



جمهورية مصر العربية
وزارة التربية والتعليم والتعليم الفني
الإدارة المركزية لشئون الكتب

علم الأحياء

للفصل الثالث الثانوى

إعداد

أ. حسن السيد الهراس أ.د. أمين عرفان دويدار
أ.د. عدلى كامل فرج أ.د. عبدالله محمد إبراهيم
أ. أحمد محفوظ كامل أ.د. محمد عبد الحميد شاهين
أ. عبد المنعم عبد الحميد الطناني أ. على حسن عبدالله

مراجعة

أ.د. فاطمة محمد مظهر

إشراف علمى

مستشار العلوم

د. عزيزة رجب خليفة

إشراف عام

د. أكرم حسن محمد

رئيس الإدارة المركزية لتطوير المناهج

٢٠٢٤ - ٢٠٢٥ م

غير مصرح بتداول هذا الكتاب خارج وزارة التربية والتعليم والتعليم الفني

لجنة إعداد الكتاب المطور

د. عبد المنعم أبو العطا
أستاذ علم النبات

د. أحمد رياض السيد
أستاذ علم الحيوان

د. أمانى العوضى
خبير مركز تطوير المناهج

أ. حسن السيد محرم
خبير بيولوجي

أ. شادية أحمد صديق

موجه عام سابق

مستشار العلوم

د. عزيزة رجب خليفة

طبعة ٢٠٢٤ - ٢٠٢٥ م

تقديم

انطلاقاً من النهضة التعليمية التي تمر بها مصر في الوقت الحالى، والمحاولة الجادة والمخلصة لتطوير التعليم بجميع مراحلها، وبخاصة تطوير نظام الثانوية العامة بهدف التخفيف عن كاهل ابنائنا وبناتنا، وبهدف التركيز على الكيف فى التعليم وليس على الكم والاهتمام بتنمية قدرات الفهم والتحليل والابتكار، بدلا من الحفظ والاستظهار..

فقد تفضل الأستاذ الدكتور / وزير التربية والتعليم بإعطاء توجيهاته لتطوير كتاب الأحياء لىفى بتحقيق أهداف مادة الأحياء دون تكرار أو تزييد فى تفاصيل غير جوهرية.

وقد كلف الأستاذ الدكتور وزير التربية والتعليم بتشكيل فريق عمل من أساتذة الجامعات لإنجاز هذه المهمة، وذلك بالتنسيق والتعاون مع موجهى وخبراء من الوزارة ومن الميدان، وبمشاركة بعض مؤلفى الكتاب.

وهكذا يظهر كتاب الأحياء فى شكله المطور، والذى نتمنى أن يساعد الطلاب والطالبات على استيعاب محتواه، ويحقق لهم النجاح والتفوق.

وقد قام المركز الاستكشافى للعلوم بالتجهيزات الفنية والإخراج الفنى لهذا الكتاب طبقاً للمواصفات العالمية للكتب الدراسية المطورة. مع مراعاة ألا يزيد عدد الأسطر فى الصفحة الواحدة عن ٢٤ سطر لإراحة العين، والإكثار من الصور المعبرة عن المادة العلمية، واستخدام كود ألوان لتحديد المفاهيم الهامة والتطبيقات المختلفة والأمثلة المحلولة، والاهتمام بتصميم الغلاف كعامل جذب للطلاب.

ونتمنى أن يحقق الكتاب بصورته الجديدة النجاح لأبنائنا..

والله ولى التوفيق
لجنة التطوير

محتوى الكتاب

الصفحة	الموضوع
٥	الفصل الأول الدعامات والحركة
٢٣	الفصل الثاني التنسيق الهرموني
٣٩	الفصل الثالث التكاثر
٧٧	الفصل الرابع المناعة
١٠٣	الفصل الخامس الحمض النووي DNA
١٢١	الفصل السادس الأحماض النووية وتخليق البروتين
١٤٣	الفصل السابع الأحياء وعلوم الأرض



الباب الأول

التركيب والوظيفة في الكائنات الحية

الفصل الأول

الدعامة والحركة في الكائنات الحية

- في نهاية هذا الفصل ينبغي أن يكون الطالب قادر على أن:
 - يتعرف مفهوم الحركة في الكائنات الحية .
 - يتعرف مفهوم الدعامة في الكائنات الحية.
 - يفسر سبب التضاف المحاليق حول الدعامة .
 - يفرق بين الشد في المحاليق وفي جذور الكورمات والابصال .
 - يذكر وظائف الجهاز العضلي في الانسان .
 - يتعرف تركيب العضلة.
 - يفسر آلية الحركة .
 - يوضح التآزر بين الأجهزة الثلاث ، الهيكلية والعصبية والعضلية .
 - يتعرف الوحدة الحركية التي تعتبر الوحدة الوظيفية للعضلة الهيكلية.
 - يفسر سبب اجهاد العضلة .
 - يكتسب مهارة :

أ - التعبير بالرسم مثل رسم الفقرة العظمية .

ب - الفحص المجهرى لحركة السيتوبلازم

في خلايا ورقة نبات الالوديا .

ج - الربط بين التركيب والوظيفة في الهيكل

العظمى والجهاز العضلي .

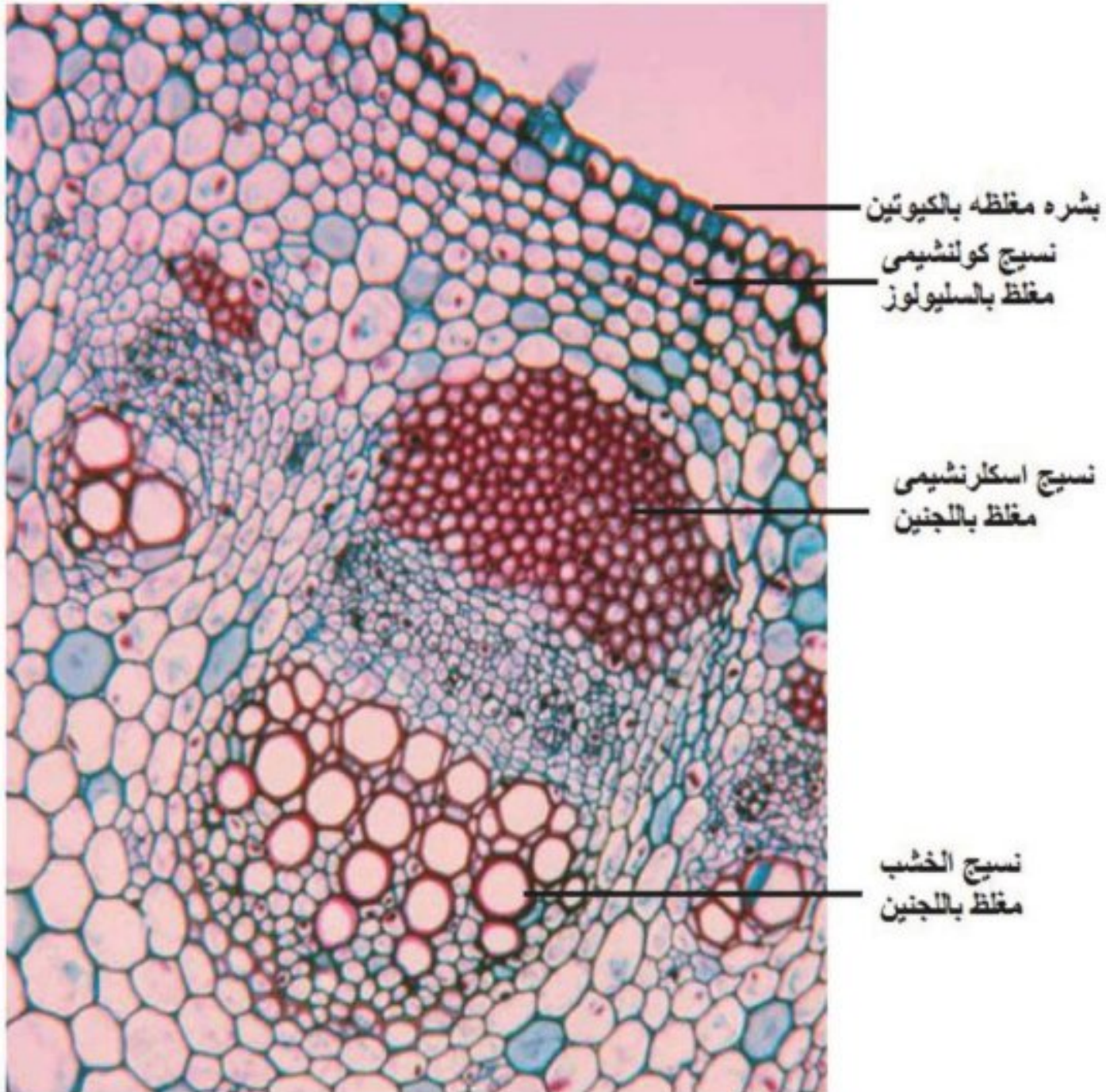






الدعم في النبات

يلجأ النبات إلى وسائل كثيرة لدعمه منها أن يرسب بعض المواد في جدر خلاياه فلكي تحافظ خلايا النبات الخارجية على أنسجة النبات الداخلية وتحول دون فقد الماء من خلالها فان النبات قد يزيد من سمك جدر خلايا البشرة وخاصة الخارجية منها بأن يرسب عليها مادة الكيوتين غير المنفذة للماء أو يحيط النبات نفسه بطبقة من خلايا فليينية غير منفذة للماء مرسب فيها مادة السوبرين . وقد يرسب النبات في جدر خلاياه أو في أجزاء منها مادة السليلوز واللجنين ليكسبها صلابة وقوة مثل الخلايا الكولنشيمية وكذلك الخلايا الاسكرنشيمية كما أن موقع هذه الخلايا وأماكن تواجدها وانتشارها يدعم النبات.



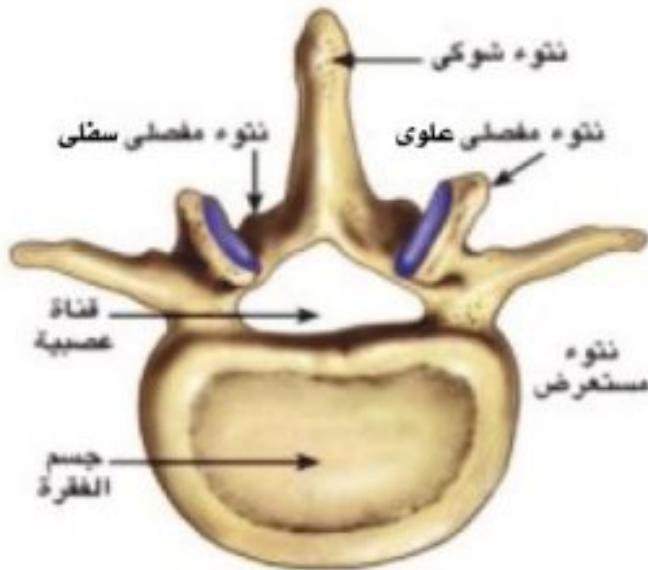
قطاع عرضي في ساق نبات حديث ذو فلقتين

الجهاز الهيكلي في الإنسان

يتكون الجهاز الهيكلي من الهيكل العظمي، الغضاريف والمفاصل والأربطة والأوتار
أولاً: الهيكل العظمي يتكون من ٢٠٦ عظمة ولكل عظمة شكل وحجم يناسبان الوظيفة التي تقوم بها.



شكل (١) العمود الفقري



شكل (٢) الفقرة العظمية

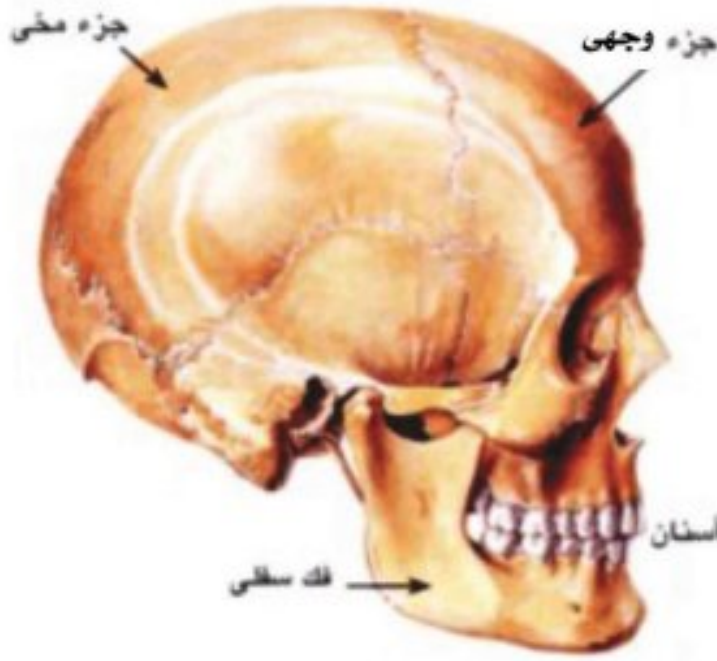
ويتكون الهيكل العظمي من محور يعرف بالعمود الفقري يتصل طرفه العلوي بالجمجمة. كما يتصل به في منطقة الصدر القفص الصدري والمرفان العلويان بواسطة عظام الكتف. أما المرفان السفليان فيتصلان بالعمود الفقري من أسفل بواسطة عظام الحوض، ويطلق على العمود الفقري وعظام الجمجمة والقفص الصدري، الهيكل المحوري. أما الأحزمة والأطراف الأربعة فيطلق عليها، الهيكل الطرفي..

(أ) الهيكل المحوري، يتكون من

(١) **العمود الفقري**: يتكون من ٣٣ فقرة تقسم إلى خمس مجموعات وتختلف في الشكل تبعاً لمنطقة وجودها وهي عبارة عن ٧ فقرات عنقية متمفصلة (حجمها متوسط)، ١٢ فقرة صدرية متمفصلة (أكبر حجمها من سابقتها)، ٥ فقرات قطنية متمفصلة (أكبرها جميعاً وتواجه تجويف البطن) ٥ فقرات عجزية (عريضة ومفلطحة وملتحمة معاً)، ٤ فقرات عصعصية (صغيرة الحجم وملتحمة معاً) (شكل ١).
 - يعمل العمود الفقري كدعامة رئيسية للجسم وحماية الحبل الشوكي ويساعد في حركة الرأس والنصف العلوي من الجسم.

تركيب الفقرة العظمية

- تتكون الفقرة من جزء أمامي سميك، جسم الفقرة، يتصل به من الجانبين زائدتان عظمتان، النتوءان المستعرضان، كما يتصل به من الخلف حلقة عظمية، الحلقة الشوكية، وتحمل زائدة



شكل (٣) الجمجمة

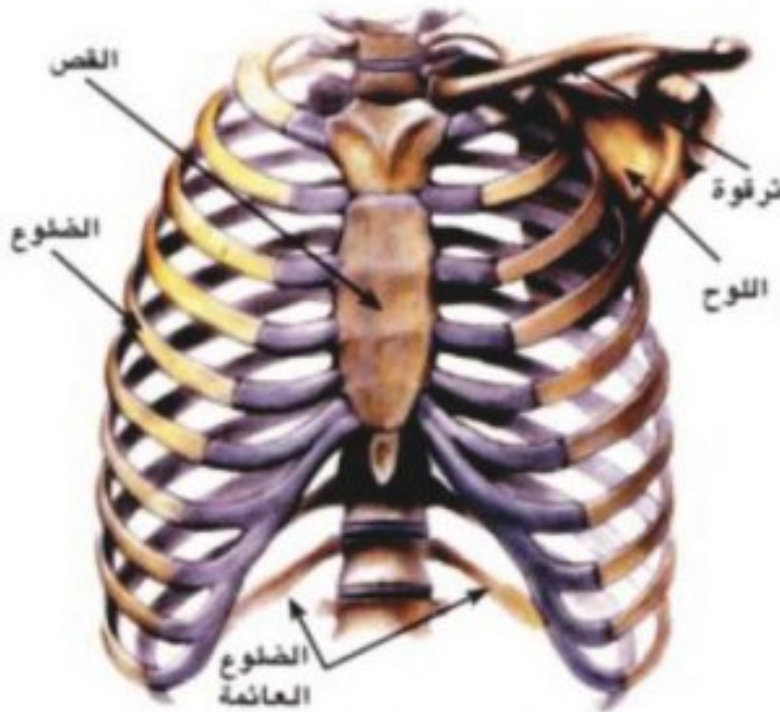
خلفية مائلة إلى أسفل تعرف (بالنتوء الشوكي) (شكل ٢).

- تحيط الحلقة العصبية بقناة عصبية يمتد بداخلها الحبل الشوكي لحمايته.

(٢) الجمجمة: علبة عظمية تتكون من،

١- جزء خلفي (الجزء المخي) يتكون من ٨ عظام تتصل ببعضها عند أطرافها المسننة اتصالات متينة وتشكل هذه العظام تجويفاً يستقر فيه المخ لحمايته، ويوجد في قاع الجزء المخي ثقب كبير يتصل من خلاله المخ بالحبل الشوكي (شكل ٣).

٢- جزء أمامي (الجزء الوجهي) ويشمل عظام الوجه والفكين ومواضع أعضاء الحس (الأذنان والعينان والأنف)، وهو يتكون من ١٤ عظمة.



شكل (٤) القفص الصدري

(٣) القفص الصدري:

علبة مخروطية الشكل تقريبا تتكون من عظمة القص (عظمة أمامية مفلطحة ومدببة من أسفل وجزءها السفلي غضروفي) وأثنى عشر زوجا من الضلوع (شكل ٤) عشر أزواج منها تصل بين الفقرات الصدرية وعظمة القص وزوجان قصيران لا يتصلان بالقص وهي تسمى "الضلوع العائمة"

والضلع عظمة مقوسة تنحني لاسفل وتتصل من الخلف بجسم الفقرة وتنتوءها المستعرض. ويعمل القفص الصدري على حماية القلب والرئتين.



عظام الطرف العلوي
شكل (٥) الطرف العلوي

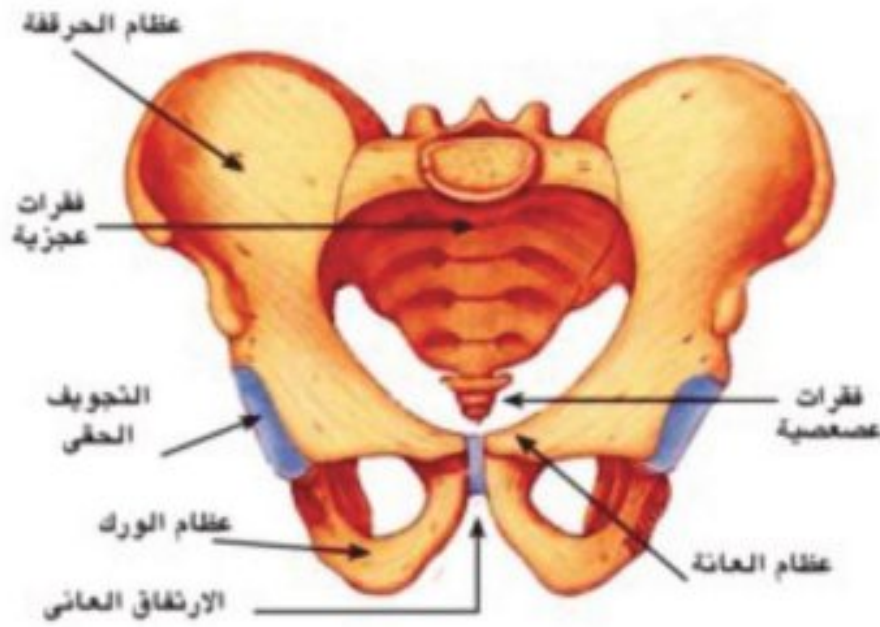
(ب) الهيكل الطرفي، يتكون من (١) الحزام الصدري والطرفان العلويان؛

يتركب الحزام الصدري من نصفين متماثلين ويتركب كل نصف من لوح الكتف وهو عظمة ظهرية مثلثة الشكل طرفها الداخلى عريض والخارجى مدبب به نتوء تتصل به (الترقوة) وهي عظمة باطنية رقيقة.. ويوجد عند الطرف الخارجى لعظمة لوح الكتف التجويف الأرواح الذى يستقر فيه رأس عظمة العضد مكوناً المفصل الكتفى.

يتكون الطرف العلوى من: العضد والساعد (الزند والكعبرة) وبالطرف العلوى للزند تجويف يستقر فيه النتوء السفلى للعضد - والكعبرة أصغر حجماً وتتحرك حركة نصف دائرية حول الزند الثابت وعظام اليد التى تتكون من:

- الرسغ يتكون من ٨ عظام فى صفين يتصل طرفها العلوى بالطرف السفلى للكعبرة)، والطرف السفلى بعظام راحة اليد (شكل ٥).

- عظام راحة اليد تتكون من ٥ عظام رقيقة مستطيلة تؤدى إلى عظام الأصابع الخمسة التى يتكون كل منها من ٣ سلاميات رقيقة عدا إصبع الإبهام فيتكون من سلاميتين فقط.



شكل (٦) عظام الحوض

(٢) الحزام الحوضى والطرفان السفليان؛

تتكون عظام الحوض (شكل ٦) من نصفين متماثلين يتصلان فى الناحية الباطنية فى منطقة تسمى

بالارتفاق العانى ويتكون كل نصف منهما من عظمة الحرقفة الظهرية التى تتصل من الناحية الأمامية



الباطنية بعظمة العانة، ومن الناحية الخلفية الباطنية بعظمة الورك وعند موضع اتصال عظام الحرقفة والورك والعانة يوجد تجويف عميق يسمى، التجويف الحقي، يستقر فيه رأس عظمة الفخذ ليكون مفصل الفخذ وتلتحم عظام كل نصف ببعضها مكونة عظمة واحدة يتكون الطرف السفلي من عظمة الفخذ والتي يوجد أسفلها تنوءان كبيران يتصلان بالساق عند، المفصل الركبي،، والساق تتكون من عظمتين إحداهما داخلية، القصبية، والثانية خارجية، الشظية، - وأمام مفصل الركبة عظمة صغيرة مستديرة تسمى، الرضفة،، وعظام القدم تتكون من رسغ القدم الذي يتكون من ٧ عظام غير منتظمة الشكل أكبرها هي العظمة الخلفية التي تكون كعب القدم - ومشط القدم يتكون من ٥ عظام رفيعة وطويلة وينتهي كل منها بالأصبع الذي يتكون من ٣ سلاميات رفيعة عدا الإبهام فله سلاميتان فقط (شكل ٧).

ثانياً، الغضاريف:

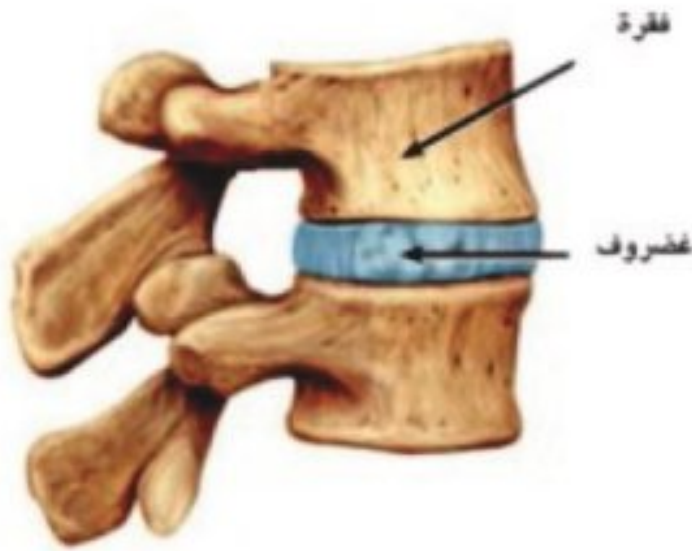
نوع من الأنسجة الضامة، تتكون من خلايا غضروفية وتوجد غالباً عند أطراف العظام وخاصة عند المفاصل وبين فقرات العمود الفقري، وذلك لحماية العظام من التآكل نتيجة احتكاكها المستمر، وتوجد الغضاريف في الأذن الخارجية والأنف وجدار القصبة الهوائية ولا تحتوى الغضاريف على أوعية دموية، لذا تحصل على الغذاء والأكسجين من خلايا العظام بالانتشار

ثالثاً، المفاصل:

يوجد في الهيكل العظمي ثلاثة أنواع من المفاصل هي المفاصل الليفية والمفاصل الغضروفية والمفاصل الزلالية

١- **المفاصل الليفية:** تلتحم العظام عند هذه المفاصل بواسطة أنسجة ليفية ومعظمها لا تسمح بالحركة، ومع تقدم العمر يتحول النسيج الليفي إلى نسيج عظمي، كما هي عظام الجمجمة التي ترتبط ببعضها من خلال أطرافها المسننة

٢- **المفاصل الغضروفية:** هي مفاصل ترتبط بين نهايات بعض العظام المتجاورة، ومعظمها تسمح بحركة محدودة جداً مثل المفاصل الغضروفية التي توجد بين أجسام فقرات العمود الفقري (شكل ٨).



شكل (٨) المفاصل الغضروفية

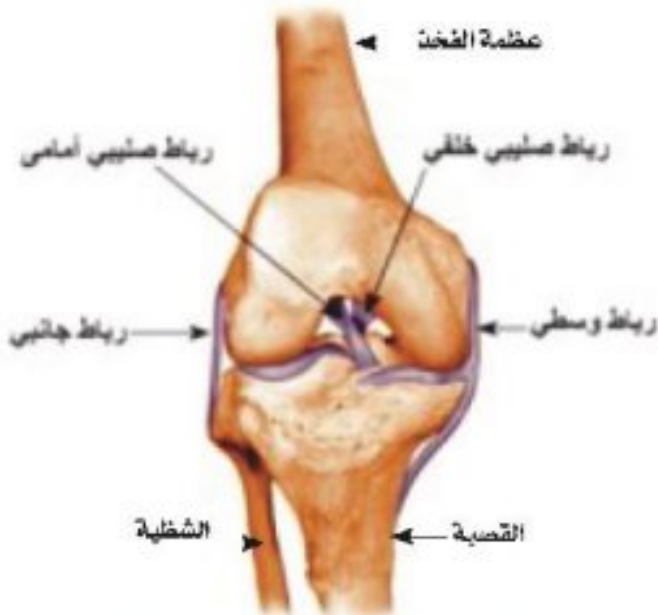
٣- المفاصل الزلالية : تشكل معظم مفاصل الجسم ، ويغطي سطح العظام المتلامسة هي المفاصل بطبقة رقيقة من مادة غضروفية شفافة وملساء مما يسمح بحركة العظام بسهولة وبأقل احتكاك وهي من المفاصل المرنة التي تتحمل الصدمات وتحتوي هذه المفاصل على سائل مصلي أو زلالي تسهل من انزلاق الغضاريف التي تكسو أطراف العظام

من أمثلة المفاصل الزلالية :

- مفصل الكوع ومفصل الركبة وهي من المفاصل محدودة الحركة لأنها تسمح بحركة أحد العظام في اتجاه واحد فقط
- مفصل الكتف ومفصل الورك وهي من المفاصل واسعة الحركة التي تسمح بحركة العظام في اتجاهات مختلفة

رابعا : الأربطة :

عبارة عن حزم منفصلة من النسيج الضام الليفي ، تثبت أطرافها على عظمتي المفصل ، حيث تعمل على ربط العظام ببعضها عند المفاصل وتحديد حركة العظام في الاتجاهات المختلفة ، وتتميز ألياف

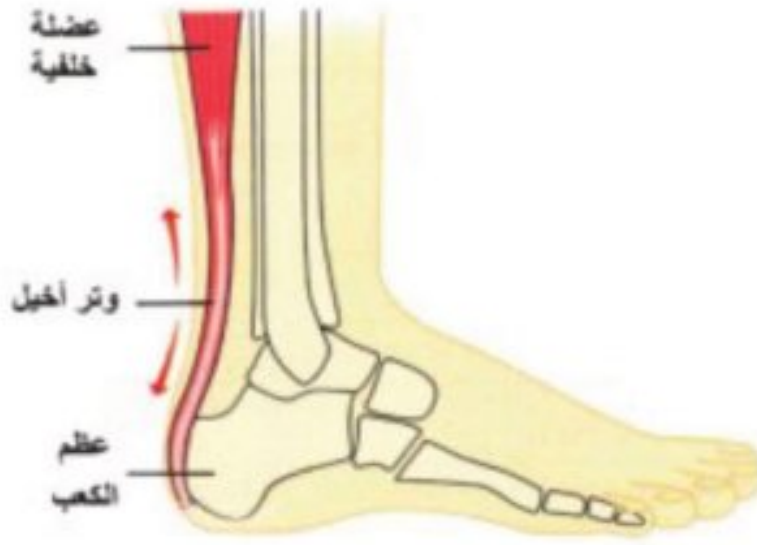


شكل (٩) الأربطة في مفصل الركبة

الأربطة بمتانتها القوية ووجود درجة من المرونة تسمح بزيادة طولها قليلا حتى لا تنقطع في حالة تعرض المفصل لضغط خارجي ، ولكن في بعض الحالات قد يحدث تمزق للأربطة عند حدوث التواء في بعض المفاصل كما في الرباط الصليبي في مفصل الركبة

خامسا : الأوتار :

عبارة عن نسيج ضام قوي يعمل على ربط العضلات بالعظام عند المفاصل ، بما يسمح للحركة عند انقباض وانبساط العضلات ، ومن أمثلة ذلك وتر أخيل الذي يصل العضلة التوأمية (عضلة بطن الساق)



شكل (١٠) وتر أخيل

بعظم الكعب ، وفي بعض الأحيان يتمزق هذا الوتر بسبب مجهود عنيف أو تقلص العضلات المفاجئ ، وانعدام المرونة في العضلات ، ومن أعراض تمزق وتر أخيل هو عدم القدرة على المشي وتورم في منطقة الإصابة والام حادة ، ويعالج بالأدوية المضادة للالتهابات والمسكنة للألام ، واستخدام جبيرة طبية ، أما التدخل الجراحي فلا يحدث إلا إذا كان تمزق الوتر كاملا .

الحركة في الكائنات الحية

الحركة: ظاهرة تميز جميع الكائنات الحية، والحركة في الكائن الحي

لها أنواع عديدة، فهناك حركة دائبة داخل كل خلية من خلايا الكائن الحي تسير نشاطاته الحيوية كالحركة السيتوبلازمية وهناك حركة موضعية لبعض أجزاء الكائن الحي كالحركة الدودية في أمعاء الفقاريات وهناك حركة كلية يتحرك بها الكائن الحي من مكان إلى آخر بحثا عن الغذاء أو سعيا وراء الجنس الآخر أو تلافيا لخطر في بيئته.

أولاً: الحركة في النبات Locomotion in plant

تتأثر أوراق بعض النباتات باللمس فتتحرك استجابة لهذا المثير، فعند لمس وريقة نبات المستحية فإنها تتدلى كما لو كان أصابها الذبول، وتعرف هذه الحركة بالحركة كاستجابة لللمس.



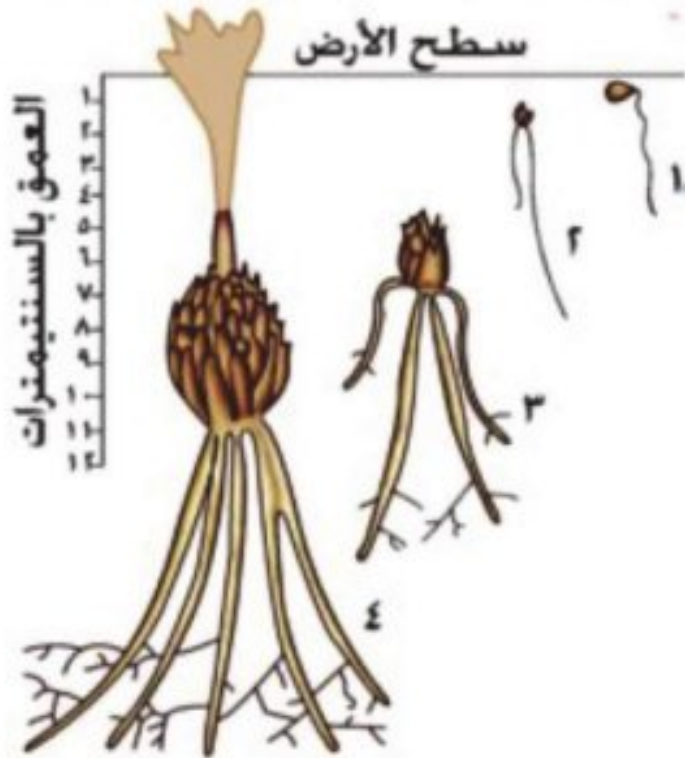
شكل (١١) حركة المحاليق

كما أن نفس النبات وبعض البقوليات تتقارب وريقاتها إذا ما أقبل الليل وبتوالي النور والظلام تحدث في الوريقات حركة انبساط وحركة تقارب أي حركة يقطعة ونوم ولهذا تسمى هذه بحركة النوم.

كما أن جميع النباتات تتميز بحركة اتحاء وهي استجابات مختلف أجزاء النبات بتأثير الضوء والرطوبة والجاذبية. ونضيف إلى ما سبق دراسته في الإحساس. الحركة عن طريق الشد، وحركة السيتوبلازم داخل الخلية.

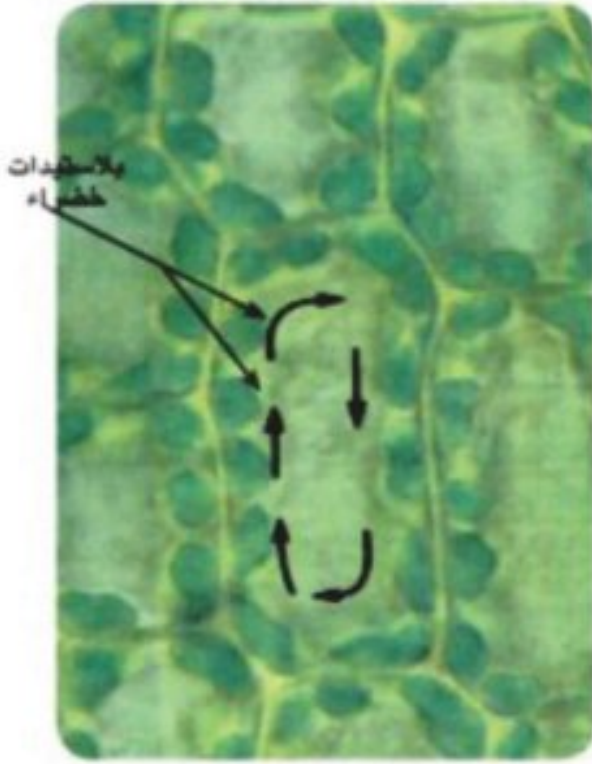
حركة الشد:

تظهر حركة الشد في محاليق النباتات المتسلقة كالباذلاء وهي جذور الكورمات والأبصال. ويبدأ الحالق



شكل (١٢) حركة الشد في الجذور لأبصال النرجس

عمله بأن يدور في الهواء حتى يلمس جسماً صلباً، وبمجرد اللمس يلتف حول هذا الجسم الصلب ويوثق التصاقه به، ثم يتموج ما بقي من أجزاء الحالق في حركة لولبية فينقص طوله وبذلك يقترب الساق نحو الدعامة أي يشدها إلى الدعامة فيستقيم الساق رأسياً، وبعد ذلك يتغلغل الحالق بما يتكون فيه من أنسجة دعامية فيقوى ويشد، أما إذا لم يجد الحالق في حركته الدورانية ما يلتصق به فإنه يذبل ويموت. ويلاحظ أن سبب حركة المحالق حول الدعامة هو بدء نمو المنطقة التي تلامس الدعامة على حين يسرع نمو المنطقة التي لا تلامسه فتستطيل مما يؤدي إلى التفاف الحالق حول الدعامة (شكل ١١). أما في الكورمات والأبصال فتوجد الجذور الشاذة



شكل (١٣) الحركة الدورانية للسيتوبلازم

أسفلها، ولذلك تستطيع بتقلصها أن تشد النبات إلى أسفل فتتهبط بالكورمة والبصلة إلى المستوى الطبيعي الملائم. وبفضل هذه الجذور تظل الساق الأرضية المختزنة دائما على بعد ملائم عن سطح الأرض يزيد من تدعيمها وتأمين أجزائها الهوائية ضد الرياح (شكل ١٢).

الحركة الدورانية السيتوبلازمية،

من أهم خصائص السيتوبلازم الحي أنه يتحرك في دوران مستمر داخل الخلية، ويتضح لنا ذلك جليا إذا فحصنا خلية ورقة إيلوديا (شكل ١٣)، وهو نبات مائي تحت القوة الكبيرة للمجهر حيث يلاحظ أن السيتوبلازم يبطن الجدار من الداخل بطبقة رقيقة وينساب في حركة دورانية داخل الخلية في اتجاه واحد. ويستدل على الحركة بدوران البلاستيدات الخضراء المنغمسة في السيتوبلازم، محمولة في تياره.

ثانيا: الحركة في الإنسان

ولما كان الإنسان أرقى الكائنات الحية فسنتناول بالدراسة فيما يلي الحركة في الإنسان كمثال للتدييات، والتي تعتمد على ثلاثة أجهزة هي الجهاز الهيكلي والجهاز العضلي والجهاز العصبي

الجهاز العضلي Muscular System

الجهاز العضلي عبارة عن مجموع عضلات الجسم التي بواسطتها يمكن تحريك أجزاء الجسم المختلفة. ويتركب الجهاز العضلي من وحدات تركيبية تسمى العضلات Muscles، وهي عبارة عن مجموعة من الأنسجة العضلية والتي سبق دراستها في مقرر الأحياء بالسنة الأولى - وهذه العضلات تمكن الإنسان من القيام بحركاته الميكانيكية والتنقل من مكان لآخر وهي عادة ما تعرف (باللحم). و عدد عضلات الجسم يمكن تقديرها بحوالي ٦٢٠ عضلة أو أكثر.

وظائف العضلات:

تتميز العضلات بأنها خيطية الشكل بوجه عام، ولها القدرة على الانقباض والانبساط، والانقباض العضلي ضروري لتأدية العديد من الوظائف ومنها:

- الانتقال من مكان إلى مكان آخر.

- استمرار تحريك الدم في الأوعية الدموية والمحافظة على ضغط الدم داخل هذه الأوعية الدموية

عن طريق انقباض العضلات الملساء (اللاإرادية) الموجودة في جدرانها.

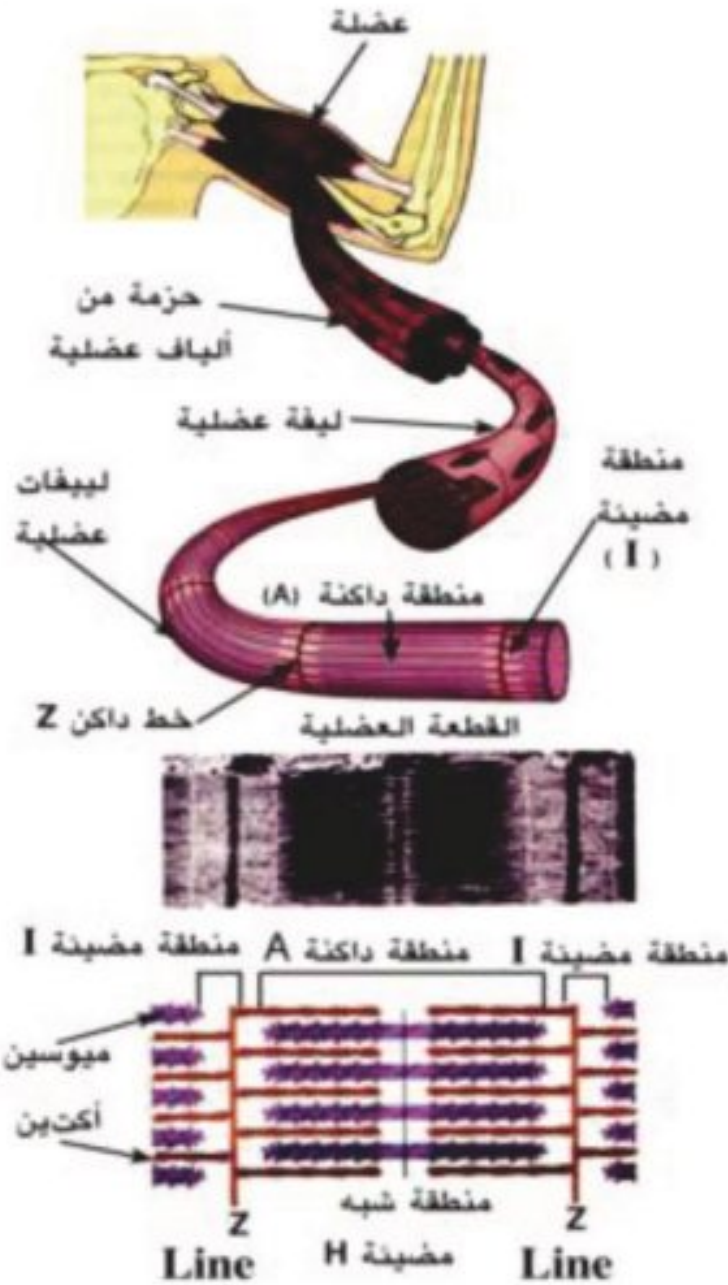
تركيب العضلة الهيكلية:

كما سبق ودرست فإن العضلة الهيكلية تتركب من عدد كبير من خيوط رفيعة متماسكة مع بعضها تسمى الألياف (الخلايا) العضلية Muscle Fibers، وكل ليفة (خلية) عضلية تحتوى على مجموعة من لبيبات عضلية Myofibrils يتراوح عددها ما بين ألف إلى ألفين ليفة مرتبة طوليا وموازية للمحور الطولى للعضلة وتحتوى الليفة العضلية على عدد كبير من الأنوية. وتتكون من:

أ- المادة الحية (البروتوبلازم) والسيتوبلازم في العضلات يعرف بالساركوبلازم Sarcoplasm

ب- غشاء خلوي يحيط بالساركوبلازم يعرف بالساركوليمما Sarcolemma

ج- الألياف العضلية دائما توجد في مجموعات تعرف بالحزم العضلية تحاط بغشاء يعرف بغشاء الحزمة.



شكل (١٤) تركيب العضلات الهيكلية



د- كل ليفة عضلية تتكون من ،

١- مجموعة من الأقراس (المناطق المضيئة) يرمز لها بالرمز (I)، يقطعها في منتصفها خط داكن يرمز له بالرمز (Z) وتتكون هذه الأقراس المضيئة من خيوط بروتينية رقيقة تسمى أكتين Actin.

٢- مجموعة من الأقراس (المناطق) الداكنة يرمز لها بالرمز (A) وهي منتصف كل منطقة توجد منطقة شبه مضيئة يرمز لها بالرمز (H) وتتكون هذه المناطق شبه المضيئة من نوع آخر من الخيوط البروتينية السميكة ويعرف بالميوسين Myosin (شكل ١٤)

٣- المسافة بين كل خطين متتالين (Z) الموجودة في منتصف المناطق المضيئة تعرف بالقطعة العضلية Sarcomere

- وتلاحظ أن المناطق الداكنة والمضيئة توجد فقط في العضلات الهيكلية والعضلات القلبية ولهذا جاءت التسمية بالعضلات المخططة وغير موجودة في العضلات الملساء ولذلك سميت بالعضلات غير المخططة.

الانقباض العضلي:

تمتاز العضلات بقدرتها على الانقباض والانبساط، ولذلك فهي المسؤولة عن الحركات المختلفة للجسم. ولكي يتم ذلك على أصول متناسقة لا بد من تعاون ثلاثة أجهزة رئيسية هي:

أ- الجهاز الهيكلي (العظمي)، هو يشكل مكان اتصال مناسب للعضلات من جهة ويعمل كدعامة للأطراف المتحركة من جهة أخرى ولذا فالمفاصل لها دور مهم في حركة أجزاء الجسم المختلفة.

ب- الجهاز العصبي، هو الذي يعطي الأوامر (على شكل سيالات عصبية) للعضلات فيتم الاستجابة تبعاً لذلك بالانقباض أو الانبساط.

ج- الجهاز العضلي، هو المسئول عن الحركة وغالبية العضلات يسيطر عليها الجسم وتسمى بالعضلات الإرادية (الهيكلية أو المخططة) وتشمل معظم عضلات الجسم، وبعضها لا يستطيع الإنسان التحكم فيها تماماً وتسمى لا إرادية كالعضلات الملساء وعضلة القلب.

وبناء على ما سبق لا بد من الإجابة على الأسئلة التالية كيف تنقبض العضلة؟ وما تأثير السيالات العصبية على العضلة وفسولوجية إستجابتها للحفز العصبي؟ وكيف يتم التناسق والتأزر بين الأجزاء السابقة؟

كيفية انتقال السيال العصبي إلى العضلة الهيكلية:

١- في العضلات الهيكلية الإرادية السطح الخارجي لغشاء الليفة العضلية مشحون بشحنة موجبة بينما يحمل الغشاء الليفي العضلي من الداخل شحنة سالبة. وينشأ عن ذلك فرق في الجهد للفرق في تركيز الأيونات بين خارج وداخل غشاء الليفة العضلية.

٢- المؤثر الذى يسبب انقباض العضلة الإرادية هو وصول السيالات العصبية عن طريق الخلايا العصبية الحركية الآتية من المخ والحبل الشوكى والتي تتصل نهاياتها العصبية اتصالا محكما بالليفة العضلية مكونة تشابك عصبى - عضلى Synapse.

٣- النهايات العصبية للخلايا العصبية تحتوى على حويصلات بها بعض المواد الكيميائية تعرف بالنواقل العصبية مثل الاستيل كولين Acetylcholine .

٤- عند وصول السيل العصبى إلى هذه الحويصلات تسبب خروج هذه النواقل العصبية وتقوم أيونات الكالسيوم بدور مهم فى خروج هذه النواقل ، والتي لا تلبث أن تسبح فى الفراغ الموجود بين النهايات العصبية وغشاء الليفة العضلية حتى تصل إلى سطح الليفة العضلية الإرادية وبالتالي تسبب تغير فرق الجهد على جانبى غشاء الليفة العضلية وانعكاسه . بمعنى أن السطح الداخلى لغشاء الليفة العضلية يصبح موجبا ويصبح السطح الخارجى لغشاء الليفة العضلية سالباً وذلك لزيادة نفاذية غشاء الخلية لأيونات الصوديوم فتدخل بسرعة إلى داخل غشاء الليفة العضلية، وعندئذ يوصف غشاء الليفة العضلية بحالة اللااستقطاب Depolarization وهذا يؤدى إلى انقباض العضلة.

٥- فرق الجهد على غشاء الليفة العضلية يعود إلى وضعه الطبيعى بعد جزء من الثانية وذلك بفعل عمل أنزيم الكولين استيريز (Cholinesterase) وهو أنزيم متوفر فى نقاط الاتصال العصبى العضلى - والذى يعمل على تحطيم مادة الاستيل كولين (يحوله إلى كولين وحامض خليك) وبالتالي يبطل عمله وتعود نفاذية غشاء الليفة العضلية إلى وضعها الطبيعى فى حالة الراحة (قبل استقبال السيل العصبى) وتكون مهياة للاستجابة للحفز مرة أخرى... وهكذا.

آلية انقباض العضلة ، (نظرية الخيوط المنزلقة)

ظهرت عدة فروض لتفسير انقباض العضلات وتعتبر فرضية الخيوط المنزلقة أو (نظرية الانزلاق) التى اقترحها هكسلى Huxely، أشهر هذه الفروض.

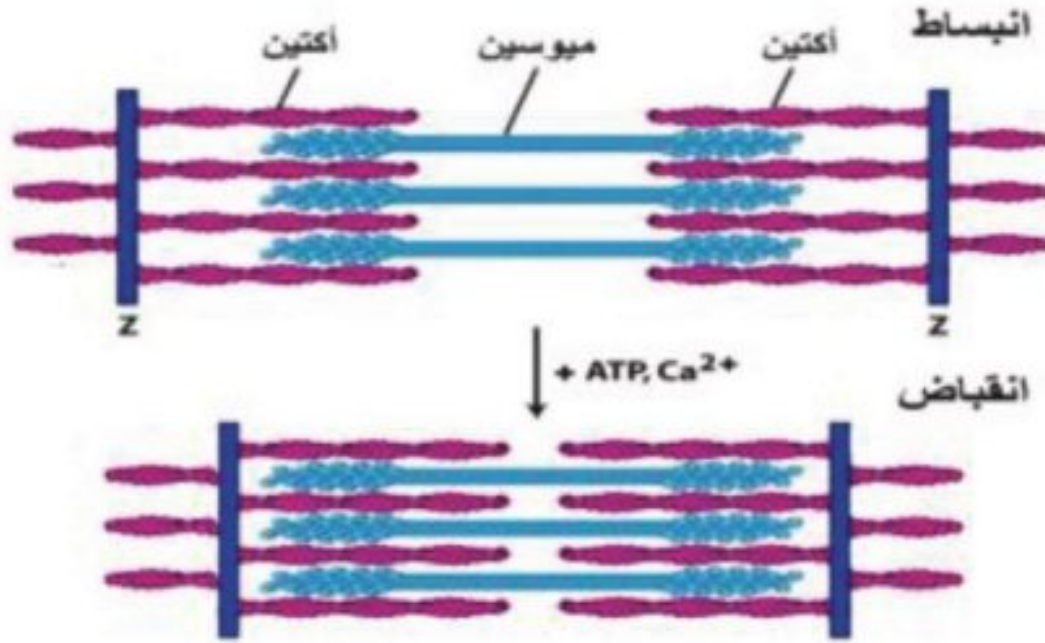
تعتمد هذه الفرضية على التركيب المجهرى الدقيق لألياف العضلات، إذ أن كل ليفة عضلية كما ذكرنا سابقا تتكون مجموعة لبيفات وكل لبيفة تتكون من نوعين من الخيوط البروتينية هما ، الأولى خيوط رقيقة اكتينية Actin والثانية خيوط غليظة ميوسينية Myosin

بعد أن قارن هكسلى باستخدام المجهر الإلكتروني ليفة عضلية فى حالة انقباض بأخرى فى حالة الراحة استنتج أن الخيوط البروتينية المكونة للألياف العضلية تنزلق الواحدة فوق الأخرى مما تسبب انقباض أو تقلص العضلة عن طريق وجود روابط مستعرضة تمتد من خيوط الميوسين لكي تتصل بخيوط

الأكتين ويتم هذا الإتصال بمساعدة أيونات الكالسيوم وجزىء ATP وبالتالي فإن الانقباض العضلى يحدث عندما



تعمل هذه الروابط المستعرضة كخطاطيف تسحب بمساعدة الطاقة المخزنة في جزيئات ATP المجموعات المتجاورة من خيوط الأكتين باتجاه بعضها البعض فينتج عنه انقباض الليفة العضلية. أثناء الانقباض تقتارب خطوط (Z) من بعضها، وهكذا تنقبض العضلة، وعند زوال المنبه تبتعد الروابط المستعرضة عن خيوط الأكتين فتتوسط العضلة ويتباعد خطوط (Z) عن بعضها وتعود القطع العضلية إلى طولها الأساسي شكل (١٥).



شكل (١٥) الانقباض العضلي

تستهلك العضلة جزء من الطاقة المخزنة في ATP في فصل الروابط المستعرضة عن خيوط الأكتين، لذا عند تناقص ATP قد يؤدي ذلك إلى عدم انفصال الروابط المستعرضة عن خيوط الأكتين فتظل العضلة في حالة انقباض وغير قادرة على الانبساط. تحتاج عمليتي اتصال الروابط المستعرضة بخيوط الأكتين أثناء الانقباض وانفصالها عن خيوط الأكتين عن الانبساط إلى الطاقة المخزنة في جزيئات ATP.

إجهاد العضلة، Muscle Fatigue

انقباض العضلة بصورة متتالية وسريعة يسبب إجهادها وتعبها وذلك لأن الدم لا يستطيع نقل الأكسجين بالسرعة الكافية ليوفر للعضلة احتياجاتها من التنفس وإنتاج الطاقة. ولهذا تلجأ العضلة إلى تحويل مادة الجلوكوجين (نشا حيواني) إلى جلوكوز الذي لا يلبث أن يتأكسد بطريقة التخمر اللاهوائي (لا يحتاج إلى أكسجين) لإنتاج طاقة تعطى العضلة فرصة أكبر للعمل وينتج عن هذه العملية تراكم حامض معين يسمى حامض اللاكتيك Lactic Acid الذي يسبب تعب العضلة وإجهادها، وتناقص جزيئات ATP في العضلة بسبب عدم انفصال الروابط المستعرضة عن خيوط الأكتين فتظل مرتبطة بها وتظل العضلة في حالة انقباض مستمر، وهذا ما يسبب حدوث الشد العضلي المؤلم.

عند الراحة تصل العضلة كمية كافية من الأكسجين فتقوم بالتنفس الهوائي وإنتاج كمية كبيرة من ATP تعمل على انفصال الروابط المستعرضة عن خيوط الأكتين وانسحاب العضلة، وبالتالي تبدأ العضلة من جديد في تتابع من الانقباضات والانسحابات.

يمكن أن يتسبب الشد العضلي الزائد عن الحد في تمزق العضلات وحدوث نزف دموي.



أسئلة

س ١ اختر الاجابة الصحيحة مما يلي :

- ١- تحدث الحركة في الانسان بتأزر مجموعة من الاجهزة وهي ،
 - أ- الجهاز العضلى والهيكلى والدورى .
 - ب - الجهاز التنفسى والعصبى والهيكلى .
 - ج - الجهاز الهيكلى والعصبى والعضلى .
 - د - الجهاز الهيكلى والتنفسى والدورى .
- ٢- المخزون المباشر للطاقة في العضلة هو ،
 - أ- جزيئات ATP
 - ب - الجليكوجين ج- الجلوكوز
 - د - حمض اللاكتيك
- ٣- يرجع الاجهاد العضلى عند التعب إلى تراكم مركب كيميائى هو ،
 - أ- ثالى اكسيد الكربون
 - ب - الكحول
 - ج - حمض اللاكتيك
 - د - الاحماض الامينية

س ٢ علل لما يأتى :

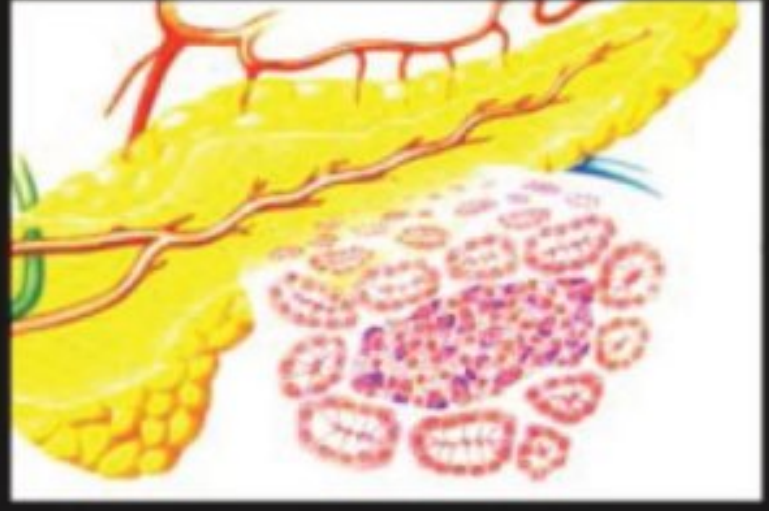
- ١- التفاف المحلاق حول الدعامة .
- ٢- وجود الاحزمة عند اتصال اطراف الحيوان بهيكله المحورى.
- ٣- حدوث اجهاد للعضلة الهيكلية .
- ٤ - الدم في حركة مستمرة داخل الاوعية الدموية
- ٥- يتوافر أنزيم الكولين استيريز في نقاط الاتصال العصبى - العضلى

س٣ ارسم شكلا مبسطا لآحدى فقرات العمود الفقري فى الانسان .

س٤ ماذا تعرف عن :

الرباط الصليبي - وتر أخيل - المفاصل الزلالية - العصعص - الحزام الحوضي - الحزام الصدرى - لوح الكتف - الحزم العضلية .

س٥ ، تحدث الحركة نتيجة تآزر أو تعاون أجهزة رئيسية فى جسم الإنسان هى الهيكلى والعصبى والعضلى " فسرد ذلك .



التركيب والوظيفة في الكائنات الحية

الفصل الثاني

التنسيق الهرموني في الكائنات الحية

في نهاية هذا الفصل ينبغي أن يكون الطالب قادرا على أن:

- يتعرف دور العلماء في اكتشاف الهرمونات.
- يذكر أهمية الأوكسينات بالنسبة للنبات.
- يكتشف وظائف الهرمونات.
- يذكر أمثلة للغدد الصماء الموجودة في الإنسان.
- يستنتج خصائص الهرمونات .
- يقارن بين الغدد الصماء (اللاقنوية) والغدد القنوية في الإنسان .
- يتعرف دور الغدة النخامية .
- يستنتج أن الغدة النخامية هي رئيسة الغدد الصماء .
- يكتشف الغدة الدرقية (غدة النشاط).
- يوضح وظيفة الغدد الجار درقية.
- يكتشف الغدتان الكظريتان (غدد الانفعال).
- يتعرف دور البنكرياس كمنظم للسكر.
- يستنتج أن البنكرياس غدة مزدوجة قنوية ولا قنوية.
- يكتسب مهارات الربط بين المرض وما يسببه (نقص وزيادة في إفراز هرمون معين)
- يقدر عظمة الخالق في كيفية التنسيق الهرموني في الكائنات الحية.





جهاز الغدد الصماء Endocrine System

جهاز الغدد الصماء هو الجزء الثاني من الأجهزة التي تتحكم في وظائف الجسم مع الجهاز العصبي ولذلك فإن وظائف الجسم المختلفة تكون تحت سيطرة التحكم العصبي والهرموني.

والغدد الصماء هي غدد لا قنوية، تفرز الهرمونات والتي تصب في الدم مباشرة، ولا بد من إفراز هذه الهرمونات بالكميات المطلوبة لكي تؤدي وظائفها على احسن وجه لأنه إذا زاد إفراز الهرمون أو نقص سيؤدي ذلك إلى اختلال في الوظيفة مما قد يسبب أعراضاً مرضية تختلف من هرمون إلى آخر.

الهرمونات : Hormones

يعرف الهرمون بأنه مادة كيميائية تتكون داخل الغدة وتنتقل عن طريق الدم إلى عضو آخر، الذي عادة ما يؤثر على وظيفته ونموه، ومعظم تأثيرات الهرمونات من النوع المحفز حيث تقوم بتنشيط أعضاء أو غدد أخرى.

اكتشاف الهرمونات الحيوانية:

ستارلينج Starling

وجد في عام ١٩٠٥ أن ،

- أ- البنكرياس يفرز عصاراته الهاضمة فور وصول الغذاء من المعدة إلى الاثنى عشر حتى بعد قطع الاتصال العصبي بين البنكرياس وغيره من الأعضاء.
- ب- استنتج أن هناك نوعاً من التنبيه غير العصبي.
- ج- توصل إلى أن الغشاء المخاطي المبطن للأثنى عشر يفرز مواد تسري في تيار الدم حتى تصل إلى البنكرياس فتنبهه إلى إفراز عصاراته الهاضمة.
- د- سمى هذه الرسائل الكيميائية هرمونات (لفظ يوناني معناه المواد المنشطة).

الهرمونات في النبات:

يعتبر بويسن جنسن (١٩١٣) أول من أشار إلى الهرمونات النباتية (الأوكسينات) واستطاع أن يفسر بها انحناء الساق نحو الضوء، فقد أثبت أن منطقة الاستقبال وهي القمة النامية للساق، تفرز مادة كيميائية (أندول حمض الخليك) تنتقل منها إلى منطقة الاستجابة (منطقة الانحناء) وتسبب انحنائها. والنبات ليس له غدد خاصة بل تفرز الهرمونات (الأوكسينات) من الخلايا الحية في القمم النامية والبراعم - وتؤثر في وظائف المناطق الأخرى.

ومن وظائف الأوكسينات :

- ١- تنظيم نمو الأنسجة وتنوعها.
- ٢- تتحكم في عمليات تفتح الأزهار وتكون ونضج الثمار.

التنظيم الهرموني في الإنسان

يتم دراسة هذا التنظيم في الإنسان كنموذج يمثل قمة التطور، وقد توصل العلماء إلى معرفة الكثير من وظائف الهرمونات عن طريق:

- ١- دراسة الأعراض التي تظهر على الإنسان أو الحيوان نتيجة تضخم غدة صماء أو استئصالها.
- ٢- دراسة التركيب الكيميائي لخلاصة الغدة والتعرف على أثرها في العمليات الحيوية المختلفة.

خصائص الهرمونات:

- ١- الهرمونات هي مواد كيميائية عضوية بعضها يتكون من البروتين المعقد والبعض الآخر من مركبات بسيطة كالأحماض الأمينية أو إستيرويدات (مواد دهنية).
- ٢- تفرز بكميات قليلة تقدير بالميكروجرام (١/١٠٠٠ ملليجرام).
- ٣- للهرمونات أهمية كبيرة في حياة الإنسان تتمثل في أداء الوظائف التالية،
 - أ- اتزان الوضع الداخلي للجسم وتنظيمه .
 - ب- نمو الجسم.
 - ج- النضوج الجنسي.
 - د- التمثيل الغذائي.
 - هـ- سلوك الإنسان ونموه العاطفي والعقلي



الغدد في الإنسان،

يوجد في جسم الإنسان ثلاثة أنواع من الغدد هي،

١- الغدد القنوية Exocrine Glands

تسمى ذات الإفراز الخارجى وتحتوى هذه الغدد على الجزء الممرز وقنوات خاصة بها تصب إفرازاتها أما داخل الجسم (الغدد اللعابية والهضمية) أو خارج الجسم (الغدد العرقية).

٢- الغدد الصماء Endocrine Glands

تسمى ذات الإفراز الداخلى، وتمتاز هذه الغدد بأن ليس لها قنوات خاصة بها، بل تصب إفرازاتها مباشرة في الدم وهي مسنولة عن افراز الهرمونات مثل الغدة الدرقية والغدد الكظرية.

