مذكرة الترقي للوظائف الإشرافية
رئيس قسم-الثانوي (أحياء)

الموجه الفني العام للعلوم بالتكليف

أ. دلال المسعود

www.kuwaitscience.com

2024-2025

وزارة التربية
التوجيه الفني العام للعلوم

مذكرة الوظائف الإشرافية
رئيس قسم - أحياء

2025/2024

أعضاء لجنة الوظائف الإشرافية لرئيس قسم:

1- أ. علي أمين موجه فني أحياء
2- أ. أسامه خضر موجه فني أحياء
3- أ. جميله المطيري موجه فني أحياء
4- أ. بثينه القطان موجه فني أحياء
5- أ. عبداللطيف النجار موجه فني أحياء

المقرر الأول: أ. ليلى الكندري موجه فني أحياء

المقرر العام: أ. مها القطان موجه فني أحياء

المقرر النهائي: أ. منال الصالح + أ. غدير خداده

المراجعة النهائية

أ . أسامة خضر + أ . أمل البحيري

إخراج وتنسيق

أ. علي عيسى حسن

إشراف عام

أ. ناصر حسن العبيدلي

قائمة المحتويات

علم الخلية Cytology – التركيب والانقسام.....6

أنواع الخلايا 6

الانقسام الخلوي.....12

الانقسام الميتوزي Mitosis 14

الانقسام الميوزيMeiosis.....17

أجهزة جسم الإنسانHuman Body Systems.....24

الجهاز الهضمي Digestive System.....24

الجهاز التنفسي Respiratory System.....26

الجهاز الدوري Circulatory System.....27

الجهاز اللمفاوي Lymphatic System.....28

الجهاز الهيكلي Skeletal System.....30

الجهاز العضلي Muscular System.....32

الجهاز البولي Urinary System.....33

الجهاز العصبي Nervous system.....35

جهاز الغدد الصماء Endocrine System 38

الجهاز التناسلي Reproductive System 39

المناعة Immunology.....42

الجهاز المناعي The Immune System.....42

أ. المناعة الطبيعية (الفطرية أو اللا نوعية) Natural Immunity (Non-Specific):.....44

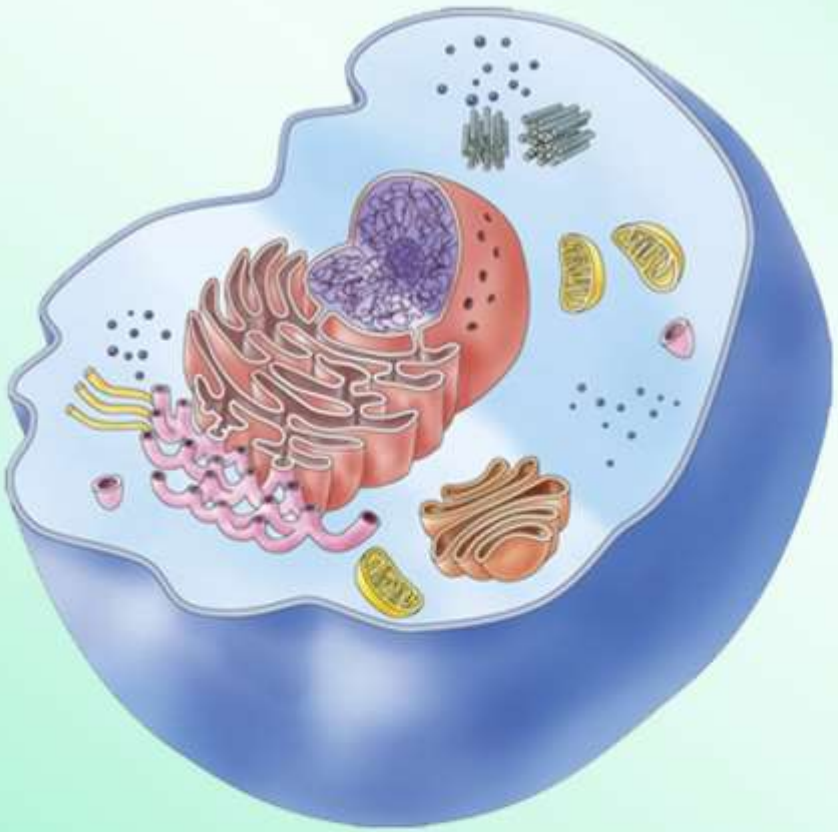
ب. المناعة المكتسبة (النوعية) Acquired (Specific) immunity:
.....48

اضطرابات الجهاز المناعي: 57
الوراثةInheritance 60
الوراثـــة المندلية Mendelian Inheritance 61
الوراثـــة اللامندليةNon-Mendalian Inheritance 66
سجل النسب الوراثيGenetic Inheritance Records 70
الوراثة الجنسية والطفرات 71
التأثيرات البيئيةEnvironmental Impacts 76
تصنيف الكائنات الحية Taxonomy of Living Organisms مملكة
الحيوانAnimal Kingdom 79
تصنيف مملكة الحيوان 79
2- شعبة اللاسعاتCnidaria 83
3- شعبة الديدان المفلطحةPlatyhelminthes 84
4- شعبة الديدان الخيطية (النيماتودا) Nematode 85
5- شعبة الحلقيات (الديدان الحلقية) Annelida 87
6- شعبة الرخويات Mollusca 88
8-شعبة شوكيات الجلد Echinoderm 92
9 - شعبة الحبليات Chordata 93
المراجع 101

الفصل الأول

علم الخلية

(التركيب والانقسام)



الفصل الأول

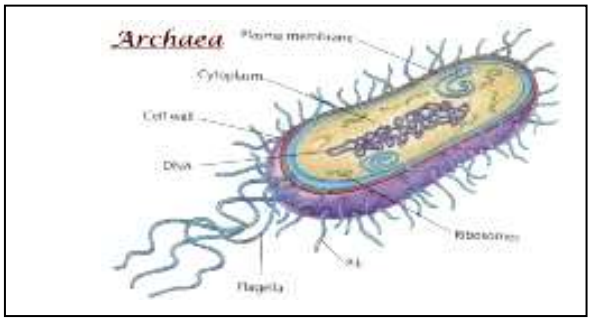
علم الخلية Cytology – التركيب والانقسام

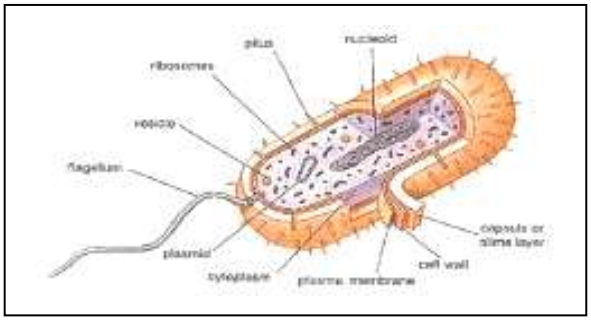
أنواع الخلايا

الخلايا بدائية النواة

يمكن تصـــنيف الخلايا على أســـاس وجود النواة[1] أو غيابها، حيث تفتقد الخلايا بدائية النواة إلى الغشـــاء النووي، وتعد البكتيريا والأركا[2] Archaea (الأصـــليات / العتائق) من هذا النوع من الخلايا، وتوجد الخلايا بدائية النواة عادة في الكائنات الحية أحادية الخلية على شكل خيوط بسيطة أو عناقيد.

الأركا هي كائنات وحيدة الخلية لا تحتوي على نواة خلوية أو عضـــيات ذات أغشـــية وهي من ضـــمن بدائيات النواة، صـــنفت على أنها بدائية النواة إلا أنها تعتبر أقرب لحقيقيات النواة منها إلى البكتيريا مع اختلافها في كثير من الصفات عن كل منهما.





الصفات الأساسية لتركيب البكتيريا:

يحيط بالغشاء البلازمي من الخارج جدار خلوي يحتوي على ببتيدوجليكان (Peptidoglycan)، وهي جزيئات معقدة تنفرد بها البكتيريا تتكون من سلسلة من ثنائيات التسكر مرتبطة بواسطة سلاسل ببتيدية، ويقوم الجدار الخلوي بالمحافظة على البكتيريا.

وتتصدى بعض المضادات الحيوية، كالبنسلين لتصنيع الببتيدوجليكان. وفي بعض أنواع البكتيريا ينمو الجدار الخلوي محاطا بمحفظة أو بغُمد جيلاتيني هلامي يسمى (الطبقة المخاطية)، ولبعض البكتيريا لواحق طويلة ونحيفة تسمى الأسواط مكونة من وحدات ثانوية من البروتين "فلاجلين"، تدور الأسواط وكأنها مراوح دافعة البكتيريا إلى التحرك بسرعة في الوسط السائل. وتمتلك بعض أنواع البكتيريا الزغب (الأهداب) وهي لواحق قصيرة تساعد البكتيريا على التعلق أو الالتصاق بالسطح المناسب. وتعطي الزغب للبكتيريا الممرضة قدرة إضافية على التسبب بالأمراض.

للخلايا بدائية النواة كروموسوماً واحداً متموضع على مقربة من النوية في السيتوبلازم. ولا يغلف النوية عادة غشاء، ولبعض الخلايا بدائية النواة حلقات من حمض DNA تسمى البلازميدات. يملك السيتوبلازم آلاف الرايبوسومات من أجل بناء البروتينات. إن رايبوسومات الخلايا بدائية النواة صغيرة الحجم، وتختلف هيكليا عن رايبوسومات الخلايا حقيقية النواة ما يجعلها هدفاً جيداً للأدوية المضادة للبكتيريا. وتحتوي البكتيريا الزرقاء القادرة على تصنيع غذائها بعملية البناء الضوئي صبغة حساسة للضوء داخل أغشية أقراص مسطحة تسمى الثايلاكويد.

ومع أن بدائيات النواة هي خلايا بسيطة بنيوياً إلا أنها أكثر تنوعاً من حيث عمليات الأيض التي تؤديها مقارنة مع حقيقية النواة. فمعظمها يســـتطيع إنتاج كافة مكوناتها التركيبية ومن جزيئات في غاية البســـاطة وحتى غير عضوية.

---

[1] Cell nucleus Dr.Jastrow's EM-Atlas (31December2016)

[2] علم الأحياء بواسطة بيتر هـ. ريفن

ويســـتغل الإنســـان في الحقيقة القدرة الأيضـــية للبكتيريا في إنتاج أنماط مختلفة من النواتج الكيميائية. بالإضـافة إلى ذلك فقد تكيفت الخلايا بدائية النواة للعيش في أي وسـط على كوكب الأرض، وقد وجدت الأصـلية (أركا) وهي تعيش في ظروف غير ملائمة لنمو أي كائن حي. فعلى سـبيل المثال، وجدت في مياه تزيد حرارتها عن درجة الغليان، كما تعيش في القناة الهضـمية للحيوانات المجترّة بشكل تعايشـي مع أحياء أخرى منها الهوائية واللاهوائية وأحياء متباينة التخمر وأخرى متباينة التخمر الاختياري وغيرها.

تحتوي أغشية كائن الأركا الأصلي على دهون حلزونية مرتبطة بها تساعد الكائن على العيش في وسط شديد الحرارة والحمضية والملوحة.

الخلايا حقيقية النواة

هي خلايا معقدة بنيوياً، والسمة التركيبية الأساسية المميزة لها هو وجود غشاء النواة، الذي يعزل الحمض النووي الرايبوزي منقوص الأكسجين DNA عن سيتوبلازم الخلية. تحتوي الخلايا حقيقية النواة على أنواع من العضيات محاطة إجمالاً بأغشية. تتكون الحيوانات والنباتات والفطريات والطلائعيات عموما من خلايا حقيقية النواة.

تركيب الخلايا حقيقية النواة

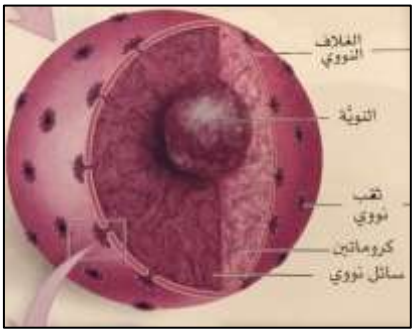
1- الغشاء البلازمي والسيتوبلازم

جميع الخلايا محاطة بغشاء بلازمي يحتوي على طبقة مزدوجة من دهن مفسفر يدعم فيها بعض جزيئات البروتين. الغشاء البلازمي هو الحد الحي الذي يفصل بين المحتويات الحية للخلية عن المحيط غير الحي المحيط بها. وفي داخل الخلية وسط شبه سائل يسمى السيتوبلازم. يحتوي السيتوبلازم على ماء وأملاح وجزيئات عضوية ذائبة ومكونات حية وغير حية. ينظم الغشاء البلازمي مرور الجزيئات من وإلى السيتوبلازم.

2- الجدار الخلوي[1]

تحتوي بعض الخلايا حقيقية النواة على جدار منفذ يحفظها، بالإضافة إلى الغشاء الخلوي. وتحتوي العديد من النباتات على جدار خلوي أولي وآخر ثانوي. إن المكون الأساسي للجدار الخلوي الأولي هو جزيئات السيليلوز. تكون جزيئات السليلوز ليفيات متعامدة لتزيد من قوة الجدار. ويتكون الجدار الثانوي (إن وجد) داخل الجدار الأول، ويحتوي الجدار الثانوي على مادة اللجنين وهي مادة تزيد من قوة الجدار الخلوي ومتانته. تتألف الجدران الخلوية لبعض الفطريات من مادتي السيليلوز والكيتين وهو نفس نوع ثنائيات أو عديدات التسكر الموجودة في الهيكل الخارجي للحشرات. وتحتوي جدران خلايا الطحالب وأعضاء مملكة الطلائعيات على مادة السليلوز.

3- النواة



تمثل النواة التي يبلغ قطرها نحو ٥ميكرون التركيب الأبرز في الخلايا حقيقية النواة. وللنواة أهمية كبيرة لأنها تخزن المادة الوراثية وحمض DNA ، التي تتحكم في خواص الخلية ووظيفتها الأيضية. وتحتوي كل خلية من خلايا الكائن الحي على حمض DNA ولكن ثمة جينات تتفعّل في نوع من خلاياه ولا تتفعل في النوع الآخر.

---

[1] The Surprising Archaea: Discovering Another Domain of Life. Oxford: Oxford University

ويعمل حمض DNA المنشط مع الحمض الرايبوزي النووي RNA على تعيين تسلسل الأحماض الأمينية في عملية بناء البروتين. ويحدد بروتين الخلية وتركيبها البنيوي الوظائف التي ستقوم بها.

لا يمكن مشـاهدة جزيئ حمض DNA باسـتخدام المجهر الإلكتروني عند النظر إلى النواة ولكن يمكن مشـاهدة الكروماتين الذي يحتوي على حمض DNA مع بروتين متضـامن، ويبدو الكروماتين حبيبيا ولكنه في الحقيقة مادة شـبه خيطية تخضـع للالتفاف وتكوين تراكيب عضـوية تسـمى الكروموسـومات خلال المراحل الأولية من الانقسـام الخلوي. وينغمس الكروماتين في وسـط نصـف سـائل يسـمى السـائل النووي. ويبين الاختلاف في درجة الحمضية بين السائل النووي والسيتوبلازم أن للأخير تركيب كيميائي مختلف.

عند النظر إلى رسـم مجهري للنواة يمكن رؤية موقعاً أو أكثر أغمق من بقية الكروماتين وهذه هي النويات ومفردها نوية التي ينتج فيها r.RNA وفيها أيضـاً يتصـل حمض r. RNA بالبروتينات لتكوين وحدات ثانوية من الرايبوسومات. تنفصل النواة عن السيتوبلازم بغشاء مزدوج يعرف بالغلاف النووي يتصل بالشبكة الإندوبلازمية. يحتوي الغلاف النووي على فتحات أو مسـامات نووية ذات أقطار مناسـبة (نحو 100ميكرون) للسماح للبروتين بدخول النواة والوحدات الثانوية الرايبوسومية بالخروج.

عضيات الخلايا النباتية والحيوانية

تعني كلمة عضـي أصـلاً التراكيب الغشـائية فقط، يحتوي كل من الخلايا الحيوانية والخلايا النباتية على ميتوكوندريا، إلا أن الخلايا النباتية فقط تحتوي على بلاستيدات خضـراء، فيما تحتوي الخلايا الحيوانية فقط على السنتريول أو الجسيم المركزي.

- **الرايبوسومات**

تتألف الرايبوسـومات من وحدتين تسـميان "الكبيرة" و"الصـغيرة" نسـبة إلى حجميهما. وكل من هاتين الوحدتين هو مركب لنوع متفرد من r.RNA وجزيئات بروتين، ويمكن أن توجد الرايبوسـومات بشـكل منفرد في السيتوبلازم، أو بشكل تجمعات اسمها "عديدات الرايبوسوم"، وهي عدة رايبوسومات متحدة تزامناً مع جزئية منفردة، ويمكن أن توجد الرايبوسـومات مرتبطة بالشـبكة الإندوبلازمية، وهي نظام غشـائي مكون من كيسـات وقنوات. للبروتينات المصـنعة في الرايبوسـومات المرتبطة بالشـبكة الإندوبلازمية أغراض مختلفة عن البروتينات المصـنعة في الرايبوسـومات الحرة في السـيتوبلازم,حيث تصـنع الرايبوسـومات الحرة بروتينات توجد في السـيتوبلازم وبروتينات نووية في حين تصـنع الرايبوسومات المرتبطة بالغشاء كلا من بروتينات الغشاء وبروتينات جهاز الأغشية الداخلي وبروتينات مخصصة للتصدير من الخلية .

- **الشبكة الإندوبلازمية**

هي نظام معقد من القنوات والكيسات الغشائية متصلة فيزيائياً بالغشاء الخارجي للغلاف النووي، وعادة تكون الشبكة الإندوبلازمية الخشنة مغطاة بالرايبوسومات على جانب الغشاء المواجه للسيتوبلازم، وهنا يصنع البروتين ويدخل إلى داخل الشبكة حيث تبدأ أعمال المعالجة والتطوير.

يعد طيّ ومعالجة ونقل البروتين من العمليات الأساسية للوظائف التي تقوم بها الخلية، ففي مرض التليف الحويصلي على سبيل المثال يحجز البروتين المنتج في قنوات غشاء بلازمي طافرة داخل الشبكة الإندوبلازمية وذلك لعيب في نظام أغشيتها المطوية. وما لم يتخذ هذا البروتين موقعه المناسب، تفقد الخلية قدرتها على تنظيم نقل أيون الكلور، فتنشأ أعراض المرض المختلفة.

أما الشبكة الإندوبلازمية الناعمة، التي لا رايبوسومات عليها، فتقوم بإنتاج الشحوم المفسفرة التي تحصل في الأغشـية وتؤدي وظائف أخرى مختلفة اعتماداً على نوعية الخلية، ففي داخل الخصـيتين تقوم بإنتاج هرمون التستوستيرون وفي الكبد تساعد في تحييد سمية العقاقير، وعوضـاً عن أي وظيفة متخصـصـة تكون الشبكة الإندوبلازمية الناعمة حويصلات تنتقل فيها النواتج الخلوية إلى جهاز جولجي.

تمتلك الخلايا التي تقوم بتصـنيع كميات هائلة من الدهون كميات هائلة من الشـبكة الاندوبلازمية الناعمة أما الخلايا التي تصنع البروتينات للافراز فإنها تمتلك كميات هائلة من الشبكة الاندوبلازمية الخشنة .

- **جهاز جولجي**

سمي هذا العضي نسبة إلى كاميلو جولجي الذي اكتشف وجوده في الخلية، يتألف هذا العضي من تكدس يحتوي على ثلاثة كييسات إلى 20 كييس قليل التحدب يشبه في هيئته كومة من أرغفة الخبز العربي.
يعرف جهاز جولجي بأنه مكتب بريد الخلية لأنه يعمل على تجميع وتصنيف ورزم وتوزيع المواد مثل البروتينات والشحوم، وفي خلايا الحيوان يتجه الوجه الداخلي للتكدس باتجاه الشبكة الإندوبلازمية بينما يتجه الوجه الخارجي نحو الغشاء البلازمي، ويلاحظ عادة وجود حويصلات على حواف الكييسات.
يستلم جهاز جولجي الحويصلات المليئة بالبروتينات والشحوم من الشبكة الإندوبلازمية، تتحرك بعدئذ هذه الجزيئات عبر جهاز جولجي من جزئه الداخلي إلى الخارجي بطريقة لا تعرف حتى الآن.
يمكن للبروتينات والشـــحوم المارة عبر جهاز جولجي أن تتحور قبل أن يعاد رزمها في الحويصـــلات بعدئذ إلى الغشاء البلازمي حيث تلقي بحمولتها هناك، وتسمى هذه العملية (الإفراز).
لجهاز جولجي أيضـا دور في تكوين الليسـوسـومات والحويصـلات الحاوية على بروتينات، لكنها تبقى داخل الخلية.
كيف يوجه جهاز جولجي العبور؟ تبين أن البروتينات المتكونة في الشـبكة الإندوبلازمية الخشـنة تحتوي على علامة جزيئية تعريفية خاصة تعمل وكأنها مفتاح شيفرة تعلم جهاز جولجي إن كانت هذه البروتينات تنتمي إلى داخل الخلية، أو لعضي ما متصل بالغشاء البلازمي، أو أنها تعود إلى حويصلة إفرازية.

- **الليسوسومات**

هي حويصـلات مرتبطة بالغشـاء البلازمي ينتجها جهاز جولجي و تحتوي على إنزيمات هاضـمة ذائبة في الماء وتجلب بعض الأحيان جزيئات كبيرة إلى داخل الخلية عبر تكوين الحويصـــلات على الغشـــاء البلازمي، عندما تتحد الليسـوسـومات مع هذه الحويصـلات تهضـم الإنزيمات المحللة محتوياتها لتحولها إلى وحدات ثانوية أبسط تدخل إلى السيتوبلازم ببساطة، وتلتهم بعض خلايا الدم البيضـاء التي تدافع عن الجسـم العوامل الممرضـة من خلال تكوين الحويصـلات، عندما تتحد الليسـوسـومات مع الحويصـلات تهضم البكتيريا بل وحتى أجزاء من الخلية يمكن أن تهضم بأجسامها المحللة نفسها، وتسمى هذه العملية "الهضم الذاتي".

- **الفجوات**

هي أكياس غشـائية كبيرة يزيد طولها عن طول الحويصـلة، ومع أن خلايا الحيوان تحتوي على فجوات، إلا أنها أكثر وفرة في خلايا النبات، وتحتوي الخلية النباتية نمطياً على فجوة مركزية تمتلئ بســائل مائي يوفر للخلية مزيداً من الدعم. تخزن الفجوات عادة المواد ولا تحتوي الخلية النباتية على الماء والســـكر والأملاح فقط بل على صـــبغات وجزيئات ســـامة. وتكون الصـــبغات هذه مســـؤولة عن لون الزهرة والأوراق، وتعمل المواد السامة على حماية النبات من الحيوانات العاشبة، وتكون الفجوات الموجودة في البدائيات أحادية الخلية متخصصة تماماً، وتشمل الفجوات المتقبضة التي تساعد الخلية على التخلص من الماء الفائض، والفجوات الهاضمة التي تعمل على تفكيك المغذيات.

- **جسيمات الأكسدة**

وهي شـبيهة بالليسـوسـومات من حيث كونها حويصـلات تحتوي على إنزيمات غير أن الرايبوسـومات السيتوبلازمية هي التي تنتج إنزيمات جسيمات الأكسدة وتنقل إليها عبر بروتينات ناقلة. تحتوي جسيمات

الأكسدة نمطياً على إنزيمات تؤدي من خلال وظيفتها إلى تكوين بيروكسيد الهيدروجين H_2O_2 وهي مادة سامة، حيث يتحلل بيروكسيد الهيدروجين تلقائياً إلى ماء وأكسجين بواسطة إنزيم مؤكسد اسمه (الكاتالاس Catalase). تعتمد الإنزيمات الموجودة في جسيمات الأكسدة على فاعلية الخلية، وتكثر جسيمات الأكسدة خاصة في الخلايا التي تتخصص في إنتاج الشحوم وتفكيكها، وفي الكبد تفكك جسيمات الأكسدة الشحوم فيما تنتج الأخرى أملاح الصفراء من الكوليسترول.

للخلايا النباتية جسيمات أكسدة أيضاً، وفي البذور النامية تقوم جسيمات الأكسدة بأكسدة الأحماض الدهنية إلى جزيئات يمكن تحويلها إلى سكريات يحتاج النبات النامي إليها، وفي الأوراق تقوم جسيمات الأكسدة بتفاعل معاكس للبناء الضوئي أي أن التفاعل يستخدم الأكسجين ويطرح ثاني أكسيد الكربون.

- **البلاستيدات الخضراء**

تحتوي خلايا النباتات والطحالب على بلاستيدات خضراء وهي العضيات التي تساعدها على تكوين غذائها العضوي. يبلغ قطر البلاستيدة 4 إلى 6 ميكرون وطولها 1 إلى 5 ميكرون وهي تنتمي إلى مجموعة من العضيات اسمها البلاستيدات، التي تنتمي إليها أيضاً البلاستيدات النشوية أو البيضاء التي تقوم بتخزين النشا في الجذور، والبلاستيدات الملونة الحاوية على الصبغات الحمراء والبرتقالية ومكانها الشائع الأوراق، والبلاستيدات الخضراء كما هو اسمها خضراء اللون لاحتوائها على صبغة الكلوروفيل الخضراء.

يحيط البلاستيدة غشاء مزدوج ويمتلئ التجويف الداخلي لها بسائل اسمه الحشوة، وفي الحشوة نظام غشائي يتصل بأكياس مسطحة تسمى الثايلاكويد، وفي مناطق معينة تتكدس الثايلاكويدات لتكون تركيباً يسمى الجرانم، ويوجد المئات من هذه التراكيب داخل البلاستيدة الخضراء، ويقوم الكلوروفيل الموجود في أغشية الثايلاكويد بامتصاص الطاقة الشمسية اللازمة لتمكين البلاستيدات الخضراء من إنتاج الكربوهيدرات من ثاني أكسيد الكربون والماء.

- **الميتوكوندريا**

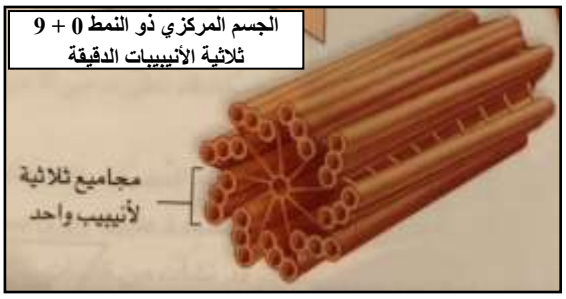
تحتوي جميع الخلايا حقيقية النواة من ضمنها النباتات والطحالب، على ميتوكوندريا، وهذا يعني أن خلايا النبات تحتوي على كل من البلاستيدات الخضراء والميتوكوندريا، ويبلغ قطر الميتوكوندريا نحو0.5 إلى 1 ميكرون وطولها نحو 2 إلى 6 ميكرون، وكما هي الحال في البلاستيدات الخضراء فالميتوكوندريا محاطة بغشاء مزدوج وتسمى الفجوة المليئة بسائل داخل الغشاء بالحشوة النووية أو المادة الخلالية التي تحتوي على حمض DNA ورايبوسومات وإنزيمات تفكك نواتج الكربوهيدرات مطلقة طاقة تستخدم في إنتاج جزيئات ATP. ينطوي الغشاء الداخلي للميتوكوندريا مكوناً الأعراف التي توفر مساحة سطحية كبيرة لاحتواء مركبات البروتين وبقية التفاعلات التي تساهم في إنتاج جزيئات ATP. بإمكان الميتوكوندريا والبلاستيدات الخضراء تكوين بعض البروتينات مشفرة بجينات خاصة، أما البروتينات الأخرى المشفرة بجينات النواة فتستورد من السيتوبلازم.

وتأتي الميتوكوندريات كافة في خلايا الإنسان من جانب الأم وراثياً (أي من البويضة) ولا يساهم الحيوان المنوي للأب بأي ميتوكوندريا للخلَف، وتؤثر الطفرات في حمض DNA بالميتوكوندريا على الأنسجة التي تتطلب مستوى عال من الطاقة كالعين والدماغ والجهاز العصبي والعضلات.

---

[1] *4 Letai A. BH3-only proteins and their effects on cancer. Adv Exp Med Biol. 2010;687:49-63*

- **الجسم المركزي**



هي أسطوانة قصيرة ذات نمط 0+9 ثلاثية الأنيبيبات الدقيقة (كما هي مبينة في الشكل) وهذا يعني أنها حلقة من تسع ثلاثيات بوسط فارغ. يحتوي الجسم المركزي في الخلايا الحيوانية على زوج متعامد من الجسيمات المركزية، ويعد الجسم المركزي المركز المنظم الرئيس للأنيبيبات الدقيقة، وقد تشارك الجسيمات المركزية في عمليتي تجميع وتفريق الأنيبيبات الدقيقة.

وتتضاعف الجسيمات المركزية قبل انقسام الخلية الحيوانية بحيث يبقى عضوي كل زوج متعامدين مرة أخرى، بعدئذ يصبح كل زوج جزءاً من جسم مركزي منفصل. خلال عملية الانقسام الخلوي تتباعد الأجسام المركزية ويبدو أن لها دور في تنظيم عمل المغزل أثناء عملية الانقسام الخيطي الخلوي. وتمتلك الخلايا النباتية ما يشبه الجسم المركزي ولكنها لا تحتوي على جسيمات مركزية ما يشير إلى أن الجسيمات المركزية ليست ضرورية في تجميع الأنيبيبات الدقيقة السيتوبلازمية.

➢ الأهداب والأسواط

إن الأهداب والأسواط هي امتدادات شبيهة بالشعر بإمكانها الحركة إما بشكل متموج كالسوط أو بشكل مجدافي رشيق. والخلايا الحاوية على مثل هذه العضيات بإمكانها الحركة، فالبراميسيوم هي كائنات أحادية الخلية تتحرك بواسطة الأهداب فيما تتحرك الحيوانات المنوية بواسطة الأسواط. في جسم الإنسان تمتلك الخلايا المبطنة للقناة التنفسية أهداباً تعمل كمكنسة لإزالة بقايا المواد الغريبة التي تعلق في المخاط، وتدفع بها إلى البلعوم حيث يمكن بلعها أو بصقها، مما يحافظ على نظافة الرئتين.

تكون الأهداب في الخلايا حقيقية النواة أقصر بكثير من الأسواط ولكن لها البنية نفسها فكلاهما بشكل أسطوانات مغطاة بغشاء محيط بالحشوة النووية، وفيها تنتظم مزدوجات من تسع أنيبيبات حول اثنتين من الأنيبيبات المركزية لذلك، فإن نمطها 2+9(كما هي مبينة في الشكل). تتحرك الأهداب والأسواط عندما تنزلق مزدوجات الأنيبيبات الدقيقة.

➢ الهيكل الخلوي

في الخلايا حقيقية النواة، يتصل الجزء البروتيني من الهيكل الخلوي بالنواة ويمتد منها إلى الغشاء البلازمي. يحتوي الهيكل الخلوي على خيوط الأكتين، والخيوط المتوسطة والأنيبيبات الدقيقة التي تحافظ على هيئة الخلية وتساعدها على الحركة، لذلك يقارن الهيكل الخلوي عادة بعظام الحيوانات وعضلاتها.

المعروف أن الهيكل الخلوي ديناميكي لا سيما بسبب مكوناته من البروتينات التي يمكن أن تتجمع أو تنفصل كما تشاء، وبطبيعة الحال هناك عدد من الآليات تنظم هذه العملية تشمل إنزيمات محللة للبروتين. تؤدي عملية الفسفرة إلى فك التجمع فيما تؤدي اللافسفرة إلى التجمع.(للإطلاع أكثر استخدم قارئ QR)

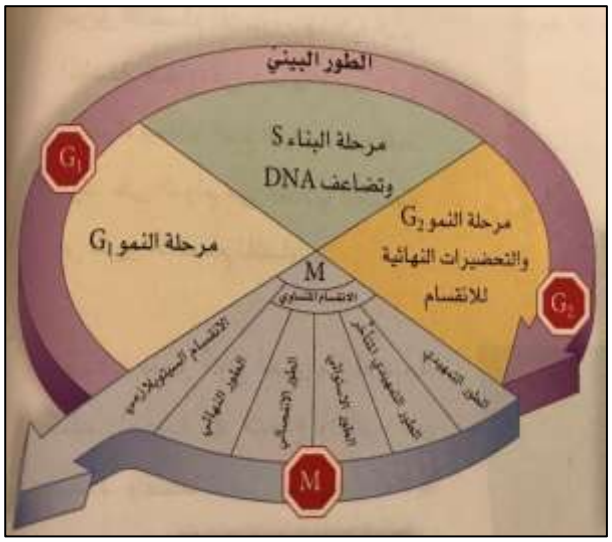
الانقسام الخلوي

يزيد الانقسام الخلوي عدد الخلايا الجسمية فقد نشأ كل منّا من خليّة مفردة هي البويضة الملقحة، ولكننا الآن نتكون من تريليونات الخلايا يحتوي كل منها على المادة الوراثية ذاتها، باستثناء الحيوانات المنوية والبويضات. يستمر الانقسام الخلوي مدى الحياة، فالجسم ينتج آلاف خلايا الدم الحمراء، والخلايا الجلدية، والخلايا المبطنة للقناتين التنفسية والهضمية، ويقوم الانقسام الخلوي بإصلاح الأضرار الناتجة من الجروح التي يتعرض لها.

