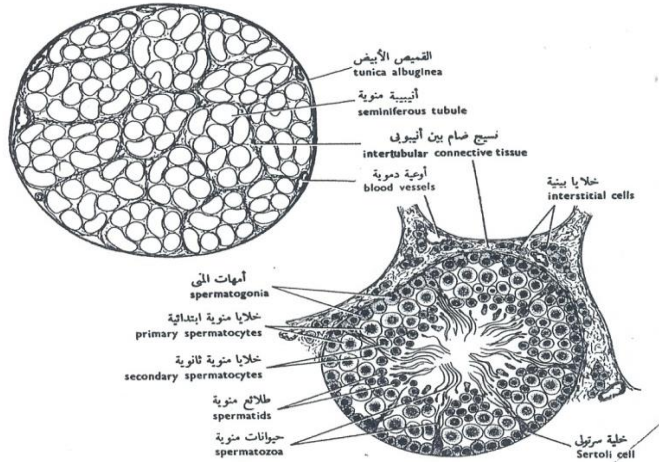
تكوين الحيوانات المنوية

تتكون الحيوانات المنوية في الخصية وهي الغدة التناسلية للذكر وهي المسؤولة عن صنع النطف (الحيوانات المنوية) وافراز هرمونات الذكورة. توجد الخصيتان داخل كيس الصفن خارج الجسم حيث درجة الحرارة اقل من درجة حرارة الجسم فتساعد علي توالد النطف. والخصية عبارة عن عدد هائل من الأنبيبات المنوية متعرجة وملتفة حول نفسها قد يصل طولها الي 500 متر ملتفة في حيز لا يزيد عن 5 سم وتحاط الخصية بنسيج ضام مرن ويتخللها نسيج ضام بين أنببيبي. وعندما يصل الحيوان الفقاري إلى مرحلة النضوج الجنسي تبدأ خلايا أمهات المني في النمو والتحول إلى حيوانات منوية داخل الأنبيبات المنوية ولا تتحول كل مولدات المني الموجودة داخل الأنبيبات المنوية دفعة واحدة إلى حيوانات منوية ولكن تتم هذه العملية في مجموعات منها فقط وعلى فترات متتابعة كما أن هناك انقسامات دائمة ومستمرة لمولدات المني لإنتاج أعداد أكثر وأكثر وذلك فإننا نجد جميع مراحل

تكوين الحيوان المنوي في الخصية الواحدة في آن واحد (شكل 3).



رسم تخطيطي للتركيب الطولي



شكل 3: قطاع عرضي من خصية فأر

مراحل تكوين الحيوانات المنوية Spermatogenesis

(1) مرحلة التضاعف Multiplication Phase :-

تنقسم أمهات المني بعد تكونها انقسام ميتوزي Mitosis عدد من المرات لتعطي عدد كبير من أمهات المني Spermatogonia كل منها تحتوي علي العدد المزدوج من الكروموسومات (2ن) لتشكل بذلك مصدراً لخلايا جنسية جديدة (شكل 4).

(2) مرحلة النمو Growth Phase :-

تستمر بعض خلايا أمهات المني في الانقسام ويبدأ بعضاً منها في النمو حيث تنقسم كل واحدة منها لتعطي خليتان تدخل كلاً منها في مرحلة نمو عن طريق زيادة حجم الخلية بزيادة كمية السيتوبلازم وتعرف بالخلايا المنوية الأولية أو الابتدائية Primary spermatocytes وهي أكبر الخلايا المنوية وتتجه نحو مركز الأنبيبية فوق أمهات المني وتكون في حالة انقسام مستمر .

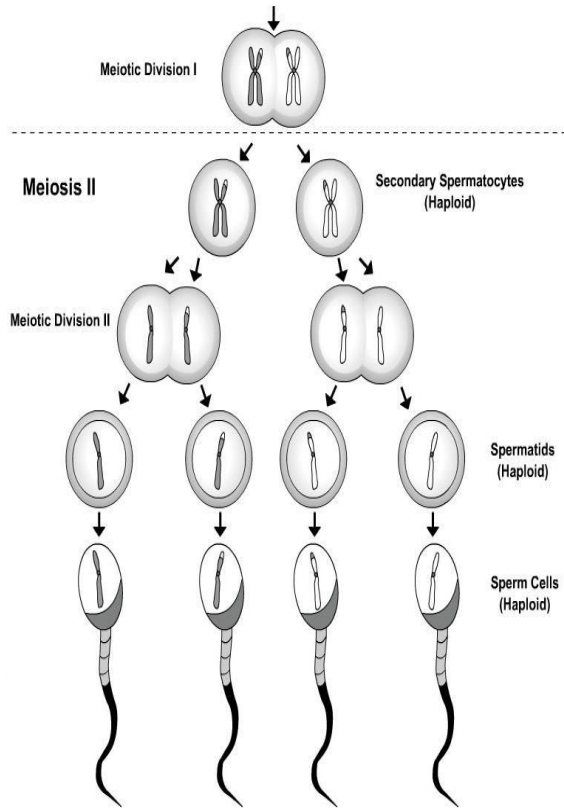
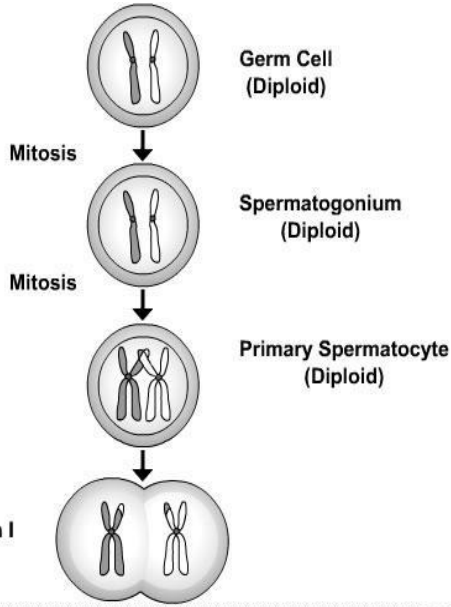
(3) مرحلة النضج Maturation Phase :-

تنقسم الخلايا المنوية الأولية انقسامها الاختزالي Meiosis الأول بعد أن تضاعف DNA الكروموسومي لتعطي كل خلية خليتين تعرف كلاً منها بالخلية المنوية الثانوية Secondary Spermatocytes الحاوية لنصف العدد من الكروموسومات الموجود في خلايا أمهات المني وهي خلايا أصغر من سابقتها وتتجه أيضاً نحو المركز وهذه بدورها تنقسم الانقسام الاختزالي الثاني لتعطي أربعة خلايا صغيرة ذات نواة صغيرة داكنة مركزية دائرية هي الطلائع المنوية Spermatids .

(4) مرحلة التمايز (التحول النطفي) Differentiation Phase :-

تتمايز الطليعة المنوية إلى حيوان منوي Spermatozoon بعملية تعرف بالتحول النطفي وفيها يحدث تحور للطليعة المنوية من خلية عادية إلى حيوان منوي رشيق القوام له القدرة على الحركة والإخصاب.

Meiosis I



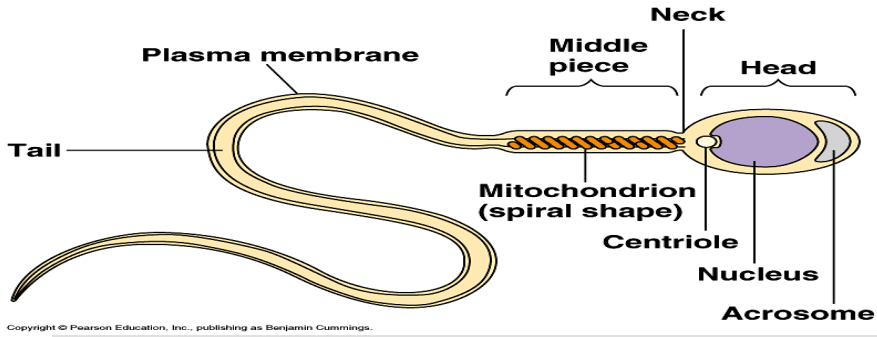
شكل 4: مراحل تكوين الحيوانات المنوية

Sperm structure تركيب الحيوان المنوي

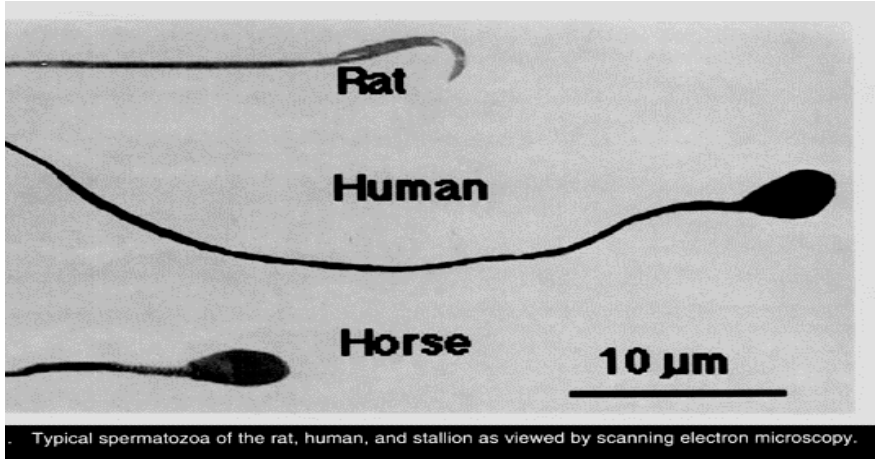
1- الرأس : وبه النواة شكلها حسب نوع الحيوان مفلطح كما في الإنسان أو خطافي كما في الفأر كمثري كما الأغنام ومغزلي كما في البرمائيات أو خيطي كما في الطيور. يغطي أعلى النواة الجسم القمي (Acrosome) وبه الأنزيمات الهاضمة لكي تساعد في اختراق أغشية البويضة أثناء الإخصاب (شكل 5).

2- القطة المتوسطة : حيث تحتوي على الميتوكوندريا لإنتاج الطاقة للحركة

2- الذيل : ويعمل على حركة الحيوان المنوي .



Copyright © Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.



شكل 5: تركيب الحيوان المنوي

تحديد جنس المولود

ان جنس الجنين يحدد من اللحظة الأولى للإخصاب وفقاً للتركيب الوراثي لنواة الحيوان المنوي الذي يلقح البويضة . حيث أن كلاً من نواتي الحيوان المنوي والبويضة تحمل 23 زوجاً من الكروموسومات منها 22 كروموسوم جسدي وزوجاً واحداً هو المسئول عن تحديد الجنس وهو الكوموسوم الجنسي و الحيوانات المنوية ، إما أن تكون مذكرة أي تحتوي على الكروموسوم y فقط، وإما أن تكون حيوانات منوية مؤنثة أي تحمل الكروموسوم X ، وتبعاً للتركيب الوراثية لنواة البويضة المخصبة الناتجة من اتحاد النواتين يكون الجنس . فإذا كان التركيب الوراثي XX كان الجنين بنتاً ، وإذا كان التركيب الوراثي XY فإن الجنين ولدًا. قال تعالي....

((يَهَبُ لِمَنْ يَشَاءُ إِنثًا وَيَهَبُ لِمَنْ يَشَاءُ الذُّكُورَ أَوْ يُزَوِّجُهُمْ ذُكْرَانًا وَإِنثًا وَيَجْعَلُ مَنْ يَشَاءُ عَقِيمًا إِنَّهُ عَلِيمٌ قَدِيرٌ)) الشوري 49.

مراحل تكوين البويضات Oogenesis

تتكون البويضات (الجاميتات المؤنثة) في المبيض وهو الغدة التناسلية للانثي ويوجد المبيض داخل الحفرة المبيضية في الحوض ويوجد مبيض علي كل جانب يشبه اللوزة طوله حوالي 3 سم وعرضه 2 سم وسمكه 1 سم ويثبت المبيض في مكانه مجموعة من الأربطة.

1- مرحلة التضاعف Multiplication Phase:

تنقسم الخلايا الجرثومية الأولية عدة مرات انقسام غير مباشر لتعطي عدد كبير من أمهات البيض oogonia المحتوية على 46 كروموسوم وهذه تكون ملاصقة لغشاء المبيض في مجموعات تعرف بأعشاش أمهات البيض في الثدييات وتحدث هذه المرحلة بعد تمايز المبيض في المرحلة الجنينية من التكوين (في الشهر الثالث من الحمل). تستمر هذه الخلايا في الانقسام ويتحول بعضها الي خلايا بيضية ابتدائية حتي يصل عددها في الشهر الخامس من الحمل الي سبعة ملايين عندها يبدأ الكثير من امهات البيض والخلايا البيضية الابتدائية في التحلل والموت حتي يصل عددها عند الولادة من 700.000 الي 2 مليون. خلال مرحلة الطفولة يتحلل الكثير منها، ولا يتبقي منها عند مرحلة البلوغ سوي 400.000 . أقل من 500 فقط هي التي يحدث لها تبويض. تبدأ الخلايا البيضية الابتدائية الانقسام الميوزي الاول في المرحلة الجنينية ثم تدخل في

مرحلة كمون . قبل البلوغ تكمل الانقسام الميوزي الاول ثم تبدأ الانقسام الاختزالي الثاني قبل التبويض بساعات ولا تكمله الا عند الاخصاب.