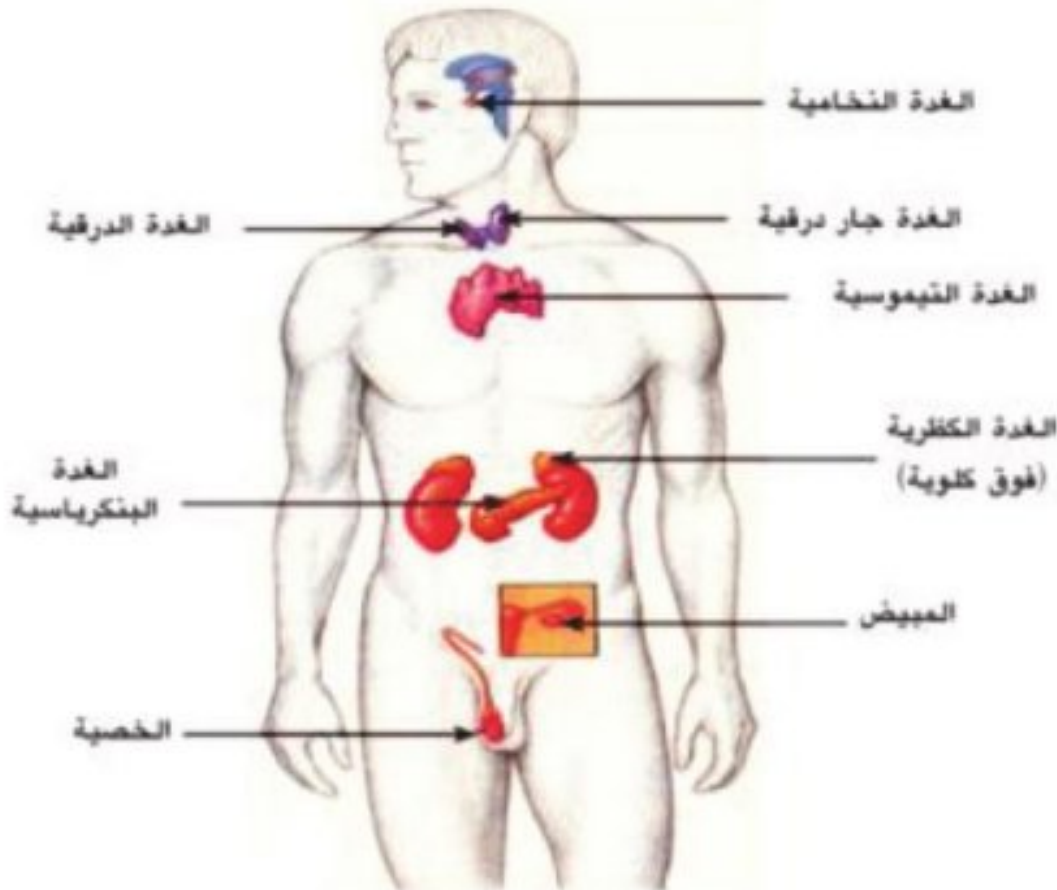
٣- الغدد المشتركة أو المختلطة Mixed Glands

تجمع هذه الغدد بين النوعين السابقين وعليه فإن تركيبها يتكون من جزء غدى قنوى وآخر عبارة عن غدة صماء أو لا قنوية كالبنكرياس.

يحتوى جسم الإنسان على مجموعة من الغدد الصماء موزعة في أماكن متفرقة من الجسم

(شكل ١) ولكل غدة إفراز خاص بها يحوى هرمونا واحدا أو مجموعة هرمونات ومن أمثلة الغدد الصماء

في جسم الإنسان ،



شكل (١) صورة لجسم الإنسان توضح توزيع الغدد

أولاً: الغدة النخامية ، Pituitary Gland

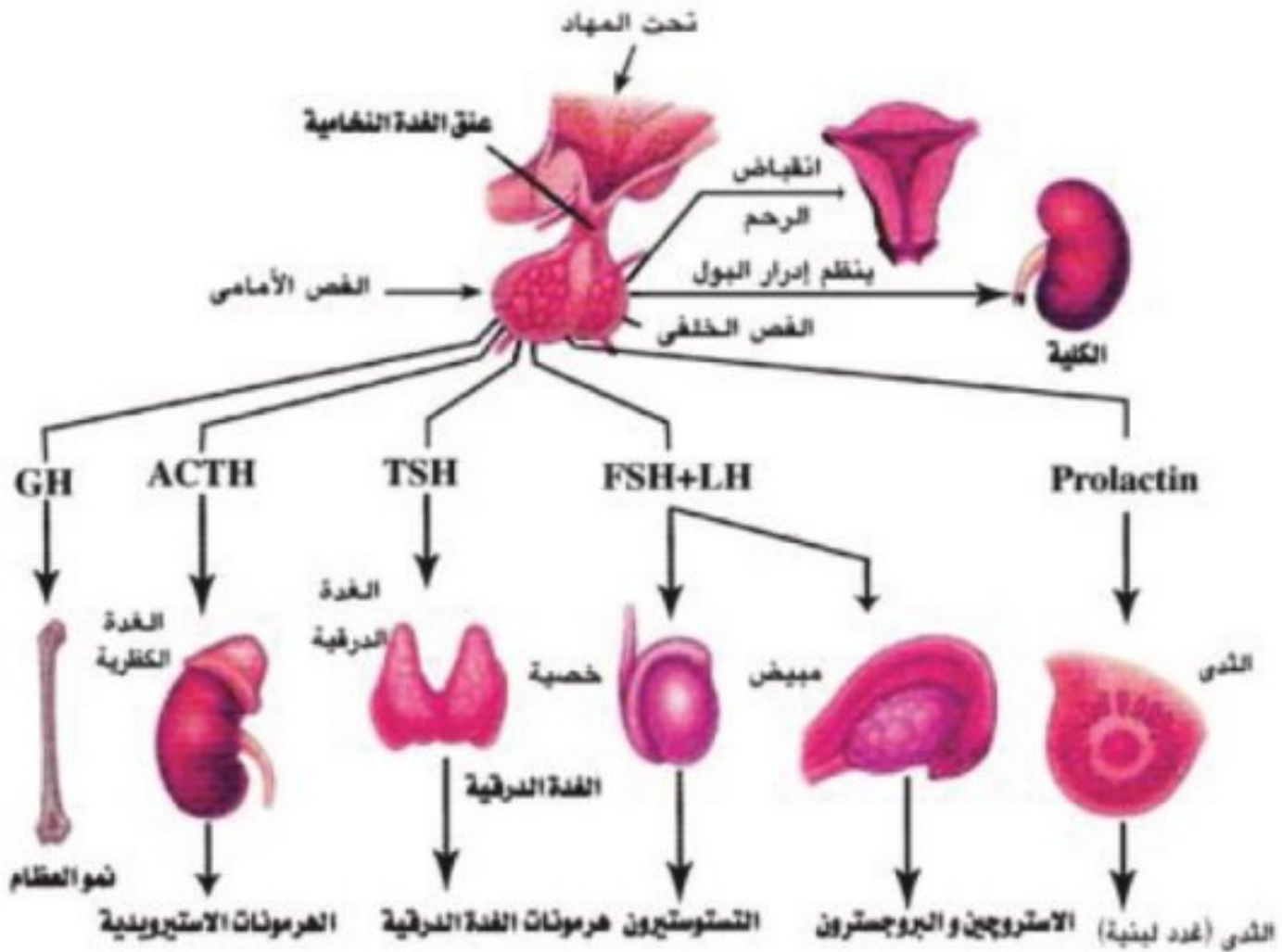
تعتبر الغدة النخامية سيدة الغدد أو المايسترو الذي يتحكم في جهاز الغدد الصماء بأكمله عن طريق الهرمونات التي تفرزها وتؤثر في إفراز معظم الغدد الصماء. وتقع هذه الغدة أسفل المخ وتتصل بتحت المهاد (الهيبوثالامس) وتتربك الغدة النخامية من جزئين،

أ- الجزء الغدي : Adenohypophysis

ويتكون من الفص الأمامي والفص الأوسط

ب- الجزء العصبي : Neurohypophysis

ويتكون من الفص الخلفى والجزء من المخ المعروف بالقمع أو العنق العصبية.



شكل (٢) هرمونات الغدة النخامية



هرمونات الجزء الغدى،

١- هرمون النمو، (Growth Hormone (GH)

يتحكم فى عمليات الايض وخاصة تصنيع البروتين وبذلك يتحكم فى نمو الجسم. والنقص فى إفراز الهرمون فى حالة الطفولة يسبب القزامة (Dwarfism) وزيادته تسبب العملاقة (Gigantism). وفى البالغين تجديد نمو الأجزاء البعيدة فى العظام الطويلة كالأيدى والأقدام والأصابع وتضخم عظام الوجه وتعرف هذه بحالة الأكروميغالى Acromegaly

٢- الهرمونات المنبهة للغدد، Pituitary Trophin

وهى مجموعة من الهرمونات تؤثر على نشاط الغدد الأخرى وتشمل،

أ- الهرمون المنبه للغدة الدرقية، Thyrotrophin Stimulating Hormone (TSH)

ب- الهرمون المنبه لقشرة الغدة الكظرية Adrenocorticotrophic Hormone (ACTH)

ج- الهرمونات المنبه للمناسل، Gonadotrophic Hormones

وتشمل :

١ - الهرمون المنبه لتكوين الحويصلة

Follicle - Stimulating Hormone (F S H)

يعمل على نمو الحويصلات فى مبيض الأنثى وتحويلها إلى حويصلة جرافف، وفى الذكر يساعد على تكوين الأنبيبات المنوية وتكوين الحيوانات المنوية فى الخصية.

٢- الهرمون المنبه للجسم الأصفر Luteinizing Hormone (LH)،

يحفز تكوين الجسم الأصفر فى الأنثى وفى الذكور يعد هذا الهرمون مسئول عن تكوين وإفراز الخلايا البينية فى الخصية، وكلا الهرمونين هام جدا لاكتمال عملية التكوين الجنسى للفرد.

٢- الهرمون المنبه لإفراز اللبن، Prolactin

يعمل على إنتاج اللبن من الغدد الثديية .

هرمونات الجزء العصبي:

هرمونات هذا الجزء تنتجها خلايا عصبية في منطقة تحت المهاد وتصل هذه الهرمونات إلى الفص الخلفي عبر القمع حيث تخزن في نهاية الخلايا العصبية التي أنتجتها وتفرز الدم عند الحاجة.

١- الهرمون المضاد لإدرار البول ، Antidiuretic Hormone (ADH)

يسمى أيضاً الهرمون القابض للأوعية الدموية (Vasopression H.) ويعمل هذا الهرمون على تقليل كمية البول عن طريق إعادة امتصاص الماء في أنيببيبات النضرون وكذلك يعمل على رفع ضغط الدم.

٢- الهرمون المنبه لعضلات الرحم : Oxytocin Hormone

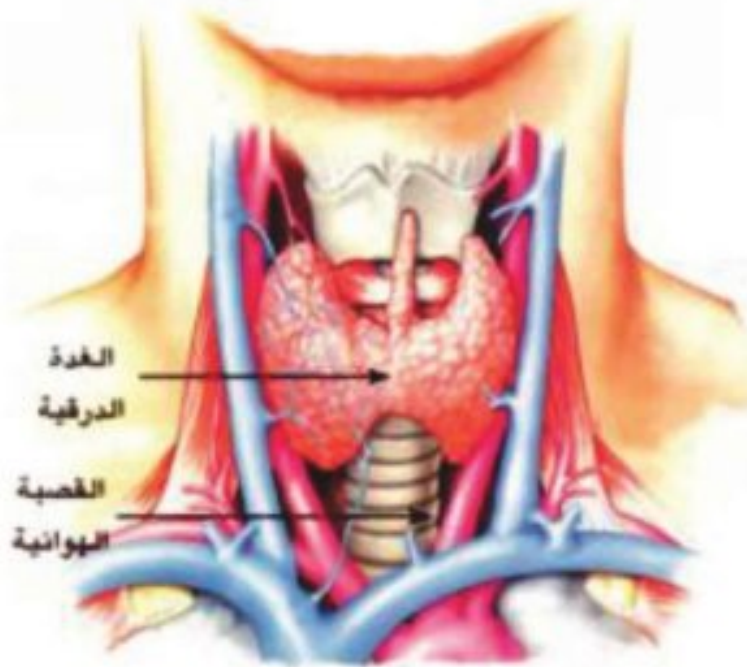
لهذا الهرمون علاقة مباشرة في عملية تنظيم تقلصات الرحم ويزيدها بشدة أثناء عملية الولادة من أجل إخراج الجنين ، ولهذا غالباً ما يستخدمه الأطباء لتسريع في عمليات الولادة. كما أنه له أثر مشجعاً في اندفاع أو نزول الحليب من الغدد اللبنية استجابة لعملية الرضاعة.

ثانياً: الغدة الدرقية Thyroid Gland

تقع هذه الغدة في الجزء الأمامي من الرقبة ملاصقة للقصبة الهوائية وهي غدة حويصلية تميل إلى اللون الأحمر ومحاطة بغشاء من نسيج ضام وتتكون من فصين بينهما بروز.

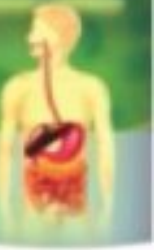
وظيفة الغدة الدرقية:

تنتج هذه الغدة هرمون الثيروكسين ولايد من وجود اليود لتكوين هذا الهرمون ويقوم هذا الهرمون بعدة وظائف في الجسم منها:



شكل (٣) الغدة الدرقية

- أ- نمو وتطور القوى العقلية والبدنية.
 - ب- يؤثر على معدل الأيض الأساسي ويتحكم فيه.
 - ج- يحفز امتصاص السكريات الأحادية من القناة الهضمية.
 - د- يحافظ على سلامة الجلد والشعر.
- كما تفرز الغدة الدرقية هرمون الكالسيونين (Calcitonin) الذي يعمل على تقليل نسبة الكالسيوم في الدم ويمنع سحبه من العظام.



أمراض الغدة الدرقية،

تنشأ بعض الحالات المرضية بسبب نقص أو زيادة في إفراز الغدة الدرقية لهرمون الثيروكسين.

١ - نقص إفراز الغدة الدرقية Hypothyroidism

يؤدي ذلك إلى حدوث تضخم في الغدة الدرقية ويسمى التضخم البسيط.

- التضخم البسيط : Simple Goiter

ينتج عن نقص الثيروكسين بسبب نقص اليود في الغذاء والماء والهواء.. ويعالج بإضافة اليود إلى الملح والأغذية المختلفة.

وعدم العلاج من هذه الحالة يؤدي إلى حدوث مضاعفات هي،

أ- مرض القماءة Cretinism

يحدث بسبب نقص حاد في إفراز الغدة الدرقية في مرحلة الطفولة.. ويؤثر ذلك على نمو الجسم والنضوج العقلي ويبدو الجسم قصير والرأس كبيرة والرقبة قصيرة. وكذلك يؤثر على النضوج العقلي للطفل وقد يسبب له تخلفا عقليا وتأخر في النضوج الجنسي.

ب - مرض الميكسوديما (Myxedema)

يحدث بسبب نقص حاد في إفراز الغدة الدرقية في البالغين. ويتميز المرض بجفاف في الجلد وتساقط الشعر وزيادة في وزن الجسم لدرجة السمنة المفرطة وهبوط مستوى التمثيل الغذائي فلا يتحمل البرودة وتقل ضربات القلب ويتعب الشخص بسرعة.. ويعالج المرضى بهرمونات الغدة الدرقية أو مستخلصاتها تحت إشراف طبي متخصص.



شكل (٤) التضخم الجحوظي

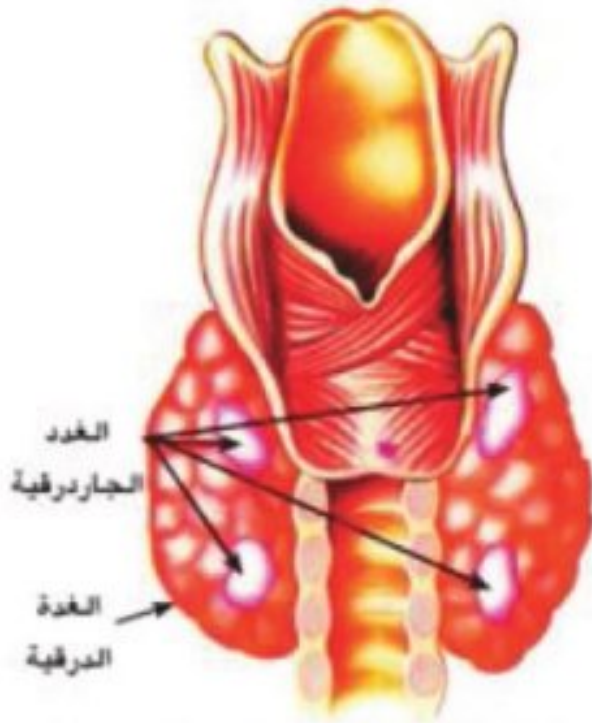
٢- زيادة إفراز الغدة الدرقية، Hyper Thyroidism

يؤدي ذلك إلى حدوث تضخم في الغدة الدرقية يسمى التضخم الجحوظي،

- التضخم الجحوظي، Exophthalmic Goiter

ينتج عن الإفراط في إفراز هرمون الثيروكسين مما يسبب تضخما ملحوظا في الغدة الدرقية وانتفاخ الجزء الأمامي من الرقبة مع جحوظ في العينين وينتج عن ذلك زيادة في أكسدة الغذاء ونقص في وزن الجسم وزيادة في ضربات القلب وتهيج عصبي، ويعالج باستئصال جزء من الغدة الدرقية أو باستخدام مركبات طبية أخرى تثبط إفراز الهرمون.

ثالثاً: الغدد جارات الدرقيّة: Parathyroid Glands



شكل (٥) صورة توضح الغدد الجار درقية

هي غدة تتكون من أربع أجزاء منفصلة اثنتان على كل جانب من الغدة الدرقيّة. وتفرز هذه الغدة هرمون الباراثورمون Parathormone وكمية هذا الهرمون الذي يفرز يعتمد على نسبة الكالسيوم في الدم حيث يكون الإفراز كثيراً عند انخفاض نسبة الكالسيوم في الدم، حيث يعمل على سحب من العظام وبذلك يقوم كلاً من هرموني الباراثورمون والكالسيتونين بدور هام في الحفاظ على مستوى الكالسيوم في الدم بمعدلاته الطبيعية.

الزيادة في إفراز الهرمون تتسبب في:

ارتفاع نسبة الكالسيوم في الدم نتيجة سحبه من العظام فتصبح هشة وتعرض للانحناء والكسر بسهولة.

نقص الهرمون يسبب:

أ- نقص نسبة الكالسيوم في الدم.

ب - سرعة الانفعال والغضب والثورة لأقل سبب.

ج- تشنجات عضلية مؤلمة.

رابعاً: الغدد الكظرية (فوق الكلوية)

Adrenal (Suprarenal Glands)

هناك غدتان كظريتان تقع كل منهما فوق أحد الكليتين وكل غدة تتكون من منطقتين متميزتين من الناحية التشريحية والسيولوجية، الجزء الخارجى يسمى القشرة Cortex بينما يعرف الجزء الداخلى بالنخاع Medulla والهرمونات التي تفرزها القشرة تختلف عن الهرمونات التي يفرزها النخاع وهي كما يلي:

١- هرمونات القشرة:

تفرز قشرة الغدد الكظرية العديد من الهرمونات التي تعرف بمجموعة الستيرويدات Steroids ويمكن تقسيمها إلى ثلاث مجموعات هي:



أ- مجموعة الهرمونات السكرية ، Glucocorticoids

تشمل هرمون الكورتيزون Cortison وهرمون الكورتيكوستيرون Corticosterone ووظيفة هذان الهرمونان هي تنظيم أيض المواد الكربوهيدراتية (السكريات - النشويات) بالجسم.

ب- مجموعة الهرمونات المعدنية، Mineralocorticoids

منها هرمون الألدوستيرون Aldosterone ، ويلعب هذا الهرمون دورا هاما في الحفاظ على توازن المعادن بالجسم، على سبيل المثال يساعد هذا الهرمون على إعادة امتصاص الأملاح مثل الصوديوم والتخلص من البوتاسيوم الزائد عن طريق الكليتين.

ج- مجموعة الهرمونات الجنسية Sex Hormones

على الرغم من أن الهرمونات الجنسية تفرز وتنتج من الغدد الجنسية إلا أنه وجد أن قشرة الكظرية لها دور في إفراز الهرمونات الذكرية التستوستيرون Testosterone والهرمونات الأنثوية الإستروجين Estrogen والبروجستيرون Progesteron ولهذا إذا حدث خلل بين توازن هذه الهرمونات والهرمونات الجنسية المضرة من الغدد المختصة، فإن ذلك يؤدي إلى ظهور صفات وعوارض الرجولة في النساء وعوارض الأنوثة عند الرجال، وقد يؤدي ذلك إلى ضمور الغدد الجنسية في كلا الجنسين إذا حدث تورمات في قشرة الغدة.

٢- هرمونات النخاع؛

يفرز النخاع هرمونين هما الأدرينالين Adrenaline وهرمون النورادرينالين Noradrenaline ويقوم هذان الهرمونان بعدة وظائف حيوية في حالة الطوارئ التي يوضع فيها الجسم مثل الخوف والإثارة والقتال والهروب، فيعمل الهرمونان على زيادة نسبة السكر في الدم عن طريق تحلل الجليكوجين المخزن في الكبد إلى جلوكوز، وزيادة قوة وسرعة انقباض القلب ورفع ضغط الدم، وكل هذه التغيرات تساعد عضلات الجسم للحصول على الطاقة اللازمة للانقباض مع زيادة استهلاك الأوكسجين ويظهر ذلك بوضوح أثناء تأدية التمرينات الرياضية.

خامساً، البنكرياس Pancreas

يعتبر البنكرياس من الغدد المشتركة التي تجمع بين الغدد ذات الإفراز الخارجى والغدد الصماء فهو يقوم بصب إنزيماته الهاضمة والتي تفرزها خلايا حويصلية هي الأثنى عشر عن طريق القناة البنكرياسية، كما يقوم بإفراز هرمونات هي الدم مباشرة وذلك من خلايا غدية صغيرة متخصصة تعرف بجزر لانجرهانز Islets of Langerhans (شكل ٦) ويمكن تمييز نوعين من الخلايا هي هذه الجزر،



شكل (٦) البنكرياس وجزر لانجرهانز

أ - خلايا ألفا، **Alpha Cells** وعددها قليل وتفرز هرمون الجلوكاجون **Glucagon**.

ب - خلايا بيتا، **Beta Cells** وتمثل غالبية خلايا جزر لانجرهانز وتفرز هرمون الأنسولين **Insulin** وكلا الهرمونين لهما علاقة مباشرة باستخدام السكر في الجسم وبالتالي المحافظة على مستوى ثابت من السكر في الدم والتي تبلغ حوالي (٨٠ - ١٢٠ ملليجرام / ١٠٠ سم^٣).

وظيفة هرمون الأنسولين:

- يعمل الأنسولين على خفض تركيز سكر الجلوكوز بالدم وذلك عن طريقين:
 - أ- الحث على أكسدة الجلوكوز في خلايا وأنسجة الجسم المختلفة وذلك لأنه يسمح بمرور السكريات الأحادية عبر غشاء الخلية إلى داخلها بينما يمر الفركتوز إلى داخل الخلايا دون الحاجة إلى الأنسولين
 - ب- التحكم بالعلاقة بين الجليكوجين المخزن والجلوكوز المنفرد بالدم فهو يشجع تحول الجلوكوز إلى جليكوجين وتخزينه في الكبد والعضلات أو إلى مواد دهنية تخزن في أنسجة الجسم المختلفة.
- نقص إفراز هرمون الأنسولين يؤدي إلى الإصابة بمرض البول السكري **Diabetes Mellitus** والذي يتميز بالخلل في أيض كل من الجلوكوز والدهون بالجسم.
- والمريض بمرض البول السكري يعاني من ارتفاع نسبة الجلوكوز في الدم عن المعدل الطبيعي ولذلك يظهر أيضاً في تحاليل البول. ونتيجة لارتفاع نسبة الجلوكوز في البول الذي يصاحبه إخراج كميات كبيرة من الماء، فإن المريض يعاني من ظواهر تعدد التبول والعطش.



وظيفة هرمون الجلوكاجون:

يعمل على عكس هرمون الأنسولين وذلك برفع تركيز الجلوكوز في الدم وذلك عن طريق تحويل الجليكوجين المخزن بالكبد فقط إلى جلوكوز.

سادساً: الغدد التناسلية (المناسل) Sex Glands (Gonads)

تفرز المناسل (الخصية - المبيض) بالإضافة إلى وظيفتها الأساسية في تكوين الجاميتات الذكورية (حيوانات منوية) والأنثوية (البويضات) مجموعة من الهرمونات الجنسية والمسئولة عن نمو الأعضاء التناسلية وظهور الصفات الجنسية.

١- الهرمونات الجنسية الذكورية ، Male Sex Hormones

تعرف أيضاً بالاندروجينات Androgens وتفرزها الخلايا البينية في الخصية وتشمل هرمونان، التستوستيرون Testosterone - الأندروستيرون Androsterone وهما مسئولان عن نمو البروستاتا والحوصلات المنوية وظهور الصفات الجنسية الثانوية في الذكر.

٢- الهرمونات الجنسية الأنثوية Female Sex Hormones

وتعرف أيضاً بالاستروجينات Oestrogenes ، ويفرزها المبيض وهي،

أ - هرمون الاستروجين Oestrogen ويعرف أيضاً بالاستراديول Oestradiol ويفرز من حوصلات جراف في المبيض، ويعمل على ظهور الخصائص الجنسية في الأنثى مثل كبر الغدد الثديية وتنظيم الطمث (الدورة الشهرية).

ب - هرمون البروجسترون Progesterone ، يفرز من الجسم الأصفر في المبيض و المشيمة ويعمل على انتظام دورة الحمل كتنظيم التغيرات الدموية في الغشاء المبطن للرحم ليعده لاستقبال وزرع البويضة والتغيرات التي تحدث في الغدد الثديية أثناء الحمل.

ج- هرمون الريلاكسين Relaxin يفرز من الجسم الأصفر و المشيمة وبطانة الرحم ويسبب ارتخاء

الإرتفاق العاني ويزيد إفرازه عند نهاية فترة الحمل لتسهيل عملية الولادة.

سابعا: هرمونات القناة الهضمية Gastrointestinal Hormones

يحتوى الغشاء المخاطى المبطن للقناة الهضمية على غدد تفرز العصارة الهاضمة إلى جانب ذلك يقوم هذا الغشاء بإفراز مجموعة من الهرمونات والتي تنشط غدد القناة الهضمية لإفراز الإنزيمات الهاضمة وعصاراتها المختلفة كهرمون الجاسترين الذى يفرز من خلايا لا قنوية في بطانة المعدة ثم ينتقل خلال الدم إلى خلايا قنوية في نفس البطانة ليحثها على إفراز العصارة المعدية كهرمون السكريتين **secretin** وهرمون الكوليسيستوكينين **cholecystokinin** اللذان يفرزان من الأمعاء الدقيقة وينقلا عبر الدم حيث يعملان على إفراز العصارة البنكرياسية كما يعمل هرمون الكوليسيستوكينتين على انقباض الحويصلة الصفراوية لإفراز العصارة الصفراوية إلى الاثنى عشر.



أسئلة

س (١) علل لما يأتي:

- حدوث العملاقة في الأطفال.
- يطلق على الغدة النخامية رئيسة الغدد الصماء.
- إنتاج اللبن من الغدة الثديية للسيدة المرضع.
- حدوث انقباضات لعضلات الرحم في أثناء الولادة (الطلق).
- إصابة بعض الأفراد بالتضخم الجحوظي.
- زيادة إفراز هرمون الباراثورمون يجعل العظام هشة ومعرضة للكسر.
- ظهور علامات الذكورة على بعض الإناث البالغة نتيجة للاختلال الهرموني.
- يهين إفراز الأدرينالين مواجهة حالات الخطر والانفعال والهجوم في حالة الغضب.
- البنكرياس غدة مزدوجة.
- شعور مرضى السكر دائما بالعطش.
- يستخدم خلاصة الفص الخلفى للغدة النخامية للماشية في عمليات الولادة المتعسرة.

س (٢) تخير الإجابة الصحيحة في كلا مما يأتي:

- ١- الغدة التي تقوم بتنبيه الغدة اللبينية بالثدي لإدرار اللبن بعد الولادة
- أ- المبيض ب- الغدة الكظرية ج- الغدة الجاردرقية د- الغدة النخامية
- ٢- يقوم الأدرينالين ب-.....
- أ- تنبيه الجسم للقيام بالنشاط اللازم لمواجهة الخطر.
- ب- تنبيه الكبد لتحويل الجلوكوز إلى جليكوجين.
- ج- إظهار بعض الصفات الجنسية.
- د- زيادة مقاومة الجسم للعدوى والميكروب.

٣- تنشأ الحالة المعروفة بالتضخم الجحوظي نتيجة زيادة إفراز هرمون

أ-التيروكسين ب-النمو ج-الكورتيزون د-الباراثورمون.

س(٢) ما دور كل من العلماء الآتي أسمائهم في اكتشاف الهرمونات:

ستارلنج . - بويسن جنسن.

س(٤) ، يؤدي تضخم الغدة الدرقية إلى ظهور أعراض مرضية واضحة تختلف باختلاف

نشاط الغدة والمرحلة التي يحدث فيها التضخم .،

اشرح هذه العبارة موضحا ما يلي :

أ- موقع الغدة الدرقية في جسم الإنسان.

ب- وظيفة الغدة الدرقية للجسم.

ج- أثر زيادة إفرازها أو قلتها في الجسم.

س(٥) أذكر خصائص الهرمونات؟

س(٦) تنقسم الغدة النخامية إلى جزء غدي وجزء عصبي. وضح هرمونات كل جزء

وأهميته للإنسان.

س(٧) قارن بين الأنسولين والجلوكاجون.



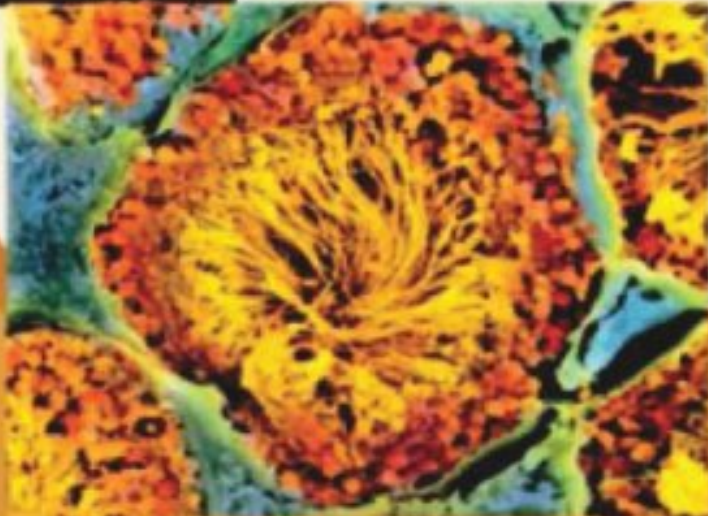
التركيب والوظيفة هي الكائنات الحية

الفصل الثالث

التكاثر في الكائنات الحية

في نهاية هذا الفصل ينبغي أن يكون الطالب قادر على أن:

- يتعرف مفهوم التكاثر وأهميته للأحياء
- يكتشف قدرات التكاثر بين الأحياء
- يتعرف طرق التكاثر بين الأحياء لاجنسياً وجنسياً
- يتعرف دورة حياة البلازموديوم المسبب لمرض الملاريا
- يقارن بين التكاثر اللاجنسي والتكاثر الجنسي
- يتعرف كيف تتكون البذور والثمار
- يتعرف مكونات الأجهزة التناسلية المذكرة والمؤنثة في الإنسان
- يتعرف مراحل تكوين الحيوان المنوي والبويضة في الإنسان
- يتعرف دورة الطمث في المرأة ودور الهرمونات في تنظيم هذه الدورة
- يتعرف كيف يحيا الجنين داخل الرحم ومراحل تكوينه ونموه
- يكتشف كيف تحدث ظاهرة التوائم وأنواعها
- يتعرف وسائل منع الحمل
- يتعرف كيفية اخصاب البويضة خارج الجسم (أطفال الأنابيب)
- يقدر جهود العلماء في التقدم التكنولوجي المرتبط بعملية التكاثر
- يقدر عظمة الخالق في توالد الأجيال لتستمر الحياة على سطح الأرض







أهمية التكاثر للأحياء

إن الكائن الحي الذي لا يتكاثر يمكنه ان يستمر في حياته الطبيعية - بل ان بعض الأحياء التي ازديت اعضاء تكاثرها بقيت حيه بشكل عادي - ذلك ان وظيفة التكاثر أقل اهمية من الوظائف السابق ذكرها بالنسبة لحياة الفرد - فلو تعطلت إحدى هذه الوظائف لهلك الفرد سريعاً .. وعليه فإن التكاثر يعتمد على تأمين جميع الوظائف الأخرى ، وليس العكس .. وبرغم ذلك فإنها الوظيفة التي تؤمن استمرار الأنواع على الأرض بعد فناء الأفراد .. ولو تعطلت بشكل جماعي - تؤدي الى انقراض النوع من الوجود.

قدرات التكاثر بين الأحياء :-

تختلف قدرات التكاثر بين الأحياء مع اختلاف البيئة المحيطة بها والمخاطر التي تتعرض لها وطبيعة حياتها وطول اعمارها واحجامها .. الخ

- فالأحياء المائية تنتج نسلًا " أكثر مما تنتجه اقرانها على اليابسة .
- والأحياء الطفيلية أكثر نسلًا من الكائنات الحرة لتعويض الفاقد منها .
- والأحياء البدائية او قصيرة العمر تنتج نسلًا أكثر مما تنتجه الأحياء المتقدمة او طويلة العمر وذلك لما تلقاه هذه الأحياء من رعاية وحماية من الأباء

طرق التكاثر في الكائنات الحية

تتكاثر الكائنات الحية بعدة سبل واساليب لكي تستمر أنواعها . ويمكن تجميع تلك الأساليب في طريقتين أساسيتين :

أولاً : التكاثر اللاجنسي : (Asexual Reproduction)

يتضمن مجرد انفصال جزء من الجسم سواء كان خلية جرثومية واحدة ، او جملة خلايا او انسجة ونموها الى فرد جديد يشبه الأصل التي انفصلت عنه تماما فتستمر صفات الأجيال الناتجة بهذه الطريقة حتى وان تغيرت البيئة حولها .. فإذا حدث تغيير في تلك البيئة تعرض معظم النسل الناتج للهلاك ما لم تكن أباؤها قد تأقلمت على ذلك التغيير . وهذا التكاثر شائع في عالم النبات لكنه يقتصر على بعض الأنواع البدائية في عالم الحيوان .

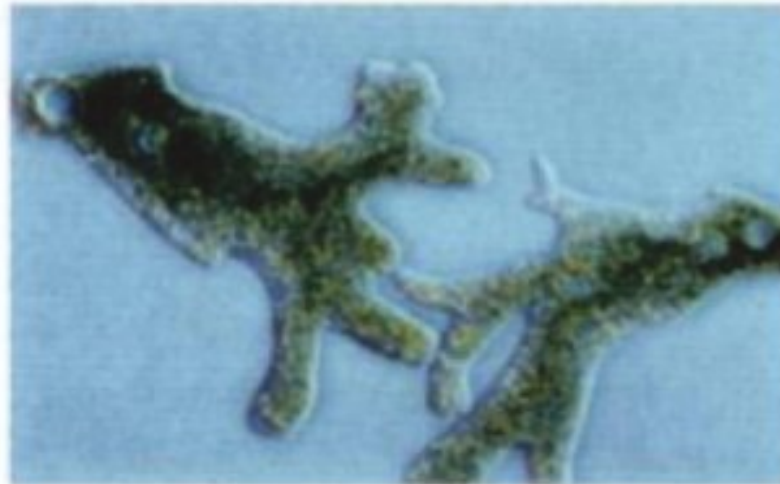
- يعتمد هذا التكاثر على الانقسام الميتوزي لخلايا الكائن الحي حيث يكون عدد الصبغيات في خلايا الأفراد الجديدة هو نفس عدد الصبغيات في خلايا الكائن الأصلي .

صور التكاثر اللاجنسي :

يتم التكاثر اللاجنسي في عالم الأحياء في عدة صور من أهمها ما يلي :

١- الانشطار الثنائي : - Binary Fission

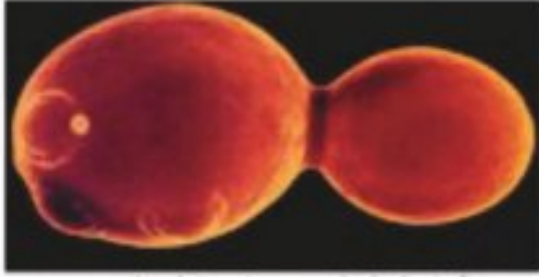
وهي تنقسم النواة ميتوزيا ، ثم تنشط الخلية التي تمثل جسم الكائن الحي الى خليتين يصبح كل منهما فردا جديداً وتكاثر بهذه الصورة كثير من الأوليات الحيوانية كالأميبا (شكل ١) والبراميسيوم بالإضافة الى الطحالب البسيطة والبكتريا ويتم ذلك في الظروف المناسبة .
أما في الظروف غير المناسبة - فإن الأميبا تفرز حول جسمها غلافا كيتينيا للحماية . وعادة ما تنقسم بداخله عدة مرات بالانشطار الثنائي المتكرر لتنتج العديد من الأميبات الصغيرة التي تتحرر من الحوصلة فور تحسن الظروف المحيطة .



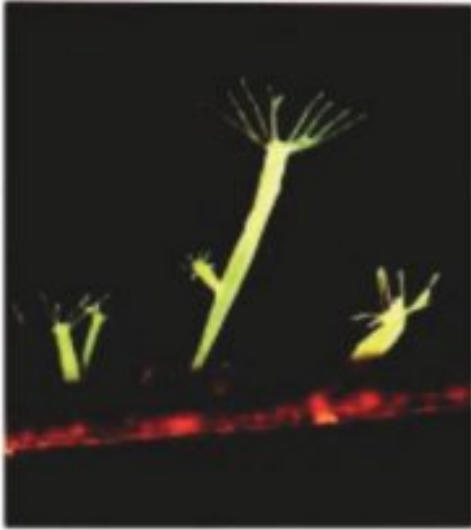
شكل (١) الانشطار الثنائي في الأميبا



٢- التبرعم (Budding)



شكل (٢) التبرعم في فطر الخميرة



شكل (٣) التبرعم في الهيدرا

تتكاثر بعض الكائنات وحيدة الخلية ، وبعض متعددة الخلايا بالتبرعم . ففي الكائنات وحيدة الخلية كالخميرة ينشأ البرعم كبروز جانبي على الخلية الأصلية ، ثم تنقسم النواة ميتوزياً إلى نواتين تبقى إحدهما في خلية الأم وتهاجر الثانية نحو البرعم الذي ينمو تدريجياً والذي قد يبقى متصلاً بخلية الأم حتى يكتمل نموه فينفصل عنها . أو يستمر في اتصاله بها مكوناً مع غيره من البراعم النامية مستعمرات خلوية (شكل ٢)

أما في الكائنات متعددة الخلايا كالأسفنج والهيدرا فينمو البرعم على شكل بروز صغير من أحد جوانب الجسم بفعل انقسام الخلايا البينية وتميزها إلى برعم ينمو تدريجياً ليشبه الأم تماماً (شكل ٣)، ثم ينفصل عنه ليبدأ حياته مستقلاً ويذكر أن الأسفنج والهيدرا يتكاثران جنسياً أيضاً إلى جانب قدرتهما على التجدد.

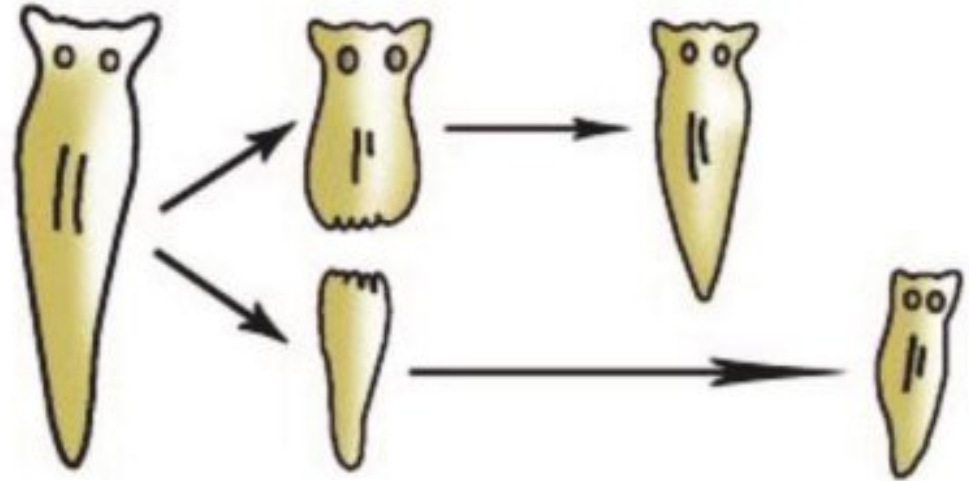
٢- التجدد : Regeneration

توجد هذه الطريقة في بعض الحيوانات كالأسفنج والهيدرا وبعض الديدان ونجم البحر التي تملك القدرة على تجديد الأجزاء المفقودة من أجسامها عند تعرضها لحادث أو تمزق . وفي بعض الحيوانات عندما يقطع الجسم إلى عدة أجزاء فإن كلا منها ينمو إلى فرد جديد . ولكن القدرة على التجدد تقل برقي الحيوان، حيث يقتصر في بعض القشريات والبرمائيات على استعاضة الأجزاء المبتورة فقط ، أما في الفقاريات العليا فلا يتجاوز التجدد فيها عملية التئام الجروح ، وخاصة إذا كانت محدودة في الجلد والأوعية الدموية والعضلات.

ومن مظاهر التجدد المثيرة قدرة دودة البلاناريا (من الديدان المفلطحة المنتشرة في الماء العذب) على التجدد - حتى لو قطعت لعدة أجزاء على مستوى عرضي أو لجزئين طولياً - فإن كل جزء ينمو إلى فرد مستقل (شكل ٤) .

أما في الهيدرا فيمكنها أن تتجدد إذا قطعت في مستوى عرضي أو طولياً وينمو كل جزء إلى فرد

مستقل



شكل (٤) - التجدد في البلاتاريا



شكل (٥) - نجم البحر

أما في نجم البحر (شكل ٥)
فإن أحد أذرع نجم البحر مع
قطعة من قرصة الوسطى يمكن أن
يتجدد إلى نجم بحر كامل في فترة
قد تصل إلى عام

٤- التكاثر بالجراثيم ، Sporogony

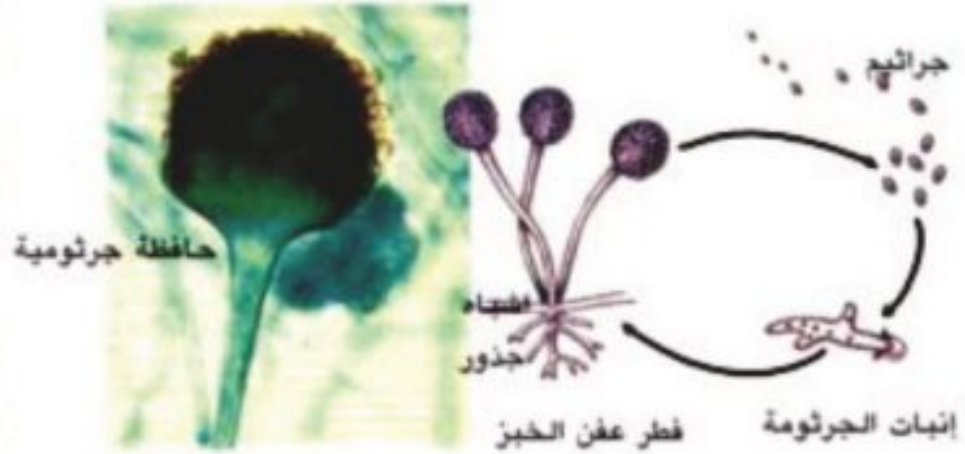
تتكاثر بعض الكائنات البدائية بواسطة خلايا وحيدة تعرف بالجراثيم متحورة للنمو مباشرة إلى أفراد كاملة . وتتكون الجرثومة من سيتوبلازم به كمية ضئيلة من الماء ونواة وجدار سميك، فإذا نضجت الجرثومة تحررت من الفرد الأم لتنتشر في الهواء . وبوصولها إلى وسط ملائم للنمو تمتص الماء وتتشقق جدرانها وتنقسم عدة مرات ميتوزيا وتتمايز حتى تنمو إلى فرد جديد



ومن الكائنات التي تتكاثر بالجراثيم ، كثير من الفطريات مثل فطر عفن الخبز (شكل ٦) وفطر عيش الغراب (شكل ٧) وبعض الطحالب والسراخس، ويمتاز هذا التكاثر بسرعة الإنتاج وتحمل الظروف القاسية والانتشار لمسافات بعيدة .



شكل (٧) التكاثر بالجراثيم في عيش الغراب



شكل (٦) التكاثر بالجراثيم في عفن الخبز

٥- التوالد البكري ، Parthenogenesis

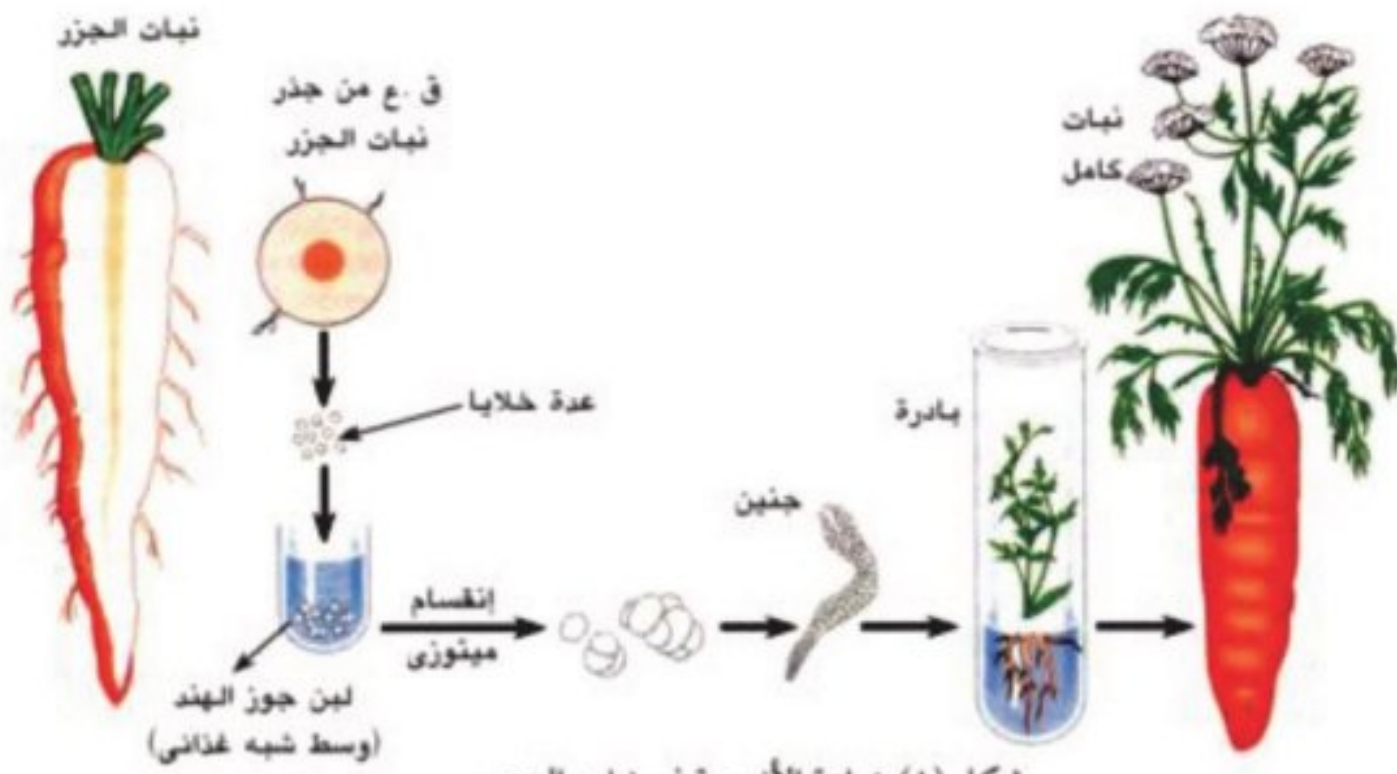
يعرف التوالد البكري بقدرة البويضة على النمو لتكوين فرد جديد بدون إخصاب من المشيج الذكري ، ويعد ذلك نوعا خاصا من التكاثر اللاجنسي ، حيث يتم إنتاج الأبناء من فرد واحد فقط، ويتم التكاثر البكري في عدد من الديدان والقشريات والحشرات وأشهرها نحل العسل ، حيث تنتج الملكة بيضا ينمو بدون إخصاب لتكوين ذكور النحل ، وبيضا ينمو بعد الإخصاب لتكوين الملكة والشغالات حسب نوع الغذاء بعد ذلك . فتكون الذكور احادية المجموعة الصبغية (ن) وتكون الملكة والشغالات ثنائية المجموعة الصبغية (٢ن) لكن في بعض حالات من التوالد البكري، كما في حشرة المن حيث تتكون البويضات من انقسام ميوزي فتتطور إلى إناث ثنائية المجموعة الصبغية (٢ ن) ، بينما تتكون البويضات بالإنقسام الميوزي عند القيام بالتكاثر الجنسي فتنتج ذكورا وإناثا.

التكاثر البكري الصناعي:

وقد أمكن تنشيط بويضات نجم البحر والضفدعة صناعيا بواسطة تعريضها لصدمة حرارية او كهربائية اوللأشعاع او لبعض الأملاح او للرج او الوخز بالأبرفتتضاعف صبغياتها بدون إخصاب ، مكونة أفرادا ثنائية المجموعة الصبغية (٢ن) تشبه الأم تماما ، كما تكونت أجنة مبكرة من بويضات الأرانب باستخدام منشطات مماثلة .

٦- زراعة الأنسجة ، Tissue Culture

يقوم العلماء بدراسة زراعة الأنسجة النباتية وانعائها في وسط غذائي شبه طبيعي، ثم متابعة تميز إنسجتها وتقديمها حتى انتاج افراد كاملة . وهي تجربة مثيرة فصل أحد العلماء أجزاء صغيرة من نبات الجزر في انابيب زجاجية تحتوي لبن جوز الهند - الذي يحتوي على جميع الهرمونات النباتية والعناصر الغذائية ، فبدأت الأجزاء في النمو والتمايز الى نبات جزر كامل (شكل ٨) . كما تم فصل خلايا منفردة من نفس انسجة النبات وزرعها بنفس الطريقة ليحصل منها بالمثل على النبات الكامل . كما أمكن الحصول على نبات طباق كامل بعد فصل خلايا من اوراق الطباق وزراعتها بنفس الطريقة . وقد أكدت هذه التجارب ان الخلية النباتية المحتوية على المعلومات الوراثية الكاملة يمكنها أن تصبح نباتا كاملا لو زرعت في وسط غذائي مناسب يحتوي على الهرمونات النباتية وعناصر غذائية بنسب معينة وتستغل هذه الطرق حالياً في إكثار نباتات نادرة او ذات سلالات ممتازة او أكثر مقاومة للأمراض ،





ثانياً : التكاثر الجنسي : Sexual Reproduction

يتطلب التكاثر الجنسي وجود فردين ذكر و انثى غالباً لإنتاج الأمشاج الجنسية ويتعين على تلك الأمشاج ان تتلاقى من اجل الأندماج أو الأخصاب فعند التزاوج يلتقى المشيج الذكري والمشيج الأنثوي المناسب لنوعه ويندمجا معا وتتكون اللاقحة ، التي تبدأ في الانقسام والنمو لتكوين الجنين ، ثم الفرد اليافع ، فالبالغ الذي يجمع بين صفات الأبوين ، لهذا فالأبن يرث المادة الوراثية من كلا الأبوين فيصير خليطاً من صفاتهما .

على عكس التكاثر اللاجنسي الذي يرث فيه الأبن تلك المادة من أب واحد فيصير نسخة مطابقة له . ومع ذلك فالتكاثر الجنسي مكلف في الوقت والطاقة عن اللاجنسي -

ويضاف الى ما سبق ان إنجاب افراد جديدة يقتصر هنا على نصف عدد افراد النوع وهي الإناث دون الذكور بينما جميع الأفراد في التكاثر اللاجنسي قادرة على إنتاج أفراد جديدة. وبرغم كل ما سبق فإن التكاثر الجنسي يوفر للأجيال الناتجة تجديداً مستمرا في بنائها الوراثي يمكنها من الاستمرار في وجه التغيرات البيئية .

- ويعتمد التكاثر الجنسي على الانقسام الميوزي عند تكوين الأمشاج . حيث يختزل فيها عدد الصبغيات الى النصف (ن) وعند الأخصاب تندمج نواة المشيج الذكري مع نواة المشيج الأنثوي لتكوين اللاقحة أو الزيجوت ويعود العدد الأصلي للصبغيات (2ن) والذي يختلف حسب نوع الكائن الحي .

صور التكاثر الجنسي

يتم التكاثر الجنسي بصورتين أساسيتين هما :

١- الإقتران : Conjugation

يتم التكاثر عادة في الكائنات البدائية كبعض الأوليات والطحالب والفطريات بالانقسام الميوزي في الظروف المناسبة ، لكنها تلجأ الى التكاثر الجنسي بالإقتران عند تعرضها للجفاف أو تغير حرارة الماء أو نقاوته.



- وتجدر الإشارة إلى أن خيط الطحلب خلايا فردية الصبغيات (ن) وبعد الاقتران تتكون اللاقحة



(شكل ١٠) الاقتران الجانبي

اللاقحة (١٢)
زيجوت

(٢ن) التي تنقسم ميوزيا قبل إنبات خيط الطحلب

الجديد فتعود لخلايا الصفة الفردية ثانية .

٢- التكاثر بالأمشاج الجنسية :

تتكاثر الأحياء النباتية والحيوانية المتقدمة بالأمشاج الجنسية الذكرية والأنثوية وهما ناتجان عن

انقسام ميوزي يتم في المناسل (الأعضاء الجنسية)

- تتميز الأمشاج الذكرية بالقدرة على الحركة ، فيكون بناؤها معداً لذلك حيث تفقد معظم

سيتوبلازمها ويستدق الجسم ويتزود بسوط أو ذيل للحركة لكي يؤدي وظيفته وهي نقل المادة الوراثية

إلى المشيج الأنثوي في عملية الإخصاب وعلى ذلك تنتج من كل خلية أولية أربعة أمشاج ذكرية أي تنتج

بأعداد كبيرة نظراً لاحتمال فقد بعضها خلال رحلتها إلى المشيج الأنثوي .

أما الأمشاج الأنثوية التي تتكون في المبيض ، فإنها تبقى ساكنة عادة في جسم الأنثى حتى يتم الإخصاب

، لذا تكون مستديرة وغنية بالغذاء غالباً وتنتج بأعداد قليلة .

والإخصاب هو اندماج نواة المشيج الذكرى بنواة المشيج الأنثوي لتكوين اللاقحة ، التي تستعيد ازدواج

الصبغيات (٢ن) وتمضي نحو تكوين الجنين بالانقسام الميوزي.

والإخصاب إما أن يكون خارج جسم الأنثى (إخصاب خارجي) كما في حالة الأسماك العظمية

والضفادع ، أو يكون داخل جسم الأنثى (إخصاب داخلي) كما في الأسماك الغضروفية والزواحف

والطيور والثدييات.

ثالثاً : تعاقب الأجيال Alternation of generations

هناك بعض الأنواع النباتية والحيوانية لها القدرة على التكاثر بالطريقتين اللاجنسية والجنسية حيث

يتعاقب في دورة حياتها جيل يتكاثر جنسياً مع جيل أو أكثر يتكاثر لا جنسياً ، فيجنى مميزاتهما معا في

تحقيق سرعة التكاثر والتنوع الوراثي بما يمكنه من الانتشار ومسايرة تقلبات البيئة وقد يتبع ذلك تباين

في المحتوى الصبغى لخلايا تلك الأجيال .

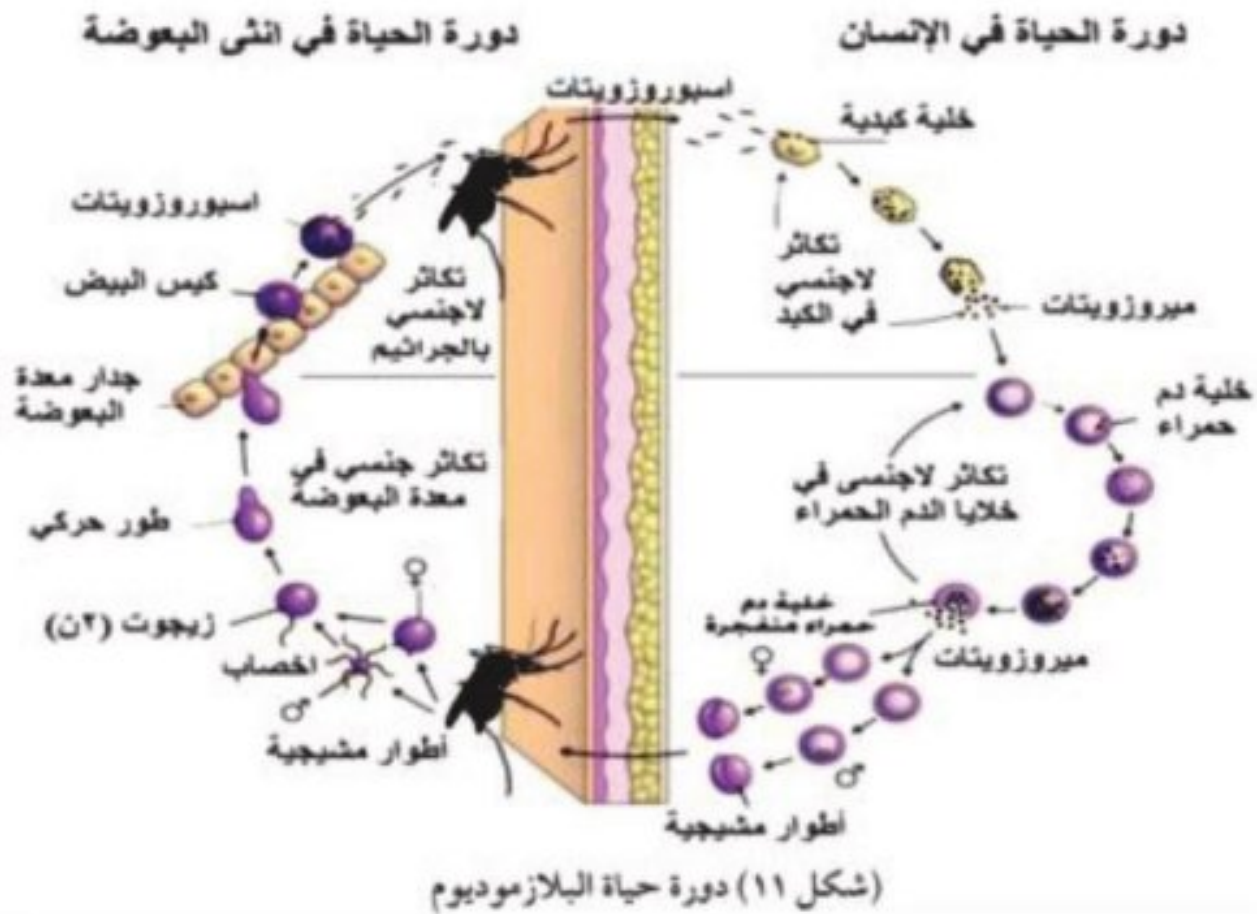
وتتضح هذه الظاهرة في الأمثلة التالية :-

١- دورة حياة بلازموديوم الماريا ،

البلازموديوم من الأوليات الجرثومية التي تتطفل على الإنسان وأنثى بعوضه الأنوفيليس . وتبدأ دورة الحياة عندما تلدغ أنثى بعوضة انوفيليس مصابة بالطفيل جلد الإنسان وتسبب في دمه أشكالاً مغزلية دقيقة هي الأسبوروزيتات (Sporozoites) التي تتجه إلى الكبد حيث تتكاثر لاجنسيًا بما يعرف بالتقطع (Schizogony) لتنتج الميروزيتات (Merozoites) التي تنتقل بعد ذلك لأصابة كريات الدم الحمراء .

تقضي الميروزيتات في كريات الدم الحمراء عدة دورات لاجنسية لإنتاج العديد من الميروزيتات التي تتحرر بأعداد هائلة كل يومين بعد تفتت كريات الدم المصابة، وتنتقل مواد سامة فيظهر على المصاب حينئذ أعراض حمى الماريا (كارتفاع درجة الحرارة - الرعشة - العرق الغزير)

تتحول بعض الميروزيتات إلى أطوار مشيجية داخل كريات الدم الحمراء وتنتقل مع دم المصاب إلى البعوضة ، حيث يتم اندماج الأمشاج بعد نضجها في معدة البعوضة وتتكون اللاقحة (زيجوت ٢ن) (شكل ١١) تتحول اللاقحة إلى طور حركي Ookinete يخترق جدار المعدة وينقسم ميوزياً "مكوناً" كيس البيض Oocyst الذي تنقسم نواته ميوزياً "فيما يعرف بالتكاثر بالجراثيم Sporogony حيث تنتج العديد من الأسبوروزيتات التي تتحرر وتتجه إلى الغدد اللعابية للبعوضة استعداداً لإصابة إنسان جديد





وهكذا يتعاقب في دورة حياة البلازموديوم جيل جنسي يتكاثر بالأمشاج (هي البعوضة) ثم أجيال لا جنسية تتكاثر بالجراثيم (هي البعوضة) وبالتقطع في الإنسان .

٢- دورة حياة نبات من السراخس Ferns

من أمثلة السراخس الشائعة نبات الفوجير المعروف كنبات زينة في المشاتل وكزبرة البئر التي تنمو على حواف الآبار والقنوات الظليلة .