ينتج الانقسام الميتوزي خليتين بنويتين تماثلان الخلية الأبوية من الناحية الوراثية. تقلل الاستماتة عدد الخلايا، والانقسام الخلوي والاستماتة جزءان طبيعيان من النمو والتطور.

الانقسام الخلوي جزء من دورة حياة الخلية التي تمثل سلسلة من المراحل المنظمة تفصل بين زمن انقسام الخلية الأبوية وزمن انقسام الخلية البنوية الناتجة عنها، ويتخصص بعض الخلايا فلا تعود جزءاً من دورة حياة الخلية.

أطوار ما قبل الانقسام الخلوي:



تحدث دورة حياة الخلية بأغلبها في الطور البيني وهو الوقت الذي تقوم به الخلية بوظائفها الاعتيادية بحسب موقعها في الجسم، وتهيئ نفسها للانقسام: فتنمو إلى حجم أكبر، ويتضاعف فيها عدد العضيات وكمية DNA. ويستغرق الطور البيني في خلايا الثدييات نحو 20 ساعة، أي نحو 90% من الفترة التي تستغرقها دورة حياة الخلية.

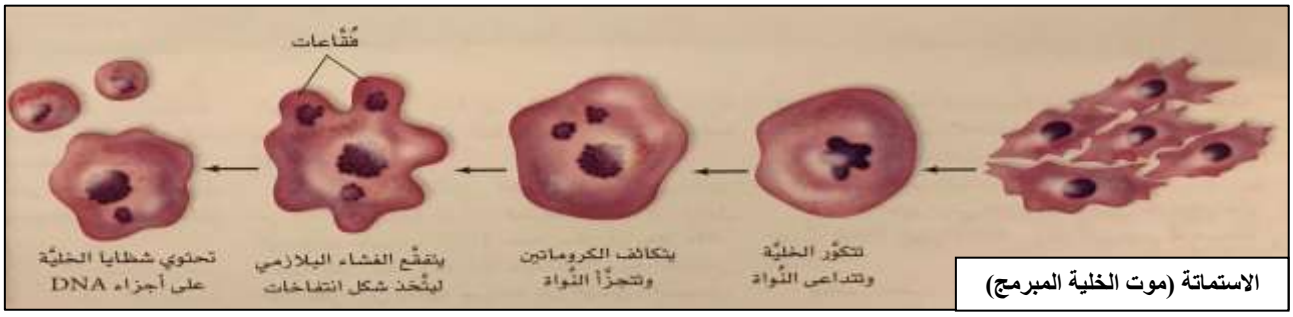
ينقسم الطور البيني إلى 3 مراحل:

1- **مرحلة النمو الأول** G1 يكون فيها DNA على شكل شبكة كروماتينية تنمو فيه الخلية وتتراكم المواد الضرورية لتضاعف حمض الـ DNA.
2- **مرحلة البناء** S التي تتضمن فترة تضاعف DNA وفي بداية هذه المرحلة يتألف كل كروموسوم من جزيء DNA واحد يسمى كروماتيد. وفي نهاية هذه المرحلة يتألف كل كروموسوم من جزيئين متماثلين من DNA أي جزيئان من الكروماتيد.
3- **مرحلة النمو الثاني** G2 التي تحصل بعد عملية إنتاج DNA، حيث تصنع الخلية ما تحتاج إليه من البروتينات لانقسام الخلية وتضاعف العضيات.

يختلف مقدار الزمن اللازم للطور البيني بشكل كبير، فبعض الخلايا مثل الخلايا العصبية والعضلية لا تكتمل فيها دورة حياة الخلية وتتوقف عادة في مرحلة النمو الأول وتمضي الخلايا الجذعية وقتاً قصيراً في مرحلة G1 وتكمل دورة حياة الخلية في بضع ساعات.

الاستماتة

تحصل عملية الاستماتة[1] Apoptosis (وهي شكل من أشكال عملية موت الخلية المبرمج تحدث في الكائنات الحية متعددة الخلايا) خلال مرحلة التطور للتخلص من الأنسجة غير المرغوب فيها، كذيل الشرغوف مثلا عند تطور الشرغوف ليصبح ضفدعاً، وفي جنين الإنسان يربط غشاء بين أصابع اليدين والرجلين، إلا أنه يزول وتتحرر الأصابع منه بعملية الاستماتة. ولهذه العملية دور مهم في منع تطور النمو السرطاني، وهي الخلايا الشاذة التي تتحول إلى سرطانية بعد فشل عملية الاستماتة، فتحول دون تطور الورم السرطاني واستفحاله.



الاستماتة (موت الخلية المبرمج)

تتطور الخلية، خلال عملية الاستماتة في سلسلة نمطية من الأحداث تنتهي بتدميرها، فتتكور الخلية أولا وتفقد اتصالها بالخلايا المجاورة، وتتجزأ النواة ويتفقع الغشاء البلازمي وتتجزأ الخلية أخيراً وتبتلعها خلايا الدم البيضاء والخلايا المجاورة أو أحدهما.

من الاكتشافات المتميزة في السنوات الأخيرة أن الخلايا تحتوي نموذجياً على إنزيمات مميتة تسمى كاسبيز Caspases تسبب الاستماتة. ويوقف عمل هذه الإنزيمات في الأحوال الاعتيادية عدد من المثبطات، ولكنها تتمرر بواسطة إشارات داخلية أو خارجية. وهناك مجموعتان من الإنزيمات المميتة تسمى المجموعة الأولى منها البادئات التي تستقبل الإشارة لتفعيل المجموعة الثانية التي تسمى المنفذات وهذه تفعل الإنزيمات المفككة للخلية. فعلى سبيل المثال، تفعل المنفذات الإنزيمات التي تمزق الهيكل البنائي الخلوي والإنزيمات التي تهشم DNA.

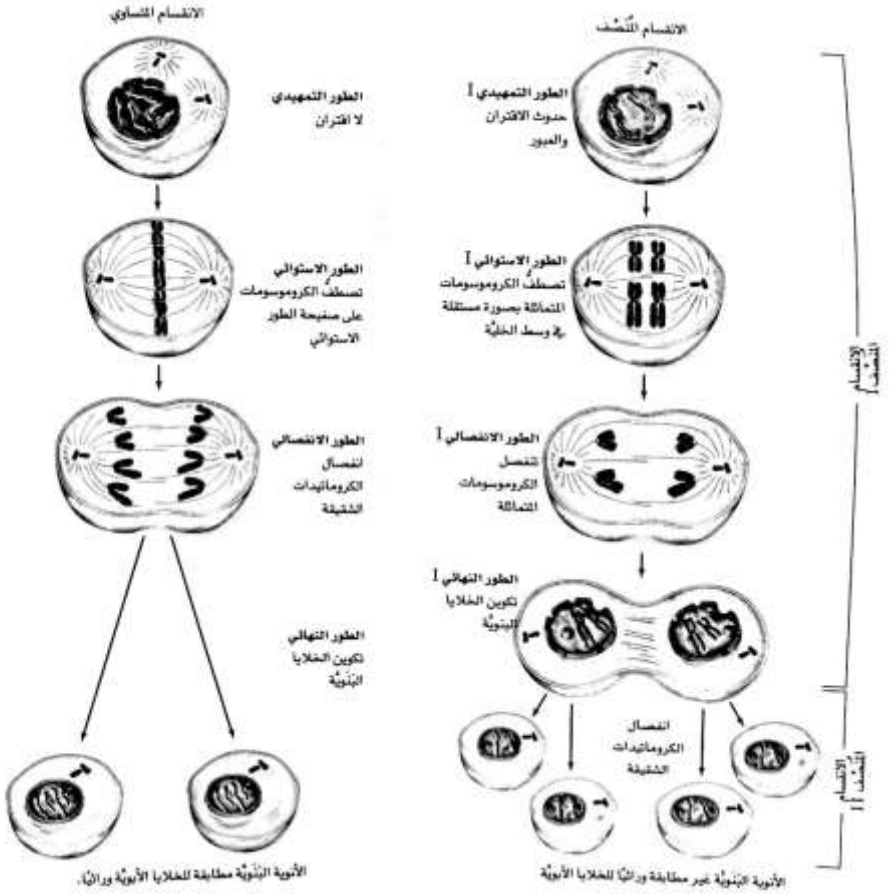
الحفاظ على عدد الكروموسومات

عندما لا تكون الخلية حقيقية النواة في حالة انقسام، يتكور DNA والبروتينات المرافقة له داخل النواة بشكل كتلة متشابكة من الخيوط الرقيقة تسمى الكروماتين. وفي أثناء الانقسام الخلوي يلتف الكروماتين ويتكثف ليكون تراكيب شديدة التراص تسمى كروموسومات.

[1] *4 Letai A. BH3-only proteins and their effects on cancer. Adv Exp Med Biol. 2010;687:49-63*

الانقسام الميتوزي Mitosis

ينتج الانقسام النووي نواتين بنويتين يحتوي كل منهما على كروموسومات بالعدد والنوع نفسيهما كما في النواة الأبوية. ويتكون خلال هذه العملية مغزل يعمل على نشـــر الكروموســـومات داخل أنوية الخلايا البنوية. يحتوي المغزل على عدد من الخيوط التي يحتوي كل منها على حزمة من الأنيبيبات الدقيقة التي بمقدورها أن تتجمع أو تتفرق. عندما تتجمع الأنيبيبات الدقيقة تترابط جزيئات البروتين وعند افتراقها تنفصل جزيئات البروتين عن بعضـــها البعض. وينقســم الجســم المركزي وهو مركز تنظيم الأنيبيب الرئيس في الخلية خلال نهاية الطور البيني، ويعتقد أن الأجســام المركزية مســؤولة عن تنظيم المغزل. في خلايا الحيوان، يحتوي كل جســم مركزي على زوج من العضيات البرميلية الشكل، اسمها الجسيمات المركزية وهي عبارة عن مصفوفة من أنيبيبات دقيقة قصــيرة تشــع من الجســم المركزي. ويظهر غياب جســيمات مركزية في خلايا النباتات أن هذه التراكيب غير ضرورية لتكوين المغزل.



الانقسام الميتوزي في الخلايا الحيوانية

الانقســام الميتوزي عملية مســتمرة ويمكن توزيعها عشــوائياً في أربعة أطوار، لتســهيل التعريـــف والتوصيف هي:

الطور التمهيدي: الذي يبدو جلياً خلال مراحله المبكرة بأن الخلية على وشـك الانقســام إذ تبدأ الأجســام المركزية بالتباعد متحركة باتجاه النهايات المتعاكســة للنواة، وتبدأ خيوط المغزل بالظهور بين الجســمين المركزيين المتباعدين حين يبدأ الغلاف النووي بالتجزؤ وتأخذ النوية بالاختفاء.

أصبحت الكروموسومات الآن مرئية وقد تضاعف كل منها وأصبح محتوياً على كروماتيدين شقيقين متصلين ببعضـــهما بواســطة القطعة المركزية (الســنترومير). يبدأ المغزل بالتكون في نهاية هذا الطور وتأخذ

الكروموسومات بالالتصاق بخيوط المغزل، حيث تلتصق قطعها المركزية بخيوط تسمى الخيوط المغزلية السنترومیرية. وتبدو حركة الكروموسومات وكأنها عشوائية وبدون اتجاه محدد.

الطور الاستوائي: يصبح المغزل في هذا الطور تام التكوين، مؤلف من قطبان وامتدادات إشعاعية بالإضافة إلى الخيوط. وتظهر صفيحة الطور الاستوائي بشكل سطح عمودي على محور المغزل الطولي وعلى مسافة متساوية بين القطبين. وتصطف الكروموسومات الملتصقة بخيوط المغزل على هذه الصفيحة خلال هذا الطور، أما خيوط المغزل القطبية فإنها تبدأ بالتشابك عند الأقطاب بعيدا عن الصفيحة الوسطية.

الطور الانفصالي: في بداية هذا الطور، تنفصل القطع المركزية التي تجمع بين الكروماتيدات الشقيقة، ممهدة إلى انفصال هذه الكروماتيدات لتصبح كروموسومات بنوية تأخذ بالتحرك باتجاه قطبي المغزل. وستحتوي هذه الكروموسومات على قطعة مركزية وكروماتيد أحادي.

من المسؤول عن حركة الكروموسومات البنوية ؟

أولاً: تأخذ خيوط المغزل السنترومیرية ساحبة الكروموسومات البنوية باتجاه الأقطاب.

ثانياً: تدفع خيوط المغزل القطبية القطبين بعيداً عندما تتمدد طولياً، وتنزلق على بعضها البعض.

الطور النهائي: يختفي المغزل خلال هذا الطور، وتأخذ محتويات الغلاف النووي بإعادة التكون حول الكروموسومات البنوية. وتحتوي كل نواة بنوية على كروموسومات بالعدد والنوع نفسيهما كما في الخلية الأبوية. وتبقى آثار من خيوط المغزل القطبي مرئية بين النواتين الجديدتين.

تبدو الكروموسومات في نهاية هذا الطور أكثر امتلاءً بالكروماتينات مع ظهور النويَّة، وفيما يأخذ الانقسام السيتوبلازمي مجراه تنقسم الخليَّة إلى خليّتين بنويّتين يحتوي كل منهما على نواة ثنائية المجموعة الكروموسومية.

الانقسام السيتوبلازمي في الخلايا الحيوانية

عندما يقترب الطور الانفصالي من نهايته في خلايا الحيوانات، يتكوّن أخدود تفلج عبارة عن تخصر في الغشاء بين النواتين البَنويَّتين. ويتعمّق هذا الأخدود عندما تُقَلّص حزمة من ألياف الأكتين، تُسمّى (الحلقة القابضة المنخصرة) المسافة بين الخليَّتين البنويَّتين تدريجيا وببطء. ويمكن تمثيل فعل الحلقة المنخصرة بسحب خيط ملفوف على وسط بالون مسببًا تخصره من الوسط. وبذلك يلاحظ وجود جسر بين الخليّتين أثناء الطور النّهائي. تواصل الحلقة المنخصرة فصل السيتوبلازم حتى تتكون خليتين بنويتين جديدتين.

الانقسام الميتوزي في الخلايا النباتية

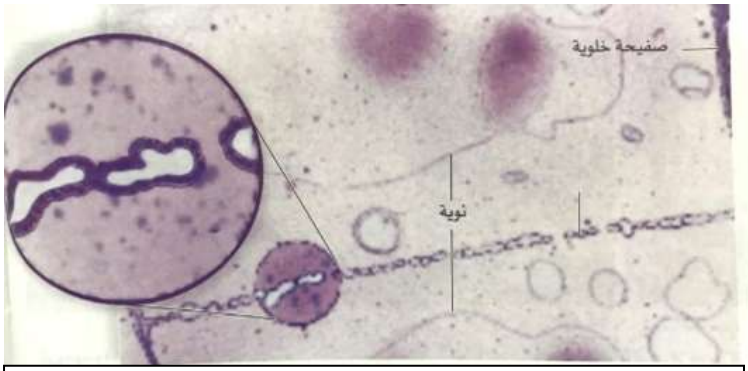
يساعد الانقسام الميتوزي في الخلايا النباتية، كما هي الحال في الخلايا الحيوانية، على النمو وإصلاح الأضرار الخلويَّة، وتبقى أنسجة نباتية معيّنة اسمها "الأنسجة الإنشائية (الكامبيوم)" محتفظة بقابليتها على الانقسام مدى عمر النبتة.

وتوجد هذه الأنسجة عادةً في قمة الجذر وقمم المجموع الخضري ويكون الكامبيوم الحزمي مسؤول عن قدرة الأشجار في زيادة قطرها في كل موسم نمو.

خلال الطور الابتدائي المُبكر يتكثف الكروماتين في الكروموسومات المنتشرة والتي تكون قد تضاعفت فعلاً. وفي هذا الطور يختفي الغلاف النووي فلا يمكن رؤيته في حين يأخذ المغزل بالتكوّن والظهور. مع نهاية الطور التمهيدي، تتحرّك الكروموسومات عشوائيًا في الخليَّة لترتبط بعدئذ بخيوط المغزل. وأثناء الطور الاستوائي، تصطفّ الكروموسومات على صفيحة الطور وسط المغزل. أما خلال الطور الانفصالي، فتنفصل الكروماتيدات الشقيقة عن بعضها لتصبح كروموسومات بنوية تبدأ بالحركة باتجاه القطبين.

يرافق الانقسام السيتوبلازمي عادة انقسام النواة الميتوزي ولكنهما عمليتان مستقلتان. يبدأ الانقسام السيتوبلازمي في الطور الانفصـــالي ويســـتمر في الطور النهائي إلا أنه لا يكتمل إلا قبل الطور البيني. في هذه الأثناء تكون الخلايا حديثة التكوين قد استلمت حصتها من العضيات السيتوبلازمية التي تضاعفت خلال الطور البيني الفائت.

الانقسام السيتوبلازمي في الخلايا النباتية



خلال مرحلة الانقسام السيتوبلازمي في الخلية النباتية ، تتكون صفيحة خلوية بين النواتين البنويتين ، تمتد إلى الغشاء البلازمي

تحصـــل هذه العمليّة بطريقة مختلفة عن تلك التي لاحظناها في الخلايا الحيوانية. فالجدار الخلوي المحيط بالخليّة النباتيّة لا يسمح بحصول الانقسام بفعل أخدود التفلج. وعوضاً عن ذلك، يتم الانقسام السيتوبلازمي في الخلية النباتية بتكوين جدار خلوي جديد بين الخليَّتين البنويَّتين. ويبدو الانقسام السيتوبلازمي واضحًا عند تكون قرص مســطح صـــغير بين الخليّتين. وتُظهر الصـــور المجهريَّة الإلكترونية (كما في الشـــكل التالي) أن القرص يثبت بزاوية قائمة على مجموعة من الأنيبيبات الدّقيقة. وعلى امتداد هذه الأنيبيبات ينتج جهاز جولجي حويصـــلات تتحرّك نحو القرص، فتتحد مكونة صفيحة خلويّة. وتكمّل أغشية الحويصلات الغشاء البلازمي وتتكامل معه في الخليَّتين البنويّتين ثم تبدأ بإطلاق جزيئات لتكوين جدران نباتية جديدة. وتُقوّى بعدئذ هذه الجدران بإضافة خيوط السليلوز.

الانقسام الخلوي في الخلايا بدائيَّة النّواة

للخلايا بدائيَّة النّواة، كالبكتيريا، كروموسوم واحد. تنقسم الخلايا بدائيَّة النَّواة بطريقة تسمّى الانشطار الثنائي لأن الانشطار ينتهي بتكوين خليّتين بنويّتين ثنائيتين هما نسخة طبق الأصل عن الخليَّة الأبويّة.

قبل حصول الانقسام، يتضاعف الكروموسوم المنفرد. لذلك، يأخذ كروموسومان بالانفصال عندما تبدأ الخليَّة بالتمدّد طوليًا (الاستطالة).وعندما تصبح الخليّة ضعف طولها الأصلي تقريبا ينسحب الغشاء البلازمي إلى الداخل فيتكوّن جدار خلوي جديد يقسم الخليَّة إلى قسمين متساويين تقريباً. الانشطار الثنائي نوع من أنواع التكاثر اللاجنســـي ويحتاج هذا النوع من التكاثر إلى واحد من الأبوين فقط، ويكون فيه الأبناء مماثلين تمامًا للأبوين، لحصولهم على الجينات ذاتها.

الانقسام الميوزيMeiosis

يحصل الانقسام الميوزي (الاختزالي) في أي دورة من دورات الحياة المتضمنة تكاثرا جنسيا. تختزل هذه العملية عدد الكروموسومات في طريقة تحصل فيها كل من النواتين البنويتين على نصف عدد الكروموسومات الموجودة في الخلية الأبوية. وتضمن عملية الانقسام الميوزي حصول الأفراد في الجيل التالي على العدد الثنائي من الكروموسومات بعد اتحاد خلية جنسية من الأب مع أخرى من الأم، وخليط من الصفات تختلف إلى حد ما عن صفات كل من الأبوين.

الطور التمهيدي I

يحصل الاقتران الكروموسومي في الطور التمهيدي I، ثم يظهر المغزل فيما يتجزأ الغشاء النووي وتختفي النوية. وأثناء الاقتران تقترب أزواج الكروموسومات المتماثلة وتصطف واحدة إلى جانب الأخرى، فيتم حينئذ تبادل المواد الوراثية بين الكروماتيدات غير الشقيقة للكروموسومات المتماثلة، يسمى هذا التبادل (العبور) وهذا يعني بالنتيجة أن الكروماتيدات المرتبطة بالقطع المركزية لم تعد متماثلة. ونتيجة العبور ستستلم الخلايا البنوية كروموسومات تحتوي على تراكيب ومواد جينية جديدة لم تكن موجودة على الكروماتيدات الشقيقة. وبسبب عملية العبور ستحتوي الكروماتيدات غير الشقيقة ما تؤول إليه من كروموسومات، على توليفات تراكيب من الجينات مختلفة عن تلك في الخلية الأبوية.

الطور الاستوائي I

خلال هذا الطور، تصطف الكروموسومات المتماثلة في وسط الخلية ثم تتجه كروموسومات الأم أو الأب في كل زوج من الكروموسومات باتجاه قطبي الخلية بحسب طريقة اصطفافها، حيث يحصل التوزيع الحر بقانون مندل الثاني في الوراثة (التوزيع الحر- المستقل). عندئذ، ينفصل فردي كل زوج لتوليد خلايا تحتوي على توليفات مختلفة من كروموسومات الأب والأم.

في الإنسان حيث يوجد 23 زوج من الكروموسومات، سيكون عدد توليفات الكروموسومات المحتملة في الأمشاج المتكونة رقما هائلا يساوي 8,388,604. وهذا الرقم لا يأخذ في الحسبان التراكيب الجينية الجديدة بين الكروموسومات المتماثلة الناتجة عن عملية العبور الكروموسومي. وهكذا فإن إعادة التركيب الجيني الذي يتخلل الطورين التمهيدي I والاستوائي I يعمل على ضمان الاختلاف في الصفات الوراثية بين الأبناء فلا يحمل أي اثنين منهما التشكيلة نفسها من الجينات التي تطابق جينات الوالدين.

الانقسام الأول

تصطف خلال الطور الاستوائي I أزواج الكروموسومات المتماثلة بصورة حرة ومستقلة في وسط الخلية. وتمر هذه الكروموسومات خلال الطور الانفصالي I بعملية التوزيع الحر حيث تحصل كافة التوليفات المحتملة بين الكروموسومات المتماثلة في النواة البنوية في حين يبقى كل كروموسوم حاوياً على كروماتيدين اثنين. ويحدث في بعض الأنواع أن يحصل الطور النهائي I في نهاية الانقسام الميوزي I. وعندئذ يعاد تكوين الغلاف النووي وظهور النوية، وقد يصاحب هذا الطور انقساماً سيتوبلازمياً أولا يصاحبه.

الطور البيني ما بين الانقسامين الميوزيين الأول والثاني

تسمى الفترة بين الانقسام الميوزي I والانقسام الميوزي II بالطور البيني ما بين الانقسامين الميوزيين ولا يتضاعف DNA في هذا الطور، لماذا؟ لأن الكروموسومات تكون قد سبق أن تضاعفت.

الانقسام الثاني

يبدو المغزل في بداية الطور التمهيدي II مع تمزق الغلاف النووي وزوال النوية. يرتبط كل كروموسوم متضاعف بخيوط المغزل ثم تصطف أزواج الكروموسومات هذه في وسط الخلية أثناء الطور الاستوائي II.

وخلال الطور الانفصـالي II تنفصـل الكروماتيدات الشـقيقة لتتحول إلى كروموسـومات بنوية تنتقل إلى الأنوية البنوية. وفي الطور النهائي II يختفي المغزل حينما يعاد تشكيل الغلاف النووي. ويتخصر الغشاء البلازمي الذي يتبع الانقسـام الميوزي II لتكوين خليتين كاملتين تحتوي كل منهما على نصـف عدد الكروموسـومات الأصـلية. وحيث أن كل خلية ناتجة من الانقسـام الميوزي I تمر بالانقسـام الميوزي II، فسـتتكون ٤ خلايا بنوية في نهاية المطاف.

عدم الانفصال

وهو فشل الكروموسومات المتماثلة في الانفصـال خلال الطور الانفصـالي I، أو فشل الكروماتيدين الشقيقين في الانفصال خلال الطور الانفصالي II. وتؤدي هذه الحالة إلى تكوين أمشاج تحتوي على واحد من الكروموسومات أقل أو أكثر من العدد الثنائي الأصـلي 2n. وتسـبب حالة عدم الانفصـال متلازمات مرضـية مختلفة في الإنسـان. ومنها متلازمة داون التي تحصـل عندما يكون للبويضـة أو الحيوان المنوي كروموسوما متكررا هو كروموسوم 21 وتنتج متلازمة تيرنر عندما يفتقر كل من البويضة والحيوانات المنوية إلى الكروموسوم X.

<u>التراكيب الجينية الجديدة</u>

ينتج الانقسام الميوزي خلايا أحادية المجموعة الكروموسومية، ومن علامات هذا الانقسام المتميزة احتمال نشوء تراكيب جينية جديدة، حيث لا تكون الخلايا أحادية المجموعة الكروموسـومية المنتجة مماثلة للخلية الأبوية التي انحدرت منها.

تنشأ التراكيب الجينية الجديدة بطريقتين:

أولاً: خلال الطور التمهيدي I عندما يسبب عبور الكروماتيدات غير الشقيقة في الكروموسومات المتماثلة إعادة ترتيب الجينات فلا تعود الكروماتيدات الشقيقة لكل كروموسوم متماثل من حيث محتواه الجيني.

ثانياً: الاصـطفاف العشـوائي للكروموسـومات المتماثلة خلال الطور الاسـتوائي I وكذلك قد يسـبب الخلل في التوزيع الحر للكروموسومات خلال الطور الانفصـالي I، إنتاج أمشـاج في الانقسـام الميوزي II تحتوي على توليفات كروموسومية مختلفة عن التكوين الوراثي للخلية الأبوية.

يؤدي اتحاد الكروموسـومات من الأمشـاج المختلفة إلى الحرص على عدم تماثل الأبناء تماماً للأبوين. وهذا التخالف الوراثي هو ميزة التكاثر الجنسي الأساسية.

<u>مقارنة بين الانقسام الميتوزي والميوزي</u>

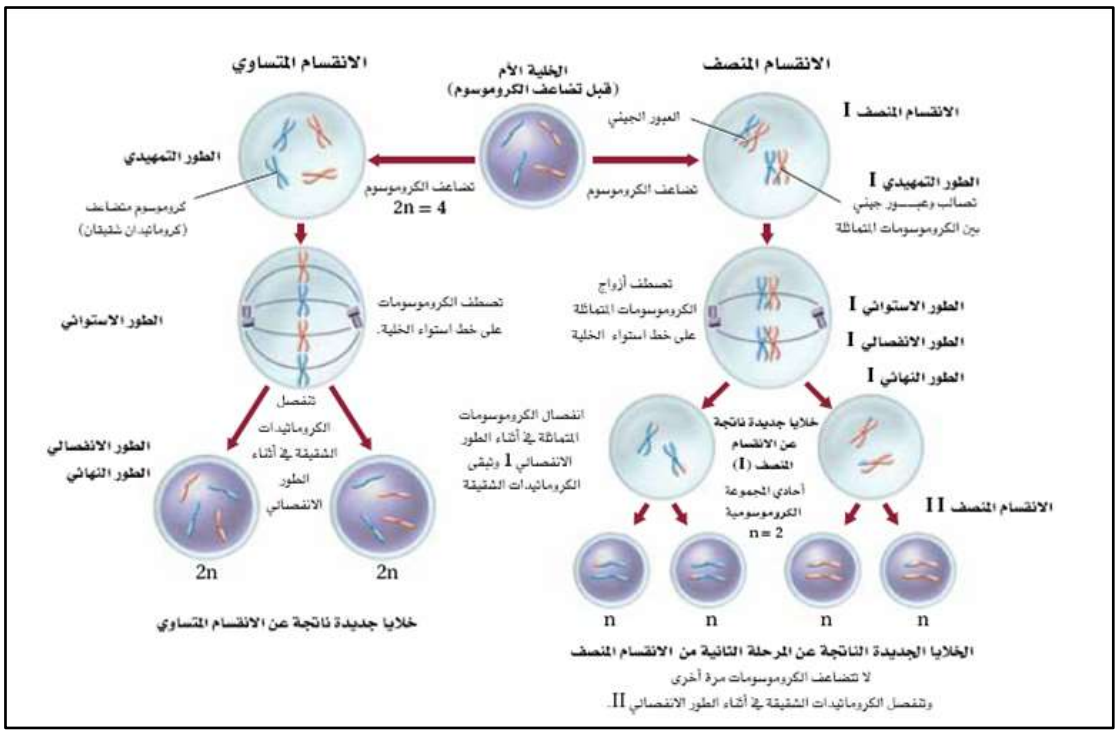
وبالتالي هناك عدة اختلافات بين الانقسام الميوزى و الانقسام الميتوزى وهي

	الانقسام الميتوزى	الانقسام الميوزى
أين يحدث	في الخلايا الجسدية	في الخلايا التناسلية
أهميته	1-النمو 2-تعويض الخلايا و الانسجة التالفة	تكوين الخلايا الجنسية(الأمشاج) حيوانات منوية - بويضات- حبوب لقاح
المادة الوراثية في الخلية الناتجة	2 N (المادة الوراثية كاملة)	N (نصف المادة الوراثية)

يحصـــل نســـخ DNA مرة واحدة قبل أي من الانقســـامين الميتوزي والميوزي. ويحتاج الانقســـام الميوزي إلى انقسامين نووين فيما يحتاج الانقسام الميتوزي إلى انقسام نووي واحد.
ينتج من الانقســام الميوزي أربع أنوية بنوية، وبعد الانقســام الســيتوبلازمي اللاحق يتكون أربع خلايا بنوية، يتبع الانقسام السيتوبلازمي الانقسام النووي منتجا خليتين بنويتين فقط.
تكون الخلايا البنوية الناتجة عن الانقســـام الميوزي أحادية المجموعة الكروموســـومية الموجودة في الخلية الأبوية n. وتحتوي الخلية البنوية الناتجة عن الانقســام الميتوزي على نفس عدد الكروموســومات الموجودة في الخلية الأبوية 2n.
الخلايا البنوية الناتجة عن الانقسام الميوزي غيرمتماثلة وراثياً مع الخلية الأبوية، بينما الخلايا البنوية الناتجة عن الانقسام المباشر متماثلة وراثياً مع الخلية الأبوية.
يمكن تصـــنيف الاختلافات بين هذين النوعين من الانقســـام النووي وفق زمن حدوثهما وكذلك العمليات التي يتضمنها.

يحدث الانقســام الميوزي في أزمنة معينة فقط من دورة حياة الكائن الحي الذي يتكاثر جنسـياً. ففي الإنســان مثلاً، يحصل هذا الانقسام في الأعضاء التناسلية فقط منتجاً الأمشاج، فيما يحصل الانقسام الميتوزي بصورة دائمة في كافة الأنسجة خلال مراحل النمو أو أثناء إصلاح تضرر الخلايا.

مقارنة بين الانقسام الميوزي I والانقسام الميتوزي



الأحداث التالية تميز الانقسام الاختزالي الميوزي I وII عن الانقسام الميتوزي:

- تزدوج الكروموسومات المتماثلة ثم تقوم بالعبور الكروموسومي خلال الطور التمهيدي I من الانقسام الميوزي، وليس خلال الانقسام الميتوزي.
- تصطف الكروموسومات المتماثلة المزدوجة على الصفيحة الوسطى للطور الاستوائي خلال الطور الاستوائي I للانقسام الاختزالي. لهذه الكروموسومات المزدوجة 4 كروماتيدات موجودة مع بعضها. تصطف الكروموسومات المنفردة خلال الطور الاستوائي I للانقسام الميوزي. ويحتوي كل من هذه الكروموسومات على كروماتيدين فقط.
- ينفصل الكروموسومان المتماثلان وينسحبان إلى قطبي الخلية خلال الطور الانفصالي I للانقسام الميوزي. تنقسم القطعة المركزية وكذلك الكروماتيدين الشقيقين. فيسميان الكروموسومين البنويين. وينسحب هذان الكروموسومان في الطور الانفصالي إلى قطبي الخلية في الانقسام الخلوي الميتوزي.