2- مرحلة النمو Growth Phase:

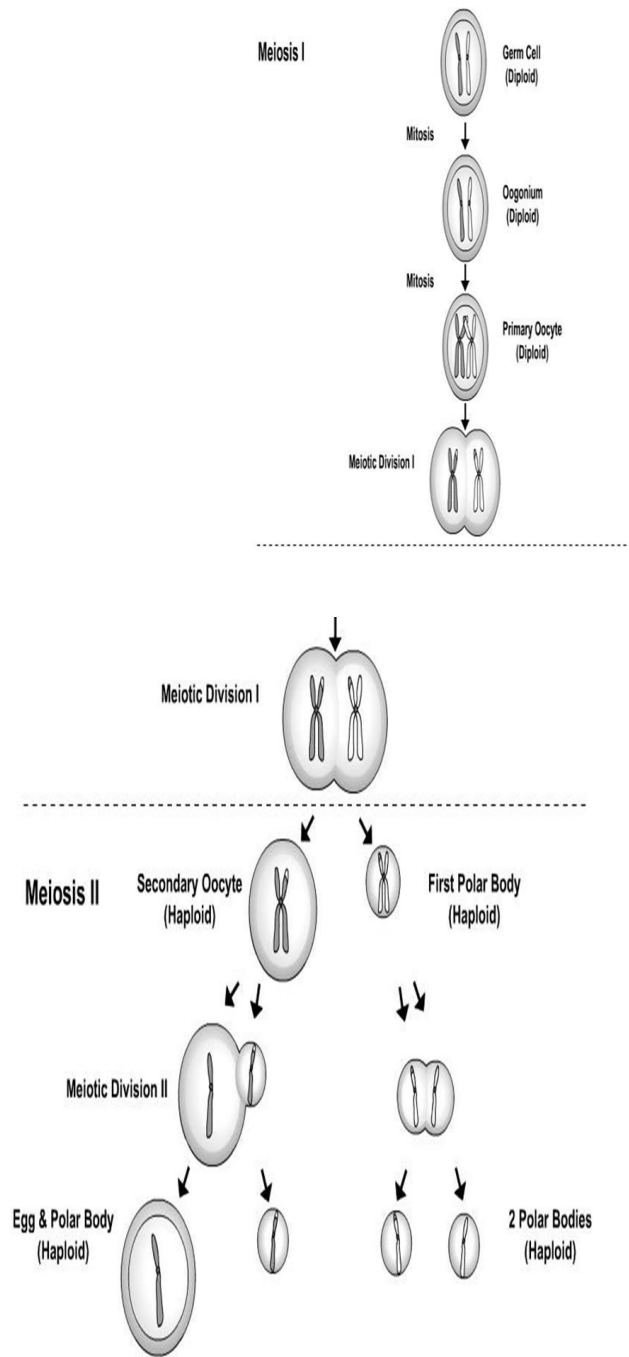
تبدأ بعض من الخلايا البيضية الابتدائية Primary oocyte في النمو وهذا النمو يزود البويضة بما يحتاجه الجنين لنموه من مواد غذائية. وتنمو واحدة فقط منها حيث تحاط بخلايا حويصلية من طلائية المبيض أي من الطبقة السطحية للمبيض وتكون على شكل طبقة واحدة من الخلايا الحويصلية بينما تبقى الخلايا البيضية الابتدائية الأخرى في الطور المضاعف لشهور بل ولعدة سنين قد تصل في أنثى الإنسان إلى 50 سنة. وهذا من شأنه أن يزيد من معدلات الأضرار الكروموسومية وفي خلال هذا الزمن وطوال فترة خصوبة المرأة تتضج خلية بيضية ابتدائية واحدة كل شهر استجابة للحفز الهرموني. وهذا هو السبب الأساسي لزيادة احتمال وجود عيوب خلقية عند الأطفال الذين يولدون لنساء متقدمات في السن.

تستمر الحويصلة الأولية في النمو متجهة إلى السطح الآخر للمبيض وتحاط بطبقات من الخلايا الحويصلية ثم تتراكم حولها عدد كبير من الخلايا الحويصلية ويعرف هنا الركام بالركام الحويصلي وبداخله البويضة الابتدائية الناضجة عندها تدخل البويضة في تركيب خاص يعرف بحويصلة جراف Grafian follicle نسبة إلى مكتشفها. وتقوم الخلايا الحويصلية التي تحيط بالبويضة منذ بدء نموها ونضجها بحماية البويضة النامية وتغذيتها وترسيب المواد الغذائية بها ومن ضمن المواد الهامة التي تتراكم في البويضات المح وهو احتياطي غذائي رئيسي لمعظم الأجنة النامية.

3- مرحلة النضج Maturation Phase :

إن خروج البويضة من المبيض يكون بمثابة تنبيه لها لتتقسم الانقسام الاختزالي الأول وأثناء حدوث الانقسام تتحرك نواة الخلية البيضية الابتدائية لتحتل مكانا جانبيا بالقرب من جدارها ويحدد هذا المكان أحد أقطاب الخلية البيضية وهو القطب الحيواني وتمثل الجهة المقابلة القطب الخضري وينتج عن الانقسام بويضة واحدة كبيرة هي الخلية البيضية الثانوية Secondary oocyte (الحاوية على نصف عدد الكروموسومات) وجسم صغير هو الجسم القطبي الأول First polar body . وتستقر البويضة الثانوية في الجزء العلوي من قناة البيض بانتظار الحيوانات المنوية لتلقحها ويلاحظ أن البويضة تحاط أثناء خروجها من المبيض بجزء من نسيجه الضام المرن والذي يعرف بالقشرة الحويصلية.

يحدث الانقسام الاختزالي الثاني للبويضة الثانوية داخل قناة البيض ويعد اختراق الحيوان المنوي لأغشيتها تنبئها لها لتتقسم معطية خلية بيضية واحدة كبيرة محتوية على الجزء الأكبر من السيتوبلازم هي البويضة الناضجة Maturation ovam وجسم صغير هو الجسم القطبي الثاني Second polar body الحاوي لقدر بسيط جدا من السيتوبلازم كما قد ينقسم الجسم القطبي الأول (أو لا ينقسم) مكونا جسمان قطبان وبعد فترة قصيرة تتلاشى هذه الأجسام القطبية الثلاثة ولذلك فإن تكوينها لا يعدو سوى ذهاب نصف عدد الكروموسومات الموجودة في نواة الخلية البيضية وأن تحظى البويضة بأكبر كمية من السيتوبلازم للمحافظة على المخزون الهائل من المواد التي تنتج وتتراكم أثناء نمو الخلية البيضية ولو كان الانقسام متساويا لحصلت كل من الخليتين الناضجتين على كمية متساوية من المواد المختزنة والتي تعد أقل جدا مما هو ضروري للتكوين الناجح والطبيعي للجنين (شكل 6).



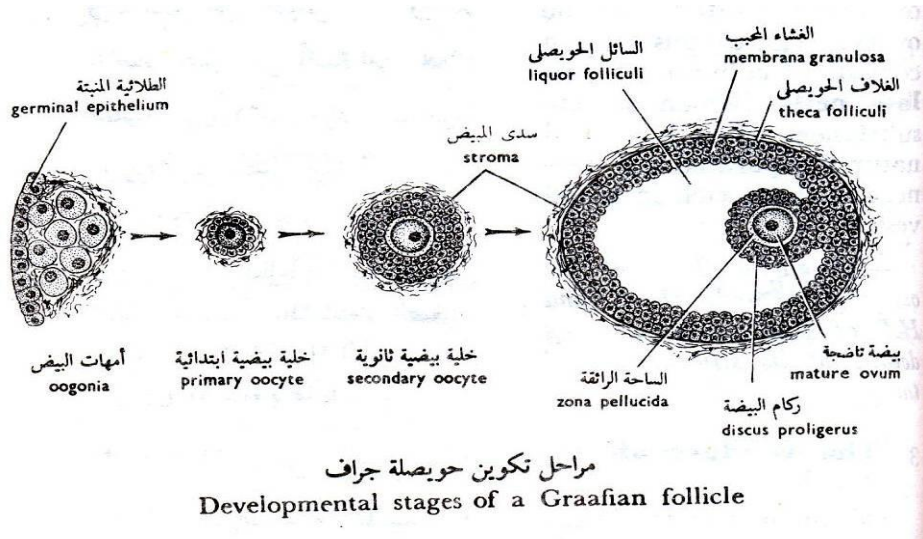
شكل 6: يوضح مراحل تكوين البويضات

تركيب البويضة Egg structure

تكون البويضة عادة مستديرة الشكل ولها نواة Nucleus مستديرة تحاط بكتلة سيتوبلازمية تحتوي على كمية متباينة من المح وتحاط البويضة بأغشية خاصة فعادة ما تكون مغلفة أولا بغشاء المح Vitelline Membrane الرقيق الذي تفرزه البويضة ذاتها ، ولذا يعرف أيضا بغشاء البويضة الابتدائي Primary egg membrane، وقد يحيط بهذا الغشاء غشاء ثانوي Secondary membrane تكونه الخلايا الحويصلية التي تحيط بالبويضة في المبيض شكل (7).

أنواع البويضات

تختلف البويضات في الحجم منها الصغير ومنها الكبير ولكنها تعتبر اكبر الخلايا الحيوانية



مراحل تكوين حويصلة جراف
Developmental stages of a Graafian follicle

شكل 7: مراحل تكوين حويصلة جراف

لاحتوائها على المادة الغذائية اللازمة لتكوين الجنين (المح) ، وطبقا لوجود أو عدم وجود المح وطريقة توزيعه داخل البويضة تقسم البويضات الي انواع مختلفة (شكل 8).

أ- تقسيم البويضات طبقا لكمية المح:

1- بويضات نادرة او عديمة المح Alecithal – يوجد بها كمية قليلة جدا من مح أو تكاد تنعدم حيث تقوم المشيمة بتغذية الجنين كما في الثدييات المشيمية.

2- بويضات قليلة المح Oligolecithal - تحتوي علي كمية قليلة من المح كما في بويضة السهيم وشوكية الجلد.

3- بويضات متوسطة المح Mesolecithal - تحتوي علي كمية متوسطة من المح كما في بويضة البرمائيات وبعض الأسماك.

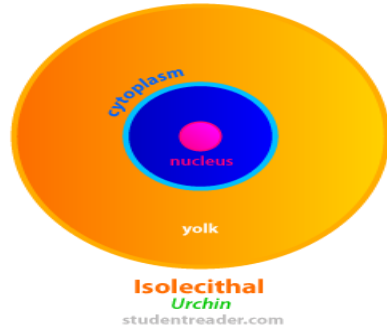
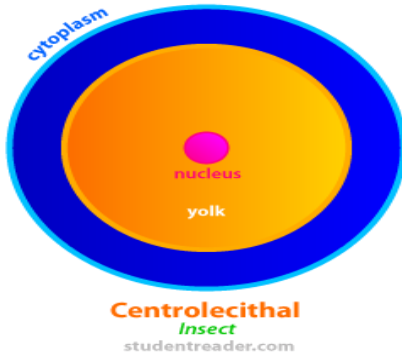
4- بويضات غزيرة المح Macrolecithal - حيث يوجد كمية كبيرة من المح تشغل معظم حيز البويضة . لذلك نجد النواة والسيتوبلازم ينحصر في جزء صغير جدا عند طرف البويضة يسمى القرص الجرثومي (germinal disc) كما في بويضة الزواحف والطيور.

ب - تقسيم البويضات طبقا لتوزيع المح:

1- متساوية المح Isolecithal تتوزع حبيبات المح داخل السيتوبلازم بطريقة متساوية كما في الحبيبات الأولية مثل السهيم وبعض الأسماك.

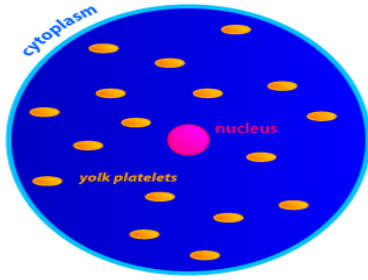
2- طرفية المح Telolecithal تتركز حبيبات المح عند احد اطراف البويضة كما في بويضة الضفدعة حيث تتركز حبيبات المح عند القطب الخصري.

3- مركزية المح Centrolecithal تتركز حبيبات المح في مركز البويضة كما في بويضات



الحشرات.

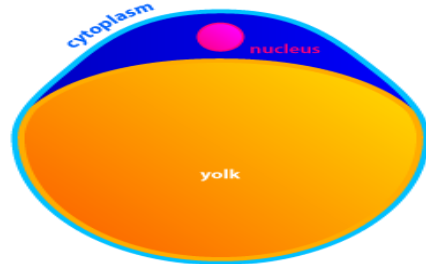
بويضة مركزية المح



Alecithal
Mammal
studentreader.com

بويضة قليلة المح

بويضة متساوية المح



Telolecithal
Zebrafish
studentreader.com

بويضة طرفية المح

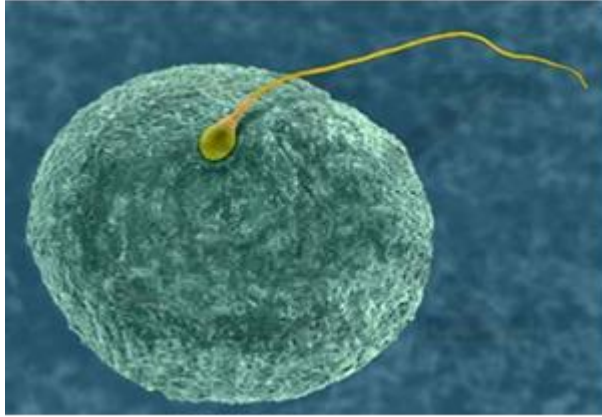
بويضة كبيرة المح

شكل 8: أنواع البويضات

الإخصاب Fertilization

الإخصاب هو عملية يستطيع الحيوان المنوي من خلالها البدء والمشاركة في نمو الجنين باتحاد نواة الحيوان المنوي (تحمل نصف عدد الكروموسومات - الصفات الوراثية للأب) مع نواة البويضة (تحمل نصف عدد الكروموسومات - الصفات الوراثية للأم).

أنواع الإخصاب



1- **إخصاب خارجي External Fertilization** : خارج جسم الحيوان ويوجد في الحيوانات المائية حيث تحتاج هذه العملية لبيئات مائية ليسبح الحيوان المنوي إلى البويضة. ففي كثير من الأسماك تضع الأنثى البيض في الماء ويضع الذكر الحيوانات المنوية فوق البيض.