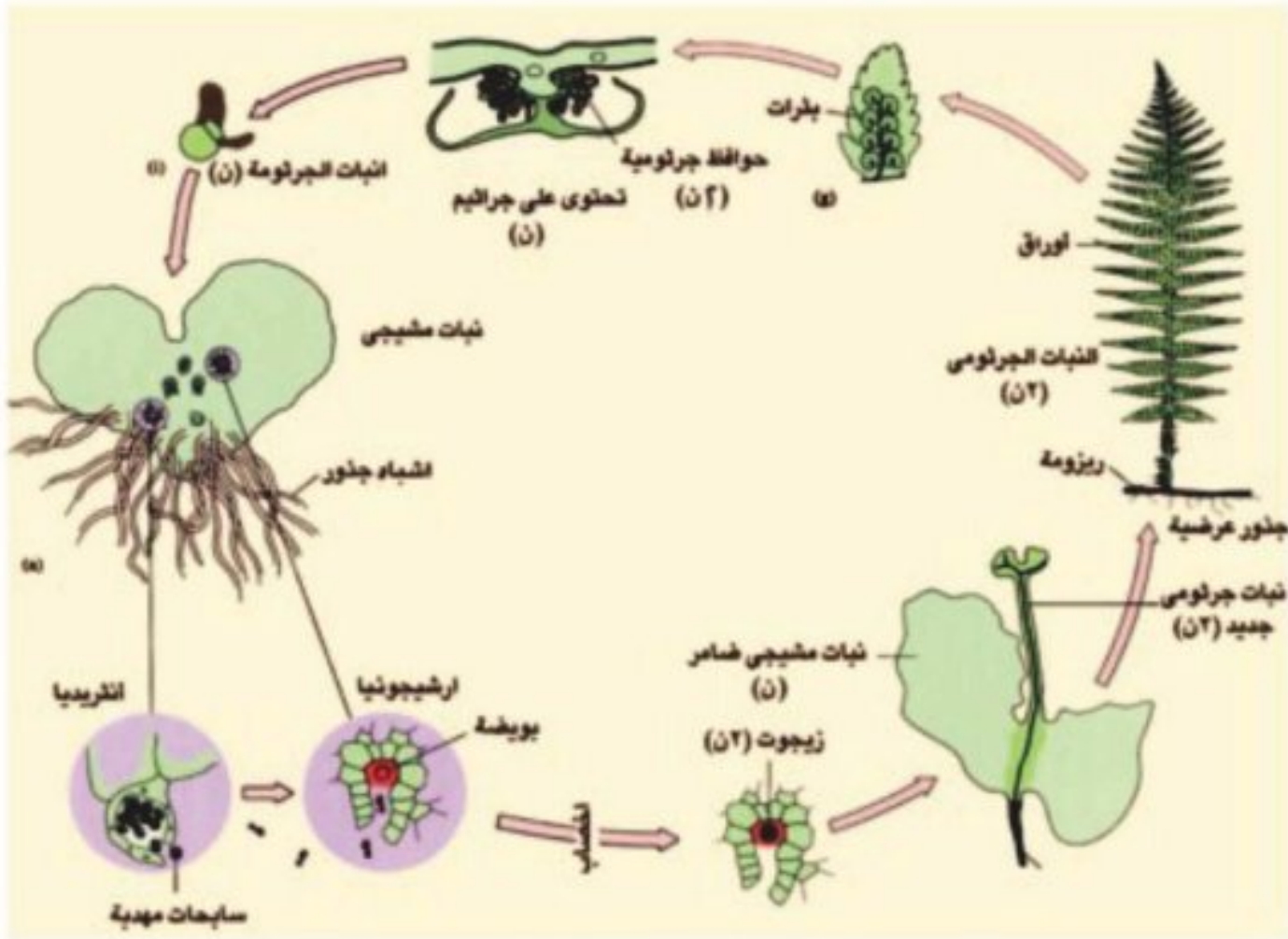
تبدأ دورة الحياة في نبات الفوجير (شكل ١٢) بالطور الجرثومي الذي يحمل الأوراق وعلى سطحها السفلي بثرات بها حوافظ جرثومية تحتوى العديد من الخلايا الجرثومية (٢ن) التي تنقسم ميوزيا لتكوين الجراثيم (ن).

عند نضج الجراثيم، تتحرر من الحوافظ وتحملها الرياح لمسافات بعيدة

عندما تسقط الجرثومة على تربة رطبة تنبت مكونة عدة خلايا لا تلبث أن تتكثرت وتتميز إلى جسم مفلطح ينمو على شكل قلبي فوق التربة الرطبة ويعرف بالطور المشيجي وتتميز على مؤخرة السطح السفلي للطور المشيجي أشباه جذور كزوائد لامتصاص الماء والأملاح ، كما تنموزوائد تناسلية على مقدمة نفس السطح تعرف بالأنثريديا Antheridia كمناسل مذكرة والأرشيغونيا Archegonia كمناسل مؤنثة .

- بعد النضج ، تتحرر من الانثريديا الأمشاج الذكرية (السابحات المهدبة) لتسبح فوق مياه التربة حتى تصل إلى الأرشيغونيا الناضجة لإخصاب البويضة بداخلها مكونة اللاقحة (٢ن) وبعد ذلك تنقسم اللاقحة وتتميز إلى نبات جرثومي جديد ينمو فوق النبات المشيجي ويعتمد عليه لفترة قصيرة حتى يكون لنفسه جذورا وساقا وأوراقا فيتلاشى النبات المشيجي وينمو النبات الجرثومي ليعيد دورة الحياة .

وهكذا يتعاقب طور جرثومي (٢ن) يتكاثر لاجنسيا بالجراثيم مع طور مشيجي (ن) يتكاثر جنسيا بالأمشاج في دورة حياة السراخس التي تعد مثلا نموذجيا لظاهرة تعاقب الأجيال في الأحياء .



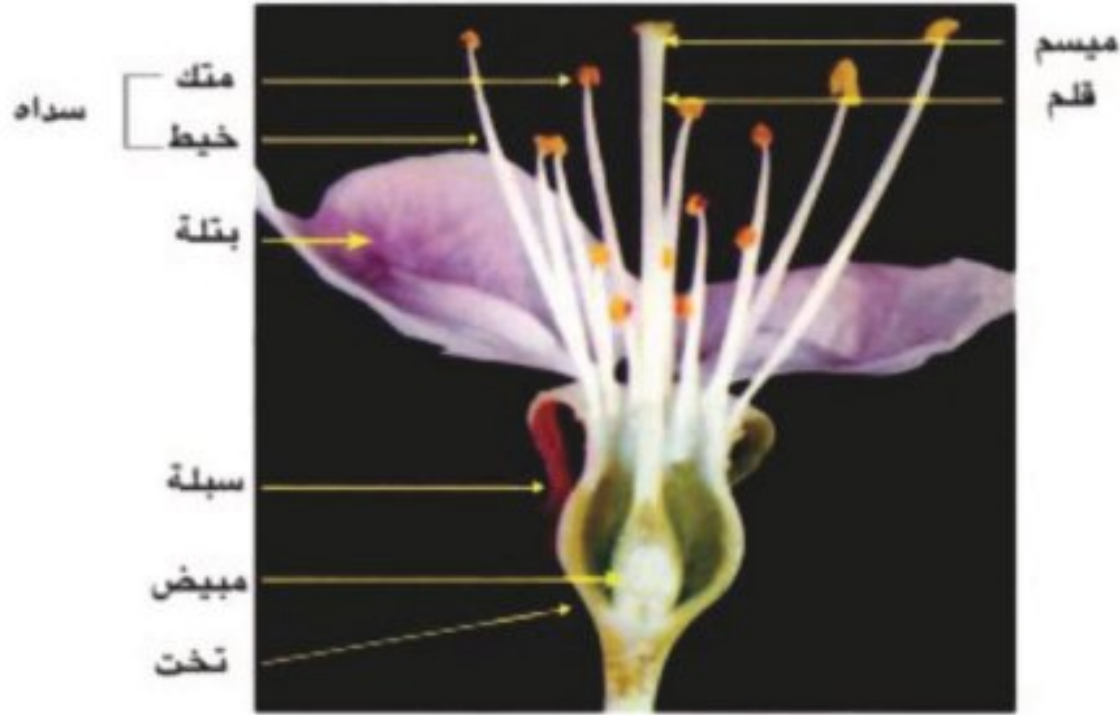
(شكل ١٢) دورة حياة نبات الفوجير

التكاثر في النباتات الزهرية (Reproduction in flowering Plants)

النباتات الزهرية مجموعة كبيرة من النباتات البذرية التي تنشأ بذورها داخل غلاف ثمري فتعرف لهذا بمغطاة البذور التي تنتشر في بيئات مختلفة وتتفاوت في الحجم من أعشاب صغيرة إلى أشجار ضخمة والزهرة هي العضو المتخصص بالتكاثر في هذه النباتات .

تركيب الزهرة النموذجية:

تخرج الزهرة من إبط ورقة خضراء أو حرشفية تسمى القنابة ، (Bract) وهي بعض الأحيان توجد أزهار بدون قنابات .



شكل (١٣) قطاع طولى فى الزهرة

وتحمل الزهرة في بعض النباتات على عنق (Pedicel) فتكون معنقة وهي بعضها الآخر تكون جالسة . (Sessile) وللزهرة النموذجية أو الكاملة كالزول والتفاح والبصل والبيتونيا أربعة محيطات زهرية تتبادل أوراق كل منها مع أوراق المحيط الذي يليه

■ **الكأس (Calyx)** المحيط الخارجي للزهرة ، يتكون من أوراق خضراء تعرف بالسبلات Sepals وتقوم بحماية الأجزاء الداخلية للزهرة من عوامل الجفاف أو الأمطار أو الرياح

■ **التويج (Corolla)** المحيط الذي يلي الكأس للداخل ، يتكون من صف واحد أو أكثر من البتلات (Petals) التي تساعد في حماية الأجزاء الجنسية للزهرة وجذب الحشرات لإتمام عملية التلقيح - في أزهار معظم نباتات الفلقة الواحدة كالتيوليب والبصل ، يصعب تمييز أوراق الكأس عن التويج ، حينئذ يعرف المحيطان الخارجيان بالغلاف الزهري (Perianth)

■ **الطلع (Androecium)** عضو التذكير ، يتكون من أوراق متعددة تسمى الأسدية (Stamens) كل منها مكون من خيط (Filament) يحمل على قمته المتوك Anther الذي يحتوى على أربعة أكياس من حبوب اللقاح . (pollen grains)

■ **المتاع (Gynoecium)** عضو التأنيث ، يقع في مركز الزهرة ويتكون من كربة واحدة أو carpel أو أكثر، وتكون قاعدة الكربة منتفخة وتعرف بالمبيض ovary الذي يحتوى البويضات ovules، وقد تلتحم الكربة أو تبقى منفصلة . ويعلو المبيض عنق رفيع يسمى القلم ينتهي بميسم stigma نرج أو ريشي تلتصق عليه أو يلتقط حبوب اللقاح.

آلية التكاثر في الزهرة:

لكي تقوم الزهرة بوظائفها في التكاثر لاستمرار النوع ، فإنه يجب أولاً أن تقوم الأسدية بإعداد حبوب اللقاح ، والمبيض بإعداد البويضات ، ثم تأتي عمليتا التلقيح والإخصاب فتكوين الثمرة والبذور وذلك كما يلي :

أولاً: تكوين حبوب اللقاح :

إذا فحصت قطاعاً عرضياً " في متك ناضج لأحد الأسدية كبيرة الحجم ، كما في الزنبق مثلاً (شكل ١٤) تشاهد احتواءه على أربعة أكياس لحبوب اللقاح ، وقبل أن تتكون حبوب اللقاح أثناء نمو الزهرة تكون هذه

الأكياس مليئة بخلايا كبيرة الأنوية

تسمى الخلايا الجرثومية الأمية .

التي تحتوى على عدد زوجي من

الصبغيات (2ن)

- تنقسم كل خلية من هذه الخلايا

انقساماً ميوزياً لتكون أربع خلايا بكل

منها عدد (ن) من الصبغيات وتسمى

الجراثيم الصغيرة (Microspores)

ثم تتحول كل منها إلى حبة لقاح بأن

تنقسم النواة انقساماً "ميوزياً إلى

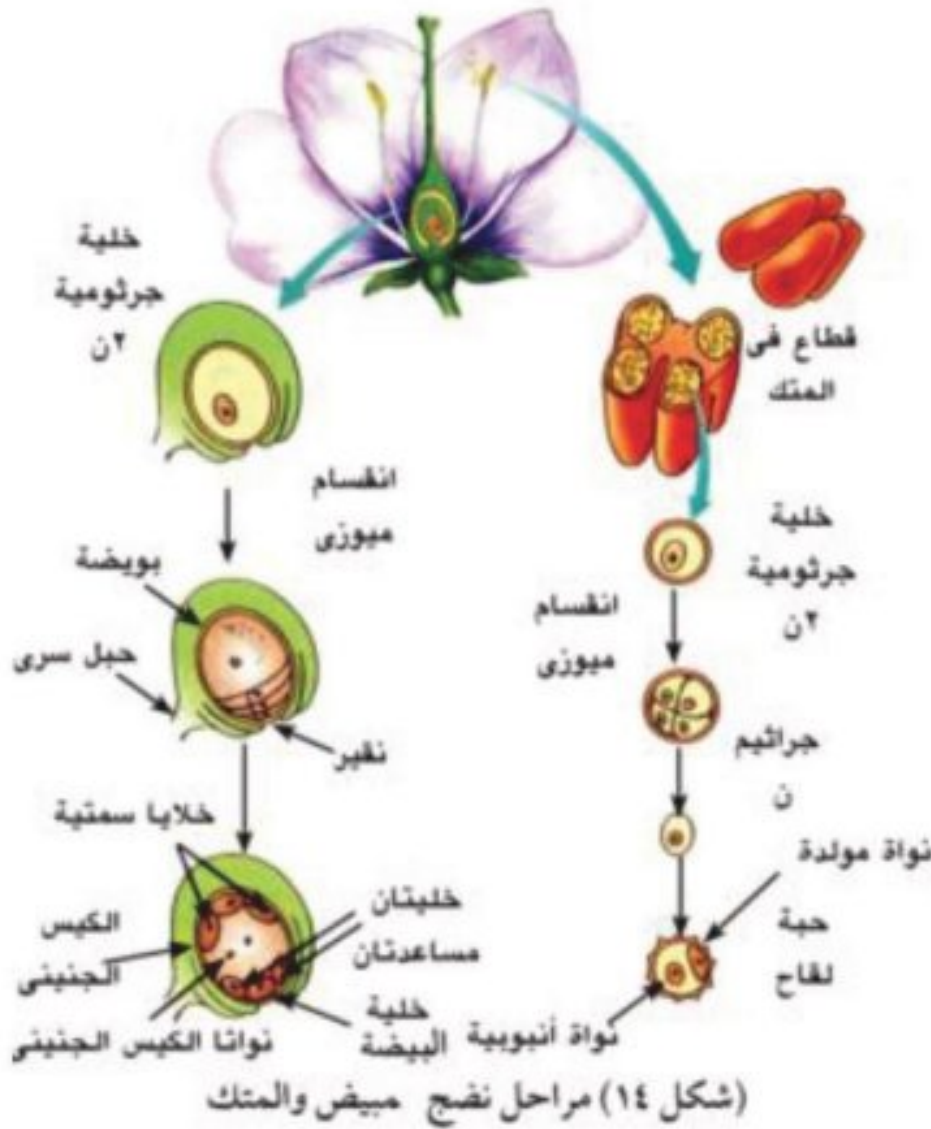
نواتين تعرف إحداهما بالنواة

الأنبوبية (Tube nucleus)

والأخرى بالنواة المولدة

(Generative Nucleus) ثم يتغلظ

غلاف حبة اللقاح لحمايتها.



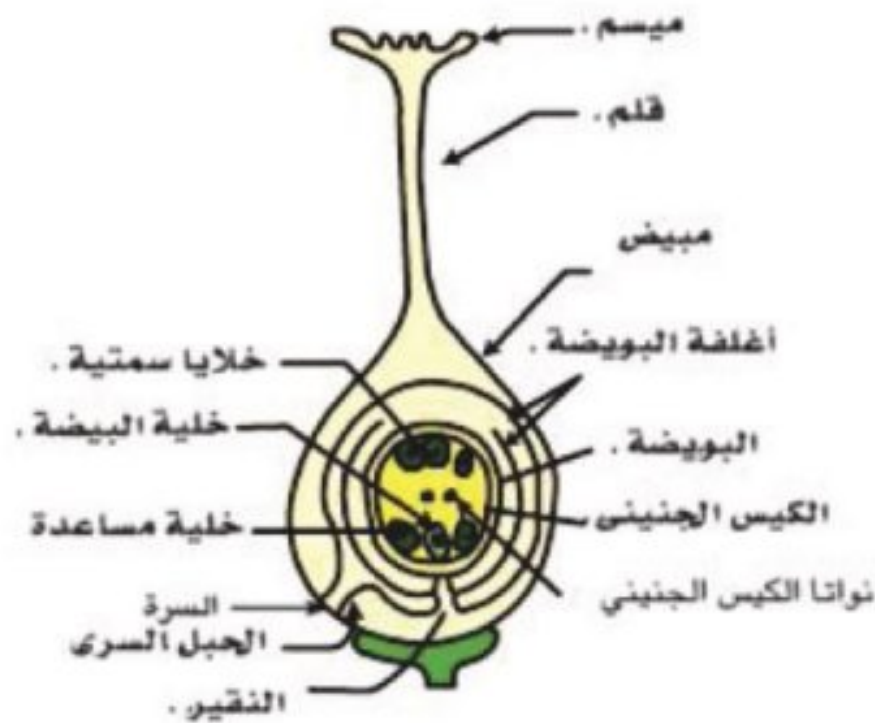
- في هذه الحالة يصبح المتك ناضجاً ، ويتحلل الجدار الفاصل بين كل كيسين متجاورين وتفتتح الأكياس

وتصبح حبوب اللقاح جاهزة للانتشار .



ثانياً : تكوين البويضات

- أثناء تكوين حبوب اللقاح في المتك - تحدث تغييرات مناظرة في المبيض على النحو التالي ،
- تبدأ البويضة في الظهور كإنتفاخ بسيط على جدار المبيض من الداخل ، ويحتوي خلية جرثومية أمية كبيرة ، ومع نمو البويضة يتكون لها عنق أو حبل سرى (Funicle) يصلها بجدار المبيض (ومن خلاله تصل إليها المواد الغذائية) ثم يتكون حولها غلافان (Integuments) يحيطان بها تماماً فيما عدا ثقب صغير يسمى النقير (Micropyle) يتم من خلاله إخصاب البويضة .
- في داخل البويضة تنقسم الخلية الجرثومية الأم (2ن) ميوزياً لتعطي سفا من أربع خلايا بكل منها عدد فردي من الصبغيات (ن) ثم تتحلل ثلاثة من هذه الخلايا ، وتبقى واحدة لتنمو بسرعة وتكون الكيس الجنيني (Embryo Sac) الذي يحيط به نسيج غذائي يسمى النيوسيلة (Nucellus)
- في داخل الكيس الجنيني تتم المراحل التالية :-



شكل (١٥) قطاع في مبيض ناضج

- ١- تنقسم النواة (ميتوزيا) ثلاث مرات لإنتاج ٨ أنوية تهاجر ٤ إلى كل من طرفي الكيس الجنيني .
- ٢- تنتقل واحدة من كل الأربعة أنوية السابقة إلى وسط الكيس الجنيني وتعرفان بالنواتين القطبيتين (Polar Nuclei)
- ٣- تحافظ كل نواة من الثلاث الباقية في كل من طرفي الكيس الجنيني بكمية من السيتوبلازم وغشاء رقيق لتكون خلايا
- ٤- تنمو من الثلاث خلايا القريبة من

النقير واحدة وسطية لتصبح خلية البيضة (المشيج المؤنث) (eggcell) وتعرف الخليتان اللتان على جانبيها بالخليتين المساعدتين (Synergids) كما تعرف الخلايا الثلاث البعيدة عن النقير بالخلايا السميتية (Antipodal Cells) وتصبح خلية البيضة بعد ذلك جاهزة للإخصاب (شكل ١٥) .

ثالثاً : التلقيح والإخصاب :-

أ. عملية التلقيح : هي انتقال حبوب اللقاح من المتك إلى ميسم الزهرة

■ أنواع التلقيح :

١- تلقيح ذاتي : انتقال حبوب اللقاح من متك زهرة إلى ميسم نفس الزهرة أو إلى ميسم زهرة أخرى على

نفس النبات

٢- تلقيح خلطي : انتقال حبوب اللقاح من متك زهرة على نبات إلى ميسم زهرة على نبات آخر من نفس

النوع.

■ يشيع التلقيح الخلطي بين النباتات تبعا لتوافر عوامل معينة مثل

- أن تكون الأزهار وحيدة الجنس

- نضج أحد شقي الأعضاء الجنسية قبل الآخر .

- أن يكون مستوى المتك منخفضاً عن مستوى الميسم .

■ يحتاج التلقيح الخلطي إلى وسائل لنقل حبوب اللقاح مثل الهواء - الحشرات - الماء - الإنسان.

ب - عملية الإخصاب :-

يحدث الإخصاب حسب المراحل التالية :

١- إنبات حبوب اللقاح

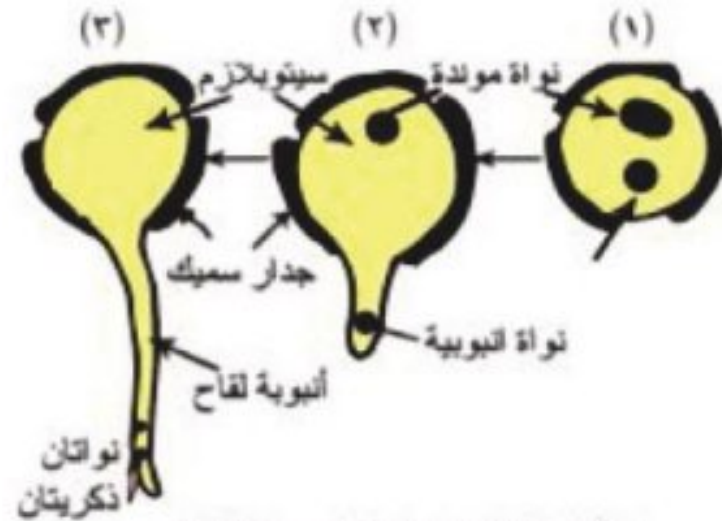
عندما تسقط حبوب اللقاح على الميسم تبدأ في الإنبات حيث تقوم النواة الأنثوية بتكوين أنبوبة لقاح

تخترق الميسم والقلم وتصل حتى موقع النقيير في المبيض ثم تتلاشى النواة الأنثوية بينما تنقسم النواة

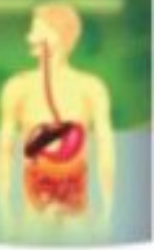
المولدة انقساماً ميتوزياً فيتكون نواتين ذكريتين (شكلي ١٦، ١٧)



شكل (١٧) حبة اللقاح تحت
الميكروسكوب



شكل (١٦) مراحل إنبات حبة اللقاح



تنتقل نواة ذكورية (ن) من حبة اللقاح إلى البويضة من خلال أنبوبة اللقاح وتندمج مع نواة خلية البويضة (ن) فيتكون الزيجوت (2ن) ثم ينقسم مكوناً الجنين (2ن) شكل ١٨.

- تنتقل النواة الذكورية الثانية (ن) إلى البويضة لتندمج مع النواة الناتجة من اندماج نواتا الكيس الجنيني (2ن) لتكوين نواة الأندوسبرم (3ن) وتعرف المرحلة الأخيرة باسم الاندماج الثلاثي، وتسمى مرحلتى الإخصاب بالإخصاب المزدوج.

- تنقسم نواة الأندوسبرم لتعطي نسيج الأندوسبرم لتغذية الجنين في مراحل نموه الأولى. ويبقى هذا النسيج خارج الجنين فيشغل جزءاً من البذرة.

شكل (١٨) عملية الإخصاب

نواة ذكورية (ن) + نواة خلية البويضة (ن) ← زيجوت (2ن) ← جنين (2ن)
نواة ذكورية (ن) + نواتا الكيس الجنيني (2ن) ← نواة الأندوسبرم (3ن)

٢- تكوين البذرة والثمرة:

في بعض أنواع البذور لا يتغذى الجنين على جميع الأندوسبرم أثناء تكوينه وتسمى البذور في هذه الحالة (بذور اندوسبرمية) مثل بذور النباتات ذات الفلقة الواحدة والتي قد تلتحم فيها أغلفة المبيض مع أغلفة البويضة لتكون ثمرة بها بذرة واحدة تعرف حينئذ بالحبة (grain) مثل القمح والذرة وقد لا يحدث هذا الالتحام لتكون فقط بذرة وحيدة الفلقة كما في البلح. كما أن هناك نباتات ذات فلتقتين تنتج بذور اندوسبرمية كنبات الخروع وفي هذا النوع من البذور لا تخزن الفلقة أو الفلتقتين غذاء آخر حيث أن المتبقى من الأندوسبرم يكفي الجنين أثناء إنبات البذور. وقد يتغذى الجنين على جميع الأندوسبرم أثناء تكوينه الجنيني وفي هذه الحالة يضطر النبات إلى تخزين غذاء آخر للجنين في الفلتقتين لاستخدامه أثناء إنبات مثل بذور النباتات ذات الفلتقتين كالفول والبسلة. وفي كلا النوعين من البذور تندمج وتتصنّب أغلفة البويضة لتكوين القصرة أو غلاف البذرة.

بعد حدوث الإخصاب يذبل الكأس والتويج والطلع والقلم والميسم ولا تبقى من الزهرة سوى مبيضها الذي يحتزن الغذاء ويكبر في الحجم وينضج ويتحول إلى ثمرة بفعل هرمونات يفرزها المبيض، ويصبح جدار المبيض هو غلاف الثمرة وتصبح أغلفة البويضة غلافاً للبذرة وتتحلل الخليتان المساعدتان والخلايا السميتية ويبقى النقيير ليدخل منه الماء إلى البذرة عند الإنبات .

- هناك بعض الثمار التي يمكنها أن تحتفظ بأجزاء أخرى من الزهرة مثل :-
- ثمرة الرمان تبقى بها أوراق الكأس والأسدية .
- ثمرة الباذنجان والبلح يبقى بها أوراق الكأس .

■ ثمرة القرع يبقى بها أوراق التويج -

- الثمرة الكاذبة : False Fruits

هي الثمرة التي يتشحم فيها أى جزء غير مبيضها بالغذاء مثال ثمرة التفاح الذى يتشحم فيها التخت مما سبق نستنتج أن التلقيح يوفر للزهرة الخلايا الذكرية اللازمة لعملية الإخصاب هي البويضة التي تكون البذرة كما يحفز نشاط الأوكسينات اللازمة لنمو المبيض إلى ثمرة ناضجة حتى لو لم يحدث إخصاب.

- الإثمار العذرى : Parthenocarpy

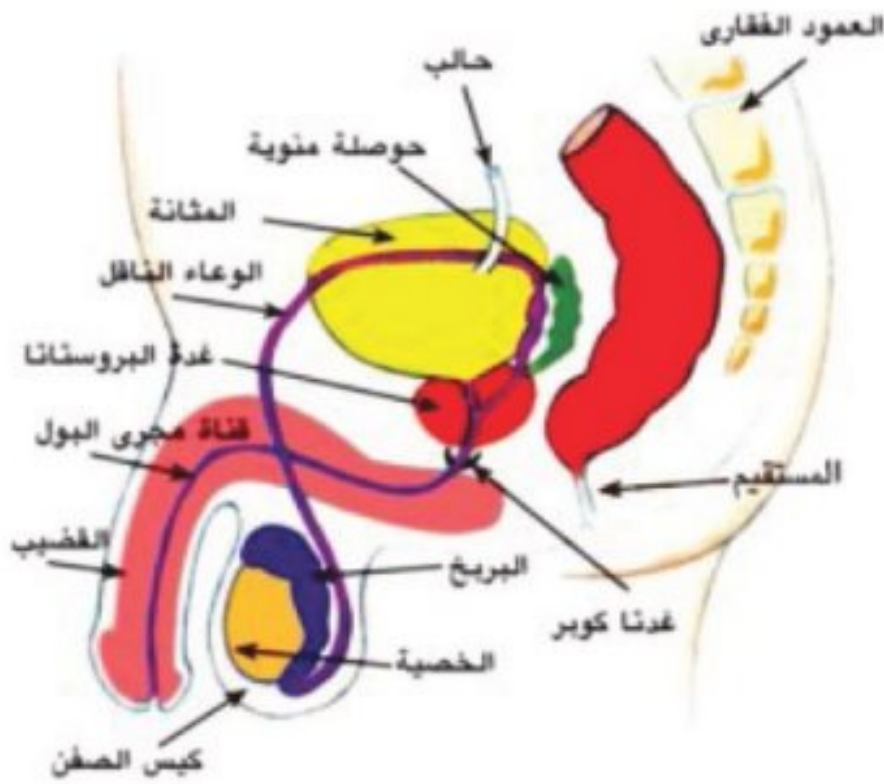
هو تكوين ثمرة بدون بذور لأنها تتكون بدون عملية الإخصاب مثال الموز والأناناس ويمكن حدوث هذا صناعيا برش المياسم بخلاصة حبوب اللقاح (حبوب لقاح مطحونة في الاثير الكحولي) أو استخدام اندول أو نافتول حمض الخليك لتنبيه المبيض لتكوين الثمرة .
- يؤدي نضج الثمار والبذور غالبا إلى تعطيل النمو الخضري للنبات، وأحيانا إلى موته، وخاصة هي النباتات الحولية بسبب استهلاك المواد الغذائية المخزنة وتثبيط الهرمونات، فإذا لم يتم التلقيح والإخصاب تذبل الزهرة وتسقط دون تكوين الثمرة .

التكاثر في الإنسان

ينتمي الإنسان إلى طائفة الثدييات التي تتميز بحمل الجنين حتى الولادة ، ولذا تكون بويضاتها صغيرة وشحيحة المح ، كما أن إنتاجها للصفار محدود نظرا " لما تلقاه من رعاية الأبوين وتصل هذه الرعاية أقصاها في الإنسان الذي يحتاج وليده إلى سنوات طوال من التربية ، نظرا " لتقدم عقله وتميز هيئته ، التي حباه الله وميزه على سائر المخلوقات .

الجهاز التناسلي الذكرى

يتكون جهاز التناسل الذكرى للإنسان (شكل ١٩) من خصيتين تخرج من كل منهما قنوات البريخ والوعاء الناقل و غدد ملحقة وقناة مجرى البول، ويقوم هذا الجهاز بوظيفة إنتاج الحيوانات المنوية وهرمونات الذكورة ، التي تسبب ظهور صفات الرجل الثانوية، كخشونة الصوت وقوة العضلات ونمو الشعر على الوجه.... الخ



شكل (١٩) الجهاز التناسلي الذكري في الإنسان (منظر جانبي)

(أ) الخصيتان : يحاطان بكيس

الصفن الذي يتدلى خارج تجويف البطن ، وقد انتقلت الخصيتان إليه من داخل ذلك التجويف وهو جنين في أشهر الحمل الأخيرة، ويهيى بقائهما في ذلك الوضع انخفاض درجة حرارتها عن حرارة الجسم بما يناسب تكوين الحيوانات المنوية بهما ولو تعطل خروجهما لتوقف إنتاج المنى فيهما مما يسبب العقم .

أهمية الخصية :

١- إنتاج حيوانات منوية

٢- إفراز هرمون التستوستيرون الذي يؤدي إلى ظهور الصفات الثانوية الذكرية عند البلوغ.

(ب) البربخان : تخرج من كل خصية قناة تلتف حول بعضها تسمى البربخ يتم فيها تخزين

الحيوانات المنوية وتصب في قناة تسمى الوعاء الناقل .

(ج) الوعاء الناقلان : يقوم كل وعاء بنقل الحيوانات المنوية من البربخ إلى مجرى البول.

(د) الحوصلتان المنويتان : تفرز سائل قلوي يحتوي على سكر فركتوز لتغذية الحيوانات المنوية

(هـ) غدة البروستاتا وغدة كوبر : تفرزان سائل قلوي يعمل على معادلة الوسط الحمضي في قناة

مجرى البول لكي يصبح وسط متعادل مناسب لمرور الحيوانات المنوية فيه وهذا السائل القلوي يمر في قناة

مجرى البول قبل مرور الحيوانات المنوية فيها مباشرة .

(و) القضيب : عضو يتكون من نسيج اسفنجي تمر فيه قناة مجرى البول ، حيث ينتقل من خلالها البول

والحيوانات المنوية كل على حدة .

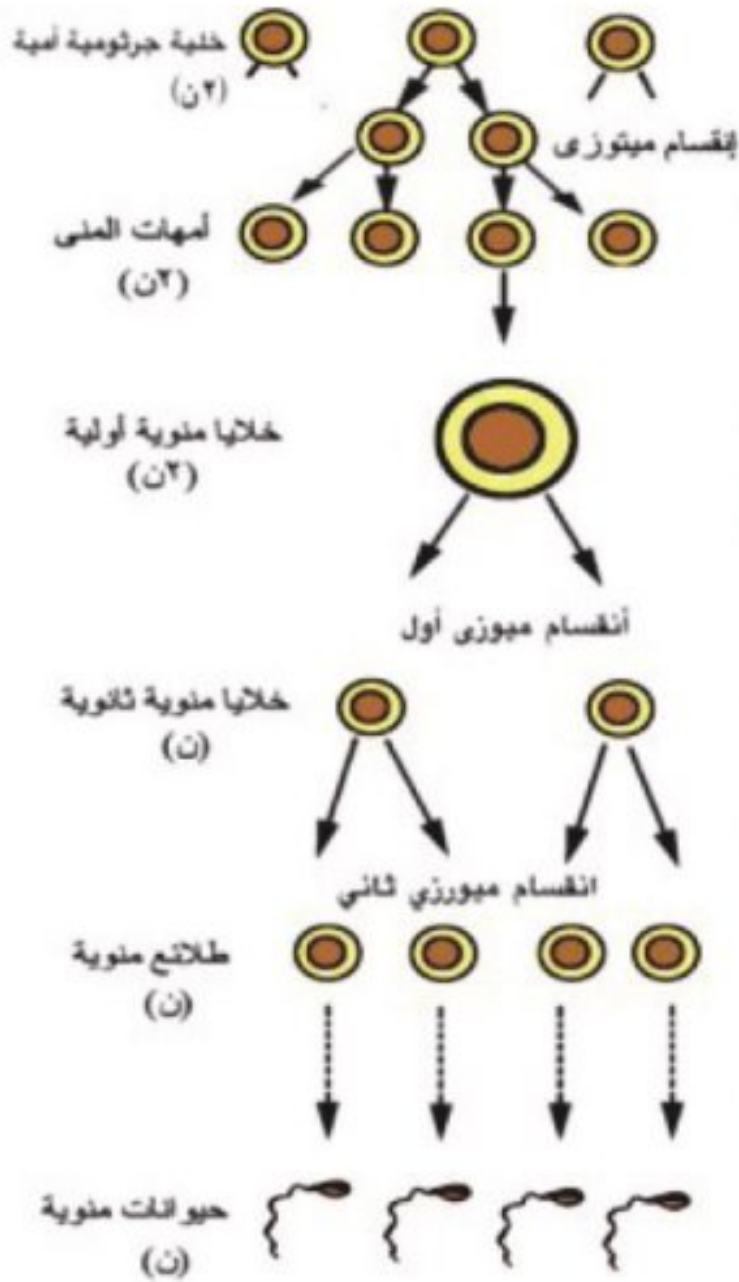
دراسة قطاع عرضي في الخصية

- تتكون الخصية من انبيبات منوية ، توجد فيما بينها خلايا بينية تفرز هرمون التستوستيرون.
- يوجد داخل كل انبوبة منوية خلايا تسمى خلايا سرتولي تفرز سائل يعمل على تغذية الحيوانات المنوية داخل الخصية ويعتقد أن لها وظيفة مناعية أيضا.
- توجد خلايا مبطننة لكل انبوبة منوية تسمى خلايا جرثومية أمية (2ن) تنقسم هذه الخلايا وتكون في النهاية الحيوانات المنوية (شكل 20 أ.ب)



مراحل تكوين الحيوانات المنوية :-

- تمر عملية تكوين الحيوانات المنوية (شكل 21) بأربعة مراحل هامة هي :-
- (أ) **مرحلة التضاعف** : هي المرحلة التي يحدث فيها انقسام ميوزي عدة مرات في الخلايا الجرثومية الأمية (2ن) وينتج عن هذا الانقسام عدد كبير من الخلايا تسمى أمهات المنى (2ن) .
- (ب) **مرحلة النمو** : وفيها تحتزن أمهات المنى قدرأ من الغذاء وتتحول إلى خلايا منوية أولية (2ن).
- (ج) **مرحلة النضج** : تحدث في هذه المرحلة انقسام ميوزي اول للخلايا المنوية الأولية (2ن) فتعطي خلايا منوية ثانوية (ن) التي تنقسم انقسام ميوزي ثان فتعطي طلائع منوية (ن)
- تلاحظ في مرحلة النضج حدوث اختزال في عدد الصبغيات إلى النصف .
- (د) **مرحلة التشكل النهائي** : وفيها تتحول الطلائع المنوية إلى حيوانات منوية.



شكل (٢١) خطوات تكوين الحيوان المنوي



شكل (٢٢ - ب) تركيب الحيوان المنوي

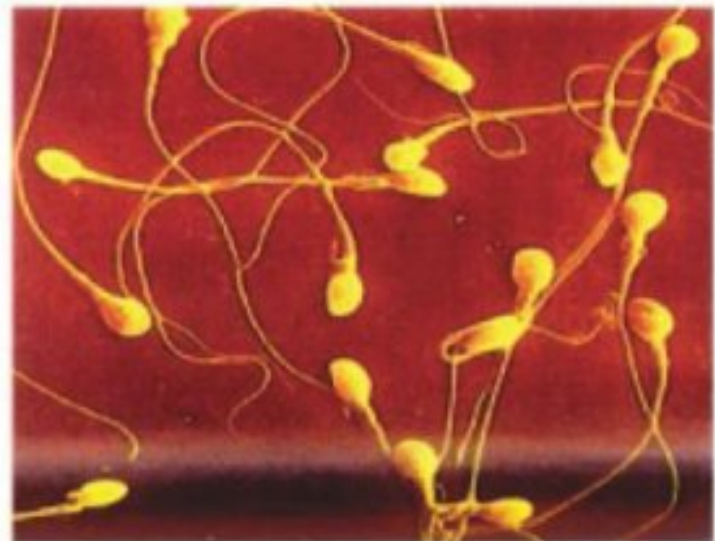
تركيب الحيوان المنوي : يتكون من

(أ) **الرأس** : تحتوى على نواة بها ٢٣ كروموسوم. وفي مقدمة الرأس يوجد جسم قمي Acrosome يفرز إنزيم الهياالويورنيز، ويعمل هذا الإنزيم على إذابة جزء من غلاف البويضة مما يسهل من عملية اختراق الحيوان المنوي للبويضة .

(ب) **العنق** : يحتوى سنتريلولان يلعبان دوراً في انقسام البويضة المخضبة .

(ج) **القطعة الوسطى** : تحتوى ميتوكوندريا تكسب الحيوان المنوي الطاقة اللازمة لحركته .

(د) **الذيل** : يتكون من محور و ينتهي بقطعة ذيلية ، ويساعد على حركة الحيوان المنوي .

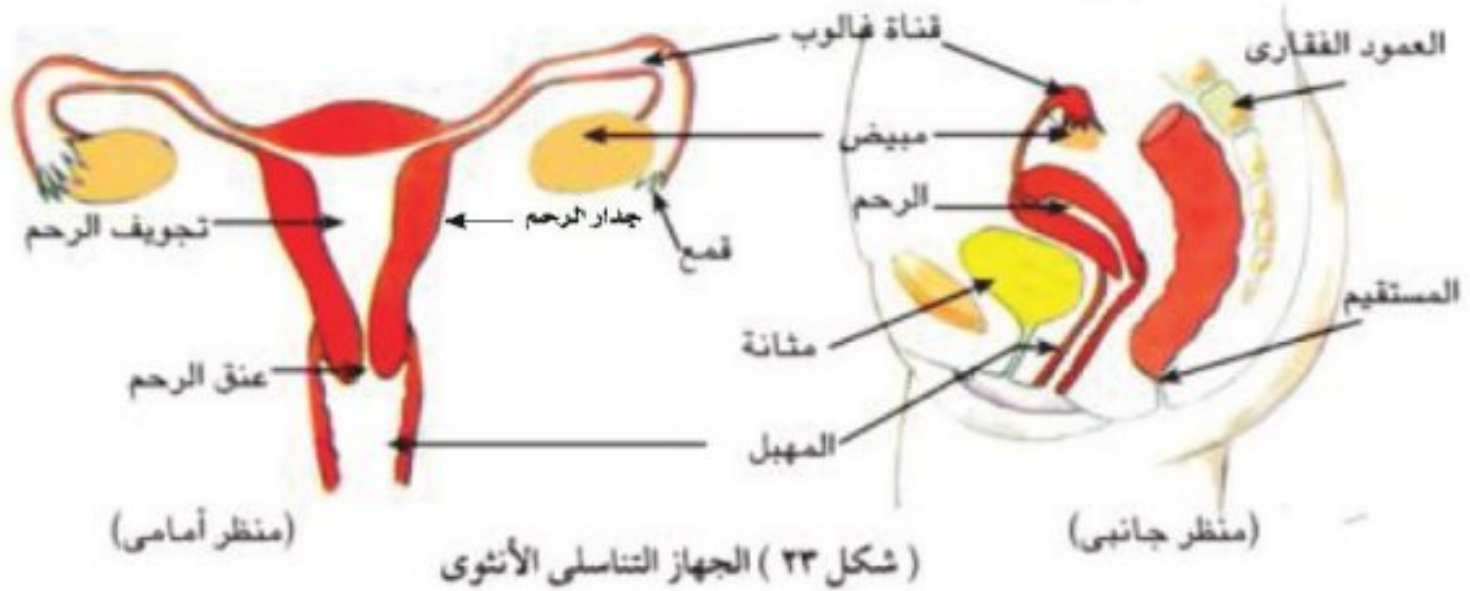


شكل (٢٢ أ) حيوانات منوية تحت المجهر

الجهاز التناسلي الأنثوي:

يتكون جهاز التناسل الأنثوي للإنسان من المبيضين وقناتي المبيض والرحم والمهبل. ويقوم هذا الجهاز بوظائف إنتاج البويضات وهرمونات الأنوثة. إلى جانب تهيئة مكان أمين لإتمام إخصاب البويضة وإيواء الجنين حتى الولادة (شكل ٢٣).

وتتجمع أعضاء هذا الجهاز في منطقة الحوض خلف المثانة. وتثبت في مكانها بأربطة مرنة تسمح لها بالتمدد أثناء حمل الجنين.



أ- المبيضان (Ovaries): يوجدان على جانبي تجويف الحوض. والمبيض بيضاوي الشكل في حجم اللوزة المقشورة ويحوى أثناء الطفولة عدة آلاف من البويضات في مراحل نمو مختلفة. وبعد البلوغ تنضج من تلك الآلاف حوالي ٤٠٠ بويضة فقط خلال سنوات الخصوبة والتي يمكن أن يحدث بها الإنجاب التي تستمر حوالي ٣٠ سنة بعد البلوغ، وذلك بمعدل بويضة واحدة من أحد المبيضين بالتبادل مع الآخر شهرياً يفرز المبيض هرمونات البلوغ وهرمونات تنظيم دورة الطمث وتكوين الجنين.

ب- قناتي فالوب (Fallopian tubes): تفتح كل قناة منهما بواسطة قمع، يقع مباشرة أمام المبيض وذلك لضمان سقوط البويضات في قناة فالوب بالإضافة لوجود زوائد إسبعية تعمل على التقاط البويضة، وتبطن قناة فالوب بأهداب تعمل على توجيه البويضات نحو الرحم.

ج- الرحم (Uterus): عبارة عن كيس عضلي مرن يوجد بين عظام الحوض و مزود بجدار عضلي سميك قوي، ويبطن الرحم بغشاء غدي وينتهي بعنق ويفتح في المهبل. ويتم بداخله تكوين الجنين لمدة تسعة أشهر.

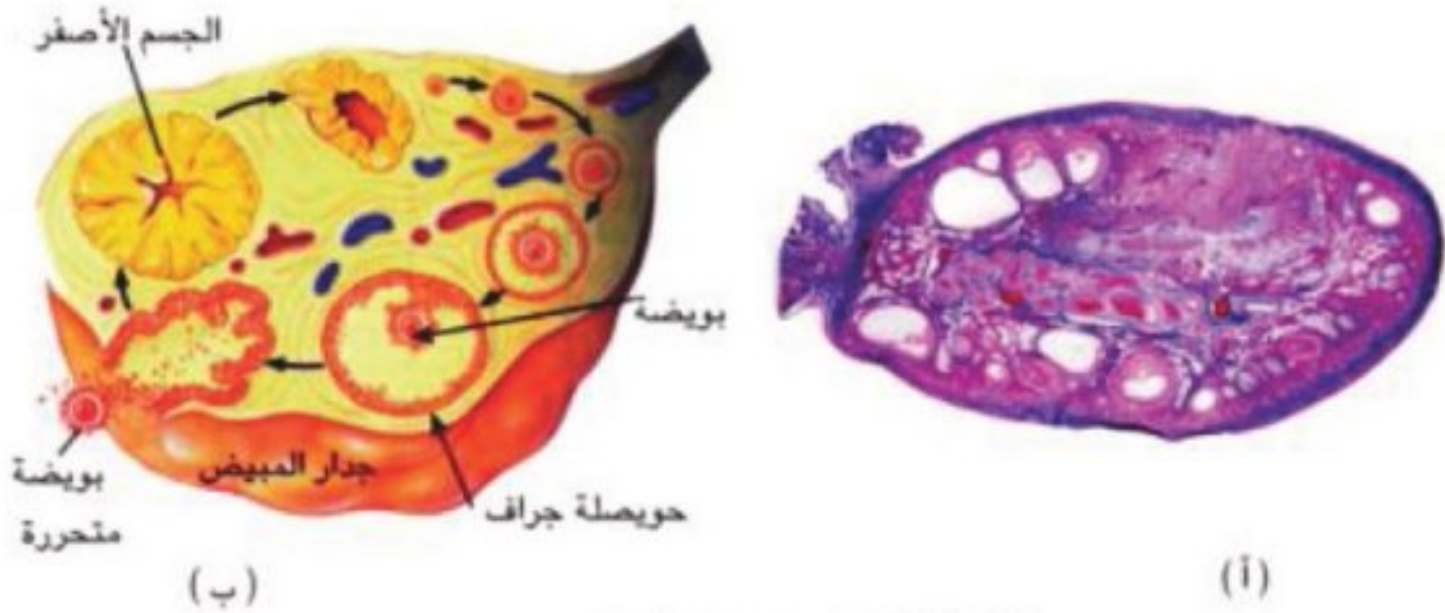


د- المهبل: قناة عضلية يصل طولها إلى حوالي ٧ سم، وتبدأ من عنق الرحم وتنتهي بالفتحة التناسلية، والمهبل مبطّن بغشاء يفرز سائل مخاطي يعمل على ترطيب المهبل، وبه ثنيات تسمح بتمدده خاصة أثناء خروج الجنين.

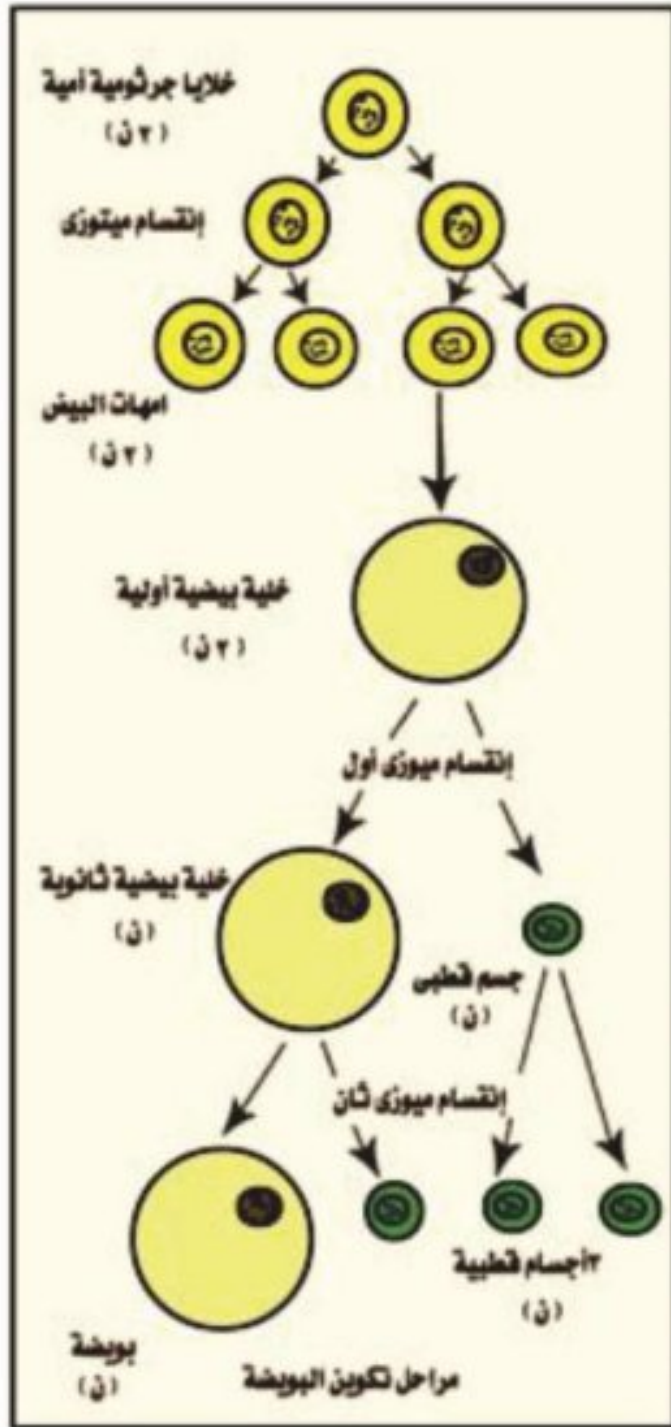
تتغير حالة الجهاز التناسلي للأنثى بصفه دوريه بعد البلوغ (عند عمر ١٢-١٥ سنه) تبعاً لنشاط المبيض والرحم وما يرتبط بهما من إخصاب وحمل، أو عدم حدوث حمل ونزول النزيف الشهري المعروف بالطمث. وعند عمر ٤٥-٥٠ سنة يتوقف نشاط المبيضين فتقل الهرمونات وتنكمش بطانة الرحم ويتوقف حدوث الطمث (Menopause).

دراسة قطاع عرضي في المبيض:

يلاحظ من دراسة القطاع العرضي في المبيض (شكل ٢٤) أنه يتكون من مجموعة من الخلايا تكون في مراحل مختلفة، وتكون البويضة داخل حويصلة جراف، وتتحول إلى جسم أصفر بعد تحرر البويضة منها.



شكل (٢٤) قطاع عرضي في المبيض



(شكل ٢٥)

مراحل تكوين البويضة:

تتم عملية تكوين البويضة في ثلاث مراحل هامة (شكل ٢٥) هي :

(أ) مرحلة التضاعف: تنقسم الخلايا الجرثومية الأمية (٢ن) انقسام ميتوزي فتتكون خلايا تسمى أمهات البيض (٢ن) (تحدث هذه المرحلة في الجنين) .

(ب) مرحلة النمو: تحتزن أمهات البيض (٢ن) قدر من الغذاء وتكبر في الحجم وتتحول إلى خلايا بيضية أولية (٢ن) (تحدث هذه المرحلة في الجنين) .

(ج) مرحلة النضج: تنقسم الخلية البيضية الأولية انقسام ميوزي أول فينتج خلية بيضية ثانوية وجسم قطبي كل منهما (ن) وتكون الخلية البيضية أكبر من الجسم القطبي . وتنقسم الخلية البيضية الثانوية (ن) انقسام ميوزي ثان فتعطي بويضة وجسم قطبي وقد ينقسم الجسم القطبي الآخر انقسام ميوزي ثان فينتج جسمان قطبيين وتكون المحصلة ثلاث أجسام قطبية ويتم الانقسام الميوزي الثاني لحظة دخول الحيوان

المنوي داخل البويضة وقبل إتمام عملية الإخصاب

تحتوي البويضة سيتوبلازم ونواة و تغلف بطبقة رقيقة متماسكة بفعل حمض الهيالويورنيك ، وتعمل إنزيمات الجسم القمي للحيوانات المنوية على إذابتها عند موضع الاختراق ، لذا تحتاج عملية اختراق البويضة إلى ملايين من الحيوانات المنوية .



دورة التزاوج، Breeding Cycle

توجد في حياة الثدييات المشيمية عامة والتي منها الإنسان فترات معينة ، ينشط فيها المبيض في الأنثى البالغة بصفة دورية منتظمة، تتزامن مع وظيفة التزاوج والإنجاب فيها فتعرف بدورة التزاوج، وتختلف مدة هذه الدورات في الثدييات المختلفة فهي سنوية كما هي الأسد والنمر و نصف سنوية كما هي القطط والكلاب، وشهرية كما هي الأرانب والفران، أما في الإنسان فتعرف باسم الدورة الشهرية (دورة الطمث) ومدتها ٢٨ يوماً

دورة الطمث (الحيض) : Menstrual Cycle

تنقسم دورة الحيض (شكل ٢٦) إلى ثلاثة مراحل كما يلي :

أ - مرحلة نضج البويضة :

يفرز الفص الأمامي للغدة النخامية هرمون يسمى الهرمون التحوصل (F.S.H) هذا الهرمون يحفز المبيض لإنضاج حويصلة جرافف (Graafian follicle) التي يتم داخلها إنضاج البويضة. ويستغرق نمو حويصلة جرافف حوالي عشرة أيام.

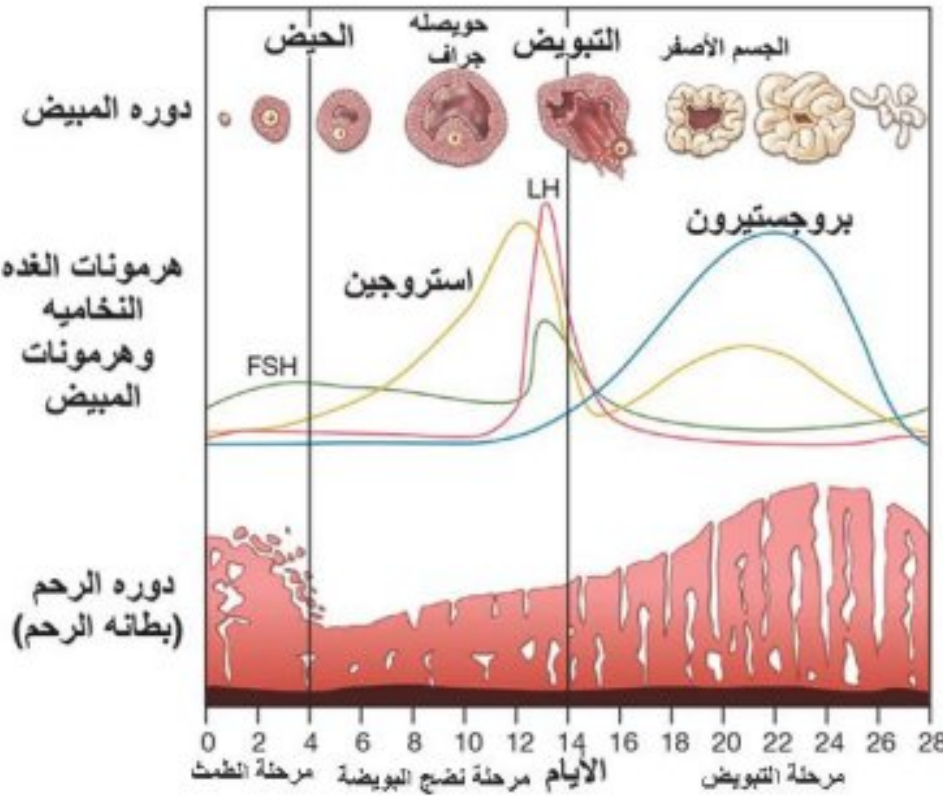
تفرز حويصلة جرافف أثناء نموها هرمون الاستروجين (Estrogen) الذي يعمل على إنماء بطانة الرحم.

ب- مرحلة التبويض :

تبدأ هذه المرحلة عندما يفرز الفص الأمامي للغدة النخامية هرمون يسمى الهرمون المصفر L. H هذا الهرمون يُفرز في اليوم الرابع عشر من بدأ الطمث ، ويؤدي إلى انفجار حويصلة جرافف وتحرر

الخلية البيضية الثانوية والجسم القطبي الأول ويتكون الجسم الأصفر من بقايا حويصلة جرافف.

يفرز الجسم الأصفر هرموني البروجسترون (Progesterone) والاسروجين اللذان يعملان على زيادة سمك بطانة



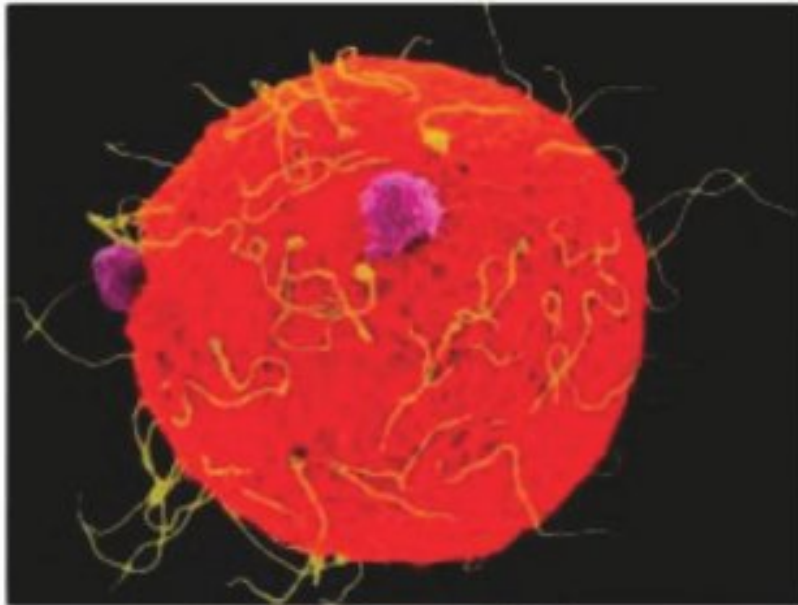
شكل (٢٦) مخطط دورة الطمث

الرحم وزيادة الإمداد الدموي بها، يستمر هذا الطور حوالي ١٤ يوم.

ج- مرحلة الطمث:

إذا لم تخصب البويضة يضمّر الجسم الأصفر تدريجيًا ويقل إفراز هرموني البروجسترون والاستروجين ويؤدي ذلك إلى تدهم بطانة الرحم وتمزق الشعيرات الدموية بسبب انقباضات الرحم مما يؤدي إلى خروج الدم فيما يسمى "بالطمث" الذي يستغرق من ٣-٥ أيام وتبدأ دورة جديدة للمبيض الآخر، أما في حالة حدوث إخصاب للبويضة، يبقى الجسم الأصفر ليهرز الاستروجين والبروجسترون بما يمنع التبويض فتتوقف الدورة الشهرية لما بعد الولادة، ويصل الجسم الأصفر لأقصى نموه في نهاية الشهر الثالث للحمل ثم يبدأ في الانكماش في الشهر الرابع، حينما تكون المشيمة قد تقدم نموها في الرحم وتصبح قادرة على إفراز الاستروجين والبروجسترون فتحل محل الجسم الأصفر في إفراز البروجسترون الذي ينبه الغدد النديية على النمو التدريجي، تحلل الجسم الأصفر قبل الشهر الرابع (أي قبل إكمال نمو المشيمة) يؤدي إلى الاجهاض.

الإخصاب:



(شكل ٢٧) إخصاب البويضة

هو اندماج نواة المشيج المذكر (الحيوان المنوي) مع نواة المشيج المؤنث (البويضة) لتكوين الزيجوت الذي ينقسم مكونًا الجنين.

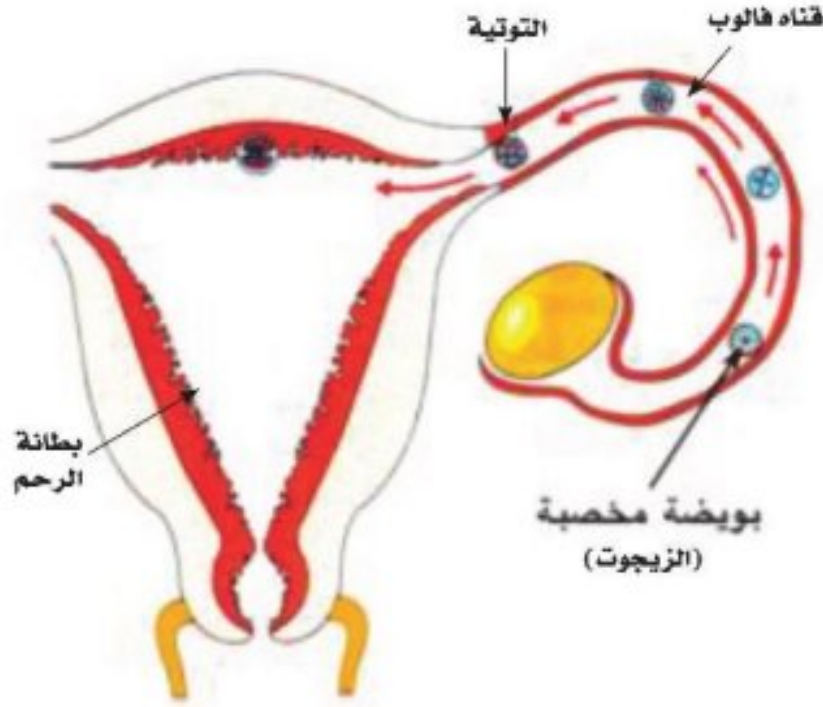
- بعد تحرر البويضة في اليوم الرابع عشر من بدء الطمث تكون جاهزة للإخصاب في خلال يومين، ويتم إخصابها في الثلث الأول من قناة فالوب.

- عدد الحيوانات المنوية التي تخرج من الرجل في كل تزواج تتراوح ما بين ٣٠٠-٥٠٠ مليون حيوان منوي يفقد الكثير منها أثناء رحلتها إلى البويضة و لذلك قد يعتبر الرجل عقيمًا إذا كان عدد الحيوانات المنوية عند التزاوج أقل من ٢٠ مليون حيوان منوي.

- تشترك الحيوانات المنوية معاً في إفراز إنزيم الهياالويورنيز، الذي يذيب جزء من غلاف البويضة فيدخل حيوان منوي واحد - (يدخل الرأس و العنق فقط) (شكل ٢٧)

- يمكن للحيوانات المنوية أن تبقى حية داخل الجهاز التناسلي المؤنث حوالي ٢-٣ يوم.

- بعد الإخصاب تحيط البويضة نفسها بغلاف يمنع دخول أي حيوان منوي آخر.



شكل (٢٨) تفلج البويضة المخصبة

الحمل ونمو الجنين:

تنقسم اللاقحة (الزيجوت) بعد يوم واحد من الإخصاب في بداية قناة فالوب إلى خليتين (فلجتين) بالانقسام الميتوزي ثم تتضاعف لأربعة خلايا في اليوم التالي، ثم يتكرر الانقسام حتى تتحول إلى كتلة من الخلايا الصغيرة تعرف باسم التوتية (morula) والتي تهبط بدفع أهداب قناة فالوب وتتحول تدريجياً إلى كرة مجوفة من الخلايا تعرف باسم البلاستوسيست (Blastocyst) التي تصل إلى الرحم وتنغرس بين ثنايا بطانة الرحم السميكة في نهاية الأسبوع الأول.

وتتميز بطانة الرحم بالإمداد الدموي اللازم لتكوين الجنين طوال أشهر الحمل التسعة.