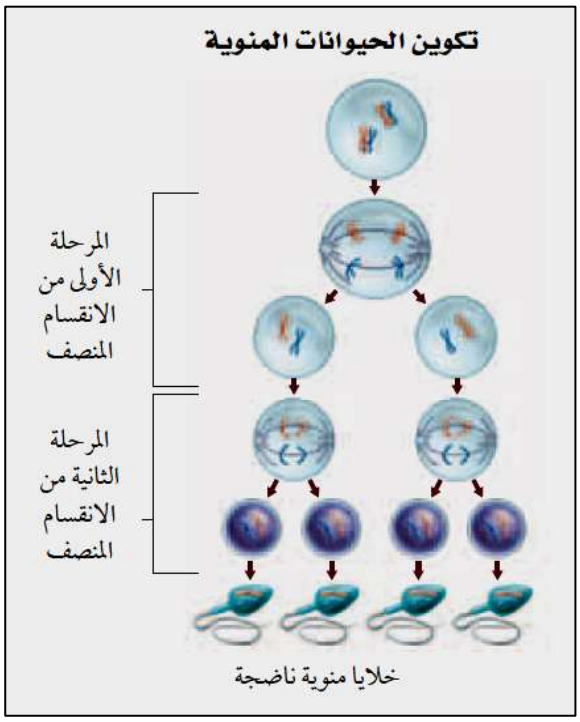
تشبه أحداث الانقسام الميوزي II أحداث الانقسام الميتوزي عدا أنه في الأول تحتوي الأنوية على عدد أحادي الكروموسومات مقارنة في الخلية الأبوية.

الانقسام الخلوي في حياة الإنسان

تحتاج هذه الدورة إلى نوعي الانقسام الميوزي والميتوزي. وتتحد البويضة الحاوية على العدد الكروموسومي الأحادي n بالحيوان المنوي بعملية الإخصاب، وتحتوي اللاقحة الناتجة على العدد الكروموسومي الثنائي 2n ويُبقي الانقسام الميتوزي خلال مراحل نمو الجنين عدد الكروموسومات ثابتاً في كافة خلاياه. ويبقى هذا الانقسام مسؤولاً أيضاً عن النمو المستمر للطفل بعد ولادته وكذلك عن إصلاح خلاياه في أي وقت. نتيجة لنشاط الانقسام الميتوزي تحتوي كل خلية جسمية على العدد الكروموسومي الثنائي 2n التي كانت تحتويه الخلية الأبوية.

تكون الأمشاج في الإنسان

تكون الحيوانات المنوية[1]



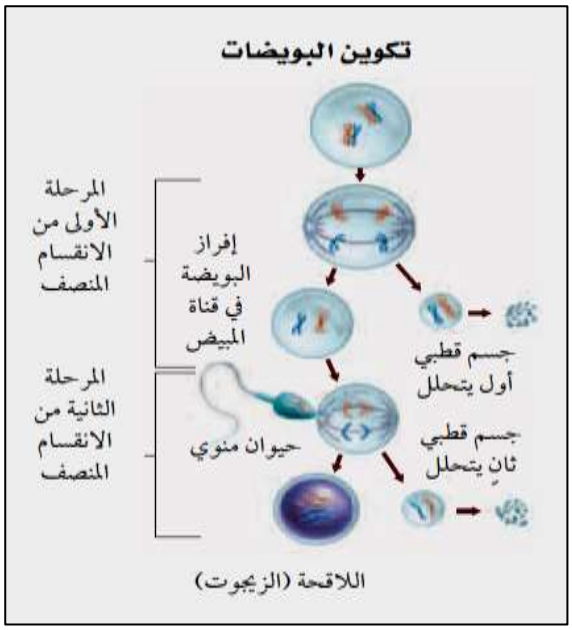
بعد البلوغ وهي الفترة التي تنضج فيها الأعضاء التناسلية، تستمر عملية تكوين الحيوانات المنوية في خصى ذكر الإنسان حيث يتكون أكثر من 300 ألف حيوان منوي في الدقيقة الواحدة (أو 400 مليون حيوان منوي في اليوم).

تنقسم الحيوانات الأولية n2 انقساماً اختزالياً لتكوين خلايا حيوانات منوية ثانوية أحادية المجموعة الكروموسومية. وتنقسم خلية الحيوانات المنوية في الانقسام الميوزي II لتكوين 4 نطف Spermatids أحادية المجموعة الكروموسومية.

ما الفرق بين الكروموسومات في خلايا الحيوانات المنوية الثانوية أحادية المجموعة الكروموسومية وبين تلك الموجودة في النطف Spermatids أحادية المجموعة الكروموسومية؟

[1] Marchetti F, Essers J, Kanaar R, Wyrobek AJ (2015) Disruption of maternal DNA repair increases sperm-derived chromosomal aberrations

تكون البويضات[1]



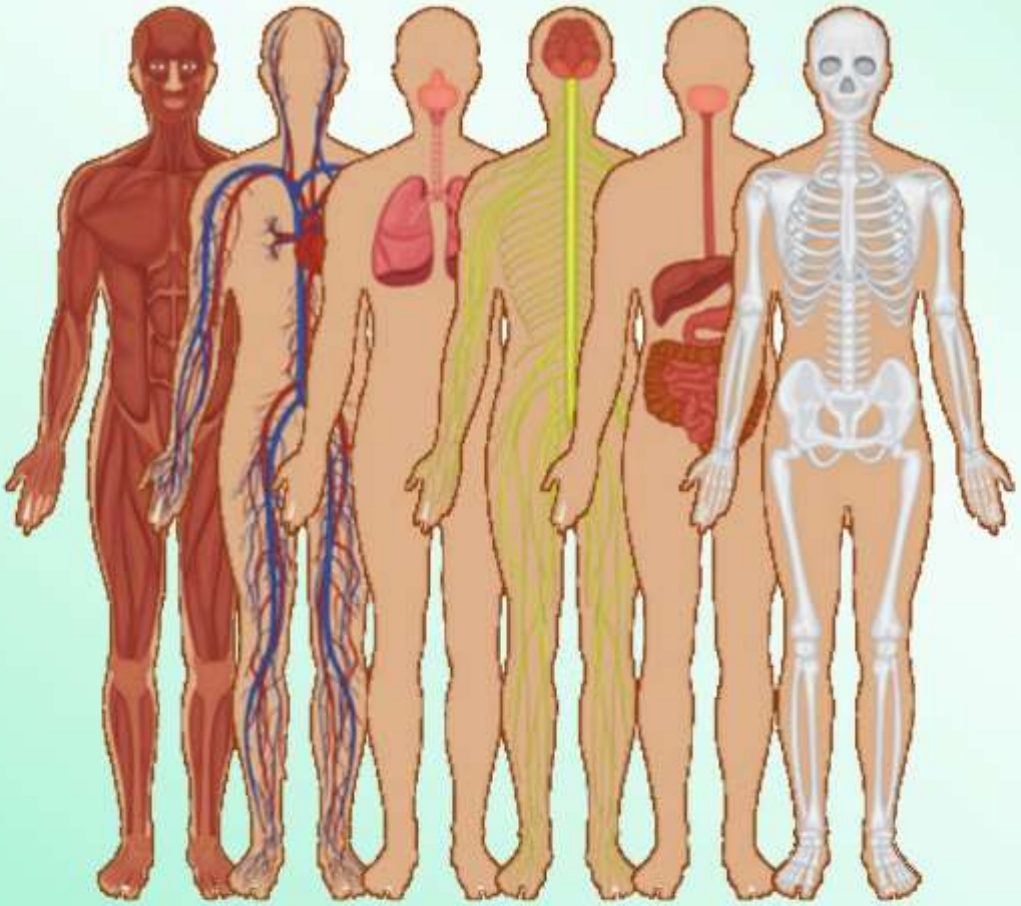
يبدأ الانقسام الميوزي في أنثى الإنسان في المرحلة الجنينية. ففي مبايض الجنين الأنثى تبدأ كافة الخلايا البويضية الأولية وهي خلايا ثنائية المجموعة الكروموسومية بالانقسام الميوزي ولكنها تتوقف في الطور التمهيدي I. وبعد النضج الجنسي وبدء الدورة الشهرية تأخذ واحدة من هذه البويضات بإكمال مرحلة الانقسام الميوزي I مكونة خليتين أحاديتي المجموعة الكروموسومية بالوقت الذي لا تزال الكروموسومات بحالة تضاعف.

وتستلم إحدى الخليتين المسماة بالخلية البويضية الثانوية كامل سيتوبلازم الخلية الأبوية تقريبا. والثانية هي الجسم القطبي الأول وهي خلية غير نشطة. يحتوي الجسم القطبي على العدد الثنائي من الكروموسومات وقد يمر أو لا يمر بانقسام آخر إلا أنه في النهاية يتلاشى. يخصب حيوان منوي البويضة الثانوية وتكمل الدورة الميوزية II حيث تنقسم مرة أخرى بصورة غير متماثلة مكونة بويضة وجسم قطبي ثان، تتحد نواتي البويضة والحيوان المنوي بعدئذ لتكوين لاقحة ثنائية المجموعة الكروموسومية. فإذا لم يتم إخصاب الخلية البويضية الثانوية من الحيوان المنوي، ستتحلل وتترك جسم الأنثى مع تدفق الحيض.

[1] علم الأحياء، بواسطة بيتر هـ. ريفن، جورج ب. جونسون، جوناثان ب. لوسوس، كينيث أ. ماسون، سوزان ر. سنجر.

الفصل الثاني

أجهزة جسم الإنسان



الفصل الثاني

أجهزة جسم الإنسان Human Body Systems

تقع بيولوجية الإنسان تحت تأثير عدد كبير من العوامل تسيطر على مختلف النواحي الفسيولوجية وتتحكم في مسيرتها التطورية، وفاعلية هذه العوامل تبدو أكثر وضوحا عند اجتماعها معا وتراكمها في التأثير، ففي جسم الإنسان تجري عمليات حيوية وفسيولوجية مختلفة ترتبط بعضها ببعض ارتباطا محكما كوحدة واحدة.

الجهاز الهضمي Digestive System

يتلقى الجهاز الهضمي الطعام، يهضمه ويمتص منه المواد الغذائية. يتكون الجهاز الهضمي من قسمين:

أ- القناة الهضمية وتبدأ من الفم حتى فتحة الشرج.

ب- ملحقات القناة الهضمية.

أولا: القناة الهضمية Alimentary Tract:

وهي عبارة عن أنبوبة طويلة تختلف أجزاؤها في الشكل وتمتد من الفم إلى فتحة الشرج، وفي الإنسان تتركب من الأعضاء التالية[1]:

1- الفم Mouth
2- البلعوم Pharynx
3- المريء Esophagous
4- المعدة Stomach
5- الأمعاء الدقيقة Small Intestine
6- الأمعاء الغليظة Large Intestine
7- الشرج Anus

ثانيا: ملحقات القناة الهضمية:

وتشمل الأعضاء أو الغدد التي تقترن بالقناة الهضمية وهي:

1- الغدد اللعابية Salivary Glands
2- الكبد بة (الحويصلة الصفراوية) Liver
3- البنكرياس Pancreas

في الجهاز الهضمي يتم هضم الطعام ميكانيكيا وكيميائيا في ثلاثة مواقع وهي الفم والمعدة والأمعاء الدقيقة وبعد أن تكتمل عملية الهضم تحدث عملية الامتصاص إلى الدم ليتم توزيع الغذاء المهضوم على أجزاء الجسم والغذاء غير المهضوم ينتقل إلى الأمعاء الغليظة ليتم طرده خارج الجسم.

فيما يلي سنتناول بعض الموضوعات التي تخص المواد الغذائية (المكملات الغذائية) وبعض اختلالات الجهاز الهضمي.

المكملات الغذائية:

وهي مغذيات ونواتج نباتية (كالشاي العشبي) تستخدم لتعزيز الصحة. (لا تخضع بعض الحكومات هذه المكملات إلى نفس فحوصات الأمان والفاعلية التي تطبق على العقاقير الجديدة قبل الموافقة على استخدامها). لذلك فإن الكثير من هذه المكملات لم يتم فحصها علميا لتحديد فائدتها. ومع أن الناس يعتقدون غالباً بأن هذه المنتجات غير ضارة لكونها (طبيعية) إلا أن نباتات طبيعية متعددة كاللوبيليا (Lobelia) والكومفري (Comfrey) وفلفل كافة (KavaKava) يمكن أن تكون سامة.

تعد المكملات مفيدة والكثير يتناولها لتحسين المدخلات الغذائية Dietary intake لمادة غذائية معينة. ومن ناحية أخرى، يخزن الجسم معظم الفيتامينات الذائبة في الدهون، وقد تتراكم إلى مستويات سامة ولاسيما فيتاميني (A,D) كما أن بعض المعادن يمكن أن تكون ضارة أو حتى سامة إذا ما أخذت بنسب مركزة أو جرعات كبيرة. قد تقي المكملات الغذائية ضد الإصابة بالسرطان أو الأمراض القلبية الوعائية إلا أن أخصائيي التغذية لا ينصحون بالاعتماد على هذه المواد كبديل عن تحسين المدخلات الغذائية من الفاكهة والخضراوات.

وهناك العديد من المركبات المفيدة الموجودة في الفاكهة لا يمكن الحصول عليها من قرص الفيتامين، بصورة عامة تعمل هذه المركبات معا على تحسين الامتصاص والقيام بوظائف حيوية مختلفة.

مضادات الأكسدة Anti-oxidants:

أجريت خلال العشرين سنة الماضية دراسات إحصائية متعددة لإمكانية تحديد نظام غذائي غني بالفاكهة والخضراوات لوقاية الإنسان من السرطان، تولد عملية الأيض جذورا حرة وجزيئات غير مستقرة تحمل الكترونا إضافيا. ومن الجذور الحرة الشائعة في الخلية جذر فوق الأكسيد ($Super\ oxide\ O^{-}_{2}$) وجذر الهيدروكسيد (OH^{-}). ولكي يستقر يتحد هذان الجذران مع حمض DNA ومع البروتينات (من ضمنها الإنزيمات) أو مع الدهون الموجودة في الغشاء البلازمي. تدمر الجذور الحرة هذه الجزيئات الخلوية مسببة مضاعفات وحتى أورام سرطانية. يعتقد أن فيتامينات A,C,E تقي الجسم من الجذور الحرة لذلك تسمى هذه الفيتامينات (مضادات الأكسدة) وتكثر هذه الفيتامينات بشكل خاص في الفاكهة والخضراوات. يوصي واضعوا الهرم الغذائي بضرورة تناول أربع حصص إلى خمس من الفاكهة والخضراوات يوميا. ولتحقيق هذا الهدف يجب أن يشمل غذاؤنا على السلطة الخضراء وخضراوات طازجة غير مطبوخة أو مطبوخة وفاكهة مجففة وعصائر بالإضافة إلى التفاح والبرتقال[1].

أحد اختلالات الجهاز الهضمي:

القرح المعدية:

يحافظ على جدار المعدة عادة طبقة سميكة من المخاط فإذا تلفت هذه الطبقة ستدمر أحماض المعدة جدارها. وستتكون قرحة Ulcer أو خراج مفتوح في الجدار ناتج من تلف الأنسجة التدريجي، ويبدو أن معظم قرح المعدة تنشأ عن التهاب المعدة ببكتيريا اسمها Helico Bacter pylori (البكتيريا الحلزونية للأمعاء) لها القدرة على تدمير الخلايا المخاطية المنتجة للمخاط. لذلك يشمل علاج القرح المعدية اليوم استخدام مضادات حيوية لقتل هذه البكتيريا بالإضافة إلى أدوية أخرى لخفض كميات كبيرة من الحمض في المعدة.

من الأسباب المحتملة الأخرى لقرح المعدة إصابات فيروسية معينة بالإضافة إلى الإفراط في استخدام الأدوية المضادة للالتهاب Anti-inflammatory ذات التأثير الجانبي المتعلق بأضرار بطانة المعدة. والقرح الخاصة بالمعي والإثنى عشر Duodenalulcers هي الأخرى شائعة لأن الإثنى عشر يستقبل الكيموس الحمضي من المعدة.

[1] علم وظائف الأعضاء أ- د صباح ناصر العلوجي – عمان – دار النشر وموزعون – الطبعة الثالثة 2014 م – 1435 هـ

الجهاز التنفسي Respiratory System

التنفس عملية مهمة تستمر باستمرار حياة الكائن الحي نفسه وهي ضرورية جداً لاستمرار حياة الإنسان وببساطة هي عملية إمداد خلايا وأنسجة الجسم المختلفة بالأكسجين والتخلص من ثاني أكسيد الكربون، وبدون توفر الأكسجين فإن معظم خلايا الدماغ تموت خلال 3-5 دقائق. أما من الناحية الكيميائية فتشير إلى سلسلة من التفاعلات الكيميائية تتم داخل الخلايا، وفيها تتأكسد المواد الغذائية وينتج عنها انطلاق الطاقة اللازمة للنشاطات الحيوية للإنسان، كما ينتج ثاني أكسيد الكربون الذي لا بد من التخلص منه مع دورة الدم في الجسم. أما المفهوم الأول (إمداد الجسم بالأكسجين) فيطلق عليه اسم التنفس الخارجي والمفهوم الثاني (التفاعلات الكيميائية داخل الخلية) فيطلق عليه اسم التنفس الخلوي.

تتم أكسدة أو احتراق الغذاء داخل خلايا الجسم في عضية خلوية خاصة تسمى الميتوكوندريا، حيث تحمل الإنزيمات الخاصة بأكسدة الغذاء. ويعتبر سكر الجلوكوز أكثر صور الغذاء شيوعا إذ أنه يستخدم كوقود لإنتاج الطاقة في معظم الكائنات الحية بما فيها الإنسان. على الرغم من أن أكسدة الجلوكوز تضم معادلات كيميائية معقدة إلا أن احتراق جزيء الجلوكوز احتراقاً كاملاً يعطي طاقة كبيرة.

والطاقة الناتجة تكون عادة (40%) منها مخزنة في مركب كيميائي يدعى أدينوسين ثلاثي الفوسفات ويرمز له بالرمز ATP وتحطيم الجلوكوز نهائيا ينتج طاقة تساوى 38 جزيئا (38ATP)، يعتبر الـATP مركب تختزن فيه الطاقة على شكل روابط كيمائية تكون متوفرة عند الحاجة إليها كما في النشاطات الحيوية المختلفة كالنمو والبناء والتكاثر والحركة والتفكير والقراءة وسائر العمليات الحيوية الأخرى التي يقوم بها الجسم و(60%) المتبقية من الطاقة يتحول إلى طاقة حرارية يستخدمها الجسم في تدفئته وحفظ درجة حرارة الجسم ثابتة[1].

يتكون الجهاز التنفسي من:

1- الأنف Nose
2- البلعوم Pharynx
3- الحنجرة Larynx
4- القصبة الهوائية Trachea
5- الشعبتان الهوائيتان Bronchi
6- الرئتين Lungs
7- الحجاب الحاجز Diaphragm

التحكم في عملية التنفس:

يتنفس البالغون عادة بمعدل من 12 إلى 20 مرة في الدقيقة ويتحكم مركز التنفس الذي يقع في النخاع المستطيل داخل الدماغ في إيقاع التنفس. ويعمل هذا المركز على الحفاظ على التنفس من خلال إرسال سيالات عصبية ذاتية إلى الحجاب الحاجز بواسطة العصب الحجابي Phrenic Nerve وإلى العضلات بين الضلعية بواسطة أعصاب هذه العضلات Intercostal Nerves. وعندما يتوقف المركز التنفسي عن إرسال السيالات العصبية إلى الحجاب الحاجز والقفص الصدري ينبسط الحجاب ويأخذ شكله المقبب فيحصل الزفير، ومع أن المركز التنفسي يتحكم آليا بمعدل التنفس وعمقه ويتأثر نشاطه بالمدخلات العصبية والكيميائية. عند أخذ نفس عميق ترسل المستقبلات المتمددة في جدران الحويصلات بسيالات عصبية صادرة Inhibitory عبر العصب المبهم VagusNerve إلى المركز التنفسي فيتوقف هذا الأخير عن إرسال السيالات العصبية فيحدث الزفير[2].

[1] فسيولوجيا الإنسان د/ جبريل أجريد السعودي – د / أيمن سليمان مزاهرة – الطبعة العربية الاولى 2014 م – 1435 هـ
[2] مبادئ التشريح الوظيفي والوصفي – مطابع امون – الطبعة الثالثة – 2013 م

المدخلات الكيميائية في التنفس:

يكون المركز التنفسي حساساً بشكل مباشر إلى مستويات ثاني أكسيد الكربون وأيونات الهيدروجين في الدم فعند زيادة مستوياتها يزيد المركز التنفسي من معدل التنفس وعمقه. لايتأثر هذا المركز بمستويات الأكسجين المنخفضة علماً بأن المستقبلات الكيميائية في الأجسام السباتية Carotid Bodies المبطنة للشرايين السباتية وكذلك الأجسام الأورطية Aortic Bodies المبطنة للشريان الأورطي Aorta شديدة الحساسية تجاه مستوى الأكسجين في الدم. وعندما يقل هذا المستوى تتواصل هذه الأجسام مع المركز التنفسي فيزداد معدل التنفس وعمقه[1].

الجهاز الدوري Circulatory System

ينقل الجهاز الدوري المواد الأساسية مثل الأكسجين والمواد الغذائية إلى جميع خلايا الجسم، ويزيل منها الفضلات. يتضمن هذا الجهاز القلب وشبكة من الأوعية الدموية والدم.

قلب الإنسان The Heart:

القلب عضو عضلي مخروطي الشكل حجمه حجم قبضة اليد تقريبا، يقع القلب بين الرئتين خلف القفص الصدري (عظم الصدر) مباشرة، وهو مائل بحيث يتوجه الرأس (الطرف المدبب) إلى يسار الجسم، يتكون الجزء الرئيس من القلب المسمى بالعضلة القلبية في معظمه من نسيج عضلي قلبي، وألياف العضلة القلبية متشعبة ومترابطة، يقع القلب داخل التامور (Pericardium) وهو غشاء مصلي سميك يفرز كمية صغيرة من سائل ملين. السطح الداخلي للقلب مبطن بمادة شفافة تسمى الشفاف وهو غشاء مكون من نسيج ضام ونسيج بطاني (وترتبط بطانة القلب ببطانة الأوعية الدموية).

داخلياً يفصل الحاجز القلبي القلب إلى جانب أيمن وجانب أيسر ويقسم كل جانب إلى حجرة علوية وأخرى سفلية، الحجرة العلوية تسمى (الأذين) وتسمى السفلية (البطين). يستقبل الأذينان الدم من الرئتين وباقي أجزاء الجسم وينقلها إلى البطينان اللذان يضخان الدم إلى الرئتين والجسم.

يحتوي القلب على أربعة صمامات توجه تدفق الدم وتمنع رجوعه. يسمى الصمام الأذيني البطيني الذي يوجد على الجهة اليمنى من القلب (الصمام ثلاثي الشرفات) لأنه يضم ثلاث جنيحات أو شرفات، أما الصمام الذي يوجد على الجهة اليسرى من القلب يسمى الصمام (ثنائي الشرفات) ويتكون من جنيحين أو شرفتين، يتعلق هذان الصمامان بخيوط ليفية قوية تسمى الحبال الوترية. الصمامان الباقيان أحدهما يوجد بين البطين الأيمن واالشريان الرئوي ويسمى الصمام الهلالي الرئوي، والآخر يسمى الصمام الهلالي الأبهري والذي يوجد بين البطين الأيسر والشريان الأبهر[2].

التحكم الخارجي في نبض القلب:

يحتوي الجسم على وسائل خارجية أيضا لضبط نبض القلب، يقع مركز التحكم في القلب داخل النخاع المستطيل، والأخير جزء من الدماغ يتحكم في الأعضاء الداخلية يمكنه أن يعدل نبض القلب عبر الجهاز العصبي الذاتي الذي يشكل جزء من الجهاز العصبي. يتكون الجهاز العصبي من جزئين . القسم نظير السمبثاوي (Parasympathetic Division) الذي يعزز وظائف حالة الراحة، والقسم السمبثاوي (sympathetic Division) الذي يصدر استجابات النشاط المتزايد أو الإجهاد، يخفف القسم نظير السمبثاوي نشاط العقدة الجيب أذينية والعقدة الأذينية البطينية عندما تكون في حالة راحة بينما يزيد القسم السمبثاوي من نشاط هاتين العقدتين في حالة النشاط أو الإثارة وينبه هرمونا الإيبينفرين والنورإيبينفرين اللذان يطلقهما لب الغدة الكظرية القلب أثناء التمارين الرياضية على سبيل المثال، ينبض القلب أسرع وأقوى نتيجة التنبيه من القسم السمبثاوي ونتيجة إفراز الإيبينفرين والنورإيبينفرين.

---

[1] فسيولوجيا الإنسان د/ جبريل أجريد السعودي – د / أيمن سليمان مزاهرة – الطبعة العربية الاولى 2014 م – 1435 هـ

[2] علم وظائف الأعضاء أ- د صباح ناصر العلوجي – عمان – دار النشر وموزعون – الطبعة الثالثة 2014 م – 1435 هـ

الاختلالات الوعائية القلبية (اختلالات الجهاز الدوري)

إذابة الجلطات الدموية:

يتضمن علاج الجلطات استخدام انزيم التبليز(tpA) وهو منشط بلازمينوجين الأنسجة، الذي يحول البلازمينوجين في الدم إلى البلازمين, حيث يقوم بتفكيك الجلطة التي تشكلت من أحد الأوعية الدموية في القلب ويؤدي إلى إعادة تزويد عضلة القلب بالدم . ويستخدم لعلاج مرضى السكتة في حالة تجلط الدم بنجاح محدود، إذ يتعرض بعض المرضى إلى نزيف خطير في الدماغ، العلاج الأفضل قد يكون بالعقاقير المنتجة بهندسة الجينات التي تعمل على الغشاء البلازمي لمنع خلايا الدماغ من إطلاق وتلقي مواد كيميائية سامة تسببها السكتة.

إذا عانى شخص من أعراض ذبحة أو سكتة يمكن وصف الأسبيرين له حيث يقلل الأسبيرين من لزوجة الصفائح الدموية ما يخفض احتمال تكون الجلطة. وتشير الأدلة إلى إن الأسبيرين يحمى من النوبات القلبية الأولى لكن لا دعم واضح لتناول الأسبيرين يوميا لمنع السكتات لدى الأشخاص الذين لا أعراض لديهم، وبالرغم من هذا يوصي بعض الأطباء بتناول جرعة صغيرة من الأسبيرين يوميا بعد سن الأربعين لتجنب حدوث الجلطات[1].

العلق الطبي: الطب يواجه الخوف:

إدارة الغذاء والدواء في الولايات المتحدة الأمريكية قد أقرت استخدام العلق بمثابة (أجهزة) لمعالجة الحالات التي تنطوي على إمداد ضعيف بالدم لأنسجة منوعة.

العلق من الديدان الحلقية ماصة للدم وأقرب الكائنات الحية إليها ديدان الأرض. استخدم في الماضي العلق مع المرضى في محاولة لإزالة السوائل السيئة التي كانوا يعتقدون أنها المسؤولة عن أمراض كثيرة، ولم تعد هذه الممارسة شائعة مع حلول القرن التاسع عشر بعد ما تحقق المهتمون من أن هذا العلاج كان يضر غالبا المريض.

ومع هذا فالعلق يستعيد مركزه في طب القرن الواحد والعشرين حيث استخدم العلق لتحسين إمداد الأنسجة التي تأذت بفعل مرض أو إصابة بالدم. وحصيلة الأمر أن لعاب العلق يحتوي على مواد كيميائية توسع الأوعية الدموية وتمنع تجلط الدم عبر كبح فاعلية الثرومبين، تستطيع هذه التأثيرات تحسين دوران الدم في الجزء المعني من الجسم وهناك مادة أخرى في لعاب العلق تخدر فعليا جرح العضة.

في البيئة الطبيعية يسمح للعلق بامتصاص دم ضحيته من دون أن تحس به، لكن في الجو الطبي يصبح الأمر نفسه صعب على المريض فيتحمل هذه الممارسة جسديا على الأقل، لكن معنوياً يبقى استخدام العلق تجربة غير مطمئنة وقبول المريض بها عامل رئيس يحد من انتشار ممارستها[2].

الجهاز اللمفاوي Lymphatic System

يقوم الجهاز اللمفاوي بإخراج السوائل من الفراغات الموجودة بين خلايا الجسم إلى الجهاز الدوري. وهو يرشح سوائل الجسم من البكتيريا والجسيمات الضارة ويتخلص منها. يتكون هذا الجهاز من شبكة من الأوعية والعقد اللمفاوية، بالإضافة إلى الأعضاء مثل الطحال واللوزتين والزائدة الدودية.

يعتبر الجهاز اللمفاوي متمما للجهاز الدوري حتى إن بعض العلماء يعتبرونه فرعا أساسيا من الجهاز الدوري. فالدم يسير في أوعية دموية مغلقة ولهذا لا يوجد اتصال مباشر بين الدم وخلايا الجسم. وكيف يقوم الدم بتسليم الأكسجين والغذاء والهرمونات والأجسام المضادة التي تحتاجها خلايا وأنسجة الجسم المختلفة؟ وكيف يقوم الدم بتخليص خلايا الجسم من نواتج التنفس والفضلات النيتروجينية؟

هناك سائل يشبه بلازما الدم تقريبا يسير في الجسم يختلف اسمه حسب مكان وجوده في الجسم فإن وجد بين الخلايا سمي بالسائل بين الخلوي Interstitial) Intercellular Fluid)، وإذا وجد السائل في أوعية خاصة لمفية Lymph Vessels سمي بالسائل اللمفاوي[3].

[1] بحث في بيولوجية الحياة والانسان / دكتورة سيلفيا . س - ما يدر – الطبعة الأولى 2014

[2] مبادئ التشريح الوظيفي والوصفي – مطابع امون – الطبعة الثالثة – 2013 م

[3] علم وظائف الأعضاء أ- د صباح ناصر العلوجي – عمان – دار النشر وموزعون – الطبعة الثالثة 2014 م – 1435 هـ

فاللمف (Lymph) سائل بين خلوي تحمله الأوعية اللمفية ويختلف عن الدم بما يلي:

أ- سائل عديم اللون تقريبا لا يحتوي على كريات الدم الحمراء لكنه يحتوي على خلايا لمفية.

ب- يحتوي اللمف على نسبة من البروتينات أقل من بروتينات الدم.

ج - يتكون اللمف كسائل بين خلوي دموي يرشح من الشعيرات الدموية الشريانية.

ترجع أهمية اللمف إلى كونه واسطة النقل بين الدم وخلايا الجسم المختلفة. وعليه يرشح سائل دموي من خلال جدر الشعيرات الدموية الرقيقة محملا بالأكسجين والمادة الغذائية. أما معظم بروتينات الدم والعناصر الخلوية فلا تتمكن من النفاذ خلال جدر الشعيرات الدموية، بل تبقى محجوزة في تلك الشعيرات ما عدا بعض كريات الدم البيضاء التي تهاجر لتؤدي وظيفتها في مناطق مختلفة من الجسم. وعليه يغمر اللمف بما فيه من مواد غذائية ذائبة وأكسجين بعض خلايا الجسم، تتم عملية التبادل بين سائل اللمف وبعض خلايا الجسم. وهكذا تنتشر المواد الغذائية والأكسجين إلى الخلايا التي يغمرها، بينما المواد التي يكون تركيزها عالياً في الخلايا كالفضلات النيتروجينية وثاني أكسيد الكربون تنتشر بسهولة من خلايا الجسم إلى اللمف المحيط بها.

وباختصار فإن اللمف يزود بعض خلايا الجسم بما تحتاجه من مواد غذائية ذائبة وأكسجين وهرمونات... إلخ بينما يحمل منها نواتج العمليات الحيوية كنواتج عملية التنفس CO_2 وعملية التحول الغذائي (مواد نيتروجينية) ناقلا هذه النواتج إلى الدم وذلك عن طريق نفاذ وعودة بعض سوائل اللمف خلال جدار الشعيرات نفسها، ويحمل خلال عودة السائل اللمفي إلى الشعيرات الدموية معه إلى تيار الدم ما جمعه من CO_2 ومواد إخراجية نيتروجينية تريد بعض خلايا الجسم التخلص منها. وهكذا يساعد على التوازن المائي والأسموزي في الجسم. ولكن ماذا يحدث لسائل اللمف الذي لا يتمكن من العودة إلى تيار الدم عن طريق النفاذ إلى الجانب الوريدي من الشعيرات؟

اللمف في الأنسجة ينفذ إلى داخل أوعية خاصة دقيقة جدا تعرف بالشعيرات اللمفية، وتتميز هذه الشعيرات بكثرة ثقوبها التي تلتقط بها البروتينات الموجودة باللمف، ويدخل سائل اللمف الدورة الدموية بعد أن يمر من خلال أربع مناطق هي[1]:

أ- الشعيرات اللمفية Lymph Capillarices

ب- الأوعية اللمفية Lymph Vesseles

ج- العقد اللمفاوية Lymph Nodes

د- القنوات اللمفاوية Lymph Ducts

<u>الطحال Spleen:</u>

عضو لمفي مهم في الجسم يرتبط وظيفيا بالدم ويقع تحت الحجاب الحاجز مباشرة في الجزء العلوي الأيسر ويبلغ طوله حوالي 5-6 بوصات وعرضه حوالي 3-4 بوصات.