3- **إخصاب داخلي Internal Fertilization** : داخل جسم الحيوان

4- ويوجد في الحيوانات الأرضية بيوضة او ولودة. وقد يحمل الصغير داخل الأم ويولد بعد فترة محددة ، أو أن تحاط البيضة المخصبة بأغلفة للحماية ثم تبيضها الأم ، وتتركها لينمو الجنين خارج جسمها.

- للإخصاب ثلاث وظائف محددة:

- 1- ينشط البيضة لتبدأ التفاعلات الأيضية.
- 2- إستعادة العدد المزوج للكروموسومات.
- 3- حث البيضة على الإنقسام ، وبدء عملية التفالج.

تتطلب عملية الإخصاب في معظم الحيوانات مايلي:

- 1 - يحتاج الإخصاب إلى وسط سائل ، وهو الماء في الحيوانات التي تعيش في الماء أو سائل الجسم في الحيوانات الولودة.
- 2 - فترة حياة الجاميتات محدودة ، ومن ثم يجب أن تخصب البويضة خلال فترة محددة.
- 3 - لزيادة احتمالية الإخصاب ، يجب أن تكون أعداد الحيوانات المنوية أكبر بكثير من أعداد البويضات.

التفـلج

التفـلج هو سلسلة من الانقسامات الميتوزية تحدث للبويضة المخصبة وتنتهي بتكوين طور البلاستولة وتعرف الخلايا الناتجة من هذه الانقسامات بالفـلجات.

أنواع التفـلج Types of Cleavage

يختلف نوع التفـلج باختلاف شكل البويضة وكمية المح و توزيعه في السيتوبلازم.

1- التفـلج الكامل Holoblastic Cleavage:

أ) التفـلج الكامل المتساوي Holoblastic equal cleavage

انقسام كلي كامل ، في البويضات قليلة المح أو متوسطة المح والتي يتوزع المح فيها بصورة منتظمة ومتساوية وينتج عنه فلجات متساوية في الحجم. مثل بويضة السهم والثدييات.

ب) التفـلج الكامل الغير متساوي Holoblastic unequal cleavage



شكل 9: التفـلج الكامل المتساوي

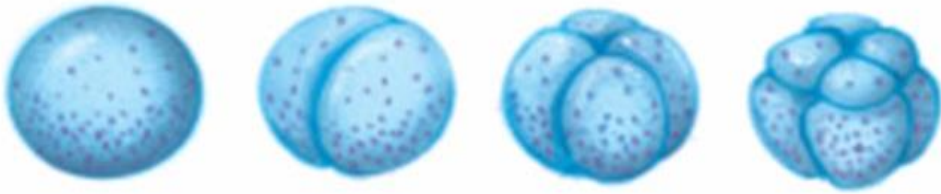
الانقسام كلي كامل ولكن غير متساوي ، في البويضات ذيلية المح كاليرمانيات ، حيث تتركز كمية كبيرة من المح جهة القطب الخضري (تعمل على ابطاء سرعة الانقسام و اعاقه مستويات التفـلج في

نصف الكرة الخضري) وبالتالي فإن خلايا القطب الحيواني والتي تحتوي علي كمية قليلة من المح تكون أسرع في الانقسام وبالتالي أصغر حجماً و أكثر عدداً.

2- التفلج الجزئي: Meroblastic cleavage

تفلج غير كامل في البويضات التي تحتوي علي مح كثير حيث لا

تمر مستويات التفلج بالمح مثل بويضة الطيور والزواحف ويتمثل في :



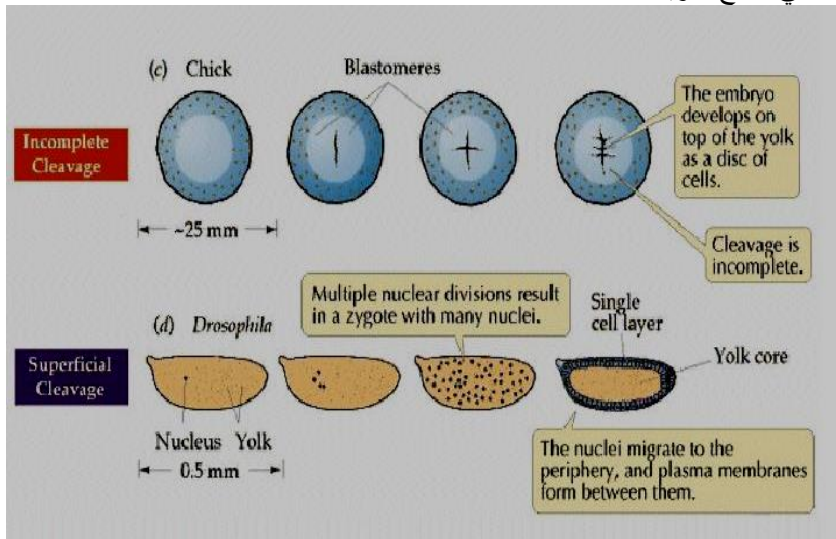
شكل 9: التفلج الكامل غير المتساوي

أ - تفلج قرص (Discoidal cleavage)

انقسام غير كامل كما في الزواحف و الطيور حيث ينحصر التفلج في منطقة اعلى البويضة تسمى بالقرص الجرثومي أو البلاستودرم (سيتوبلازم خالي من المح و يطوف فوق المح).

ب- التفلج السطحي: Superficial Cleavage:

في البويضات التي يكون فيها المح مركزي في وسط البويضة كما في الحشرات ، تنقسم النواة انقسامات متتالية ثم تتحرك الانوية الي سطح البويضة وتنفرد كل نواة بجزء من السيتوبلازم وتتكون الخلايا علي سطح البويضة.

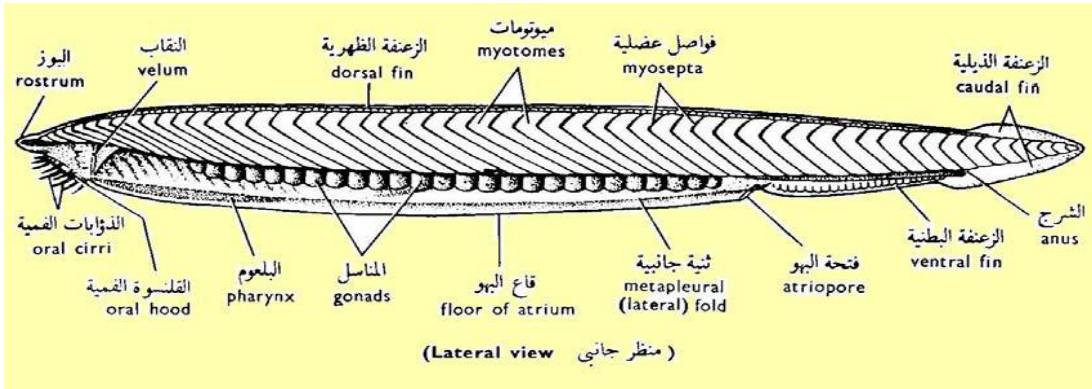


شكل 10: التفلج القرصي والسطحي

التكوين الجنيني في السهم

Embryonic development of Amphioxus

ينتمي حيوان السهم تصنيفياً إلى شعبة الحليبات طائفة الرأس حليبات ، وهو حيوان بحري شفاف مدبب الطرفين ، يتراوح طوله ما بين 3,5 – 5 سم شكل (11) . الجنسين فيه منفصلان ويتم الإخصاب في هذا الحيوان خارجياً و بعد مرور ساعة من عملية الإخصاب تبدأ مراحل التفلج والتي تكون من النوع الكامل المتساوي.



شكل 11: حيوان السهم

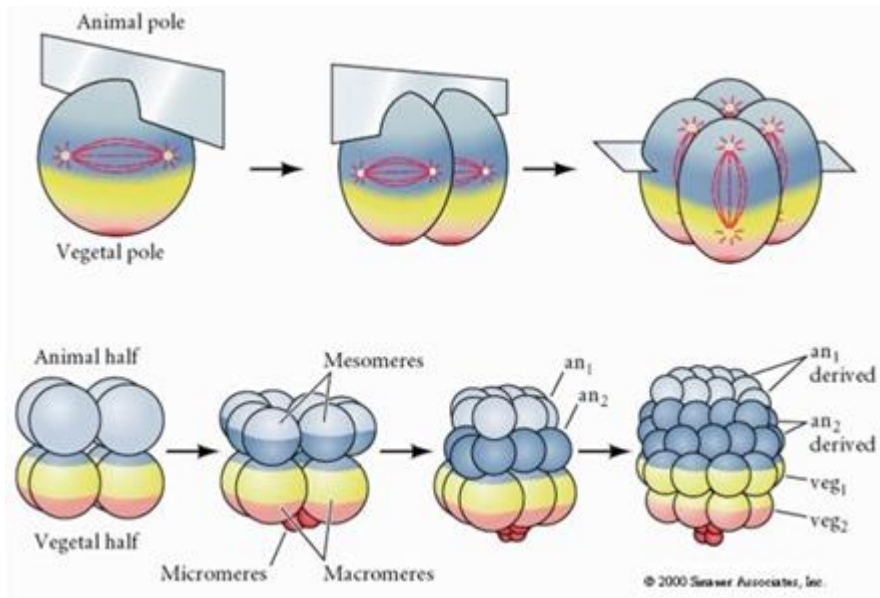
التفأح في السهم:

يبدأ التفلج بعد الإخصاب بحوالي 60-70 دقيقة. يبدأ الانقسام الأول من القطب الحيواني ويمتد إلى القطب الخضري وهو انقسام طولي وينتج عنه فلجتان متساويتان ، الانقسام الثاني طولي ايضا وعمودي على الانقسام الأول ويحدث بعد 45 دقيقة من الانقسام الأول ويعطي 4 فلجات متساوية، الانقسام الثالث يبدأ بعد 30 دقيقة من الانقسام الثاني ويكون مستعرض ويمر أعلى مستوى خط الوسط بقليل (أقرب للقطب الحيواني) وذلك لان تركيز المح في نصف الكرة الخضري كبير ويشكل مانع أمام توسط شق الانقسام وينتج 8 فلجات 4 صغيرة ناحية القطب الحيواني و4 فلجات كبيرة ناحية القطب الخضري. الانقسام الرابع عبارة عن شقان طوليان ويعطي 16 فلجة مرتبة في صفين كل صف يحتوي على 8 فلجات ، الانقسام الخامس عبارة عن شقين مستعرضين موازيين للانقسام الثالث وينتج عنه 32 فلجة مرتبة في 4 صفوف في كل صف 8 فلجات تزداد في الحجم كلما اتجهنا الى

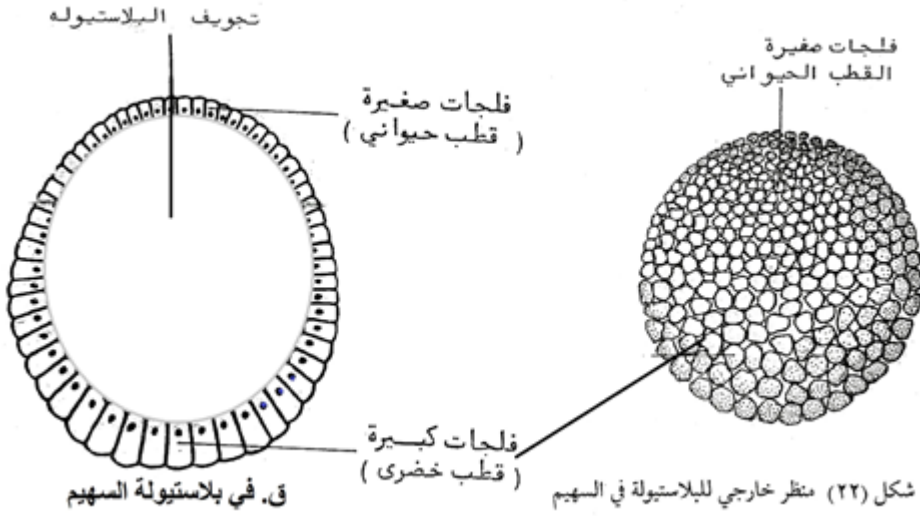
القطب الخضري ويعرف هذا الطور بالتوتية شكل (12). تستمر انقسامات فلجات التوتية بطريقة غير منتظمة الى أن تتكون كرة جوفاء من الخلايا تعرف باسم البلاستولة.

تركيب البلاستولة في السهم:

عبارة عن كرة جوفاء من الخلايا. يتكون جدارها من طبقة واحدة عبارة عن صف واحد من الخلايا او الفلجات بعضها صغير ناحية القطب الحيواني والاخر كبير ناحية القطب الخضري. تحتوي علي تجويف مركزي يسمى البلاستوسيل او تجويف البلاستولة (شكل 13).



شكل 12: التفلسج في السهم



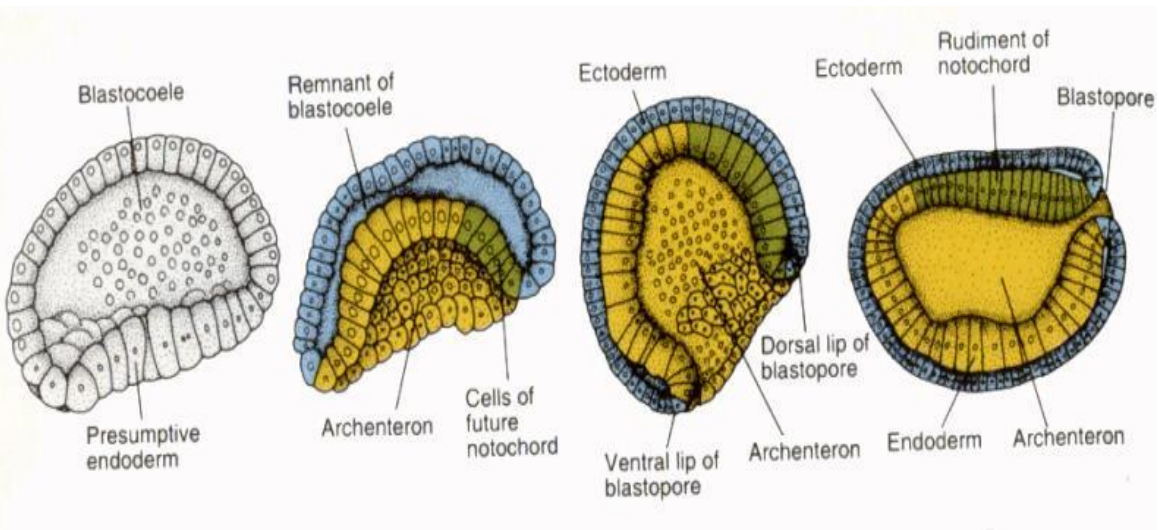
شكل 13: بلاستوبولة السهم

التبطين (الجاسترولا) في السهم.