الأغشية الجنينية:

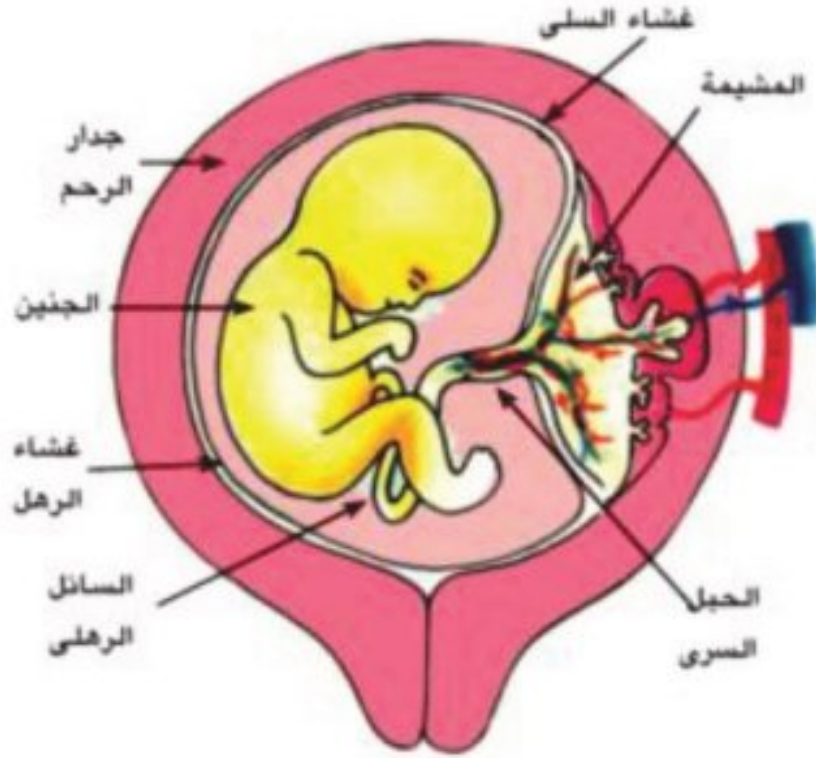
يتزايد نمو الجنين، ويتدرج بناء الأنسجة وتكوين الأعضاء وينشأ حول الجنين غشاءان، الخارجي يسمى السلى (Chorion)، والداخلي يسمى الرهل (Amnion).

(أ) غشاء الرهل:

هو غشاء يحيط بالجنين ويحتوي على سائل يحمي الجنين من الجفاف وتحمل الصدمات. يتصل الجنين بالمشيمة بواسطة الحبل السرى (Umbilical Cord) الذي يصل طوله حوالي ٧٠ سم ليسمح بحرية حركة أكبر للجنين والحبل السرى نسيج غني بالشعيرات الدموية التي تقوم بنقل المواد الغذائية المهضومة والفيتامينات الماء والأملاح والأكسجين من المشيمة إلى الدورة الدموية للجنين وتقوم بنقل المواد الإخراجية وثاني أكسيد الكربون من الدورة الدموية للجنين إلى المشيمة.

(ب) غشاء السلى:

هو غشاء يحيط حول غشاء الرهل، ووظيفته حماية الجنين، يخرج من غشاء السلى بروتات أو خمالات اصبعية الشكل تنغرس داخل بطانة الرحم وتتلامس فيها الشعيرات الدموية لكل من الجنين والام وتسمى المشيمة (شكل ٢٩).



شكل (٢٩) الجنين والأغشية الجنينية

أهمية المشيمة :

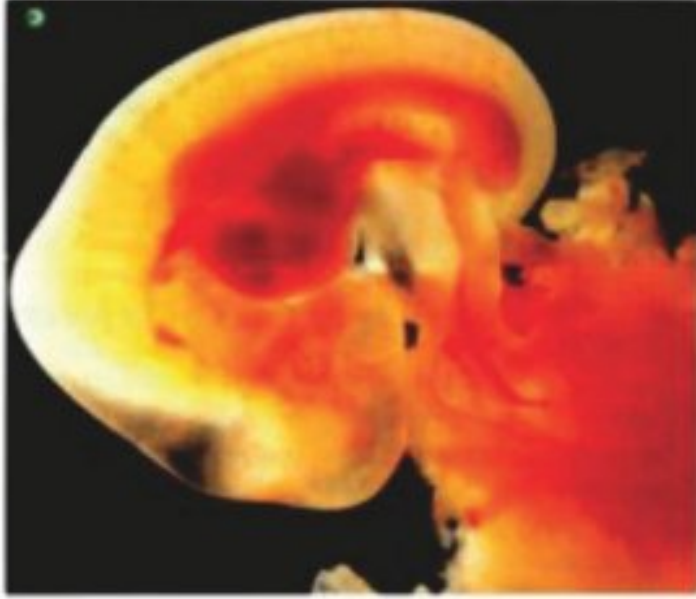
- ١- نقل المواد الغذائية المهضومة والماء والأكسجين والفيتامينات من دم الأم إلى دم الجنين بالانتشار وتخلص الجنين من المواد الإخراجية دون أن يختلط دم الجنين بدم الأم.
- ٢- إفراز هرمون البروجسترون بدءاً من الشهر الرابع من الحمل حيث يضمّر الجسم الأصفر، وتصبح المشيمة هي مصدر إفراز هرمون البروجسترون .

ملحوظة:

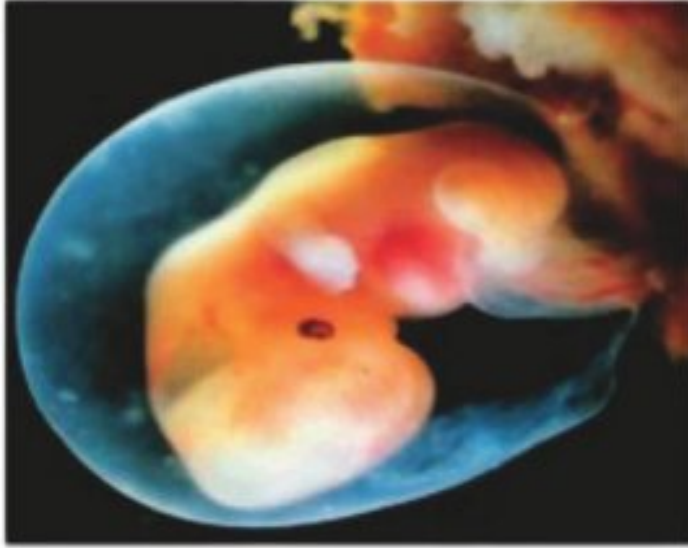
تقوم المشيمة أيضاً بنقل العقاقير والمواد الضارة مثل الكحول والنيكوتين والفيروسات من دم الأم إلى الجنين ، مما يسبب له أضراراً بالغة وتشوهات وأمراض.

تنقسم فترة تكوين الجنين إلى ثلاثة مراحل هي :

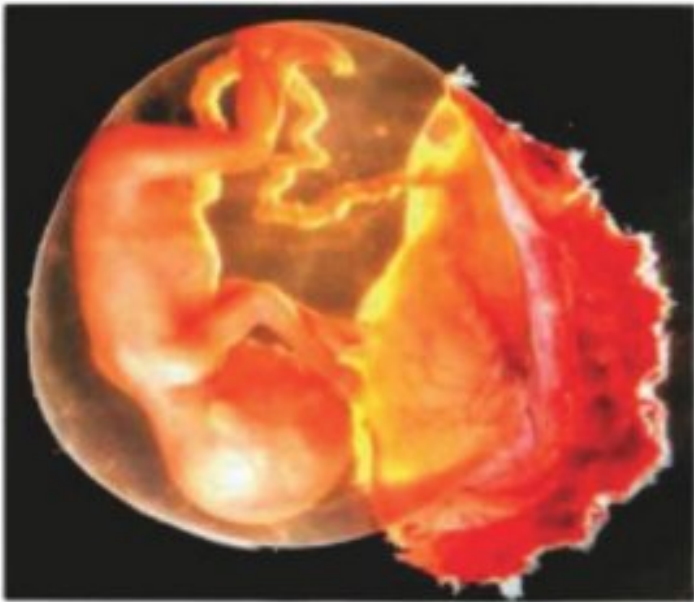
- (أ) المرحلة الأولى :** وتشمل الشهور الثلاثة الأولى من الحمل ، حيث يبدأ تكوين الجهاز العصبي والقلب (في الشهر الأول) وتتميز العينان واليدين ، ويتميز الذكر عن الأنثى (تتكون الخصيتين في الأسبوع السادس ويتكون المبيضين في الأسبوع الثاني عشر) ويكون له القدرة على الاستجابة.
- (ب) المرحلة الثانية :** تشمل الشهور الثلاثة الوسطى ، حيث يكتمل نمو القلب و يسمع دقاته ... ويتكون الجهاز العظمي . و تكتمل أعضاء الحس ويزداد في نمو الحجم (شكل ٣٠) .
- (ج) المرحلة الثالثة:** تشمل الشهور الثلاثة الأخيرة، حيث يكتمل نمو المخ ويتباطأ نمو الجنين في الحجم ويستكمل نمو باقي الأجهزة الداخلية. في الشهر التاسع يبدأ تفكك المشيمة ويقل البروجسترون و يقل ارتباط المشيمة بالرحم ، استعداداً للولادة، ثم يبدأ المخاض بانقباض عضلات الرحم بشكل متتابع مما



(أ)



(ب)



(ج)

شكل (٣٠) تكوين الجنين

يدفع بالجنين إلى الخارج و يبدأ بصرخة يعمل على أثرها جهازه التنفسي . ثم تنفصل المشيمة من جدار الرحم وتطرد للخارج. ثم يتم قطع الحبل السرى من جهة المولود . ويتحول غذاؤه إلى لبن الأم بتنبيه هرمونى من الغدة النخامية إلى ثدى الأم . ليضرب فيتغذى الوليد بأشمن غذاء جسدى وعاطفى. يحميه من كثير من الاضطرابات العضوية والنفسية فى المستقبل.

وقد لوحظ أن عمر الأنثى المناسب للحمل ما بين ١٨ و ٣٥ سنة - فإذا قل أو زاد عن ذلك تعرض كل من الأم و الجنين لمتاعب خطيرة . كما تزداد احتمالات التشوه الخلقى بين أبنائها. كما أن الإنجاب من زوج مسن قد يؤدي لنفس النتيجة فى الأبناء .

وسائل منع الحمل

يتم منع الحمل بعدة طرق،

- ١- **الأقراص:** تحتوي على هرمونات صناعية تشبه الاستروجين والبروجيسترون. يبدأ استخدامها بعد انتهاء الطمث و لمدة ثلاثة أسابيع ، تمنع هذه الحبوب عملية التبويض .
- ٢- **اللولب:** يستقر في الرحم فيمنع استقرار البويضة المخصبة في بطانته .
- ٣- **الواقى الذكري:** يمنع دخول الحيوانات المنوية إلى المهبل .
- ٤- **التعقيم الجراحي:** عن طريق ربط قنوات فالوب في المرأة أو قطعها فلا يحدث إخصاب للبويضات التي ينتجها المبيض ، أو تعقيم الرجل بربط الوعاءين الناقلين أو قطعها فلا تخرج خلالها الحيوانات المنوية .

تعدد المواليد :



شكل (٣١) توأم متماثل

عادة ما يولد جنين واحد في كل مرة ، وفي بعض الأحيان تعدد المواليد حتى ستة في نفس الوقت ، لكن أكثرها شيوعاً هي التوائم الثنائية، حيث نسبتها العالمية ١٨٦،١ ولادة فردية ، وتندر التوائم المتعددة ، وهناك نوعان من التوائم ..

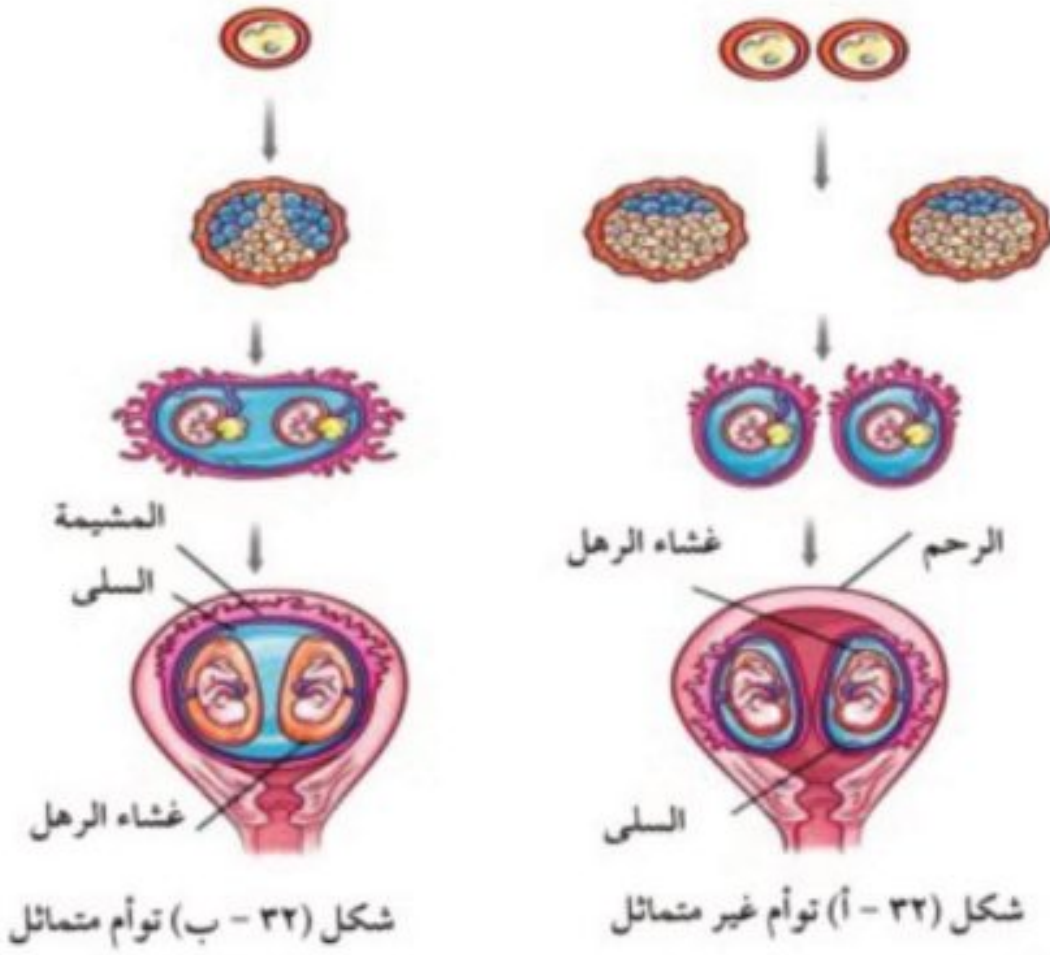
(أ) توائم متآخية- غير متماثلة (ثنائية

اللاقحة) (Dizygotic Twins) :

تحدث نتيجة تحرر بويضتين (من مبيض واحد أو كليهما) وإخصاب كل منهما بحيوان منوي على حدة فيتكون جنينين مختلفين وراثياً ولكل منهما كيس جنيني و مشيمة مستقلة (شكل ٣٢ - أ) فهما لا يزيدان عن كونهما شقيقين لهما نفس العمر.

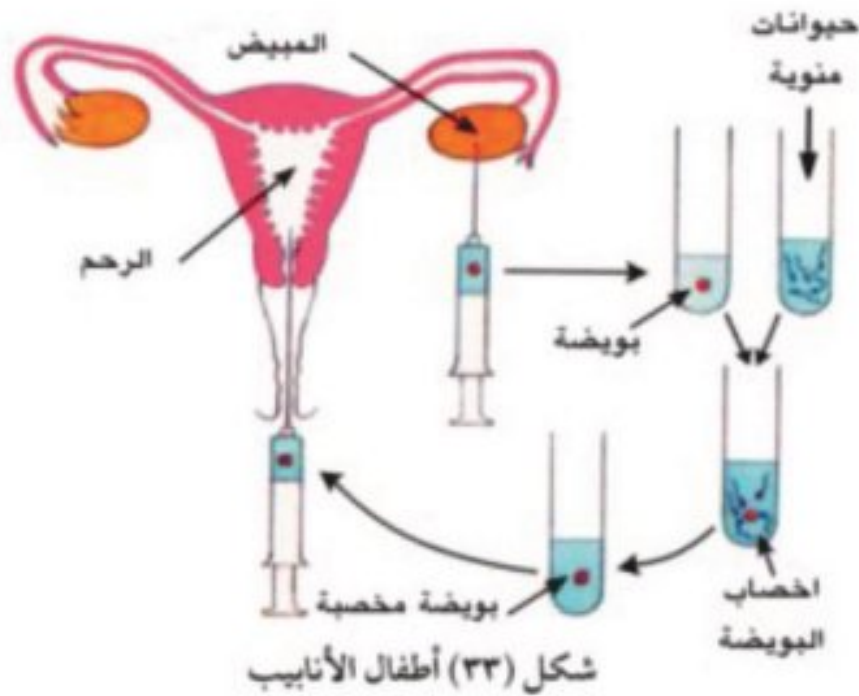
(ب) توائم متماثلة (أحادية اللاقحة) (Monozygotic Twins) :

تنتج من بويضة واحدة مخصبة بحيوان منوي واحد ، وأثناء تفلجها تنقسم إلى جزئين، كل جزء منها يكون جنيناً ، تجمعهما مشيمة واحدة (شكل ٣٢ - ب) ويكونا متطابقين تماماً في جميع الصفات الوراثية، وقد يولد هذا التوأم ملتصقين في مكان ما بالجسم فيعرف بالتوأم السيامي ويتم الفصل بينهما جراحياً في بعض الحالات.



أطفال الأنابيب : (الإخصاب خارج الرحم)

يتم فصل بويضة من مبيض المرأة وإخصابها بحيوان منوي من زوجها داخل أنبوبة اختبار، ورعايتها في وسط مغذى حتى تصل إلى مرحلة البلاستوسيست ثم يعاد زرعها في رحم الزوجة حتى يتم اكتمال تكوين الجنين (شكل ٣٣).



الإستنساخ Cloning

أجريت تجارب الاستنساخ الأولى على الضفادع والقران حيث تم إزالة الأنوية من خلايا أجنة الضفدعة في مراحل مختلفة من النمو (خلايا جسدية) وزراعتها في بويضات غير مخصبة للضفادع سبق نزع أنويتها أو تحطيمها بالإشعاع فتمت البويضات إلى أفراد ينتمون في صفاتهم للأنوية المزروعة وثبت من ذلك أن النواة التي جاءت من خلية جنينية في مراحلها المبكرة لا تختلف في قدرتها على توجيه نمو البويضة عن نواة اللاقحة نفسها. أما تجارب الاستنساخ الحديثة فلا يشترط فيها استخدام خلايا أجنة وإنما خلايا جسدية عادية كما في حالة استنساخ النعجة دوللي من خلايا من ثدى الأم والتي تم الاحتفاظ بأنسجتها في النيتروجين السائل.

بنوك الأمشاج

توجد في بعض دول أوروبا وأمريكا بنوك للأمشاج الحيوانية المنتخبة وخاصة الماشية والخيول، بهدف الحفاظ عليها والإكثار منها وقت الحاجة، وتُحفظ هذه الأمشاج في حالة تبريد شديد (-120° م) لمدة تصل إلى 20 سنة، تُستخدم بعدها في التلقيح الصناعي حتى بعد وفاة أصحابها أو تعرض بعض الأنواع النادرة منها للانقراض، كما يرغب بعض الناس في الاحتفاظ بأمشاجهم في تلك البنوك ضماناً لاستمرار أجيالهم حتى بعد وفاتهم بسنوات طويلة، ويتم حالياً التحكم في جنس المواليد في حيوانات المزرعة حيث يمكن فصل الحيوانات المنوية ذات الصبغى (X) من الأخرى ذات الصبغى (Y) بوسائل معملية كالطررد المركزي أو تعريضها لمجال كهربى محدود، وذلك بهدف تطبيق تلك التقنيات على الماشية لإنتاج ذكور فقط من أجل إنتاج اللحوم أو إناث فقط لإنتاج الألبان والتكاثر حسب الحاجة. ولقد نجحت هذه التقنية في الإنسان حيث يمكن أثناء إجراء تقنية أطفال الأنابيب التحكم في جنس المولود.



الأنشطة العملية

- ١- الفحص المجهرى لتبرعم فطر الخميرة .
- ٢- الفحص المجهرى لفطر عفن الخبز .
- ٣- فحص فطر عيش الغراب .
- ٤- فحص الإقتران فى طحلب الاسبيروجيرا مجهرياً .
- ٥- فحص النباتات الجرثومية والنبات المشيجى فى الفوجير .
- ٦- فحص تركيب زهره نموذجية .
- ٧- الفحص المجهرى لقطاع فى المتوك و فحص حبوب اللقاح .
- ٨- الفحص المجهرى لقطاع فى مبيض زهره والتعرف على مكوناته .
- ٩- فحص بعض الثمار مثل الطماطم والباذنجان والتفاح والكوسة .
- ١٢- فحص قطاع فى مبيض فأر أو أرنب .
- ١٣- فحص قطاع فى خصيه فأر أو أرنب .
- ١٤- مشاهدة أفلام تتناول مراحل تكوين الجنين داخل الرحم .

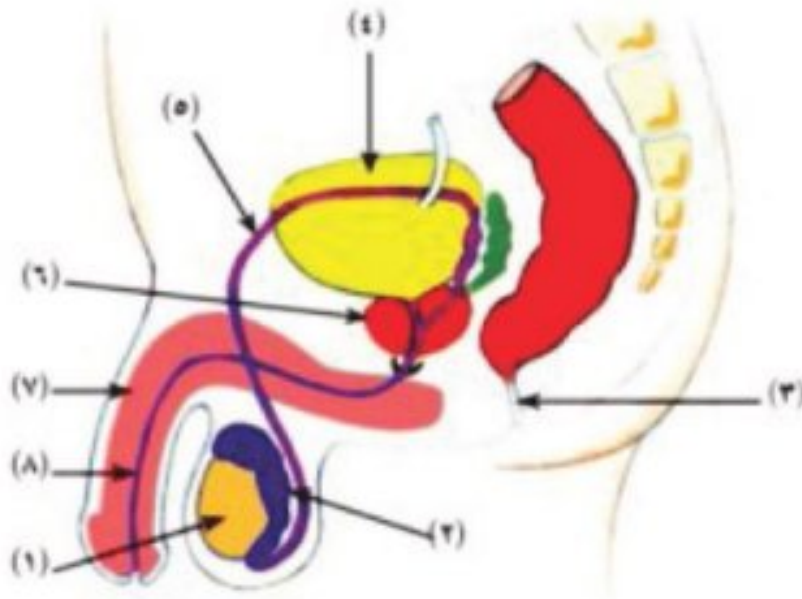
أسئلة

س ١ اختر الاجابة الأكثر دقة في الأسئلة التالية:

- ١- متوسط المدى الذي تظل فيه البويضة حية داخل قناة فالوب
أ- ساعة ب- يوم ج- ١-٢ يوم د- ٣ ايام
- ٢- متوسط المدى الذي يظل فيها الحيوان المنوى حى داخل الجهاز التناسلى للأنثى .
أ- ساعة ب- يوم ج- ١-٢ يوم د- ٢-٣ يوم
- ٣- تحدث عملية إخصاب البويضة فى ..
أ- الرحم ب- النصف الأخير من قناة فالوب د- المبيض
- ٤- عند المرأة البالغة حيث دورة الطمث ، تستغرق ٢٨ يوم ، يحدث التبويض
أ - فى اليوم التاسع من بدأ الطمث ب - فى اليوم الرابع عشر من بدأ الطمث
ج- فى اليوم التاسع من إنتهاء الطمث د- فى اليوم الثانى عشر من بدأ الطمث
- ٥- إنغماس البويضة المخصبة فى بطانة الرحم يكون بعد
أ - يوم واحد بعد الاخصاب ج- ٧ أيام بعد الاخصاب
ب- ٤ أيام بعد الاخصاب د- ٥ ساعات بعد الاخصاب
- ٦- يفرز هرمون FSH وهرمون LH من ،
أ- حويصلة جراف ب- الجسم الأصفر ج - بطانة الرحم د- الغدة النخامية
- ٧- من وظائف هرمون LH
أ- التبويض ج- ضمور الجسم الأصفر
ب- نمو حويصلة جراف د- نمو الغدد التذبية

س ٢ (١) من بين المواد التالية، أى منها ينتقل من دم الأم إلى دم الجنين عبر المشيمة؟

- أ- جلوكوز ب- الكحولات ج- الفيروسات د- خلايا الدم الحمراء
- هـ- الأحماض الأمينية و- الأكسجين
- (٢) الحيوانات المنوية لا تستطيع أن تعيش إلا فى وسط غذائى لأنه لا يمكنها تخزين غذاء بداخلها.
أ - العبارتين صحيحتين وتوجد علاقة بينهما .
ب - العبارتين صحيحتين ولا توجد علاقة بينهما .
ج- العبارتين خاطئتين .
د- العبارة الأولى صحيحة و الثانية خاطئة .
هـ - العبارة الأولى خاطئة و الثانية صحيحة .
- (٣) يبدأ إفراز هرمون البروجسترون بعد ثلاثة شهور من حدوث الحمل، لأن المبيض هو الذى يفرز هذا الهرمون بمفرده .
أ - العبارتين صحيحتين وتوجد علاقة بينهما .
ب- العبارتين صحيحتين ولا توجد علاقة بينهم .
ج- العبارتين خاطئتين .
د- العبارة الأولى صحيحة و الثانية خاطئة .
هـ - العبارة الأولى خاطئة و الثانية صحيحة .



س٣ من خلال الرسم المقابل وضع :

- أ - البيانات التي تشير إليها الأرقام
- ب - ما الجزء الذي لا يدخل ضمن تركيب الجهاز التناسلي ؟
- ج- ما أهمية الجزء رقم (٣) ، (٦)
- د- ماذا يحدث إذا كان العضو رقم (١) موجود داخل الجسم ؟ ولماذا ؟
- هـ- ماذا يحدث في حالة إستئصال العضو (١) ؟

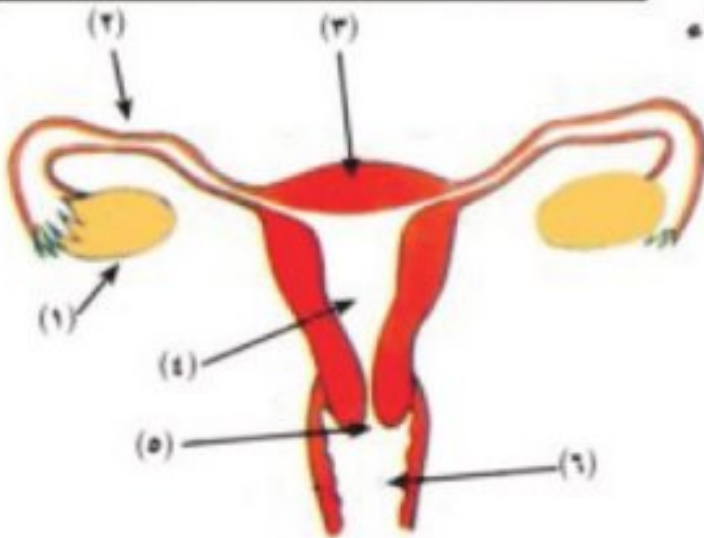
س٤ من خلال الرسم المقابل وضع :

- أ - البيانات التي تشير إليها الأرقام
- ب- مراحل تكوين الحيوانات المنوية
- ج- أهمية الخلايا رقم (٦) ورقم (٧)
- د- وضع بالرسم تركيب الحيوان المنوي مع كتابة البيانات



س٥ من خلال الرسم المقابل وضع :

- أ - البيانات التي تشير إليها الأرقام
- ب- ما أهمية العضو رقم (١) ، (٤)
- ج- أين تحدث عملية الأخصاب ؟
- د- ما التغيرات التي تحدث للجزء رقم (٣) أثناء دورة الحيض ؟
- هـ- ماذا يحدث عند إستئصال المبيضين من امرأة أثناء فترة الحمل ؟ ولماذا ؟



س٦ علل لما يأتي :

- ١ - يلجأ الاسبيروجيرا احيانا للاقتران الجانبي .
- ٢ - يختلف التجدد في الهيدرا عن التجدد في القشريات .
- ٣ - يلي الاقتران في الاسبيروجيرا انقسام ميوزي .
- ٤ - يضاف خلاصة حبوب اللقاح على مبايض الأزهار .
- ٥ - نواة الاندوسبرم ثلاثية المجموعة الصبغية .
- ٦ - تعامل الحيوانات المنوية للماشية بالطرد المركزي .
- ٧ - أهمية وجود القطعة الوسطى للحيوان المنوي أثناء إخصاب البويضة .
- ٨ - يضمّر الجسم الأصفر في الشهر الرابع من الحمل ومع ذلك لا يحدث الأجهاض .
- ٩ - يشترط لحدوث الأخصاب أن تكون الحيوانات المنوية باعداد هائلة .
- ١٠ - يتضخم جدار الرحم ويصبح غدياً بمجرد إخصاب البويضة .
- ١١ - وجود الخصيتان خارج الجسم في معظم الثدييات .

س٧ ماذا يحدث في الحالات الآتية.....؟

- ١- ضمور الجسم الأصفر في الشهر الثاني من الحمل .
- ٢- وجود الخصيتين داخل الجسم في الإنسان .
- ٣- إخصاب بويضتين بحيوانين منويين في وقت واحد .

س٨ قارن بين :

- أ- الانقسام الميوزي والانقسام الميوزي
- ب- النبات المشيجي و النبات الجرثومي في نبات كزبرة البئر
- ج- التوالد البكري والأثمار العذري
- د- زراعة الأنسجة وزراعة الأجنة
- هـ- هرمون LH وهرمون FSH
- و- التوائم المتماثلة و التوائم الشقيقة

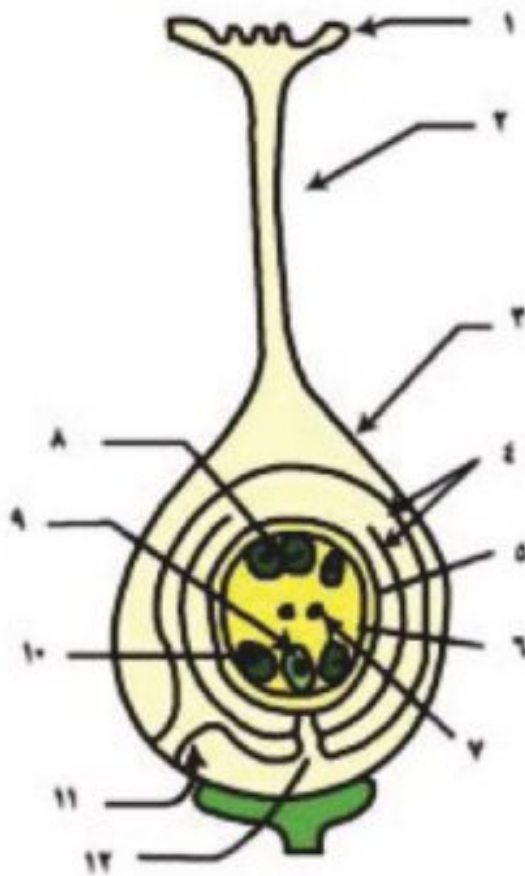
س٩ تتكاثر بعض الكائنات الحية تكاثراً جنسياً يعقبة تكاثراً لا جنسياً في دورة حياتها:

- أ- ما هو المصطلح العلمي لهذه العبارة وما مدى الاستفادة منها .
- ب- ما سبب انتشارها بين الطفيليات .

س١٠ يحاط الجنين داخل الرحم بنوعين من الأغشية ما هما؟ وما أهمية كلا منهما :

س١١ من خلال الرسم المقابل وضح :

- أ - البيانات التي تشير إليها الأرقام .



- ب - كيف تتكون البذرة؟ وكيف يتحدد نوعها ذات فلقة أو ذات فلقتين؟

ج- ماذا يحدث إذا لم تلقح الزهرة؟

د- ماذا يحدث إذا لقحت الزهرة ولم تخصب؟

هـ- كيف تحصل على ثمار بلا بذور صناعياً؟

س١٢ اكتب اسم الهرمون الذي يؤدي إلى:

- ١- نمو حويصلة جراف في المبيض
- ٢- انفجار حويصلة جراف وتحرر البويضة
- ٣- ظهور الصفات الثانوية الذكرية
- ٤- توقف التبويض ونمو بطانة الرحم

س١٣ ما المقصود بكل من :

- دورة التزاوج- التوالد البكري - الأثمار العذري - الأخصاب
المزدوج - الجسم الأصفر - الأندماج الثلاثي- الثمرة الكاذبة
-الرهل .

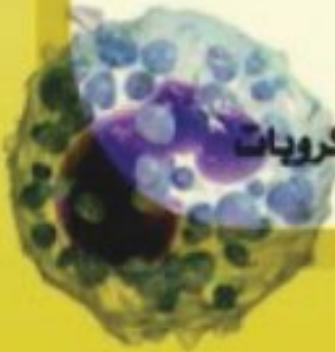
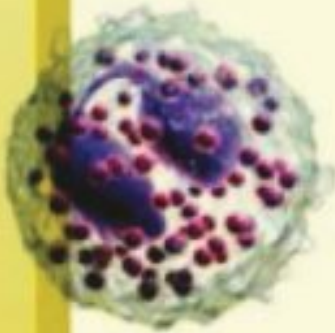
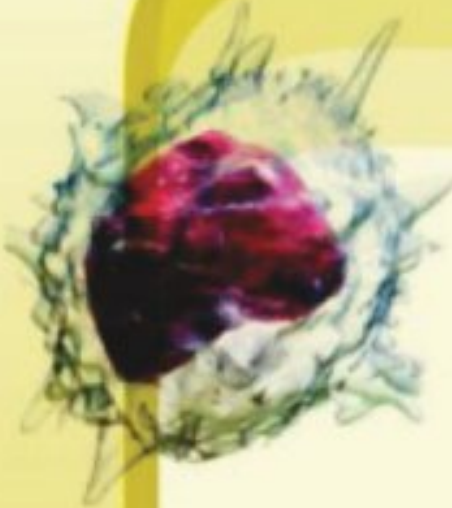
س١٤ وضح بالرسم مراحل نضج البويضة في نبات زهري لكي تصبح جاهزة للإخصاب.



التركيب والوظيفة في الكائنات الحية

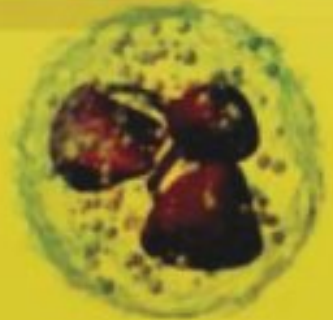
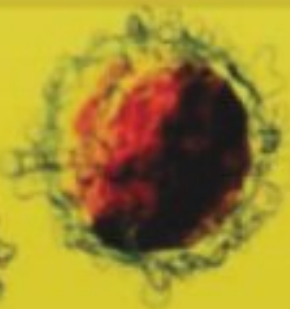
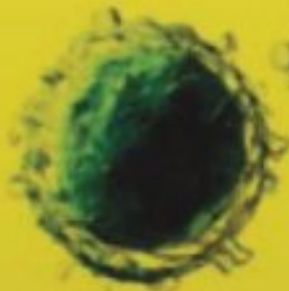
الفصل الرابع

المناعة في الكائنات الحية



في نهاية هذا الفصل ينبغي أن يكون الطالب قادرا على أن :

- يتعرف مفهوم المناعة وأهميتها للكائنات الحية
- يقارن بين المناعة الطبيعية والمناعة المكتسبة
- يستنتج مسببات المرض عند النباتات
- يشرح كيف يعمل جهاز المناعة في النبات
- يتعرف المناعة التركيبية والمناعة البيوكيميائية في النبات
- يحدد مكونات الجهاز المناعي في الإنسان
- يتعرف الأعضاء الليمفاوية في الإنسان
- يحدد أنواع الخلايا الليمفاوية
- يتعرف الأجسام المضادة وطرق عملها
- يفسر آلية عمل الجهاز المناعي في الإنسان
- يحدد بعض وسائل المناعة الطبيعية
- يقدر جهود العلماء في التقدم المذهل في علم المناعة
- يقدر عظمة الخالق في دور بعض أعضاء الجسم في حمايته من الميكروبات







المناعة في الكائنات الحية

المقدمة:

تتعرض حياة أي كائن حي لتهديد مستمر من مسببات الأمراض كبعوض الحشرات والاوليات الحيوانية والفطريات والبكتريا والفيروسات وهي المقابل فإن كل نوع من انواع الكائنات الحية يطور من آليات الدفاع عن نفسه من اجل البقاء.

مما سبق يمكن تعريف المناعة Immunity بأنها مقدرة الجسم من خلال الجهاز المناعي على مقاومة مسببات المرض سواء كان ذلك من خلال منع دخول مسببات المرض إلى جسم الكائن الحي أو عن طريق مهاجمة مسببات المرض و الأجسام الغريبة والقضاء عليها عند دخولها جسم الكائن الحي. يعمل الجهاز المناعي وفق نظامين هما المناعة الفطرية أو الموروثة innate immunity والمناعة المكتسبة أو التكيفية. Acquired immunity or adaptive immunity. وهذان النظامان المناعيان يعملان بتعاون وتنسيق مع بعضهما إذ أن المناعة الفطرية اساسية لأداء المناعة المكتسبة عملها بنجاح والعكس صحيح.

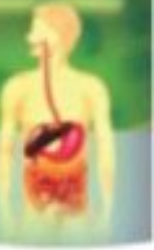
المناعة في النبات

تحمي النباتات نفسها من الكائنات المسببة للمرض من خلال طريقتين الأولى انجاز بعض الآليات من خلال تراكيب تمتلكها فيما يعرف بالمناعة التركيبية **Structural immunity** والثاني عن طريق استجابات لإفراز مواد كيميائية فيما يعرف بالمناعة البيوكيميائية **Biochemical immunity**.

أولاً : المناعة التركيبية **Structural immunity** :

تمثل خط الدفاع الأول لمنع مسببات المرض من الدخول إلى النبات وانتشاره بداخله، وهي عبارة عن حواجز طبيعية وهي تشمل نوعين هما :

- وسائل مناعية تركيبية موجودة أصلاً في النبات .
- وسائل مناعية تركيبية تتكون كاستجابة للإصابة .



(أ) المناعية التركيبية الموجودة سلفاً في النبات :

وتتمثل في الآتي:

١ - الأدمة الخارجية لسطح النبات:

تتغذى أدمة السيقان الخضراء والأوراق بطبقة شمعية من مادة الكيوتين فلا يستقر عليها الماء، وبالتالي لا تتوافر البيئة الصالحة لنمو وتكاثر الفطريات والبكتيريا. وقد يكسو الأدمة شعيرات أو أشواك مما يحول دون أكلها من حيوانات الرعي.

٢ - الجدار الخلوي:

يمثل الجدار الخلوي دعامة وحماية إضافية لجميع الخلايا النباتية وهو يتרכب أساساً من السليلوز وبعد تغلظه بمزيد من السليلوز أو بمواد أخرى كالفينين أو السوبرين أو الكيوتين يصبح من الصعب على الكائنات الممرضة اختراقه.

(ب) المناعية التركيبية الناتجة كاستجابة للإصابة بالكائنات الممرضة:

وتتمثل في الآتي:

١. **تكوين الفلين Phellem(cork) formation**: تتغذى السيقان وجذوع الأشجار الخشبية بطبقة خارجية من نسيج الفلين الذي يتكون من عدة طبقات من خلايا ميتة تتغلظ جدرانها بمادة السوبرين وهو يعمل كحاجز خارجي لحماية النبات من الصدمات وفقدان الماء كما يجعل النبات أكثر مقاومة للعدوى الفطرية و البكتيرية. ويعاد تكوين الفلين كغيره من الأنسجة إذا حدث في الطبقة الخارجية للساق قطع أو تمزق لمنع دخول الميكروبات من خلال المنطقة المصابة. أي أن الفلين موجود سلفاً في النبات ويعاد تكوينه عند قطعه أو تمزقه.

٢. **تكوين التيلوزات Formation of Tyloses**: عبارة عن نموات زائدة تنشأ نتيجة تمدد الخلايا

البارنشيمية المجاورة لقصيبات الخشب وتمتد داخلها من خلال النقر. وهي تتكون نتيجة تعرض نسيج

الخشب للقطع أو للغزو من الكائنات الممرضة حتى تعيق تحرك هذه الكائنات الى الأجزاء الأخرى في النبات.

٣. **ترسيب الصمغ Deposition of Gums**: عندما تتعرض السيقان الخشبية لبعض أنواع النباتات للقطع أو التلف أو الإصابة الميكروبية في طبقة الفلين الخارجية فإنها تقوم بترسيب الصمغ في مكان الإصابة للوقاية من دخول الميكروبات ومنع دخولها في النبات. ومن أمثلة هذه النباتات بعض أنواع النباتات البقولية كأشجار السنط. *Acacia nilotica*

٤. **تراكيب مناعية خلوية Cellular immune structures**: تحدث بعض التغيرات الشكلية

نتيجة للغزو. ومن أمثلتها:

- إنتفاخ الجدار الخلوي لخلايا كل من البشرة وتحت البشرة أثناء الأختراق المباشر للكائن الممرض مما

يؤدي الى تثبيط اختراقه لتلك الخلايا .

- احاطة خيوط الغزل الفطري المهاجمة للنبات بغلاف عازل يمنع انتقاله من خلية الى اخرى .

٥. التخلص من النسيج المصاب وتعرف أيضاً بالحساسية المفرطة : حيث يقتل النبات بعض

أنسجته ليمنع انتشار الكائن الممرض منها الى أنسجته السليمة وبالتالي يتخلص النبات من الكائن الممرض بموت النسيج المصاب.

ثانياً، المناعة البيوكيميائية Biochemical immunity:

وتتضمن الآليات المناعية التالية :

١- المستقبلات Receptors التي تدرك وجود الميكروب وتنشط دفاعات النبات

هذه المركبات توجد في النباتات السليمة والمصابة على حد سواء إلا أن تركيزها يزيد في النباتات عقب الإصابة. ووظيفة تلك المركبات هي تحفيز وسائل جهاز المناعة الموروثة في النبات.

٢- مواد كيميائية مضادة للكائنات الدقيقة Antimicrobial chemicals

تقوم بعض النباتات بإفراز مركبات كيميائية تقاوم بها الكائنات الممرضة، وهذه المركبات إما أن تكون موجودة أصلاً في النبات قبل حدوث الإصابة أو تؤدي الإصابة الى تكوينها. ومن هذه المركبات :

- **الفينولات والجليكوزيدات** وهي مركبات كيميائية سامة تقتل الكائنات الممرضة مثل البكتيريا أو

تثبط نموها .

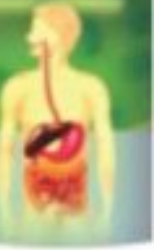
- **انتاج أحماض أمينية غير البروتينية** (Non-protein amino acids) وهذه الأحماض

لا تدخل في بناء البروتينات في النبات ولكنها مركبات كيميائية سامة للكائنات الممرضة، ومن أمثلتها

الكانافانين Canavanine والسيفالوسبورين Cephalosporin.

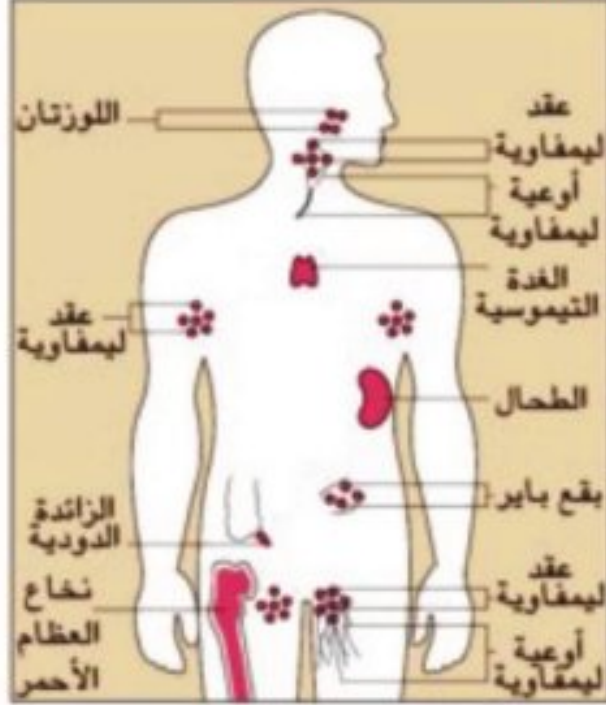
٣- بروتينات مضادة للكائنات الدقيقة Antimicrobial proteins

تقوم بعض النباتات بإنتاج بروتينات لم تكن موجودة أصلاً بالنبات ولكن يستحث إنتاجها نتيجة الإصابة وهذه تتفاعل مع السموم التي تفرزها الكائنات الممرضة وتحولها الى مركبات غير سامة للنبات وأحياناً تنتج النباتات بعض الانزيمات تعرف بإنزيمات نزع السمية (Detoxifying enzymes). حيث تقوم هذه الانزيمات بالتفاعل مع السموم التي تفرزها الكائنات الممرضة وتبطل سميتها.



المناعة في الإنسان

الجهاز المناعي في الإنسان Human immune system



شكل (1) الجهاز الليمفاوي للإنسان

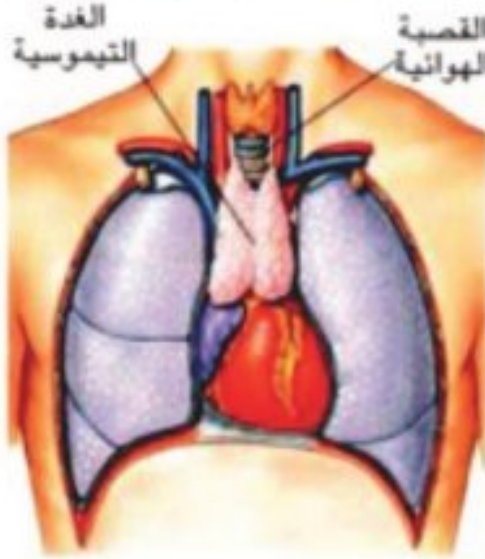
يتكون الجهاز المناعي في الإنسان من أعضاء وأنسجة وخلايا ومواد كيميائية تعمل معاً للدفاع عن الجسم ضد مسببات الأمراض.

ويعد الجهاز الليمفاوي هو المكون الرئيسي للجهاز المناعي وهو يتكون من سائل الليمف، أوعية ليمفاوية وأعضاء ليمفاوية. أما باقي مكونات الجهاز المناعي فتشمل خلايا الدم البيضاء ومواد كيميائية مساعدة لتلك الخلايا وأجسام مضادة تفرزها بعض أنواع هذه الخلايا.

الأعضاء الليمفاوية Lymphoid organs

وهي المكون الرئيسي للجهاز الليمفاوي، وهي تنقسم إلى أعضاء ليمفاوية أولية يتم فيها إنتاج ونضج وتمايز الخلايا الليمفاوية (نوع من خلايا الدم البيضاء) وهما نخاع العظام والغدة التيموسية، وأعضاء ليمفاوية ثانوية تشمل الطحال واللوزتين وبقع باير والزائدة الدودية والعقد الليمفاوية.

أ- نخاع العظام Bone marrow : هو نسيج يوجد داخل العظام المسطحة مثل الترقوة والقص

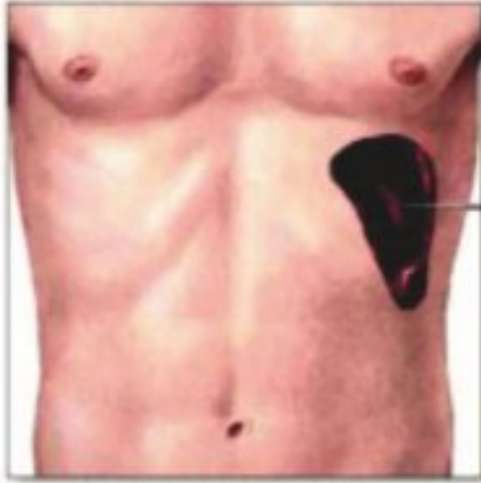


شكل (2) الغدة التيموسية

والجمجمة والعمود الفقري والضلوع والكتف والحوض، ورؤوس العظام الطويلة كعظام الفخذ والساق والعضد، وهو المسؤول عن إنتاج جميع أنواع خلايا الدم البيضاء وانضاجها عدا انضاج وتمايز الخلايا الليمفاوية الثانية.

ب- الغدة التيموسية Thymus gland : تقع على القصبة

الهوائية أعلى القلب وخلف عظمة القص، وتفرز هرمون التيموسين Thymosin الذي يحفز نضج الخلايا الليمفاوية الجذعية إلى الخلايا الثانية T وتمايزها إلى أنواعها المختلفة داخل الغدة التيموسية.



شكل (٣) الطحال

ج- الطحال spleen: عبارة عن عضو ليمفاوي صغير لا يزيد حجمه عن "كف اليد"، ولونه احمر قاتم يقع في الجانب العلوي الأيسر من تجويف البطن (شكل ٣). ويلعب دورا مهما في مناعة الجسم حيث يحتوي على الكثير من خلايا الدم البيضاء التي تسمى الخلايا البلعمية الكبيرة وتقوم بالتقاط كل ما هو غريب عن الجسم سواء كانت ميكروبات أو أجسام غريبة أو خلايا جسدية هرمة (مسنة) ككريات الدم الحمراء المسنة ويفتتها الى مكوناتها الأولية ليتخلص منها الجسم، كما أنه يحتوي على خلايا دم بيضاء أخرى تسمى الخلايا الليمفاوية.

د- اللوزتان Tonsils: هما غدتان ليمفاويتان تقعان على جانبي الجزء الخلفي من الفم. تلتقط اللوزتان



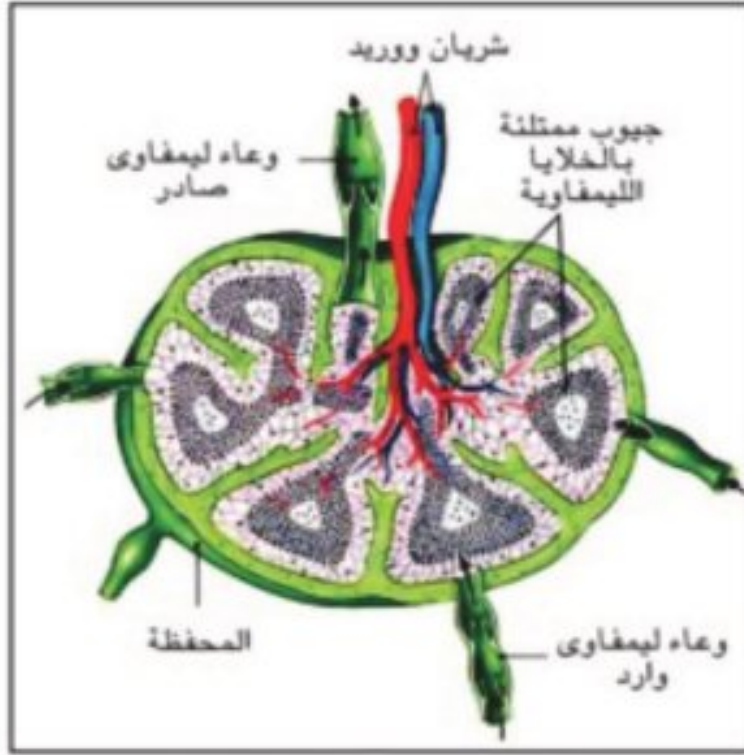
شكل (٤) اللوزتان

أي ميكروب أو جسم غريب يدخل مع الطعام أو الهواء وتمنع دخوله إلى الجسم، وذلك بواسطة ما تحتويه من خلايا الدم البيضاء (شكل ٤)

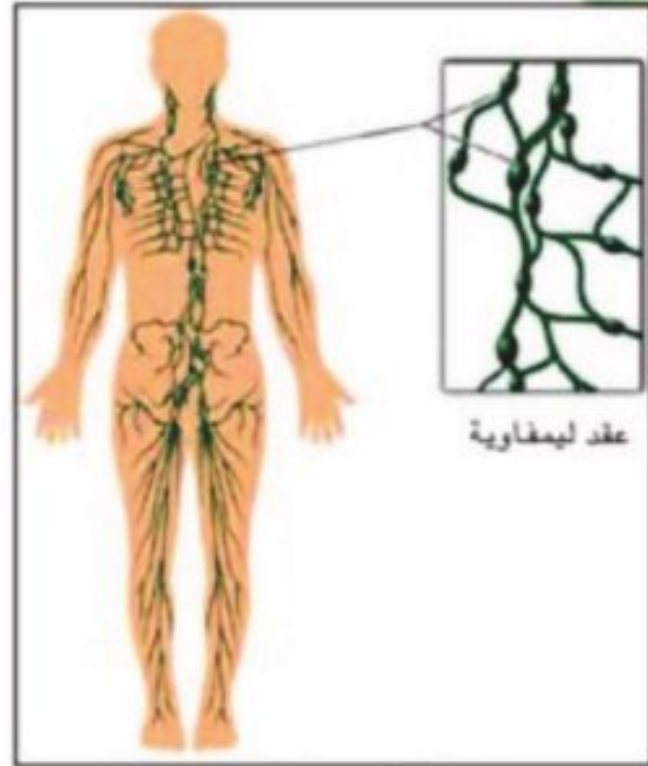
هـ- بقع باير Peyer's patches: عبارة عن عقد صغيرة من الخلايا الليمفاوية التي تتجمع على شكل لقع أو بقع تنتشر في الغشاء المخاطي المبطن للجزء السفلي من الأمعاء الدقيقة، وهي تلعب دورا في الاستجابة المناعية ضد الكائنات الممرضة التي تدخل الأمعاء. وتلعب الزائدة الدودية دورا مناعيا مشابهاً لبقع باير.

و- العقد الليمفاوية Lymphatic nodes: تقوم بتنقية الليمف

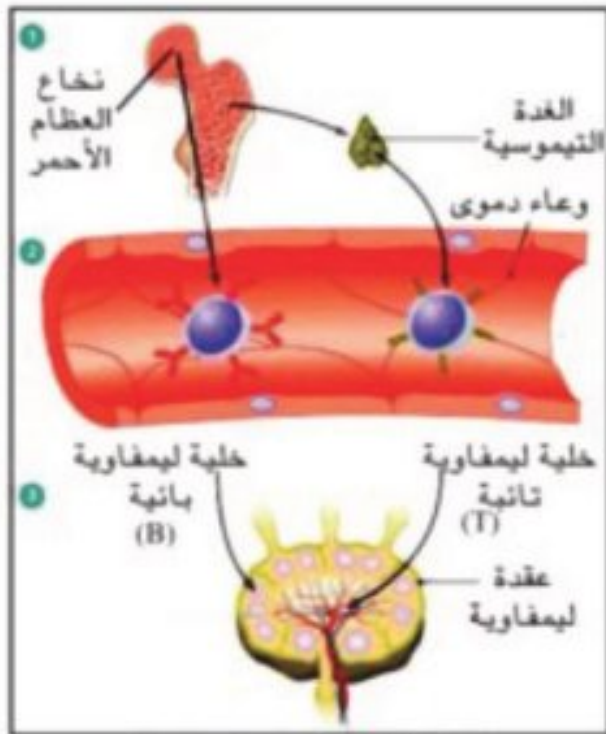
من أي مواد ضارة أو ميكروبات. وتخزن خلايا الدم البيضاء (الخلايا الليمفاوية) التي تساعد في محاربة مسببات الأمراض . وتتواجد العقد الليمفاوية على طول شبكة الأوعية الليمفاوية الموجودة في جميع أجزاء الجسم (تحت الإبطين، على جانبي العنق، وفي أعلى الفخذ، وبالقرب من أعضاء الجسم الداخلية...). ويتراوح حجمها بين رأس الدبوس وبذرة الفول الصغيرة، وتنقسم العقدة من الداخل إلى جيوب تمتلئ بالخلايا الليمفاوية البائية B ، والخلايا الليمفاوية التائية T ، والخلايا البلعمية الكبيرة وبعض أنواع خلايا الدم البيضاء الأخرى التي تخلص الليمف مما به من جراثيم وحطام الخلايا. يتصل بكل عقدة ليمفاوية عدة أوعية ليمفاوية تنقل الليمف اليها من الأنسجة لترشحه وتخلصه من مسببات الأمراض.



شكل (٦) تشريح العقدة الليمفاوية



شكل (٥) العقد الليمفاوية



شكل (٧) مواضع تكوين ونضج وتخزين الخلايا الليمفاوية

خلايا الدم البيضاء Leukocytes

وهي تنقسم إلى خلايا محببة **Granulocytes** وخلايا غير محببة **Agranulocytes**. يحتوى سيتوبلازم الخلايا المحببة على حبيبات تتلون عند معالجتها بأصباغ معينة بينما لا يحتوى سيتوبلازم الخلايا الغير محببة على هذه الحبيبات.

وتضم الخلايا المحببة عدة أنواع هي الخلايا الحامضية **Eosinophils** والخلايا القاعدية **Basophils** والخلايا المتعادلة **Neutrophils** والخلايا الصارية **Mast cells**. أما الخلايا الغير محببة فتضم الخلايا الليمفاوية **Lympho-cytes** والخلايا وحيدة النواه **Monocytes**.

وهناك ثلاثة أنواع من الخلايا الليمفاوية وهي:

أ - الخلايا البائية B-cells: تشكل حوالي ١٠٪ إلى ١٥٪ من الخلايا الليمفاوية ويتم تصنيعها

ونضجها في نخاع العظام، ووظيفتها هي التعرف على أى ميكروبات أو مواد غريبة عن الجسم

(مثل البكتريا أو الفيروس)، فتقوم بالارتباط بهذا الجسم الغريب وتنتج أجسام مضادة له

Antibodies لتقوم بتدميره.

ب - الخلايا التائية T-cells: تشكل حوالي ٨٠٪ من الخلايا الليمفاوية، ويتم إنتاجها في نخاع العظام

ولكنها تنضج وتتمايز في الغدة التيموسية إلى ثلاثة أنواع هي:

١- الخلايا التائية المساعدة (Helper T-cells) (T_H): تنشط الأنواع الأخرى من الخلايا

التائية وتحفزها للقيام باستجاباتها، وكذلك تحفز الخلايا البائية لإنتاج الأجسام المضادة.

٢- الخلايا التائية السامة (أو القاتلة) (Cytotoxic T-cells) (T_C): تهاجم الخلايا الغريبة

حيث تهاجم الخلايا السرطانية والأعضاء المزروعة وخلايا الجسم المصابة بالفيروس.

٣- الخلايا التائية المثبطة أو الكابحة (Suppressor T-cells) (T_S): تنظم درجة

الاستجابة المناعية للحد المطلوب، وتثبط أو تكبح عمل الخلايا التائية T والبائية B بعد القضاء على الكائن الممرض.

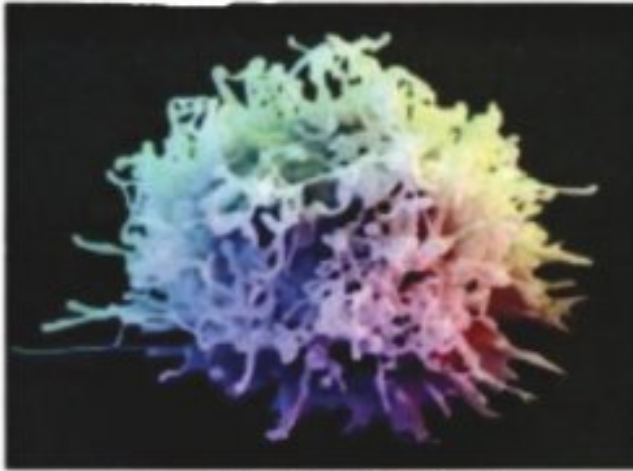
ج- الخلايا القاتلة الطبيعية (Natural killer cells) (NK): تشكل ٥-١٠% من الخلايا

الليمفاوية بالدم، ويتم إنتاجها ونضجها في نخاع العظام (شكل ٨).

وهذه الخلايا لها القدرة على مهاجمة خلايا الجسم

المصابة بالفيروس والخلايا السرطانية والأعضاء المزروعة حيث تفرز هذه الخلايا البروتين صانع الثقوب أو البيرفورين الذي يصنع ثقوباً في الخلايا المصابة ويدمرها.

أما النوع الثاني من الخلايا غير المحببة وهو الخلايا وحيدة النواة Monocytes فهي تتحول إلى خلايا بلعمية كبيرة عند الحاجة التي بدورها تبتلع الكائنات الممرضة وتقوم بعرض أنتيجيناتها على سطحها.



شكل (٨) خلية قاتلة طبيعية

خلايا الدم البيضاء الأخرى (المحببة):

هي الخلايا القاعدية Basophils والخلايا الحامضية Eosinophils والخلايا المتعادلة Neutrophils. (شكل

٩) ويتم التمييز بينها من حجمها وشكل النواة ولون الحبيبات الظاهرة بداخلها تحت المجهر، وهذه الحبيبات تقوم بدور رئيس في تفتيت خلايا الكائنات الممرضة المهاجمة للجسم، وبإمكانها بلعمة (ابتلاع وهضم) الكائنات الممرضة ولذلك فهي تكافح العدوى خصوصاً العدوى البكتيرية والالتهابات، وتبقى بالدورة الدموية لفترة قصيرة نسبياً تتراوح بين عدة ساعات إلى عدة أيام.



شكل (٩) أنواع خلايا الدم البيضاء



الخلايا البلعمية الكبيرة Macrophages:



شكل (١٠) خلية بلعمية كبيرة

وهي تقوم بابتلاع الكائنات الممرضة ثم تقوم بتقديم أنتيجينات هذه الكائنات الممرضة إلى الخلايا التائية المساعدة لكي يتعرف أحد أنواع تلك الخلايا المتخصصة على الكائن الممرض والارتباط بأنتيجين ذلك الكائن مما يؤدي إلى تنشيط ذلك النوع من الخلايا التائية المساعدة فيقوم بتنشيط الخلايا البائية لإفراز أجسام مضادة. والخلايا التائية القاتلة السامة لقتل الخلايا المصابة.

والأنتيجينات هي مركبات (بروتينات أو جليكوبروتينات) موجودة في سطح أو غشاء الكائن الممرض تميزه عن أي كائن آخر لأنها تختلف من كائن إلى آخر.

المواد الكيميائية المساعدة:

تتعاون وتساعد الآليات المتخصصة للجهاز المناعي، وهي كثيرة، نذكر منها ما يلي:

أ- الكيموكينات Chemokines: هي عوامل جذب الخلايا البلعمية نحو موقع تواجد الميكروبات لتحذ من تكاثر وانتشار الميكروب المسبب للمرض.