ترجع أهمية الطحال لما يلي:

1- أنه يحتوي على تجاويف وفراغات دموية كثيرة لذا يعتبر مستودعا هاما للدم خاصة كريات الدم الحمراء، إذ قد يصل ما يخزنه من الدم حوالي لتر وفي حالات معينة قد ينقبض ويطرد ما يخزنه من الدم إلى الدورة الدموية.

2- يعتبر المكان أو (المقبرة) الذي فيه تتحطم كريات الدم الحمراء حيث يحتفظ بعنصر الحديد لاستخدامه ثانية بينما يتحول بقية الهيموجلوبين إلى صبغ بيليروبين يفرزه الكبد مع الصفراء.

3- له القدرة على إنتاج كريات الدم البيضاء خاصة اللمفية منها وبالتالي يساهم في إعطاء الجسم مناعة ضد الميكروبات. كما أن له القدرة أيضا على تكوين كريات الدم الحمراء خاصة في المراحل الجنينية.

4- يكون الطحال مادة تحفز تكوين خلايا الدم في نخاع العظم[2].

---

[1] علم وظائف الأعضاء أ- د صباح ناصر العلوجي – عمان – دار النشر وموزعون – الطبعة الثالثة 2014 م – 1435 هـ

[2] مبادئ التشريح الوظيفي والوصفي – مطابع امون – الطبعة الثالثة – 2013 م

الجهاز الهيكلي Skeletal System

يتكون الجهاز الهيكلي من العظام والمفاصل والغضاريف، حيث يساعد على الحركة وتخزين المعادن وتصنيع خلايا الدم وحماية الأعضاء الداخلية. الجهاز الهيكلي عبارة عن أجزاء صلبة قوية مرتبطة بعضها ببعض ارتباطا مفصليا تكسب الإنسان شكلا معينا.

وظائف الجهاز الهيكلي[1]:

1- دعامة الجسم Support ويحفظ الشكل العام له ويكسبه استقامته.
2- السماح بالحركة بفضل وجود المفاصل ونقاط الاتصال الأخرى بين العظام.
3- حماية الأعضاء الهامة في الجسم كالدماغ والقلب والرئتين بفضل عظام الجمجمة والصدر (القفص الصدري) على الترتيب.
4- تكوين خلايا الدم في نخاع العظم.
5- مكان اتصال للنسيج العضلي خاصة العضلات الهيكلية وبالتالي تسهل الحركة.
6- المساهمة في إزالة المواد السامة Detoxification من الجسم وتخزينها في العظام.
7- تخزين بعض المواد المعدنية كالكالسيوم والفسفور والتي قد يحتاجها الجسم في وقت ما وتخزن الدهون فى نفس العظم الاصفر . .

العظام Bones[2]:

يشكل العظم الجزء الأكبر من الجهاز الهيكلي، العظام عبارة عن أنسجة ضامة رابطة متخصصة قوية. ترجع قوة وصلابة العظم إلى ترسب الأملاح المعدنية ضمن المادة العضوية الموجودة في خلايا العظم بشكل رئيسي.
ويتركب العظم (الجاف) من:

أ- مادة لا عضوية (أملاح معدنية) تشكل حوالي 66% من العظم وإليها تعزى صلابة العظم وقوته، وأهم الأملاح المعدنية المكونة للعظم هي كربونات الكالسيوم وفوسفات الكالسيوم.
ب- مادة عضوية تشكل حوالي 34% من العظم وتتألف أساساً من مواد بروتينية تسمى كولاجين العظم.

تختلف العظام في شكلها وتقسم إلى ما يلي:

1- عظام طويلة Long Bones كما في عظام العضد والفخذ والعظام فى الاصابع .
2- عظام قصيرة Short Bones كما في عظام الأمشاط والأصابع والرسغ والكاحل .
3- عظام مفلطحة Flat Bones كما في عظام القص والعظم الجداري (الجمجمة).
4- عظام غير منتظمة Irregular Bones كما في عظام الفقرات وعظام الوجة .

توزيع عظام الهيكل العظمي

وجه المقارنة	الهيكل المحوري	الهيكل الطرفي
المكونات	جمجمة - عمود فقاري - عظام الصدر- العظم الامامي وعظيمات صغيرة	الحزام الصدري - الأطراف الأمامية - الأطراف الخلفية - الحزام الحوضي
عدد العظام	80	126

[1] علم حياة الإنسان – بيولوجية الإنسان – د/ عايش زيتون – دار الشروق للنشر والتوزيع – الطبعة الرابعة 2015 م
[2] بحث في بيولوجية الحياة والإنسان / دكتورة سيلفيا . س - ما يدر – الطبعة الأولى 2014

وتقسم العظام من حيث تكوينها إلى نوعين:

1- العظام الغشائية: وهي التي تنشأ بطريقة خاصة في نسيج ضام من خلايا عظمية أصلية وترسبات أملاح الكالسيوم كما في عظام الوجه أو الجمجمة.
2- العظام الغضـــروفية: وهي التي تنشـــأ في الغضـــروف بطريقة معقدة ذات خطوات عديدة تنتهي بتكلس الغضروف كما في عظام الأطراف والفقرات[1].

ويوجد في الهيكل العظمي ثلاثة أنواع من الخلايا العظمية المختصة بعمليات نمو وتكلس العظام وهي:

أ- خلايا الأستيوبلاست (خلايا بانية للعظم) Osteoblasts وهي مسؤولة عن عملية تكوين العظام.

ب- خلايا الأستيوكلاست (خلايا هادمة للعظم) Osteoclasts وهي مسؤولة عن عملية امتصاص المواد المكونة للعظام , وتقوم بتحطيم نسيج العظم واصلاح الأضرار التي تصيب العظم .

ج- خلايا الأستيوسايت (خلايا العظم) Osteocytes وهي مسؤولة عن بقاء العظام في حالة حياة مستمرة وتوجد في صـــفائح دائرية في فراغات أو محافظ خاصـــة فيها. والخلايا العظمية هذه تعمل بدورها على استمرار حياة العظام من جهة أو إعادة التحامها كما في حالات الكسر من جهة ثانية[1].

الخلايا الجذعية في نخاع العظم:

الخلايا الجذعية قادرة دائماً على الانقسـام وإنتاج الخلايا الجديدة التي تتطور إلى نوع خاص من الخلايا. وقد كان معلوما لفترة أن نخاع العظم يضـــم خلايا جذعية متعددة القدرات تســـتطيع إنتاج خلايا جذعية أخرى للخلايا المطلوبة. وأظهرت البحوث الحديثة أن الخلايا الجذعية في نخاع العظم قادرة على التطور إلى أنواع أخرى من الخلايا ومن ضمنها الكبد ودهون الجسم والغضروف والقلب وحتى الخلايـا العصبيـة. وهناك إمكانية أن تستخدم الخلايا الجذعية لنخاع العظم في المريض نفسه لمعالجـة حـــالات معينـــة قد تتطور، كمرض السكري وأمراض القلـب والكبـد وحتى الاختلالات الدماغيـــة (علـــى سبيـــل المثـــال، مرض الزهايمـــر أو مرض باركنسون).

في إحدى الدراســـات عاين الباحثون أدمغة نســـاء كن قد تلقين خلايا جذعية من نخاع العظم من متطوعين ذكور كجزء من علاج اللوكيميا . كان لدى كل المسـتقبلات نسـيج عصـبي متحول الجنس حيث احتوت بعض الخلايا العصـــبية في أدمغتهن على كروموســـوم Y وهذا يشـــير إلى أن خلايا نخاع العظم الجذعية قد انتقلت إلى الدماغ وتطورت إلى خلايا عصبية في استجابة إلى إشارات عصبية.

إن استخدام الخلايا الجذعية من الشخص نفسه يتجاوز مشكلة الرفض الممكن للأعضاء والأنسجة.

من بين كل الأنواع المختلفة من الخلايا الجذعية البالغة في الجســم تتمتع الخلايا الجذعية لنخاع العظم بأفضـــلية خاصـــة لأن الحصـــول عليها هو الأســـهل. يفضـــل بعض الباحثون العمل بالخلايا الجذعية الجنينية معتقدين بأنها يمكن أن تتحول إلى أنواع مختلفة من الخلايا. الخلايا الجذعية الجنينية متوفرة لأن كثيراً من الأجنة في المراحل المبكرة تبقى غير مستخدمة في عيادات الخصوبة مع أن هذه المسألة لا تزال مثيرة للجدل.

[1] بحث في بيولوجية الحياة والإنسان / دكتورة سيلفيا . س - ما يدر – الطبعة الأولى 2014

الجهاز العضلي Muscular System

عندما تعمل العضـــلات مع العظام فإنها تحرك أجزاء الجســـم، بما فيها اليدين والأصـــابع والســـاقين والعنق والرأس. وتحرك العضلات الموجودة في الأعضاء الداخلية المواد داخلها.

الجهـاز العضـلي عبـارة عـن مجمـوع عضـلات الجسـم التـي بواسـطتها يمكـن تحريـك أجـزاء الجسـم المختلفـة وهـو يشـكل حـوالي 40% مـن وزن الجسـم. يتـألف الجهـاز العضـلي مـن وحـدات تركيبيـة هـي العضـلات Muscles ، العضـلات عبـارة عـن مجموعـة مـن الأنسـجة العضـلية تمكـن جسـم الإنسـان مـن القيـام بحركاتـه الميكانيكيـة والتنقـل مـن مكـان لآخـر. وهـذه العضـلات هـي بالفعـل عضـلات الحركـة العامـة وهـي مـا تعـرف عـادة بـاللحم . أمـا عـدد العضـلات الهيكليـة فـي الجسـم فتختلـف حسـب المصـدر ومـع هـذا يمكن تقديرها بحوالي (620) عضلة هيكلية أو أكثر.

تركيب العضلة:

تتركب العضلة من عدد كبير من خيوط رفيعة متماسكة مع بعضـها تسمى الألياف (الخلايا) العضلية Muscle Fibers. وكل ليفة (خلية) عضـلية تحتوي على ليفات عضـلية (Myofibrils) يتراوح عددها ما بين ألف إلى ألفين ليفة مرتبة طوليا وموازية للمحور الطولي للعضلة وبعدد كبير من الأنوية.

وتتألف الليفة العضلية من:

أ- مادة حية (البروتوبلازم) تسمى في العضلات بالساركوبلازم Sarcoplsm.

ب- غشـاء خلـوي يحيـط بـ الساركـوبلازم يسمـى الساركوليما Sarcolemma. ويتصل هذا الغشاء الخلوي (الليفي) من طرفيه بنسيج ليفي يسمى (العضل الداخلي) Endomysium. وكل مجموعة ألياف عضلية يحيطها غشاء يسمى (حول العضل) Perimysium يفصلها عن غيرها من المجموعات العضلية. كما يحيط بالعضـلة غشـاء آخر يسـمى (فوق العضـل) Epimysium وظيفته تقليل الاحتكاك العضـلي أثناء الحركة. وتعرف مجموعة الألياف بالحزمة Vasculum.

تصنيف العضلات[1]:

تصنف العضلات إلى أنواع حسب اعتبارات متعددة وتوضع في مجموعات معينة كما يلي:

1 – حسب الشكل:

أ – عضلات مغزلية.

ب – عضلات دائرية (عاصرة).

ج – عضلات طولية.

2 – حسب الوظيفة[1]:

أ – عضلات مثنية (المثنيات).

ب – عضلات باسطة (المبعدات) كما في العضلة الدالية التي تسحب الذراع إلى الأمام.

ج – عضلات مقربة (المقربات) كما في العضلة الظهرية العريضة.

د – عضلات مبعدة كما العضلة التي تمد اللسان إلى الأمام.

هـ – عضلات ساحبة تمد اللسان إلى الخلف.

و – عضلات رافعة (الرافعات) كما العضلة الماضغة في الفك السفلي.

ز – عضلات خافضة (الخافضات).

ح – عضلات دوارة (الدوارات).

ط – عضلات باطحة (الباحات) وهي دوارات تدير الكف نحو الأعلى.

ى – عضلات موترة (موترات) كما في طبلة الأذن.

[1] علم وظائف الأعضاء أ- د صباح ناصر العلوجي – عمان – دار النشر وموزعون – الطبعة الثالثة 2014 م – 1435 هـ

الجهاز البولى Urinary System

ليحافظ الكائن الحي على استمرار حياته لابد له أن يتناول المواد الغذائية على اختلاف أنواعها وصورها. كما لابد من الحصول على الأكسجين ليتم أكسدة هذا الغذاء لإنتاج الطاقة اللازمة لنشاطاته الحيوية، ونتيجة لذلك يتكون في الجسم مواد كيمائية تغير التركيب والتوازن الطبيعي لخلايا وأنسجة الجسم المختلفة خاصة التركيب الكيميائي للدم. ولكي يحافظ الجسم على توازنه البيولوجي والفسيولوجي لابد للجسم من أن يتخلص من هذه المواد (الفضلات) والتي تكون إما ضارة أوسامة في الجسم إن بقيت فيه، أو زائدة عن حاجته أو عديمة الفائدة، والعملية التي يتم التخلص بها من الفضلات تسمى الإخراج Excretion. والجهاز المباشر المسؤول عن ذلك هو الجهاز البولي بالتعاون مع أجهزة وأعضاء أخرى كالجلد وجهاز التنفس والجهاز الهضمي والغدد العرقية.

وكذلك بروتوبلازم الخلية له نظام معين خاص لابد من المحافظة عليه في اتزان، ولما كانت هذه الخلايا ليس لها اتصال مباشر مع المحيط الخارجي، إذ لابد من أن تملك جهازا معينا يحافظ على اتزانها الكيميائي والفيزيائي أي لا بد من المحافظة على التوازن المائي والأسموزي في أنسجة الجسم المختلفة. وعليه لابد من التخلص من المواد أو الفضلات الناتجة من عمليتي الهضم والتنفس خاصة ثاني أكسيد الكربون CO_2 والفضلات النيتروجينية والمواد الأخرى التي لو بقيت ربما تسبب ضررا للجسم عن طريق اختلال توازنه الكيميائي والفيزيائي.

الجهاز البولي يلعب دورا هاما في حفظ توازن خلايا وأنسجة الجسم كما يأتي:

1- إفراز البول وبالتالي التخلص من الماء الزائد عن حاجة الجسم.
2- التخلص من الفضلات النيتروجينية على شكل يوريا Urea (في الإنسان) مع البول.
3- التخلص من الأملاح المعدنية الزائدة عن حاجة الجسم وبالتالي التوازن الأسموزي لخلايا الجسم.
4- عزل المواد الغريبة التي قد تدخل تيار الدم كالسموم والعقاقير الأخرى.

تركيب الجهاز البولى:

يتركب الجهاز البولي من الأعضاء التالية:

الكليتان Kidneys
الحالبان Ureters
المثانة البولية Urinary Bladder
قناة مجرى البول

الوظائف التنظيمية للكلية

تحافظ الكلية على توازن الماء والملح في الدم ضمن حدوده الطبيعية. وبهذه الطريقة تحافظ أيضا على حجم الدم وضغطه. وعادة يعاد امتصاص الماء والأملاح (NaCl) الموجودة في الراشح عبر الأنيبيب الملتوي الأدنى.

عملية إعادة امتصاص الماء

يعتمد إفراز البول زائد التوتر (يزيد تركيزه عن تركيز الدم) على إعادة امتصاص الماء من عروة النفرون والقناة الجامعة. ويمكننا التفكير بإعادة الامتصاص على أنها حاجة إلى:

(1) إعادة امتصاص الملح.
(2) تكوين تدرج المذاب معتمد على وجود الملح واليوريا.
(3) إعادة امتصاص الماء.

تـنظم الكليتـان تـوازن الملـح فـي الـدم مـن خـلال الـتحكم فـي إفـراز أيونـات مختلفـة وإعـادة امتصاصـها. فالصـوديوم (Na^+) أيـون مهـم فـي البلازمـا ويلـزم تنظيمـه. ولكـن الكليتـين تفـرزان أيونـات أخـرى أيضـا وتعيـد امتصاصـها مثـل أيونـات البوتاسـيوم (K^+) وأيونـات البيكربونـات (HCO^{-3}) وأيونـات المغنيسـيوم (Mg^{+2}) وحسـبما تقضـي الحاجـة. تـنظم الهرمونـات عمليـة إعـادة امتصـاص الصـوديوم فـي الأنيبيـب الملتـوي البعيـد. فالألدوسـتيرون Aldosterone هرمـون يحفـز إفـراز أيونـات البوتاسـيوم وكذلك إعادة امتصاص أيونات الصوديوم، ويؤدي هذا الهرمون وظيفته بتوجيه عمل كل من الكليتين.

فالجهـاز المحـاذي للكبيبـة Juxtaglomerular Apparatus هـو فـي منطقـة تمـاس مـع الشُـرين الـوارد إلـى الأنيبيـب الملتـوي البعيـد . فعنـدما لا يكـون حجـم الـدم ولا ضـغطه كـافيين للقيـام بالترشـيح الكبيبـي يفـرز الجهـاز المحـاذي للكبيبـة إنـزيم الـرنين Renin إنـزيم لـه القـدرة علـى تغييـر البـروتين أنجيوتنشـينوجين Angiotensionogen (وهـو بـروتين كبيـر للبلازمـا ينتجـه الكبـد) إلـى أنجيوتنشـن 1. ويتحـول إلـى أنجيوتنشـن 11 وهـو قـابض للأوعيـة شـديد الفاعليـة بالإضـافة إلـى أنـه ينبـه القشـرة الكظريـة لإفـراز الألدوسـتيرون . يعقـب إعـادة امتصـاص الصـوديوم عـادة، إعـادة امتصـاص المـاء، لـذلك يـزداد حجم الدم وضغطه.

الهرمـون الأذينـي المـدر للصـوديوم (ANH) وهـو هرمـون يفـرزه أذيـن القلـب عنـدما تتمـدد خلايـاه نتيجـة زيـادة حجـم الـدم. ويعمـل هـذا الهرمـون علـى كـبح إفـراز الـرنين مـن الجهـاز المحـاذي للكبيبـة، وعلـى إفـراز الألدوسـتيرون مـن القشـرة الكظريـة، وبهـذا يكـون مفعولـه فـي تحفيـز إفـراز Na^+، ولذلك يسمى " المدر للصوديوم " Natriuresis.

تتكـون العـروة الطـويلة للنـفرونة، والممتـدة فـي عـمق الطـبقة الكلـوية الوسطـى، Renal Medulla مـن طـرف صـاعد وآخـر نـازل. وينفـذ NaCl بشـكل غيـر نشـط مـن الجـزء السـفلي للطـرف الصـاعد. لكـن يطـرد الجـزء العلـوي السـميك مـن الطـرف. ويطـرد الملـح بشـكل نشـط خارجـا إلـى أنسـجة الطبقـة الوسـطى Medulla. وهكـذا كلمـا تحـرك السـائل إلـى أعلـى الجـزء السـميك مـن الطـرف الصـاعد، يقـل الملـح المتـاح للنقـل تـدريجيا. فيتكـون تـدرج أسـموزي داخـل أنسـجة الطبقـة الوسـطى الكلويـة ويـزداد تركيـز الملـح باتجـاه مركـز الطبقـة الوسـطى (لاحـظ أن المـاء لا يغـادر الطـرف الصـاعد لأن هـذا الطـرف غيـر منفـذ). إن الجـزء الـداخلي المركـزي مـن الطبقـة الكلويـة الوسـطى سـيحتوي علـى أعلـى تركيـز للمـذاب. وأن ذلـك لا يمكـن أن يعـود إلـى الملـح نفسـه لأن النقـل النشـط للملـح لا يبـدأ حتـى يصـل السـائل إلـى الجـزء السـميك مـن الطـرف الصـاعد. ويعتقـد أن اليوريـا ترشـح مـن الجـزء السـفلي مـن القنـاة الجامعـة لـذلك يعزى إلى هذا الجزء زيادة تركيز المذاب داخل مركز الطبقة الوسطى.

<u>إعادة امتصاص الماء</u>

يـؤدي التـدرج الأسـموزي داخـل الطبقـة الكلويـة الوسـطى إلـى مغـادرة المـاء للطـرف النـازل علـى امتـداد طولـه. وهـذه الآليـة مضـادة للتيـار: فيمـا ينفـذ المـاء خـارج الطـرف النـازل، يواجـه السـائل داخـل الطـرف تركيـزا أكبـر للمـذاب الأسـموزي. لـذلك يسـتمر المـاء فـي مغـادرة الطـرف النـازل ومـن الأعلـى إلـى الأسـفل. يـدخل السـائل القنـاة الجامعـة مـن الأنيبيـب الملتـوي البعيـد. ويكـون السـائل نـاقص التـوتر للقشـرة الكلويـة فيقلـل فـي هـذه النقطـة النقـل النشـط للملـح خـارج الطـرف الصـاعد مـن أسـموزية الراشـح. وتسـمح هـذه الحالـة بإنتـاج بـول نـاقص الأسـموزية قياسـا بسـوائل الجسـم العامـة - وعندئـذ يحتـاج الجسـم للـتخلص مـن المـاء الزائـد. ومـن ناحيـة أخـرى، عنـدما يصـبح البـول زائـد التـوتر قياسـا بسـوائل الجسـم الأخرى - يعاني الجسم من الجفاف.

وعندئذ يطلق الفص الخلفي للغدة النخامية Posterior Pituitary Gland هرمونا مضادا لإدرار البول (ADH). وفي غياب ADH تصبح القناة الجامعة غير منفذة للماء، فينتج بول مخفف. وعند وجود هذا الهرمون، تصبح القناة منفذة للماء. وحيث أن الراشح داخل القناة الجامعة يقابله التدرج الأسموزي المذكور، سينفذ الماء إلى خارج القناة الجامعة إلى الطبقة الكلوية الوسطي. ويفرز ADH في الليل بكمية أكبر في العادة لكي لا نحتاج إلى التبول مرارا أثناء النوم. وهذا يفسر أيضا سبب شدة تركيز التبول الأول في الصباح[1].

مدرات البول Diuretics

هي مواد كيميائية تزيد من دفق البول. ويسبب تناول الكحول مثلا إدرار البول لأنه يمنع إفراز ADH ، يعتبر الكافيين مادة مدرة لأنها تزيد معدل الترشيح الكبيبي وتقلل من إعادة الامتصاص الأنيبيبي للصوديوم (+Na). صنعت الأدوية المدرة للبول لعلاج ضغط الدم العالي لأنها تمنع النقل النشط للصوديوم في عروة النفرون، أو في الأنيبيب الملتوي البعيد. ويتبع ذلك نقصان في إعادة امتصاص الماء وبالتالي حجم الدم[1].

الجهاز العصبى Nervous system

يكشف الجهاز العصبي عن التغيرات في البيئة الداخلية والخارجية للجسم، ويرسل الإشارات (النبضات) العصبية لأعضاء الاستجابة التي تستجيب لهذه التغيرات. وهو يتضمن الدماغ والحبل الشوكي والأعصاب التي تنقل المعلومات إلى جميع أجزاء الجسم.
ومن مكونات الجهاز العصبي الجهاز العصبي الطرفي وأعضاء الحس .

الجهاز العصبي الطرفي والوظائف العقلية العليا Limbic System:

ترتبط العواطف والأفعال العقلية العليا بالجهاز الطرفي Limbic System في الدماغ. ويربط هذا الجهاز العواطف البدائية (كالذعر والخوف والمرح والحزن) بالوظائف العقلية العليا (كالحكمة والذاكرة) ويضعها في كل موقف، وهذا الجهاز مسؤول أيضا عن الشعور باللذة والأكل وكذلك السبب في جعل الضيق أو التوتر العصبي سببا لارتفاع ضغط الدم.

أعضاء الحس

الإحساس هو قدرة الإنسان على الشعور بالمنبهات الخارجية والداخلية المختلفة والاستجابة لها وفقا لهذه المنبهات، تدرك المعلومات الخاصة بالعالم الخارجي والحالات الخاصة بداخل جسم الإنسان بواسطة أعضاء خاصة هي أعضاء الحس التي تستقبل مختلف المنبهات والمؤثرات المختلفة.
المستقبلات الحسية هي عبارة عن نهايات عصبية حسية متخصصة للاستجابة لمنبه أو مؤثر من نوع واحد فقط . فالمستقبلات الحسية في الأذن على سبيل المثال تستجيب للموجات الصوتية، والمستقبلات الحسية في العين تستجيب للموجات الضوئية والمستقبلات الحسية في الأنف تستجيب للمواد الكيميائية الغازية وهكذا لجميع أعضاء الحس بالجسم[2].

[1] بحث في بيولوجية الحياة والإنسان / دكتورة سيلفيا . س - ما يدر – الطبعة الأولى 2014

[2] مبادئ التشريح الوظيفي والوصفي – مطابع آمون – الطبعة الثالثة – 2013 م

وبوجه عام تصنف المستقبلات الحسية في جسم الإنسان إلى ما يلي:

أولا: المستقبلات الداخلية

ثانيا: المستقبلات الخارجية

أولا: المستقبلات الداخلية Enteroceptors:

تستقبل المنبهات أو المؤثرات من داخل الجسم، فهي عبارة عن نهايات عصبية حسية حرة تنتهي في جدران الأعضاء الداخلية المختلفة كالقناة الهضمية والغدد والأورطى والأوردة الجوفية المتصلة بالقلب وألياف العصب في الرئتين. أما المستقبلات الواقعة حول المفاصل وفي العضلات فتسمى المستقبلات العضلية أو أعضاء الاستقبال الذاتي.

ثانيا: المستقبلات الخارجية Exteroceptors[1]:

1- الجلد
2- أعضاء الحس:

أ – العين ب – الأذن

جـ – الأنف د – اللسان

أعضاء الحس في الإنسان:

أولا: العين – الرؤية والإبصار:

العين عضو حسي وهو عبارة عن عضو مجوف أو كرة قطرها حوالي 2.5 سم موجودة داخل تجويف الجمجمة يسمى بالتجويف الحجاجي، وتتحرك العين داخل هذا التجويف بواسطة عضلات إرادية خاصة، ويستطيع الإنسان بواسطة العين رؤية الأجسام المختلفة والتعرف إلى أشكالها وأحجامها وألوانها وبعدها عن بعضها البعض. ويتألف الجهاز البصري من ثلاثة أجزاء هي:

1- العين (المقلة) ونرى بواسطتها الأجسام السوداء والبيضاء والملونة المختلفة.
2- أجزاء مرافقة لحماية العين وتتألف من الجفون والرموش والحواجب والغدد الدمعية التي تفرز سائلا ملحيا يعمل على ترطيب سطح العين المكشوف وتنظيف العين باستمرار.
3- عضلات العين: وهي عبارة عن ست عضلات خارجية إرادية خاصة مسؤولة عن تحريك العين وهي:
   أ- العضلة المستقيمة الجانبية.
   ب- العضلة المستقيمة الوسطى.
   جـ - العضلة المستقيمة العلوية.
   د- العضلة المستقيمة السفلية.
   هـ - العضلة المائلة (أو المنحرفة) العلوية[2].
   و - العضلة المائلة (أو المنحرفة) السفلية.

ثانيا: الأذن – السمع والاتزان:

تعتبر الأذن من الأعضاء الحسية الأكثر تعقيداً، وللأذن وظيفتان هما:

1- عضو مستلم للموجات الصوتية يدرك بها الإنسان الأصوات المختلفة (السمع).
2- السيطرة على التوازن (الاتزان)[3].

---

[1] بحث في بيولوجية الحياة والإنسان / دكتورة سيلفيا . س - ما يدر – الطبعة الأولى 2014

[2] مبادئ التشريح الوظيفي والوصفي – مطابع آمون – الطبعة الثالثة – 2013 م

ثالثا: الأنف – الشم:

الأنف هو عضو حاسة الشم في الإنسان، وهو عضو مجوف غضروفي عظمي بارز في وسط الوجه يتكون من فتحتين أماميتين تتصلان بالجو الخارجي أو الهواء مباشرة تسميان فتحتي الأنف، يوجد في وسط الأنف حاجز يفصل تجويفه إلى حجرتين مستقلتين، وكل حجرة مبطنة بغشاء أو نسيج مخاطي مهدب يعطي الهواء أو المادة التي تشم درجة حرارة مناسبة من الدفء والرطوبة، بالإضافة إلى أنه يحجز الغبار والأوساخ التي قد تدخل مع الهواء عن طريق الأنف.

وتقع مستقبلات حاسة الشم داخل القسم الأعلى من الأنف بين الحاجز الوسطى وعظم المحارة العليا وتسمى هذه المنطقة بالشق الشمي، تتألف المستقبلات الكيميائية الشمية من خلايا ضيقة طويلة لها من (6-12) خيطا من الخيوط البروتوبلازمية (الأهداب).

يوجد بالمنطقة الشمية ثلاثة أنواع من الخلايا كل منها عبارة عن خلية عصبية (متحورة) ذات قطبين وهي:

أ- خلايا قاعدية. ب- خلايا دعامية. جـ - خلايا شمية (عصبية).

هذا وتتم عملية الشم بتحلل المادة الكيمائية ذات الرائحة في السائل المخاطي كي تستطيع أن تؤثر على المستقبلات الكيميائية الشمية، وتنتقل الحوافز الشمية التي تبدأ مسيرتها من الخلايا الشمية إلى الدماغ عن طريق الأعصاب الشمية (عصب الشم رقم 1) حيث تترجم هناك كأنواع مختلفة من الروائح، والجدير بالذكر أن الدراسة العلمية تشير إلى أن هناك تسع مجموعات من خلايا مستقبلة في المساحة الشمية، وكل خلية تتأثر بأحد أصناف الروائح المختلفة للمواد الكيميائية.

رابعا: اللسان – التذوق:

اللسان عضو عضلي مغطى بنسيج رابط يعلوه نسيج طلائي حرشفي متقرن جزئياً وهو عضو حاسة التذوق (والكلام) في الإنسان. والجزء الأساسي لحاسة التذوق هو الغشاء المخاطي الذي يغطي اللسان وسقف الحلق ويمتد إلى بقية الفم ماعدا جذر اللسان المتصل بأرضية الفم.

وتنقسم عضلات اللسان إلى نوعين هما:

1- عضلات خارجية. 2- عضلات داخلية[1].

جهاز الغدد الصماء Endocrine System

يفرز جهاز الإفراز الداخلي المواد الكيميائية المعروفة بالهرمونات. يتضـــمن هذا الجهاز الغدد الصـــماء مثل: الدرقية والنخامية والكظرية وغيرها.

نشاط الجسم وفاعليته يخضع بشكل رئيسي لجهازين هما:

أ - الجهاز العصبي.

ب - جهاز الغدد الصماء.

لا تعمل الغدة الصماء مستقلة عن الأخرى بل تعمل معا في جهاز كبقية أجهزة الجسم، ومن هنا يطلق عليها جهاز الغدد الصماء، فمثلا الغدد النخامية تفرز عدداً كبيراً من الهرمونات تعمل علي تنبيه وتنشيط إفراز غدد أخرى و التي بدورها تنظم بإفرازاتها الهرمونية عمل غدد صماء أخرى، والاختلاف بين الجهازين السابقين يرجع إلى سرعة تأثير كل منهما، فبينما نجد الجهاز العصبي يعمل على تنظيم الاستجابات العصبية للمؤثرات التي تصل الجسم عن طريق أعضاء الاستقبال المختلفة بسرعة فائقة فيتأقلم ويتكيف تبعاً لذلك، نجد أن تأثير جهاز الغدد الصماء يكون أبطأ بكثير من ذلك، إلا أن تأثيره يستمر لفترة أطول من تأثير الجهاز العصبي[2].

الغدد الصماء:

عبارة عن أجسام غدية عديمة القنوات تفرز مواد كيميائية خاصة مباشرة في الدم تعرف بالهرمونات، تؤثر على الأنسجة وأعضاء الجسم المختلفة حسب طبيعة الإفرازات، وتفرز الهرمونات عادة بكميات ضئيلة جداً لكنها كافية لإحداث التأثير المطلوب في جسم الإنسان، وعلى الرغم أنه يصعب أن ننسب الهرمونات إلى تصنيف ما من المركبات الكيميائية، إلا أنها تعتبر مواد عضوية بروتينية وستيرويدية. ترتبط الهرمونات بكافة التنظيمات الحيوية لهذا تسيطر الهرمونات سيطرة حقيقية على معظم الوظائف البيولوجية والفسيولوجية في الجسم، وعليه إذا حدث أي خلل أو تلف في إفراز أحد هذه الهرمونات ولو بكميات قليلة فإنه يؤدي إلى نتائج غير مرغوبة للإنسان.