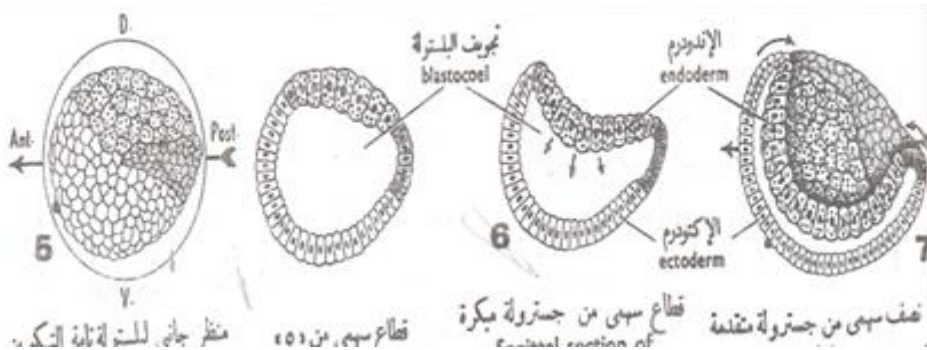
التبطين (Gastrulation) هو المرحلة التي تلي مرحلة التفلج وتكوين البلاستوبولة في الجنين ويتحول فيها الجنين الذي كان يتكون من طبقة واحدة خلال مرحلة المفجاة او البلاستوبولة الى جنين يتكون من عدة طبقات خلوية وذلك نتيجة لتحرك الخلايا وهجرتها من سطح الجنين الى الداخل لتبطن خلايا الجنين من الداخل ،وكذلك بداية تكوين المعى القديم أو البدائي (Archenteron) أو التجويف الداخلي (البطن) للجنين ولذلك سمية بعملية التبطين ويعرف الجنين في هذه المرحلة بالمبطنة أو الجاسترولة (Gastrula).

- 1- تبدأ عملية التبطين بتسطح جدار البلاستوبولة عند القطب الخضري وينغمد للداخل تدريجيا.
- 2- تزداد عملية الانغماد فينقص حجم تجويف البلاستوبولة وفي نفس الوقت يظهر تجويف جديد في وسط الجزء المنغمد يعرف بتجويف الجاسترولة او تجوي المعى القديم .
- 3- تستمر عملية الانغماد حتي يتلاشي تجويف لبلاستوبولة ويتكون طور جديد هو الجاسترولة

4- يتكون جدار الجاسترولة من طبقتين: الخارجية هي طبقة الاكتودرم (Ectoderm) والداخلية هي الاندودرم (Endoderm) ثم تبدأ تهاجر خلايا من السطح لتكون طبقة متوسطة بين الطبقتين تسمى بالطبقة المتوسطة أو الميزوديرم (Mesoderm) شكل (14).



شكل 14: التبطين (مرحلة تكوين الجسترولا في السهيم)



التعضي او تكوين الأعضاء في السهم Organogenesis

1- تكوين الجهاز العصبي المركزي Neurulation

يتكون الجهاز العصبي المركزي علي هيئة شريط من الخلايا الاكتودرمية بطول السطح الظهري للجسترولا ويسمي هذا الشريط بالصفحة العصبية neural plate وتصبح خلايا هذا الشريط اكثر سمكا من الخلايا المجاورة. تنحني الصفحة العصبية قليلا اسفل مستوي الاكتودرم وتعطي الميزاب العصبي بينما يرتفع الاكتودرم المحيط بالحافتين الجانبيتين معطيا الثنتين العصبيتين. يحدث التقاف لاعلي لنهايتي الصفحة العصبية حتي تتحدان مع بعضهما في الخط المنصف الظهري وبذلك تتحول الصفحة العصبية الي انبوبة عصبية ويسمي التجويف داخل الانبوبة العصبية بالتجويف العصبي. يتغلظ الطرف الامامي للانبوبة العصبية معطيا المخ ويعطي باقي الانبوبة الحبل الشوكي شكل (15).

2- تكوين الحبل الظهري Notochord

1- ينشأ الحبل الظهري من خلايا الجزء الظهري المتوسط للطبقة الداخلية للجاسترولة الذي يقع أسفل الصفحة العصبية مباشرة.

2- تنسطح هذه الخلايا مكونة صفحة الحبل الظهري

3- تنتهي الي الداخل الي أن تتحول الي حبل مصمت من الخلايا يعرف بالحبل الظهري

4- يبدأ تكوين الحبل الظهري في منطقة الذيل ويمتد الي مقدمة الرأس في السهم لذا يعتبر السهم من الرأس حليات.

3- تكوين الميزوديرم في السهم Mesoderm

الميزوديرم هو أحد الطبقات الجنينية الثلاث ويقع بين الاكتوديرم و الاندوديرم

1- يبدأ ظهور الميزوديرم في السهم على شكل شريطين طويلين من الطبقة الداخلية للجاسترولة على جانبي الحبل الظهري وموازيان له

2- ينتهي كل شريط الي الداخل بشكل يشابه الحبل الظهري فيتحولا الي أخدودين طويلين

3- تنشأ حواجز عرضية على طول كل أخدود تقسمه الي وحدات صغيرة تعرف باسم القطع الميزوديرمية التي تحوي بداخلها جزء من تجويف المعي البدائي يسمى جيب المعي البدائي

4- تستمر القطع الميزوديرمية في النمو و الانتشاء بين الاكتوديرم و الاندوديرم الى أن تتحول الى قطع ذات تجاويف مستقلة.

- تتكون القطع الميزوديرمية الواحدة تلو الأخرى على جانبي الجسم بدءاً من الأمام الى الخلف

6- تستمر القطع في النمو الى أسفل على جانبي تجويف الأمعاء حتى يلتقي كل طرف مع الآخر في الخط المنصف البطني أسفل الأمعاء

- تنقسم كل قطعة ميزوديرمية بواسطة حاجز أفقي الى قطعة علوية وقطعة سفلية تحوي كل منهما جزء من تجويف الميزوديرم.

8- يسمى تجويف القطعة العلوية بالتجويف العضلي أما تجويف القطعة السفلية يعرف بتجويف السيلوم أو التجويف الحشوي.

9- تتميز القطعة العلوية الى ثلاث قطع:

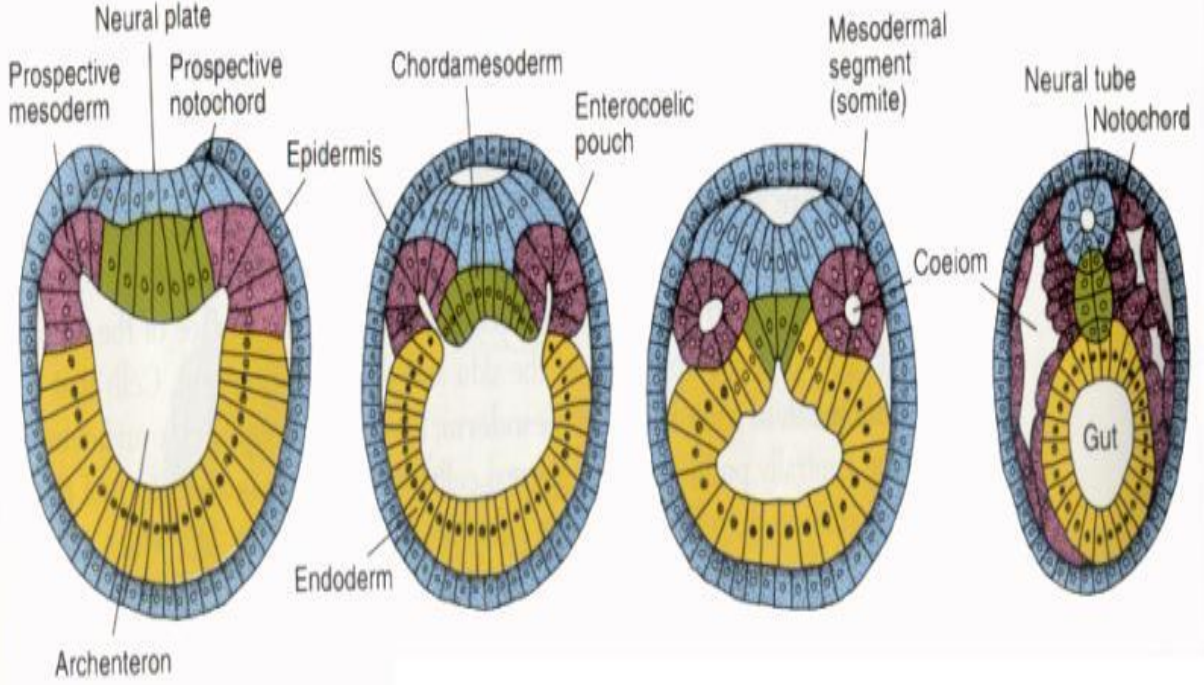
(أ) قطعة هيكلية تكون الغلاف الليفي لحماية الحبل الظهري والأنبوبة العصبية

(ب) قطعة ادمية تبطن طبقة البشرة لتكون في النهاية أدمة الجلد.

10- القطع السفلية من الميزوديرم ينقسم بواسطة تجويف السيلوم الى ميزوديرم حشوي و ميزوديرم بشري

11- يكون الميزوديرم الحشوي مع الاندوديرم جدار حشوي مزدوج (جدار الأمعاء)

أما الميزوديرم البشري يكون مع الاكتوديرم جدار جسمي مزدوج (جدار الجسم).

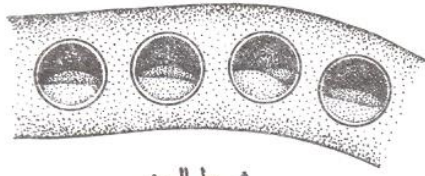


شكل 15: مراحل تكوين الأنبوبة العصبية والتعضي في السهم

التكوين الجنيني في الضفدعة

Embryonic Development of Toad

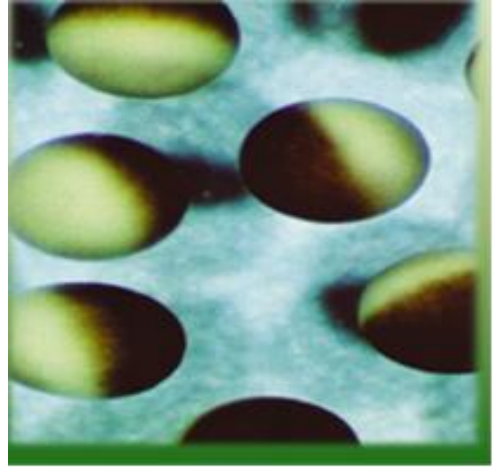
ينتمي حيوان الضفدعة تصنيفياً إلى شعبة الحبلديات، شعبيّة الفقاريات، طائفة البرمائيات والتي تعد واحدة من النماذج الأساسية لدراسة التكوين الجنيني لما تتميز به بأن لها نمطين من الحياة، حيث تتنفس بواسطة الخياشيم أثناء تكوينها الجنيني في الطور اليرقي، بينما تتنفس بواسطة الرئتين عند اكتمال نموها. الجنسين فيها منفصلان. نوع البويضة متوسطة المح أو طرفية المح حيث ينتظم بيض الضفدعة في اشربة من مادة جيلاتينية والإخصاب يكون خارجي ونوع التفلق كامل غير متساوي نظراً لتركز كمية المح في القطب الخصري من بويضة الضفدعة (شكل 16).