ب- الإنترلوكينات Interleukins: تعمل كأداة اتصال أو ربط بين خلايا الجهاز المناعي المختلفة فمثلاً تفرز الخلايا التائية المساعدة المنشطة الإنترلوكينات لكي تنشط الخلايا البائية

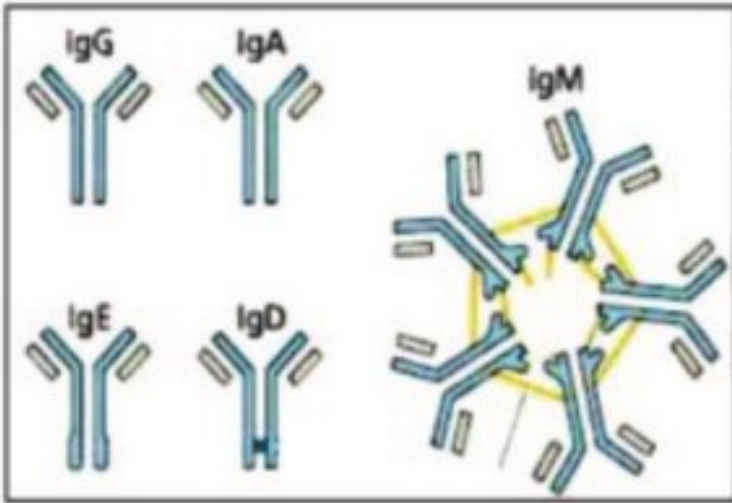
ج- سلسلة المتممات أو المكملات Complements: هي مجموعة متنوعة من البروتينات والأنزيمات تقوم بتدمير الميكروبات الموجودة بالدم بعد ارتباط الأجسام المضادة بها عن طريق تحليل الأنتيجينات الموجودة على سطحها وإذابة محتوياتها لجعلها هي متناول خلايا الدم البيضاء لكي تلتهمها وتقتضى عليها.

د- الإنترفيرونات Interferon: عبارة عن عدة أنواع من البروتينات تنتجها خلايا الأنسجة المصابة بالفيروسات. وهي غير متخصصة بفيروس معين، ترتبط الإنترفيرونات بالخلايا الحية المجاورة للخلايا

المصابة والتي لم تصب بالفيروس بعد وتحثها على إنتاج نوع من الإنزيمات تثبط عمل إنزيمات نسخ الحمض النووي بالفيروس، وبهذا يمنع الفيروس من التكاثر والانتشار في الجسم.

سادسا الأجسام المضادة Antibodies

يوجد على سطح الكائنات الممرضة مركبات تسمى الانتيجينات Antigens، حيث تقوم الخلايا المناعية البائية B بالتعرف على هذه (الانتيجينات) عن طريق ارتباط المركبات الموجودة على سطحها والتي يطلق عليها «المستقبلات»، بتلك الانتيجينات، ثم تقوم بإنتاج مواد بروتينية يطلق عليها الأجسام المضادة Antibodies (أو الجلوبيولينات المناعية Immunoglobulins واختصارها Ig) وهي مصممة لتضاد هذه الأجسام الغريبة عن الجسم حيث تقوم هذه الأجسام المضادة بالارتباط بالكائنات الممرضة لتجعلها في متناول خلايا الدم البيضاء الأخرى كي تلتهمها وتقضى عليها. ويوجد منها خمسة أنواع هي:



شكل (١١) أنواع الأجسام المضادة

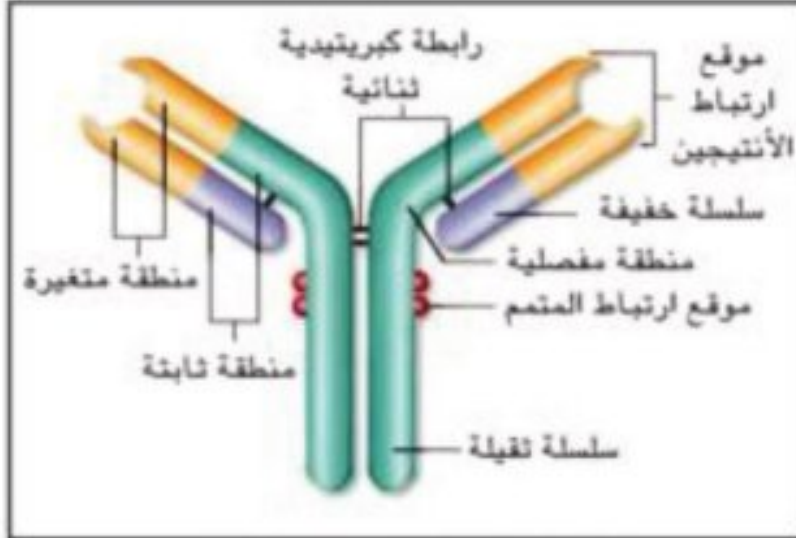
IgG و IgM و IgD و IgE و IgA

والخلايا الليمفاوية البائية B عندما تصادف الانتيجينات لأول مرة تقوم بالانقسام المتكرر لتكوين نوع واحد من الخلايا البائية البلازمية التي تقوم بإنتاج نوع واحد من الأجسام المضادة، تتخصص لتضاد نوع واحد من الانتيجينات، وبذلك تهاجم الخلايا البائية الكائنات الممرضة عن طريق إنتاج الأجسام المضادة التي تدور مع مجرى الدم والليمف.



شكل وتركيب الأجسام المضادة

الأجسام المضادة عبارة عن جلوبوليئات مناعية، تظهر على شكل حرف Y، وتوجد بالدم والليمف في الحيوانات الفقارية والإنسان، ويتم إنتاجها بواسطة الخلايا البائية البلازمية.



شكل (١٢) تركيب الجسم المضاد

يتكون الجسم المضاد من زوجين من السلاسل البروتينية، اثنان منهما طويلة وتسمى بالسلاسل الثقيلة، والاثنان الأخريتان قصيرتان وتسمى بالسلاسل الخفيفة، وترتبط السلاسل ببعضها عبر رابطة كبريتيدية ثنائية. ولكل جسم مضاد موقعين متماثلين لارتباط الأنتيجين، (شكل ١٢) ويختلف شكل هذه المواقع من جسم مضاد لآخر. وتساعد هذه

المواقع على حدوث الارتباط المحدد بين الأنتيجين والجسم المضاد الملازم له، بطريقة تشبه القفل والمفتاح. ويؤدي هذا الارتباط إلى تكوين مركب معقد من الأنتيجين والجسم المضاد ويعرف موقع ارتباط الأنتيجين على الجسم المضاد بالجزء المتغير لأن شكله يتغير من جسم مضاد لآخر، أما الجزء المتبقى من الجسم المضاد فيعرف بالجزء الثابت حيث أنه ثابت الشكل والتركيب في جميع أنواع الأجسام المضادة. ويتحدد تخصص كل جسم مضاد من خلال تشكيل الأحماض الأمينية المكونة للسلسلة الببتيدية (تتابع الأحماض الأمينية، وأنواعها، وشكلها الفراغي) وذلك في موقع الارتباط بالانتيجين أي في الجزء المتغير من تركيب الجسم المضاد.

طرق عمل الأجسام المضادة :

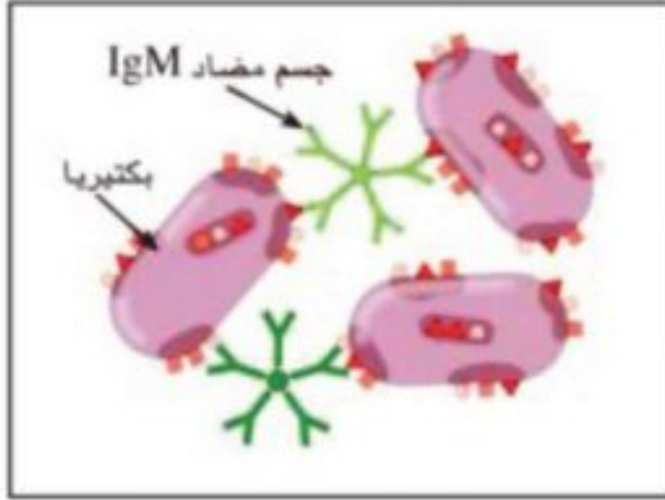
الأجسام المضادة ثنائية الارتباط، أما الأنتيجينات فلها مواقع ارتباط متعددة، مما يجعل الارتباط بين الأجسام المضادة والانتيجينات أمرا مؤكدا. وتقوم الأجسام المضادة بإيقاف عمل الأنتيجينات بإحدى الطرق التالية :

١- التعادل : Neutralization :

إن أهم وظيفة تقوم بها الأجسام المضادة هي مقاومة الفيروسات هي تحييد الفيروسات وإيقاف نشاطها . ويتم ذلك بأن تقوم الأجسام المضادة بالارتباط بالأغلفة الخارجية للفيروسات وبذا تمنعها من الالتصاق

بأغشية الخلايا والانتشار أو النفاذ إلى داخلها. وإن حدث وارتبط الفيروس بغشاء الخلية، فإن الأجسام المضادة تمنع الحمض النووي الفيروسي من الخروج بإبقائها الغلاف مغلقاً.

٢- التلازن (أو الالتصاق) Agglutination :



شكل (١٣) التلازن (الالتصاق)

بعض الأجسام المضادة مثل الجسم المضاد IgM تحتوى العديد من مواقع الارتباط مع الأنتيجينات، وبالتالي يرتبط الجسم المضاد الواحد منها بأكثر من ميكروب مما يؤدي إلى تجمع الميكروبات على نفس الجسم المضاد مما يجعلها أكثر ضعفاً وعرضةً لالتهامها بالخلايا البلعمية (شكل ١٣).

٣- الترسيب Precipitation :



شكل (١٤) ابتلاع الميكروب بعد ارتباطه بالأجسام المضادة

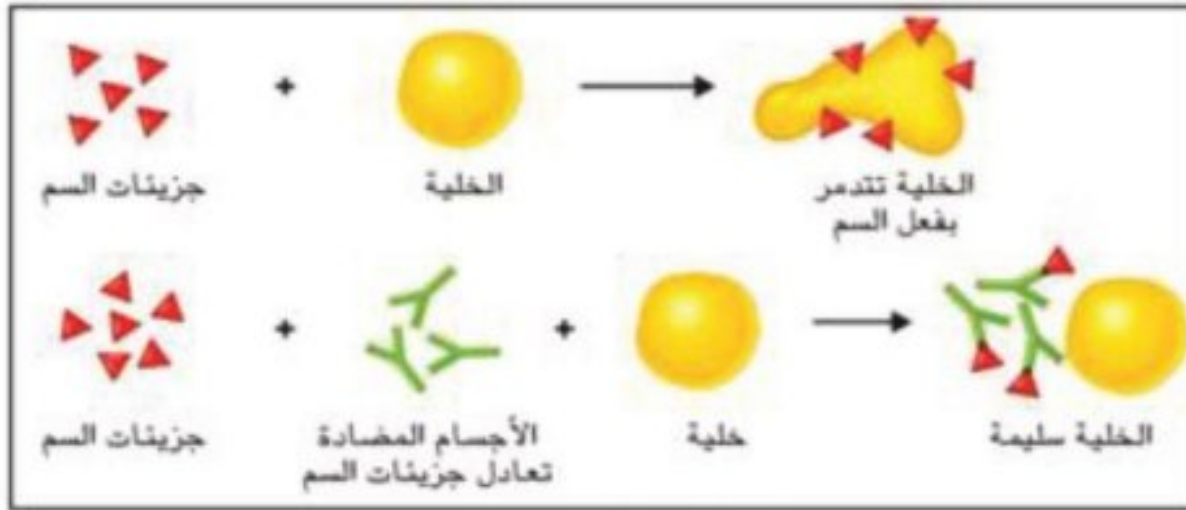
ويحدث عادةً هي الأنتيجينات الذائبة، حيث يؤدي ارتباط الأجسام مع هذه الأنتيجينات إلى تكوين مركبات من الأنتيجين والجسم المضاد غير ذائبة وتكون هذه المركبات راسباً، وبذا يسهل على الخلايا البلعمية Phagocytes التهام هذا الراسب (شكل ١٤).

٤- التحلل Lysis :

ينشط اتحاد الأجسام المضادة مع الأنتيجينات بروتينات وإنزيمات خاصة هي المتممات Complements فتقوم بتحليل أغلفة الأنتيجينات وإذابة محتوياتها فيسهل التخلص منها بواسطة الخلايا البلعمية.

٥- إبطال مفعول السموم Antitoxin :

تقوم الأجسام المضادة بالارتباط بالسموم وتكوين مركبات من الأجسام المضادة والسموم. هذه المركبات تنشط المتممات فتتفاعل معها تفاعلاً متسلسلاً، يؤدي إلى إبطال مفعولها، مما يساعد على التهامها من قبل الخلايا البلعمية (شكل ١٥).



شكل (١٥) ابطال مفعول السموم

آلية عمل الجهاز المناعي في الانسان

كيف يقى الجهاز المناعي الجسم من الكائنات الممرضة؟

يعمل الجهاز المناعي وفق نظامين مناعيين ،

- المناعة الطبيعية (غير المتخصصة أو الفطرية)

- المناعة المكتسبة (المتخصصة أو التكيفية)

هذين النظامين المناعيين على الرغم من أنهما مختلفان إلا أنهما يعملان بتعاون وتنسيق مع بعضهما، فكل واحد من هذين النظامين يعمل وفق آليات مختلفة تقوم بتنشيط النظام المناعي الآخر، وهذا يسمح للجسم التعامل بنجاح مع الكائنات الممرضة.

أولاً، المناعة الطبيعية (غير المتخصصة أو الفطرية)

Natural (non-specific or innate) immunity

هي مجموعة الوسائل الدفاعية التي تحمي الجسم، وتتميز باستجابة سريعة وفعالة لمقاومة ومحاربة وتفتيت أى ميكروب أو أى جسم غريب يحاول دخول الجسم، وهذه الوسائل الدفاعية غير متخصصة ضد نوع معين من الميكروبات أو الأنتيجينات .

وتمر عملية المناعة الطبيعية بخطين دفاعيين متتاليين هما،

١- **خط الدفاع الأول:** يتمثل في مجموعة من الحواجز الطبيعية بالجسم مثل الجلد والمخاط

والدموع والعرق وحمض الهيدروكلوريك بالمعدة. والوظيفة الأساسية لهذا الخط هي منع الكائنات الممرضة من دخول الجسم.

أ- الجلد؛ ويتميز بطبقة قرنية صلبة على سطحه تشكل عائقا منيعا يصعب اختراقه أو النفاذ منه. هذا بالإضافة الى أن العرق الذي تفرزه الغدد العرقية على سطح الجلد يعتبر مميتا لمعظم الميكروبات بسبب ملوحة العرق .

ب- الصملاخ (شمع الأذن)؛ مادة تفرزها الأذن وتعمل على قتل الميكروبات وبذلك تحمي الأذن.

ج- الدموع؛ تحمي العين من الميكروبات لأنها تحتوى على مواد محللة للميكروبات.

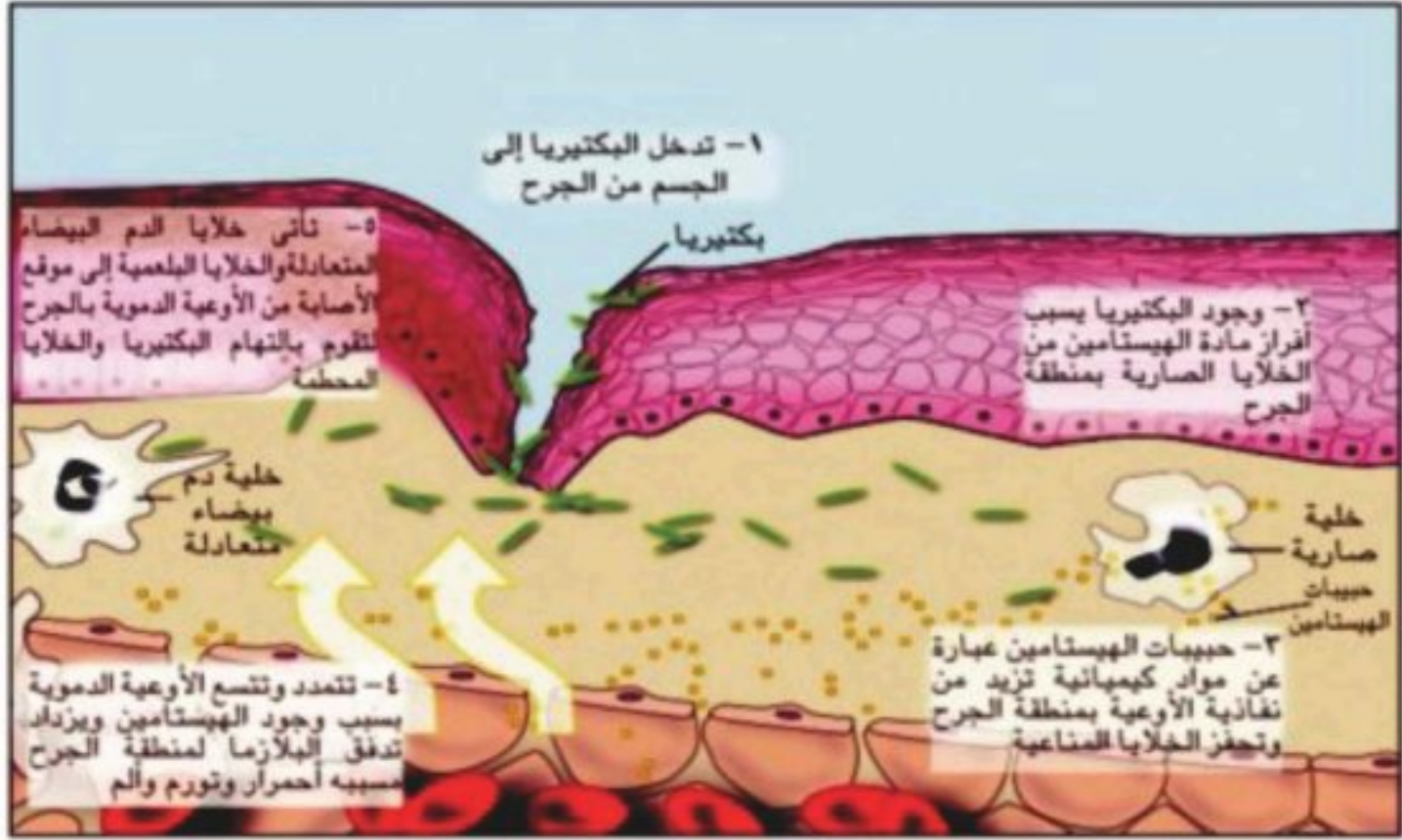
د- المخاط بالممرات التنفسية؛ هو سائل لزج يبطن جدر الممرات التنفسية وتلتصق به الميكروبات والأجسام الغريبة الداخلة مع الهواء ثم تقوم الأهداب الموجودة في بطانة هذه الممرات التنفسية بطرد هذا المخاط وما يحمله من ميكروبات وأجسام غريبة الى خارج الجسم .

هـ- اللعاب؛ يحتوى بعض المواد القاتلة للميكروبات، بالإضافة الى بعض الأنزيمات المذيبة لها.

و- إفرازات المعدة الحامضية؛ حيث تقوم خلايا بطانة المعدة بإنتاج وإفراز حمض الهيدروكلوريك القوي الذى يسبب موت الميكروبات الداخلة مع الطعام.

٢- خط الدفاع الثانى؛ يعمل هذا النظام إذا ما نجحت الكائنات الممرضة فى تخطى وسائل دفاع الخط الأول وقامت بغزو أنسجة الجسم، من خلال جرح قلعى بالجلد على سبيل المثال. ويختلف هذا النظام عن سابقه بأنه نظام دفاعى داخلى وفيه يستخدم الجسم طرق وعمليات غير متخصصة متلاحقة تحيط بالميكروبات لمنع انتشارها، وتبدأ هذه العمليات بحدوث إلتهاب شديد

الإستجابة بالالتهاب inflammatory response : عبارة عن تفاعل دفاعى غير تخصصى (غير نوعى) حول مكان الإصابة نتيجة لتلف الأنسجة الذى تسببه الإصابة أو العدوى. حيث تتمدد الأوعية الدموية إلى أقصى مدى بسبب إفراز كميات من المواد المولدة للالتهاب ومن أهمها مادة الهيستامين Histamine التى تفرزها أنواع من خلايا الدم البيضاء مثل الخلايا الصارية Mast cells وخلايا الدم البيضاء القاعدية، وهذه المواد تزيد أيضا من نفاذية الأوعية الدموية الصغيرة والشعيرات الدموية لسائل الدم (البلازما) وذلك يؤدي إلى تورم الأنسجة فى مكان الإلتهاب كما يسمح بنفاذ المواد الكيميائية كالانترفيرونات كما يتيح لخلايا الدم البيضاء المتعادلة ووحيدة النواة وكذلك الخلايا البلعمية الكبيرة والخلايا القاتلة الطبيعية بالنفاذ ومحاربة وقتل الكائنات المسببة للأمراض.



شكل (١٦) الاستجابة بالالتهاب (غير المتخصصة)

ثانياً : المناعة المكتسبة (المتخصصة أو التكيفية) :

Acquired (specific or adaptive immunity)

إذا ما أخفق خط الدفاع الثاني في التخلص من الجسم الغريب فإن الجسم هنا يلجأ إلى خط دفاع ثالث ممثلاً في الخلايا الليمفاوية والتي تستجيب لذلك بسلسلة من الوسائل الدفاعية المتخصصة (النوعية) التي تقاوم ذلك الكائن المسبب للمرض. وتسمى هذه الوسائل الدفاعية مجتمعة بالاستجابة المناعية **The immune response** وتتم المناعة المكتسبة أو المتخصصة (النوعية) من خلال آليتين منفصلتين شكلياً لكنهما متداخلتان ومتزامنتان مع بعضهما البعض وهما:

أ- المناعة الخلطية أو المناعة بالأجسام المضادة

Humoral or antibody-mediated immunity

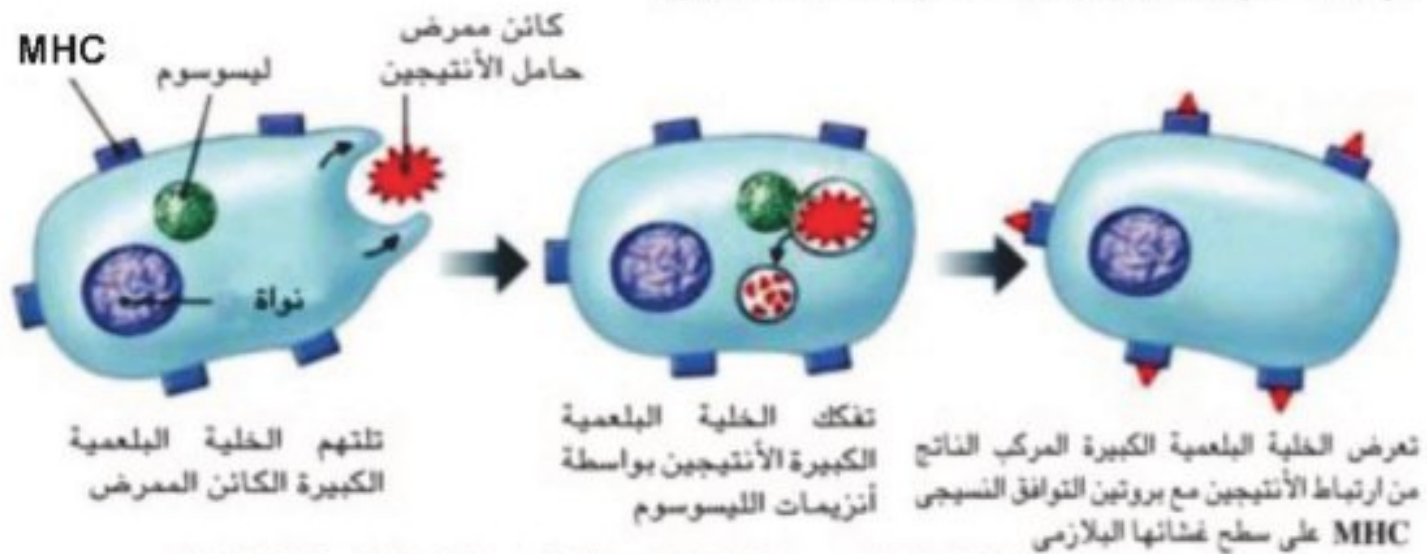
تختص بالدفاع عن الجسم ضد الأنتيجينات والكائنات الممرضة (كالبكتيريا والفيروسات، وكذلك السموم) الموجودة في سوائل الجسم بواسطة الأجسام المضادة، وتتلخص في الخطوات التالية،

١- عند دخول كائن ممرض حاملاً على سطحه أنتيجين معين إلى الجسم، تتعرف الخلايا الليمفاوية البائية على هذا الأنتيجين الغريب عن الجسم (هكل خلية ليمفاوية بائية متخصصة . أي أن لديها نوع واحد من المستقبلات المناعية يمكنه التعرف على نوع واحد من الأنتيجينات والارتباط به . ومستقبل الخلية البائية له نفس شكل وتركيب الجسم المضاد الذي سيتم إنتاجه بواسطة تلك الخلية عندما تتمايز إلى خلية بلازمية وعندما تتعرف الخلية الليمفاوية البائية على الكائن الممرض

الخاص بها فإنها تلتصق نفسها به بواسطة المستقبلات المناعية الموجودة على سطحها. ثم تقوم بادخاله إلى داخلها بمساعدة المستقبل المناعي وتفكيكه إلى أنتيجينات ترتبط مع بروتين هي الخلايا الليمفاوية البائية يطلق عليه بروتين التوافق النسيجي (MHC) ثم ينتقل المركب الناتج من ارتباط الأنتيجين مع ال (MHC) إلى سطح الخلية البائية لكي يتم عرضه على سطحها الخارجي.

٢- هي نفس الوقت، تقوم الخلايا البلعمية الكبيرة بابتلاع الكائن الممرض و تفكيكه بواسطة انزيمات الليسوسوم إلى أنتيجينات، ثم ترتبط هذه الأنتيجينات داخل الخلايا البلعمية الكبيرة ببروتين التوافق النسيجي (MHC)

بعد ذلك ينتقل المركب الناتج من ارتباط الأنتيجين مع ال MHC إلى سطح الغشاء البلازمي للخلايا البلعمية الكبيرة، أي يتم عرضه على سطحها الخارجي.



شكل (١٧) دور الخلايا البلعمية الكبيرة في المناعة الخلوية

٣- تتعرف الخلايا التائية المساعدة T_H على هذا الأنتيجين من خلال بروتين التوافق النسيجي MHC الموجود على سطح الخلية البلعمية ثم ترتبط بهذا المركب فيتم تنشيطها لتقوم بعد ذلك بإطلاق مواد بروتينية تدعى إنترلوكينات تقوم بتنشيط الخلايا البائية B التي تحمل على سطحها الأنتيجينات المرتبطة مع بروتين التوافق النسيجي MHC.

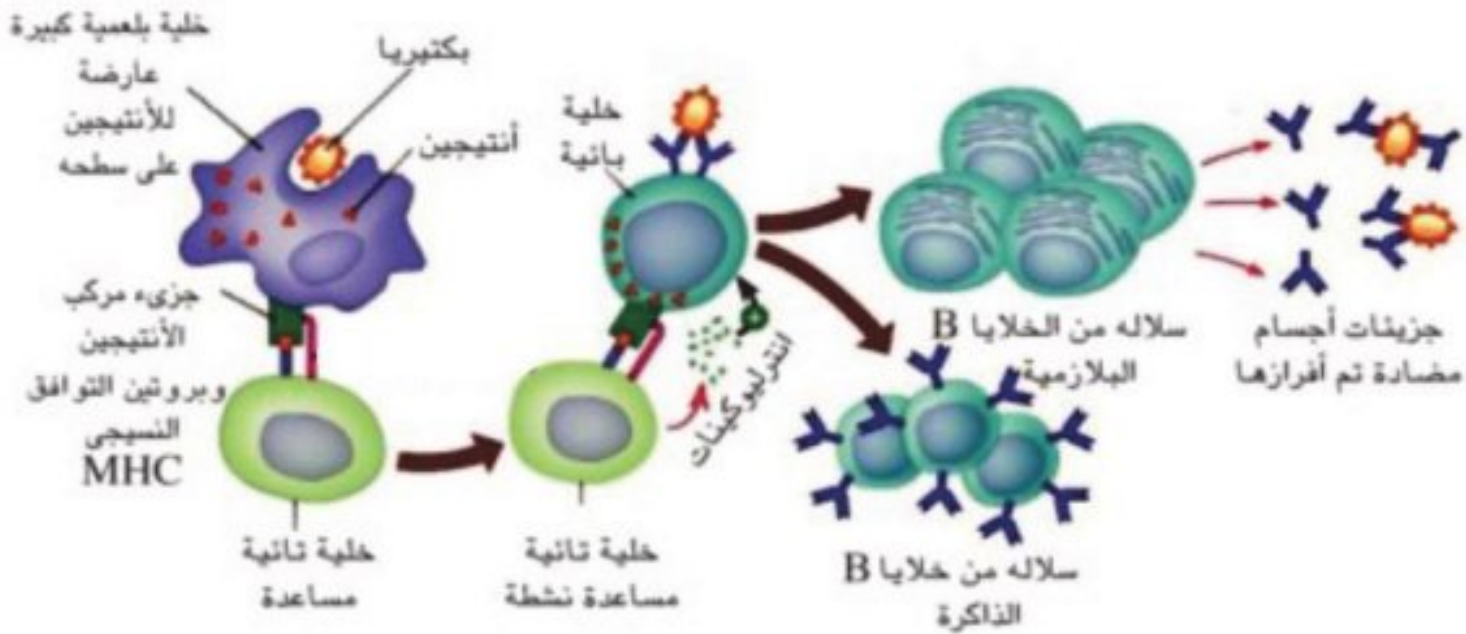
(ملحوظة ، لا تستطيع الخلايا التائية المساعدة T_H أن تتعرف على الأنتيجين إلا بعد معالجته بواسطة الخلايا البلعمية الكبيرة وعرضه على غشائها البلازمي مرتبطاً مع جزيئات MHC).

٤- تبدأ الخلايا البائية B المنشطة عملها بالانقسام والتضاعف، وتتمايز في النهاية إلى خلايا ليمفاوية بائية ذاكرة Memory cells ، والعديد من الخلايا البلازمية Plasma cells التي تنتج كميات كبيرة من الأجسام المضادة التي تدور عبر الأوعية الليمفاوية ومجرى الدم لتحارب العدوى. وتبقى خلايا الذاكرة لمدة طويلة (٢٠-٣٠ سنة) في الدم لتتعرف على نوع الأنتيجين السابق إذا دخل ثانية إلى الجسم حيث تنقسم وتتمايز إلى خلايا بائية ذاكرة و خلايا بلازمية تفرز اجساما مضادة له وبالتالي تكون الاستجاب سريعة.



٥- تصل الأجسام المضادة التي أنتجتها الخلايا البلازمية الى الدورة الدموية عن طريق الليمف، ثم ترتبط بالأنتيجينات الموجودة على سطح الكائنات الممرضة فيثير ذلك الخلايا البلعمية الكبيرة فتقوم بالتهام هذه الكائنات من جديد، وتستمر هذه العملية لعدة أيام أو أسابيع (شكل ١٨).

والأجسام المضادة التي تكونها الخلايا البلازمية تكون غير فعالة بما فيه الكفاية في تدمير الخلايا الغريبة مثل الخلايا المصابة بالفيروس. فالأجسام المضادة غير قادرة على المرور عبر أغشية الخلايا بسبب جزيئاتها الكبيرة نسبياً وبالتالي فهي لا تستطيع الوصول الى الفيروس الذي يتكاثر داخل الخلية، وفي هذه الحالة تتم مقاومة هذه الخلايا الغريبة بواسطة الخلايا الليمفاوية التائية T.



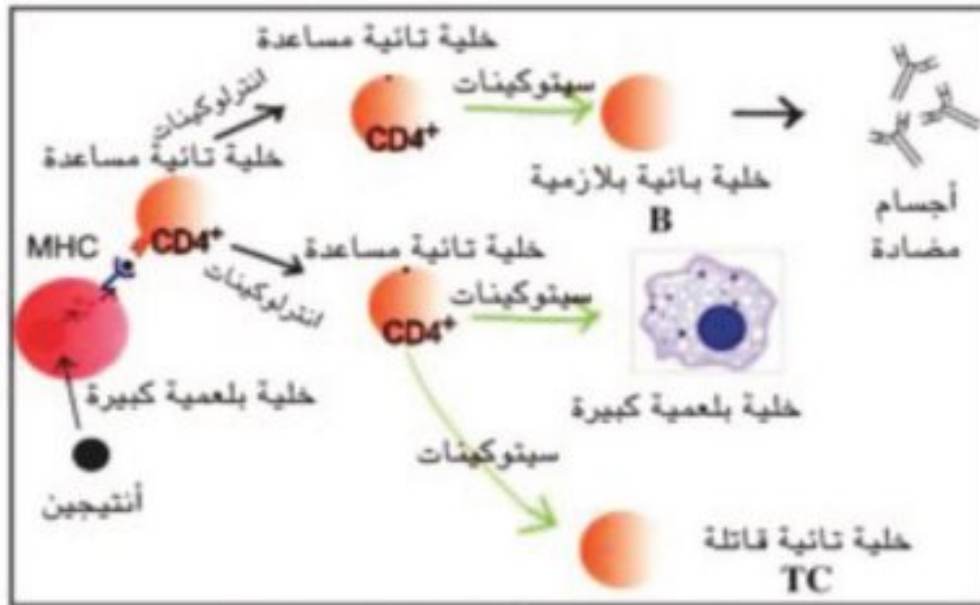
شكل (١٨) المناعة الخلوية (بالأجسام المضادة)

ب- المناعة الخلوية أو المناعة بالخلايا الوسيطة :

Cellular or cell-mediated immunity

هي الاستجابة المناعية التي تقوم بها الخلايا الليمفاوية التائية T بواسطة المستقبلات الموجودة على أغشيتها التي تكسبها الاستجابة النوعية المتخصصة للأنتيجينات، حيث تنتج كل خلية تائية أثناء عملية النضج نوعاً من المستقبلات Receptors الخاصة بغشائها وبذلك فإن كل نوع من هذه المستقبلات يمكنه الارتباط بنوع واحد من الأنتيجينات. ويمكن تلخيص هذه الآلية كما يلي:

١- عند دخول الكائن الممرض (البكتيريا أو الفيروسات) الى الجسم، فإن الخلايا البلعمية الكبيرة تقوم بابتلاعه ثم تفككه الى أنتيجينات ثم ترتبط هذه الأنتيجينات داخل الخلايا البلعمية الكبيرة ببروتين التوافق النسيجي MHC. بعد ذلك ينتقل المركب الناتج من ارتباط الأنتيجين مع الـ MHC الى سطح الغشاء البلازمي للخلايا البلعمية الكبيرة، أي يتم عرضه على سطحها الخارجي.



شكل (١٩) المناعة المكتسبة (الخلايا الوسيطة)

٢- ترتبط الخلايا التائية

المساعدة T_H - والتي تتميز

بوجود نوع واحد من المستقبلات على

غشائها - بالمركب الناتج من

ارتباط الالتيجين مع الـ MHC

الذي يظهر على سطح الخلايا

البلعمية الكبيرة حيث يرتبط

مستقبلها المناعي مع هذا المركب،

ثم تقوم الخلايا التائية

المساعدة T_H المنشطة بإطلاق المواد البروتينية التي تدعى أنتروكينينات لتقوم بتنشيط نفسها

كي تنقسم لتكون سلالة من الخلايا التائية المساعدة T_H المنشطة وخلايا T_H ذاكرة تبقى لمدة طويلة

في الدم لتتعرف على نوع الأنتيجين السابق اذا دخل ثانية للجسم.

كما تقوم الخلايا التائية المساعدة T_H المنشطة بإفراز عدة أنواع من بروتينات السيتوكينات التي

تعمل على:

- جذب الخلايا البلعمية الكبيرة الى مكان الإصابة بأعداد غفيرة.
- تنشيط الخلايا البلعمية الكبيرة والأنواع الأخرى من الخلايا الليمفاوية التائية القاتلة أو السامة (T_C) وكذلك الخلايا البائية (B)، وبالتالي يتم تنشيط أليتي المناعة الخلوية والخلطية.
- تنشيط الخلايا القاتلة الطبيعية (NK) لمهاجمة خلايا الجسم غير الطبيعية كالأخلايا السرطانية أو الخلايا المصابة بالكانينات الممرضة.

٣- تتعرف الخلايا التائية القاتلة أو السامة T_C بواسطة المستقبل المناعي الموجود على سطحها على

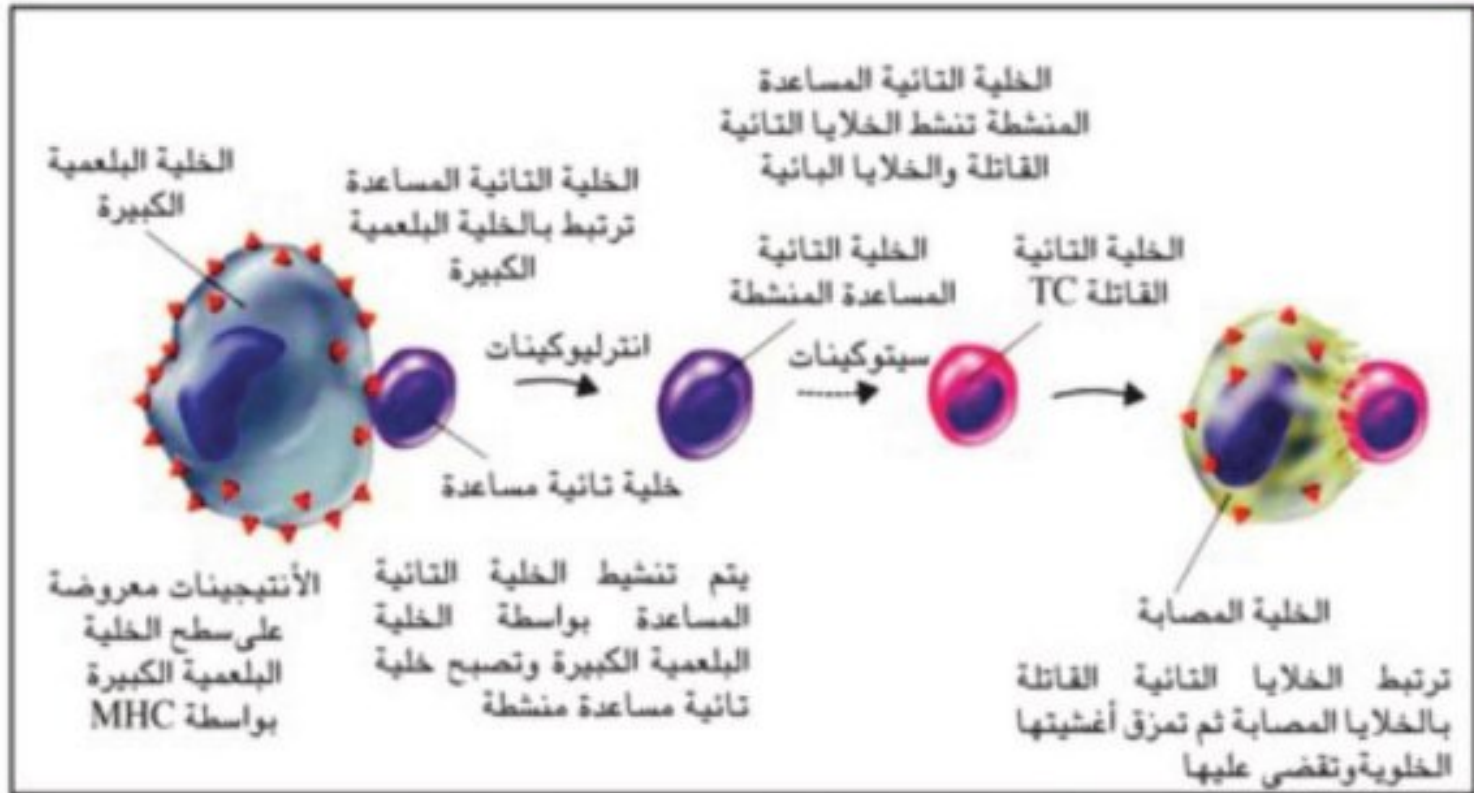
الأجسام الغريبة سواء كانت أعضاء مزروعة في الجسم أو خلايا مصابة بالفيروسات

أو الخلايا السرطانية وتقضى عليها، فعندما ترتبط هذه الخلايا بالالتيجين فإنها تقوم بتثقيب غشاء

تلك الخلايا المصابة بواسطة إفراز بروتين معين يسمى البيرفورين Perforin

(أو البروتين صانع الثقوب perforating protein)، وإفراز سموم ليمفاوية تنشط جينات معينة في نواة

الخلايا المصابة مما يؤدي الى تفتيت نواة الخلية وموتها.



شكل (٢٠) دور الخلايا التائية القاتلة في المناعة الخلوية

تثبيط الاستجابة المناعية:

بعد ان يتم القضاء على الأنتيجينات الغريبة، ترتبط الخلايا التائية المثبطة (Ts) بواسطة المستقبل المناعي الموجود على سطحها مع الخلايا البلازمية والخلايا التائية المساعدة والسامة فيحفظها هذا الارتباط على إفراز بروتينات الليمفوكينات Lymphokins التي تثبط أو تكبح الاستجابة المناعية أو تعطلها، وبذلك تتوقف الخلايا البائية (B) البلازمية عن إنتاج الأجسام المضادة وكذلك موت الكثير من الخلايا التائية المساعدة والسامة المنشطة ولكن بعضها يختزن في الأعضاء الليمفاوية، حيث تبقى هناك مهياً لمكافحة أي عدوى مماثلة عند الحاجة.

مراحل المناعة المكتسبة

عندما يصاب فرد ما بمرض معين مثل الحصبة، فإنه لا يصاب به مرة ثانية طوال حياته. هل تعرف لماذا؟

لأنه قد اكتسب مناعة لهذا المرض، وهي تحدث على مرحلتين:

المرحلة الأولى: الاستجابة المناعية الأولية

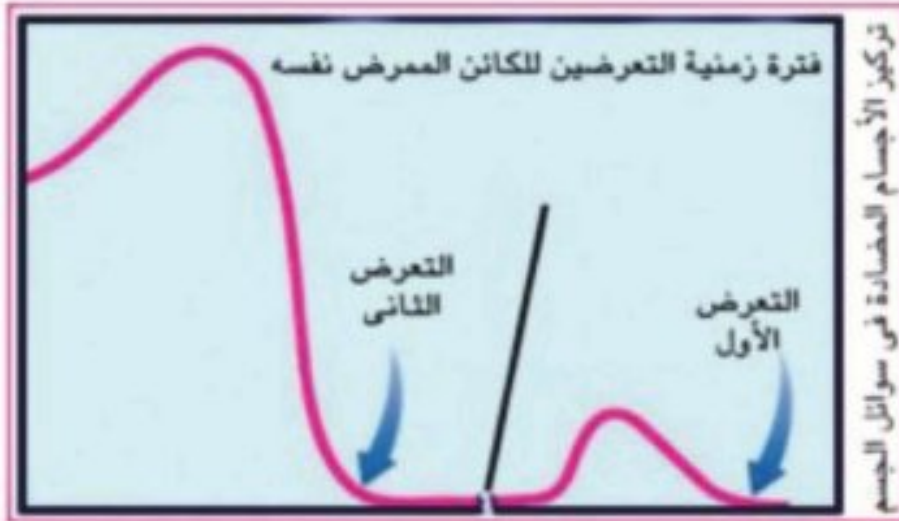
Primary immune response

عندما يلقى الجهاز المناعي كائنًا ممرضًا جديدًا، فإن الخلايا البائية والتائية تستجيب لانتيجينات ذلك الكائن الممرض وتقوم بمهاجمته حتى تقضى عليه، وهذا يستغرق وقتًا، فهذه الخلايا الليمفاوية في حاجة إلى الوقت كي تتضاعف، ولذلك فإن الاستجابة الأولية تستغرق ما بين خمسة إلى عشرة أيام كي تصل إلى أقصى إنتاجية من الخلايا البائية والتائية، أثناء هذا الوقت يمكن أن تصبح العدوى واسعة الانتشار وتظهر أعراض المرض.

المرحلة الثانية: الاستجابة المناعية الثانوية

Secondary immune response

إذا ما أصيب ذلك الفرد مرة ثانية بنفس ذلك الكائن الممرض، فإن الاستجابة المناعية تكون سريعة جدًا إلى الدرجة التي غالبًا ما يتم فيها تدمير الكائن الممرض قبل أن تظهر أعراض المرض.



شكل (٢١) الاستجابة المناعية الأولية والثانوية

وتعرف الخلايا المسنولة عن الاستجابة المناعية الثانوية بخلايا الذاكرة Memory cells، فهي نفس نوع الخلايا التي تعرفت على نفس الكائن الممرض من قبل ولكنها أكثر عددًا. يحتوي جسمك على كل من خلايا الذاكرة البائية وخلايا الذاكرة التائية، وكلا النوعين من خلايا الذاكرة

يتكون أثناء الاستجابة المناعية الأولية، ففي حين أن الخلايا البائية والخلايا التائية لا تعيش إلا أيامًا معدودة، فإن خلايا الذاكرة تعيش عشرات السنين أو قد يمتد بها الأجل طول العمر.

أثناء المجابهة الثانية مع نفس الكائن الممرض، تستجيب خلايا الذاكرة لذلك الكائن الممرض فور دخوله إلى الجسم، فتبدأ في الانقسام سريعًا وينجم عن نشاطها السريع إنتاج الخلايا البلازمية التي تنتج الأجسام المضادة وكذلك العديد من الخلايا التائية النشطة خلال وقت قصير وذلك لأن أعدادها أكبر بكثير من الخلايا البائية والتائية وممن ثم هي تستغرق وقتًا أقل في التعرف على الكائن الممرض والاستجابة له.



أسئلة

س ١ اختر الاجابة الصحيحة مما يلي :

- ١- من أمثلة المناعة البيوكيميائية في النباتات
 - أ- تكوين الفلين ب- إنتاج الفينولات ج- ترسيب الصمغ د- تكوين التيلوزات
- ٢- يتم نضج الخلايا الليمفاوية الجذعية الى الخلايا التائية T وتمايزها الى انواعها المختلفة في .
 - أ- نخاع العظام ب- الغدة التيموسية ج- الطحال د- اللوزتان
- ٣- تصنع الخلايا البائية B وتنضج في
 - أ- الغدة التيموسية ب- نخاع العظام ج- الطحال د- اللوزتان
- ٤- الخلايا الليمفاوية التي توجد في الدم هي
 - أ- الخلايا البائية B ب- الخلايا التائية T ج- الخلايا القاتلة الطبيعية د- جميع ما سبق
- ٥- الخلايا الليمفاوية التي تهاجم الخلايا السرطانية والأعضاء المزروعة هي
 - أ- الخلايا التائية T المساعدة ب- الخلايا التائية T السامة ج- الخلايا التائية T المثبطة د- جميع ما سبق
- ٥- من الخلايا التي لها القدرة على التهام الميكروبات والاجسام الغريبة.....
 - أ- الخلايا البلعمية الكبيرة ب- خلايا الدم البيضاء عديدة الأنوية ج- خلايا الدم البيضاء وحيدة النواة د- جميع ما سبق

س ٢ علل لما يأتي :

- تغلف الجدار الخلوي لخلايا النبات بالسليولوز واللجنين
- تمتد من الخلايا البارنشيمية المجاورة لقصببات الخشب بروتات تدخل من خلال النقر عند تعرض الجهاز الوعائي للقطع أو غزو الكائنات الممرضة
- تفرز بعض النباتات مركبات سامة مثل الفينولات
- يلعب هرمون التيموسين دورا في عمل الجهاز المناعي
- تزيد أعداد الخلايا التائية T المثبطة بعد القضاء على الميكروبات

■ يزداد افراز الأنترفيرونات في الخلايا المصابة بالفيروسات

■ تعدد أنواع الأجسام المضادة

■ تعتبر الدموع واللعاب من أنواع المناعة الطبيعية

■ لا يصاب الانسان بالحصبة الا مرة واحدة

■ يقتل النبات بعض انسجته المصابه بالميكروب

س٢ ماذا يحدث في الحالات التالية ؟

١- دخول ميكروب حاملا على سطحه التتجين معين الى الجسم

٢- حدوث قطع في جزء من النبات

٣- اصابة النباتات ببكتريا سامة

٤- نقص افراز هرمون التيموسين في الانسان

٥- نقص الالترفيرونات من الخلايا المصابة بالفيروسات

س٤ قارن بين :

١- المناعة الطبيعية والمناعة المكتسبة في الانسان

٢- المناعة التركيبية والمناعة البيوكيميائية في النباتات

٣- الخلايا البائية B والخلايا التائية T

٤- الخلايا التائية السامة والخلايا التائية المثبطة

٥- الكيموكينات والالترليوكينات

٦- المتممات والالترفيرونات

٧- المناعة الأولية والمناعة الثانوية

س٥ ما المقصود بكل من :

٣- العقد الليمفاوية

٢- التيلوزات

١- المناعة البيوكيميائية في النبات

٦- الكيموكينات

٥- الخلايا البلعمية الكبيرة

٤- الخلايا التائية

٩- الاستجابة بالالتهاب

٨- سلسلة المتممات

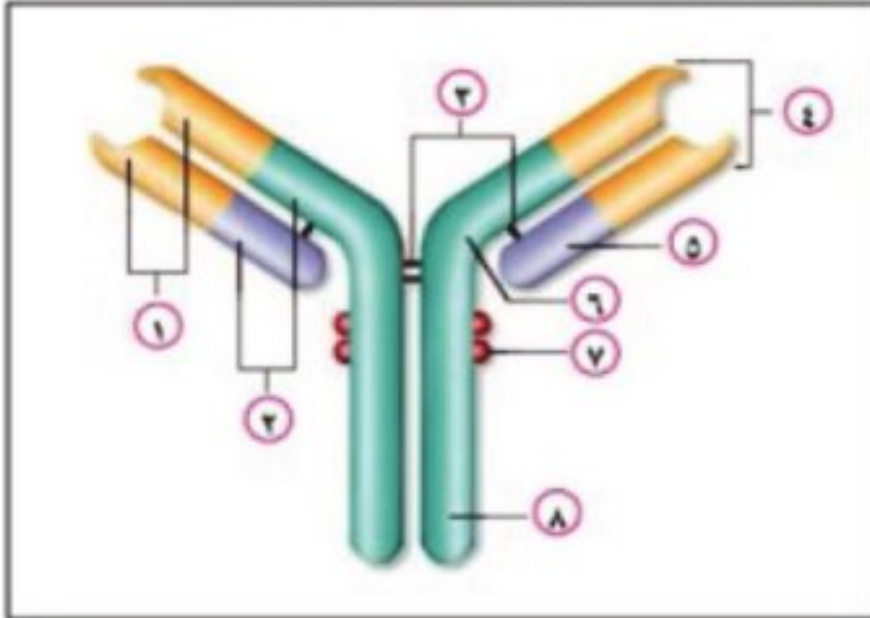
٧- الالترفيرونات



س٦ اذكر مكان ووظيفة كل من :

- ١- الغدة التيموسية ٢- الطحال ٣- اللوزتان
٤- بقع باير ٥- الخلايا القاتلة الطبيعية ٦- الصملاخ

س٧ الشكل المقابل يوضح تركيب الجسم المضاد، من خلال هذا الشكل أجب عن الآتي :



- ١- اكتب البيانات التي تشير إليها الأرقام
٢- ما هي السلاسل الثقيلة وما هي السلاسل الخفيفة ؟ وكيف ترتبط ببعضها ؟
٣- كيف تختلف الأجسام المضادة عن بعضها ؟
٤- ما المقصود بالجزء الثابت والجزء المتغير من الجسم المضاد ؟

٥- كيف يتكون معقد الأنتيجن والجسم المضاد ؟

س٨ تنتج الاستجابة الالتهابية عن إصابة خلية بأذى

أ - ما دور الهستامين في الاستجابة الالتهابية ؟

ب - ما الفائدة من استجابة أكثر من نوع من خلايا الدم البيضاء في الاستجابة الالتهابية ؟

س٩ حدد الدور الذي تؤديه خلايا الذاكرة في حماية الجسم من الإصابة بالأمراض ؟

س١٠ اذكر بعض وسائل المناعة الطبيعية التي تمثل خط الدفاع الأول في الإنسان

س١١ وضح التغيرات الشكلية التي تحدث لخلايا النبات عند إصابتها بالميكروبات

س١٢ اذكر ثلاث أعضاء ليمفاوية تلعب دورا هاما في جهاز المناعة في الإنسان .. ثم

وضح دور كل عضو من هذه الأعضاء في حماية الجسم

س١٣ وضح بالرسم مع كتابة البيانات (أ) قطاع فى عقدة ليمفاوية

(ب) تركيب الجسم المضاد

س١٤ وضح بالرسم أنواع خلايا الدم البيضاء المختلفة

س١٥ ضح طرق عمل الأجسام المضادة

س١٦ صف كيف تتعرف الخلايا الليمفاوية على مسببات المرض وكيف يتم الارتباط

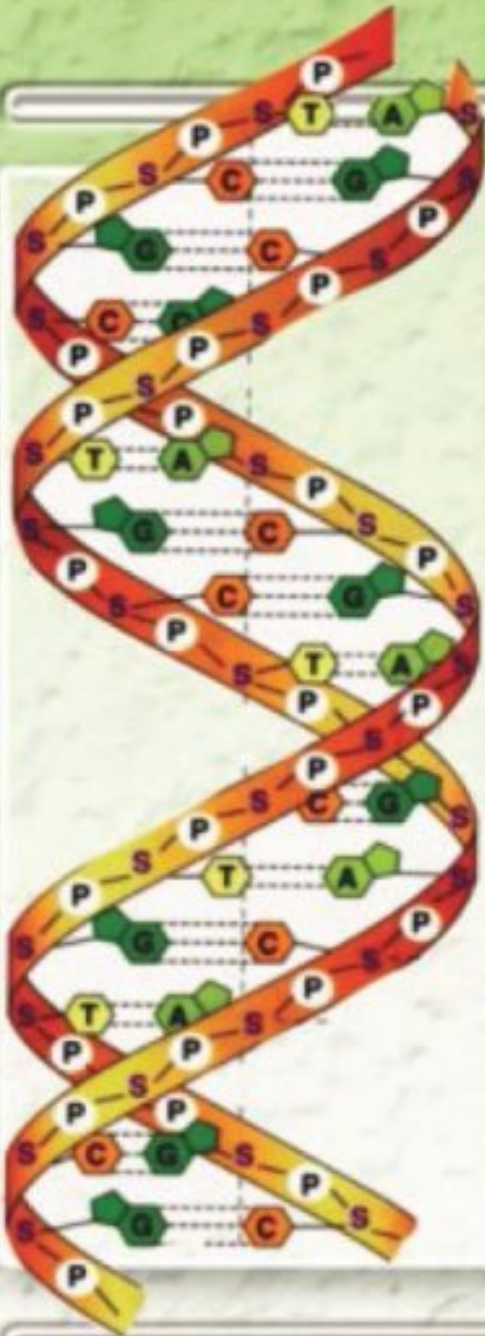
بها؟

الباب الثاني

البيولوجية الجزيئية

الفصل الأول

الحمض النووي DNA والمعلومات الوراثية



في نهاية هذا الفصل ينبغي أن يكون الطالب قادراً على أن:

- يتعرف دور العلماء في معرفة مادة الوراثة.

- يتعرف تركيب الحمض النووي DNA

- يتعرف كيفية تضاعف DNA وأهمية ذلك بالنسبة للخلايا

- يقدر دور العلماء في التوصل إلى تركيب لولب DNA وتضاعفه

- يستنتج الضرووق بين DNA هي أوليات وحقيقيات النواة
- يتخيل طول DNA وكيف يتم تكثيفه ليشغل حيزاً صغيراً بالنواة.

- يتعرف تركيب المحتوى الجيني.

- يتعرف الطفرات وأنواعها.

- يكتشف أسباب الطفرة ونواتجها.





ولقد وجد علماء البيولوجي إنه أثناء انقسام الخلية تنفصل الصبغيات (الكروموسومات) عن بعضها البعض بحيث يصبح في النهاية لكل خلية ناشئة عن الانقسام نفس عدد الصبغيات الموجودة في الخلية الأصلية. مما يدل على أن الصبغيات هي التي تحمل المعلومات الوراثية: إلا أن الصبغيات يدخل في تركيبها مركبان رئيسيان هما DNA والبروتينات فأى منهما يحمل المعلومات الوراثية ؟

ومن الواضح أن الجينات لا بد أنها تحتوي على معلومات كثيرة متنوعة : وكان من المعروف أن البروتينات مجموعة من الجزيئات المتنوعة حيث يدخل في تركيبها ٢٠ حمضًا أمينيًا مختلفًا وتتجمع هذه الأحماض الأمينية بطرق متباينة لتعطي عددًا لا حصر له من المركبات البروتينية المختلفة بينما يدخل في تركيب DNA أربع نيوكليوتيدات فقط، ولذلك اعتقد العلماء في أول الأمر أن البروتينات هي التي تحمل المعلومات الوراثية: إلا أنه في الأربعينيات من القرن الماضي ظهر خطأ هذا الاعتقاد. حيث اتضح أن DNA هو الذي يحمل المعلومات الوراثية ، واكتشاف أن DNA هو المادة الوراثية أدى إلى قيام العلماء بدراسة الأساس الجزيئي للوراثة والذي يطلق عليه عادة اسم البيولوجيا الجزيئية (Molecular Biology) وهو أحد المجالات الحديثة في العلم والذي يتقدم بسرعة كبيرة جدًا .

الأدلة على أن DNA هو المادة الوراثية

١- التحول البكتيري: (Bacterial Transformation)

في عام ١٩٢٨ حين كان العالم البريطاني جريفت (Griffith) يدرس المكثريا المسببة لمرض الالتهاب الرئوي. بغرض انتاج لقاح أو فاكسين ضد هذا المرض وقد أجرى جريفت تجاربه على الفئران (شكل ١) مستخدماً نوعين من سلالة البكتيريا المسببة للالتهاب الرئوي وهما :

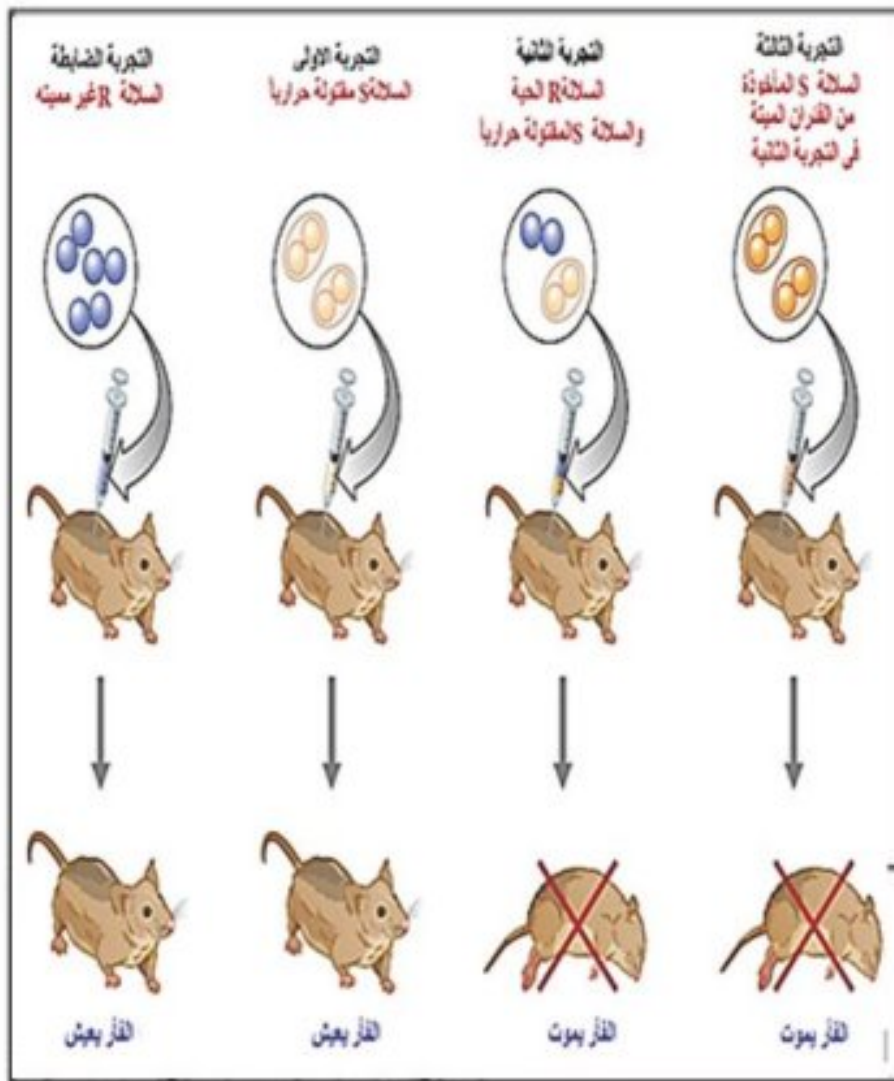
- سلالة مميتة (S)، تؤدي إلى موت الفئران بسبب الالتهاب الرئوي الحاد .

- سلالة غير مميتة (R) تؤدي إلى إصابة الفئران بالالتهاب الرئوي ولا تسبب موتها .

وقد تأكد من ذلك بعد حقن فئران ببكتيريا (S) فماتت، بينما عند حقن مجموعة أخرى من الفئران ببكتيريا (R) فلم تمت .

■ حقنت مجموعة من الفئران ببكتيريا (S) التي سبق قتلها بالحرارة فلم تمت الفئران .

■ وعندما حقنت مجموعة أخرى من الفئران ببكتيريا (S) الميتة مع بكتيريا (R) الحية لاحظ جريفت



شكل (١) تجربة جريفت

موت بعض الفئران ، وعند فحص الفئران الميتة وجد بها بكتيريا (S) حية . استنتج جريفت أن المادة الوراثية الخاصة بالبكتيريا (S) انتقلت إلى داخل البكتيريا (R) وحولتها إلى بكتيريا مميتة من النوع (S) أطلق على هذه الظاهرة اسم (التحول البكتيري) ولم يفسر لنا كيفية انتقال المادة الوراثية من بكتيريا (S) إلى بكتيريا (R) وقد تمكن (أفري Avery) وزملاؤه من عزل مادة التحول البكتيري التي تسببت في تحول بكتيريا غير المميتة إلى سلالة البكتيريا (S) المميتة وعند تحليل هذه المادة وجد أنها تتكون من DNA.



وتفسر النتائج السابقة على أن إحدى السلالات البكتيرية قد امتصت DNA الخاص بسلالة أخرى - واكتسبت هذه البكتيريا خصائص البكتيريا التي أتت منها DNA ، وأهم من ذلك أن هذا التحول البكتيري للبكتيريا المستقبلية قد انتقل إلى الأبناء .
وقد أثير في أول الأمر اعتراض على أن DNA هو المادة الوراثية وذلك على أساس أن الجزء من DNA الذى سبب التحول لم يكن على قدر كاف من النقاوة ، ولذلك كانت به كمية من البروتين هي التي سببت هذا التحول .