---

[1] بحث في بيولوجية الحياة والإنسان / دكتورة سيلفيا . س - ما يدر – الطبعة الأولى 2014
مبادئ التشريح الوظيفي والوصفي – مطابع امون – الطبعة الثالثة – 2013 م 3

[2] علم حياة الإنسان – بيولوجية الانسان – د/ عايش زيتون – دار الشروق للنشر والتوزيع – الطبعة الرابعة 2015 م

الجهاز التناسلي Reproductive System

كي يحافظ الإنسان أو الكائن الحي على نوعه لا بد له من التكاثر، أي إنتاج أفراد مشابهة له، فإذا كان الغذاء والتنفس والإخراج ضروريا للإنسان فإنه بحاجة إلى التكاثر أكثر من ذلك. فالحاجات الأولى إنما تلبي رغبة الشخص وتحافظ عليه كفرد، في حين التكاثر يحافظ على نوعه من الانقراض.

الجهاز التناسلي الذكري Male Reproductive System:

يتركب من:

الخصيتان – البربخان – الوعاءان الناقلان – الغدد الملحقة (غدة البروستاتا – الحوصلتان المنويتان – غدتا كوبر) والعضو الذكري.

الجهاز التناسلي الأنثوي Female Reproductive System:

يتركب من:

المبيضان – قناتا البيض (قناتا فالوب) – الرحم – المهبل – الأعضاء الجنسية الثانوية (الفرج)[1].

التشكل الجنيني:

سنتناول كيفية تشكل بعض الأعضاء (العين والقلب والكلية) أثناء التطور الجنيني.

أولا: العين

تنشأ العين من طبقة الإكتوديرم في الأسبوع الرابع من التطور الجنيني تبدأ الأعين بالتشكل على النحو التالي:

1 - تكوين ما يعرف بالحويصلة العينية (البصرية) Optic vesicles وهي نموات جانبية تنشأ من جهتي المخ البيني Diencephalon.

2- بتوسع جانبي الحويصلة العينية يتكون جزء بصري جديد مكون من طبقتين (خارجية وداخلية) يسمى الكأس البصري Optic cup الذي يتمايز فيما بعد إلى شبكية العين، والطبقة الداخلية تكون طبقات النسيج العصبي للشبكية بما فيها المستقبلات الخلوية والعناصر العصبية الأخرى، أما الطبقة الخارجية تكون ما يعرف بطبقة الخلايا الصبغية لشبكة العين.

3- يضيق الجزء القريب لكل من الحويصلة العينية (البصرية) ويتكون ما يعرف بالسويقة البصرية (Optic Stak) التي لا تلبث أن تندمج مع العصب البصري.

4- تغلظ طبقة الإكتوديرم ويتكون ما يعرف بمبدأ (أساس) العدسة Lens Placode الذي لا يلبث أن ينبعج ليشكل حويصلة العدسة Lens vesicles حيث تكون كل حويصلة محاطة بالكأس البصري.

4- بالتمايز البصري المستمر تنفصل حويصلات العدسة من طبقة الإكتوديرم ويتشكل جسم كروي داخل فتحتي كل كأس بصري، وتتمايز أخيراً إلى عدسات العين، في حين تتمايز الخلايا السطحية لحويصلات العدسة إلى قرنية العين[2].

1 علم وظائف الأعضاء أ- د صباح ناصر العلوجي – عمان – دار النشر وموزعون – الطبعة الثالثة 2014 م – 1435 هـ

2 فسيولوجيا الإنسان د/ جبريل أجريد السعودي – د / أيمن سليمان مزاهرة – الطبعة العربية الاولى 2014 م – 1435 هـ

ثانيا: القلب

ينشأ القلب من طبقة الميزوديرم أثناء التطور الجنيني وفق الخطوات المختصرة التالية:

1- ينشـــأ القلب من أنبوب نابض Pulsatin tubule الذي يســـتقبل الدم من الأوردة عند الطرف الخلفي ويضخ الدم إلى الشرايين من الطرف الأمامي.

2- في الأســبوع الخامس من التطور الجنيني يبدأ القلب الأنبوبي Tubular Heart بالنمو بشــكل ســريع ويتطور القلب إلى تركيب بشكل حرف (S).
3- بالتمايز المستمر ينقسم الوعاء الدموي الأمامي (الذي ينقل الدم خارج الجسم) إلى وعاءين هما: الشريان الرئوي (ينقل الدم إلى الرئتين) والأورطى (ينقل الدم إلى أوعية الدم الأخرى لتزويد بقية الجســم بالدم). ويتطور الوعاء الدموي الذي يدخل الطرف الخلفي للقلب إلى وريد أجوف علوي وآخر ســفلي اللذين ينقلان الدم غير المؤكسج من جزئي الجسم (الأمامي والخلفي) إلى القلب.
4- وأخيرا، يبدأ التقسيم داخل القلب وتتكون أربع حجرات قلبية (أذينين وبطينين) في نهاية الأسبوع السابع من التطور الجنيني[1].

ثالثا: الكلية

تنشأ الكليتان أثناء التطور الجنيني من طبقة الميزوديرم.

1- تنشـــأ الكليتـــان أثنـــاء التطـــور الجنينـــي مـــن خلايـــا عماديـــة لطبقـــة الميزوديـــرم المتوســـط Intermediate Mesoderm. وخـــلال التطـــور الجنينـــي تتشـــكل ثلاثـــة أزواج مـــن الكلـــى مـــن طبقة الميزوديرم وهي:

الزوج الأول: البرونيفروز Pronephros (الأولية أو ما قبل النفرونات) وعلى الرغم من أنها غير وظيفية في الإنســان حيث تضــمحل وتزول في الأســبوع الرابع – الخامس إلا أنه يبقى منها ما يعرف بقنوات البرونيفروز Pronephric ducts وتستخدم من قبل الزوج الثاني من الكلى.

الزوج الثاني: الميزونيفروز Mesonephros (النفرونات المتوســطة) وتتصــل أنابيبها مع قنوات البرونيفروز لتشكل ما يعرف بقنوات الميزونفرونات Mesonephric ducts.

وفي الأسـبوع السـادس وعندما تصـل الميزونيفرونات أقصـى حد لها يبدأ الجزء العلوي منها بالزوال بينما يبقى الجزء السفلي منها حتى نهاية الأسبوع الثامن.

الزوج الثالث: الميتا نيفروز Metanephros (النفرونات البعدية) وهي التي تتمايز إلى الكلى في الإنسان البالغ. وفي حوالي الأســبوع الخامس من التطور الجنيني تبدأ بالتشــكل نموات (براعم) جوفاء خارجية تســمى براعم الحالب Ureteric buds من الطرف البعيد لكل قناة من قناتي الميزونيفروز بالقرب من اتصـــالهما عند المجمع الجنيني ولا تلبث هذه البراعم (الحـالبيـة) أن تتمـايز إلى تكوين الحـالبين والكـأس الكلوي وحوض الكليـة. هذا وبالتمايز المســـتمر والتطور الجنيني تتكون (النيفرونات) الكلوية (الوحدة الكلوية الوظيفية في الكلية) من رأس طبقة الميزوديرم المتوسطة[1].

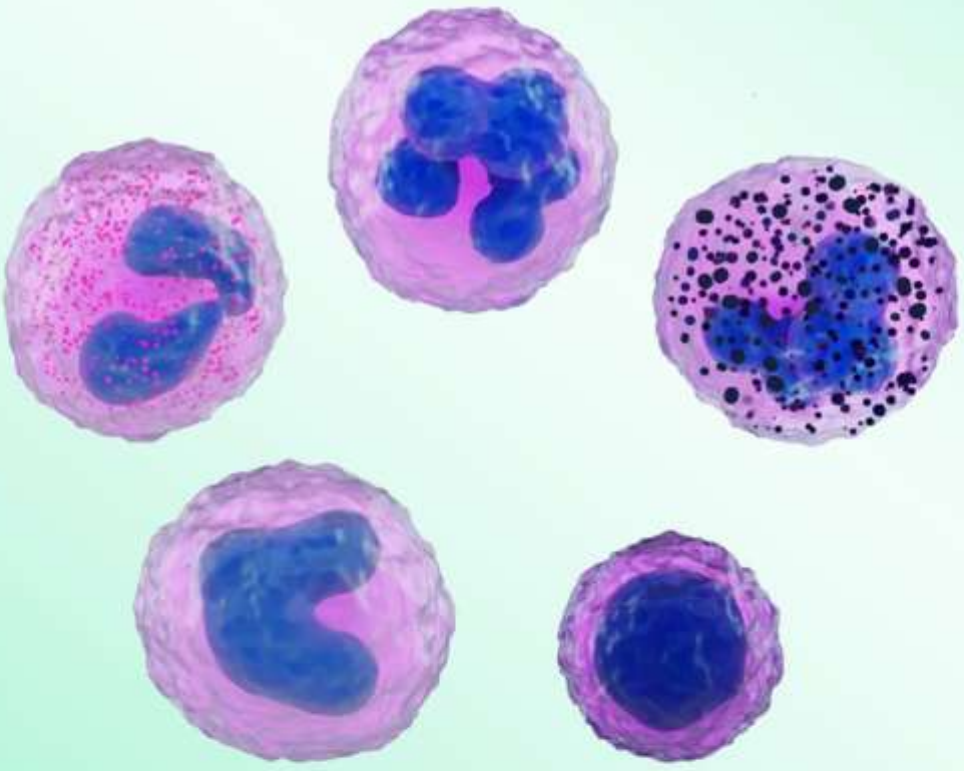
---

1 علم حياة الإنسان – بيولوجية الانسان – د/ عايش زيتون – دار الشروق للنشر والتوزيع – الطبعة الرابعة 2015 م

2 علم وظائف الأعضاء أ- د صباح ناصر العلوجي – عمان – دار النشر وموزعون – الطبعة الثالثة 2014 م – 1435 هـ

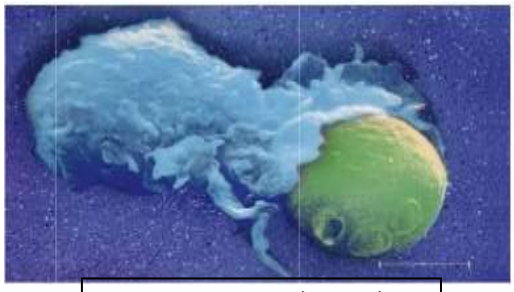
الفصل الثالث

المناعة



الفصل الثالث

المناعة Immunology



خلية مناعية تهاجم جسم غريب

تعرف المناعة بأنها قدرة الجســـم من خلال الجهاز المناعي على مقاومة مســببات المرض بشـكل طبيعي أو اصـطناعي وذلك من خلال منع دخول مســببات المرض إلى جســم الكائن الحي أو عن طريق مهاجمة مســببات المرض أو الأجســام الغريبة والقضـــاء عليها أو إزالتها أو محايدتها (عن طريق منع نموها أو تكاثرها أو وقف تأثيرها).

الجهاز المناعي The Immune System

الجهـاز المنـاعي هـو عبـارة عـن تجمـع لأعضـاء وأنسـجة وخلايـا وجزيئـات والتـي قـد تعمـل بشـكل فـردي أو جمـاعي للـدفاع عـن الجسـم ضـد الأحيـاء الدقيقـة التـي قـد تغـزو الجسـم أو الأجسـام الغريبـة الأخـرى والأنسجة الغريبة التي قد تغرس (تزرع) في الجسم.

خصائص الجهاز المناعي:

تمييز الذات:

يقوم الجهاز المناعي بتمييز الخلايا الذاتية عن الخلايا الغريبة وذلك من خلال معرفة البنية التركيبية لخلايا الجسـم الذاتية، فعندما يدخل كائن غريب إلى الجسـم فإنه يهاجم من قبل الجهاز المناعي، لأن الأخير لا يعرف البنية التركيبية لهذا الكائن فيعتبره جسم غريب فيهاجمه.

الذاكرة:

عندما يهاجم الميكروب الجســـم في المرة الأولى فإن الجهاز المناعي ســـوف يتعرف على البنية التركيبية له ويميزه كجسم غريب، وفي المرة الثانية عندما يهاجم الجسم نفس الميكروب فإن الجهاز المناعي سيتعرف عليه بصـــورة ســـريعة مقارنة بالمرحلة الأولى (ذاكرة)، وبالتالي فإن الجهاز المناعي ســـوف يتمكن من تحطيم الميكروب بسرعة.

الخصوصية:

يحتوي الجهاز المناعي على خلايا متنوعة اعتماداً على نوع الإصـابة فإذا كان المسـبب المرضـي خارج خلوي مثل البكتيريا والفطريات فإنه سوف يهاجم من قبل الخلايا المتعادلة والخلايا البائية أما إذا كان المسبب المرضـي داخل خلوي مثل الفيروســـات فإنه ســـوف يهاجم من قبل الخلايا التائية والخلايا القاتلة الطبيعية وهذه الحالات تعرف بالخصوصية.

مكونات الجهاز المناعي:

يتكون الجهاز المناعي من:

1- الخلايا وتشمل:

- الخلايا البلعميــة الكبيــرة.
- الخلايا البيضاء المتعادلـة.
- الخلايا البيضاء القاعديـة.
- الخلايا البيضاء اللمفاويــة.
- الخلايا البيضاء الحمضية.

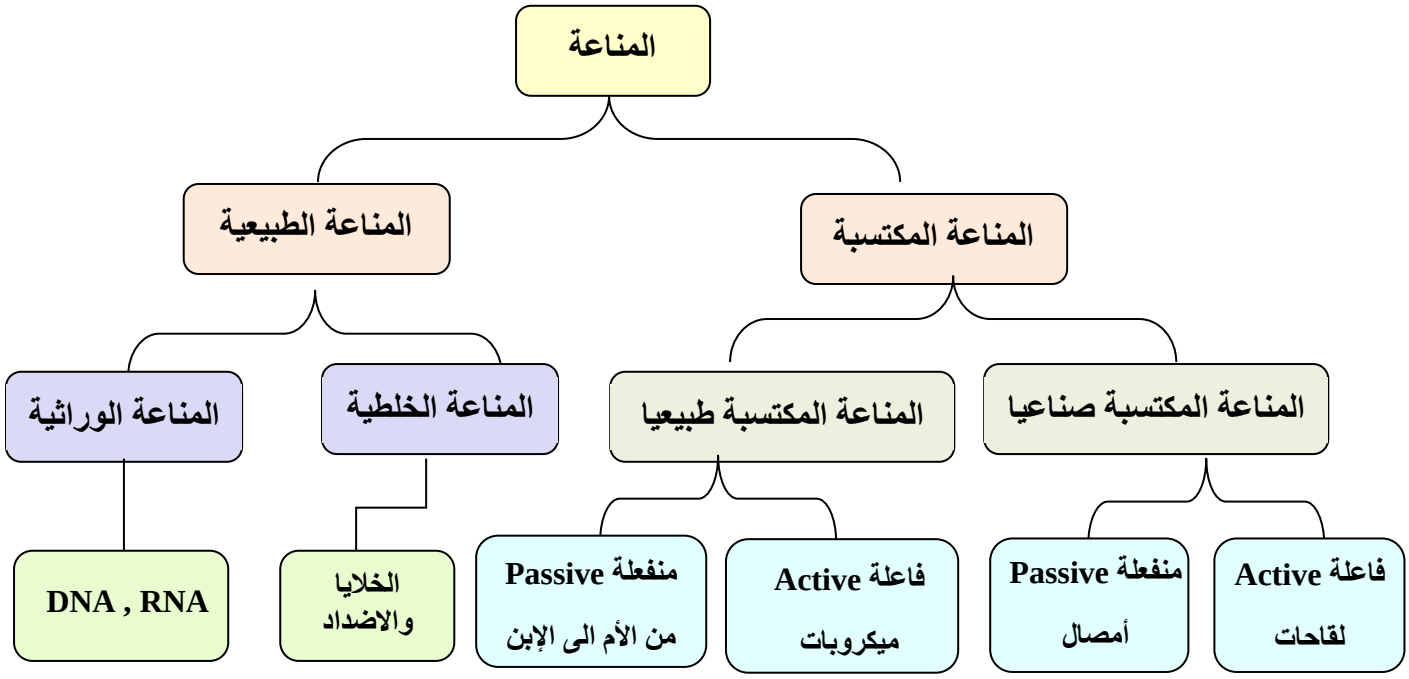
2- المواد الذائبة وتشمل:
الأضداد والمتمم المناعي والحركيات اللمفاوية.
3- الأعضاء وتشمل:
- أعضاء مركزية: نخاع العظم والغدة الزعترية.
- أعضاء خارجية أو محيطية: العقد اللمفاوية والطحال.

أنواع المناعة: Types of Immunity

صنفت المناعة بشكل عام إلى نوعين [1] هما:

أ- المناعة الطبيعية (الفطرية أو اللانوعية) Natural Immunity (Innate or Non-Specific):
وهي المناعة التي تتواجد مع الكائن الحي منذ الولادة وتتطور وتنضج مع تطور نمو ونضوج الكائن الحي.
ويقسم هذا النوع إلى:
- المناعة الوراثية: يعتمد هذا النوع من الوراثة على مستوى الجنس والنوع وحتى السلالة.
- المناعة الخلطية: يعتمد هذا النوع من الوراثة على الخلايا والأضداد الطبيعية الموجودة في الجسم.

ب- المناعة المكتسبة (المناعة النوعية) Acquired (Specific) immunity :
وهي المناعة التي يكتسبها الفرد بعد تعرضه بشكل طبيعي أو اصطناعي للمواد الغريبة المسببة للأمراض أو نقل مواد مناعية جاهزة (مثل الأجسام المضادة) له بشكل طبيعي أو اصطناعي ويقسم هذا النوع إلى:
- المناعة المكتسبة طبيعيا: ويقسم هذا النوع بدوره إلى مناعة مكتسبة طبيعيا فاعلة ومناعة مكتسبة طبيعيا منفعلة.
- المناعة المكتسبة صناعيا: ويقسم هذا النوع بدوره إلى مناعة مكتسبة صناعيا فاعلة ومناعة مكتسبة صناعيا منفعلة.



مخطط يوضح أنواع المناعة

---

1 الوجيزفي علم المناعة-علاء محمد البياتي-المطبعة المركزية - 2018 م

أ. المناعة الطبيعية (الفطرية أو اللا نوعية) Natural Immunity (Non-Specific):

وهي المناعة التي يرثها الكائن الحي من والديه وتنمو وتتطور فاعليتها بشكل طبيعي مع تطور حياة الإنسان، ويبدأ عملها منذ الولادة في مقاومة غزو الأجسام الغريبة والميكروبات الضارة، ولا تعتمد آليتها على عوامل خلوية أو خلطية محددة، ولا تحتاج إلى التعرف النوعي على الأحياء الدقيقة أو الأجسام الغريبة الغازية للقيام بدورها المناعي، وتعمل هذه المناعة بذات الطريقة في كل مرة يتعرض فيها الجسم للمهاجمة من قبل الأجسام الغريبة من جديد.

الوظائف الرئيسية للجهاز المناعي الطبيعي:

- تمرير الخلايا المناعية إلى مواقع الإصابة وذلك عن طريق عوامل كيميائية تعرف بالحركيات الخلوية.
- تحفيز منظومة المتمم لتشخيص البكتيريا وتنشيط الخلايا.
- تشخيص وإزالة المواد الغريبة في الأنسجة والأعضاء والدم بواسطة خلايا الدم البيضاء.
- تنشيط المناعة المتكيفة وذلك من خلال عملية تعرف بعرض المستضد (الأنتيجين).
- تنشيط الحواجز الفيزيائية والكيميائية والحيوية لعوامل الإصابة.

آليات المناعة الطبيعية:

- الحواجز الفيزيائية: تشمل الجلد والشعر والأظافر والحواجب وكذلك الرموش.
- الحواجز الكيميائية: تشمل المخاط واللعاب والدموع وحمض الهيدروكلوريك في المعدة وحمض البوليك.
- الحواجز الحيوية: تشمل الميكروبات الموجودة بصورة طبيعية حيث تقوم هذه الميكروبات بعدة وظائف أهمها حماية الجسم المضيف ضد الميكروبات الانتهازية.

البلعمة

- هي العملية التي تتضمن ابتلاع الميكروب ثم تحطيمه وبعدها طرح نواتج الهضم خارج الجسم.
- إذا تمكنت الميكروبات الغازية من اختراق الجلد والأغشية والحواجز الجسمية فسيتم مهاجمتها من قبل نوعين من خلايا الدم البيضاء وهذه الخلايا هي التي تقوم بوظيفة البلعمة.

أولا: البالعات الكبيرة وحيدة النواة: وهي خلايا مناعية موجودة في الدم والأنسجة وتختلف تسميتها حسب موقعها. لا تقوم هذه الخلايا بتكوين أضداد ولكنها تتعاون مع الخلايا اللمفاوية البائية والتائية. تنشأ الخلايا البالعة الكبيرة النسيجية من نخاع العظم ما عدا التي تكون في السائل المتكون عند الالتهاب إذ تكون من أصل دموي.

- وظائف ***البالعات الكبيرة***:
  - عملية البلعمة وتشمل هذه العملية عدة مراحل:
    - الجذب الكيميائي: جذب الخلايا المناعية إلى مكان حدوث الإصابة.
    - الطهاية: تسهيل ارتباط الضد بالمستضد.
    - الابتلاع.
    - تكوين الجسيم البلعمي.
    - اندماج الجسيم البلعمي مع الجسم الحال (الليسوسوم).
    - هضم الميكروب بواسطة الإنزيمات الحالة (الليسوزيم).
    - طرح الفضلات خارج جسم الكائن الحي.
  - تنقية حطام خلايا الجسم الميتة: إن ما يميز البالعات الكبيرة عن الخلايا البلعمية الأخرى هو أن البالعات الكبيرة تتميز بقدرتها على تنظيف الأنسجة من الخلايا الميتة والحطام الناتج من العملية الالتهابية.

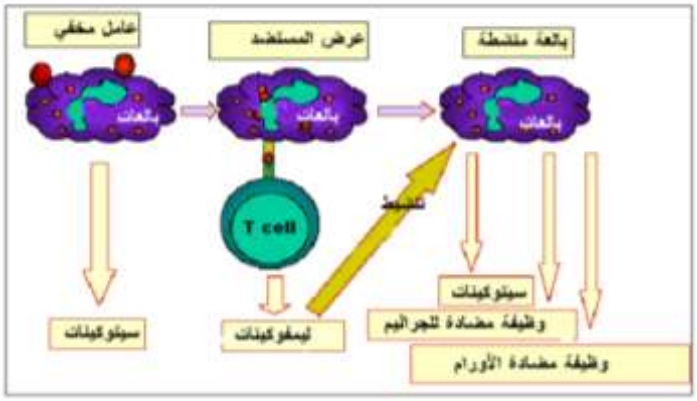
- عرض المستضد بعدما تقوم البالعة الكبيرة بتحليل الميكروبات بواسطة الإنزيمات الحالة تقوم بعدها بعرض المحدد المستضيف على سطحها لكي يرتبط مع الخلايا التائية المساعدة مرتبطة بالصنف الأول من معقد التطابق النسيجي (MHC1).
- إنتاج الحركيات الخلوية (السيتوكينات) تطلق البالعات الكبيرة بعد تنشيطها العديد من السيتوكينات التي تؤدي إلى تجنيد الخلايا المتعادلة والخلايا المناعية الأخرى إلى مكان الإصابة.

ثانيا: البالعات الصغيرة: توجد هذه الخلايا في الدم بصورة خاصة تسمى هذه الخلايا بالملتهمات وهي:

أ- خلايا الدم البيضاء المتعادلة مفصصة النواة.

ب- خلايا الدم البيضاء الحمضية.

ج- خلايا الدم البيضاء القاعدية.



وظائف البالعات الكبيرة في الجهاز المناعي

<u>خلايا الجهاز المناعي الطبيعي</u>

أ- الخلايا المتعادلة Neutrophils:-

تعتبر هذه الخلايا من الخلايا البيضاء متعددة النوى وهي الخلايا الرئيسية للجهاز المناعي إذ تشكل (70%) من جهاز الدوران ووظيفتها الرئيسية هي اصطياد وتحطيم الأجسام الغريبة بواسطة عملية البلعمة أو الالتهام. لها مخزون محدود من الطاقة مما يجعلها غير قادرة على استعادة طاقتها مجدداً، ولهذا فهي تكون منشطة فور مغادرتها لنخاع العظم، وبسبب طاقتها المحدودة فهي تستهلك بسرعة، وعادة تكون قادرة على القيام بعدد محدود من عمليات البلعمة، تمتاز الخلايا المتعادلة بسرعة الحركة نحو مكان وجود الأجسام الغريبة وتحطمها فوراً، ولكنها غير قادرة على الاحتفاظ بأي جهد بعد عملية مهاجمة الأجسام الغريبة. على عكس الخلايا وحيدة النواة أو الجهاز البلعمي أحادي النواة ونظراً إلى أن الخلايا المتعادلة تهضم كامل الجسم الغريب فهي لا تقوم بإعداد المستضدات للخلايا الحساسة للمستضدات ولا تستطيع بلعمة حطام الخلايا. تلعب الخلايا المتعادلة دور مهم في عملية الجذب الكيميائي إذ تقوم بإطلاق تراكيب متزايدة من المواد الكيميائية لجذب الخلايا المناعية إلى موقع الإصابة.

ب- الخلايا الحمضية Eosinophil's:

تشكل الخلايا الحمضية من 1-5 % من خلايا الدم البيضاء في جهاز الدوران حيث تتولى عملية الدفاع (المناعة) ضد الطفيليات ولكي تؤدي الخلايا الحمضية وظيفتها الدفاعية يجب أن ترتبط بالجسم المضاد من نوع IgE وتقوم بإفراز إنزيمات ومواد سمية تؤدي إلى قتل الطفيليات، كما أن لها دور مهم في تفاعلات فرط الحساسية وذلك لاحتوائها على الإنزيم المحلل للهستامين .

ت- الخلايا القاعدية Basophils:

تشبه الخلايا القاعدية الخلايا الصارية (في التركيب والشكل). تشكل الخلايا القاعدية أقل من 1% من خلايا الدم البيضاء. تعمل هذه الخلايا كوسيط في إحداث الاستجابة الالتهابية وتفاعلات فرط الحساسية حيث تحتوي هذه الخلايا على الهستامين والهيبارين. كما تطلق هذه الخلايا أهم سايتوكين يساهم في إحداث الاستجابة الالتهابية وتفاعلات فرط الحساسية (IL-4)

ث- الخلايا القاتلة الطبيعية (NK = Natural Killer Cells):

هي عبارة عن خلايا لمفاوية كبيرة الحجم غير أكولة تشكل حوالي 3% من مجموع اللمفاويات في الدورة الدموية، تنتج هذه الخلايا في نخاع العظم وتوجد في العديد من الخلايا اللمفاوية في الجسم، هذه الخلايا لا تحتوي على علامات سطحية كالتي توجد على الخلايا البائية أو التائية، ولا تحتاج إلى تحفيز مسبق لكي تتكون بل تنتج بصورة طبيعية، كما أنها لا تعتمد على وجود ارتباط مع MHC class-I أو MHC class-II للقيام بوظائفها. من وظائف الخلايا القاتلة الطبيعية هي قدرتها على تمييز وقتل الخلايا المصابة بالفيروسات والخلايا السرطانية والأنسجة المغروسة الغريبة. ففي بعض الأحيان تكون الخلايا التائية السامة غير فعالة في مهاجمة الفيروسات والأورام لأن الفيروسات والأورام تعمل على تثبيط معقد التوافق النسيجي (MHC class-I) فلا تتعرف عليها الخلايا التائية وهنا يأتي دور القاتلات الطبيعية في التخلص من أي خلايا سرطانية أو مصابة تهرب من الخلايا التائية السامة.

الالتهاب (Inflammation):

هو عبارة عن استجابة مناعية طبيعية لا نوعية تقوم بها الأنسجة الحية كرد فعل تجاه الإصابة بالجرح والتهيج. تعتبر هذه الاستجابة آلية حماية هامة وحيوية جداً لأن بواسطتها العوامل الدفاعية مثل الجلوبيولينات المناعية والمتممات والخلايا البلعمية تستطيع الوصول إلى موقع غزو الجراثيم أو النسيج المعطوب. والالتهاب يعتبر أساسياً وضرورياً لبقاء الكائن الحي على قيد الحياة. وتكون استجابة الالتهاب في صورة مجموعة من التفاعلات الدموية والوعائية والخلوية والكيمائية وينتج عن تلك التفاعلات ألم واحمرار وتورم وحرارة وقد يصاب النسيج أو العضو أحيانا بالعجز الوظيفي.

مكونات المصل المساعدة في المناعة الطبيعية:

أ- الليسوزيمات Lysozymes: وهي إنزيمات موجودة في أنواع كثيرة من الخلايا كما تتواجد في بعض سوائل الجسم مثل دمع العين واللعاب والبول والعرق. إذ تعمل هذه الإنزيمات على تدمير الجدار الخلوي للجرثومة وبالتالي قتل هذه الجر اثيم.

ب- البروبيردينات Properdins [1] : وهي بروتينات غير متخصصة موجودة في البلازما تعمل على قتل الجراثيم والفيروسات بوجود المتمم (C3) وعنصر (Mg)، ويمثل البروبيردين مجموعة من الأضداد المتغيرة حراريا وصنفت من النوع (IgM).

ت- البيتالايزين Betalysin : وهو بروتين موجود في البلازما ويعمل على قتل الجراثيم عن طريق تخريب جدار الجراثيم ويفرز من قبل الصفائح الدموية أثناء عملية التجلط.

ث- منظومة المتمم (المكمل) Complement system: وهو عبارة عن مجموعة معقدة من البروتينات توجد بشكل طبيعي في بلازما الدم وفي مستقبلات أغشية الخلايا وكذلك في العديد من سوائل الجسم. إن بروتينات المتمم المناعي تكون معلمة (C1 , C2….C9). تنتج بروتينات المتمم في الكبد بواسطة الخلايا الكبدية يستجيب للتنشيط أو التفعيل بواسطة المعقدات المناعية (من نوع IgG أو IgM غالباً)

---

1 الوجيز في علم المناعة-علاء محمد البياتي-المطبعة المركزية - 2018 م

ويساهم في تنشيط عملية البلعمة وتحطيم الغشاء الخلوي للجسم الغريب، ويعتبر المتمم المناعي من مكونات المناعة الطبيعية وسمي بالمتمم لأنه يتم عمل المكونات الأخرى من الجهاز المناعي.

ج- بروتينات الطور الحاد Acute phase proteins: هي مجموعة من البروتينات تصنع غالباً في الكبد مثل الفيبرينوجين. وترتفع نسبها بشكل حاد في المصل عند حدوث التهابات حادة أو حادث للأنسجة لأي سبب كان، كالإصابة بالجراثيم أو نتيجة أي عطب آخر في الأنسجة.

ح- الحركيات الخلوية: هي مواد بروتينية تعمل كأداة وصل بين خلايا الجهاز المناعي بعضها ببعض، وبين خلايا الجهاز المناعي وخلايا الجسم الأخرى. تنتج الحركيات الخلوية مجموعة من خلايا الجهاز المناعي الفطري والمتكيف.

إن وظيفة الجهاز المناعي تعتمد بصورة رئيسية على الحركيات الخلوية لأن لها دور فعال في الدفاع المناعي ضد الميكروبات وبعضها لها دور في أمراض المناعة الذاتية أو نقص المناعة، وهي تعتبر وسيطا مهما في تفاعلات دفاعات المضيف ضد الالتهاب الحاد أو المزمن. إن غالبية الحركيات الخلوية يتم بناؤها بواسطة الخلايا اللمفاوية التائية وكذلك بواسطة الخلايا البطانية والخلايا الطلائية. تحفز الحركيات الخلوية على تطوير الخلايا اللمفاوية التائية والبائية والخلايا المكونة للدم وتمايزها.

إن الحركيات الخلوية تتميز بأنها متعددة النمط المظهري**:**

- سيتوكين مفرد يعمل على خلايا مختلفة ويحفز استجابات مختلفة.
- التكرار (اثنان أو أكثر من الحركيات الخلوية تنتج استجابات متشابهة).
- التآزر (التأثير المشترك للسيتوكين).
- التضاد (سيتوكينات تعمل ضد سيتوكينات أخرى).