شريط البيض
Egg ribbon



البيضة المخصبة
Fertilized egg



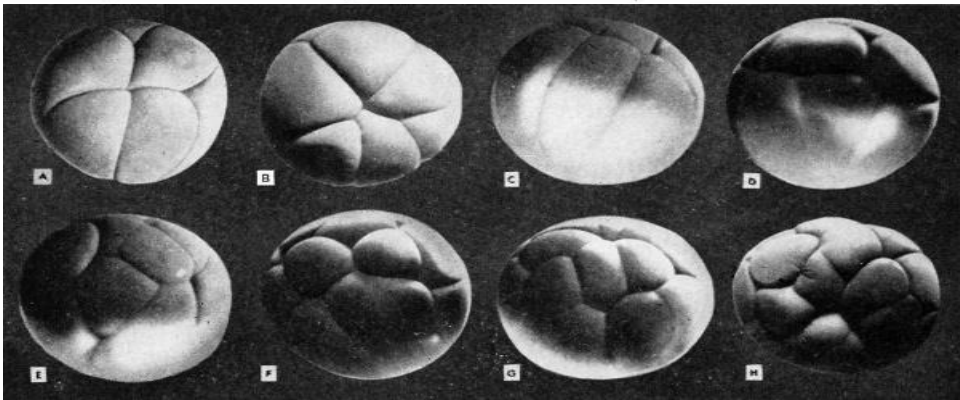
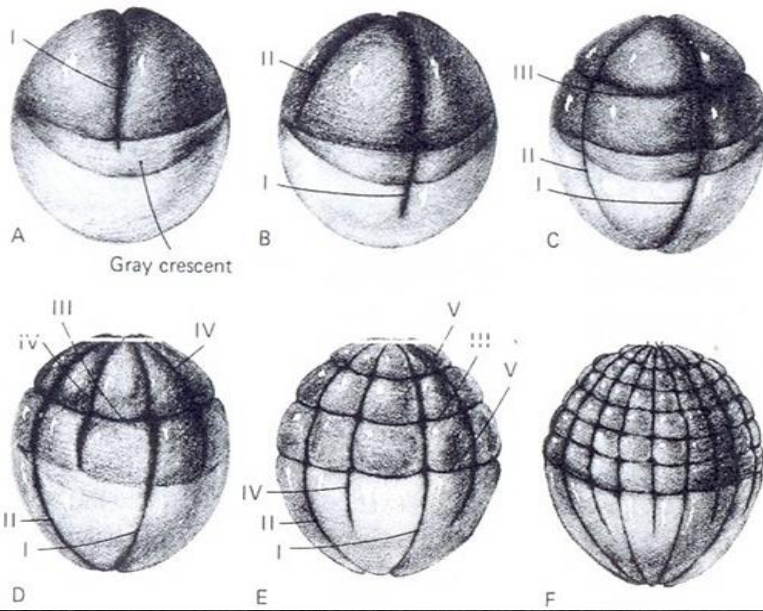
شكل 16: بويضة الضفدعة متوسطة او طرفية المح

التفصيل في الضفدعة

يبدأ الانقسام الأول من القطب الحيواني ويمتد الى القطب الخضري وهو انقسام طولي وينتج عنه فلجتان متساويتان. الانقسام الثاني طولي ايضا وعمودي على الانقسام الأول ويعطي 4 فلجات متساوية. الانقسام الثالث افقي بعيد عن المحور اقرب الي القطب الحيواني ينتج عنه 8 فلجات 4 صغيرة (micromeres) ناحية القطب الحيواني و4 فلجات كبيرة (macromeres) ناحية القطب

الخصري. الانقسام الرابع عبارة عن شقان طوليان ويعطي 16 فلجة مرتبة في صفين كل صف يحتوي

على 8 فلجات. الانقسام الخامس عبارة عن شقين مستعرضين موازيين للانقسام الثالث وينتج عنه 32 فلجة مرتبة في 4 صفوف في كل صف 8 فلجات ويعرف هذا الطور بالتوتية (morula) (شكل 17). تتابع الانقسامات لتعطي مرحلة البلاستولة (blastula).

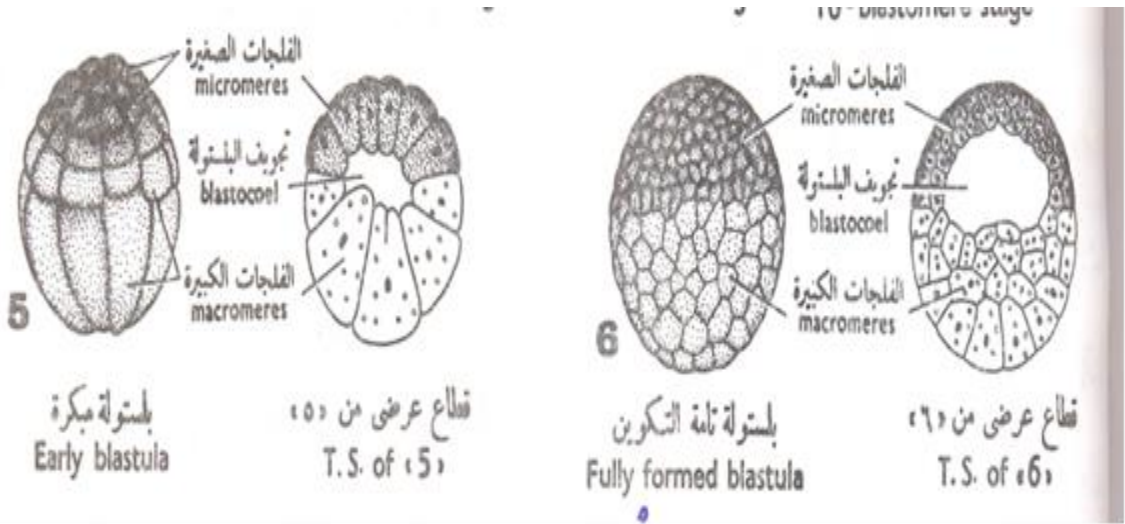


شكل 17: التفلق في الصفدعة

تركيب البلاستولة في الضفدعة:

عبارة عن كرة جوفاء من الخلايا من الخلايا. يتكون جدارها من طبقة واحدة عبارة عن صفين او اكثر من الخلايا عند القطب الحيواني و 4 صفوف او اكثر من الخلايا عند القطب الخصري. تجويف البلاستولة طرفي او علوي اقرب الي القطب الحيواني شكل (18).

التبطين في البرمائيات (تكوين الجاسترولا)

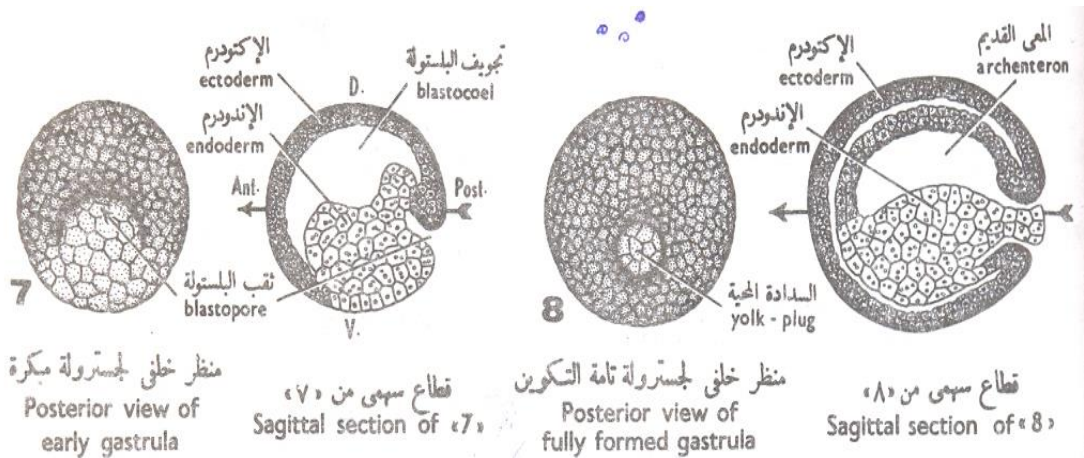


شكل 18: مراحل تكوين البلاستولة في الضفدعة

تحتوي خلايا القطب الخصري على كمية كبيرة من المح فتسبب عائقا يمنع انغماد الخلايا الى الداخل كما تعوق عمليات الانقسام السريع لها. يبدأ تكوين الجاسترولة بظهور حز او شق بين خط الوسط والقطب الخصري للبلاستولة ويعرف هذا الشق بالشفة الظهرية.

تنقسم خلايا نصف الكرة الحيواني بسرعة (نظرا لاحتوائها على كميات قليلة من المح) فيزداد عددها وتزحف في اتجاه هذا الشق ثم تنغمد الى الداخل لتكون طبقة داخلية. يوجد عاملان يساعدان على انغماد الخلايا الى الداخل هما: 1- قوة سحب داخلي مستمرة 2- قوة دفع خارجي ناتجة عن زيادة عدد الخلايا الى أن تتكون طبقة داخلية تبطن الطبقة الخارجية من الداخل في نصف الكرة الحيواني. في الجهة المقابلة للشفة الظهرية تنقسم خلايا القطب الحيواني وتزايد في العدد وتزحف فوق خلايا نصف الكرة الخصري وتنمو عليه.

مع بداية انغماد الخلايا الى الداخل يتكون تجويف صغير بين الخلايا المنغمدة وخلايا نصف الكرة الخصري ويعرف هذا التجويف بتجويف المعي البدائي (تجويف الجاسترولة). كلما زاد عدد الخلايا المنغمدة يزداد حجم تجويف المعي البدائي ويقل تجويف البلاستولة. في الجهة المقابلة للشفة الظهرية يستمر زحف خلايا القطب الحيواني فوق خلايا نصف الكرة الخصري مكونة الشفة البطنية لتثقب الجاسترولة. تزداد الشفة الظهرية في الطول والانحناء الى اسفل من كلا طرفيها مكونة شكلا هلاليا ثم نصف دائري ثم دائرة كاملة هي ثقب الجاسترولة. يزدحم عند ثقب الجاسترولة عدد من الخلايا المحيية التي توجد في القطب الخصري فتكون ما يعرف باسم السداة المحيية. بعد تمام عمليه التبطين تتحول البلاستولة ذات الطبقة الواحدة من الخلايا إلى جاسترولة ذات طبقتين (الخارجية قاتمة اللون وهي الاكتوديرم أما الداخلية فهي الاندوديرم والميزوديرم اللذان لم يتميز عن بعضهما (شكل 19).



شكل 19: مراحل تكوين الجسترولا في الضفدعة



شكل 20 : دورة حياة الضفدعة

التكوين الجنيني للزواحف والطيور

هناك بعض الاختلافات التي تميز بين طائفتي الأسماك والبرمائيات عن بقية الفقاريات العليا (الزواحف والطيور والثدييات) مثل الظروف البيئية والمعيشية لكل منهما، الإخصاب يكون خارجيا في البرمائيات والأسماك بينما يكون داخليا في الزواحف والطيور والثدييات.

- يحيط بجنين الزواحف والطيور والثدييات غشاء الرهل لذلك تعرف بالرهليات ويغيب هذا الغشاء في أجنة البرمائيات والأسماك

- تنمو أجنة الزواحف والطيور داخل البيضة ووجود الأغشية الجنينية يعوضها الوسط المائي الموجود للأسماك والبرمائيات.

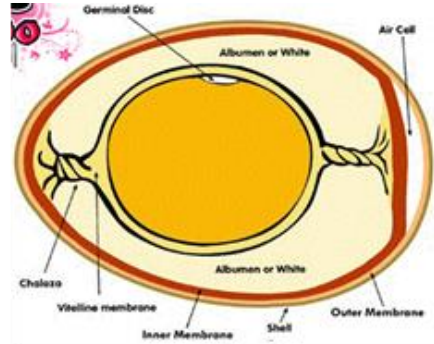
- البويضة (صفر البيضة أو المح): هي الخلية الجنسية وتكون ممتلئة بالمح حيث ينحصر السيتوبلازم فيها الى جزء بسيط أعلى المح يعرف بالسيتوبلازم النشط أو القرص الجرثومي (germinal disc) حيث توجد به النواة احادية المجموعة الكروموسومية (ن). يصنع المح في كبد الأم ثم ينتقل عن طريق تيار الدم الى الخلايا الحويصلية التي تحيط بالبويضة في المبيض .

- البيضة (البويضة والأليومين والأغشية) تتركب البيضة في كل من الزواحف والطيور من البويضة وهي صفار البيض حيث يتم تخزين المح (Yolk) في البويضة وهي في المبيض بعد خروج البويضة من المبيض الى قناة البيض يضاف عليها الأغشية البيضية الزلال (بياض البيضة) أو الأليومين (Albumin) ثم الغشائين القشريين الرقيقين ويوجد فراغ هوائي بين الغشائين عند النهاية الطرفية للبيضة ثم القشرة الكلسية وهي مسامية تسمح بتبادل الغازات مع أغشية الجنين. والبيض يكون مختلف الأحجام ويأخذ اللون الأبيض أو المنقش بالأسود أو بني وتحتضن الطيور البيض لعدة ايام حتى يفقس شكل (21).

التطور الجنيني في الطيور

Embryonic Development Aves

بعد الأخصاب وتكون نواة اللاقحة (الزيجوت) تدخل البويضة مرحلة التفلج والإنقسامات الخلوية. التفلج في الطيور قرصي (Discoidal) نظرا لوجود كمية مح كبيرة في بويضات الطيور لا تمر مستويات التفلج بالمح ويقتصر التفلج على منطقة السيتوبلازم من البويضة حيث يحدث التفلج في السيتوبلازم النشط (القرص الجرثومي).

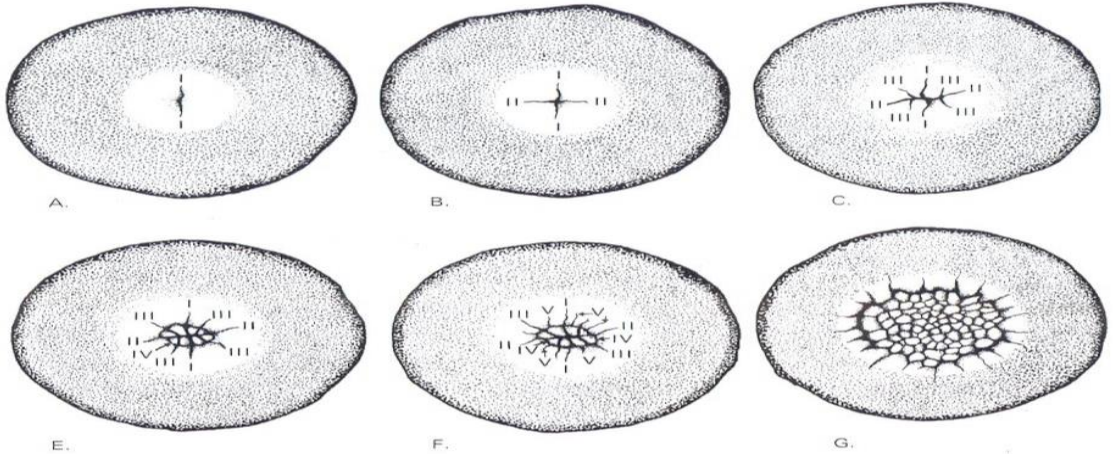


شكل 21: بيضة الطيور

التفلج في الطيور

التفلج الأول عبارة عن شق في وسط القرص الجرثومي يقسمه دون ان يقطعه للأسفل وتتكون الفلجتين دون حدود خلوية سفلية. التفلج الثاني أيضا عبارة عن شق عمودي على الشق الأول ويقسم القرص الجرثومي الى اربع فلجات أو خلايا غير كاملة. التفلج الثالث عبارة عن شقين متوازيان عموديان على الشق الثاني وبذلك تتكون ثمان فلجات غير مكتملة الأغشية السفلية. التفلج الرابع عبارة عن شقين على التفلج الثالث ليقسم القرص الجرثومي الى 16 فلجة. ثم تتوالى التفلجات لتكون التوتية (Morula). والتوتية عبارة عن كتلة من الخلايا ، الوسطية منها صغيرة ومحددة بينما الخلايا المحيطة تكون مسطحة وأكبر حجما ومتصلة بالمح من أسفل ثم تتكون

المفلجة (البلاستولة) شكل (22) .