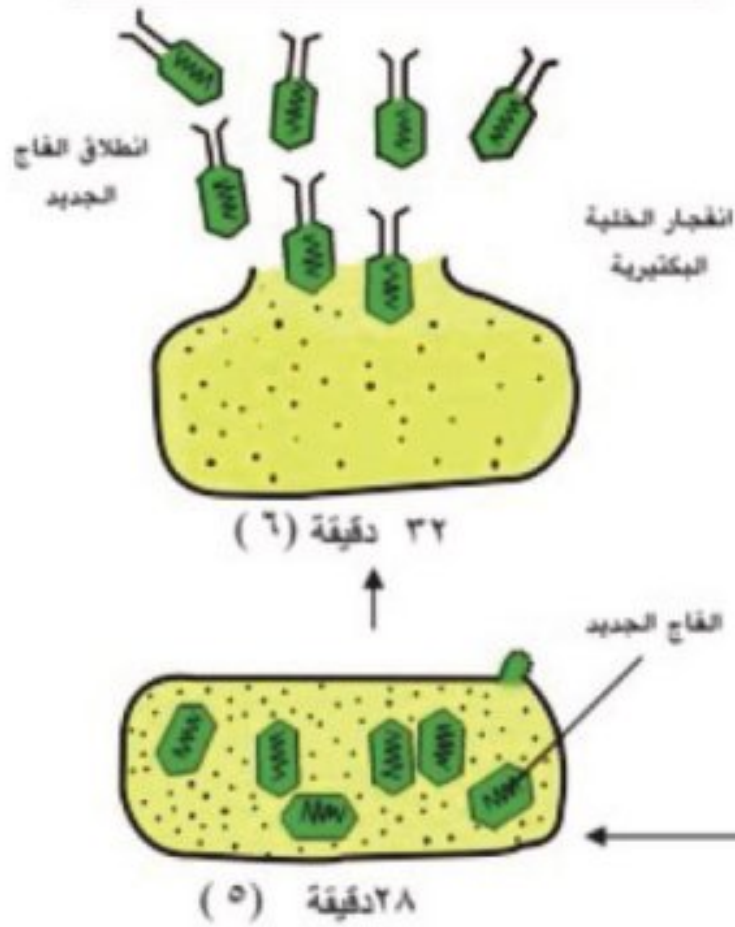
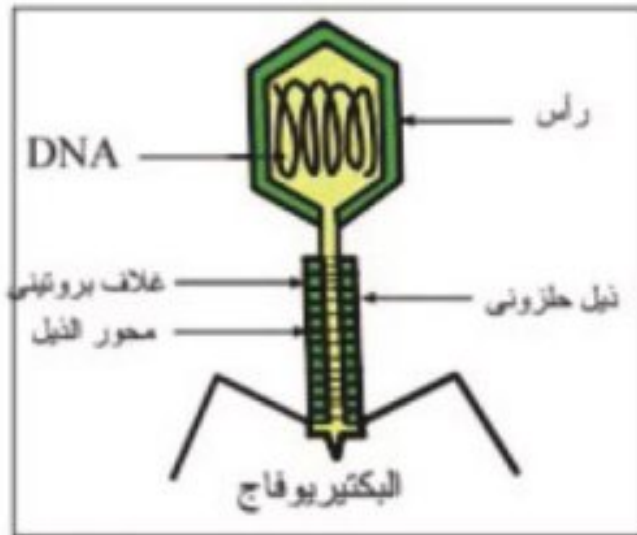
التجربة الحاسمة :

وفيها استخدم أفرى وزملاؤه إنزيم له القدرة على تحليل جزئ DNA تحليلا كاملا إلى نيوكليوتيدات ويسمى هذا الأنزيم دى أوكسي ريبونوكليز (Deoxyribonuclease) إلا أنه لا يؤثر على المركبات البروتينية أو RNA ، ولقد وجد أنه عندما عوملت المادة النشطة المنتقلة بهذا الأنزيم توقفت عملية التحول مما يؤكد أن DNA هو المادة الوراثية .

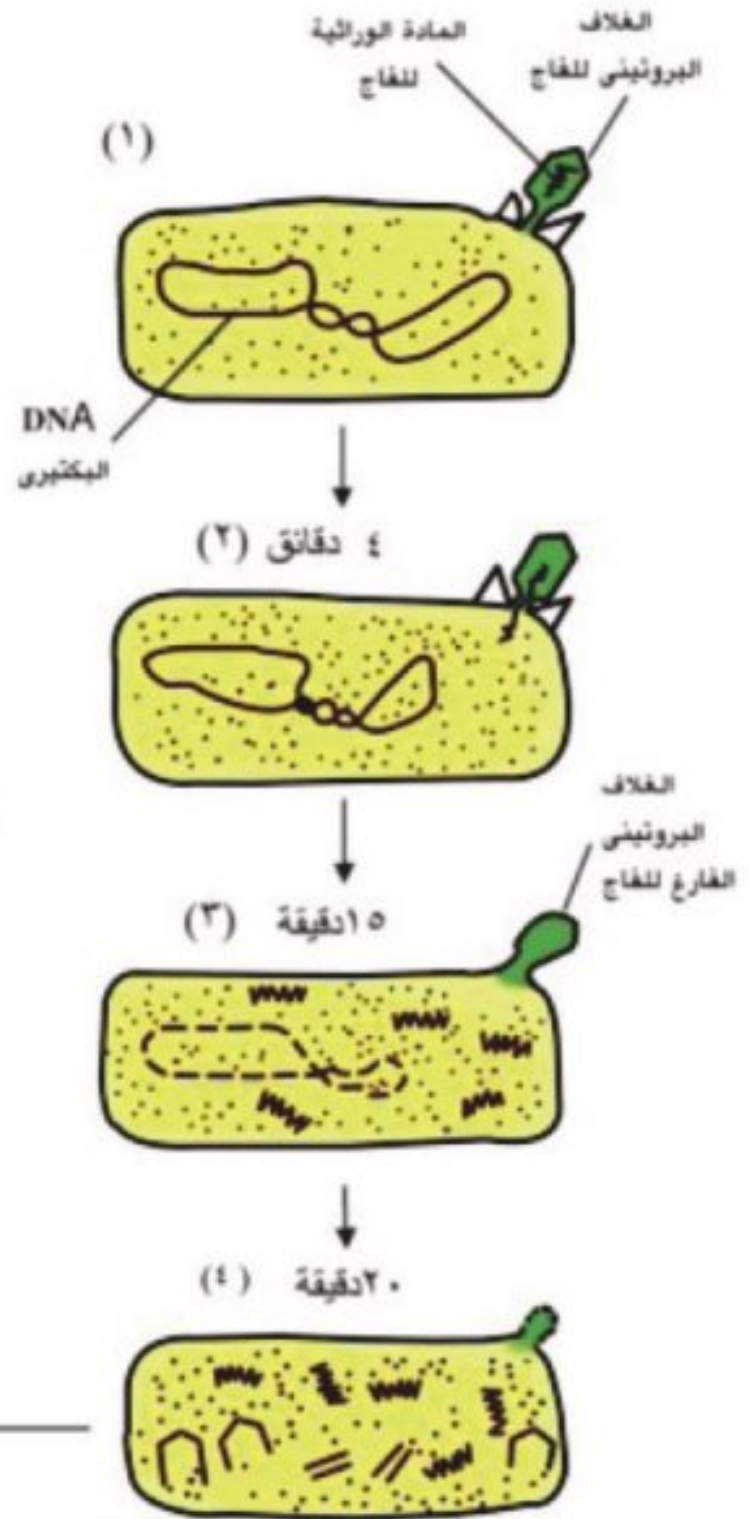
٢ - لاقمات البكتيريا: (Bacteriophages) (تجربة هيرشي وتشيس)

وهناك دليل آخر على أن DNA هو المادة الوراثية يأتي من الدراسات التي أجريت على لاقمات البكتيريا (فاج Phage للاختصار) ، وقد كان من المعروف قبل ذلك أن الفاج الذى استخدم في هذه التجارب يتكون من DNA وغلاف بروتينى يحيط به ويمتد ليكون ما يشبه الذيل الذى يتصل بالخلية البكتيرية التي يهاجمها ، وقد لوحظ أنه بعد حوالي ٣٢ دقيقة من اتصال الفيروس بالخلية البكتيرية تنفجر الخلية البكتيرية ، ومن الواضح أن مادة ما (أو مجموعة مواد) مرت من الفيروس إلى الخلية البكتيرية تحتوى على جينات الفيروس .

ومن المعروف أن DNA يدخل في تركيبه الفوسفور (كما سنرى فيما بعد) الذى لا يدخل عادة في بناء البروتين ، كما أن البروتين قد يدخل في تركيبه الكبريت والذى لا يدخل في تركيب DNA .
وقد استغل هرشي (Hershy) وتشيس (Chase) هذه الحقيقة في إجراء تجربة هامة (شكل ٢) حيث قاما بترقيم DNA الفيروسى بالفوسفور المشع وترقيم البروتين الفيروسى بالكبريت المشع، ثم سمحا لهذا الفيروس بمهاجمة البكتيريا وقاما بالكشف عن كل من الفوسفور المشع والكبريت المشع في داخل وخارج الخلايا البكتيرية ، وقد أظهرت نتائج هذه التجربة أن كل DNA الفيروسى تقريبا قد دخل إلى داخل الخلية البكتيرية ، بينما لم يدخل بروتين الفيروس إلى البكتيريا أى أن DNA الفيروسى هو الذى يدخل إلى الخلية البكتيرية ويدفعها إلى بناء فيروسات جديدة .



(شكل ٢) تكاثر البكتيريوفاج



والاستنتاج من تجارب التحول البكتيري والتجارب التي أجريت على الفاج هو أن الجينات على الأقل تلك

الخاصة ببكتيريا الالتهاب الرئوي والفاج - تتكون من DNA.

لاحظ أننا قصرنا هذه الاستنتاجات على الكائنات الحية التي أجريت عليها التجارب. والسؤال التالي هو،

هل كل الجينات عبارة عن DNA؟

والإجابة عن هذا السؤال بالنفي وذلك لأن هناك بعض الفيروسات لا يدخل DNA هي تركيبها بل ثبت أن

RNA هو المادة الوراثية هي هذه الفيروسات، إلا أن هذه الفيروسات بالتأكيد تشذ عن القاعدة حيث أنها



تكون جزءاً صغيراً من صور الحياة ، وعلى ضوء الدراسات العديدة التي أجريت حتى الآن تأكد أن DNA هو المادة الوراثية لكل صور الحياة تقريباً.

٣ - كمية DNA في الخلايا :

هناك دليل مادي آخر على أن DNA هو المادة الوراثية في حقيقيات النواة فعند مقارنة كمية DNA في أنواع مختلفة من الخلايا الجسدية لكائن معين (مثل الدجاج) وجد أنها متساوية ، بينما عند قياس كمية البروتين في نفس أنواع الخلايا وجد أنها غير متساوية .

وعند مقارنة كمية DNA في الخلايا الجسدية والخلايا الجنسية (الأمشاج) لنفس الكائن الحي ، وجد أن كمية DNA في الخلايا الجنسية (الأمشاج) تعادل نصف كمية DNA الموجودة في الخلايا الجسدية .

وحيث إن الفرد الجديد ينشأ عن اتحاد مشيخ مذكر مع مشيخ مؤنث لذا يجب أن يحتوى كل مشيخ على نصف المعلومات الوراثية الموجودة في الخلية الجسدية وإلا فإن المادة الوراثية ستتضاعف في كل جيل بينما لايتفق هذا مع البروتين مما ينفي أن البروتين يعمل كمادة وراثية ومن جهة أخرى فإن البروتينات يتم هدمها وإعادة بنائها باستمرار في داخل الخلايا ، بينما يكون DNA ثابتاً بشكل واضح في الخلايا .

تركيب DNA

منذ أوائل الخمسينيات من القرن الحالى أصبح هناك أدلة قوية تكفي لاعتبار أن DNA يحمل المعلومات الوراثية الخاصة بالخلية ، وانشغل العديد من الباحثين في محاولة التعرف على تركيب جزيء DNA ووضع نموذج له . وأى نموذج يوضع لتركيب جزيء DNA لابد أن يأخذ في الاعتبار المعلومات التالية التي اثبتت عن العديد من التجارب :

١ - يتكون DNA من النيوكليوتيدات ، وتتركب كل نيوكليوتيدة من ثلاثة مكونات ، سكر خماسي دي أوكسي ريبوز (deoxyribose) في حالة نيوكليوتيدات (DNA) ومجموعة من الفوسفات مرتبطة برابطة تساهمية بذرة الكربون الخامسة في السكر وواحدة من القواعد النيتروجينية الأربعة ترتبط برابطة تساهمية بذرة الكربون الأولى في السكر الخماسي ، والقاعدة النيتروجينية قد تكون أحد مشتقات البيرييميدين Pyrimidine ذي الحلقة الواحدة ثايمين (T)Thymine أو سيتوزين (C) Cytosine، أو أحد مشتقات البيورين Purine ذو الحلقتين ، أدينين (A)Adenine أو جوانين (G)Guanine.

٢ - عندما ترتبط النيوكليوتيدات ببعضها البعض في شريط DNA فإن مجموعة الفوسفات المتصلة بذرة الكربون رقم ٥ في سكر أحد النيوكليوتيدات ترتبط برابطة تساهمية مع ذرة الكربون رقم ٣ في سكر

النيوكليوتيدة التالية (شكل ٣) والشريط الذي يتبادل فيه السكر والفوسفات يطلق عليه هيكل سكر فوسفات ، وهذا الهيكل غير متماثل بمعنى أنه يوجد به مجموعة فوسفات طليقة مرتبطة بذرة الكربون رقم ٥ في السكر الخماسي عند إحدى نهاياته ومجموعة هيدروكسيل OH طليقة مرتبطة بذرة الكربون رقم ٣ في السكر الخماسي عند النهاية الأخرى ، أما قواعد البيورين والبيريميدين فإنها تبرز على جانب واحد من هيكل سكر فوسفات.

٣ - في كل جزيئات DNA يكون عدد النيوكليوتيدات المحتوية على الأدينين مساوياً لتلك التي تحتوى على الثايمين ، وعدد النيوكليوتيدات المحتوية على الجوانين تكون مساوية لتلك التي تحتوى على السيتوزين أى $G = C, A = T$.

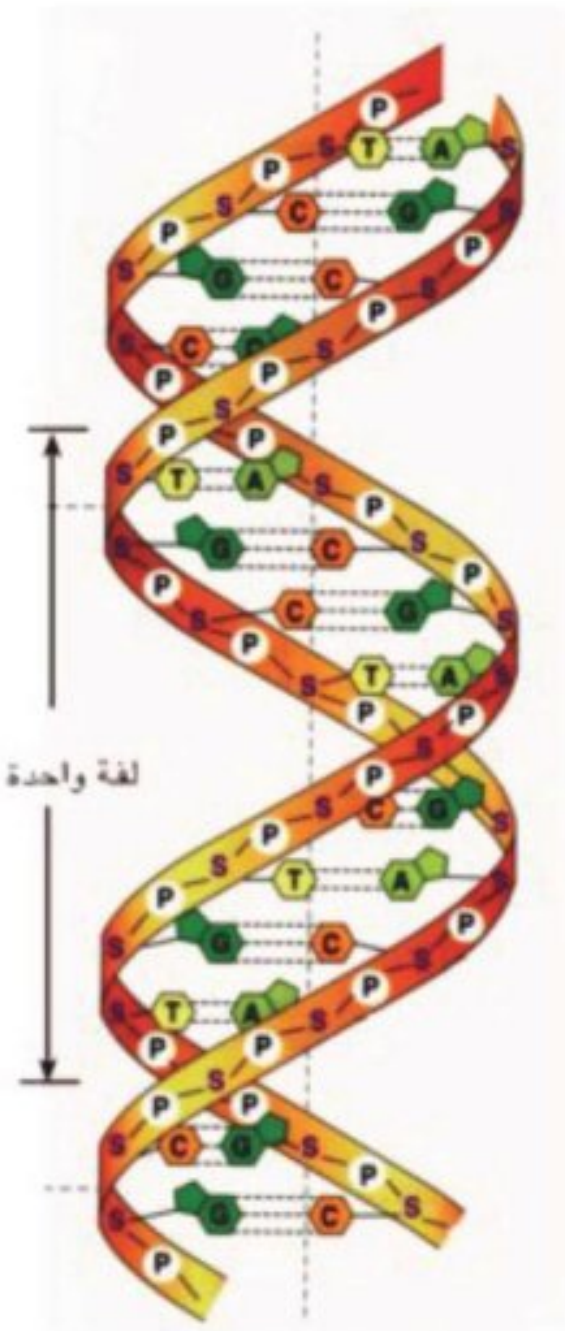
٤ - جاء الدليل المباشر على الشكل الفراغي لـ DNA من الدراسات التي قامت بها فرانكلين (Franklin) حيث استخدمت تقنية حيود أشعة X في الحصول على صور لبلورات من DNA عالية النقاوة ، وفي هذه التقنية تمرر أشعة X خلال بلورات من جزيئات ذات تركيب منتظم مما ينشأ عنه تشتت أشعة X حيث يظهر طراز من توزيع نقط يعطى تحليلها معلومات عن شكل الجزيء . وفي عام ١٩٥٢ نشرت فرانكلين صوراً لبلورات من DNA عالية النقاوة . ولقد أوضحت نتائجها أن جزيء DNA ملتف على شكل حلزون أو لولب (helix) بحيث تكون القواعد متعامدة على طول الخيط ، كما وفرت هذه الصور دليلاً على أن هيكل سكر فوسفات يوجد في الجهة الخارجية من اللولب وتوجد القواعد النيتروجينية جهة الداخل . وعلاوة على ذلك فإن قطر اللولب دل على أنه يتكون من أكثر من شريط من DNA.

بعد أن نشرت فرانكلين صور DNA بدأ سباق رهيب بين العلماء لوضع المعلومات المتاحة في صورة نموذج (model) لتركيب جزيء DNA ، إلا أن أول من تمكن من وضع نموذج مقبول لتركيب DNA كان العالمان واطسن وكريك (Watson & Crick) ويتركب هذا النموذج من شريطين يرتبطان كاسلم الخشبي حيث يمثل هيكل السكر والفوسفات جانبي السلم ، بينما تمثل القواعد النيتروجينية درجات السلم (شكل ٣) .

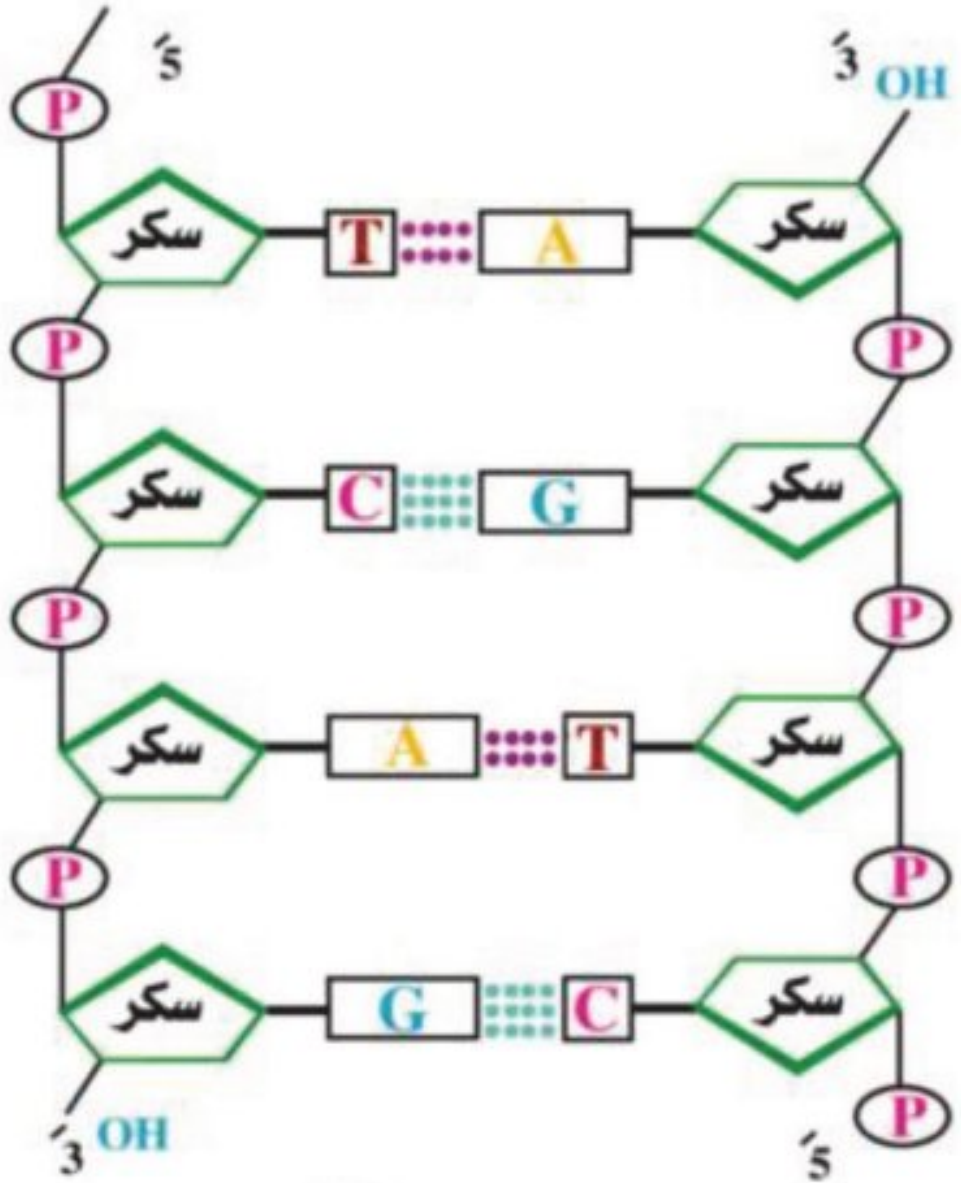
وتتكون كل درجة إما من الأدينين مرتبطاً بالثايمين، أو من الجوانين مرتبطاً بالسيتوزين ، وفي كل درجة قد توجد أي من القواعد الأربع على أي من الشريطين، وترتبط أزواج القواعد النيتروجينية في كل درجة بروابط هيدروجينية حيث توجد رابطتان بين الأدينين والثايمين ، بينما يرتبط الجوانين والسيتوزين بثلاث روابط هيدروجينية (شكل ٣) وحيث إن كل زوج من القواعد النيتروجينية التي ترتبط ببعضها البعض يحتوى على قاعدة ذات حلقة واحدة ، وأخرى ذات حلقتين فإن عرض درجات السلم يكون متساوياً ويكون شريطاً DNA على نفس المسافة من بعضها البعض على امتداد جزيء DNA



ولكى تتكون الروابط الهيدروجينية بشكل سليم بين زوجي القواعد النيتروجينية رأى واطسون وكريك أن شريطي جزيء DNA يكون أحدهما في وضع معاكس للآخر بمعنى أن مجموعة الفوسفات الطرفية المتصلة بذرة الكربون رقم 5 في السكر الخماسي في شريطي DNA تكون عند الطرفين المعاكسين (شكل 3). وأخيراً فإن سلم DNA ككل يلتف (يجدل) بحيث يوجد عشر نيوكليوتيدات في كل لفة على الشريط الواحد ليتكون لولب أو حلزون DNA، وحيث إن اللولب (أو الحلزون) يتكون من شريطين يلتفان حول بعضهما البعض، فإن جزيء DNA يطلق عليه اللولب المزدوج (شكل 4).



شكل (4) اللولب المزدوج



شكل (3) تركيب DNA

تضاعف DNA

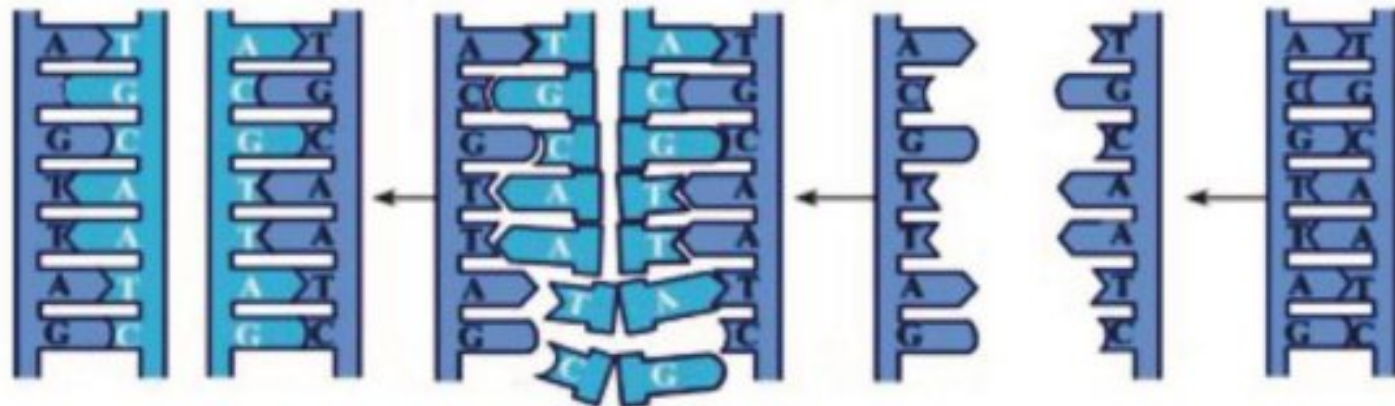
قبل أن تبدأ الخلية هي الانقسام تتضاعف كمية DNA بها حتى تستقبل كل خلية جديدة نسخة طبق الأصل من المعلومات الوراثية الخاصة بالخلية الأم ، ولقد أشار كل من واطسون وكريك إلى أن تركيب الشريط المزدوج ذي القواعد المتزاوجة لجزء DNA ، يحتوى على وسيلة يمكن بها مضاعفة المعلومات الوراثية بدقة ، فحيث إن الشريطين يحتويان على قواعد متكاملة . فإن تتابع النيوكليوتيدات في كل شريط يوفر المعلومات اللازمة لإنتاج الشريط المقابل ، فمثلاً إذا كان تتابع القواعد النيتروجينية في جزء من الشريط هو

3'... A - A - T - C - C - ...

5'... T - T - A - G - G - ...

كقالب لإنتاج شريط يتكامل معه . ولقد قام العلماء بإجراء العديد من التجارب للتأكد من ذلك .

الإنزيمات وتضاعف DNA



شكل (٥) تضاعف DNA

يتطلب نسخ DNA تكامل نشاط عدد من الإنزيمات والبروتينات في الخلية . ولكي يتم النسخ يتعين

حدوث ما يلي :

١ - ينفك التفاف اللولب المزدوج .

٢ - تقوم إنزيمات اللولب (DNA-helicases) بالتحرك على امتداد اللولب المزدوج فاصلة الشريطين عن

بعضهما البعض وذلك بكسر الروابط الهيدروجينية الموجودة بين القواعد المتزاوجة في الشريطين

وابتعادهما عن بعضهما لتتمكن القواعد من تكوين روابط هيدروجينية مع نيوكليوتيدات جديدة. مكونة ما

يعرف باسم شوكة التضاعف (Replication fork)



٣- تقوم إنزيمات البلمرة (DNA-Polymerases) ببناء أشرطة DNA الجديدة وذلك بإضافة النيوكليوتيدات واحدة بعد الأخرى إلى النهاية 3' لشريط DNA الجديد ، ولكن يتم إضافة النيوكليوتيدة إلى الشريط الجديد لا بد أولاً أن تتزاوج القاعدة النيتروجينية هي النيوكليوتيدة مع القاعدة النيتروجينية الموجودة على شريط القالب (شكل ٥) .

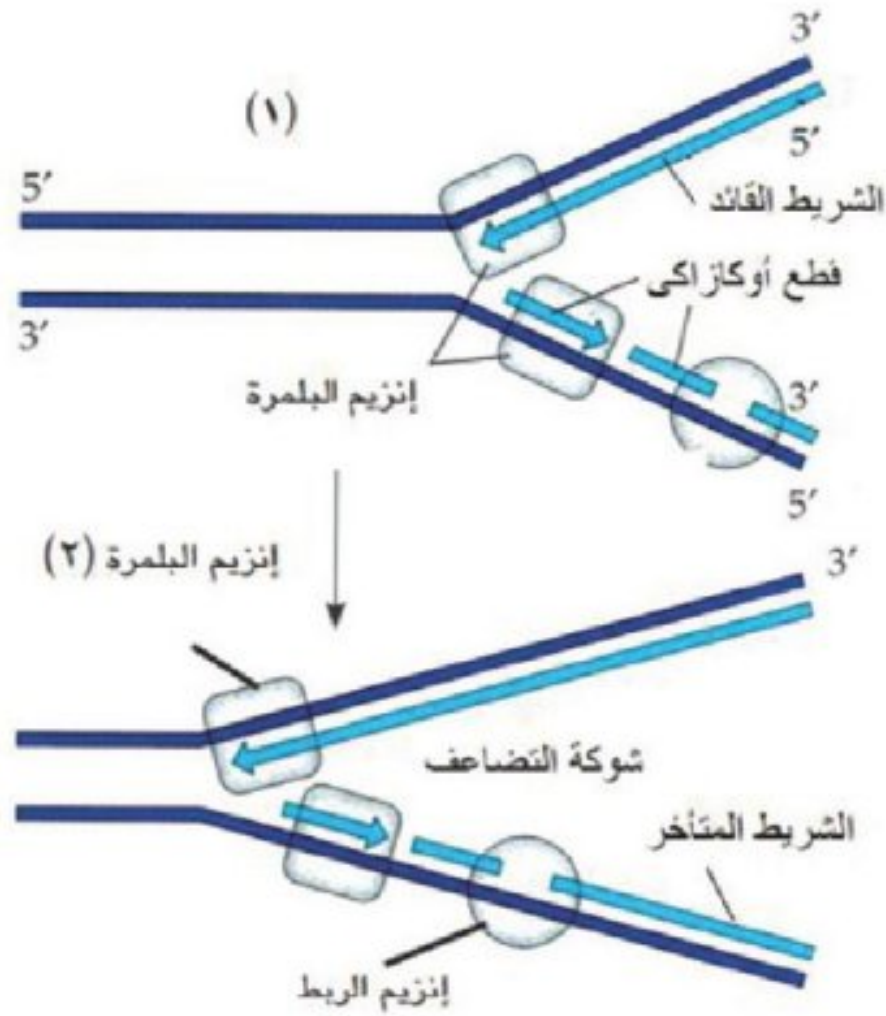
- من المعروف أن إنزيم البلمرة (DNA polymerase) يعمل في اتجاه واحد فقط على الشريط الاصلى في الاتجاه $3' \leftarrow 5'$ ليكون شريط جديد في الاتجاه $5' \leftarrow 3'$ الذى يتم بناؤه .
- وكما سبق أن ذكرنا أن شريطى لولب DNA المزدوج متوازيان عكسياً ، أى أن أحدهما في الاتجاه $3' \leftarrow 5'$ بينما الشريط المتزاوج معه يتوجه في الاتجاه المعاكس أى في الاتجاه $5' \leftarrow 3'$.
- عندما يعمل إنزيم اللولب على فصل شريطى جزيء DNA يتم ذلك في اتجاه $3'$ لأحد الشريطين والنهية $5'$ للشريط الأخر ($3' \leftarrow 5'$)
- وبالنسبة للشريط القالب $3' \leftarrow 5'$ لا توجد مشكلة في عملية التضاعف لهذا الشريط ، حيث أن إنزيم البلمرة يتبع مباشرة إنزيم اللولب مضيفاً نيوكليوتيدات جديدة إلى النهاية $3'$ عند الشريط الجديد مكوناً شريط جديد في الاتجاه ($3' \leftarrow 5'$) ويسمى الشريط القائد (المتكتم) Leading strand ، إلا أن ذلك لا يحدث بالنسبة للشريط الأخر المعاكس ($5' \leftarrow 3'$) وذلك لأن إنزيم البلمرة لا يعمل في الاتجاه ($3' \leftarrow 5'$) على الشريط الجديد .

- لذا فإن هذا الشريط يتم بناؤه على هيئة قطع صغيرة في الاتجاه ($3' \leftarrow 5'$) تسمى قطع أوكازاكي (Okazaki fragments) ثم ترتبط هذه القطع الصغيرة مع بعضها البعض بواسطة إنزيم الربط (DNA Ligase) مكونة الشريط المتأخر (Lagging strand) (شكل ٦) .

ومن المعلوم أن إنزيم DNA بوليميريز لا يمكنه أن يبدأ وحده العمل على الشريط الجديد ولكنه يحتاج إلى إنزيم آخر ويعرف باسم البرايميز Primase الذي يقوم بعمل تتابعات قصيرة من RNA يعرف كل منها باسم البادئ Primers ترتبط بالشريط القالب ثم يقوم إنزيم البوليميريز بإضافة نيوكليوتيدات إليها .

وبعد أن يتم نسخ الشريطين الجديدين يتم إزالة هذه البوادئ بواسطة نوع من إنزيم البوليميريز وإضافة نيوكليوتيدات DNA بدلا منها

- ينتظم DNA في حقيقيات النواة في صورة صبغيات حيث يحتوى كل صبغى على جزيء واحد من DNA يمتد من أحد طرفيه إلى الطرف الآخر ، ويبدأ نسخ DNA عند مئات أو آلاف النقاط على امتداد الجزيء . أما في أوليات النواة فإن جزيء DNA يوجد على شكل لولب مزدوج إلا أن نهاياته تلتحم بعضها مع بعض ، وهذا الجزيء يتصل بالغشاء البلازمى للخلية عند نقطة واحدة يبدأ عندها نسخ جزيء DNA .



شكل (٦) تضاعف DNA

إصلاح عيوب DNA

كل المركبات البيولوجية التي توجد على شكل بوليمرات (مركبات طويلة تتكون من وحدات بنائية متكررة كالنشا والبروتين ، والأحماض النووية) معرضة للتلف من حرارة الجسم ومن البيئة المائية في داخل الخلية ولايشذ DNA عن ذلك، حيث يقدر أن حوالي ٥٠٠٠ قاعدة بيورينية (أدينين وجوانين) تفقد كل يوم من DNA الموجود في الخلية البشرية . وذلك لأن الحرارة تعمل على كسر الروابط التساهمية التي تربط السكريات الخماسية ، وبالإضافة إلى ذلك فإن DNA يمكن أن يتلف بالعديد من المركبات الكيميائية ، وكذلك بالإشعاع، وأي تلف في جزيء DNA يمكن أن يحدث تغييراً في المعلومات الموجودة به، مما قد ينتج عنه تغيرات خطيرة في بروتينات الخلية .

ومع ذلك ورغم أن هناك آلاف التغيرات التي تحدث لجزيء DNA كل يوم ، إلا أنه لا يستمر في DNA الخلية من هذه التغيرات كل عام إلا تغيران أو ثلاثة تكون لها صفة الدوام، أما الغالبية العظمى من التغيرات فتزال بكفاءة عالية نتيجة لنشاط مجموعة من ٢٠ إنزيمًا تعمل على إصلاح عيوب DNA يطلق عليها إنزيمات الربط (DNA ligases) التي تعمل في تناغم لتعرف المنطقة التالفة من جزيء DNA وإصلاحها حيث



تستبدلها بنيوكلوتيدات تتزاوج مع تلك الموجودة على الشريط المقابل في الجزء التالف . ويعتمد إصلاح خلل DNA على وجود نسختين من المعلومات الوراثية واحدة على كل من شريطي اللولب المزدوج ، وطالما ظل أحد هذين الشريطين دون تلف تستطيع تلك الإنزيمات أن تستخدمه كقالب لإصلاح التلف الموجود على الشريط المقابل، وعلى ذلك فكل تلف يمكن إصلاحه إلا إذا حدث في الشريطين في نفس الموقع وفي ذات الوقت ، لكن المادة الوراثية لبعض الفيروسات توجد على صورة شريط مفرد من RNA ، ولذلك يظهر بها معدل مرتفع من التغير الوراثي الذي ينشأ عن تلف في شريط RNA ، وعلى ذلك فاللولب المزدوج يعتبر حيويًا للثبات الوراثي للكائنات الحية التي يوجد بها .

DNA في أوليات النواة

سبق أن ذكرنا أن DNA هي أوليات النواة يوجد على شكل لولب مزدوج تلتحم نهايتاه معاً ، فإذا تصورنا أنه أمكن فرد DNA الخاص ببكتيريا إيشيريشيا كولاي (Escherichia coli) على شكل خط مستقيم لوصل طوله إلى 1.4 مم ، بينما طول الخلية البكتيرية نفسها لا يصل إلا إلى حوالي 2 ميكرون ، ويلتف جزئياً DNA البكتيري الدائري على نفسه عدة مرات ليحتل منطقة نووية تصل إلى حوالي 0.1 من حجم الخلية ، ويتصل هذا الجزئ بالغشاء البلازمي للخلية في نقطة واحدة يبدأ عندها تضاعف DNA (شكل ٧) وبالإضافة إلى ما سبق، فإن بعض البكتيريا تحتوي على واحدة أو أكثر من جزيئات DNA الصغيرة الدائرية يطلق عليها اسم بلازميدات Plasmids .

وتضاعف الخلايا البكتيرية البلازميدات الموجودة بها في نفس الوقت الذي تضاعف فيه DNA الرئيسي بها،



شكل (٧) صورة DNA بالمجهر الإلكتروني في أوليات النواة

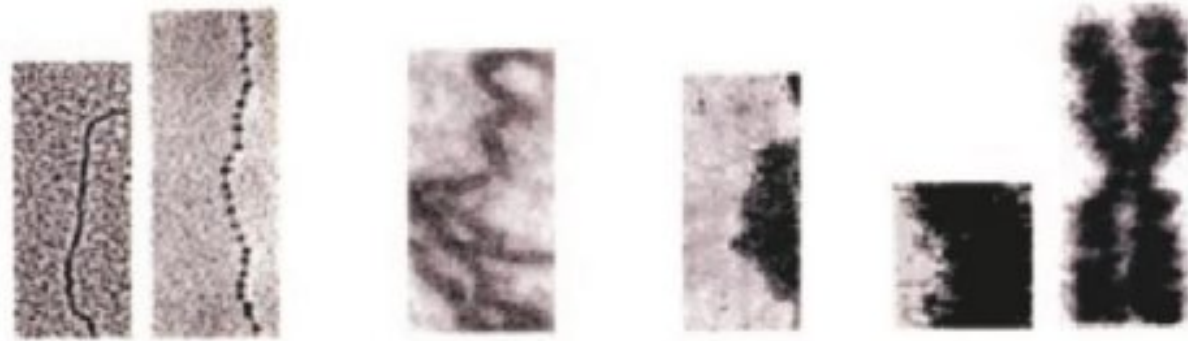
وجزيئات DNA التي توجد في الميتوكوندريا وهي البلاستيدات الخضراء (عضيات حقيقية النواة) تشبه تلك الموجودة في أوليات النواة ، كما ثبت وجود البلازميدات في خلايا الخميرة (من حقيقيات النواة) وهي كلها جزيئات دائرية من DNA لا تتعقد بوجود بروتين معها .

تكاثف DNA في حقيقيات النواة

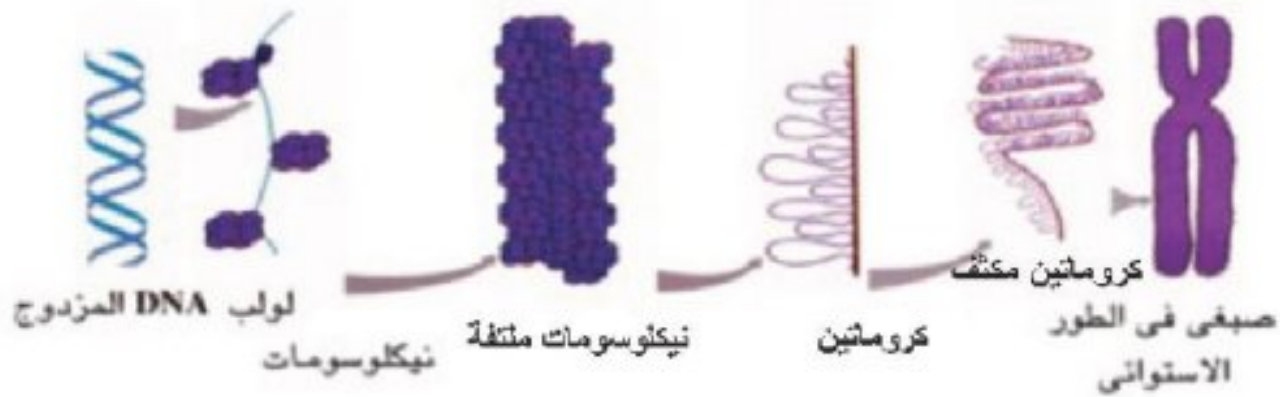
تظهر الصبغيات في خلايا حقيقيات النواة أثناء انقسامها ، ويعتقد أن كل صبغى يدخل في تركيبه جزيء واحد من DNA يمتد من أحد طرفيه إلى الطرف الآخر إلا أنه يلتف ويطوى عدة مرات ويرتبط بالعديد من البروتينات مكونا ما يسمى بالكروماتين (Chromatin) والذي يحتوى عادة على كمية متساوية من كل من البروتين و DNA وتقسم البروتينات التي تدخل في تركيب الصبغيات إلى بروتينات هستونية (histone) وغير هستونية (nonhistone) والبروتينات الهستونية مجموعة محددة من البروتينات التركيبية الصغيرة والتي تحتوى على قدر كبير من الحمضين القاعديين أرجينين(Arginine) وليسين (Lysine) ، وتحمل المجموعة الجانبية (R) لهذين الحمضين الأمينيين عند الأس الهيدروجيني PH العادى للخلية شحنات موجبة ، وعلى ذلك فهي ترتبط بقوة بمجموعات الفوسفات الموجودة في جزيء DNA والتي تحتوى على شحنات سالبة ، وتوجد الهستونات بكميات ضخمة في كروماتين أى خلية. والبروتينات غير الهستونية مجموعة غير متجانسة من البروتينات ، وذات وظائف عديدة مختلفة فهي تشمل بعض البروتينات التركيبية (أى التي تدخل في بناء تراكيب محددة) التي تلعب دوراً رئيسياً في التنظيم الفراغى لجزيء DNA في داخل النواة ، كما تشمل بعض البروتينات التنظيمية التي تحدد ما إذا كانت شفرة DNA (DNA Code) ستستخدم في بناء RNA والبروتينات أم لا.

تحتوى الخلية الجسدية للإنسان على 46 صبغى، فإذا تصورنا أنه أمكن فك اللولب المزدوج لجزيء DNA في كل صبغى ووضعت هذه الجزيئات على امتداد بعضها البعض لوصل طولها إلى 2 متر ، والهستونات وغيرها من البروتينات هي المسئولة عن ضم هذه الجزيئات الطويلة لتقع في حيز نواة الخلية والتي يتراوح قطرها من 2 - 3 ميكرون.

ولقد أوضح التحليل البيوكيميائى وصور المجهر الالكترونى أن جزيء DNA في الصبغى يلتف حول مجموعات من الهستون مكوناً حلقات من النيوكليوسومات (nucleosomes) (شكل 8) مما يؤدي إلى تقصير طول جزيء DNA عشر مرات ، إلا أنه يتعين أن يضم الجزيء ويقصر حوالى 100,000 مرة حتى تستوعبه النواة، ولهذا فإن النيوكليوسومات تلتف على شكل لفات لتكون النيوكليوسومات الملتفة والتي تنضغط مرة أخرى على شكل حلقات يتم تثبيتها في مكانها بواسطة بروتينات تركيبية غير هستونية لتكون الكروماتين والذي ينضغط او يلتف لتكوين الكروماتين المكثف أو المكثف الذي يشكل بدوره الكروماتيد أو الكروموسوم ، وعندما يكون جزيء DNA على هذه الحالة لا تستطيع الإنزيمات أن تصل إليه، ويتعين فك هذا الالتفاف والتكثف على الأقل إلى مستوى شريط النيوكليوسومات قبل أن يعمل DNA كقالب لبناء DNA أو RNA .



شكل (أ) صورة ميكروسكوبية



شكل (ب) خطوات تكثيف الـ DNA في حقيقيات النواة

المحتوى الجيني

يطلق على كل الجينات وبالتالي كل DNA الموجود في الخلية اسم المحتوى الجيني (Genome) لهذا الفرد.

والعديد من الجينات يحمل التعليمات اللازمة لبناء البروتين، والبعض الآخر يحمل التعليمات اللازمة لتتابع النيوكليوتيدات في جزيء rRNA الريبوسومي والذي يدخل في بناء الريبوسومات وفي tRNA الذي يحمل الأحماض الأمينية أثناء بناء البروتين.

في أوليات النواة تمثل الجينات المسنولة عن بناء RNA والبروتينات معظم المحتوى الجيني. أما في حقيقيات النواة فإن نسبة ضئيلة جداً من DNA تحمل التعليمات أو الشفرة الوراثية اللازمة لبناء البروتين، أما النسبة الباقية فهي عبارة عن أجزاء DNA لا تحمل شفرة لنسخ RNA أو لبناء البروتينات.

DNA المتكرر:

توجد معظم جينات المحتوى الجيني في الخلية بنسخة واحدة عادة ، إلا أن كل خلايا حقيقيات النواة تحمل عادة المئات من نسخ الجينات الخاصة ببناء RNA الريبوسومي والهستونات التي تحتاجها الخلية بكميات كبيرة، ومن المنطقي أن نترض أن وجود العديد من نسخ هذه الجينات يسرع من إنتاج الخلية للريبوسومات والهستونات .

أجزاء أخرى من DNA ليست بها شفرة:

بالإضافة إلى الحبيبات الطرفية الموجودة عند أطراف بعض الصبغيات ، فإن المحتوى الجيني لحقيقيات النواة يحتوي على كمية أخرى كبيرة من DNA لا تمثل شفرة ، وحتى قبل معرفة الطريقة التي يمكن بها دراسة تتابعات النيوكليوتيدات في DNA لاحظ علماء الوراثة أن كمية DNA في المحتوى الجيني ليست لها علاقة بمقدار تعقد الكائن الحي ، أو عدد البروتينات التي يكونها ، ومن الواضح أن كمية صغيرة فقط من DNA في كل من النبات والحيوان هي التي تحمل شفرة بناء البروتينات ، وعلى سبيل المثال وجد أن أكبر محتوى جيني يوجد في نوع من السلمندر حيث تحتوي خلاياه على كمية من DNA تعادل 30 مرة قدر الكمية الموجودة في الخلايا البشرية مع أن هذا الحيوان تكون خلاياه بدون شك كمية أقل من البروتينين . وربما كان بعض DNA الذي ليست له شفرة يعمل على أن تحتفظ الصبغيات بتركيبها ، كما اتضح أن بعض مناطق DNA تمثل إشارات إلى الأماكن التي يجب أن يبدأ عندها بناء (m- RNA) وتعرف هذه المناطق باسم المحفز Promoter والموجود في بداية كل جين .

الطفرات Mutations

يمكن تعريف الطفرة بأنها تغير في طبيعة العوامل الوراثية المتحكممة في صفات معينة، مما قد ينتج عنه تغيير هذه الصفات في الكائن الحي ، وتعتبر الطفرة حقيقية إذا ظلت متوارثة على مدى الأجيال المختلفة ويجب التمييز بين الطفرة التي تحدث نتيجة لتغير تركيب العامل الوراثي وبين التغيير الذي ينجم عن تأثير البيئة أو عن انعزال الجينات وإعادة اتحادها . وتؤدي أغلب الطفرات إلى ظهور صفات غير مرغوب فيها مثل بعض التشوهات الخلوية في الإنسان ، وقد تؤدي الطفرة في النبات إلى العقم مما ينتج عنه



نقص في محصول النبات .

وما ندر من الطفرات يؤدي إلى تغيرات مرغوب فيها لدرجة أن الإنسان يحاول بالطرق العلمية استحداثها ، ومن أمثلة ذلك طفرة حدثت في قطيع أغنام كان يمتلكه فلاح أمريكي ، فقد لاحظ ظهور خروف في قطيعه ذي أرجل قصيرة مقوسة ، واعتبرها الفلاح صفة نافعة حيث إن هذا الخروف لم يستطع تسلق سور الحظيرة واتلاف النباتات المزروعة ، وقد اعتنى بتربية هذه الطفرة حتى نشأت عنها سلالة كاملة تعرف باسم أنكن Ancon ، ومن أمثلة الطفرات المرغوب فيها تلك التي يستحدثها الإنسان في نباتات المحاصيل لزيادة إنتاجها .

أنواع الطفرات :

تقسم الطفرات إلى نوعين رئيسيين هما :

١ - الطفرات الجينية :

وتحدث نتيجة لتغير كيميائي في تركيب الجين ، وعلى وجه التحديد في ترتيب القواعد النيتروجينية في جزيء DNA ، مما يؤدي في النهاية إلى تكوين بروتين مختلف يظهر صفة جديدة ، ويصحب هذا التغيير في التركيب الكيميائي للجين تحوله غالباً من الصورة السائدة إلى المتنحية ، وقد يحدث العكس في حالات نادرة . وقد تحدث الطفرات الجينية عن طريق تبديل أو حذف أو إضافة نيوكليوتيدات للجين.

٢ - الطفرات الصبغية :

وتحدث هذه الطفرات بطريقتين :

(أ) التغير في عدد الصبغيات : ويعنى ذلك نقص أو زيادة صبغى أو أكثر عند تكوين الأمشاج بالانقسام

الميوذى حيث تحتوى الخلايا الجسدية على صبغى واحد زائد كما فى حالة كلاينفلتر $(44 + xxy)$ أو تحتوى الخلايا الجسدية على صبغى واحد ناقص كما فى حالة تيرنر $(44 + xo)$. وقد يتضاعف عدد الصبغيات فى الخلية

نتيجة لعدم انفصال الكروماتيدات بعد انقسام السنتروميير أو عدم تكوين الغشاء الفاصل بين الخليتين البنويتين فينتج التضاعف الصبغى (Polyploidy) وهذه الظاهرة قد تحدث فى أى كائن ، لكنها تشيع فى النبات ، فنسبة كبيرة من النباتات المعروفة يتم فيها ذلك التعدد الصبغى $(3n, 4n, 6n, 8n)$ حتى $16n$ ، وذلك عندما تتضاعف الصبغيات فى الأمشاج ، وينتج عنها أفراد لها صفات جديدة نظراً لأن كل جين يكون ممثلاً بعدد أكبر ، فيكون تأثيرها أكثر وضوحاً فيكون النبات أطول وتكون أعضاؤه بالتالى أكبر حجماً وبخاصة الأزهار والثمار . وتوجد حالياً كثير من المحاصيل والفواكه ذات التعدد الرباعى $(4n)$ ، ومنها القطن والقمح والتفاح والعنب والكمثرى والفاصوليا وغيرها .

وهى الحيوان تقل هذه الظاهرة، ذلك لأن تحديد الجنس فى الحيوانات يقتضى وجود توازن دقيق بين

عدد كل من الصبغيات الجسمية والجنسية، لذا يقتصر وجودها على بعض الأنواع الخنثى من القواقع والديدان والتي ليست لديها مشكلة في تحديد الجنس، وفي الإنسان وجد أن التضاعف الثلاثي مميت ويسبب إجهاضاً للأجنة.

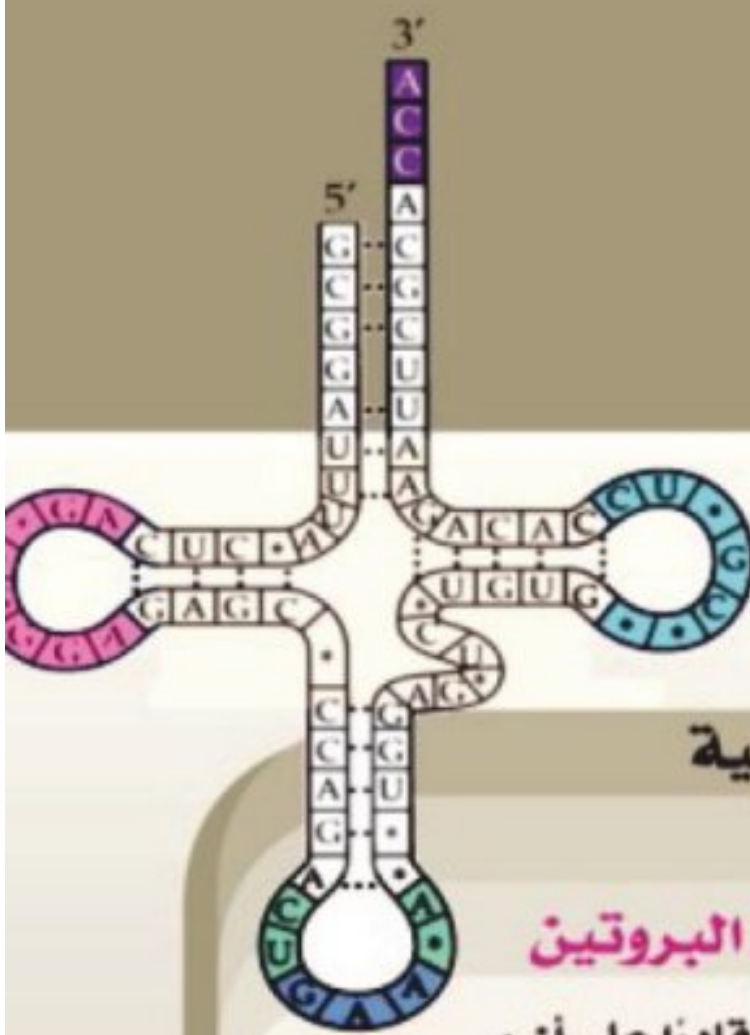
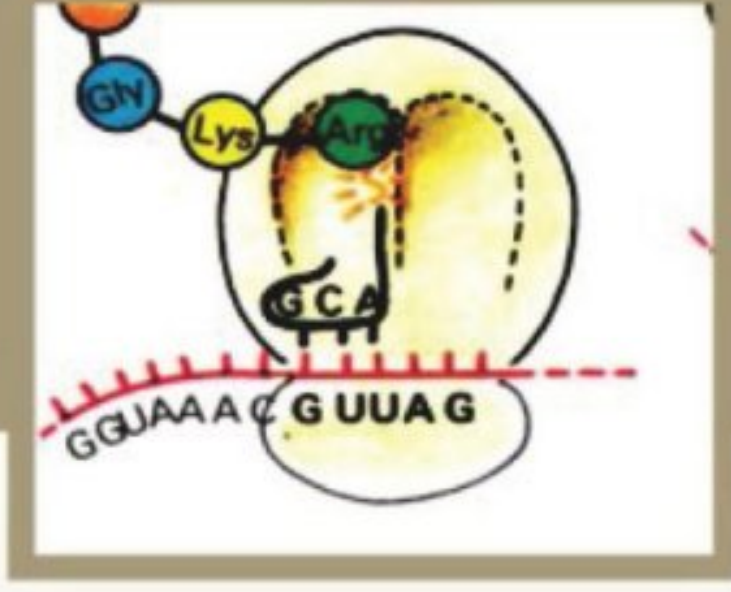
(ب) التغيير في تركيب الصبغيات، يتغير ترتيب الجينات على نفس الصبغى عندما تنفصل قطعة من الصبغى أثناء الانقسام، وتلف حول نفسها بمقدار ١٨٠°، ثم يعاد التحامها في الوضع المقلوب على نفس الصبغى. كما قد يتبادل صبغيان غير متماثلين أجزاء بينهما، أو يزيد أو ينقص جزء صغير من الصبغى. وجميع هذه الطفرات لو حدثت في الخلايا التناسلية فإن الجنين الناتج تظهر عليه الصفات الجديدة، ويعرف هذا النوع بالطفرات المشيحية (gamete mutation)، وهي تورث في الكائنات الحية التي تتكاثر تزاوجياً، كما قد تحدث الطفرة في الخلايا الجسمية، فتظهر أعراض مفاجئة على العضو الذي تحدث في خلاياه الطفرة، ويعرف هذا النوع بالطفرة الجسمية ومعروف أنها أكثر شيوعاً في النباتات التي تتكاثر خضرياً، حيث ينشأ فرع جديد من النبات العادي يحمل صفات مختلفة عن النبات الأم، ويمكن فصل هذا الفرع وزرعه واكثاره خضرياً إذا كانت الصفة الجديدة مرغوباً فيها.

منشأ الطفرة،

الطفرة قد تكون تلقائية أو مستحدثة، وتنشأ الطفرة التلقائية دون تدخل الإنسان، ونسبتها ضئيلة جداً في شتى الكائنات الحية، ويرجع سبب حدوث الطفرة التلقائية إلى تأثيرات بينية تحيط بالكائن الحي، كالأشعة فوق البنفسجية والأشعة الكونية، هذا بالإضافة إلى المركبات الكيميائية المختلفة التي يتعرض لها الكائن الحي. وتلعب الطفرات التلقائية دوراً هاماً في عملية تطور الأحياء.

أما الطفرات المستحدثة فهي تلك التي يستحدثها الإنسان ليحدث تغييرات مرغوبة في صفات كائنات معينة، ويستخدم الإنسان في ذلك العوامل الموجودة في الطبيعة لهذا الغرض مثل أشعة أكس وأشعة جاما والأشعة فوق البنفسجية، كما قد يستخدم الإنسان بعض المواد الكيميائية كغاز الخردل (mustard gas) مادة الكولشيسين (Colchicine) وحامض النيتروز وغيرها، وتنتج عن هذه المعالجة في النبات ضمور خلايا القمة النامية وموتها لتتجدد تحتها أنسجة جديدة، تحتوى خلاياها على عدد مضاعف من الصبغيات.

وأغلب الطفرات المستحدثة تحمل صفات غير مرغوبة، غير أن الإنسان ينتقى منها ما هو نافع، ومن أمثلتها تلك التي تؤدي إلى تكوين أشجار فواكه ذات ثمار كبيرة، وطعم حلو المذاق وخالية من البذور، كما أمكن كذلك إنتاج طفرات لكائنات دقيقة كالبنسليوم لها قدرة على إنتاج كميات كبيرة من المضادات الحيوية.

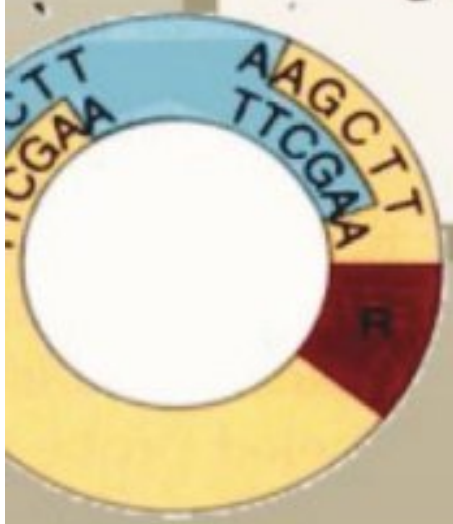


البيولوجية الجزيئية

الفصل الثاني

الأحماض النووية وتخليق البروتين

- في نهاية هذا الفصل ينبغي أن يكون الطالب قادراً على أن :
 - يتعرف أنواع البروتينات .
 - يتعرف تركيب الحمض النووي RNA .
 - يقارن بين أنواع الحمض النووي RNA الثلاثة (الريبوسومي - الناقل - الرسول).
 - يتعرف الشفرة الوراثية .
 - يتعرف خطوات تخليق البروتين .
 - يتعرف تقنيات التكنولوجيا الجزيئية الحديثة .
 - يتعرف مفهوم الجينوم البشري وأهمية ذلك في مجال صناعة العقاقير .
 - يقدر عظمة الخالق فيما يتعلق بالمعلومات الوراثية ودورها في تمييز البشر بصفات تختلف من فرد لآخر .







تركيب وتخليق البروتينين :

يوجد في الأنظمة الحية آلاف الأنواع من المركبات البروتينية التي يمكن تقسيمها إلى قسمين رئيسيين

هما :

١ - البروتينات التركيبية: (Structural Proteins)

هي البروتينات التي تدخل في تركيب محددة في الكائن الحي مثل الأكتين والميوسين اللذين يدخلان

في تركيب العضلات والكولاجين الذي يدخل في تركيب الأنسجة الضامة ،

والكيراتين الذي يكون الأغطية الواقية كالجلد والشعر والحوافر والقرون والريش وغيرها.

٢ - البروتينات التنظيمية: (Regulatory Proteins)

هي البروتينات التي تنظم العديد من عمليات وأنشطة الكائن الحي ، وهي تشمل الإنزيمات التي تنشط

التفاعلات الكيميائية بالكائنات الحية والأجسام المضادة التي تعطي الجسم مناعة ضد الأجسام الغريبة

والهرمونات وغير ذلك من المواد التي تمكن الكائنات الحية من الاستجابة للتغير المستمر في البيئة

الداخلية والخارجية .

وهناك خطة مشتركة لبناء آلاف الأنواع من البروتينات التي توجد في الأنظمة الحية ، فهناك عشرون

نوعاً من الوحدات البنائية للبروتين هي الأحماض الأمينية ، وللأحماض الأمينية العشرين تركيب أساسي

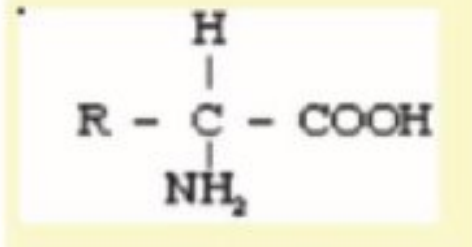
واحد حيث يحتوى كل حمض أميني على مجموعة كربوكسيلية (COOH) ومجموعة أمينية (NH₂)

يرتبطان بأول ذرة كربون . كما توجد ذرة هيدروجين تعتبر المجموعة الثالثة التي ترتبط بنفس ذرة

الكربون ، وفيما عدا الحمض الأميني جلايسين (Glycine) الذي يحتوى على ذرة هيدروجين أخرى

مرتبطة بذرة الكربون الأولى فإن الأحماض الأمينية التسعة عشرة الباقية تحتوى على مجموعة رابعة

هي ألكيل (R) تختلف باختلاف الحمض الأميني .



حمض أميني

وترتبط الأحماض الأمينية مع بعضها البعض في وجود الإنزيمات

الخاصة في تفاعل نازع للماء بروابط ببتيدية (Peptide Bonds)

لتكوين بوليمر (Polymer) عديد الببتيد الذي يكون البروتين.

وتعزى الفروق بين البروتينات المختلفة إلى الفروق في أعداد

أنواع وترتيب الأحماض الأمينية في البوليمرات ، كما تعزى إلى عدد البوليمرات التي تدخل في بناء

البروتين بالإضافة إلى الروابط الهيدروجينية الضعيفة التي قد تعطي للجزء شكله المميز ، وعملية

تخليق البروتين عملية معقدة تتضمن تداخل العديد من الأنواع المختلفة من الجزيئات .