يتم تقسيم الحركيات الخلوية اعتمادا على الخلايا المنتجة لها :

- الحركيات الوحيدة (المونوكينات) وهي حركيات خلوية تنتج من قبل الخلايا النخاعية (الوحيدة والبلعمية).
- الحركيات اللمفاوية (اللمفوكينات) هي الحركات الخلوية التي تنتج من قبل الخلايا اللمفاوية البائية والتائية.
- على الرغم من أن هناك حركيات خلوية تنتج من قبل الخلايا اللمفاوية والنخاعية إلا أن مصطلح الإنترلوكين يشير إلى الحركيات الخلوية المنتجة من قبل خلايا الدم البيضاء إلا أن هناك إنترلوكينات تنتج من قبل خلايا أخرى.

وظائف الحركيات الخلوية:

- النمو	- الإفراز	- التمايز
- التوالد	- التنشيط	- التثبيط

- الإنترفيرونات (Interferon’s (IFN:

- هي حركيات خلوية تفرزها الخلايا المصابة بالفيروس وتعمل على حماية الخلايا المجاورة من الإصابة بالفيروس (أي الخلايا الأخرى غير المصابة بالفيروس) من خلال منع استنساخ الفيروس داخل الخلية (أي بمنع تصنيع RNA الفيروسي). الإنترفيرون ليس له علاقة بالفيروس وإنما يفرز كرد فعل من قبل الخلايا المصابة ضد الفيروس، كما أن للإنترفيرون دور فعال في تقليل الإصابة خلال فترة تطور المناعة الخلوية والخلطية.

الأجسام المضادة الطبيعية Natural antibodies:
الأجسام المضادة الطبيعية هي تلك الأجسام المضادة الموجودة في الجسم دون تعرض مسبق للمستضد النوعي لها. وتوجد عدة فرضيات تشرح سبب وجودها منها العوامل الوراثية، والتصالب مع مستضدات لها نفس الأماكن المحددة (epitopes') لتكون هذه الأجسام المضادة، أو أن المستضدات قد دخلت إلى الجسم دون إدراك العائل لها وأدت إلى تكون هذه الأجسام المضادة.

ب. المناعة المكتسبة (النوعية) Acquired (Specific) immunity:

عندما تتمكن الأجسام الغريبة والجراثيم من اختراق حواجز دفاعات المناعة الطبيعية فإن الجسم يقوم ببناء وسائل دفاعية مناعية إضافية تتولى مهمة الدفاع عن الجسم. المناعة المكتسبة ليست مثل المناعة الفطرية (الطبيعية) فهي استجابة مناعية مكتسبة ضد التنبيه بواسطة مستضدات غريبة، هذا التنبيه ينتج عنه اكتساب ذاكرة مناعية وإنتاج أجسام مضادة تتفاعل بشكل نوعي مع المستضدات التي أدت إلى إنتاجها.
إن طبيعة عمل المناعة الطبيعية والمكتسبة هي علاقة متصلة ومكملة لبعضهما البعض حيث أن عمل المناعة الطبيعية هو توفير الوسائل الأساسية الأولية لمقاومة الأجسام الغريبة والجراثيم التي تحاول أن تغزو الجسم، بينما دور المناعة المكتسبة هو توفير مناعة نوعية قوية وفاعلة لتطوير وتعزيز فاعلية المناعة الطبيعية وتوفير الذاكرة المناعية لتذكر الأجسام الغريبة إذا ما كررت مهاجمة الجسم مرة أخرى.
مميزات المناعة المكتسبة:

- التنوع: تمتاز المناعة المكتسبة باحتواء خلاياها على أعداد متنوعة من المستقبلات المناعية التي تكون قادرة على تمييز أنواع كثيرة من المستضدات.
- الخصوصية: تتخصص كل خلية لمفاوية بمستضد معين.
- الذاكرة المناعية: إن المناعة المكتسبة تتحسن استجابتها بتكرار الإصابة والسبب في ذلك يعود إلى وجود ذاكرة للخلايا البائية والتائية.

الوظائف الرئيسية للمناعة المكتسبة:

- تمييز الأجسام الغريبة عن الأجسام الذاتية وذلك من خلال عملية تعرف بعرض المستضد.
- توليد استجابة مناعية قوية لمواجهة الكائنات الممرضة والأجسام الغريبة.
- تكوين ذاكرة مناعية.

الخلايا اللمفاوية (اللمفاويات) Lymphocytes:
تعتبر اللمفاويات مركز الاستجابة المناعية النوعية وهي التي تعطي الجهاز المناعي القدرة على التمييز بين الذات وغير الذات وكذلك صفة التذكر. تشكل هذه الخلايا حوالي من 20 إلى 50 % من إجمالي الخلايا البيضاء في الدم المحيطي، ويوجد منها نوعان هما اللمفاويات البائية (B-Lymphocytes) واللمفاويات التائية (T-Lymphocytes). تمثل اللمفاويات البائية حوالي من 5 إلى 15% من مجموع اللمفاويات، بينما اللمفاويات التائية تشكل حوالي 80 % من مجموع اللمفاويات في الدم.
إن وجود الخلايا اللمفاوية في أماكن مختلفة من الجسم يؤدي إلى تخصص وظيفي لكل خلية لمفاوية. ومع أن الخلايا اللمفاوية تبدو متشابهة عند رؤيتها تحت المجهر الضوئي، وأنها جميعاً تنحدر من خلية أساسية واحدة إلا أن تجمعاتها تتطور تحت تأثير إشارات تمييز مختلفة تؤدي إلى اختلافات في النواحي التركيبية والوظيفية لها، وعليه فإن اللمفاويات (الخلايا اللمفاوية) تقسم إلى مجموعتين رئيسيتين هما الخلايا اللمفاوية البائية والخلايا

اللمفاوية التائية وذلك استنادا على العلامات والمستقبلات السطحية الموجودة عليها وعلى مواقع تطورها إضافة إلى إنزيماتها واستجابتها لمحفزات تنشيطها وانقسامها.

1- الخلايا اللمفاوية البائية B-lymphocytes:

هي الخلايا المسؤولة عن إنتاج الأجسام المضادة وبالتالي هي المسؤولة عن إحداث الاستجابة المناعية الخلطية فبعد تعرضها للمستضد المناسب تكبر وتنقسم إلى خلايا بلازمية منتجة للأجسام المضادة (الجلوبيولينات المناعية) ويتحول جزء من الخلايا المنقسمة إلى خلايا ذاكرة تساهم في حالة التعرض لنفس المستضد مرة أخرى إلى إحداث استجابة مناعية فورية وقوية.

توجد هذه الخلايا مرتبة في اللب الأبيض المحيطي للطحال والمنطقة الخارجية لقشرة العقد اللمفاوية.

تتميز الخلايا اللمفاوية البائية بوجود مستقبلات خاصة على سطحها تعرف بالجلوبيولينات المناعية (IgD-IgM) كما يمكن تمييز هذه الخلايا بواسطة علامات الـ CD(Cluster of differentiation = عناقيد تميز) وهي (CD19,CD20.CD21) تفقد كمعضمها عند تحول اللمفاويات البائية إلى الخلايا البلازمية .

أ- الخلايا البلازمية Plasma Cells:

تتطور الخلايا البلازمية عن الخلايا اللمفاوية البائية المنشطة بالمستضد الغريب، وبالإمكان تمييز سلسلة من الخلايا المتوسطة من الناحية الشكلية (morphology) بين اللمفاويات والخلايا البلازمية والتي يطلق عليها بلازمابلاست (plasmablasts) وهذه تتطور أو تنتج في الأعضاء اللمفاوية الثانوية في المنطقة التي يحدث فيها التعاون بين اللمفاويات البائية والتائية، وما أن تتطور إلى خلية بلازمية ناضجة كاملة عادة تهاجر من تلك المنطقة لتتوزع في أنحاء مختلفة في الجسم. يوجد أكبر عدد من الخلايا البلازمية في الطحال والطبقة الداخلية للعقد اللمفاوية وفي نخاع العظم.

تعتبر الخلايا البلازمية خلايا متميزة بدرجة عالية، كما تعتبر خلايا نهائية أي أنها لا تكوّن أي نوع آخر من الخلايا. عمر الخلايا البلازمية متباين فبعضها يعيش لفترات قصيرة تتراوح بين 3 و4 أيام وبعضها الآخر يعيش لفترة بين 3 و4 أسابيع. في العادة الخلايا البلازمية تكون قادرة على تصنيع حتى 300 جزيء من الجلوبيولينات المناعية في الثانية. السلاسل الثقيلة والخفيفة للجلوبيولينات المناعية تصنع على الرايبوسوم المتعدد (polyribosomes)، ثم تفرز في تجويف الشبكة الإندوبلازمية حيث تقترن السلسلتين لتكوين جلوبيولين مناعي كامل. وللجلوبيولين المناعي المنتج بواسطة الخلايا البلازمية مستقبلات للخلايا البائية ذات خصوصية مماثلة للخلية البائية الأم.

ب- خلايا الذاكرة Memory Cells:

تعتبر خلايا الذاكرة من الخلايا الحساسة للمستضد المخزونة إلى حين الحاجة إليها عند التعرض إلى ذات المستضد الذي حث الخلايا البائية الأصلية على إنتاجها، خلايا الذاكرة قد يتم إنتاجها بذات الخلايا البائية التي أنتجت الخلايا البلازمية أو قد يتم إنتاجها بواسطة أصناف أخرى من الخلايا البائية أو التائية. خلايا الذاكرة ليست مثل الخلايا البلازمية حيث ليس لها شكل مميز ولكنها قد تعتبر خلايا لمفاوية صغيرة تبدأ بالانقسام بعد أيام قليلة من دخول المستضد.

2- الخلايا اللمفاوية التائية T-Lymphocytes:

تشكل الخلايا اللمفاوية التائية حوالي 80 % من إجمالي اللمفاويات في الدم وهي تنحدر من نخاع العظم الأحمر وتتمايز في الغدة الزعترية تحت تأثير الهرمونات المفرزة من قبلها. اللمفاويات التائية تقسم إلى مجموعة من الأصناف الفرعية اعتماداً على الوظيفة والعلامات السطحية الموجودة عليها

حيث تحتوي الخلايا التائية على سطوحها مستقبلات (CD) وهي (CD2,CD3.CD4,CD8) ومعقدات التوافق النسيجي الصنف الثاني (MHC II) إضافة إلى مستقبلات أخرى. حيث تقسم هذه الخلايا إلى ثلاث أنواع هي :

أ- الخلايا التائية المساعدة T-Helper Cells:

يشكل هذا النوع من الخلايا العدد الأكبر من مجموع الخلايا التائية المختلفة. تتميز الخلايا التائية المساعدة بوجود المستقبلات CD4 على أسطحها. تعمل بعض الخلايا التائية المساعدة على تحفيز الخلايا التائية السامة التي تلعب الدور الرئيسي في الاستجابة المناعية الخلوية ويتم هذا التنشيط عن طريق إنتاج الحركيات الخلوية. كما يعمل البعض الآخرمنها على تحفيزإنتاج الأجسام المضادة وذلك من خلال تنشيط الخلايا اللمفاوية البائية التي بدورها تتمايز إلى الخلايا البلازمية التي تنتج الأجسام المضادة.

ب- الخلايا التائية السامة للخلايا T-Cytotoxic Cells:

تلعب هذه الخلايا دور مهم في الدفاع والتخلص من الخلايا المصابة بالفيروسات والخلايا السرطانية وفي عملية رفض الأنسجة المغروسة الغريبة (أي أنها تقوم بوظيفة القتل الخلوي). وتتميزهذه الخلايا بوجود المستقبلات CD8 على أسطحها.

ج- الخلايا التائية المثبطة (الكابحة) T-Suppressor Cells:

الخلايا التائية المثبطة هي الخلايا المسؤولة عن إنتاج اللمفوكين-2 الذي يقوم بدور المنظم السلبي حيث تعمل هذه الخلايا على كبح نشاط الخلايا البائية لتحد من إنتاجها للأجسام المضادة وكبح نشاط الخلايا التائية المساعدة مع ملاحظة أنه من الصعب التفريق بين الخلايا التائية الكابحة والتائية السامة للخلايا، حيث أن جميعها تحمل ذات المستقبلات.

وجه المقارنة	الخلايا اللمفاوية البائية	الخلايا اللمفاوية التائية
المنشأ	نخاع العظم	نخاع العظم
النضج	الغدة الزعترية	نخاع العظم
مستقبلات الضد	مستقبلات الخلايا البائية	مستقبلات الخلايا التائية
نوع المستضد المرتبط	مذاب	غير مذاب
نوع المناعة	خلطية	خلطية وخلوية

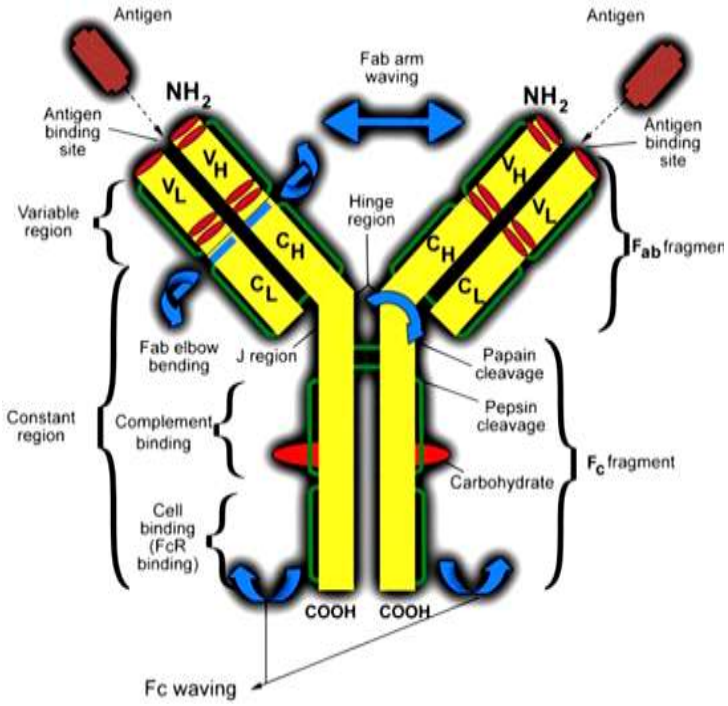
الأجسام المضادة (الجلوبيولينات المناعية) ANTIBODIES (IMMUNOGLOBULINS):

الأجسام المضادة عبارة عن بروتينات سكرية (Glycoproteins) جميعها من نوع الجلوبيولين، تنتجها اللمفاويات البائية المنشطة وخلايا البلازما كاستجابة لتحفيز بواسطة مستضد (أنتجين) وتكون لها القدرة العالية على التفاعل بصورة نوعية مع المستضد الذي نبه الجهاز المناعي (اللمفاويات البائية وخلايا البلازما) على تكوينها. تتواجد الأجسام المضادة في معظم سوائل الجسم لكل شخص طبيعي (مثل المصل، اللعاب، الدمع والعرق) وتوجد بأعلى تركيز في المصل، حيث تقوم الجلوبيولينات المناعية بمعادلة المواد السامة في الجسم، تسهيل عملية البلعمة والارتباط مع المستضدات على الخلايا السطحية مما يؤدي إلى تحطمها بواسطة جهاز وحيدات النواة البلعمية أو بواسطة نشاط جهاز المتمم.

تركيب الجلوبيولينات المناعية Structure of Immunoglobulin:

يتكون الجلوبيولين المناعي من اتحاد تساهمي لأربع سلاسل عديدة الببتيد (polypeptide) اثنتان منها متماثلتان ثقيلتان (Heavy Chains) ويرمز لها بالرمز (H)، واثنتان أخريان متماثلتان خفيفتان (Light Chains) ويرمز لهما بالرمز (L).

كل سلسة من السلاسل الأربعة الثقيلة والخفيفة تتألف من مجموعتين مميزتين بترتيب الأحماض الأمينية، يطلق على الأولى المنطقة الثابتة (Constant region) ويرمز لها بالرمز (C) والثانية يطلق عليها اسم المنطقة المتغيرة (Variable region)، ويرمز لها بالرمز (V)، المنطقة الثابتة تنتهي بمجموعة كربوكسيل(COOH) والمنطقة المتغيرة تنتهي بمجموعة أمين (NH3).



تركيب الجسم المضاد

- <u>الأجزاء التي تكون الجلوبيولينات المناعية هي كالتالي:</u>

1- المنطقة المتغيرة Variable region:

حوالي ربع كل سلسلة ثقيلة ونصف كل سلسلة خفيفة في الطرف الأميني من السلاسل المكونة للجسم المضـــاد هي ذات طبيعة متغيرة، ولذلك تســمى بالمنطقة المتغيرة (ترتيب الأحماض الأمينية فيها غير ثابت حيث أنه يختلف بشكل كبير بين الصنف والأصناف الفرعية)، وتمثل هذه المنطقة منطقة الارتباط بالمستضد، وتمتاز هذه المنطقة بالتخصصية، وهذه التخصصية هي التي تحدد قدرة الجلوبيولين المناعي على الارتباط أو عدم الارتباط مع مســتضــد معين، ويحدد هذه التخصـــصـــية منطقة فرط التغير (hyper variable) التي يوجد منها 3 في كل سلسلة خفيفة و4 في كل سلسلة ثقيلة.

2- المنطقة الثابتة Constant region:

وهي المنطقة التي يكون فيها ترتيب الأحماض الأمينية ثابت ومتماثل، والمنطقة الثابتة هي التي تحدد تعامل الجســم المضـــاد مع مختلف الوظائف الحيوية له، كالتعامل مع المتمم والخلايا البلعمية والخلايا الصارية (mast cells).

3- المفصلة أو منطقة الاتصال Hinge Region:
المنطقة التي توجد بين الجزء CH1 وCH2 من السلسلة الثقيلة تسمى المفصلة أو منطقة الارتباط وتتكون من 12 حمض أميني . وهي المنطقة التي ترتبط بواسطتها السلسلتان الثقيلتان، كما أنها تزود الجسم المضاد بالمرونة (flexibility) لانفتاحه للارتباط مع المستضد، وتوجد منطقة الاتصال في جميع الأجسام المضادة عدا النوع IgM.

4- الجزء القابل للتبلور Fragment Crystalizable:
هذه المنطقة تشكل حوالي نصف كل سلسلة ثقيلة في جزيء الجسم المضاد، ويرمز لها بالرمز (Fc) وهي المنطقة التي توجه النشاط البيولوجي للجسم المضاد. وأهم وظائف هذه المنطقة هي:
أ - الاتحاد مع المتمم عند الجزء CH2 وتسمى أيضا بمنطقة تنشيط المتمم.
ب - الاتحاد أو الالتصاق مع البلعميات عند الجزء CH3.
ج - نقل الجلوبيولين المناعي IgG عبر المشيمة.

5- الجزء المتحد مع المستضد أو الجزء القابل للاتحاد مع المستضد (Fragment capable of Antigen Binding (Fab)):
وهو الجزء الذي له المقدرة على الاتحاد مع المستضد، ويرمز له بالرمز Fab، ويوجد في المنطقة المتغيرة للجسم المضاد. هذا الجزء يتكون من عدد صغير من الأحماض الأمينية، ويقع في المنطقة المتغيرة من السلسلة الخفيفة والثقيلة.

- وظائف الجلوبيولينات المناعية:
  - تنشيط المتمم المناعي (IgM-IgG).
  - التلازن وترسيب المستضدات.
  - الطهاية (IgG).
  - معادلة السموم والميكروبات (IgM-IgG).
  - تفاعلات فرط الحساسية (IgE).
  - تحفيز قتل الميكروبات.
  - مستقبلات على سطح الخلايا البائية (IgM-IgD).

- أصناف الجلوبيولينات المناعية في الإنسان (The major Immunoglobulins classes in man):
في مصل الإنسان تم التعرف على خمسة أنواع (أصناف) من السلاسل الثقيلة استنادا على الاختلافات في ترتيب الأحماض الأمينية في المنطقة الثابتة من السلسلة الثقيلة:

1- الجلوبيولين المناعي نوع (IgG):

يمثل الجلوبيولين المناعي نوع (IgG) الصنف الرئيسي الذي ينتج من قبل االخلايا البائية (الخلايا البلازمية) حيث يعتبر الجلوبيولين المناعي (IgG) هو السائد بين الجلوبيولينات المناعية في دم الإنسان. ونظرا لصغر

حجمه فهو يستطيع الخروج من الأوعية الدموية بسهولة أكثر من الأجسام المضادة الأخرى مما يجعله يشارك بفاعلية في الدفاع عن الأنسجة وبقية أجزاء الجسم. الجلوبيولين المناعي (G) هو الجلوبيولين المناعي الوحيد في الإنسان الذي له القدرة على المرور أو العبور من خلال المشيمة ولذلك فإن معظم الأجسام المضادة من نوع (G) في مصل المواليد مشتقة من الأم (إن لم تكن كلها) وللجلوبيولين المناعي (IgG) وظائف مختلفة منها:

- تنشيط المتمم المناعي.
- الطهاية.
- معادلة السموم.
- التراص وترسيب المستضدات.
- التسمم الخلوي المعتمد على الجسم المضاد .

2- الجلوبيولين المناعي نوع (IgM):

يعتبر الجلوبيولين المناعي نوع (IgM) أكبر الجلوبيولينات المناعية حجما ويتكون IgM بصورة مبكرة أي مباشرة بعد حدوث الإصابة أو التمنيع الأولي ضد الكثير من المستضدات يتبعه بعد ذلك الجلوبيولين المناعي نوع (IgG) الذي يصبح بعد ذلك هو السائد عند اضمحلال الـIgM، وربما يعود ذلك إلى أن خلايا البلازما تنتج أولاً الجلوبيولين المناعي نوع M ثم تنتقل بعد ذلك لإنتاج الجلوبيولين المناعي نوع G. يعتبر الجلوبيولين المناعي نوع (IgM) الأكثر فعالية في تراص وترسيب المستضدات حيث يحتوي على عشر مناطق للارتباط بالمستضد. يوجد (IgM) في المصل وعلى سطح الخلايا اللمفاوية البائية حيث يعمل كمستقبل مناعي للخلايا البائية، مع ملاحظة أن معظم الأجسام المضادة لمجاميع الدم (فصائل الدم) هي من نوع (IgM) حيث ينتج في الإصابة الأولية.

<u>ومن وظائف (IgM):</u>

- يثبت المتمم ولا يعبر المشيمة.

3- الجلوبيولين المناعي نوع (IgA):

يعتبر الـ (IgA) مهم جدا في الدفاعات الأولية للجسم ضد الجراثيم الغازية، بسبب كونه الصنف الرئيسي والسائد في الإفرازات الجسمية المختلفة مثل الدموع واللعاب وإفرازات القناة الهضمية. يعتقد بأن الخلايا الخاصة بإنتاج الصنف IgA تنضج متأخرة، وربما هذا هو السبب وراء إصابة الرضع بأمراض الجهاز التنفسي والهضمي، وخصوصا منهم الذين لا يعتمدون على الرضاعة الطبيعية من الأم بالمقارنة بالأطفال الكبار والبالغين.

<u>ومن وظائف (IgA):</u>

- يعمل على منع التصاق الميكروبات بالخلايا الطلائية بالأغشية المخاطية.
- ليس له دور في تثبيت المتمم.

4- الجلوبيولين المناعي (IgE):

يوجد في المصل بنسبة قليلة وتحتوي السلاسل الثقيلة في (IgE) كما في (IgM) على حقل إضافي له القدرة على الارتباط مع مستقبلات خاصة على الخلايا الصارية والخلايا القاعدية والذي يؤدي إلى إطلاق وسائط التحسس كالهستامين وينتج عن ذلك ظهور علامات التحسس الفوري، إن *(IgE) له وظيفتان أساسيتان* وهما:

- له دور في تفاعلات فرط الحساسية الفوري.
- يشارك في المناعة ضد الطفيليات والحشرات.

5- الجلوبيولين المناعي (IgD):

اكتسب الجلوبيولين المناعي (IgD) أهمية خاصة لكونه الجلوبيولين المناعي الرئيسي الذي يوجد على اللمفاويات البائية بالإضافة إلى الجلوبيولين المناعي صنف M كمستقبل للمستضدات على أسطح اللمفاويات البائية مما يعطي الاعتقاد بأنه يلعب دور ما في تمايز اللمفاويات البائية وأيضا يعتقد بأن لـ (IgD) نشاط مضاد للأنسولين والبنسلين والمستضدات النووية ومستضدات الغدة الدرقية كما يعتقد بأن له دور ما في إحداث التحمل المناعي للأنسجة الذاتية.

التداخل بين المناعة الفطرية والمناعة المكتسبة:

يحدث تداخل بين المناعة الفطرية والمناعة المكتسبة وذلك من خلال:

- أن الخلايا المناعية هي من مكونات المناعة الفطرية ولكنها تساهم في إحداث الاستجابة المناعية المكتسبة.
- أن الحركيات الخلوية وبروتينات المتمم هي من مكونات المناعة الفطرية ولكنها تلعب دور في المناعة المكتسبة. الحركيات الخلوية تنتج من خلايا المناعة الطبيعية ويمكنها أن تحفز خلايا المناعة المكتسبة، بينما بروتينات المتممة هي أيضا من مكونات المناعة الفطرية ويمكنها أيضا أن تحفز المناعة المكتسبة من خلال ارتباطها مع الأجسام المضادة.

الاستجابة المناعية:

يقوم الجهاز المناعي بكافة الوسائل والطرق لحماية الجسم من قبل جميع الكائنات الغازية التي تؤدي إلى حدوث أمراض في الجسم. فالاستجابة المناعية هي مختلف العمليات الحيوية التي تتم في الجسم عند التعرض لمستضد غريب عنه في محاولة للتخلص من هذا المستضد وذلك بتكوين الأضداد النوعية له، إذ يقصد بعملية الاستجابة المناعية ما يلي:

- إزالة الأجسام الغريبة والتخلص منها.
- معادلة المستضدات الخارجية الضارة بالجسم.
- قدرة الجهاز المناعي الفعالة في تمييز الأصدقاء عن الغرباء ولكن في حالات أخرى يقوم الجهاز المناعي بتكوين أضداد ذاتية تهاجم الخلايا الجسمية (مناعة ذاتية).
- عند دخول أي جسم غريب للجسم فإن الجهاز المناعي يقوم بمهاجمته عن طريق إنتاج الأضداد أو عن طريق تنبيه خلايا مناعية أخرى بواسطة الإشارات المناعية.

أنواع الاستجابة المناعية:

1- الاستجابة المناعية الفطرية: وتشمل هذه الاستجابة أنواع عديدة منها ما هو موجود في أنسجة الجسم المختلفة التي تكونت خلال مراحل التطور المختلفة وهي ضد الجراثيم أي غير نوعية وغير محددة بنوع واحد.
2- الاستجابة المناعية المتخصصة: ويظهر هذا النوع من الاستجابة المناعية خلال التطور النوعي للأنسجة اللمفاوية والغدة الزعترية والطحال وستتكون كاستجابة للجراثيم أو الأجسام الغريبة الداخلة إلى الجسم.

مراحل الاستجابة المناعية التي تحدث عند دخول المستضد إلى الجسم:

1- التعرف على المستضد: هناك العديد من العمليات التي تحدث عند دخول المستضد للجسم تبدأ الخلايا البالعة بابتلاع المستضد الغريب إلى داخلها وهضمه بواسطة الإنزيمات الحالة ثم تقوم الخلايا البالعة بعرض الأجزاء المهضومة من المستضد على سطحها لكي يتم تقديم المستضد المهضوم بمساعدة معقد التوافق النسيجي الصنفين الأول والثاني إلى الخلايا اللمفاوية.
تبدأ الاستجابة المناعية من تعرف الخلايا اللمفاوية على المستضد. تختلف إجراءات التعرف على المستضد تبعا لنوع الخلايا اللمفاوية:
أ- الخلايا اللمفاوية البائية: تتعرف الخلايا اللمفاوية البائية على المستضدات الغريبة عن الجسم وذلك من خلال ارتباط هذه المستضدات الغريبة مع الجلوبيولينات المناعية (IgM-IgD) الموجودة على سطح الخلايا اللمفاوية البائية.

ب- الخلايا اللمفاوية التائية: تختلف الخلايا اللمفاوية التائية عن البائية لأن الخلايا اللمفاوية التائية لا ترتبط مع المستضد غير المعامل (مستضد غير مقدم من قبل الخلايا المقدمة للمستضد) على عكس الخلايا اللمفاوية البائية التي بدورها ترتبط بالمستضد غير المعامل.

في جميع الأحوال إن المستضد هو الذي يحدد نوع الخلايا اللمفاوية في الاستجابة المناعية. عند ظهور المستضدات على سطح الخلايا البالعة بجانب (MHC II) فإن ذلك يؤدي إلى تنشيط الخلايا التائية المساعدة أما ظهور المستضدات بجانب (MHC I) فإن ذلك سيؤدي إلى تنشيط الخلايا التائية السامة.

2- تدخل الخلايا اللمفاوية التائية المساعدة:
إن المستضد الذي أدى إلى تنشيط الخلايا اللمفاوية يكون غير كافٍ لحثها على الانقسام لذلك تتدخل الخلايا التائية المساعدة. إن الخلايا التائية المساعدة التي بدورها تتعرف على المستضد المعروض من قبل الخلايا العارضة للمستضد تقوم بتنشيط الخلايا اللمفاوية الأخرى (التائية والبائية) وذلك من خلال إطلاق الحركيات اللمفاوية.

3- تضخيم الرد المناعي:
وهي العملية التي تتضمن حث الخلايا اللمفاوية البائية والتائية على الانقسام (تكوين نسل جديدة) وذلك لزيادة الاستجابة المناعية ضد المستجدات الغريبة وإزالتها من الجسم. تتم عملية حث الخلايا اللمفاوية على الانقسام من خلال إطلاق الحركيات اللمفاوية التي بدورها تؤدي إلى تنشيط الخلايا اللمفاوية على الانقسام.

الذاكرة المناعية:

عند تعرض الجسم إلى مستضد غريب في المرة الأولى تكون الاستجابة المناعية بطيئة وذلك لأن الجهاز المناعي لم يتعرف عليه من قبل (الاستجابة المناعية الأولية) أما عند تعرض الجسم إلى نفس المستضد مرة أخرى فإن الاستجابة المناعية تكون أسرع وأكثر فاعلية في القضاء على المستضد من المرة الأولى (الاستجابة المناعية الثانوية).

1- **الاستجابة المناعية الأولية**: عند تعرض الجهاز المناعي إلى مستضد معين يحدث ما يلي:

- ارتفاع ملحوظ في عيارية الأضداد المصلية خلال أيام أو أسابيع اعتمادا على طبيعة المستضد وطريقة دخوله.
- الأضداد التي تتكون عند دخول المستضد إلى الجسم هو (IgM) ثم يليه الضد (IgG).
- ربما تكون استجابة الجهاز المناعي سريعة بحيث يستغرق تكوين الأضداد عدة دقائق إلى ظهور الأضداد في المصل بكميات فعالة ربما يستغرق من7 إلى 10 أيام بعد التعرض للمستضد.
- تسمى الفترة بين دخول المستضد إلى الجسم وظهور الأعراض على المصاب بفترة الحضانة بعدها يبدأ مستوى الأضداد بالارتفاع ليصل إلى ذروته في عدة أيام أو أسابيع ويبقى ثابت لفترة قصيرة ثم يبدأ تدريجيا بالهبوط.

2- **الاستجابة المناعية الثانوية**: إن تعرض الجهاز المناعي لنفس المستضد مرة ثانية يحدث ما يلي:

- استجابة سريعة للأضداد (عادة 3-5 أيام) وبمستويات أعلى من الاستجابة المناعية الأولية وذلك بسبب الذاكرة المناعية.
- تكون كمية إنتاج الضد (IgM) في الاستجابة المناعية الثانوية مشابهة لكميتها في الاستجابة المناعية الأولية إلى أن يتم إنتاجها بكميات أكبر من الضد (IgG) وتبقى مستوياتها لمدة أطول مقارنة مع الاستجابة المناعية الأولية.
- تكون فترة الحضانة قصيرة.
- كلما كانت الفترة بين الدخول الأولي والثانوي للمستضد قصيرة كانت الاستجابة المناعية قوية وبالعكس.

3- **الإستجابة لمستضدات متعددة**:

عند تعرض الجسم لمستضدين أو أكثر في نفس الوقت يقوم الجسم بإنتاج أضداد لجميع المستضدات. يحدث تنافس بين المستضدات على آليات إنتاج الأضداد تجريبيا إلا أنه يبدو قليل الأهمية من الناحية الطبية.

العمر والاستجابة المناعية:

تكون الحالة المناعية لدى الأطفال وكبار السن ضعيفة مقارنة بالأشخاص في مرحلة الشباب، إلا أن سبب ضعف الحالة المناعية لدى الأطفال وكبار السن غير معروف ولكن هناك بعض الأمور تلاحظ منها:

1. أن وظيفة الخلايا اللمفاوية التائية تكون غير ملائمة.
2. تنتقل الأضداد إلى الطفل من الأم وذلك عن طريق المشيمة.
3. حليب الأم يحتوي على الضد (IgA) الذي بدوره يعمل على حماية الطفل من العديد من الإصابات.
4. يستطيع الجنين أن يكون الضد (IgM) ضد بعض المستضدات.