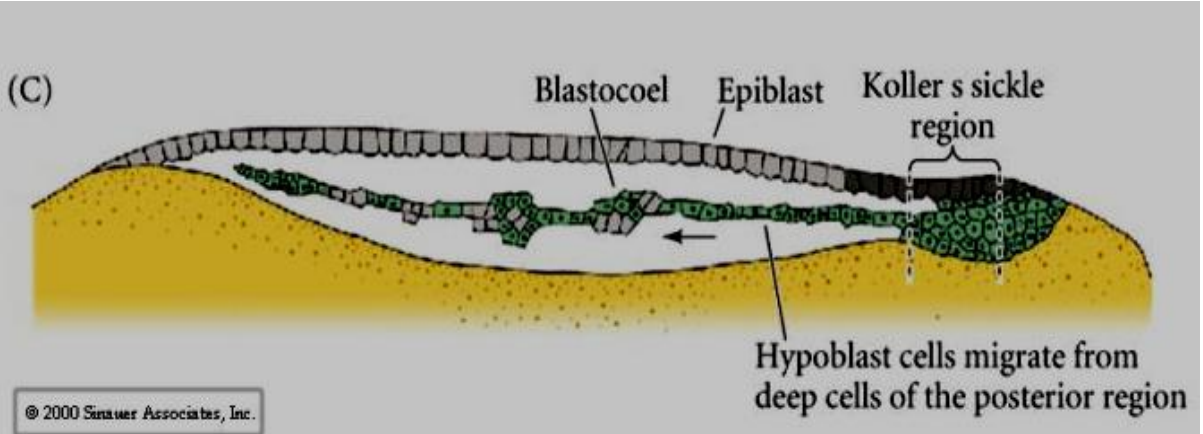


شكل 22: التفلج وتكوين البلاستولا في الطيور

تركيب البلاستولة في الطيور:

تتكون البلاستولة نتيجة انفصال المنطقة الوسطية من الأدمة الجرثومية عما تحتها من المح، يظهر نتيجة لهذا الانفصال تجويف وسطي يطلق عليه بتجويف او البلاستولة او التجويف تحت الجرثومي. وتعرف المنطقة التي في مركز القرص الجرثومي أعلى تجويف المفلجة بالمنطقة المضئية (Area pellucida) بينما المنطقة المحيطة بها والتي تتركز على المح تعرف بالمنطقة

المعتمة (Area opeca) وفي النهاية تتكون البلاستولة وهي عبارة عن صفيحة مفلطحة من الخلايا مكونة من طبقتين، طبقة علوية (Epiblast) وطبقة سفلية (Hypoblast) بينهما تجويف البلاستولة او التجويف تحت الجرثومي شكل (23).



شكل 23: مراحل تكوين البلاستولا في الطيور

التكوين الجنيني في الثدييات

Embryonic Development of Mammals

انواع الثدييات من حيث طريقة تكوينها الجنيني :

1- الثدييات البدائية او البيوضة Prototheria

فهي الثدييات التي تضع بيض ولا تلد وتشبه طريقة تكوينها الجنيني الطيور والزواحف ، ولأجنتها نفس الأغشية الجنينية الموجودة حول جنين الطيور مثل أكل النمل.

2- الثدييات الكيسية (Marsupials (pouched mammals) or Metatheria)

وهي التي تلد جنين غير مكتمل النمو ويكمل نموه في كيس على الجهة البطنية للأم مثل الكنغر.

3- الثدييات الحقيقية او المشيمية Eutheria or Placental Mammals

بويضاتها قليلة المح او نادرة المح ويعتمد الجنين في تغذيته على الأم حيث يتعلق في بطانة الرحم بواسطة المشيمة وهي مصدر تغذية في الرحم وتخلصه من المخلفات والفضلات. وتشمل معظم الثدييات من القوارض الى ذوات الحافر حتى الإنسان.

انواع الرحم في الثدييات :

1- الرحم البسيط (Simple uterus): يتكون من غرفة واحدة (كما في الرئيسيات والأنسان) شكل (24).

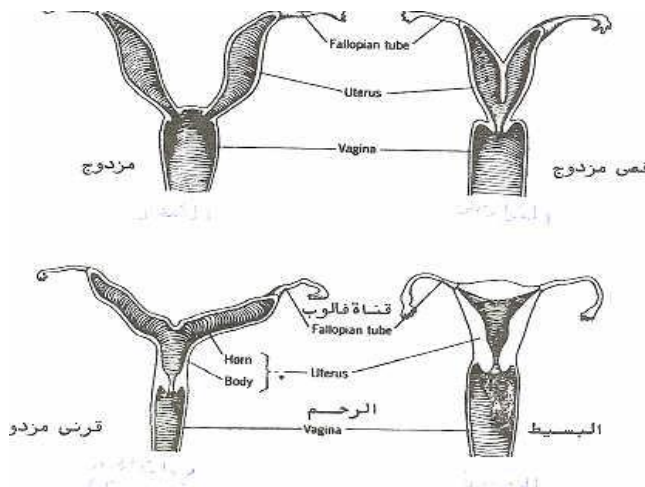
2- الرحم المزدوج (Duplex uterus): يتكون من انبويتين منفصلتين تماما كما في الكيسيات ومثالها الكنغر.

3- الرحم الفصي المزدوج (Bipartite uterus): عبارة عن فصين منفصلين لكن يفتحان بفتحة واحدة في المهبل كما في القوارض.

4- الرحم القرني المزدوج (Bicornate uterus): يتكون من فرعين ملتحمين قليلا قبل ان يتحدان بفتحة واحدة بالمهبل كما في ذوات الحافر وآكلات اللحم.

التبويض والإخصاب والتفلج في الثدييات

التبويض: تعتبر البويضة هي أكبر خلية إنسانيه إذ يبلغ قطرها 200 ميكرون وتحتوي على نصف

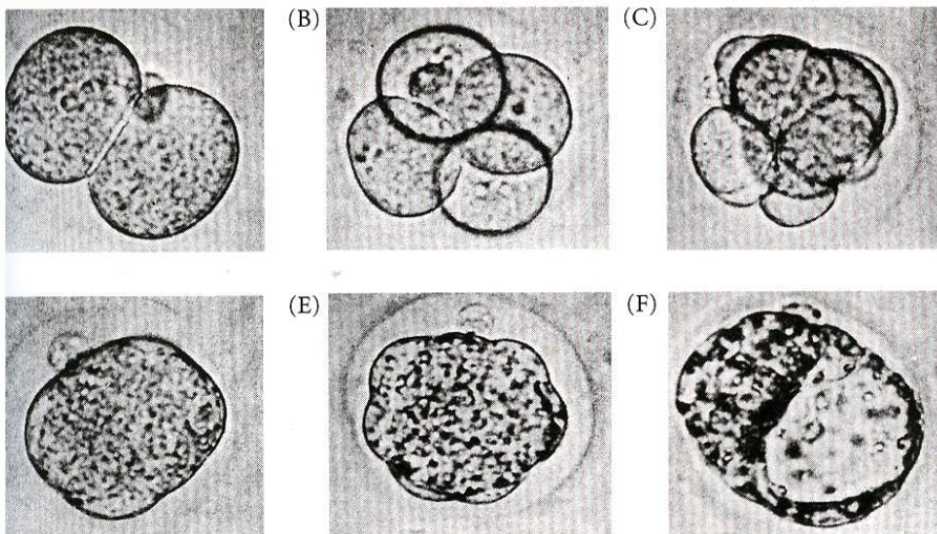


شكل 24: أنواع الرحم في الثدييات المختلفة

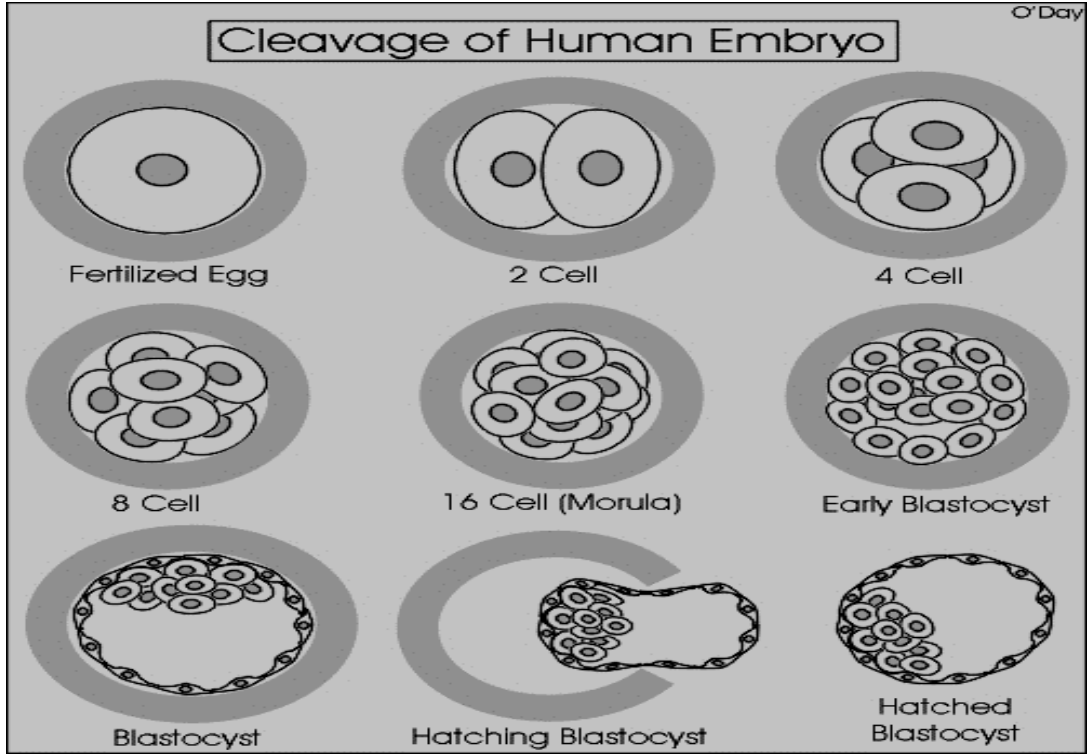
عدد الكروموسومات الجنسية وتتكون في المبيض. حيث تقترب البويضة من جدار المبيض في وسط حويصلة جراف ثم ينفجر الجزء الملاصق للجدار وتخرج البويضة محاطة بتاج بديع من الخلايا (corona radiata) ويسبقها سائل الحويصلة اللزج ليكون مشابه لللباط الذي يمهد لها الوصول لأهداب قناة فالوب والتي تتحرك هي أيضاً لإلتقاطها. وبعد ذلك تنبها لها لتتقسم انقسامها الاختزالي الأول وتعطي الخلية البيضية الثانوية والجسم القطبي الأول.

الإخصاب : بعد خروج البويضة من المبيض تلتقطها أهداب قناة البيض وتدفعها دفعا هينا بواسطة أهدابها إلى الثلث الأول منها ولا تنقسم انقسامها الاختزالي الثاني إلا بعد اختراق الحيوان المنوي لها وتبقى في انتظار هذا الحيوان المنوي يوما كاملا. وتلتقي البويضة بالحيوان المنوي في الثلث الأول من قناة البيض في منطقة القارورة أو الأمبولة (Ampulla) حيث يتم الإخصاب فتكمل البويضة الثانوية الإنقسام الأختزالي الثاني لتعطي الجسم القطبي الثاني والبويضة الناضجة التي تلتحم نواتها مع نواة الحيوان المنوي لتتكون اللاقحة او الزيجوت لتعطي أول خلية للجنين والتي تبدأ التفلج داخل قناة البيض.

التفلج وبعد 24 ساعة تكمل التفلج الأول لتعطي طور الخليتين وبعد 36 ساعة تقريبا تنقسم لتعطي طور اربع خلايا ثم بعد 48 ساعة من الإخصاب تكون طور 8 خلايا ثم طور 16 خلية ثم طور 32 خلية ثم التوتية بعد 72-96 ساعة من الإخصاب ثم البلاستولة شكل (25).