الأحماض النووية الريبوزية (RNA s)

تشبه جزيئات RNA جزيء DNA هي أنها تتكون من سلسلة طويلة غير متفرعة من وحدات بنائية من النيوكليوتيدات ، وتتكون كل نيوكليوتيدة من جزيء من سكر خماسي وقاعدة نيتروجينية ومجموعة من الفوسفات حيث ترتبط مجموعة الفوسفات الخاصة بنيوكليوتيدة معينة بذرة الكربون رقم ٣ في النيوكليوتيدة السابق ليتكون هيكل سكر فوسفات للحمض النووي . إلا أن كل أنواع RNA تختلف عن DNA فيما يلي ،

١ - يدخل في تكوين RNA سكر الريبوز (ribose) بينما يدخل في تكوين DNA سكر الديوكسي ريبوز (deoxyribose) الذي يحتوي على ذرة أكسجين أقل من سكر الريبوز ، ومن هنا كان الاسم Deoxyribonucleic acid

٢ - يتكون RNA من شريط مفرد من النيوكليوتيدات ، بينما يتكون DNA من شريط مزدوج أي يتكون من شريطين متكاملين من النيوكليوتيدات ، وإن كان RNA قد يكون مزدوج الشريط في بعض أجزائه .

٣ - يختلف RNA عن DNA بالنسبة للقواعد النيتروجينية في نيوكليوتيدات كل منهما ، ففي DNA يوجد الأدينين والجوانين والسيٹوزين والثايمين ، بينما يحتوي RNA على الأدينين والجوانين والسيٹوزين إلا أن اليوراسيل يوجد بدلا من الثايمين الذي يزدوج مع الأدينين . وهناك ثلاثة أنواع من حمض RNA تسهم في بناء البروتين . وستعرض فيما يلي للأدوار التي يلعبها كل منها في بناء البروتين ،

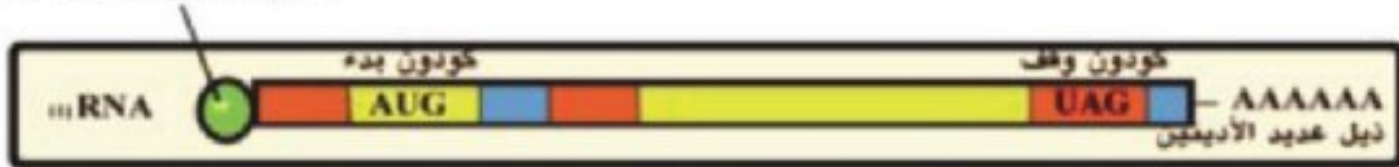
١ - حمض RNA الرسول (mRNA)؛

تبدأ عملية نسخ DNA بارتباط إنزيم بلمرة RNA (RNA-Polymerase) بتتابع للنيوكليوتيدات على DNA يسمى المحفز (Promoter) ، بعد ذلك ينفصل شريطا DNA بعضهما عن بعض حيث يعمل أحدهما كقالب لتكوين شريط متكامل من RNA ، ويتحرك الإنزيم على امتداد DNA حيث يتم ربط الريبونيوكلويدات المتكاملة إلى شريط RNA النامي واحد تلو الآخر ، ويعمل الإنزيم في اتجاه 3' ← 5' على قالب DNA مكوناً RNA في اتجاه 5' ← 3' وتشبه هذه العملية تضاعف DNA مع فرق رئيسي واحد هو أنه عندما يتم تضاعف DNA فإن العملية لا تقف إلا بعد نسخ كل DNA في الخلية ، أما في حالة RNA فإنه يتم نسخ جزء فقط من DNA وحيث إن جزيء DNA مزدوج الشريط فمن الناحية النظرية يمكن لأي جزء منه أن ينسخ إلى جزئين مختلفين من RNA يتكامل كل منهما مع أحد الشريطين ، إلا أن ما حدث في الواقع هو أن شريطاً واحداً فقط من DNA هو الذي يتم نسخ قطعة منه ، ويدل توجيه المحفز



على الشريط الذى سينسخ ، ويوجد فى أوليات النواة إنزيم واحد من RNA-polymerase هو الذى يقوم بنسخ الأحماض النووية الريبوزية الثلاثة، أما فى حقيقيات النواة فهناك إنزيم خاص بكل منها . وما أن يتم بناء mRNA فى أوليات النواة حتى يصبح على استعداد لعملية الترجمة ، حيث ترتبط الريبوسومات ببداية mRNA وتبدأ فى ترجمته إلى بروتين بينما يكون الطرف الآخر للجزء ما زال فى مرحلة البناء على قالب DNA ، أما فى حقيقيات النواة فإنه يتعين بناء mRNA كاملاً فى النواة ثم انتقاله إلى السيتوبلازم من خلال ثقب الغشاء النووى ليتم ترجمته إلى البروتين المقابل وعند بداية كل جزئ من mRNA يوجد موقع الارتباط بالريبوسوم وهو تتابع للنوكليوتيدات يرتبط بالريبوسوم بحيث يصبح أول كودون AUG متجهاً إلى أعلى وهو الوضع الصحيح للترجمة وآخر كودون يسمى كودون الوقف ويكون واحد من ثلاثة كودونات هى UAA - UAG - UGA (شكل ١).

أما عند الطرف الآخر mRNA فيوجد نهاية من عديد الأدينين (ذيل مكون من حوالى ٢٠٠ أدينوزين) ويظهر أن هذا الذيل يحمى mRNA من الانحلال بواسطة الإنزيمات الموجودة فى السيتوبلازم .
موقع الارتباط بالريبوسوم



شكل (١) رسم تخطيطى لجزء mRNA يظهر به موقع الارتباط بالريبوسوم وذيل عديد الأدينين وكودون البدء

٢- حمض RNA الريبوسومى (rRNA) :

يدخل فى بناء الريبوسومات (عضيات بناء البروتين) عدة أنواع من RNA الريبوسومى وحوالى ٧٠ نوعاً من عديد الببتيد ، ويتم بناء الريبوسومات فى حقيقيات النواة فى منطقة من النواة تسمى النوية يتم بها بناء الآلاف من الريبوسومات فى الساعة ، ومما يجعل هذا المعدل السريع ممكناً هو أن DNA فى خلايا حقيقيات النواة يحتوى على ما يزيد على ٦٠٠ نسخة من جينات RNA الريبوسومى التى ينسخ منها rRNA فى النوية ، وهناك أربعة أنواع مختلفة من rRNA تدخل مع البروتين فى بناء الريبوسومات . ويتكون الريبوسوم الوظيفى من تحت وحدتين (Subunits)، إحداهما كبيرة والأخرى أصغر ، وعندما لا يكون الريبوسوم قائماً بعمله فى إنتاج البروتين فإن تحت الوحدتين تنفصلان عن بعضهما وتتحرك كل منهما بحرية ، وقد يرتبط كل منهما مع تحت وحدة أخرى من النوع المقابل عندما تبدأ عملية بناء البروتين مرة أخرى ، ويتم بناء بروتينات الريبوسومات فى السيتوبلازم ، ثم تنتقل عبر غشاء النواة إلى داخل النوية حيث يكون كل من rRNA وعديدات الببتيد تحت وحدات الريبوسوم .

٢- حمض RNA الناقل (tRNA) :

والنوع الثالث من RNA الذي يشارك في بناء البروتين هو tRNA الذي يحمل الأحماض الأمينية إلى الريبوسومات ، ولكل حمض أميني نوع خاص من tRNA يتعرف الحمض الأميني وينقله (الأحماض الأمينية التي لها أكثر من شفرة يكون لها أكثر من نوع من tRNA). وينسخ tRNA من جينات tRNA التي توجد على نفس الجزء من جزيء DNA



مضاد الكودون

شكل (٢) الشكل العام لجزيء حمض RNA الناقل

ولكل جزيئات tRNA نفس الشكل العام (شكل ٢). حيث تلتف أجزاء من الجزيء لتكون حلقات تحتفظ بشكلها بإزدواج القواعد في مناطق مختلفة من الجزيء .

- يوجد موقعان على جزيء tRNA لهما دور في بناء البروتين، الموقع الأول هو الذي يتحد فيه الجزيء بالحمض الأميني الخاص به، ويتكون هذا الموقع من ثلاث قواعد CCA عند الطرف 3' من الجزيء.

والموقع الآخر هو مقابل الكودون الذي تتزاوج قواعده مع كودونات mRNA المناسبة عند مركب mRNA والريبوسوم حيث يحدث ارتباط مؤقت بين tRNA و mRNA يسمح للحمض الأميني المحمول على tRNA أن يدخل في سلسلة عديد الببتيد في المكان المحدد .

الشفرة الوراثية The Genetic code

الشفرة الوراثية هي تتابع النيوكليوتيدات في ثلاثيات على mRNA والتي تم نسخها من أحد شريطي DNA وينتقل mRNA إلى الريبوسوم حيث يترجم إلى تتابع للأحماض الأمينية في سلسلة عديد الببتيد الذي يكون بروتيناً معيناً . والسؤال الآن ، ماهو عدد النيوكليوتيدات المسئولة عن اختيار جزيئات tRNA الخاصة بكل حمض أميني ؟

من المعروف أن هناك عشرين حمضاً أمينياً مختلفاً تدخل في بناء البروتينات وأن هناك أربع نيوكليوتيدات فقط تدخل في بناء كل من DNA و RNA وعلى ذلك ، " فاللغة " الوراثية تحتوى على أربع " حروف أبجدية " ، وهذه الحروف الأربعة من النيوكليوتيدات يجب أن تشكل عشرين كلمة " تدل كل منها على حمض أميني معين ، ولا يمكن أن تتكون كل كلمة من حرف واحد لأن ذلك يعنى وجود أربع كلمات فقط على



صورة شفرة هي A,G,C,U والبروتينات بذلك تحتوى على أربعة أحماض أمينية فقط وبالمثل فإن الكلمات لا يمكن أن تتكون من جزئين اثنين فقط (نيوكليوتيدتين) وذلك لأن الحروف الأربعة إذا رتبت في كل الاحتمالات الممكنة لاثنين معا تعطى $4^2 = 16$ كلمة شفرة Codon مختلفة ، مازال غير كاف للعشرين حمضاً أمينياً التي تدخل في بناء البروتين ، أما إذا رتبت الأربعة حروف (نيوكليوتيدات) على شكل ثلاثيات فإنها ستنتج $4^3 = 64$ كلمة شفرة وهذا أكثر من الحاجة لتكوين كلمة شفرة لكل حمض أميني ، وعلى ذلك فأصغر حجم نظري لكلمة شفرة DNA هو ثلاث نيوكليوتيدات .

وما إن حل عام ١٩٦٠ حتى توفرت أدلة كافية تؤيد الشفرة الثلاثية ، إلا أن الوصول إلى الشفرات الخاصة بكل حمض أميني والتي يطلق عليها اسم كودونات قد تم الوصول إليه في عام ١٩٦٥ ، وبعض هذه الكودونات موجودة في جدول (رقم ١) مع ملاحظة أن الكودونات في هذا الجدول هي التي توجد في mRNA ، أما ثلاثيات شفرة DNA فهي النيوكليوتيدات التي تتكامل قواعدها مع تلك الموجودة في الجدول ، كما يتضح من الجدول أن هناك أكثر من شفرة لكل حمض أميني ، كما أن هناك كودونا لبدء تخليق البروتين (AUG) وثلاثة كودونات (UGA,UAA,UAG) توقف بناء البروتين أي أنها تعطى إشارة عن النقطة التي يجب أن تقف عندها آلية بناء البروتين وتنتهي سلسلة عديد الببتيد .

والشفرة الوراثية عالمية أو عامة (Universal) بمعنى أن نفس الكودونات تمثل شفرات لنفس الأحماض الأمينية في كل الكائنات الحية من الفيروسات إلى البكتيريا والفطريات والنباتات والحيوانات التي تمت دراستها حتى الآن . وهذا دليل قوى على أن كل الكائنات الحية الموجودة الآن على وجه الأرض قد نشأت عن أسلاف مشتركة .

Second letter

		Second letter					
		U	C	A	G		
First letter	U	UUU } Phe UUC } UUA } Leu UUG }	UCU } UCC } Ser UCA } UCG }	UAU } Tyr UAC } UAA Stop UAG Stop	UGU } Cys UGC } UGA Stop UGG Trp	U C A G	
	C	CUU } CUC } Leu CUA } CUG }	CCU } CCC } Pro CCA } CCG }	CAU } His CAC } CAA } Gln CAG }	CGU } CGC } Arg CGA } CGG }	U C A G	
	A	AUU } AUC } Ile AUA } AUG Met	ACU } ACC } Thr ACA } ACG }	AAU } Asn AAC } AAA } Lys AAG }	AGU } Ser AGC } AGA } Arg AGG }	U C A G	
	G	GUU } GUC } Val GUA } GUG }	GCU } GCC } Ala GCA } GCG }	GAU } Asp GAC } GAA } Glu GAG }	GGU } GGC } Gly GGA } GGG }	U C A G	

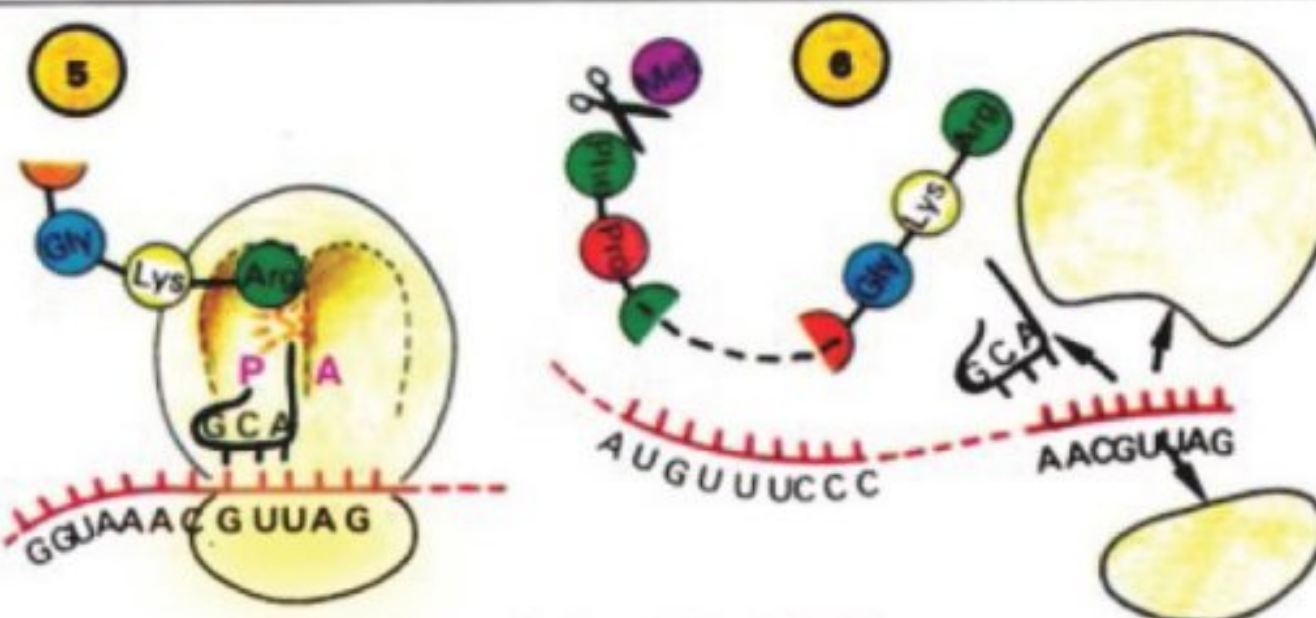
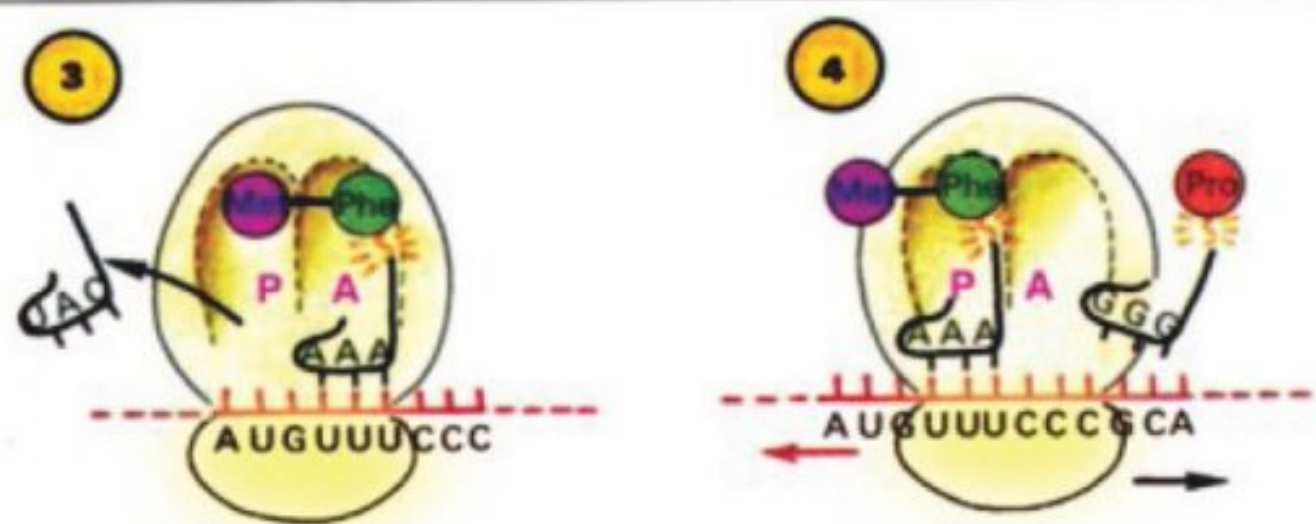
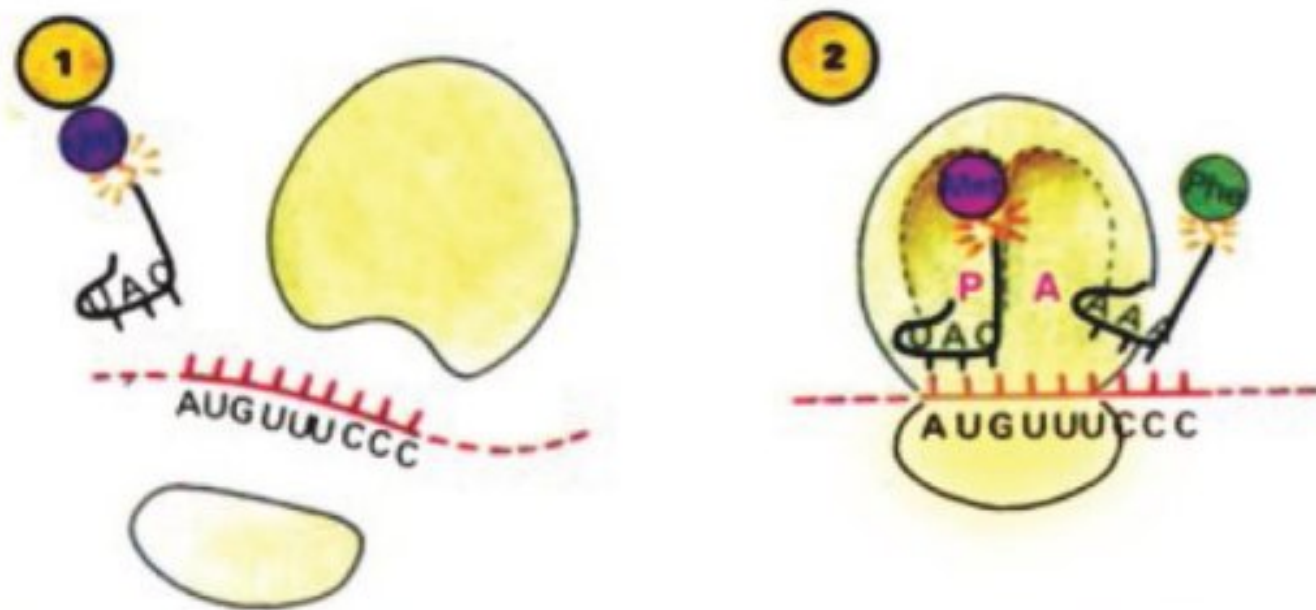
جدول الشفرات (جدول رقم ١) للإطلاع فقط

تخليق البروتين Protein Synthesis

يبدأ تخليق البروتين عندما ترتبط تحت وحدة ريبوسوم صغيرة (Sub unit) بجزء mRNA الذي أول كودون به هو AUG والموجود عند الطرف 5' ، ثم تتزاوج قواعد مضاد الكودون لجزء tRNA الخاص بالميثيونين مع كودون AUG وبذلك يصبح الحمض الأميني ميثيونين (Methionine) أول حمض أميني في سلسلة عديد الببتيد التي ستبنى ، ثم ترتبط تحت وحدة ريبوسوم كبيرة بالمركب السابق (شكل ٣) ويوجد على الريبوسوم موقعان أسليان يمكن أن ترتبط بهما جزيئات tRNA . ونتيجة للأحداث السابقة فإن كودون البدء AUG يكون عند أحد هذين الموقعين الذي يطلق عليه موقع الببتيديل (P) أما الموقع الآخر فيطلق عليه موقع أمينو أسيل (A) (amino-Acyl). وتبدأ سلسلة عديد الببتيد في الاستطالة في دورة تتكون من ثلاث خطوات ،



- ١ - يرتبط مضاد كودون tRNA آخر بالكودون التالي على جزيء mRNA ، وبالتالي يصبح الحمض الأميني الذي يحمله هذا الجزيء tRNA الحمض الأميني التالي في سلسلة عديد الببتيد.
 - ٢ - حدوث تفاعل نقل الببتيديل (Peptidyl transferase reaction) الذي ينتج عنه تكوين رابطة ببتيدية ، والإنزيم الذي ينشط هذا التفاعل عبارة عن جزء من تحت وحدة الريبوسوم الكبيرة، وهذا الإنزيم يربط الحمض الأميني الأول بالتالي برابطة ببتيدية، ونتيجة لذلك يصبح tRNA عند موقع P فارغاً ويترك الريبوسوم وقد يلتقط ميثيونينا آخر، أما tRNA الثاني فيحمل الحمضين الأمينيين معاً.
 - ٣ - يتحرك الريبوسوم على امتداد mRNA ، وهذه العملية تأتي بالكودون التالي إلى الموقع A على الريبوسوم ، ثم تبدأ الدورة مرة أخرى حيث يرتبط مضاد كودون على tRNA مناسب بكودون mRNA جالبا الحمض الأميني الثالث إلى الموضع المناسب على الموقع A ، وترتبط سلسلة عديد الببتيد النامية بالحمض الأميني الجديد القادم على هذا الجزيء من tRNA الثالث ، ثم يتكرر التتابع .
- وتقف عملية بناء البروتين عندما يصل الريبوسوم إلى كودون وقف على mRNA وهناك بروتين يسمى عامل الإطلاق (Release Factor) يرتبط بكودون الوقف مما يجعل الريبوسوم يترك mRNA ، وتنفصل وحدتا الريبوسوم عن بعضهما البعض ، وما أن يبرز الطرف (5') لجزيء mRNA من الريبوسوم حتى يرتبط تحت وحدة ريبوسوم صغيرة أخرى تبدأ بدورها بناء بروتين ، وعادة ما يتصل بجزيء mRNA عدد من الريبوسومات قد يصل إلى المائة يترجم كل منها الرسالة بمروره على mRNA ، ويطلق عليه عندئذ عديد الريبوسوم (Polyribosome or polysome)



شكل (٣) خطوات تخليق البروتين



التكنولوجيا الجزيئية Molecular Technology

بعد التقدم في معرفة تركيب الجين وكيفية تخليق البروتين ، أصبح من الممكن الآن عزل جين مرغوب فيه وتكوين ملايين النسخ منه في داخل خلية بكتيرية أو خلية خميرية ، كما يمكننا أن نحلل هذه النسخ لمعرفة تتابع النيوكليوتيدات في هذا الجين ، كما يمكننا إجراء مقارنة بين تركيب جينات نفس الفرد أو جينات أفراد مختلفة ، ومعرفة عن تتابع النيوكليوتيدات في الجين تمكننا من معرفة تتابع الأحماض الأمينية في البروتين المقابل ، ولقد أمكن في حالات كثيرة نقل جينات وظيفية إلى خلايا نباتية وأخرى حيوانية .

ولقد أصبح الآن من الممكن بناء جزيئات DNA حسب الطلب، ففي عام ١٩٧٩ تمكن خورانا (Khorana) من إنتاج جين صناعي وأدخله إلى داخل خلية بكتيرية ، ويوجد الآن في العديد من المعامل أجهزة يمكن برمجتها لإنتاج شريط قصير من DNA يحتوى على تتابع النيوكليوتيدات الذي نرغب فيه ، والإنجازات السابقة هي نتاج التكنولوجيا الجزيئية والتي تعرف بالهندسة الوراثية (Genetic Engineering) وسنتناولها فيما يلي ،

تقنيات التكنولوجيا الجزيئية :

تهجين الحمض النووي :

- عند رفع درجة حرارة جزيء DNA إلى 100°C تنكسر الروابط الهيدروجينية التي تربط القواعد المتزاوجة في شريطي اللولب المزدوج ، ويتكون شريطان مفردان غير ثابتين .
- وعند خفض درجة حرارة DNA فإن الأشرطة المفردة تميل إلى الوصول إلى حالة الثبات عن طريق تزاوج كل شريط مع شريط آخر لتكوين لولب مزدوج مرة أخرى ، وأي شريطين مفردين من DNA أو RNA يمكنهما تكوين شريط مزدوج إذا وجد بهما تتابعات ولو قصيرة من القواعد المتكاملة .
- تتوقف شدة التصاق الشريطين على درجة التكامل بين تتابعات قواعدهما النيوتروجينية ، ويمكن قياس شدة الالتصاق بين شريطي النيوكليوتيدات بمقدار الحرارة اللازمة لفصل الشريطين مرة أخرى ، فكلما كانت شدة التصاق الشريطين كبيرة زاد مقدار الحرارة اللازمة لفصلهما .

ويمكن استخدام قدرة الشريط المضرد لـ DNA أو RNA على الالتصاق طويلاً في إنتاج لولب مزدوج هجين (أو خليط). وذلك بمزج الأحماض النووية من مصدرين مختلفين (نوعين مختلفين من الكائنات الحية مثلاً) ثم رفع درجة الحرارة إلى ٥١٠٠ م. فعندما يسمح للخليط أن يبرد فإن بعض اللوالب المزدوجة الأصلية تتكون، وسيكون في نفس الوقت عدد من اللوالب المزدوجة الهجين يتكون كل منهما من شريط من كلا المصدرين.

استخدامات DNA المهجن :

- ١- يستخدم تهجين DNA في الكشف عن وجود جين معين داخل محتواه الجيني وكميته حيث يحضر شريط مضرد لتتابعات النيوكليوتيدات يتكامل مع أحد أشربة الجين محل الدراسة، وتستخدم النظائر المشعة في تحضير هذا الشريط حتى يسهل التعرف عليه بعد ذلك، ثم يخلط هذا الشريط مع العينة غير المعروفة ويستدل على تركيز الجين في الخليط بالكمية التي تتكون بها اللوالب المزدوجة المشعة.
- ٢- يستخدم تهجين DNA في تحديد العلاقات التطورية بين الأنواع المختلفة، فكلما كانت العلاقات التطورية أقرب بين نوعين كلما تشابه تتابع نيوكليوتيدات DNA بهما وزادت درجة التهجين بينهما.

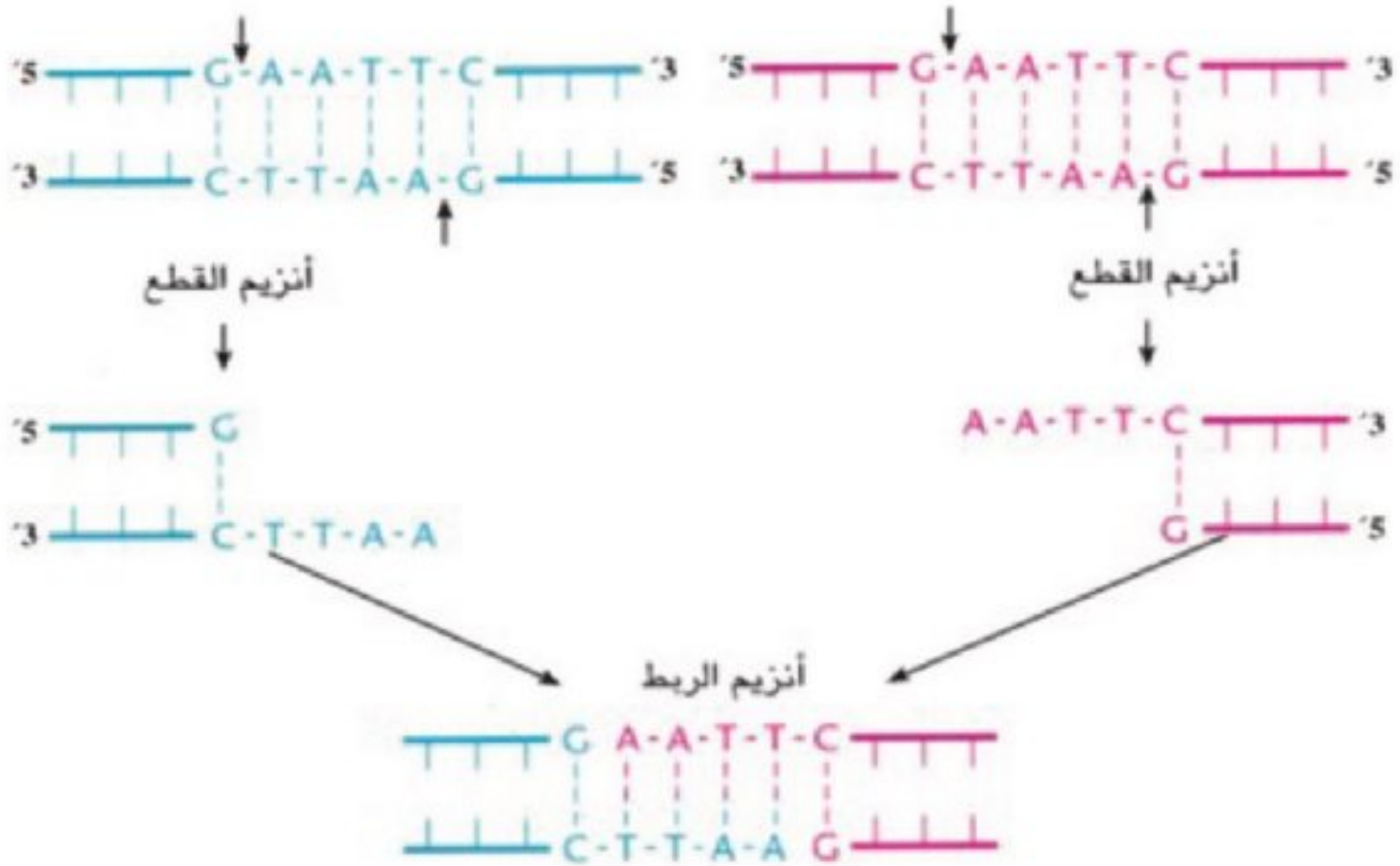
إنزيمات القطع أو القصر البكتيرية

كان من المعروف أن الفيروسات التي تنمو في داخل سلالات معينة من بكتيريا (*E.coli*) يقتصر نموها على هذه السلالات فقط ولا تستطيع أن تنمو داخل سلالات أخرى، وفي السبعينيات أرجع الباحثون ذلك إلى أن هذه السلالات المقاومة من البكتيريا تكون إنزيمات تتعرف على مواقع معينة على جزيء DNA الفيروسي الغريب وتهضمه إلى قطع عديدة القيمة وقد أطلق على هذه الإنزيمات اسم إنزيمات القصر.

والسؤال الآن، لماذا لا تهاجم هذه الإنزيمات DNA الخاص بالخلية البكتيرية؟

لقد وجد أن البكتيريا لكي تحافظ على DNA الخاص بها فإنها تكون إنزيمات معدلة. حيث تضاف مجموعة ميثيل CH_3 إلى النيوكليوتيدات في مواقع جزيء DNA البكتيري التي تتماثل مع مواقع تعرف الفيروس مما يجعل DNA البكتيري مقاوماً لفعل هذا الإنزيم.

ولقد اتضح أن إنزيمات القصر منتشرة في الكائنات الدقيقة، كما تم فصل ما يزيد على ٢٥٠ إنزيماً من سلالات بكتيرية مختلفة، وكل إنزيم من هذه الإنزيمات يتعرف على تتابع معين للنيوكليوتيدات مكون من ٤ - ٧ نيوكليوتيدات، ويقص الإنزيم جزيء DNA عند أو بالقرب من موقع التعرف (شكل ٤)، وتتابع القواعد النيتروجينية على شريطي DNA عند موقع القطع يكون هو نفسه عندما يقرأ التتابع على كل شريط في اتجاه 5' ← 3' ولكل إنزيم قصر القدرة على قطع جزيء



(شكل ٤) دور انزيمات القصر والربط في قطع وربط قطعيتين مختلفتين من DNA عند مواقع محددة

DNA بغض النظر عن مصدره DNA فيروسي أو بكتيري أو نباتي أو حيواني ما دام هذا الجزء يحتوى على نسخة أو أكثر من تتابعات التعرف .

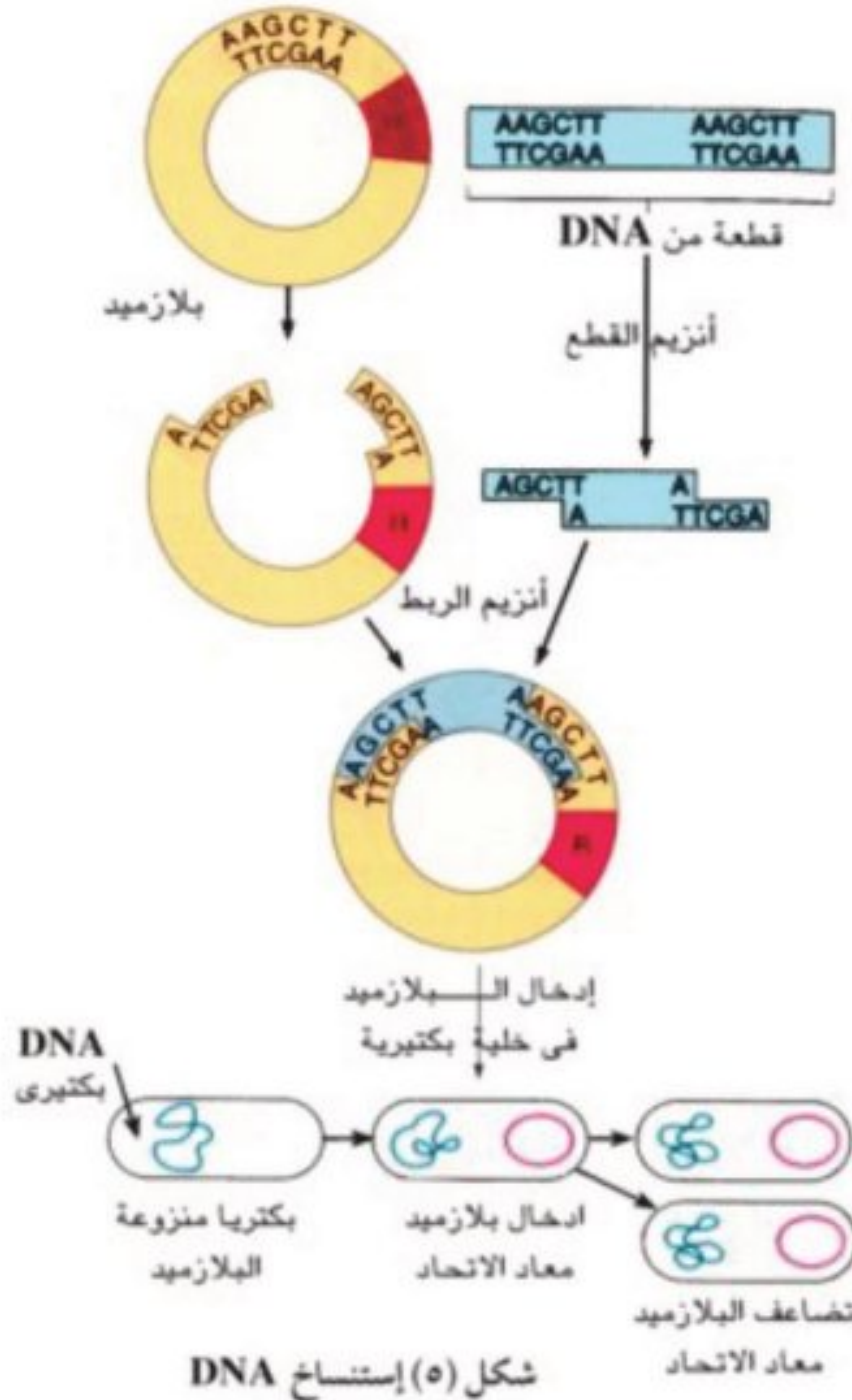
وتوفر إنزيمات القصر وسيلة لقص DNA إلى قطع معلومة النيوكليوتيدات عند أطرافها، كما أن العديد منها يكون أطرافها مفردة حيث تكون قطع اللولب المزدوج ذات طرفين مفردى الشريط يطلق عليها "الأطراف اللاسقة" لأن قواعدهما تتزاوج مع طرف قطعة أخرى لشريط آخر نتج عن استخدام نفس الإنزيم على أي DNA آخر، (شكل ٤) ويمكن بعد ذلك ربط الطرفين إلى شريط واحد بواسطة إنزيم الربط . وبهذه الطريقة يستطيع الباحث لسق قطعة معينة من جزيء DNA بقطعة أخرى من جزيء آخر.

استنساخ قتايعات DNA

يقوم علماء البيولوجى بإنتاج العديد من نسخ جين ما أو قطعة من DNA (شكل ٥) وذلك بلسقها بجزىء ما، يحملها إلى خلية بكتيرية، وعادة ما يكون هذا الحامل هاج أو بلازميد. ولكى يلسق الجين الغريب أو قطعة DNA بالبلازميد يعامل كل من الجين والبلازميد بنفس إنزيم القصر لتكوين نهايات مفردة الشريط متكاملة القواعد لاسقة، وعندما يتم خلط الاثنىن فإن بعض النهايات اللاسقة للبلازميد تتزوج قواعدها مع النهايات اللاسقة للجين، ثم يتم ربط الاثنىن باستخدام إنزيم الربط.

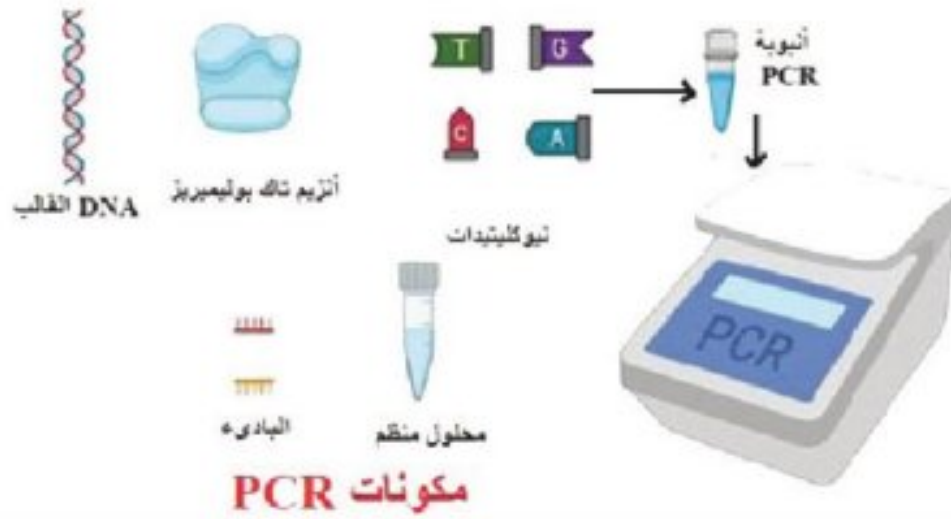
بعد ذلك يضاف البلازميد إلى مزرعة من البكتيريا، أو خلايا الخميرة التى سبق معاملتها لزيادة نفاذيتها

لـ DNA حيث تدخل بعض البلازميدات إلى داخل الخلايا، وكلما نمت هذه الخلايا وانقسمت تتضاعف البلازميدات مع تضاعف المحتوى الجينى للخلية، بعد ذلك يتم تكسير الخلايا وتحرير البلازميدات. ويتم إطلاق الجين من البلازميدات باستخدام نفس إنزيم القصر الذى سبق استخدامه، ثم يتم عزل الجينات بالطرد المركزى المضرق، وبذلك يصبح لدى الباحث كمية كافية من الجين أو قطع DNA المتماثلة يستطيع أن يحللها لمعرفة تتابع النيوكليوتيدات بها أو يمكن زراعتها فى خلية أخرى.





والطريقة الأفضل لفصل DNA (جين) عن جينوم تبدأ بالخلايا التي يكون فيها الجين الذي نود التعامل معه نشطاً مثل خلايا البنكرياس التي تكون الأنسولين والخلايا المولدة لكرات الدم الحمراء التي تكون الهيموجلوبين ، ففي هذه الخلايا توجد كمية كبيرة من mRNA الذي يحمل الرسالة اللازمة لبناء هذه البروتينات ، ويقوم الباحث بعزل هذا الحمض النووي واستخدامه كقالب لبناء DNA الذي يتكامل معه ، ويشبه ذلك تضاعف DNA إلى حد كبير ، ويطلق على الإنزيم الذي يقوم ببناء DNA على قالب من mRNA اسم إنزيم النسخ العكسي، وهذا الإنزيم توجد شفرته في الفيروسات التي محتواها الجيني يتكون من mRNA، حيث تستخدمه في تحويل محتواها من RNA إلى DNA الذي يرتبط بالمحتوى الجيني من DNA في خلية العائل . وما أن ينتهي هذا الإنزيم من بناء شريط مفرد من DNA ، فإنه يمكن بناء الشريط المتكامل معه باستخدام إنزيم البلمرة ويمكن بعد ذلك مضاعفة هذا اللولب المزدوج من DNA ويستخدم حالياً لمضاعفة قطع DNA جهاز (PCR) (Polymerase Chain Reaction) الذي يستخدم الإنزيم تاك بوليميريز (taq polymerase) الذي يعمل عند درجة حرارة مرتفعة، ويستطيع هذا الجهاز خلال دقائق معدودة من مضاعفة قطع DNA آلاف المرات .



DNA معاد الاتحاد

لقد شهدت السنوات الأخيرة أيضاً من الإنجازات في تكنولوجيا DNA معاد الاتحاد ، أي إدخال جزء من DNA الخاص بكائن حي إلى خلايا كائن حي آخر ، فقد أصبح الآن من الممكن : إدخال نسخ من جينات طبيعية إلى بعض الأفراد المصابة بعض جيناتهم بالعطب، وبذلك نزيل عنهم المعاناة ونعطيهم من الاستخدام المستمر للعقاقير لعلاج الخلل الوراثي (من الواضح أن هذه قد تكون تكنولوجيا خطيرة جداً لو استخدمت لتحقيق أغراض أخرى، وهناك العديد ممن يعارضون بشدة استمرار البحث في هذا المجال)

التطبيقات العملية لتكنولوجيا DNA معاد الاتحاد

(أ) - إنتاج بروتينات مفيدة على نطاق تجارى . ففي عام ١٩٨٢ رخصت الولايات المتحدة الأمريكية استخدام أول بروتين يتم إنتاجه بتكنولوجيا DNA معاد الاتحاد وهو هرمون الأنسولين البشرى الذى يحتاجه يومياً ملايين البشر المصابين بمرض السكر ، وكان يتم استخلاص الأنسولين قبل ذلك من بنكرياس المواشى والخنازير ولكن الأنسولين البشرى الذى تنتجه البكتيريا أفضل لبعض المرضى الذين لا يتحملون الفروق الطفيفة بين الأنسولين البشرى وأنسولين الأنواع الأخرى .

(ب) - توصل الباحثون كذلك إلى تكوين بكتيريا تحتوى على جينات الإنترفيرونات (Interferones) البشرية ، وهى بروتينات توقف تضاعف الفيروسات (على الأخص التى يتكون محتواها الجينى من RNA مثل فيروس الانفلونزا وشلل الأطفال) وهى داخل جسم الإنسان تبني الإنترفيرونات وتنطلق من الخلايا المصابة بالفيروس وتعمل على وقاية الخلايا المجاورة من مهاجمة الفيروس .
ويظهر أن الإنترفيرونات قد تكون مفيدة فى علاج بعض الأمراض الفيروسية .

وكان الإنترفيرون المستخدم فى الطب حتى عام ١٩٧٠ يستخلص بصعوبة من الخلايا البشرية، ولذلك كان نادر الوجود ومرتفع الثمن، ولقد تمكن الباحثون فى مصانع الأدوية فى الثمانينات من إدخال ١٥ جيناً بشرياً للإنترفيرون إلى داخل خلايا بكتيرية وبذلك أصبح الإنترفيرون الآن وفيراً ورخيص الثمن نسبياً .

(ج) تمكن بعض الباحثون الزراعيون من إدخال جينات مقاومة للمبيدات العشبية ومقاومة لبعض الأمراض الهامة فى نباتات المحاصيل، كما أن هناك جهوداً كبيرة تبذل الآن فى محاولة عزل ونقل الجينات الموجودة فى النباتات البقولية والتى تمكنها من استضافة البكتيريا القادرة على تثبيت النيتروجين الجوى فى جذورها . وإذا أمكن زرع تلك الجينات فى نباتات محاصيل أخرى لاتستطيع استيعاب هذه البكتيريا لأمكن الاستغناء عن إضافة الأسمدة النيتروجينية عالية التكلفة والتى تسهم بقدر كبير فى تلويث الماء فى المناطق الزراعية .

(د) تمكن بعض الباحثين من زرع جين من سلالة من ذبابة الفاكهه فى جنين سلالة أخرى وقد تم زرع الجين فى



خلايا مقرر لها أن تكون أعضاء تكاثرية ، وعندما نمت الأجنة إلى أفراد انتقل إليها الجين الذي أضفى على الأجيال الناتجة عن تزاوج هذه الأفراد صفة لون الياقوت الاحمر للعين بدلاً من اللون البنى كما قام فريق آخر من الباحثين بإدخال جين هرمون نمو من فأر من النوع الكبير أو من الإنسان إلى فئران من النوع الصغير حيث نمت هذه إلى ضعف حجمها الطبيعي بالإضافة إلى أن هذه الصفة انتقلت إلى نسلها من الفئران ومن الأمثلة الأخرى للنجاحات في مجال DNA معاد الاتحاد تعديل الجينوم البكتيري لإنتاج الأنثجينات الخاصة بمسببات الأمراض، بهدف تصنيع لقاحات آمنة.

مشروع الجينوم البشري

مشروع الجينوم البشري هو جهد دولي ضخم يهدف إلى دراسة تتابع الجينات على الكروموسومات البشرية ومعرفة تتابع النيوكليوتيدات في كل من هذه الجينات ، ولقد أجري هذا المشروع في الفترة من ١٩٩٠ إلى ٢٠٠٣ ، وكانت نتائجه هائلة ومنها أن عدد الجينات في الجينوم البشري يصل فقط إلى حوالي ٢٥٠٠٠ جين موجودة على ٢٣ كروموسوم، ولقد أصبحت المعلومات التي توصل إليها هذا المشروع متوفرة الآن للمجتمع العلمي .

ويستفاد من مشروع الجينوم البشري

- ١- معرفة الجينات المسببة للأمراض الوراثية الشائعة والنادرة .
- ٢- معرفة الجينات المسببة لعجز الأعضاء عن أداء وظائف الجسم.
- ٣- الاستفادة من الجينوم البشري في المستقبل في مجال صناعة العقاقير والوصول إلى عقاقير بلا آثار جانبية.
- ٤- دراسة تطور الكائنات الحية من خلال مقارنة الجينوم البشري بغيره من جينات الكائنات الحية الأخرى.

س٣، جين (X) يتكون من ١٥٠ زوج من النيكلوتيدات ، كم عدد الأحماض الأمينية التي تدخل في تكوين البروتين الناتج؟

س٤، بتحليل المادة الوراثية للفيروس أعطى النتائج التالية الخاصة بنسبة القواعد النيتروجينية به

A=18% C=32% U=18% G=32%

ما نوع الحمض النووي الذي يملكه هذا الفيروس؟ ولماذا؟

س٥، في البكتيريا تتم عملية النسخ وعملية الترجمة في آن واحد ، بسبب عدم وجود غشاء نووي يحيط بالمادة الوراثية.

أ- العبارة صحيحة وتوجد علاقة بينهما.

ب- العبارة صحيحة ولا توجد علاقة بينهما.

ج- العبارة خاطئة.

د- العبارة الأولى صحيحة والثانية خاطئة.

هـ- العبارة الأولى خاطئة والثانية صحيحة.

س٦، أي من العبارات التالية غير صحيح، ولماذا؟

١ - لا تتحم تحت وحدتي الريبوسوم إلا أثناء ترجمة mRNA إلى البروتين المقابل.

٢ - تتم عملية ترجمة mRNA من خلال ريبوسوم واحد فقط.

٣ - تملك الميتوكوندريا والريبوسومات DNA .

٤ - عدد أنواع tRNA يساوي عدد أنواع العشرين حمض أميني.

٥ - الجين هو عبارة عن البروتين الذي يحدد ظهور الصفة الوراثية.



س٧: علل لما يأتي:

- ١- شريط DNA يكون أحدهما في وضع معاكس للآخر.
- ٢- تلعب إنزيمات الربط دورا هاما في الثبات الوارثي للكائنات الحية.
- ٣- المحتوى الجيني للسلمندر يعادل ٣٠ مرة المحتوى الجيني للإنسان، ومع ذلك يعبر عن عدد أقل من الصفات.
- ٤- قدرة بعض البكتيريا على تحليل DNA الفيروسي .
- ٥- وجود شفرة أنزيم النسخ العكسي في الفيروسات التي محتواها الجيني RNA.
- ٦- تعتبر الشفرة الوراثية دليلا على حدوث التطور.
- ٧- الفيروسات سريعة الطفرات.
- ٨- يتم بناء الالف من الريبوسومات في الساعة .
- ٩- لا تتم ترجمة ذيل عديد الأدينين على mRNA إلى أحماض أمينية .
- ١٠- تختلف البروتينات رغم تشابه الوحدات البنائية لها.

س٨: ما المقصود بكل من:

- البلازميد- عديد الريبوسوم - عامل الاطلاق - الجينوم البشري -الشفرة الوراثية - مضاد الكودون -كودون البدء - كودون الوقف.

س٩: اختر من العمود (ب) ما يناسب عبارات العمود (أ):

(ب)	(أ)
أ- يعمل على اصلاح عيوب DNA	١- أنزيم ديوكس ريبونيوكليز
ب- يفصل شريطي DNA عن بعضهما	٢- أنزيم اللولب
ج- يعمل على تحليل DNA تحليلا كاملا	٣- أنزيم بلمرة DNA
د- يعمل على كسر DNA في أماكن محددة	٤- أنزيم النسخ العكسي
هـ- يضيف نيوكلوتيدات جديدة في اتجاه ٣	٥- أنزيمات الربط
و- ينسخ mRNA من DNA	٦- أنزيمات القصر
ز- ينسخ DNA من RNA	٧- أنزيم بلمرة RNA

س١٠، قارن بين:

أ- نيوكليوتيدة DNA ، ونيوكليوتيدة RNA

ب- DNA هي أوليات النواء وDNA هي حقيقيات النواء.

ج- البروتينات التركيبية والبروتينات التنظيمية.

د- DNA المهجن و DNA معاد الاتحاد.

س١١، تمت معظم الدراسات الخاصة بكشف مادة الوراثة الحقيقية باستخدام

الفيروسات والبكتيريا ، فسراحدى هذه التجارب التي استخدم فيها الفيروس والبكتيريا

لاثبات أن مادة الوراثة هي DNA وليس البروتين .

س١٢، ما أهمية الجينوم البشري؟

س١٣، وضح باختصار خطوات تكوين البروتين بدأ من نسخ المعلومات الوراثية.

الأحياء وعلوم الأرض

بعد الانتهاء من دراسة هذا الموضوع يصبح الطالب قادراً على أن:

- يفسر أهمية علم الجيولوجيا في الحياة.
- يقارن بين المكونات المختلفة لكوكب الأرض.
- يستنتج التراكيب الجيولوجية في قطاع جيولوجي سطحي أو تحت سطحي.
- يقارن بين التراكيب الجيولوجية التكتونية والتراكيب الجيولوجية الأولية.
- يتعرف على الأنواع المختلفة التراكيب الجيولوجية من خلال بيانات معطاه.
- يقارن بين الأنواع المختلفة لعدم التوافق
- يفسر المفهوم الجيولوجي للمعدن.
- يحدد أهمية المعادن والصخور في حياة الإنسان.
- يميز المعادن من حيث التركيب الكيميائي.
- يقارن بين الأنظمة المختلفة للبلورات.
- يتنبأ بنوع المعدن في ضوء خصائصه الفيزيائية.
- يصف العمليات الجيولوجية في دورة الصخور
- يشرح ظروف تكوين الصخور النارية.
- يحلل الأشكال البنيوية الخاصة بالتركيب المعدني للصخور النارية.
- يقارن بين الصخر الجوفية والصخور البركانية والصخور المتداخلة.
- يتعرف على الأشكال التي تتواجد عليها الصخور النارية.
- يميز بين أنواع الصخور الرسوبية.



مادة الأرض

إذا تأملنا في حياتنا الآن نستطيع أن نقول ماذا في عالمنا ليس جيولوجيا؟ وقبل أن نجيب على هذا السؤال يجب علينا أولاً أن نعرف ما الجيولوجيا؟ وما الأفرع المختلفة لها؟ وأخيراً ما علاقتها بالعلوم المختلفة؟

الجيولوجيا (علم الأرض) : هو العلم الذي يتناول كل ما له علاقة بالأرض ومكوناتها وحركاتها وتاريخها وظواهرها وثوراتها.

ويتفرع علم الجيولوجيا إلى عدة أفرع كل منها يبحث في ناحية معينة ، ومنها ما يلي:

• **الجيولوجيا الطبيعية Physical Geology:** يختص أساساً بدراسة العوامل الخارجية والداخلية وتأثير كل منهما على الصخور القشرة الأرضية.

• **علم المعادن والبلورات Mineralogy and Crystallography :** الذي يبحث في دراسة أشكال المعادن وخصائصها الفيزيائية والكيميائية وصور أنظمتها البلورية.

• **جيولوجيا المياه الأرضية (الجوفية) Hydrogeology :** فرع يبحث عن كل ما يتعلق بالمياه الأرضية والكيفية التي يتم بها استخراج هذه المياه للاستفادة منها في الزراعة و استصلاح الأراضي.

• **الجيولوجيا التركيبية Structural Geology :** تختص بدراسة التراكيب والبنىات المختلفة التي تتواجد عليها الصخور الناتجة من تأثير كل من القوى الخارجية والداخلية التي تعمل باستمرار وبدرجات قوة متباينة على الأرض.

• **علم الطبقات Stratigraphy:** يختص بدراسة القوانين و الظروف المختلفة المتحكمة في تكوين الطبقات الصخرية وعلاقتها الجيولوجية ببعضها.

• **علم الأحافير paleontology :** يختص بدراسة بقايا أو آثار الكائنات الحية (نباتية أو حيوانية) في الصخور الرسوبية والتي عاشت في أزمنة جيولوجية مختلفة ومنها نستطيع أن نحدد العمر الجيولوجي لهذه الصخور وظروف البيئة التي تكونت فيها.

• **الجيوكيمياء Geochemistry :** تختص بدراسة الجانب الكيميائي للمعادن والصخور وتوزيع العناصر في القشرة الأرضية وتحديد نوع ونسبة الخامات المعدنية في القشرة الأرضية.

• **الجيولوجيا الهندسية Engineering Geology :** يختص بدراسة الخواص الميكانيكية والهندسية للصخور بهدف إقامة المنشآت الهندسية المختلفة مثل السدود والأنفاق والكبارى العملاقة وناطحات السحاب والأبراج.

• **جيولوجيا البترول Petroleum Geology:** يختص بكل العمليات التي تتعلق بنشأة البترول أو الغاز وهجرته وتخزينه في الصخور.



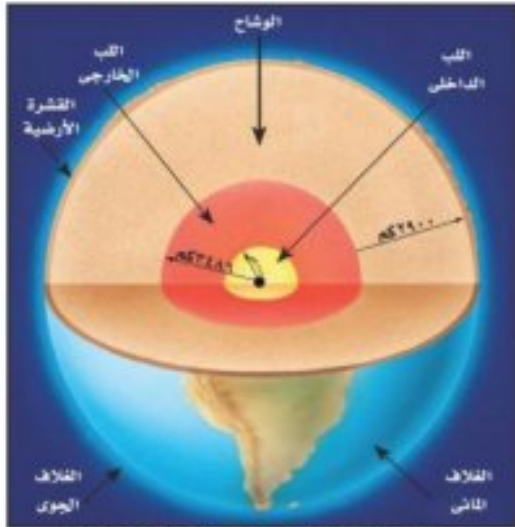
• علم الجيوفيزياء Geophysics: الذي يبحث عن أماكن تواجد الثروات البترولية والخامات المعدنية وكل ما هو تحت سطح الأرض بعد الكشف عنها بالأجهزة الكاشفة الحساسة.
أهمية الجيولوجيا في حياتنا: إن التطور الصناعي والاقتصادي قائم في جزء كبير منه على الدراسات الجيولوجية حيث تعتمد على ما يتم استخراجه من ثروات من القشرة الأرضية واستغلال هذه الثروات ومن أهم فوائد علم الأرض:

- 1-التنقيب عن الخامات المعدنية كالذهب والحديد والفضة وغيرها.
- 2-الكشف عن مصادر الطاقة المختلفة مثل الفحم والبترول والغاز الطبيعي والمعادن المشعة.
- 3-البحث عن مواد البناء المختلفة مثل الحجر والطفل والرخام والجبس والحجر الرملي والجرانيت وغيرها.
- 4-تساعد في تخطيط المشاريع العمرانية كبناء مدن جديدة وسدود وأنفاق وشق طرق آمنة من الأخطار والكوارث.
- 5-البحث عن المواد الأولية المستخدمة في الصناعات الكيميائية كالصوديوم والكبريت والكلور لتصنيع أسمدة ومبيدات حشرية وأدوية.
- 6-الكشف عن مصادر المياه الأرضية نعتمد عليها في استصلاح الأراضي
- 7-تسهم في انجاح العمليات العسكرية

مكونات كوكب الأرض

لكوكب الأرض مكونات رئيسية هي:

(١) القشرة الأرضية Crust :

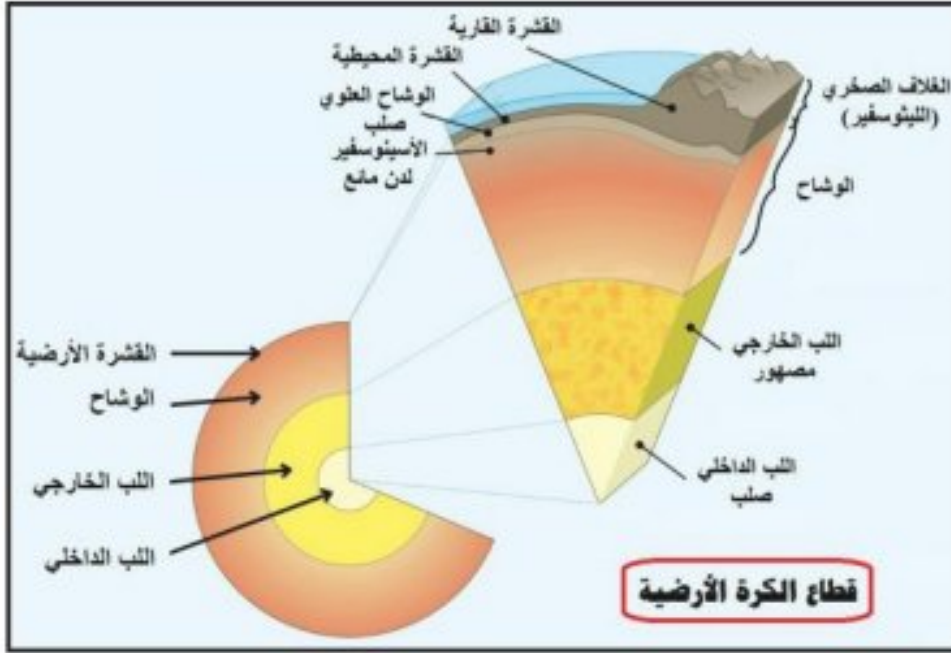


قطاع الكرة الأرضية والأغلفة المختلفة

غلاف رقيق السمك حيث يتراوح سمك صخوره ما بين ٨ الى ١٢ كيلومتر تحت البحار المفتوحة والمحيطات وتتكون من صخور السيمابازلتية (تسمى بالقشرة المحيطية Oceanic Crust) الأعلى كثافة وثقيلة الوزن النوعي عن القشرة القارية والمكونة معظمها من السيليكالماغنسيوم وحوالي ٦٠ كيلومتر في القارات وتتكون من صخور السيلالجرانيتية (وتسمى بالقشرة القارية Continental Crust) والمكونة معظمها من السيليكالو الألومنيوم وتتكون القشرة الأرضية من صخور نارية ورسوبية ومتحولة ورغم اختلاف كثافة صخور القشرتين إلا أنها في حالة من التوازن الدائم.

(٢) الوشاح Mantle :

يكون حوالي ٨٤٪ من الحجم الكلي للأرض ويمتد من أسفل القشرة ليصل إلى حوالي ٢٩٠٠ كيلومتر. يتكون الوشاح من سيليكات الحديد والماغنسيوم. وينقسم الوشاح إلى جزء علوي صلد يشترك مع



القشرة الأرضية لتكوين الغلاف الصخري (Lithosphere) الذي يصل سمكه حوالي ١٠٠ كم. ويوجد أسفل الغلاف الصخري الأستينوسفير (Asthenosphere) يصل إلى حوالي ٣٥٠ كيلومترا ويتكون من مواد صخرية لينة مائعة تتصرف تصرف الموائع تحت ظروف خاصة من الضغط

ودرجة الحرارة وتسمح بانتشار دوامات تيارات الحمل فيها والتي تساعد على حركة القارات فوقها. والجزء السفلي من الوشاح يتكون من صخور صلبة.

٣) النواة أو اللب Core :

يبلغ نصف قطره حوالي ٣٤٨٦ كيلومتر أي ما يوازي ١٥٪ من حجم الأرض ولكونه يتكون من مواد عالية الكثافة فهو يمثل ثلث كتلتها وعنده يكون الضغط كبير جدا إذ يصل إلى الملايين من الضغط الجوي كما تصل عنده درجة الحرارة لأكثر من ٥٠٠٠ درجة مئوية. ولقد أثبتت النتائج التي حصل عليها العلماء من تحليلهم للموجات التي تنتشر في جوف الأرض عند حدوث الزلازل أن النواة أو اللب يمكن تقسيمه إلى:

- **لب خارجي Outer Core** : بسبك يساوي تقريبا ٢١٠٠ كيلومتر ويتألف من الحديد والنيكل المنصهر ويقع تحت ضغط يوازي ٣ مليون ضغط جوي وكثافته تصل إلى حوالي ١٠ جم / سم^٣
- **لب مركزي أو داخلي Inner Core** : يتكون من الحديد والنيكل في حالة صلبة عالية الكثافة تبلغ حوالي ١٤ جم / سم^٣ ونصف قطره يصل إلى حوالي ١٣٨٦ كيلومتر. وبذلك تمكن العلماء من تفسير أصل المجال المغناطيسي للأرض بسبب وجود لب خارجي من مواد مصهورة تدور حول لب داخلي صلب.