5. يبدأ تصنيع الأضداد (IgG-IgM) عند الطفل بعد الولادة بفترة قصيرة.
6. تراجع كفاءة الجهاز المناعي عند كبار السن سببه ضعف عام في جميع الخلايا الجسمية بحيث تصبح الخلايا هرمة وغير فعالة وأيضا تكرار الإصابات يؤدي إلى إضعاف وظيفة الجهاز المناعي.

اضطرابات الجهاز المناعي:

- التثبيط المناعي Immunosuppression:

ردود فعل الجهاز المناعي ضـــد الأجســـام الغريبة مبالغ فيها جدا وشـــديدة مما يتطلب إحداث التثبيط للسـيطرة على التفاعلات المبالغ فيها والسـيطرة على تفاعلات فرط الحسـاسـية وعلاج حالات المناعة الذاتية وللمحافظة على الطعم والأعضاء المزروعة في جسم الإنسان ومنع رفضها مناعياً.

- التحمل المناعي Immune Tolerance:

التحمل المناعي هي حالة عدم الاستجابة المناعية ضد المستضدات الغريبة، أو بعبارة أخرى هي حالة الشلل المناعي، هناك شكلين للتحمل المناعي: الأول تحمل مناعي طبيعي، حيث لا تنشأ استجابة مناعية ضـد المسـتضـدات الذاتية، أي ضـد الذات أو ما يسـمى بالتحمل الذاتي، وهذه عملية منظمة حيث تكون للجهـاز المنـاعي القدرة على التمييز بين الـذات وغير الـذات. في حين أن الشـــكل الثـاني هو التحمل المنـاعي غير الطبيعي وهي الحـالـة التي ينتج عنهـا فقدان الجهـاز المنـاعي قدرتـه على الاســـتجـابـة للمستضدات الغريبة أو فقدان قدرته على تحمل المستضدات الذاتية.

- فرط الحساسية Hypersensitivity:

تفاعلات فرط الحساسية هي استجابة مناعية غير مناسبة أو مبالغ فيها تؤدي إلى تخريب النسيج وليس إلى التمنيع، وفي الغالب تكون هذه الاستجابة المناعية ضد مواد غير ضارة للصحة. الاستجابة المناعية الناتجة عن تفاعلات فرط الحساسية إذا كانت موجهة نحو مكونات (مستضدات) جسم العائل تؤدي إلى تكوين مناعة ذاتية.

- العوز المناعي IMMUNODEFICIENCY:

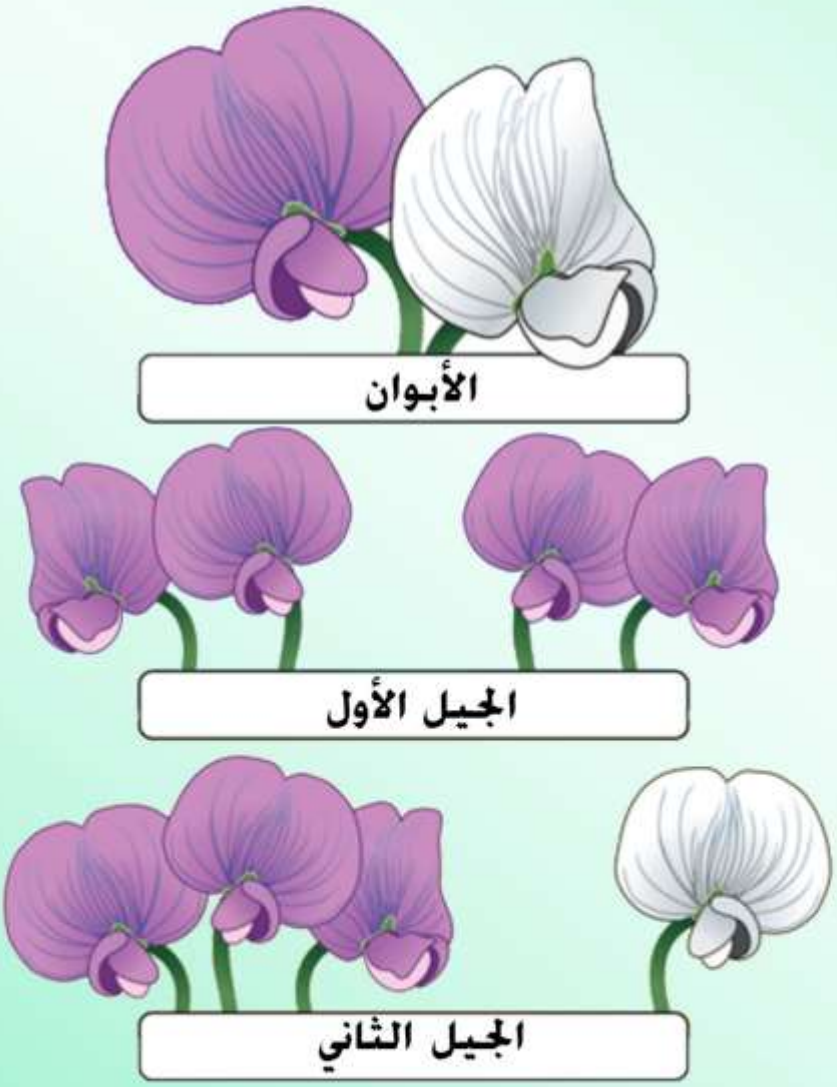
العوز المناعي هو حدوث خلل في بعض أو كل عناصـــر الجهاز المناعي. يقســـم العوز المناعي إلى نوعين:

1- النوع الأول خلقي ويحدث هذا النوع إما بسبب ظهور جينات غير طبيعية أثناء الحمل، أو بسبب وراثة جينات غير طبيعية من الأبوين أو أحدهما: ومن أمثلة العوز المناعي الخلقي النقص في جاما جلوبيولين الدم الوراثي للمواليد.

2- النوع الثاني للعوز المناعي مكتسب والذي يحدث بسبب التعرض للمواد الكيميائية، وبعض أنواع الأدوية والإشعاعات والإصابة ببعض أنواع الأحياء الدقيقة ومن أمثلة العوز المناعي المكتسب الإصابة بأمراض المناعة الذاتية أو بفيروس نقص المناعة المكتسب الإيدز (HIV).

الفصل الرابع

الوراثة



الوراثة Inheritance

لم يكن مندل يعرف شيئا عن الأزواج المتماثلة للكروموسومات لكن عمله مع نبات البازلاء جعله يقرر أن لنبات البازلاء عاملين لكل صفة مثل طول الساق، ولاحظ أن أحد العاملين الذي يتحكم في الصفة نفسها يمكن أن يكون سائدا Dominant على العامل الآخر الذي يكون متنحيا Recessive ولذلك فإن نباتا طويلا من البازلاء يكون له عامل واحد للساق الطويلة وعامل آخر للساق القصيرة، في حين أن معظم الذرية من نباتي بازلاء طويلين يكون طويلا فإن بعضها يأتي قصيراً، وأرجع مندل السبب إلى إمكانية ذلك متى احتوت الأمشاج (بمعنى آخر حبوب اللقاح والبويضات) على عامل واحد فقط لكل صفة ومن خلال تلك الطريقة فقط يمكن لأحد أفراد الذرية أن يتلقى عاملين للساق القصيرة. واعتمادا على أسس لدراسات متماثلة صاغ مندل قانونه الأول (قانون الانعزال الوراثي). عندما قام الراهب النمساوي جريجور مندل بنشر نتائج تجاربه على وراثة البازلاء الخضراء عام 1866م لم يفطن أحد إلى القيمة العلمية لدراساته فبقيت مغمورة حتى عام 1900م. عندما تحقق لعدد من العلماء أهميتها فقاموا بإلقاء الضوء على عمل مندل مؤسس علم الوراثة التجريبي ومنذ ذلك الوقت سارت الدراسات الوراثية خطوات واسعة بجوانبها الكيفية والكمية ثم عززتها الدراسات الخلوية والبيوكيميائية حتى وصلت لما هي عليه الآن.

الوراثـــة المندلية Mendelian Inheritance

قانون انعزال الصفات الوراثية:

" إذا اختلف فردان نقيان مختلفان في زوجين أو أكثر من الصـفات المتقابلة، فإنهما ينتجان بعد تزاوجهما جيلا به صفة أحد الأبوين فقط وهي السائدة، ثم تورث الصفتان معا في الجيل الثاني بنسبة 1:3 ".

ينص قانون الانعزال على أن:

- كل فرد له عاملان لكل صفة.
- العاملان ينفصلان أثناء تكوين الأمشاج.
- كل مشيج يحتوي على عامل واحد فقط من كل زوج من العوامل.
- الإخصاب يعطي لكل فرد جديد عاملين من كل صفة.

وراثة صفة مفردة:

يشـير الطراز المظهري Phenotype لشـخص إلى مظهره الخارجي وقد يصـف الطراز المظهري أما الخصائص الجسدية للشخص أو الخصائص المجهرية والأيضية، على سبيل المثال فإن خط الشعر مثلث الشكل (widow`s Peak) وخط الشـعر المسـتقيم يعتبران من الطراز المظهري. ويشـير الطراز الجيني إلى الأليلات التي تحملها الكروموسـومات والمسـؤولة عن تلك الصـفة وبما أن كل كروموسـوم يوجد في زوج متماثل في الكائنات الحية يوجد أليلان لكل صـفة حيث يوجد أليل واحد على كل فرد من الزوج المتماثل، اقترح مندل استخدام الحروف للرمز إلى هذه العناصـر التي نسـميها الآن (أليلات) حيث يرمز الحرف الكبير إلى أليل سـائد والحرف الصغير إلى أليل متنح. وليس المقصود بكلمة سائد أن هذا العنصر أفضل وأقوى من العنصر المتنحي لكن كلمة سـائد تعني أن هذا الأليل سـيحجب ظهور الأليل المتنحي عندما يوجد الاثنان في الكائن الحي نفسـه. الأليل الذي يحدد خط الشـعر نستخدم هذا المفتاح: خط الشـعر مثلث الشكل (W أليل سـائد) خط الشـعر مستقيم (w- أليل متنح) يشـير المفتاح إلى الحروف التي يتعين استخدامها للرمز إلى الجين في كل مسـألة على حدة، كما يشير إلى الأليل السائد لأن الحرف الكبير يشير إلى السيادة.

الطراز الجيني	الطراز الجيني	الطراز المظهري
WW	نقي السيادة	خط شعر مثلث الشكل
Ww	هجين	خط شعر مثلث الشكل
Ww	نقي متنح	خط شعر مستقيم

خط شعر مثلث الشكل

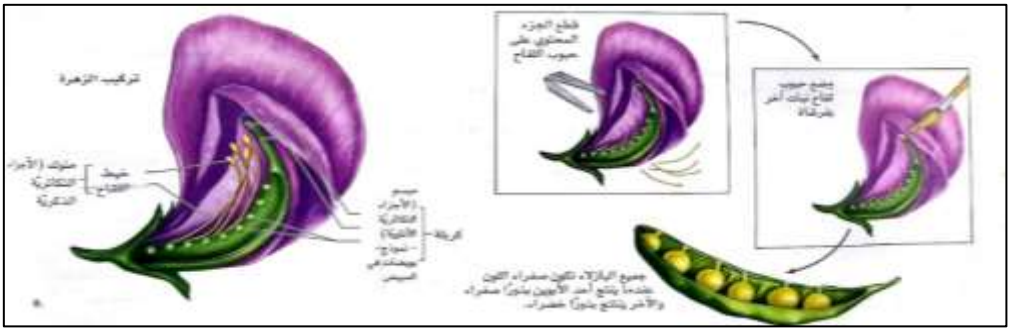
خط شعر مستقيم

تكوين المشيج:

في حين أن للطراز الجيني أليلين لكل صفة فإن الأمشاج (الحيوان المنوي أو حبة اللقاح والبويضة) لها أليل واحد فقط لكل صفة، وذلك وفق قانون مندل في الانعزال. وأثناء تكوين المشيج، تنفصل الكروموسومات المتماثلة ويوجد فقط عنصر واحد لكل زوج من الكروموسومات في كل مشيج لذلك لا يكون هناك سوى أليل واحد لكل صفة، مثل نوع خط الشعر في كل مشيج وبأكثر التعبيرات بساطة، لا يوجد حرفان في أي مشيج من الحرف نفسه. فإذا كان الطراز الجيني لشخص ما هو (Ww) لأن أمشاج هذا الشخص ستحتوي إما على(W) أو على (w) لكن لن تحتوي على كلا الحرفين. وإذا كان الطراز الجيني (WwLl) يمكن إجراء جميع التوليفات لأي حرفين مختلفين.

تشريح نبات بازلاء الحدائق وبعض الصفات المحددة:

في بازلاء الحدائق Pisum Sativum، فإن حبوب اللقاح التي تنتج من الانقسام الميوزي لخلايا معينة ثنائية العدد الكروموسومي في المتوك وتحتوي البذور الجنينية في المبيض على البويضات (كما في الشكل التالي). عندما أجرى مندل عمليات التهجين استخدم فرشاة لنقل حبوب اللقاح من المتك إلى الميسم Stigma (الأجزاء التكاثرية الأنثوية) في نبات آخر. وبعد إخصاب حبوب اللقاح للبويضات، تطورت البذور الجنينية إلى بذور (حبوب بازلاء). ويوضح الشق المفتوح في الشكل التالي نتائج عملية التهجين بين نباتات ذات بذور صفراء مع نبات بذوره خضراء.



اختار مندل صفات مماثلة الدراسة، وتأكد من زراعة نباتات من جيل الأبوين بشكل صحيح، ثم أجرى تلقيحاً للنباتات والذرية المسماة F1، الإنتاج الأول دائمًا ما يماثل الأبوين في خاصية السيادة، ثم أتاح مندل لنباتات F1 أن تتلقح ذاتياً في جيل الأبناء الثاني F2، كانت تتحقق دائمًا النسبة 3:1 (سائد إلى متنحي).

الصفة	الخصائص				تركيب الزهرة	
	سائدة		متنحية		سائد	متنح
طول الجذع	طويل		قصير		787	277
شكل البذرة	مستدير		مجعّد		5,474	1,850
لون البذرة	أصفر		أخضر		6,022	2,001
لون الزهرة	بنفسجي		أبيض		705	224

كل هذا ينتج تقريبًا نسبة 3:1. على سبيل المثال $\frac{787}{277} \approx \frac{3}{1}$

التزاوج أحادي التهجين:

إذا تناسل رجل نقي له خط شعر مثلث الشكل مع امرأة بخط شعر مستقيم، ماذا سيكون خط الشعر للأطفال المولودين منهما؟

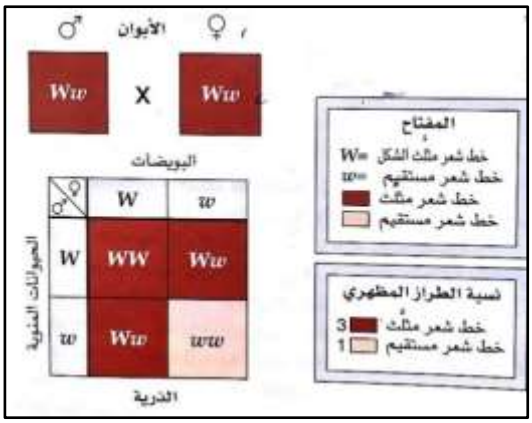
لحل هذه المسألة:

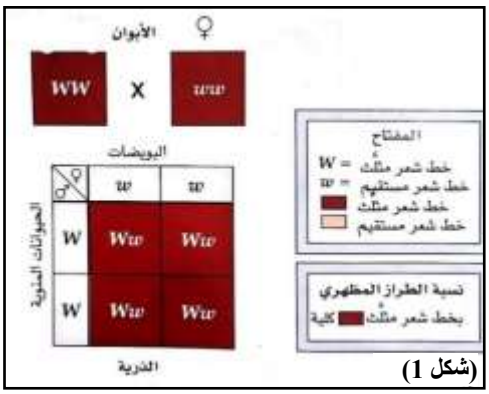
1- استخدم المفتاح الموجود في الجدول لتحدد الطراز الجيني لكل واحد من الأبوين.

2- حدد الأمشاج المحتملة لكل واحد منهما.

3- قم بإجراء التوليفات لكل الأمشاج المحتملة.

4- حدد الطراز الجيني والطراز المظهري لجميع أفراد النسل. (عند وضع الطراز الجيني الهجين، نضع دائما الحرف الكبير أولا منعا للالتباس). يبين مربع بانت نتائج عملية التهجين عندما يكون الأبوان هجينين تكون لدى كل طفل فرصة نسبتها 75% في الحصول على طراز مظهري سائد و25% للحصول على طراز مظهري متنح واحد من التهجين. وباعتبار التفسير الأفضل للشكل (المقابل) في الإنسان نقول أنه أمام كل طفل ثلاث فرص ليكون خط شعره مثلث الشكل، أو فرصة واحدة من بين أربعة، ليكون خط الشعر لديه مستقيماً ومن المهم أن نؤكد أن الفرصة لا ذاكرة لها، على سبيل المثال، إذا كان لدى أبوين هجينين فعلياً ثلاثة أطفال لهم خط شعر مثلث الشكل وكانا يتوقعان إنجاب طفل رابع سيكون أمام هذا الطفل فرصة بنسبة 75% لخط شعر مثلث وفرصة بنسبة 25% ليكون شعره مستقيماً.

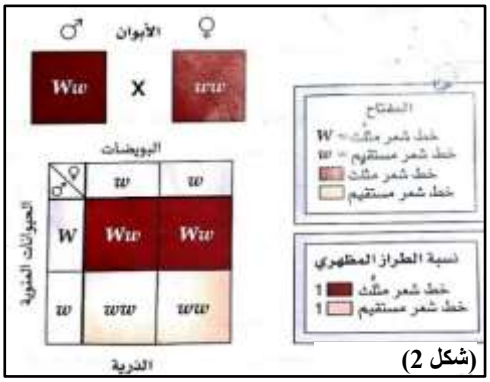




(شكل 1)

التلقيح الاختباري لصفة واحدة:

من غير الممكن أن نقرر بمجرد الملاحظة أن فردا ما يعبر عن أليل سائد بأن هذا الأليل سائد لنقي أو لهجين، لذلك فإن المربين يفعلون أحيانا ما يدعونه التلقيح الاختباري إذ يقومون بتهجين حيوان له طراز مظهري سائد مع آخر له طراز مظهري متنح، ويتم استخدام الطراز المظهري المتنحي لأن طرازه الجيني معلوم ويجب على نتائج أي اختبار تهجين أن تدل على الطراز الجيني لحيوان له طراز مظهري سائد، كما أن نتائج عمليات التهجين في الإنسان تدلنا على الطراز الجيني للأبوين. مثال على ذلك يوضح الشكل التالي نتيجتين محتملتين عندما يتناسل رجل له خط شعر مثلث الشكل مع امرأة لها خط شعر مستقيم، إذا كان الرجل يتصف بصفة نقية سائدة سيكون لدى كل أطفاله خط شعر مثلث الشكل وإذا كان يتصف بصفة هجينة تكون أمام كل طفل فرصة نسبتها 50% في الحصول على خط شعر مستقيم وولادة طفل واحد فقط له خط شعر مستقيم تدل على أن الرجل هجين الصفة.



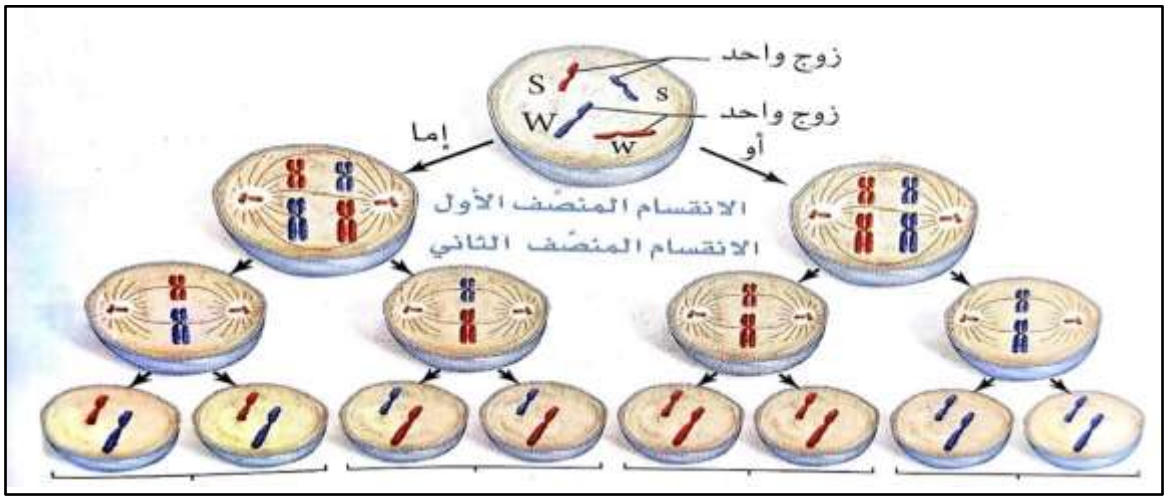
(شكل 2)

يحدد التلقيح الاختباري ما إذا كان الفرد يملك طرازاً مظهرياً سائدا من النوع النقي أو الهجين:

- بما أن كامل الذرية تظهر الصفة السائدة فالأكثر احتمالاً أن يكون الفرد نقياً كما هو موضح في (الشكل 1).
- بما أن الذرية تظهر نسبة طراز مظهري قدرها 1:1 يكون الفرد هجينا كما هو موضح في (الشكل 2).

قانون التوزيع المستقل للعوامل:

إذا تـزوج فـردان نقيـان مختلفـان فـي زوجـين أو أكثـر مـن الصـفات المتقابلـة فـإن صـفتي كـل زوج منهـا تـورث مسـتقلة عـن الأخـرى، وتظهـر فـي الجيـل الأول كلهـا سـائدة ثـم تتـوزع فـي الجيـل الثـاني بنسـبة {1: 3:3:9}أي نسبة (3 سائدة :1 متنحية) لكل صفة، كما يتضح في المثال التالي (شكل 1).



(الشكل 1)

يوضح توارث صفتين

في الشكل السابق توجد أزواج متماثلة من الكروموسومات أثناء الانقسام المنصف (الميوزي) للخلية زوجان من الكروموسومات (المماثلة) موضحة هنا على حسب الطول وليس بحسب اللون، ويحمل زوج الكروموسومات القصـير الأليلات الخاصـة بطول الأصـابع وزوج الكروموسـومات الطويل يحمل الأليلات الدالة على نمط خط الشـعر. الكروموسـومات المتماثلة والأليلات التي تحملها تنقسم على نحو مستقل أثناء عملية الانقسـام المنصـف الأول وهذا يعني أن أي كروموسوم أصفر أو أحمر يستطيع أن يذهب إلى إحدى الخليتين الناتجتين ولذلك تحدث جميع التوليفات الممكنة للكروموسومات والأليلات في الأمشاج، ويوضح الخط السفلي في الشكل توليفات الأليل الممكنة في هذا التهجين.

التوزيع الحر:

لم تكن لدى مندل أي معرفة بالانقسـام المنصـف للخلايا لكنه اسـتطاع أن يرى أن هذه النتائج يمكن الحصـول عليها فقط إذا كانت الحيوانات المنوية والبويضـات تحتوي على كل التوليفات الممكنة للعناصـر وأفضـى به هذا إلى صياغة قانونه الثاني، قانون التوزيع الحر الذي ينص على الآتي:

1- كل زوج من العناصر ينفصل على نحو مستقل (دون ارتباط بكيفية انفصال الأزواج الأخرى).

2- يمكن حدوث كل التوليفات الممكنة للعناصر في الأمشاج.

الشكل (1) يشرح قانون الانعزال وقانون التوزيع الحر وبما أن تماثل زوجي الكروموسومات الذي يواجه قطب المغزل لا يؤخذ في الاعتبار فإن خلية وليدة تستطيع أن تتلقى إما كروموسوما متماثلا أو أحد الأليلين.

التزاوج ثنائي التهجين:

في حالة التزاوج ثنائي التهجين المبين في الشكل (2) التالي، يتناسل شخص نقي الصفة له خط شعر مثلث الشكل وأصابع قصيرة (WWSS) مع أخرى خط شعرها مستقيم وأصابعها طويلة (wwss) يقول لنا قانون الانعزال أن أمشـاج (WWSS) بالنسـبة لأحد الجدّين لابد أن تكون (WS) وأن أمشـاج (wwss) للجد الآخر ينبغي أن تكون (WS) لذلك سـيكون لدى ذرياتهما بالكامل الطراز الجيني (WwSs) والطراز المظهري نفسـه (خط شعر مثلث الشكل وأصابع قصيرة) و هذا الطراز الجيني يسمى ثنائي التهجين لأن الفرد هجين في نقطتين

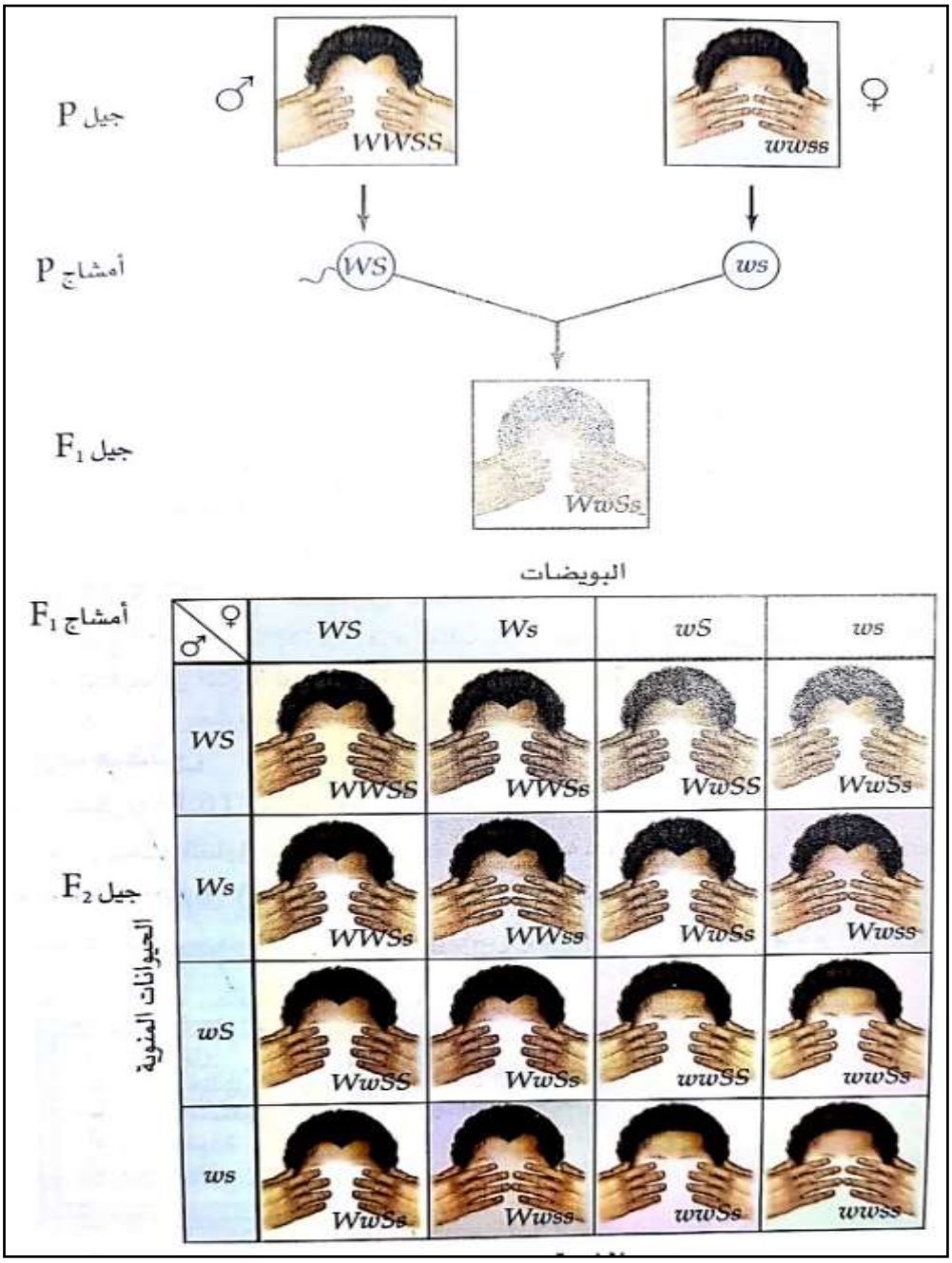
محددتين خط الشعر والأصابع، عندما يتناسل هجين من أبوين يختلفان بموضع جينين فقط (WwSs) مع آخر هجين من أبوين يختلفان بموضع جينين فقط (WwSs) ما هي الأمشاج المحتملة ؟

يقول لنا قانون الانعزال أن كل مشيج يمكن أن يكون له حرف واحد لكل نوع، ويقول لنا قانون التوزيع الحر أن كل التوليفات محتملة وعلى هذا تكون الأمشاج لكل من الهجينين: WS وWs وwS وws يمثل مربع بانت جميع الحيوانات المنوية الممكنة التي تخصب جميع البويضات الممكنة، لذلك فإن ما يلي يمثل النتائج المتوقعة للطراز المظهري لهجين من أبوين يختلفان بموقع جينين فقط.

1- خط شعر مثلث الشكل وأصابع قصيرة. 2- خط شعر مثلث الشكل وأصابع طويلة.

3- خط شعر مستقيم وأصابع قصيرة. 4- خط شعر مستقيم وأصابع طويلة.

ومن المتوقع دائما حدوث هذه النسبة (1:3:3:9) للطراز المظهري للتهجين من أبوين يختلفان بموضع جينين فقط، عندما توجد سيادة بسيطة ونستطيع استخدام هذه النسبة المتوقعة للتنبؤ بفرص كل طفل في استقبال طراز مظهري معين، كمثال على ذلك تكون فرصة الحصول على بنيتين ظاهرتين سائدتين معا هي 9 فرص من بين 16 فرصة، وفرصة للحصول على البنيتين الظاهرتين المتنحتين معا هي فرصة واحدة من بين 16 فرصة.



شكل (2) قانون التوزيع الحر

الوراثـــة اللامندلية Non-Mendalian Inheritance

وبالرغم من دراســـة عدد من التطبيقات على هذين القانونين (الوراثة المندلية) إلا أنه ظهرت أليلات وراثية أخرى تعمل على تحوير النسب المندلية والتأثير على سيادة الصفات بعوامل متعددة ومن أهمها: -

1- الجينات المتراكمة (المتعددة/الكمية) 2- العوامل (الجينات) المميتة 3- تعدد البدائل
4- انعدام السيادة 5- السيادة غير التامة 6- الارتباط والعبور

أولا: الجينات المتراكمة (المتعددة):

الكثيرمن الصفات مثل الحجم أو الطول , الشكل ,الوزن , لون الجلد , لون العين , معدل الأيض والسلوك تكون محكومة من عدد من الأليلات أي في هذه الحالة يشترك أكثر من زوج من الجينات في إظهار الصفة نفسها وتعرف هذه الحالة بـــ (الوراثة الكمية أو المتعددة الجينات) وعندما يشترك أكثر من جين في التأثير في الصفة الواحدة فإن الصفة تبدي مدى من الاختلافات الصغيرة ونلاحظ تدرجا في الصفات , ويسمى هذا التدرج بـــ (التنوع المستمرأو المتواصل) وتسمى مثل هذه الصفات بـ (الصفات الكمية) .

مثال: وراثة لون بشرة الجلد في الانسان:

يعد لون الجلد مثالاً على صفة متعددة الجينات من المحتمل أنها محكومة من العديد من أزواج الأليلات. ومع هذا، سوف نستخدم النموذج الأكثر بساطة ونفترض أن للجلد زوجين فقط من الأليلات (Aa و Bb) وأن كل حرف كبير يسهم بصبغ واحد في الجلد. عندما يتناسل فرد شديد السواد مع امرأة بيضاء تماماً، يكون لون جلد الأطفال بنياً وسطاً. وعندما يتناسل فردان لهما الطراز الجيني AaBb، فقد يتراوح لون جلد الأطفال من شديد السواد إلى شديد البياض... كما هو موضح في المثال التالي:

	بشرة سوداء	×	بشرة بيضاء	الأبوان
P_1	AABB		Aabb	
G_1	AB	×	Ab	الأمشاج
	بشرة متوسطة (قمحي)			الجيل الاول
F_1	AaBb			
P_2	AaBb	×	AaBb	

الأمشاج	AB	Ab	aB	ab
AB	AABB أسود	AABb أسمر	AaBB أسمر	AaBb قمحي
Ab	AABb أسمر	AAbb قمحي	AaBb قمحي	Aabb فاتح
aB	AaBB أسمر	AaBb قمحي	aaBB قمحي	aaBb فاتح
ab	AaBb قمحي	Aabb فاتح	aaBb فاتح	aabb أبيض

1 : 4 : 6 : 4 : 1
أسود : أسمر : قمحي: فاتح : أبيض
فيكون المجموع (15 ملون : 1 أبيض)

ويعزى ذلك التدرج إلى وجود كميات متفاوتة من صـــبغ الميلانين في خلايا البشـــرة بحيث تصـــل إلى 100% في الزنوج، 70% في الأسمر، 40% في القمحي، 20% في الفاتح وتقل حتى 5% في الأبيض.