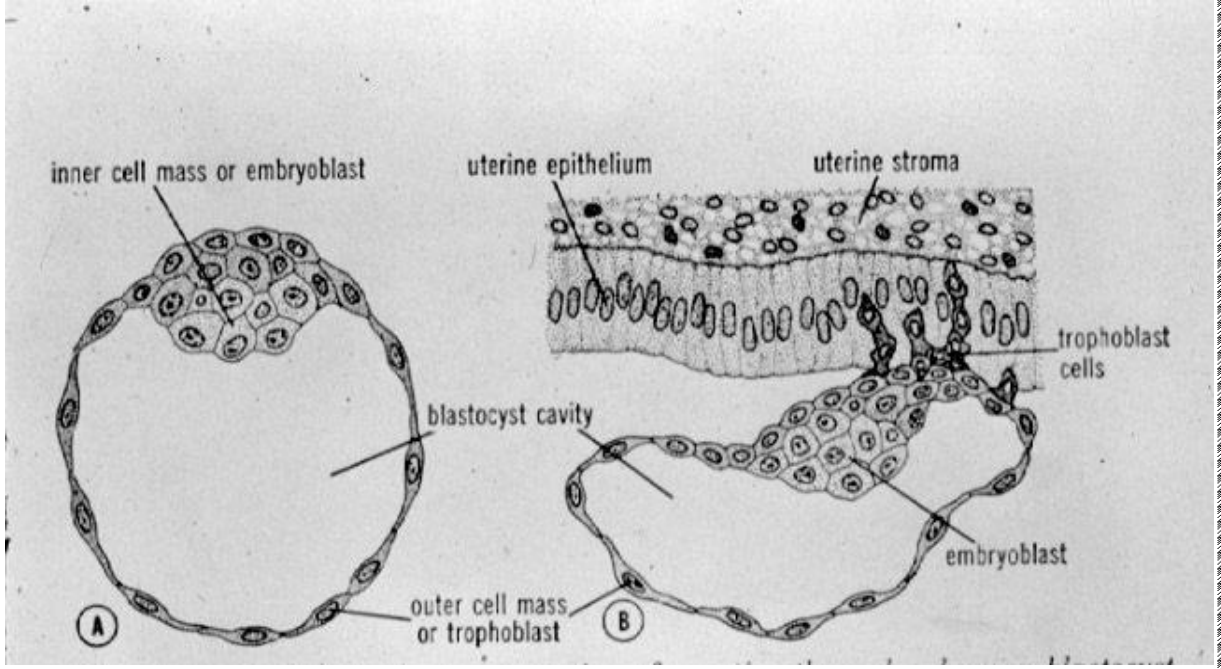
شكل 25: التفلج وتكوين البلاستولا في الثدييات



شكل 26: رسم تخطيطي يوضح التفليج وتكوين البلاستولا في جنين الانسان

تركيب البلاستولة في الثدييات

تتكون المفلجة من النسيج الغذائي (Trophoblast) والذي يعمل على تغذية الجنين وانغراسه في بطانة الرحم كما يعمل على المساهمة في تكوين المشيمة فيما بعد مع بطانة الرحم. ويحيط النسيج الغذائي بكتلة الخلايا الداخلية (ICM) (Inner Cell Mass) والتي يتكون منها جسم الجنين والتي تأخذ موقعا جانبيا في المفلجة. كما تحتوى المفلجة على تجويف المفلجة او البلاستولة (Blastocoel) شكل (26).



شكل 27: قطاع عرضي في بلاستولة الثدييات

شكل 28: انغراس الجنين في الرحم

الانغراس في الرحم وفي نهاية اليوم 4-5 تدخل طور المفلجة أو البلاستولة منطقة الرحم حيث تبدأ خلايا المفلجة تخرج من الغشاء الشفاف الذي كان يحيط بها طوال مرحلة التفلج فتعرف هذه المرحلة بـ **مفقس المفلجة (Hatching of Blastula)** وتبدأ خلاياها تنغرس في بطانة الرحم خلال اليوم 5-7 او اكثر. شكل (27-28).

المشيمة: Placenta

المشيمة عبارة عن تركيب نسيجي يتكون من أنسجة رحم الأم والأنسجة الجنينية ، وهي غزيرة بالأوعية الدموية تعمل على تعلق الجنين بالرحم وتغذيته وتمده بالأكسجين ويتم التخلص من المواد الإخراجية للجنين عن طريقها . ولا يحدث أبدا ان تختلط الدورة الدموية للجنين مع الدورة الدموية للأم بل تعمل أنسجة المشيمة كحاجز بينهما حيث ترشح المواد الغذائية والأكسجين من دم الأم الى المشيمة ثم الى دم الجنين بينما ترشح المواد الإخراجية من دم الجنين الى المشيمة ثم الى دم الأم.

فترات الحمل في بعض الثدييات

فترة الحمل	الحيوان
21 يوم	الفأر
22 يوم	الجرذ
34 يوم	الأرنب
63 يوم	الكلب
147 يوم	الماعز
270 يوم	الإنسان
150-300 يوم	الغزال
330 يوم	الحصان
390 يوم	الجمل
620 يوم	الفيل

الأغشية الجنينية

الأغشية الجنينية عبارة عن تراكيب إضافية جديدة تظهر على التكوين الجنيني للطيور والزواحف والثدييات حيث يحيط أول غشاء بالجنين ويعرف بغشاء الرهل أو الأمينون (Amnion) لذلك تسمى بالرهليات. ويتكون حول الجنين أربع أنواع من الأغشية شكل (30).

1- غشاء الرهل (Amnion membrane): يتكون هذا الغشاء اثناء تكوين الثنيتين الرهليتين الأمامية والخلفية تتألف من طبقة الأكتوديرم والميزوديرم الجسمي حيث تلتحم هذه الثنيتين فوق الجنين. ويعمل غشاء الرهل على وقاية الجنين من الصدمات اثناء التقلب والحركة حيث يفرز فيه سائل يعرف بالسائل الرهلي أو الأمينوني.

2- غشاء الكوريون: (Chorion membrane):

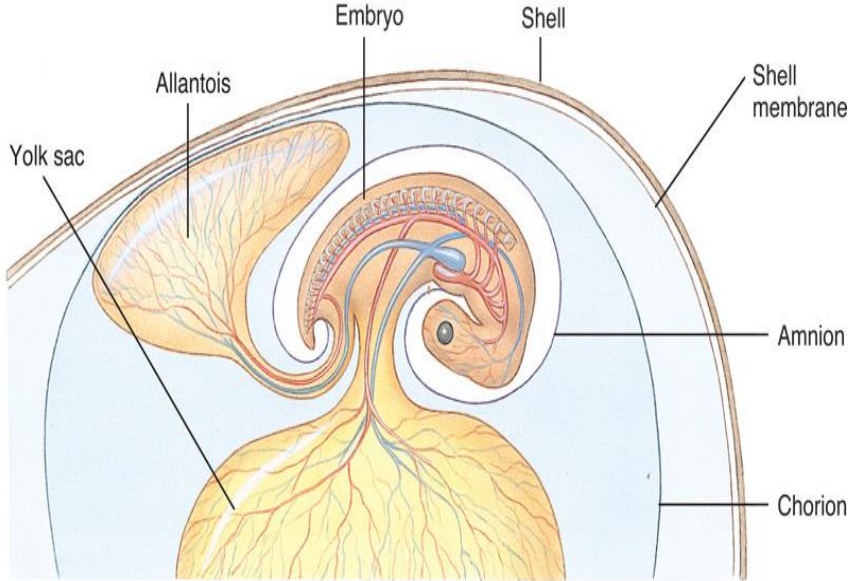
يتكون غشاء الكوريون اثناء التحام الثنيتتين الرهليتين ولكن الى الخارج من الجنين فتحيط بالغشاء الرهلي فيما بعد. ويعمل غشاء الكوريون على تبادل الغازات بين أوعية الجنين ومسامات القشرة للبيضة

3- غشاء كيس المح: (Yolk sac membrane):

يتكون غشاء كيس المح من الأندوديرم والميزوديرم الحشوي حيث يحيط بالمح وتعمل خلايه على هضم المح ثم نقلة عن طريق الأوعية الدموية الى باقي اجزاء الجسم.

4- غشاء الألتويس: (Allantoise membrane):

يتكون الألتويس كبروز في الجهة الخلفية السفلية للجنين على شكل كيس يتكون من طبقتين الأندوديرم والميزوديرم. وهو يعمل بمثابة المثانة الأخرافية للجنين وتخزن به المواد الإخراجية للجنين .



شكل 29: الأغشية الجنينية

تعدد المواليد والتوائم

تعدد المواليد

تتميز كثير من الثدييات بأنها تضع اكثر من مولود في المرة الواحدة وتعرف هذه الظاهرة بتعدد المواليد كما في القوارض وأكلات اللحوم والخنزير. وتعدد المواليد أو الأجنة ينتج من تبويض اكثر من بويضة خلال الدورة التناسلية للأنثى وتلقح كل بويضة بحيوان منوي واحد حيث تتوزع هذه الأجنة داخل جدار الرحم.

التوائم :

يطلق مصطلح التوائم على الثدييات التي غالبا تعطي جنين واحد خلال فترة كل حمل فإذا اعطت اكثر من مولود تعتبر توئم كما في الإنسان والأغنام والتوائم اما ان تكون غير متشابهة او متشابهة.

انواع التوائم

1- التوائم غير المتشابهة Dizygotic twins

التوائم غير المتشابهة هي تشبه متعدّدات المواليد اي ان هناك اكثر من بويضة خرجت من المبيض خلال الدورة التناسلية للأنثى ثم اخصبت كل بويضة بحيوان منوي لذلك تعرف بالتوائم ثنائية الزيجوت (Dizygotic twins) ، وقد يكون التوائم من نفس الجنس او قد يكونا من جنسين مختلفين (انثى وذكر) لذلك لا يكونان متشابهان، ويمكن عمل التوائم غير المتشابهة بتنشيط المبايض بواسطة الهرمونات التناسلية (FSH,LH) لكي تعطي اكثر من بويضة.

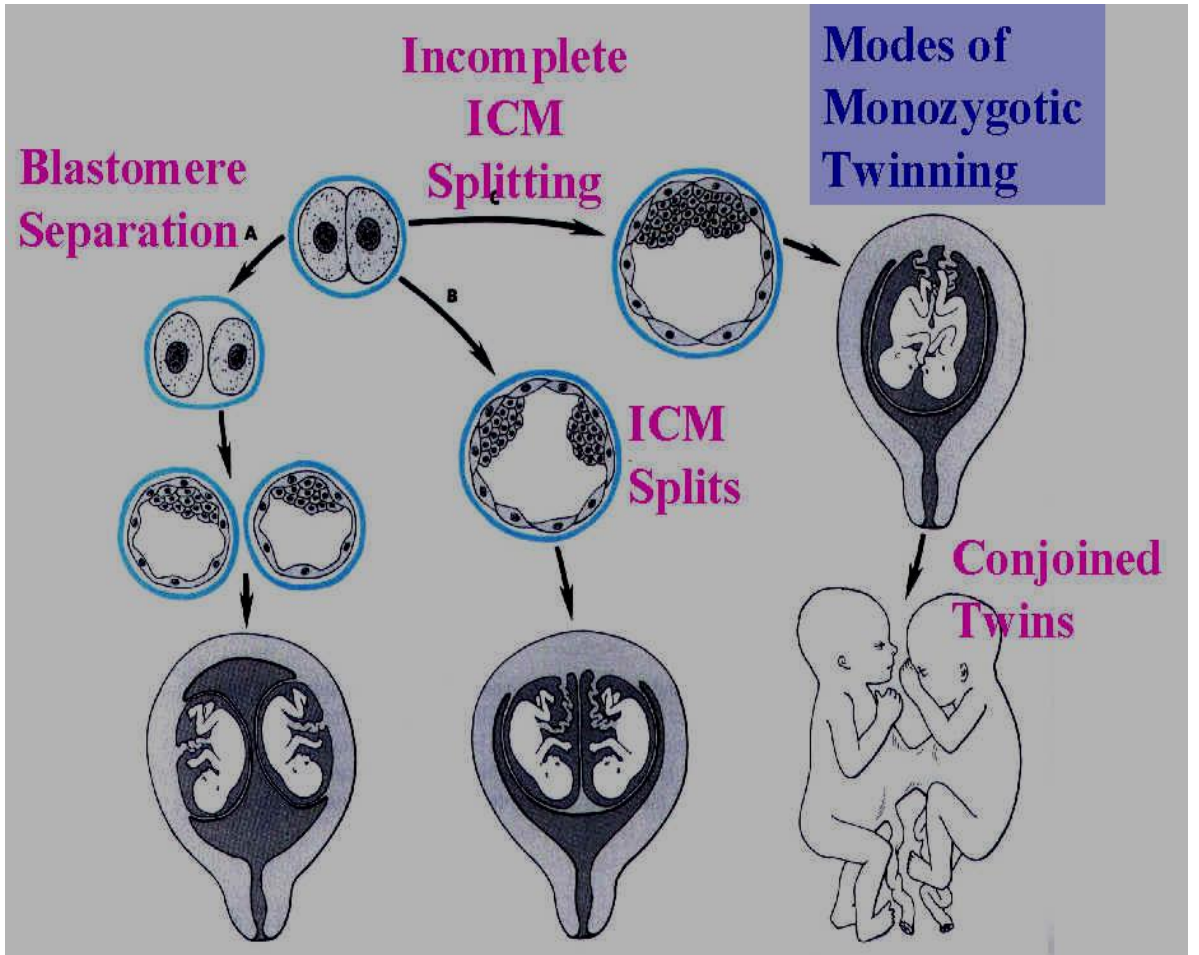
2- التوائم المتشابهة أو المتطابقة Monozygotic or identical twins

التوائم المتشابهة تنتج من بويضة واحدة اخصبت بحيوان منوي واحد لكن هذه البويضة خلال مراحل تكوينها انفصلت الى اكثر من جنين وكل جزء كون جنين كامل ، لذلك فهي تكون متشابهة تماما ومن نفس الجنس. لذلك تعرف احيانا بالتوائم احادية الزيجوت (Monozygotic twins).

وتبعا لذلك قد تكون لكل جنين مشيمة إذا كان انفصال الجنين في مراحل مبكرة من التفلق مثلا في طور الفلجتين وانفصلت كل خلية وكونت جنين مستقل. اما اذا كان الانفصال في طور البلاستيولا فإن التوئم تكون ذات مشيمة واحدة او مشتركة مع احتفاظ كل جنين بغشاء رهل خاص به.