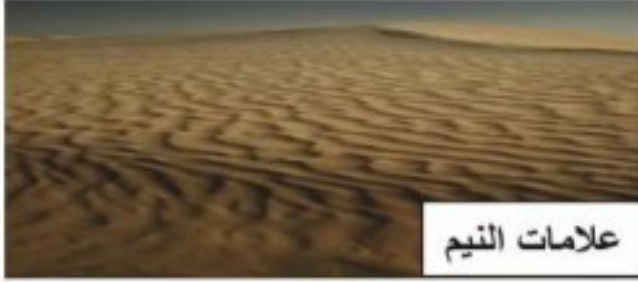
التراكيب الجيولوجية

إن صخور القشرة الأرضية خاصة الرسوبية منها لا يبقى على الحالة التي نشأت عليها عند تكونها. ولكنها تتعرض دائما ومن وقت لآخر لقوى داخلية وخارجية من نوع ما تجعلها تتخذ أوضاعا وأشكالا جديدة. وهذه الأشكال تسمى بالتراكيب الجيولوجية:-



وللتراكيب الجيولوجية أنواع منها:

(١) التراكيب الجيولوجية الأولية **Primary Structures**: وهي الأشكال التي تتخلف بالصخور تحت تأثير عوامل مناخية وبيئية خاصة مثل الجفاف والحرارة وتأثير الرياح والتيارات المائية وغيرها



علامات النيم



التشققات الطينية



التدرج الطبقي



التطبق المتقاطع

وبدون أى تدخل يذكر من جانب القوى التكتونية والحركات الأرضية. ومثل ذلك ما نراه في تراكيب التطبق المتقاطع Cross-Bedding وعلامات النيم Ripple Marks والتدرج الطبقي Grade Bedding والتشققات الطينية Mud Cracks وغيرها من التراكيب التي تعتبر في الحقيقة من أهم التراكيب الجيولوجية الأولية وأكثرها انتشاراً في صخور القشرة الأرضية وخاصة الرسوبية منها.

(٢) التراكيب الجيولوجية الثانوية **Secondary Structures**: والتي يسميها البعض تراكيب

جيولوجية تكتونية نظراً لكونها بنيات تكونت بفعل القوى المنبعثة من باطن الأرض وهي التشققات والتصدعات الضخمة والإلتواءات العنيفة التي كثيراً ما نراها تشوه صخور القشرة الأرضية أثناء قيامنا برحلاتنا الجيولوجية للمناطق الجبلية والصحراوية. تلك القوى الداخلية التي يتعرض لها كوكبنا (الأرض) وينتج عنها حدوث الزلازل وهياج البحار والمحيطات وتقدم مياهها أو انحسارها عن اليابسة وزحزحة القارات وحركتها حول بعضها البعض. وسوف نتناول في الصفحات التالية دراسة التراكيب الجيولوجية التكتونية بالتفصيل نظراً لأهميتها الاقتصادية.

أمثلة التراكيب التكتونية

أولاً : الطيات أو الثنيات **Folds**

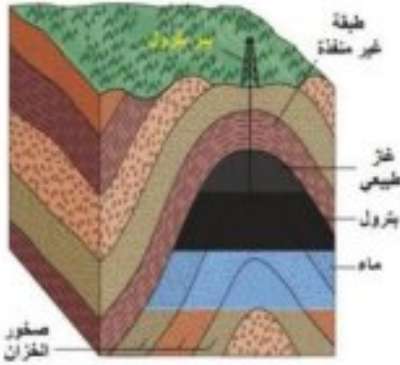
تعتبر الطيات من أهم أنواع التراكيب الجيولوجية تكتونية الأصل وهي تتواجد بصورة أكثر وضوحاً في الصخور الرسوبية التي تظهر على شكل طبقات تختلف في سمكها وامتدادها في الطبيعة من مكان لآخر وتعرف الطية بأنها انثناء أو تجعد يحدث لصخور القشرة الأرضية وقد تكون بسيطة أي ثنية واحدة أو



الطيات في الطبيعة

غالبا ما تكون مكونة من عدة ثنيات متصلة وهي تنشأ غالبا نتيجة نتيجة تعرض سطح القشرة الأرضية لقوى ضغط ، و نادراً أن تبقى الطيات على الحالة التي نشأت عليها ولك ن يتعقد شكلها بالكسور والتشققات لتعرضها لتكرار عمليات الطي.

وللطيات أهمية جيولوجية واقتصادية كبيرة تتمثل في:-



١ . تشكل المكامن أو المصائد التي يتجمع فيها زيت البترول الخام والمياه الجوفية أو يترسب فيها الخامات المعدنية.

٢ . تحديد العلاقة الزمنية (من حيث الأقدم والأحدث) بين الصخور .

٣ . تعتبر الطيات دليلاً على النشاط التكتوني والتشوه في الصخور

٤ . للطيات أهمية في تصميم المشاريع الهندسية وعمليات البناء .

عناصر الطية : توصف الطيات على اختلاف أحجامها وأنواعها بعدة عناصر تركيبية أساسية منها:

▪ **المستوى المحوري للطية :** هو المستوى الوهمي الذي يقسم الطية بكل طبقاتها المختلفة إلى نصفين متماثلين ومتشابهين تماماً من جميع الوجوه.

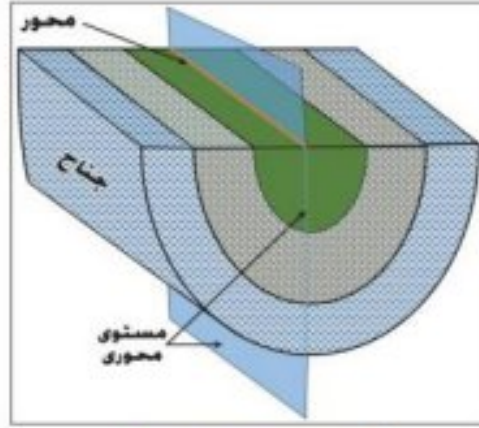
▪ **جنحى الطية :** يتمثل أساساً في كل من كتلتى الصخور الموجودتين على جانبي المستوى المحوري للطية.

▪ **محور الطية :** هو الخط الوهمي الذي ينتج عند تقاطع المستوى المحوري للطية مع أى سطح من أسطح طبقاتها المختلفة.

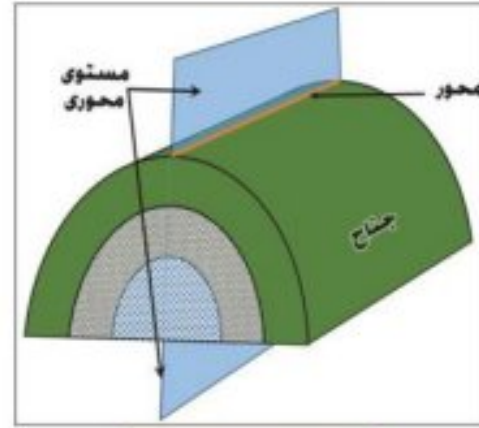
أكثر أنواع الطيات شيوعاً هي:

➤ الطيات المحدبة والتي تتميز بأن طبقاتها منحنية لأعلى وأقدم طبقاتها توجد في المركز.

➤ الطيات المقعرة والتي تتميز بأن طبقاتها منحنية لأسفل وأحدث طبقاتها توجد في المركز.



عناصر الطية المقعرة



عناصر الطية المحدبة



الفوالق في الطبيعة

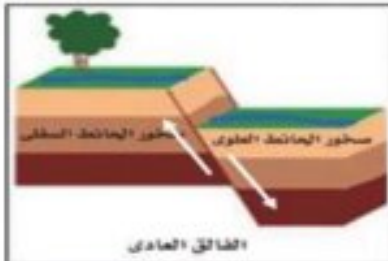
ثانياً: الفوالق Faults

الفوالق واحدة من أهم التراكيب التكتونية الأصل وتعرف بأنها كسور وتشققات في الكتل الصخرية التي يصاحبها حركة نسبية للصخور المتهدمة على جانبي مستوى الكسر.

عناصر الفالق : وللفوالق كما للطيّات عناصرها التركيبية أهمها:

- **مستوى الفالق** : هو المستوى الذي تتحرك على جانبيه الكتل الصخرية المتهدمة بحركة نسبية ينتج عنها إزاحة.
- **صخور الحائط العلوي** : هي كتلة الصخور الموجودة أعلى مستوى الفالق.
- **صخور الحائط السفلي** : هي كتلة الصخور الموجودة أسفل مستوى الفالق.

تحديد نوع الفالق : ولتعرف نوع الفالق سواء كان فالقاً عادياً أو فالقاً معكوساً فإنه يجب أولاً أن نحدد الإتجاه الذي تحركت فيه مجموعة من الصخور الموجودة على أحد جانبي مستوى الفالق بالنسبة لإتجاه



حركة نفس هذه المجموعة الصخرية على الجانب الآخر، وعلى هذا الأساس يمكن تصنيف الفوالق كما يلي :

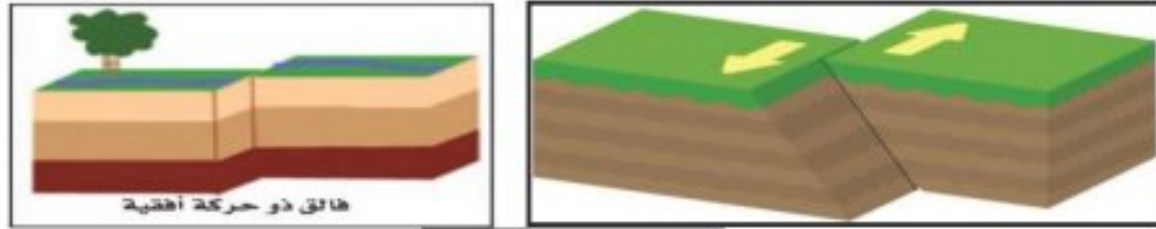
(أ) **الفالق العادي (Normal Fault)** : هو الكسر الناتج عن الشد والذي تتحرك على مستواه صخور الحائط العلوي إلى أسفل بالنسبة لصخور الحائط السفلي.

(ب) **الفالق المعكوس (Reverse Fault)** : هو الكسر الذي ينشأ من الضغط ويظهر فيه تحرك واضح لصخور الحائط العلوي إلى أعلى بالنسبة لصخور الحائط السفلي.

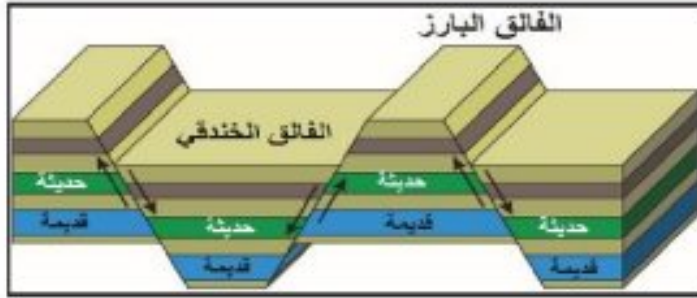
(ج) **الفالق النسر (Thrust Fault)** : وهو أحد أنواع الفوالق المعكوسة ويتميز عن الفالق المعكوس بأن مستوى الفالق أفقياً تقريباً (أى قليل الميل) ولذلك قد يسميه البعض فالق زحفي لأن صخوره المهشمة تزحف أفقياً تقريباً بمسافة "م" على مستوى الفالق.



(د) **فالق ذو حركة أفقية (Strike-slip Fault)** : تتحرك صخوره المهشمة ح ركة أفقية في نفس المستوى دون وجود إزاحة رأسية.



فالق ذو حركة أفقية



(هـ) **فالق بارز أو ساتر (Horst Faults)** : يحدث عندما تتأثر الصخور بفالقين عاديين يتحدان معا في صخور الحائط السفلي.

(و) **فالق خندقي أو خسفي (Graben Faults)** : يحدث عندما تتأثر الصخور بفالقين عاديين يتحدان في صخور الحائط العلوي.

أهمية الفوالق: ١) تعتبر الفوالق مصائد للبترول والغاز الطبيعي والمياه الجوفية.

٢) أماكن تصاعد مياه ونافورات ساخنة على مستوى الفالق كما في منطقة عيون حلوان بحلوان والعين المسخنة على الساحل الغربي لخليج السويس وحمام فرعون على الساحل الشرقي لخليج السويس والتي تستخدم للسياحة والعلاج.

٣) ترسيب معادن الكالسيت والمنجنيز والنحاس وخامات القصدير ذات القيمة الاقتصادية نتيجة صعود مياه معدنية في الشقوق على طول مستوى الفالق.

ثالثاً : الفواصل Joints

تركيبة جيولوجية تكتونية الأصل وهي عبارة عن كسور متواجدة في الصخور المختلفة النارية والرسوبية والمتحولة ولكن بدون اية إزاحة ولقد وجد أن المسافة بين كل فاصل وأخر تختلف من عدة سنتيمترات إلى عشرات الأمتار ويعتمد ذلك على نوع الصخر وسك الصخر وطريقة استجابته للقوى



المؤثرة عليه.

ويجدر الإشارة هنا الى أن قدماء المصريين استفادوا من وجود هذه الفواصل في الصخور في بناء معابدهم ومقابرهم وكذلك في عمل المملاط.

تراكيب عدم التوافق " Unconformity "

سطح عدم التوافق : هو سطح تعرية أو سطح عدم ترسيب واضح ومميز يفصل ما بين مجموعتين صخريتين ويدل على غياب الترسيب لفترات زمنية تصل إلى عشرات الملايين من السنين . ويستدل عليها بعدة شواهد :

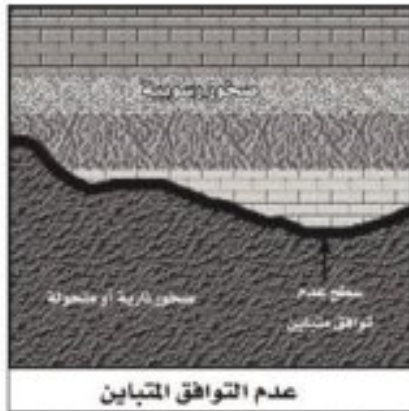
الشواهد التي تدل على وجود عدم التوافق :

١. وجود طبقة من الحصى المستدير (الكونجلوميرات) تقع فوق سطح عدم التوافق مباشرة.
٢. تغير مفاجئ في تتابع المحتوى الحفري بين الطبقات
٣. اختلاف ميل الطبقات على جانبي سطح عدم التوافق
٤. وجود تراكيب جيولوجية أو تداخلات صخور نارية في إحدى الطبقات وعدم وجودها في الطبقات الأخرى.

أنواع عدم التوافق :

عدم التوافق المتباين (Nonconformity) :

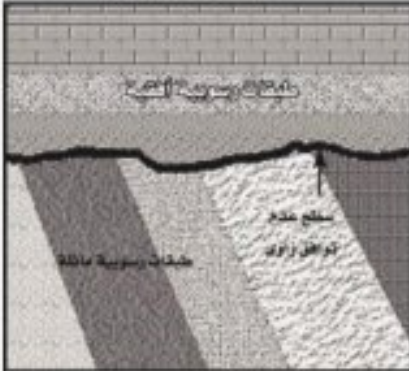
ويتكون هذا النوع بين الصخور الرسوبية والصخور النارية أو المتحولة من جهة أخرى وتكون الصخور الرسوبية هي الأحدث.



عدم التوافق المتباين

عدم التوافق الزاوي (Angular unconformity) :

في هذا النوع تكون مجموعة الطبقات الأقدم سائلة أما مجموعة الطبقات الأحدث فهي أفقية أو تكون المجموعتان مائلتين في اتجاهين مختلفين.



عدم التوافق الزاوي

عدم التوافق الإنقطاعي (Disconformity) :

وفيه يكون عدم التوافق بين مجموعتان من الصخور الرسوبية في وضع أفقي تقريباً تحدث بسبب التعرية أو انقطاع الترسيب ويمكن للجيولوجي تحديد سطح عدم التوافق من خلال المحتوى الحفري لها.



عدم التوافق الانقطاعي

المعادن والصخور

يعيش الإنسان على سطح الأرض فوق القشرة الأرضية يأكل من زراعة تربتها ويسكن في منازل يبنيها من مواد يستخرجها من صخورها و معادنها . و لا يتم ذلك إلا بدراسة مواد القشرة الأرضية من الصخور و المعادن المكونه لها ، والتي نعيش في تلامس مباشر معها بل و تصعب الحياة بدونها سواء في السلم أو الحرب . وقد عرف الإنسان المعادن والصخور منذ قديم الأزل . حيث استخدم الإنسان العصر الحجري معادن الهيماتيت والليمونيت للرسم على جدران الكهوف التي كان يعيش فيها . ثم ازدهرت صناعة الفخار من معادن الطين بعد أن عرف الإنسان النار . وكان الانسان المصرى القديم أول من استخدم الأحجار ذات الألوان الزاهية من فيروز ومالاكيت وزمرد كأحجار للزينة والآن تستخدم المعادن في الكثير من الصناعات و استخدامات الحياة المتعددة حيث يستخدم الكالسيت في صناعة الأسمنت والكوارتز (الرمل) في المصنوعات الزجاجية أما أكاسيد الحديد (الماجنيثيت والهيماتيت) فتدخل في صناعة الحديد والصلب اللازمة في البناء وصناعة السيارات وسكك الحديد. أما الفلسبار فيدخل في صناعة الخزف.

تتركب القشرة الأرضية من ثلاثة أنواع من الصخور هي النارية والرسوبية والمتحولة، وتتشترك الصخور في أنها تتكون من مجموعة معادن و في أحيان قليلة نجد أن الصخر يتكون من معدن واحد مثل معدن الكالسيت الذي يكون صخور الحجر الجيري .ولكن الغالبية العظمى من الصخور تتكون من حبيبات من المعادن متماسكة مع احتفاظ كل منها بخصائصه مثل الجرانيت الذي يتكون معظمه من الكوارتز والفلسبار والميكا وعادة ما تشترك المعادن المكونة للصخر في بعض الصفات أو الخواص .
تعريف المعدن : ما سبق يتضح أن المعدن هو الوحدة الأساسية التي يتكون منها الصخر . والمعدن بالنسبة لجيولوجى متخصص في علم المعادن هو مادة صلبة غير عضوية تتكون في الطبيعة ولها تركيب كيميائى محدد ولها شكل بلورى مميز .

تكون المعادن : المعادن كغيرها من المواد الطبيعية تتكون من العناصر المعروفة لنا حيث تتكون بعض المعادن من عنصر واحد فقط مثل الذهب والكبريت و النحاس وكذلك الجرافيت والماس اللذان يتكونان من عنصر الكربون بينما تتكون غالبية المعادن من اتحاد عنصرين أو أكثر كيميائيا حيث ترتبط لتكون مركبا ثابتا ، حسب القوانين الكيميائية الخاصة بالروابط مثل الكوارتز (المرو) الذي يتكون من ثاني أكسيد السيليكون والكالسيت الذي يتكون من كربونات الكالسيوم و مع أن الانسان تعرف على أكثر من مائة عنصر، فإن ثمانية عناصر فقط تكون حوالى ٩٨,٥٪ بالوزن من صخور القشرة الأرضية. وقد تمكن علماء المعادن من تعريف أكثر من ألفى معدن ، وإن كان أغلبها يوجد بكميات قليلة في الطبيعة . وإذا أحصينا المعادن الشائعة وتلك ذات القيمة الاقتصادية نجد أنها لا تتجاوز المائتى معدن أما المعادن

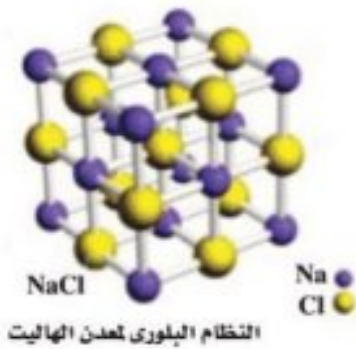


المكونة لصخور القشرة الأرضية ، فإنها تعد بالعشرات و تنقسم إلى عدة مجموعات معدنية أكثرها شيوعاً مجموعة السيليكات تليها الكربونات ثم الأكاسيد والكبريتيدات والكبريتات ثم معادن عنصرية منفردة وغيرها . ومن الأركان الأساسية في تعريف المعدن أن له تركيب كيميائي محدد وبناء ذري ثابت والمثق الأساسي في تعريف المعدن هو كونه مادة متبلرة يتحكم النظام البلوري لها في شكل المعدن وخصائصه الفيزيائية وفي خصائصه الكيميائية أيضاً .

التركيب البلوري للمعادن

المجموعات الكيميائية المكونة للمعادن			العنصر	النسبة المئوية
الترتيب	المجموعات المعدنية	أمثلة للمعادن	الأكسجين	٪ ٤٦,٦
الأكثر ↓ الأقل	السيليكات	الكوارتز - الأرتوكليز - الملاجيوكليز - الميكا - الأمفيبول - البيروكسين - الأوليفين - الصوان	السيليكون	٪ ٢٧,٧
	الكربونات	الكالسيت - الدولوميت - المالاكيت	الألومنيوم	٪ ٨,١
	الأكاسيد	الهيماتيت - الماجنيتيت	الحديد	٪ ٥,٠
	الكبريتيدات	البيريت - الجالينا - السفاليريت	الكالسيوم	٪ ٣,٦
	الكبريتات	الجبس - الأنهدريت - الباريت	الصوديوم	٪ ٢,٨
	معادن عنصرية منفردة	الجرافيت - الذهب - النحاس - الكبريت - الماس	البوتاسيوم	٪ ٢,٦
			المغنسيوم	٪ ٢,١
			بقية العناصر	٪ ١,٥

العناصر الشائعة في القشرة الأرضية

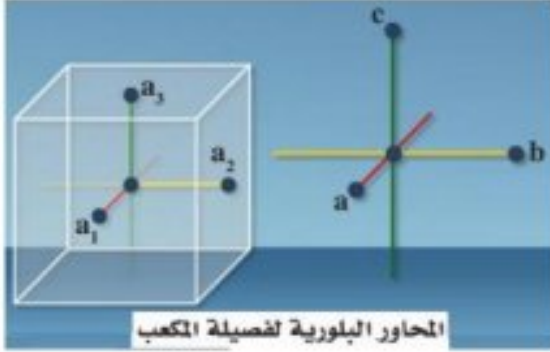


يتكون المعدن من ترتيب ذرات العناصر داخل المعدن الواحد ترتيباً منتظماً متناسقاً مكونة ما يعرف بالشكل البلوري . البلورة جسم هندسي مصمت لها أسطح خارجية مستوية تعرف بالأوجه البلورية . مثل النظام البلوري لمعدن الهاليت (كلوريد الصوديوم) والمعروف بالملح الصخري الذي يتكون من اتحاد أيونات الصوديوم الموجبة مع أيونات الكلور السالبة في نظام تكراري ينتج عنه نظام بلوري مميز لمعدن الهاليت يكون على شكل مكعب .

التركيب البلوري للمعادن

- الشكل البلوري للمعدن : يتكون المعدن من ترتيب ذرات العناصر داخل المعدن ترتيباً منتظماً متناسقاً .
- البلورة : جسم هندسي مصمت لها أسطح خارجية مستوية تعرف بالأوجه البلورية .
- مثال النظام البلوري لمعدن الهاليت (الملح الصخري) : (كلوريد الصوديوم NaCl) يتكون من اتحاد أيونات الصوديوم الموجبة مع أيونات الكلور السالبة في نظام تكراري يكون على شكل مكعب .

العناصر الأساسية لدراسة بلورات المعادن



1. أطوال المحاور البلورية : يرمز لها بـ :
 - في حالة اختلاف أطوال المحاور. (a - b - c)
 - عند تساوي أطوال المحاور، من أمثلتها: (a₁ - a₂ - a₃)
2. الزوايا بين المحاور البلورية : ويرمز لها - (α - β - γ)
3. مستوي التماثل البلوري : هو المستوي الذي يقسم البلورة إلى نصفين متشابهين تماماً.



الأنظمة البلورية

- تقسم بلورات المعادن إلى ٧ أنظمة بلورية مختلفة.

أنظمة لها ثلاثة محاور بلورية (وجه التشابه : متعامدة الزوايا)			
النظام البلوري	وصف البلورة	المحاور البلورية	شكل البلورة
المكعبى	بلورة تشتمل ثلاثة محاور بلورية متساوية في الطول. الثلاث محاور متعامدة الزوايا. يتميز هذا النظام بأكبر قدر من التماثل البلوري ، له مستويات تماثل أفقية ورأسية ومائلة.	$(a_1 = a_2 = a_3)$ $(\alpha = \beta = \gamma)$	
الرباعي	بلورة تشتمل ثلاثة محاور بلورية، محوران متساويان في الطول والثالث يختلف عنهما في الطول، له مستويات تماثل أفقية ورأسية. الثلاث محاور متعامدة الزوايا.	$(a_1 = a_2 \neq c)$ $(\alpha = \beta = \gamma)$	
المعيني القائم	بلورة تشتمل ثلاثة محاور بلورية مختلفة في الطول ومتعامدة الزوايا، له مستويات تماثل أفقية ورأسية. الثلاث محاور متعامدة الزوايا.	$(a \neq b \neq c)$ $(\alpha = \beta = \gamma)$	

أحادي الميل	بلورة تشتمل ثلاثة محاور بلورية مختلفة في الطول، والثلاث مثل عليهما، له مستوي تماثل واحد. ومعظم المعادن تنتمي إلى هذه الفصيلة. معظم المعادن تنتمي إلى هذه الفصيلة.	$(a \neq b \neq c)$ $(\alpha = \gamma \neq \beta)$	
ثلاثي الميل	بلورة تشتمل ثلاثة محاور بلورية مختلفة في الطول وى الطول وغير متعامدة، ليس له أي مستويات تماثل.	$(a \neq b \neq c)$ $(\alpha \neq \beta \neq \gamma)$	

أنظمة لها أربعة محاور بلورية			
النظام البلوري	وصف البلورة	المحاور البلورية	شكل البلورة
سداسي	<ul style="list-style-type: none"> تتضمن البلورة ثلاثة محاور بلورية أفقية متساوية في الطول وتتقاطع مع بعضها في زوايا متساوية. يتعامد عليهم محور رابع يختلف عنهم في الطول. المحور الرأسي سداسي التماثل. يوجد مستوى تماثل أفقي. تحتوي على مستويات تماثل أفقية ورأسية. 	$(a_1 = a_2 = a_3 \neq c)$	
	<ul style="list-style-type: none"> تتضمن البلورة ثلاثة محاور بلورية أفقية متساوية في الطول وتتقاطع مع بعضها في زوايا متساوية. يتعامد علي مستواهم الأفقي محور رابع يختلف عنهم في الطول. المحور الرأسي ثلاثي التماثل. لا يوجد مستوى تماثل أفقي. 		

الخواص الفيزيائية للمعادن:

ولما كان أحد أهم واجبات الجيولوجي هو التعرف على المعادن بداية في أماكن وجودها في الحقل فإنه يستخدم أولاً الخواص الفيزيائية الظاهرة والتي تسهل ملاحظتها في العينة اليدوية ليتوصل إلى تعريف المعدن مبدئياً التي يمكن تصنيفها إلى خواص بصرية و تماسكية وغيرها.

أولاً: الخواص البصرية: هي خواص تعتمد على تفاعل المعدن مع الضوء الساقط عليه والمنعكس منه وأهمها:



البيريت

(أ) **البريق:** هو قدرة المعدن على عكس الضوء الساقط عليه.

(ب) **بريق فلزي:** بعض المعادن له بريق فلزي والتي تعكس الضوء بدرجة كبيرة بحيث يكون المعدن لامعاً مثل (البيريت - الجالينا - الذهب)



(ب) بريق لا فلزي : أما المعادن التي لها بريق لا يشبه بريق الفلزات فإن بريقها لا فلزي يوصف بما يشابهه مثل البريق الزجاجي مثل الكوارتز والكالسيت، والبريق اللؤلؤي مثل الفلسبار، ثم البريق الترابي ما كان سطحه مطفيا أو غير براق مثل الكاولينيت.

(٢) اللون : يعتمد لون المعدن على طول الموجات الضوئية التي تنعكس منه و تعطى الإحساس باللون. ومع أن لون المعدن هو أكثر صفاته وضوحا إلا أنه صفة قليلة الأهمية نسبيا في التعرف على المعادن ، حيث تتغير ألوان غالبية المعادن باختلاف تركيبها الكيميائي (في الحدود المسموح بها و التي لا تغير من الترتيب الذري المميز للمعدن) أو احتوائه على نسبة من الشوائب. من أمثلة ذلك:

(أ) معدن الكوارتز الذي يتواجد في ألوان متعددة منها الوردي لوجود شوائب من المنجنيز والبنفسجي (الأميثيست) يحتوى شوائب من أكسيد الحديد. و الكوارتز الأبيض في لون الحليب الذي يحتوى شوائب من فقاعات غازية كثيرة. بينما يكون الكوارتز النقي شفافا لا لون له ، و يعرف باسم البلور الصخري.

(ب) معدن السفاليرايت (كبريتيد الزنك) ذو اللون الأصفر الشفاف والذي يتحول إلى اللون البني بإحلال بعض ذرات الحديد بنسبة قليلة محل بعض ذرات الزنك.

ليست كل المعادن ذات ألوان مختلفة بل إن بعضها له لون ثابت يعرف باللون الأصلي للمعدن مثل اللون الأصفر لمعدن الكبريت واللون الأخضر لمعدن المالاكيت (كربونات النحاس المائية)

(٣) المخدش : هو لون مسحوق المعدن الذي نحصل عليه بحك المعدن فوق قطعة من خزف غير



الأوبال

مصقول. يتميز لون المخدش بأنه ثابت في المعادن التي يتغير لونها بتغير نوع أو كمية الشوائب بها، و بذلك فهو أحد الخواص التي يمكن الاعتماد عليها في التعرف على المعادن. مثل معدن الهيماتيت الذي له لون رمادي غامق أو أحمر فله مخدش أحمر والبيريت الذي يتميز باللون الذهبي له مخدش أسود، والكوارتز ذو الألوان المتعددة له مخدش واحد هو الأبيض.

(٣) عرض الألوان : حيث يتغير لون المعدن مع تحريك المعدن أمام عين الانسان في

الاتجاهات المختلفة التي توجد في الأحجار الكريمة التي تستغل للزينة مثل :

- الماس يفرق شعاع الضوء الساقط عليه نتيجة انكساره إلى اللونين الأحمر و البنفسجي.
- معدن الأوبال الثمين يتميز بخاصية اللآلة حيث يتموج بريق المعدن باختلاف إتجاه النظر إليه.

ثانيا: الخواص التماسكية للمعادن

(١) الصلادة : هي درجة مقاومته للخدش أو البرى- و نحددها نسبيا حيث يخدش المعدن الأكثر صلادة

المعدن الأقل صلادة عند احتكاكه به. الصلادة خاصية سهلة التعيين باستخدام القيم العددية التي حددها

العالم موهس (Mohs) للصلادة و مقياس موهس للصلادة هو كالتالى:

مقياس الصلادة										
المعدن	نلك	جبس	الكلسيت	فلوريت	أباتيت	أرنوكسير	كوارتز	توباز	كورانوموم	ماس
الصلادة	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١٠
أدوات شائعة		ظفر الإنسان	عملة نحاسية		قطعة الرجاج	المخدش الظرفي				
الصلادة		(٢,٥)	(٣,٥)		(٥,٥)	(٦,٥)				

تعيين الصلادة فى الحقل أو المعمل : يسهل تعيين الصلادة أثناء الرحلات الجيولوجية أو المعمل باستخدام أقلام الصلادة المصنوعة من سبائك ذات درجات الصلادة المحددة. أو نستعين بأشياء شائعة الاستعمال فى حياتنا اليومية معروفة الصلادة والمحددة فى جدول الصلادة .



(٢) الانفصام : قابلية المعدن للتشقق على طول امتداد مستويات ضعيفة الترابط نسبيا تنتج عنها سطوح ملساء عند كسر المعدن أو الضغط عليه.

أنواع الانفصام:



معدن الجالينا

(أ) الانفصام فى اتجاه واحد : مثل معدن الميكا الذى يتميز بانفصام جيد فى اتجاه واحد ويعرف بالانفصام الصفائحى، وكذلك معدن الجرافيت الذى يتميز بانفصام قاعدى جيد فى اتجاه مواز لقاعدة البلورة.

(ب) الانفصام فى أكثر من اتجاه : لبعض المعادن أكثر من مستوى انفصام يمكن وصفها بعدد المستويات والزوايا بينها ، كما فى معدن الهاليت والجالينا مثلا الذى

ينتج عنهما انفصام مكعبى أو معدن الكالسيت له انفصام معينى . كذلك فإن بعض المعادن لا تظهر فيها خاصية الانفصام مثل معدن الكوارتز والصوان التى تتميز بالمكسر المحارى عند كسر المعدن.

(٣) القابلية للسحب والطرق : خاصية تعبر عن مدى إمكانية تشكيل المعدن بالطرق والسحب إلى رقائق أو أسلاك مثل الذهب والفضة والنحاس.

كما أن هناك خواص للتعرف على المعادن مثل الوزن النوعى وتتميز بعض المعادن بالوزن النوعى الثقيل مثل الجالينا الذى يصل وزنه النوعى ٧,٥ والذهب وزنه النوعى ١٩,٣ والخواص المغناطيسية من حيث إنجذابها مع المغناطيس مثل الماجنيتيت.



الصخور

الصخر : جسم طبيعي صلب يتكون غالباً من عدة معادن مجتمعة معا بنسب مختلفة وأحياناً يتكون من معدن واحد فقط.

أنواع الصخور : تتكون القشرة الأرضية من الصخور التي يمكن تقسيمها حسب نشأتها إلى ثلاثة أقسام هي الصخور النارية والرسوبية والمتحولة.

أهم الفروق بين أنواع الصخور الثلاثة:

- **الصخور النارية** : كتلية الشكل متبلرة غير مسامية لا تحتوى على أحافير.
- **الصخور الرسوبية** : طباقية الشكل نادرة التبلر غالباً مسامية وتحتوى غالباً على أحافير.
- **الصخور المتحولة** : متورقة أو كتلية متبلرة غير مسامية قد تحتوى على أحافير مشوهة.

الصخور النارية (Igneous Rocks)

هي أول صخور تكونت من صخور القشرة الأرضية وجميع الصخور الأخرى ناتجة عنها بفعل العمليات الجيولوجية المختلفة وتسمى أم الصخور أو الصخور الأولية وتكونت نتيجة تبريد وتبلور الصهير (مصهور الصخر) عندما تنخفض درجة حرارتها سواء كان ذلك داخل الأرض أو على سطح الأرض.

الصهير الذي يطلق عليه الماجما أو اللافا، هو سائل لزج يتكون أساساً من العناصر الثمانية الموجودة في معادن السليكات على صورة أيونات بالإضافة إلى بعض الغازات والتي من أهمها بخار الماء وتبقى هذه العناصر محبوسة داخل ذلك السائل اللزج تحت الضغط الواقع على الصهير في الجزء العلوي من الوشاح والذي يتميز بأن صخوره لدنة مائعة.

تكوين الصخور النارية:-

أوضحت التجارب التي قام بها العالم بوين أن الماجما عندما تنخفض درجة حرارتها وتبدأ عملية التبلر فإن أول المعادن تبلورا هي المعادن الغنية بعناصر الحديد والماغنيسيوم والكالسيوم وبذلك تقل هذه العناصر في صورتها الأيونية ويصبح الصهير غني بعنصرى الصوديوم والبوتاسيوم كما يزداد محتواه من السليكون حيث يتبلور هذا الجزء في المراحل الأخيرة من التبلور وقد أوضح بوين هذا التفاعل في مخطط عرف باسم متسلسلة تفاعلات بوين.

درجات الحرارة	متسلسلة تفاعل بوين		التركيب (أنواع الصخور)
	غنية بعنصري الحديد والماغنسيوم		
درجة الحرارة المرتفعة (~1200°C)	أوليفين	غني بالتكسيوم	فوق قاعدية (بريدوليت / كوماتيت)
تبريد الصهارة	بيروكسين	أمفيبول	قاعدية (جابر / بلزت)
	ميكات	بيوتيت	متوسطة (دابورايت / أندريت)
درجة الحرارة المنخفضة (~750°C)	فلسبار بوتاسي (ارثوكليز)	غني بالبوتاسيوم	حمضية (جرانيت / رايوليت)
	ميكات مسكوفيت	غني بالبوتاسيوم	
	كوارتز		

ونلاحظ أن الصهير عند تبلوره يتكون من ستة مجموعات أو فصائل معدنية :

يتكون من ستة مجموعات أو فصائل معدنية:-

* الأوليفين (أول المجموعات المعدنية تبلورا)

* البيروكسين * الأمفيبول

* الفلسبارات (البلاجيوكليزي والأرثوكليز)

* الميكات (البيوتيت والمكسوفيت)

* الكوارتز وهو آخر المعادن تبلورا

أسس تقسيم الصخور النارية ويمكن تقسيم الصخور النارية حسب الصفات الآتية:

(١) التركيب المعدني للصخور والذي يعتمد على التركيب الكيميائي

(٢) مكان تبلور الصخور والذي يؤثر على سرعة تبريدها وشكل نسيجها

أولاً : التقسيم حسب التركيب المعدني للصخور :

أ - صخور نارية فوق قاعدية:- صخور فقيرة في السيليكا حيث تقل فيها نسبة السيليكا عن ٤٥ ٪ ، أول

الصخور تكونا عند تبلور الصهير ، لذلك تكون غنية بالمعادن التي تحتوى على من الحديد والماغنسيوم

والكالسيوم مما يوضح سبب لونها الأسود الغامق ، غنية بمعنني الاوليفين والبيروكسين ونسبة قليلة من

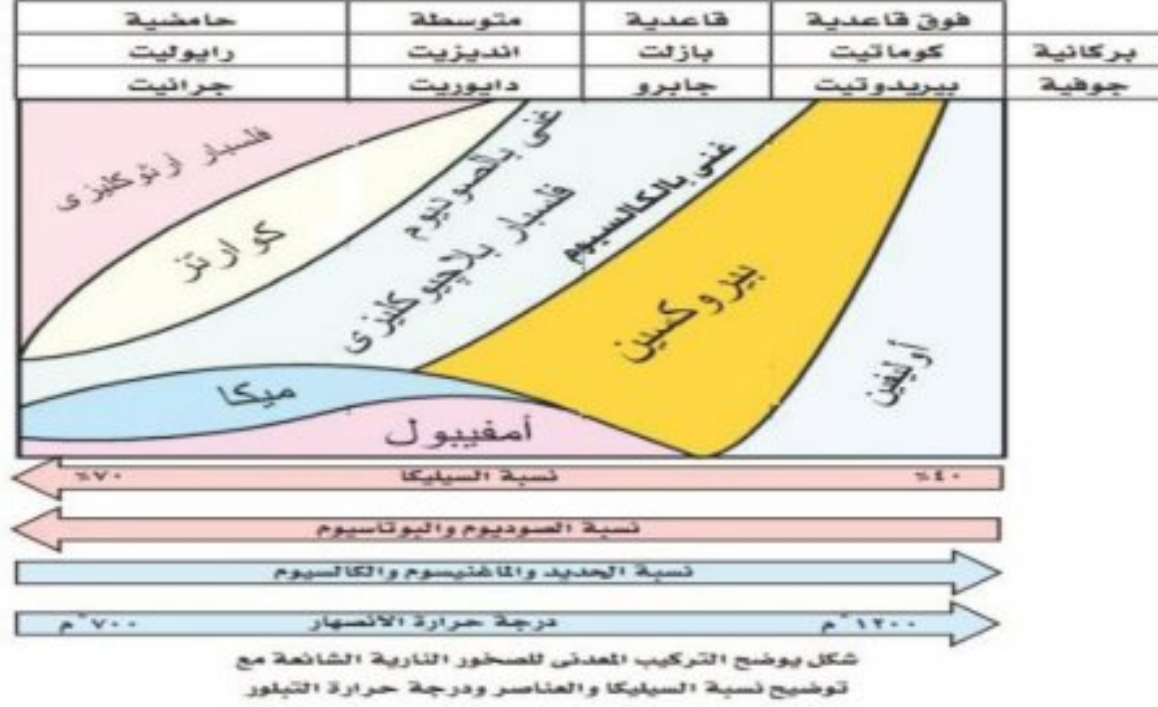
البلاجيوكليز الكلسي ومن أمثلتها صخر البيريدوتيت الجوفى وصخر الكوماتيت السطحى.

ب - صخور نارية قاعدية:-

صخور فقيرة في السيليكا تتراوح نسبة السيليكا من ٥٥ ٪ إلى ٤٥ ٪ تتبلور فى درجات الحرارة المرتفعة



أكثر من ١١٠٠ درجة مئوية، لونها أسود غامق مثل الأوليفين، البيروكسين والفلمبار البلاجيوكليز الكلسي، وبعض الأمفيبول، ومن أمثلتها الجابرو الجوفى، التوليرايت ذو النسيج البورفيرى ، والبازلت أشهر الصخور البركانية انتشارا على سطح الأرض ويستخدم فى أعمال الرصف.



ج - صخور نارية متوسطة:-

صخور متوسطة التركيب الكيميائى والمعدنى حيث تحتوى على السيليكا بنسبة تتراوح من ٦٦٪ إلى ٥٥٪ تحتوى الفلمبار البلاجيوكليزي والبيروكسين والأمفيبول والميكا والكوارتز ونسبة من الفلمبار البوتاسى ، تتبلور فى درجة حرارة متوسطة، لونها متوسط بين الفاتح والغامق ، ومن أمثلتها الدايورائيت ذو النسيج الخشن ، والميكرودايورائيت ذو النسيج البورفيرى ، وأشهرها الأنديزيت البركانى نسبة إلى جبال الأنديز.

د - صخور نارية حمضية:-

هى صخور تحوى نسبة من السيليكا أكثر من ٦٦٪ والفلمبار البوتاسى والصودى، والميكا، والكوارتز بنسبة ٢٥٪ والأمفيبول لونها وردي فاتح، تتبلور فى درجة حرارة منخفضة أقل من ٨٠٠ درجة مئوية، ومن أمثلتها وأشهرها الجرانيت ذو النسيج الخشن شائع الاستعمال فى عمليات البناء لجماله الطبيعى، والميكروجرانيت ذو النسيج البورفيرى، الرايوليت وهو بركانى دقيق التبلور، وكذلك الأوبسيديان زجاجى النسيج والبيومس الغنى بالفقاعات الغازية لذلك فإنه يتميز بوزن خفيف.

ثانياً : التقسيم حسب مكان التبلور وشكل النسيج :

أ - صخور نارية جوفية (باطنية) :-

يؤدى التبريد البطيء الذى يتم فى باطن الأرض بعيداً عن السطح إلى إعطاء الفرصة لكمية كبيرة من الأيونات لكى تتجمع على مركز التبلور الواحد فيتكون نسيج خشن وبه عدد قليل من البلورات كبيرة الحجم مثل الجرانيت والدايورايت والجابرو والبريدوتيت .

ب - صخور نارية متداخلة :-

وعندما يندفع الصهير فى اتجاه سطح الأرض لكن الظروف المحيطة لم تسمح له بمواصلة السير حتى السطح فيتداخل فى الصخور المحيطة به ثم يبرد ويتخذ أشكالاً متعددة ويتكون صخور نسيجها من بلورات كبيرة تكونت عندما كان الصهير فى باطن الأرض يبرد ببطء وبلورات أصغر حجماً تبلورت فى الموقع الجديد الأقرب إلى السطح حيث سرعة التبريد أكبر مكوناً الصخور النارية المتداخلة والتي يعرف نسيجها بالنسيج البورفيرى حيث توجد بلورات كبيرة الحجم وسط أرضية من بلورات أصغر حجماً لكنها غالباً من نفس التركيب المعدنى مثل : دوليرايت وميكرودايورايت وميكروجرانيت.

ج - صخور نارية بركانية (سطحية) :-

عندما تخرج الحمم البركانية (اللافا) أثناء الثورات البركانية فوق السطح أو بالقرب من سطح الأرض فإن الصهير يبرد بسرعة كبيرة حيث لم تأخذ فرصة كافية للتبلور فيكون النسيج زجاجياً أى عديم التبلور مثل الأوبسيديان أو نقيق التبلر بلورات مجهرية كثيرة العدد لا ترى بالعين المجردة مثل الرايوليت أو نسيج فقاعى بسبب وجود فقاعات غازية أثناء التبلر مثل البيومس أما صخور البازلت والأنديزيت والكوماتيت فيكون النسيج زجاجياً أو نقيق التبلور.

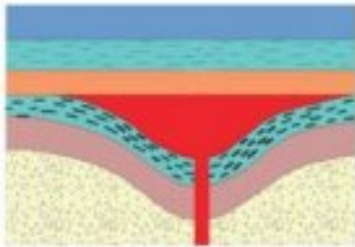
الصخور النارية المكافئة : هى صخور لها نفس التركيب الكيميائى والمعدنى وتختلف فى مكان النشأة والنسيج وحجم الحبيبات ومن أمثلها:

الجرانيت (جوفى خشن) والميكروجرانيت (متداخل بورفيرى) والرايوليت (سطحى دقيق).

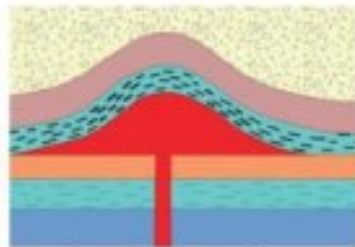
الأشكال والأوضاع التى تتخذها الصخور النارية فى الطبيعة :-

أولاً: أشكال الصخور النارية تحت السطحية :

(١) **الباثوليث :** أكبر الكتل النارية المعروفة وتمتد مئات الكيلومترات وسكها عدة كيلومترات.



الباثوليث



اللاكوليث

(٢) **القباب :** وتنتج من صعود الماجما خلال

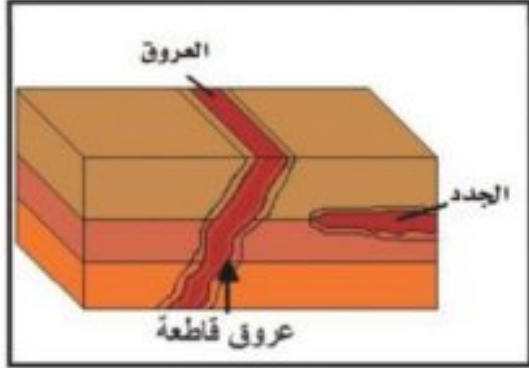
فتحة ضيقة ثم تتجمع بدلاً من انتشارها أفقياً وقد

تكون قبة عادية وتسمى اللاكوليث فى حالة

الماجما عالية اللزوجة وضغطها على ما فوقها



من صخر فتنثى لأعلى مكونة اللاكوليث ثنية محدبة، أو تكون قبة مقلوبة وتسمى اللوبوليث عندما تكون الماجما قليلة اللزوجة وتسبب انثناء الصخور أسفلها مكونة طية مقعرة .



العروق والجدد

(٣) العروق : تنتج من تداخل الماجما في الصخور المحيطة بها بحيث تكون قاطعة لها.

(٤) الجدد : تنتج من تداخل الماجما في الصخور المحيطة بها بحيث تكون موازية لأسطح الطبقات وغير قاطعة لها.

ثانياً: أشكال الصخور النارية البركانية السطحية :

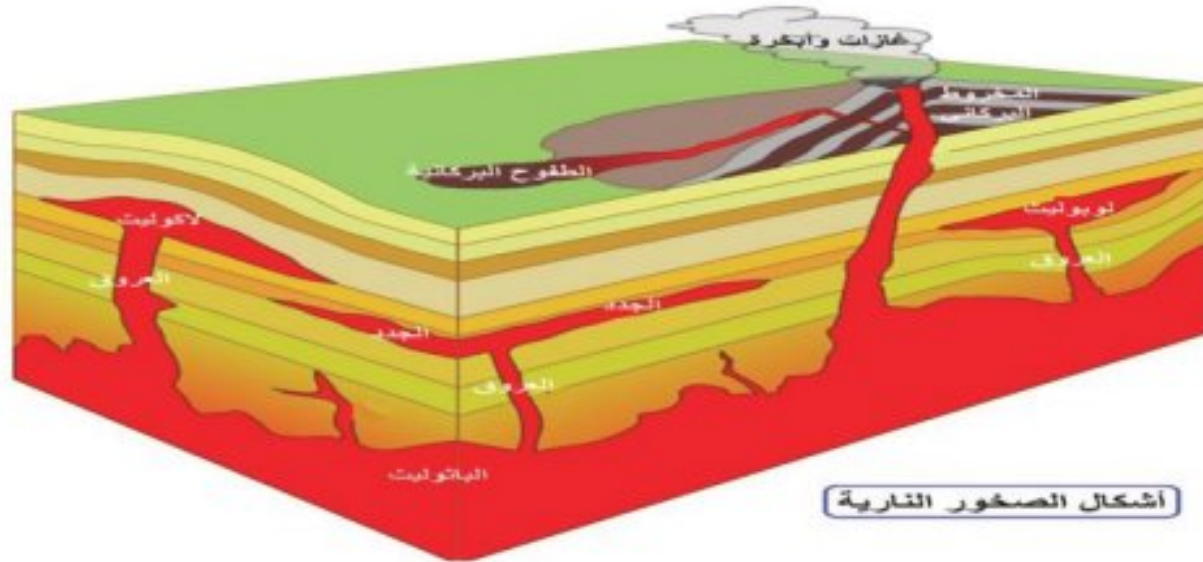
(١) الطفوح البركانية : اللافا المتصلدة على سطح الأرض تنتج من ثورات البراكين وتأخذ أشكال الحبال أو الوسائد.

(٢) المواد النارية الفتاتية : تنتج من تكسير أعناق البراكين ومنها:

• البريشيا البركانية : قطع ذات زوايا حادة تتراكم حول البركان.

• الرماد البركاني : حبيبات دقيقة الحجم تحملها الرياح لمسافات كبيرة لتسقط في قارة أخرى.

(٣) المقذوفات البركانية : كتل صخرية بيضاوية الشكل تتألف من مواد اللافا عند تجمدها بالقرب من سطح الأرض.



الصخور الرسوبية (Sedimentary Rocks)

هي صخور تكونت نتيجة تفتت صخور قديمة نارية ورسوبية ومتحولة بعوامل التجوية ثم نقل الفتات بعوامل نقل طبيعية ثم ترسيبها وتماسكها.

تكوينها :

تتكون الصخور الرسوبية نتيجة تفتت صخور قديمة نارية ورسوبية ومتحولة بعوامل التجوية والتي تنقلها عوامل النقل الطبيعية وتصل بها إلى أحواض الترسيب فترسبها في طبقات متوازية.

المميزات :

- تغطي حوالي ثلاثة أرباع سطح الأرض لكن في طبقات رقيقة نسبياً حيث أنها لا تمثل أكثر من ٥٪ من حجم صخور القشرة الأرضية.
- كثيراً منها مهم اقتصادياً مثل راسب الحجر الجيري والفوسفات والفحم والحديد وكذلك الحجر الرملي.
- تضم صخوراً طينية يتكون فيها البترول والغاز الطبيعي والكروميت وكذلك صخوراً مسامية مثل الحجر الرملي والجيري والرمال التي يخترن فيها النفط والغاز والمياه الجوفية.
- أنواع الصخور الرسوبية قليلة بالنسبة للنارية والمتحولة تسود ثلاثة منها هي الصخور الطينية والصخور الرملية والصخور الجيرية التي تكون حوالي ٩٠٪ من الصخور الرسوبية.

تصنيف وتقسيم الصخور الرسوبية

التقسيم الشائع للصخور الرسوبية حسب طريقة تكونها كما يلي:

أولاً: الصخور الرسوبية الفتاتية: تقسم حسب الحجم المساند لمكوناتها الصلبة إلى:

رواسب	المكونات	الحجم (القطر) ١م = ١٠٠٠ ميكرون	الصخر المتماسك بمادة لاحمة
الزلط	الحصى والجلاميد	يزيد عن ٢ مم	الكونجلوميرات (مستدير)
		(أكبر من ٢٠٠٠ ميكرون)	البريشيا (حاد الحواف)
الرمال	حبيبات الكوارتز	٦٢ ميكرون - ٢مم (٦٢ - ٢٠٠٠ ميكرون)	الحجر الرملي
الطين	الغرين	٤ - ٦٢ ميكرون	الصخور الطينية
	الصلصال	أقل من ٤ ميكرون	الطين الصفحي (الطفل) تتكون الصخور الطينية تحجر رواسب الطين.



عند تضاعف مكونات الصخور الطينية
وتماسكها تظهر فيها خاصية التورق وتسمى
الطفل أو الطين الصفحي

ثانياً : الصخور الرسوبية كيميائية النشأة:

تتكون الصخور الرسوبية الكيميائية نتيجة ترسب الأملاح الذائبة في الماء عند تبخر الماء وزيادة تركيز
الأملاح أو نتيجة التفاعلات الكيميائية.
وتقسم الصخور الرسوبية الكيميائية إلى:

صخور الكربونات : مثل الحجر الجيري (صواعد و هوايط) والدولوميت.

صخور سيليكاتية : مثل صخر الصوان الفاتح والغامق.

صخور متبخرات : مثل الجبس (كبريتات الكالسيوم المائية) والأنهيدريت (كبريتات كالسيوم لا مائية)
وملح الطعام الصخري وهو معدن الهاليت (كلوريد الصوديوم) التي تترسب نتيجة تبخر المياه

ثالثاً : الصخور الرسوبية العضوية (البيوكيميائية) :

الأحياء البحرية تبنى الأجزاء الصلبة من هيكلها الداخلى أو الخارجى من كربونات الكالسيوم التي
تستخلصها من ماء البحر وبعد موتها تتراكم هذه الهياكل مكونة صخور عضوية مثل صخور الحجر
الجيرى الغنية بالحفريات أى البقايا الصلبة للأحياء البحرية من فقاريات (أسماك) ولافقاريات من
محاريات وشعاب مرجانية وأحياء دقيقة الحجم مثل الفورامينيفرا أيضاً صخور الفوسفات التي تحتوى
على بقايا حفرية لحيوانات بحرية فقارية تحتوى الفوسفات بالإضافة إلى مكونات معدنية فوسفاتية.

مصادر الطاقة فى الصخور الرسوبية العضوية والبيوكيميائية

١) الفحم : من الرواسب العضوية ذو القيمة الاقتصادية هو الفحم الذى يتكون نتيجة دفن مواد نباتية فى
باطن الأرض بعيداً عن الأوكسجين لمدة طويلة حتى تفقد الأنسجة النباتية المواد الطيارة ويتركز
الكربون مكونا الفحم يتم ذلك عادة فى مناطق المستنقعات خلف دلتات الأنهار حيث الظروف ملائمة
للطمر (الدفن) السريع للبقايا النباتية بمعزل عن الهواء .

٢) النفط والغاز : لا يعتبر كل من النفط والغاز رواسب لكنهما يتكونان ويخترنان فى الصخور
الرسوبية. وقد تكونت هذه المواد الهيدروكربونية أى التى تتكون من الكربون والهيدروجين من تحلل
البقايا الحيوانية والنباتية البحرية الدقيقة بمعزل عن الهواء بعد ترسيبها مع الصخور الطينية التى تعرف
بصخور المصدر ، حيث تنضج عند عمق ٢ إلى ٤ كيلو متر فى باطن الأرض وفى درجات حرارة بين
٧٠ إلى ١٠٠ درجة مئوية وتتحول إلى الحالة السائلة والغازية للهيدروكربون ، وبعد ذلك تتحرك أو
تهاجر إلى صخور الخزان المسامية المكونة من الرمل والحجر الرملى والحجر الجيري أحياناً.

٣) الطفل النفطي : هو صخر طيني غنى بالمواد الهيدروكربونية والتي أغلبها من أصل نباتي توجد في حالة شمعية صلبة تعرف بإسم الكيروجين تتحول إلى مواد نفطية عند تسخين الصخر إلى درجة ٤٨٠ درجة مئوية تقريباً، مصدر مهم من مصادر الطاقة ولا يستغل حالياً لكنه يبقى كاحتياطي لحين نفاذ كميات البترول من الأرض ، ولن يبدأ استغلاله كوقود قبل أن يصبح سعر إنتاجه منافساً لسعر النفط.

الصخور المتحولة (Metamorphic Rocks)

تكوينها : هي صخور نارية أو رسوبية تأثرت بحرارة شديدة أو ضغط كبير أو ضغط وحرارة معا



فتحولت إلى صخور ذات صفات جديدة لا تنتمي لأى من النوعين. يتحول الصخر أى يتغير إلى هيئة أخرى إذا تعرض لظروف إرتفاع الحرارة أو الحرارة والضغط بحيث يصبح فى حاجة إلى إعادة توازنه وتبلوره ليتلاءم مع هذه الظروف وبالتالي فإن أى صخر سواء كان نارياً أو رسوبياً أو حتى متحولاً يكون عرضة للتحويل تحت ظروف إرتفاع الحرارة والضغط فى باطن الأرض.

مظاهر التحول:-

يظهر ذلك بتغيير معادنه إلى معادن جديدة أحياناً . كذلك نسيجه الصخرى بحيث يصبح أكثر تبلوراً أو تترتب معادنه فى اتجاهات عمودية على اتجاه تأثير الضغط الواقع عليها أثناء نموها .

أنواع الصخور المتحولة:-

١) **صخور متحولة كتلية :** وهى التى نشأت من تحول الصخور تحت تأثير الحرارة عند ملامسة أو ملاصقة الصخر لكتلة من الصهير ويقال تأثير التحول تدريجياً كلما ابتعدنا عن منطقة التلامس حيث يحدث زيادة فى حجم البلورات مكونة نسيج حبيبي كما يحدث مع صخر الكوارتزيت الناتج من تحول الكوارتز فى الصخور الرملية عند تعرضها للحرارة الشديدة ، وكذلك مع صخر الرخام الناتج من تعرض الحجر الجيري لحرارة شديدة فى باطن الأرض حيث تتلاحم بلورات الكالسيت وتتداخل مما يزيد من صلابة الرخام وقوة تماسكه ، كثير من أنواع الرخام ذات ألوان وتقرق متغير بسبب أنواع من الشوائب مما يجعل استخدامه كواحد من أحجار الزينة أمراً مستحباً.

٢) صخور متحولة متورقة :

وهى التى نشأت من تحول الصخور تحت تأثير الحرارة والضغط حيث تترتب البلورات التى نمت تحت تأثير الحرارة فى اتجاهات محددة وتكون على هيئة رقائق أو صفائح متعامدة على اتجاه الضغط مكونة نسيج متورق وسنفا صخر الازدواز الناتج من تحول صخور الطفل تحت ضغط مرتفع وحرارة منخفضة نسبياً أقل من ٢٠٠°م ويستخدم فى أعمال البناء .

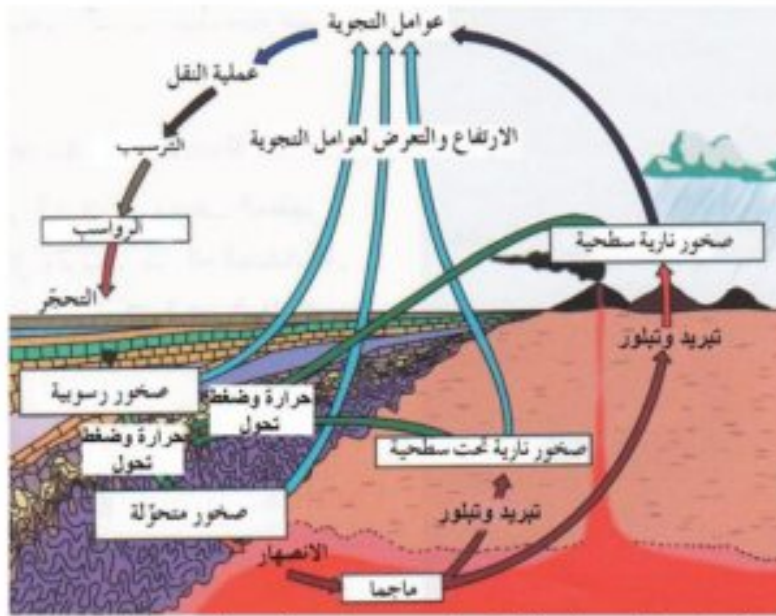


وصخور الشيست وهي أنواع أهمها الشيست الميكانيكي الذي تظهر فيه خاصية التورق نتيجة ترتيب بلورات الميكا في الصخر الطيني بعد نمو البلورات بتأثير ارتفاع الحرارة ويكون في اتجاه عمودي على اتجاه الضغط لتقليل تأثيره ، ويتكون من صفائح رقيقة متشابهة في تركيبها المعدني متصلة غير منقطعة ، بينما النيس وهو متحول من تعرض الجرانيت للحرارة والضغط بلورات معادنه مرتبة في صفوف متوازية ومنقطعة.

دورة الصخور في الطبيعة

كان العالم الاستكندى جيمس هتون في عام 1785 هو أول من ربط بين أنواع الصخور الثلاثة المعروفة على سطح الأرض وتأثير الغلافين الجوي والمائي وما يحدث بينها من عمليات جيولوجية تؤدي إلى تغير نوع من الصخور إلى نوع آخر في دورة واحدة تسمى دورة الصخور.

مراحل دورة الصخور:-



- **عملية التجوية :** تفتت وتحلل صخور القشرة الأرضية بعوامل الجو وتنقسم إلى ميكانيكية وكيميائية.
- **عملية النقل :** تنقل الفتات الناتج من التجوية بعوامل النقل الطبيعية بالإضافة للجاذبية الأرضية فيتعرض سطح جديد لتنشط عملية التجوية.
- **عملية الترسيب :** عندما يفقد عامل النقل قدرته على حمل الفتات فيرسب ما يحمله على صورة رواسب.
- **عملية التحجر أو التصخر :** تتماسك الرواسب مكونة صخور رسوبية عند تضاعفها أو تماسكها بمادة لاحمة.
- **عملية التحول :** عند تعرض الصخور لإرتفاع الحرارة أو الحرارة مع الضغط تتكون صخور جديدة تسمى صخور متحولة ملائمة للظروف التي تعرضت لها.
- **عملية الإنصهار :** عندما ترتفع درجة الحرارة التي تتعرض لها الصخور إلى درجة الإنصهار فإنها تتصهر مكونة الصهير.
- **عملية التبريد والتبلور :** عندما تخرج الصهارة من موقعها فتفقد حرارتها وتبرد وتتبلور مكونة صخور نارية.