عند حدوث الانفصال في مرحلة متأخرة كالتالي تحدث في مرحلة القرص الجرثومي (Germinal disc) فإن ذلك يؤدي الى تكوين جنينين محاطان بغشاء رهلى واحد ، او يكون الانفصال غير كامل الأمر الذي قد يؤدي الى تكوين توأم ملتصقة او التوائم السيامية (Conjoined or Siamese twins) وذلك لان الانفصال لم يكن تام بين الجنينين وقد يشتركان في اجزاء من الجسم .

واحيانا يكون الانفصال في اجزاء من الجنين مثلا في مقدمة الرأس او في المؤخرة او جزء من الجنين كالأطراف ويبد المولود كجزء من جنين يكون محمولا بجوار المولود الأخر فتعرف بالتوائم الطفيلية (Parasitic twins) وهي نتيجة عدم اكتمال تكوين احد التوأمين شكل (31) .



شكل 30: أنواع التوائم احادية الزيجوت

الحقن المجهري واطفال الأنابيب (IVF Fertilization)

اطفال الأنابيب "test-tube baby" هو إخصاب البويضة بالحيوان المنوي في أنبوب الاختبار وفي حاضنات خاصة ذات وسط ملائم لنموها حتى تتكاثر لمرحلة معينة (من 2-5 أيام وبعدها تعاد البويضة الملقحة (الأجنة) إلى الرحم. وهذه الطريقة تُعطى الخيار الأفضل لاختيار أفضل الأجنة لنقلها إلى الأم بعد إخصابها خارج الرحم.

عادة ما يلجأ إلى هذه التقنية من العلاج لعدة أسباب تعود إلى أحد الزوجين، مثل حالات انسداد قناة فالوب، بعض حالات تكيس المبيضين المستعصي على العلاج بالطرق الدوائية وحالات مرض البطانة الرحمية، ضعف حركة الحيوانات المنوية ووجود نسبة تشوهات عالية، أيضا في حالات الأمراض الوراثية الجينية وذلك لاستثناء الأجنة التي تحمل خلل وراثي وهذا ما يسمى بالفحص الجيني قبل الزراعة.



شكل 31: الحقن المجهري

الاستنساخ

الاستنساخ هو إنتاج مجموعة من الكائنات الحية لها نسخة طبق الأصل من المادة الوراثية والتي تحدث في الطبيعة عندما تقوم كائنات حية كالبكتيريا، الحشرات أو النباتات بالتكاثر بدون تزاوج. أما في مجال التكنولوجيا الحيوية (البيوتكنولوجي) فهو العملية المستخدمة لنسخ أجزاء من الحمض النووي DNA، خلايا، أو كائنات حية.

أنواع الاستنساخ

1- الاستنساخ الجيني

ويهدف إلى الحصول على كمية كبيرة من جين معين بغرض دراسته ، ويتم عبر إدخال الجين الذي يراد استنساخه من كائن حي معين إلى المادة الجينية لخلية تدعى "فيكتور" والتي قد تكون خلية بكتيرية أو فطريات أو فيروسات. ثم يتم وضع هذا الفيكتور بالمختبر في ظروف مناسبة مما يؤدي إلى تكاثره، وبالتالي استنساخ كمية كبيرة من المادة الجينية المرغوبة.

2- الاستنساخ العلاجي

يستعمل الاستنساخ العلاجي البويضة كمصدر لإنتاج الخلايا الجذعية Stem cells وهي خلايا تملك قدرة غير محدودة على التكاثر والتمايز لأي نوع من الخلايا، والأنسجة والأعضاء والعظام والعضلات والأعصاب. ويؤدي هذا التطور العلمي الحالي إلى ثورة في مجال الطب بتطوير هذه الخلايا الأساسية الجينية لتنمية أنسجة وأعضاء بشرية متخصصة تستخدم في عمليات زراعة الأعضاء. وتستخدم في تحقيق تقدما كبيرا في علاج الكثير من الأمراض المزمنة والمستعصية كمرض الرعاش (باركنسون) والخرف (الزهايمر) واستبدال القلب والشرابين التالفة او لإنتاج خلايا جزر البنكرياس لعلاج السكر. فهذه التقنية ستنتج أنسجة لا يرفضها جسم الإنسان من خلال أخذ الحامض النووي من المريض واستخدامه للحصول على جنين مستنسخ.

3- استنساخ الاجنة

ويستخدم لإستنساخ حيوانات بأكملها، وذلك عبر الخطوات التالية:

1- اخذ المادة الوراثية من نواة خلية جسدية من جسم الحيوان الذي يرغب في إستنساخه، مثل خلية جلد أي تحتوي على عدد كامل للكروموسومات (somatic cell nuclear transfer (SCNT)

2- يتم أخذ بويضة وتفرغها من المادة الوراثية، أي أنها لا تحتوي على النواة التي بها الكروموسومات.

3- يتم إدخال المادة الوراثية من الخلية البالغة إلى البويضة الفارغة، ويتم ذلك عبر حقنها أو إستخدام تيار كهربائي لدمج الاثنتين معاً.

4- تزرع البويضة الجديدة بالمختبر في أنبوب إختبار ثم يسلمت علي الخلية الملقحة شحنات كهربائية لشحذ عملية الانقسام كأبي جنين عادي. ثم توضع في محلول ملحي لتتقسم ثم تنقل البويضة إلى رحم أنثى تسمى "الأم البديلة"، لتحمل بها وتلدتها بعد حين. الوليد يحمل نفس المادة الوراثية للخلية الأصلية التي تم إستنساخها. هذه الطريقة هي التي تم إستخدامها لإستنساخ النعجة دوللي. علمياً أي حيوان أو إنسان يستنسخ بهذه الطريقة ليس في الحقيقة نسخة مطابقة للام أو الأب الذي اخذ منه النواة. فهناك بعض من المادة الوراثية موجود خارج النواة و هو بالتحديد موجود في داخل البويضة التي أزيل منها النواة.

تطبيقات الإستنساخ:

1- استنساخ حيوانات ذات صفات مرغوبة مثل أبقار غزيرة الحليب أو أبقار اللحم.

2- استنساخ حيوانات متطابقة لإجراء اختبارات الأدوية عليها، مما يساعد في الحصول على نتائج متجانسة وواضحة ولا يلعب فيها الاختلاف بين الحيوانات دوراً في تشويش نتائجها. يفيد الاستنساخ في مجال البحث العلمي فمثلاً انتاج فأر ليكون موديلاً لفأر آخر يعاني من مرض وراثي محدد لإجراء تجارب علاجية وراثية لتحديد أفضل سبل العلاج والتي يمكن تطبيقها على الإنسان.

3- استنساخ الفصائل المهددة بالانقراض من الحيوانات مثل حيوان الباندا. يفيد الاستنساخ في المحافظة على السلالات النادرة سواء كانت نباتية أو حيوانية ومعرضة لانقراض بسبب التلوث الصناعي وخوفاً من ان تتحمل البشرية اثار الافتقار إلى التنوع البيولوجي Biodiversity الذي قد يعرض البشرية للمخاطر فيقوم الاستنساخ هنا بمهمة لا نجد بديل عنها وهو ما تقوم به الدول المتقدمة وهو ما يعرف بالبنوك الوراثية والتي يتم فيها جمع السلالات والأنواع النادرة وحفظها وإكثارها

واستنساخها من اجل الحفاظ على معلوماتها الوراثية والتي تعتبر مصدر لمربي النبات والحيوان للاستفادة منها والأخذ منها في استحداث وتطوير نباتاته وحيواناته من خلال التقنيات الحديثة في التربية كالمهندسة الوراثية ونقل الجينات.

4- اكنار الحيوانات المهندسة وراثيا لانتاج العقاقير بمعنى مضاعفة المصانع الحيوية عدديا لزيادة انتاج العقاقير.

5- اكنار التراكيب الوراثية التي اثبتت كفاءتها في انتاج الغذاء للبشر.

Stem Cells الخلايا الجذعية

الخلايا الجذعية وتسمى ايضا الخلايا الجذرية (Stem Cells) وهي خلايا غير متخصصة ولكن يمكنها ان تتمايز الي خلايا متخصصة ، مع تميزها بقدرتها علي الانقسام باستمرار لتجدد نفسها.

أنواع الخلايا الجذعية

تصنف الخلايا الجذعية بناء علي طريقة الحصول عليها الي:

1- خلايا جذعية بالغة.

2- خلايا جذعية جنينية.

وتتلخص الفروق بينهما في أن الخلايا الجذعية الجنينية لها قدرة اكبر علي التخصص كما انها تنتج إنزيم التيلوميريز والذي يساعدها علي الانقسام باستمرار ، في المقابل الخلايا الجذعية البالغة لا تُنتج هذا الإنزيم إلا بكميات ضئيلة أو على فترات متباعدة مما يجعلها محدودة العمر.

1- الخلايا الجذعية الجنينية Embryonic stem cell

الخلايا الجذعية الجنينية (Embryonic stem cell) وهي الخلايا المستمدة من الكتلة الخلوية الداخلية (ICM) ، وهي الجنين في مراحله المبكرة. وتصل الأجنة البشرية إلى مرحلة البلاستولة بفترة 4 إلى 5 أيام بعد التخصيب. وهي خلايا غير متخصصة تمتلك القدرة علي التخصص لاي نوع من الخلايا. ويؤدي عزل الكتلة الخلوية الداخلية (ICM) إلى اتلاف الأجنة البشرية المخصبة. وتتميز الخلايا الجذعية الجنينية بانها متعددة القدرات ولها القدرة علي الانقسام الي أجل غير مسمى.

2- الخلايا الجذعية البالغة



شكل 32: فصل خلية من التوتية لتشخيص الجنين

توجد الخلايا الجذعية البالغة في الاطفال والبالغين علي حد سواء وتتنوع في جميع انحاء الجسم وهي مهمة لتعويضه عن الخلايا التي تموت بشكل طبيعي بعد انتهاء عمرها المحدد . ويقل عدد هذه الخلايا مع تقدم الانسان في العمر.

مصادر الخلايا الجذعية:

يمكن الحصول علي الخلايا الجذعية من المصاد التالية:

- 1- المشيمة – الحبل السري- السائل الامينوسي 2- الاطفال والبالغين 3- الاجنة المجهضة 4-
- الفائض من لقاح اطفال الانابيب 5- الاستنساخ العلاجي. 6- الدم ونخاع العظام

التمايز العكسي

يعمل بعض الباحثين علي محاولة اعادة الخلايا المتمايزة الي اصلها (الخلايا الجذعية) فيم يعرف بالتمايز العكسي ويعد اكتشاف امكانية اعادة خلايا الدم المتمايزة الي اصولها وانتاج خلايا جذعية تتشابه خواصها مع الخلايا التي يتم الحصول عليها من الاجنة من اهم الاكتشافات الحديثة في هذا المجال وتسمي الخلية التي تستحث بهذه الطريقة خلية جذعية مستحثة وافرة القدرة

التشوهات الخلقية Congenital Abnormalities (Malformation)

1- تشوهات كروموسومية: Chromosomal abnormality

تنتج هذه التشوهات نتيجة تغير في عدد الكروموسومات أو طريقة توزيعه – تمثل - الكروموسومات الشاذة حوالي 10% من العدد الكلي للكروموسومات. و تؤدي الي التخلفات العقلية وبعض التغيرات في شكل الجسم. و توجد التشوهات الكروموسومية بنسبة Mental Retardation 57% من أجنة السقط خلال الثلاث أشهر الاولى من الحمل.

2- تشوهات جينية : Genetic abnormality

تمثل حوالي 25% من التشوهات الخلقية وتنتج هذه التشوهات نتيجة خلل أو غياب الجينات مما يؤدي الي عيوب وقصور في الوظائف الخلوية وتصبح واضحة التأثير علي نمو الاطفال بعد ذلك.

3- تشوهات داخل الرحم نتيجة بعض العوامل البيئية: Intra-uterine injury by environmental factors

تسبب العوامل البيئية حوالي 10% من التشوهات الخلقية ويختلف تأثيرها تبعاً لطبيعة العامل البيئي وفترة الحمل. وقد وجد أن التعرض للعوامل الضارة خلال فترة الاسبوعين بعد الاخصاب تسبب الوفاة ولكن لا تسبب تشوهات خلقية عادة. وأن الفترة من الاسبوع الثالث حتي الثامن (فترة تكون

Teratogens (أعضاء الجنين) تسبب تشوهات خلقية . وتسمى العوامل البيئية التي تحدث تشوهات ومنها:

1- جرعات الأدوية Drugs

ومنها المهدئات المنشطات وكذلك زيادة أو نقص الفيتامينات أو الهرمونات التي تأخذها الام أثناء الحمل والتي تؤثر علي الوظائف الفسيولوجية وعلي نمو الجنين.

2- التلوث بالعناصر الثقيلة أو المبيدات الحشرية أو الكيماويات أو الغازات السامة

3- الاشعاع Radiation

والذي يسبب موت الخلايا أو اتلاف الكروموسومات أو يعوق نمو الخلايا.

4- الإصابة المرضية للأم Maternal infection

مثل الإصابة بالامراض الفيروسية أو الطفيلية وتؤثر علي الجنين.

المراجع

المراجع العربية:

- 1- أحمد حماد الحسيني و إمیل شنودة دميان (1992): بيولوجية الحيوان العملية (الجزء الأول)- الطبعة الخامسة عشر – دار المعارف -القاهرة.
- 2- الفريد ف. هوتنر (1968): الأساسيات في علم تكوين الجنين للفقاريات- مؤسسة فرانكلين .
- 3- مني فريد عبد الرحمن (2004): أطلس علم الأجنة ، المكتبة الاكاديمية - القاهرة.

المراجع الاجنبية:

- 1- Bruce M. Carlson (1996) : Patten's foundations of embryology.
sixth edition, The McGraw. Hill Companies, Inc.
- G. S. sandhu, Sharad Srivastava and C.K. Arora (2005): A text -1
book of embryolog. Anmd publications PVT. LTD.
- 3-Scott F. Gilbert (2016): Development Biology, SinSinauer Associates,
Inc.Publishers Sunderland, Massachusett. Ninth edition.