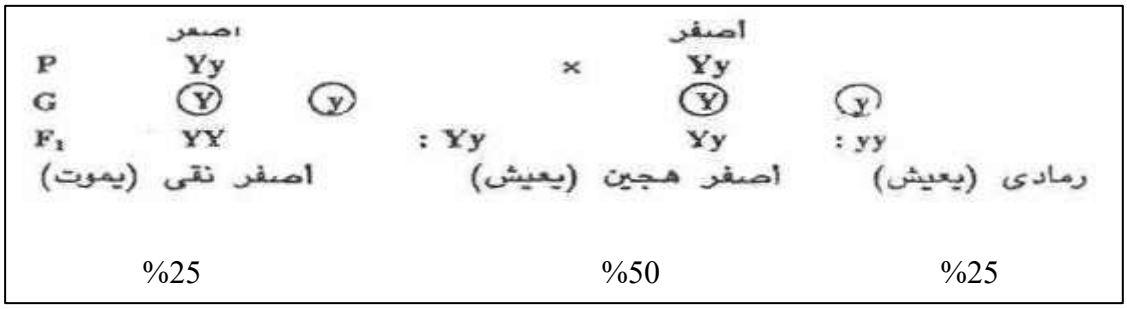
ثانيا: الجينات المميتة:

توجد في بعض الأحياء النباتية والحيوانية حتى الإنســـان بعض الجينات الوراثية التي لو وجدت بصـــورة نقية أو متماثلة تســـبب تعطيل النمو وتوقف الحياة في مراحل مختلفة من العمر لربع النســـل غالبا ولذا تســـمى بالجينات المميتة. وقد عرفت هذه الجينات في الأمثلة التالية:

1- لون الفراء في الفئران 2- لون البادرات في الذرة 3- أنيميا الخلايا المنجلية في الإنسان.

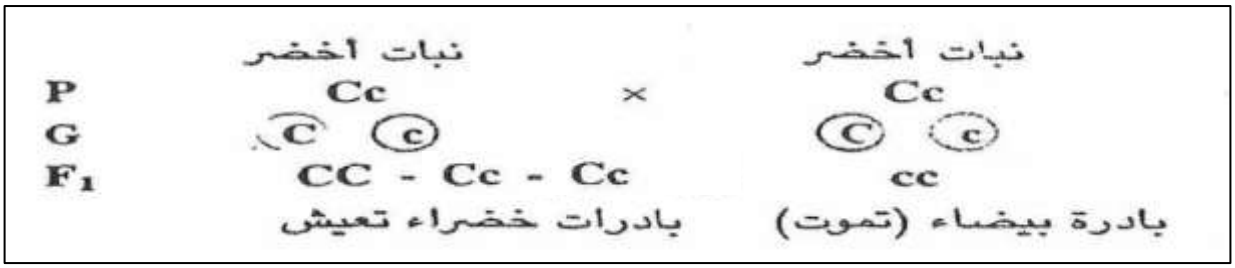
1- لون الفراء في الفئران:

لوحظ عند تزاوج فأرين كلاهما أصـفر الفراء فكان الناتج أصـفر ورماديا بنسـبة (1:2)، وعند تزاوج فأرين أحدهما أصفر والثاني رمادي ظهر النسل أصفر ورمادي بنسبة (1:1) واستنتج من ذلك أن صفة اللون الرمادي متنحية أما اللون الأصفر فهو صفة سائدة، ولكن الفئران الصفراء دائما تكون هجينة.



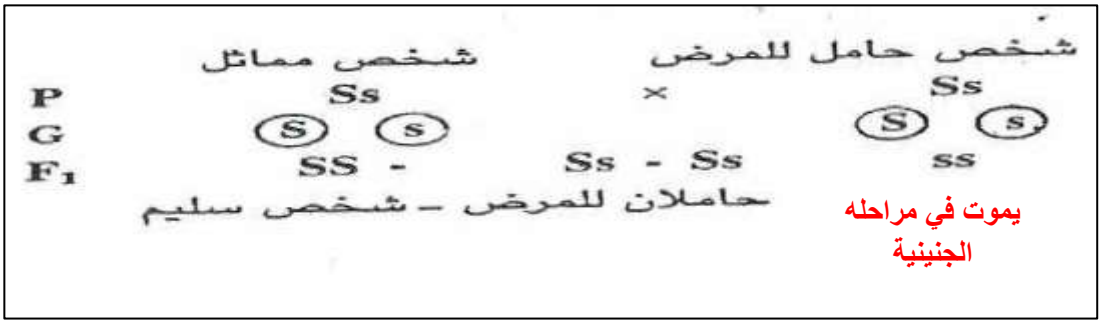
2- لون البادرات في الذرة:

لوحظ في نبات الذرة أنه عند تلقيح نباتات خضراء تلقيحاً ذاتياً، ثم زراعة الحبوب الناتجة منها تنتج بعض البادرات البيضاء (بدون كلوروفيل) لا تلبث أن تذبل وتموت وكانت نسبتها إلى البادرات الخضراء التي تعيش (3:1).



3- أنيميا الخلايا المنجلية عند الإنسان:

ينشـــأ هذا المرض عن حدوث خلل وراثي في الجين المســـئول عن بناء الهيموجلوبين في كريات الدم الحمراء ينتج عنه تغير في تركيبه، فيسبب انطواء الكريات الحمراء وتقوسها على شكل هلال أو منجل فلا تتمكن من حمل الأكسجين في التنفس مما قد يسبب الموت للمريض.



ثالثا: تعدد البدائل:

بعض الصفات الوراثية يتحكم فيها أكثر من زوج من البدائل، ولكن نصيب الفرد فيها لا يتجاوز زوجاً واحداً من تلك البدائل يحتل نفس الموقع على الصبغي الخاص به في خلايا الأفراد المختلفة، ومن الأمثلة عليها توارث فصائل الدم في الإنسان.

فصائل الدم ABO:

تتحكم ثلاثة أليلات للجين نفسه في وراثة فصائل الدم ABO، وتحدد هذه الأليلات وجود المولد للمضادات (مولدات المضادات) أو انعدامها على خلايا الدم الحمراء:

لكل فرد أليلان فقط من بين الأليلات الثلاثة المحتملة، وكل من A وB سائدان على O وبناء عليه يوجد طرازان جينيان محتملان لفصيلة الدم A وكذلك طرازان جينيان محتملان لفصيلة الدم B، على الجانب الآخر يظهر بالكامل كل من A وB على فصيلة الدم AB، ويمكن أن تنتج فصيلة الدم O فقط من وراثة الأليليO، تكون المولدات المضادة على خلايا الدم الحمراء والطرز الجينية والطرز المظهرية المحتملة لفصائل الدم على النحو التالي:

الطراز المظهري	الطراز الجيني	المولد المضاد على خلايا الدم الحمراء
فصيلة A	AO ،AA	المولد مضاد A
فصيلة B	BO ،BB	المولد مضاد B
فصيلة AB	AB	يوجد المولد A والمولد B
فصيلة O	OO	لا وجود للمولد مضاد A أو B

يكون تحديد فصيلة الدم أحيانا عاملاً مساعداً في دعاوي إثبات النسب في جهة الأب ومع ذلك فإن نتائج اختبار الدم يمكن أن تقترح فقط أن الفرد محل الاختبار ربما يكون هو الأب وليس هو الأب بشكل قاطع، مثال على ذلك إنه من الممكن وإن لم يكن مؤكداً أن رجلا فصيلة دمه (A) بنيته الوراثية (AO) يكون والد طفل فصيلة دمه (O)، على الجانب الآخر يمكن أن يثبت اختبار للدم أحيانا بشكل مؤكد أن رجلا ما ليس هو الأب، على سبيل المثال إذا كان لرجل فصيلة الدم (AB) فليس من المحتمل أن يكون أباً لطفل فصيلته دمه (O) وبالتالي يمكن استخدام اختبارات الدم في الحالات القانونية فقط لاستبعاد أن يكون رجل هو الأب المحتمل.

عامل ريسوس:

من النقاط المثيرة للاهتمام يتم توريث العامل Rh على نحو منفصل من فصائل A، B، AB، O وإذا كان لديك العامل Rh الموجب يكون في خلايا دمك الحمراء مولد خاص، وإذا كان لديك العامل Rh السالب لأصبح المولد مضاد غير موجود، وهناك أليلات متعددة بالنسبة للعامل Rh. توجد مواد مولدة بكريات الدم إضافة إلى مواد فصائل الدم ويعرف بـــ (عامل ريسوس) نظراً لاكتشافها في نوع من قردة ريسوس قبل اكتشافها في دم الإنسان، وتنتشر هذه المواد المولدة في دماء 85% تقريبا من البشر فيعرفون بموجبي العامل ريسوس (Rh^+)، أما النسبة الباقية 15% فتكون خالية من ذلك العامل وتسمى سالبة العامل ريسوس (Rh^-). ويتحكم في وراثة عامل ريسوس ثلاثة أزواج من الجينات، ووجود أي زوج منها في صورة سائدة يؤدي إلى ظهور فرد موجب، وعلى ذلك فإن الفرد الموجب قد يكون نقيا في سيادة كل الجينات أو هجينا في سيادة بعضها، أما الفرد السالب فتكون جميع جيناته متنحية.

في حالة الحمل إذا كان الجنين موجبا والأم سالبة فإن ما يتسرب من دم الجنين إلى دم الأم ينبه جهازها المناعي لإنتاج أجسام مضادة لعامل ريسوس تعود إلى الجنين عبر المشيمة، فتعمل على تحلل كريات دمه وإصابته بأنيميا حادة، وعادة لا يصاب الطفل الأول بأذى، لكن من يأتي بعده يتعرض لجرعات أكثر من الأجسام

المضادة قد تؤدي إلى موته ما لم يتم تغير دمه بدم جديد أو حقن الأم بمصل واق من ذلك التفاعل بعد ولادة الطفل الأول.

الصفات المرتبطة بالجنس:

- إن ارتباط بعض الصفات بالجنس شائع الحدوث في الكائنات الحية وفى الإنسان يعتبر كل من (عمى الألوان الهيموفيليا) حالات مرضية مرتبطة بالجنس.
- ولقد أظهرت الدراسات أن هاتين الصفتين متنحيتان ونادرتا الحدوث في الإناث وتنتقل من الأم إلى أبنائها الذكور والإناث بينما يورثها الرجل المصاب إلى أحفاده البنين من خلال بناته. أي أن الأبناء الذكور ترث باستمرار الجين المرتبط بالجنس من الأم بينما تظهر الصفة على البنات عندما تحصل على الجينين من كل من الأم والأب معا.
- الأليلات المرتبطة بالجنس (ذكر- أنثى).. عند الوضع في الاعتبار الصفات (السمات) المرتبطة بالكروموسوم X، يظهر الأليل على الكروموسوم X كحرف متصل بالكروموسوم X.
- فيما يلي مفتاح عمى الألوان الخاص بالأحمر والأخضر، وهو اعتلال معروف بأنه صفة متنحية مرتبطة بالكروموسوم X.
- X^B = الرؤية العادية X^b = عمى الألوان

وتكون الطرز الجينية والطرز المظهرية المحتملة في كل من الذكور والإناث على النحو التالي:

الطراز الجيني	الطراز المظهري
X^BX^B	أنثى ذات رؤية عادية للألوان
X^BX^b	أنثى حاملة للجين ذات رؤية عادية للألوان
X^bX^b	أنثى مصابة بعمى الألوان
X^BY	ذكر ذو رؤية عادية للألوان
X^bY	ذكر مصاب بعمى الألوان

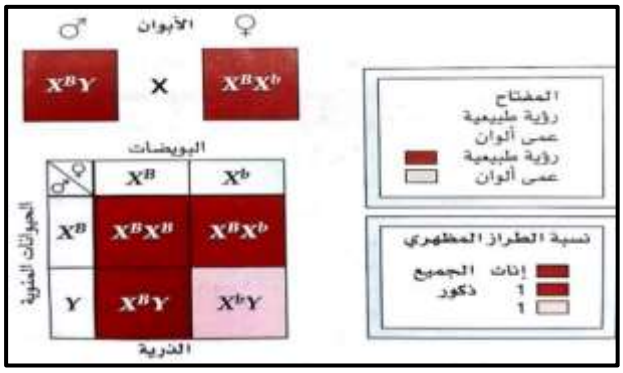
- الطراز الجيني الثاني هي أنثى حاملة للجين للسبب التالي: مع أن الأنثى بهذا الطراز الجيني تبدو عادية، فإن لديها القدرة على نقل أليل خاص بعمى الألوان. ويندر وجود الإناث المصابات بعمى الألوان لأنه لا بد أن يتلقين من كل من الأبوين أليل خاص بعمى الألوان، بينما الذكور المصابون بعمى الألوان أكثر شيوعاً لأنهم يحتاجون فقط إلى أليل واحد متنحٍ ليصبحوا مصابين بالمرض، ويتعين أن يكون الأليل الخاص بعمى الألوان موروثاً من أمهاتهم لأنه موجود على الكروموسوم X للذكور فقط الذين يرثون الكروموسوم Y من آبائهم.

الآن لنضع في الاعتبار عملية تزاوج بين الرجل ذي رؤية عادية وامرأة هجينة ما فرصة هذين الزوجين في إنجاب ابنة مصابة بعمى الألوان.

- الشكل التالي تهجين يتضمن أليلاً مرتبطاً بالكروموسوم X الأب طبيعي، لكن الأم حاملة، بمعنى أن أليلاً خاصاً بعمى الألوان يوجد على أحد الكروموسومين X لديها. لذلك فكل ابن لديه احتمال بنسبة 50% ليكون مصاباً بعمى الألوان. وتكون البنات طبيعيات، لكن لدى كل واحدة احتمال بنسبة 50% لتكون حاملة. أما الأبناء، مع ذلك، ستكون فرصتهم 50% للإصابة بعمى الألوان، اعتماداً على إذا ما كانوا قد تلقوا X^B أو X^b من أمهم. ولا يمكن لوراثة الكروموسوم Y من أبيهم أن يتسبب في وراثة كروموسوم X^b من أمهم. ولأن الكروموسوم Y ليس به أليل خاص بالصفة، فإنه لا يمتلك إمكانية أن يحول دون إصابة ابن ذكر بعمى الألوان.

لاحظ في الشـــكل التالي أن نتائج الطرز المظهرية للصـــفات المرتبطة بالنوع تأتي على نحو منفصـــل للذكور والإناث.

- يحمل الكروموســـوم X أليلات لا وجود لها على الكروموســـوم Y. وبالتالي فإن أليلاً متنحياً على الكروموســـوم X كانت قد تمت وراثته من الأم يظهر في الذكور.



توارث عمى الألوان

الوراثة المتأثرة بالجنس:

يعمل جنس الكائن الحي أحيانا على تحوير سيادة بعض الصفات حيث يتأثر عمل بعض الجينات بالهرمونات الجنسية التي تفرزها المناسل في الذكور والإناث البالغين في بعض الحيوانات والإنسان ومثال ذلك:

1- وراثة القرون عند الأغنام ســلالة دورســيت (H^+H^+) لديها قرون وســلالة ســوفولك (HH) ليس لديها قرون , وعند التهجين بين الســلالتين نتجت إناث عديمة القرون وذكور لديها قرون لها بالرغم من أن لها نفس التركيب الجيني (HH^+)

2- وراثة الصــلع في الإنســان، حالة الصــلع المبكر التي تنتشــر بين رجال بعض العائلات أكثر من النســاء، ويتحكم في هذه الصفة جين سائد يتأثر فقط بهرمونات الذكورة ويظهر فعله على الذكر بجين واحد ولكنه يظهر على الأنثى إذا كان لديها جينان سائدان فيحدث لها تساقط شعر الرأس.

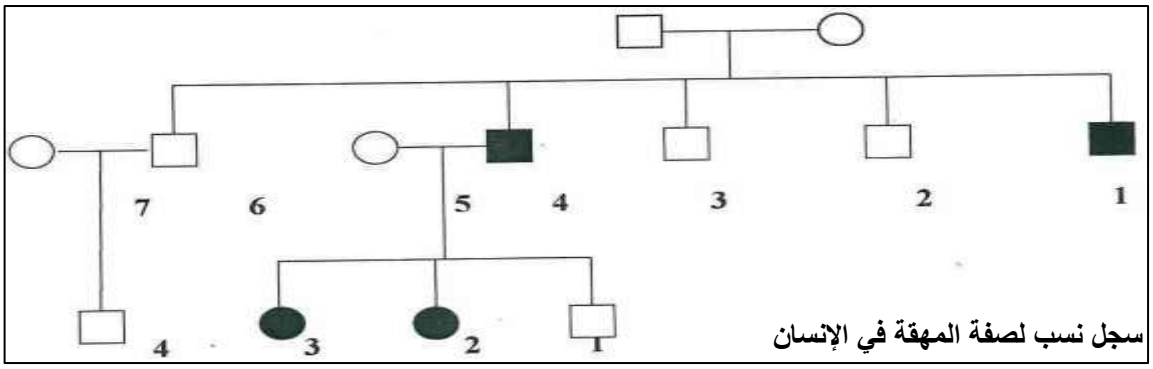
- التركيب الجيني bb (نقيا) يظهر الشعر على كلا الجنسين (طبيعيا).
- التركيب الجيني BB (نقيا) يظهر الصلع على كلا الجنسين.
- التركيب الجيني Bb (هجينا) يظهر الصلع على الذكور دون الإناث.

وقد وجد أن الســبب في ذلك أن الهرمونات المؤنثة هي التي تســبب عدم ظهور الصــلع في الإناث ذوات التركيب الجيني (Bb)، والهرمونــات الذكريــة هي التي تزيد من الصـــلع في الذكور ذوات التركيب الجيني (Bb).

سجل النسب الوراثي Genetic Inheritance Records

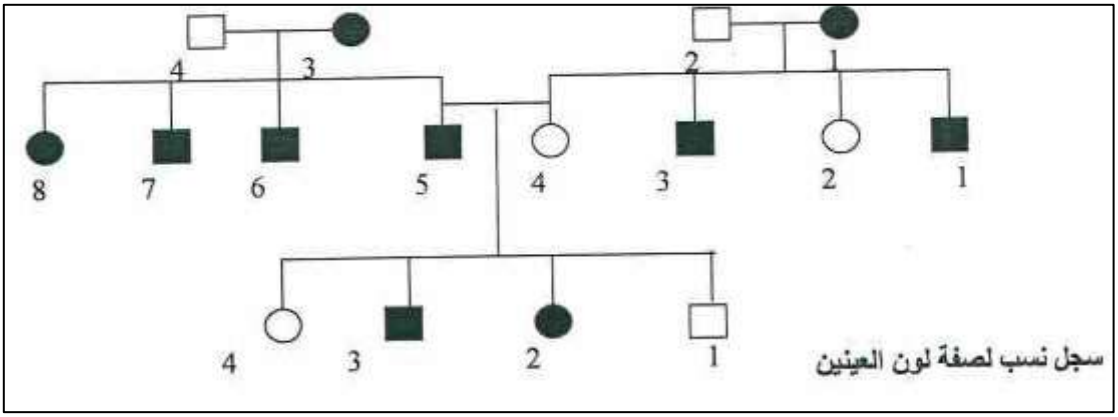
يســتخدم في ذلك شــكل تخطيطي يربط أفراد العائلة معا على مدى عدة أجيال، ويفيد هذا الســجل في تتبع بعض الصــفات أو الأمراض والعيوب الوراثية والتنبؤ باحتمال ظهور تلك الصــفات في الأجيال المقبلة، ويرمز إلى الذكور في ســجل النســب بمربعات وللإناث بدوائر مع تظليل أو تلوين المربعات أو الدوائر الخاصــة للأفراد الذين تظهر عليهم الصــفة المدروســة، ويرمز للزواج بخط أفقي ينزل من وســطه خط الأبناء الذي يتصــل به كل فرد منهم بخط رأســي قصــير، ويشــار إلى كل جيل في العائلة برقم روماني بينما يشــار لكل فرد برقم عادي، ويوضح الرسم التالي سجل نسب عائلة بها بعض الأفراد الذين تظهر عليهم حالة المهاق والتي تعزى إلى غياب صــبغ الميلانين من الجلد والشــعر وحدقة العين وهي صــفة متنحية تنتج عن غياب جين مما يمنع تكوين إنزيم خاص بتنشيط ذلك الصبغ فيتعطل ظهور اللون على الأعضاء المذكورة وتظهر حالة المهاق ويرمز للفرد الأمهق بالطراز الجيني aa والأفراد العادية AA و Aa لكن يكون حاملا للصفة فقط فلا تظهر عليه لكونها متنحية.

ومن الشـكل التالي نجد أن الفردين رقم 1، 2 في الجيل الأول عاديان ولكن بعض أبنائهما ظهرت عليهم الصفة لذا فإن تركيبهما الجيني هو Aa وفي الجيل الثاني يكون الفرد رقم 1 ورقم 4 تركيبهما الجيني aa وباقي الأفراد Aa أو AA لكن الفرد رقم 7 يحتمل أن يكون AA ولا يتأكد تركيبه الجيني لوجود ابن واحد هو رقم 4 في الجيل الثالث.



سجل نسب لصفة المهقة في الإنسان

أما الشـكل التإلى يمثل سـجل نسـب لصـفة لون العين حيث يسـود اللون البني على الأزرق وعليه تظلل الأفراد ذوي العيون البنية موضـوع الدراسـة وتترك الأخرى، ومن الشـكل فإن رقم 1 في الجيل الأول تركيبه Aa والفرد رقم 2 تركيبه aa أما الفرد رقم 3 فتركيبه AA ورقم 4 تركيبه aa ويمكنك تحديد الطراز الجيني لباقي الأفراد، ويتم الآن رسم خرائط وراثية لتتابعات القواعد النيتروجينية في جزيئات DNA.



سجل نسب لصفة لون العينين

الوراثة الجنسية والطفرات

تحديد الجنس في الإنسان:

يتحـدد جنس الأفراد عـادة بواسـطـة نوع من الصـبغيـات تسـمى الصـبغيـات الجنسـيـة (Sex Chromosomes) يوجد منها بصفة عامة واحد أو اثنان في خلايا كل فرد، أما بقية الصبغيات فتسمى الصبغيات الذاتية أو الجسدية (Autosomes)، ويوجد في الإنسان، وكذلك في بعض الحيوانات مثل الحصان والقرد وذبابة الفاكهة صـبغيان جنسـيان متشـابهان تماما في خلايا الأنثى يطلق على كل منهما الصـبغي X، ويوجد في الذكر صبغي X وصبغي آخر يختلف عنه في الشكل والحجم يطلق عليه الصبغي Y، وعلى ذلك يكون التركيب الصبغي الجنسي في الأنثى XX بينما يكون للذكر XY.

الحالات الشاذة في جنس الإنسان :

لا تتوزع الصبغيات الجنسية في بعض الأحيان بالتساوي أثناء الانقسام الميوزي وتكون الأمشاج، مما ينشأ عنه حالات شاذة، ففي حالات نادرة يلتصق الصبغيان الجنسيان ببعضهما أثناء الانقسام الميوزي – ولا ينفصلان – مما ينشأ عنه وجود صبغين X في إحدى الخلايا البيضية الناتجة وخلو الخلية الأخرى من الصبغي X فإن التركيب الصبغي للجنين الناتج يكون XXY+44، وينمو إلى ذكر شاذ يحمل أعراض حالة كلاينفلتر(Syndrome's Klinenefelter) حيث تكون الأعضاء التناسلية ذكرية إلا أنها ضامرة، كما أن عضلاته تكون أنثوية، وقد ينمو صدره بعض الشيء، ويصبح هذا الفرد عقيما لغياب الخلايا المولدة للحيوانات المنوية من الخصية، وعلى ذلك فصبغي X الزائد أدى إلى اختلال توازن الجينات التى تحدد الجنس، كما عبرت بعض الجينات الأنثوية عن نفسها بدرجة ما.

أما إذا أخصبت بويضة خالية من الصبغي الجنسي بحيوان منوي يحتوي على الصبغي X ينشأ فرد يحتوي على صبغي واحد من نوع X أي أن العدد الكلي لصبغياته يصبح X+44 وتعرف هذه بأعراض حالة تيرنر (Syndrome's Turner)، وهذا الطفل يكون أنثى لديها تخلف عقلي، وفي هذه الحالة فإن صبغيا جنسيا واحدا تعمل الجينات الموجودة به على تحديد جنس الأنثى، لكن كمية الهرمونات الموجودة لا تكون كافية للوصول بهذه الأنثى إلى مرحلة البلوغ.

ويمكن عمليا تحديد عدد صبغيات X لأي شخص عن طريق كشط جزء من الغشاء المبطن للفم، وصبغ أنوية خلايا هذا النسيج أثناء الطور البيني بأصباغ خاصة، وفحصها بالمجهر بطريقة عادية، حيث يظهر أحد صبغي X في كل خلية على صورة مفككة ويقوم بوظائفه، وفي الذكر يوجد صبغي X واحد، أما في الأنثى فيوجد أثنان من نوع X أحدهما مفكك بينما الآخر متماسك ويأخذ الصبغة، ويطلق على هذا الصبغي المتماسك في الطور البيني اسم جسم بار (Barr body) وعلى ذلك فوجود جسم بار واحد يدل على وجود صبغين من نوع X وهكذا، ولذا يسهل تمييز الجنس ذكراً أم أنثى عن طريق فحص النواة كما سبق، وتستخدم هذه الطريقة أحياناً للتيقن من جنس بعض المتنافسين أو المتنافسات في الدورات الأولمبية إذا حدث شك في طرزهم المظهرية ومن الغريب ظهور بعض حالات تعرف بمزدوجية الجنس (Gynanders)، حيث يكون نصف الجسم ذكراً والنصف الآخر أنثى مثل بعض الحشرات التي ظهرت فيها بعض الخلايا XX والأخرىXY لنفس الحشرة.

وهناك حالات متعددة للشذوذ في عدد الصبغيات الجنسية والجسمية ونوعيتها في الإنسان، كما يظهر بعضها في الجدول التالي:

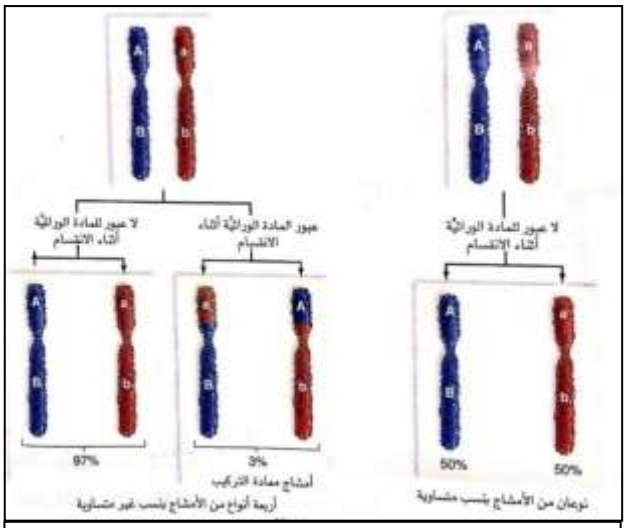
نوع الفرد أو الصفة	التركيب الصبغي		الجنس
ذكر عادي	46	XY + 44	ذكر
أنثى عادية	46	XX + 44	أنثى
حالة داون (بله مغولي)	47	XY + 45	ذكر
حالة داون (بله مغولي)	47	XX + 45	أنثى
حالة كلاينفلتر	47	XXY + 44	ذكر
حالة تيرنر	45	XO + 44	أنثى
تضاعف جنسي	47	XXX + 44	أنثى
تضاعف جنسي	48	XXXX + 44	أنثى

في حالة داون (Down Syndrome's) أو البله المغولي شذوذ الصبغيات الجسمية (زيادة في الكروموسوم رقم 21) فيختل التوازن الصبغي، ويصبح الشخص له شكل مميز بضيق العينين وعليهما ثنية جلدية نحو الداخل ولذا سمي بالمغولي كما يكون لديه تشوهات خلقية وتخلف عقلي.

مجموعة الارتباط

في هذا الفرد، يكون الأليلان B و A على عنصر واحد من الزوج المتماثل، والأليلان b وa على العنصر الآخر. لذلك يكون الفرد هجيناً لأبوين يختلفان بموضع جينين فقط. (أ) عند اكتمال الارتباط، ينتج هذا الهجين نوعين فقط من الأمشاج بنسبة متساوية.

(ب) عندما يكون الارتباط ناقصاً، ينتج هذا الهجين أربعة أنواع من الأمشاج بسبب حدوث عبور المادة الوراثية، وتحدث الأمشاج معادة التركيب بنسبة أقل لحدوث تبادل للمادة الوراثية على نحو غير منتظم.



شكل (أ) **شكل (ب)**

وراثة الجينات المرتبطة

لا يحتوي الكروموسوم على أليل واحد أو أليلين فقط، بل يحتوي على سلاسل طويلة من الأليلات في تتالي محدد. ويكون التتالي محدداً لأن كل أليل له موضعه المعين على الكروموسوم. وجميع الأليلات على كروموسوم واحد تؤلف مجموعة ارتباط Linkage Group ويتم توريثها مجتمعة. ويوضح الشكل (أ) نتائج عملية تهجين عندما يكون الارتباط مكتملاً. وينتج الهجين من أبوين يختلفان بموضع جينين فقط (ثنائي الهجين) أربعة أنواع من الأمشاج بدلاً من نوعين الشكل (ب).

زوج من الكروموسومات المتماثلة

وتنتج الأمشاج معادة التركيب (مع أليلات معادة التركيب) بأعداد متناقصة لتكرار عملية العبور بين الكروموسومات المتماثلة. قد يساعد حدوث عبور المادة الوراثية في الإبلاغ عن تتالي الجينات على كروموسوم لأن عبور المادة الوراثية يحدث غالباً بدرجة أكبر بين الجينات البعيدة عن الجينات المتقاربة على الكروموسوم. كمثال على ذلك، لاحظ هذين الكروموسومين المتماثلين، ونحن نتوقع حدوث أمشاج معادة التركيب لتشمل G وz غالباً بدرجة أكبر من R مع s. والتزاماً بهذه الملاحظة، استخدم الباحثون في السابق ترددات لتشكيلات جينية طبيعية غير موجودة في الأبوين لرسم خريطة الكروموسومات، ليس فقط لذبابة الفاكهة، بل أيضاً في الإنسان إلى حد ما. وكل 1% من عمليات عبور المادة الوراثية تعادل وحدة واحدة على الخريطة بين الجينات.

إمكانية استخدام بيانات الارتباط لرسم خريطة لجينات الإنسان تتسم بالمحدودية لأننا نستطيع أن نتعامل فقط مع عمليات التزاوج التي تحدث مصادفة. بالإضافة إلى حقيقة أن الإنسان لا يميل إلى إنجاب ذرية كبيرة، فإن هذا يعني أنه يتعين استخدام وسائل إضافية لتحديد تتالي (تسلسل) الجينات على كروموسومات الإنسان. وفي هذه الأيام، بات من المألوف الاعتماد على وسائل الكيمياء الحيوية وكذلك استخدام الكمبيوتر لرسم خريطة كروموسومات الإنسان. يؤدي وجود مجموعات الارتباط إلى تغيير النتائج المتوقعة لعمليات التهجين الوراثية.

وتكرار (تتالي) الأمشاج معادة التركيب الذي يحدث نتيجة استخدام عبور المادة الوراثية يتم الاستفادة منها في رسم خريطة الكروموسومات.

البصمة الوراثية

ماهية البصمة الوراثية:

من أهم فوائد معرفة بصمات الأصابع الاستدلال بها على مرتكبي الجرائم من خلال ما ينطبع من بصماتهم على الأجسام المصقولة في محل الجريمة، فهي قرينة قوية في التعرف على الجناة.
ولقد تجاوزت الاكتشافات الطبية الحديثة معرفة هذه الخاصية من جسم الإنسان إلى اكتشاف خواص كثيرة فيه وإدراك مدى تأثير تلك الخواص في الوراثة عن طريق أجزاء من جسم الإنسان من دم أو شعر أو بول أو غير ذلك.

اكتشاف البصمة الوراثية:

لم تُعرَف البصمة الوراثية حتى عام 1984 حينما نشر د. "آليك جيفريز" عالم الوراثة بجامعة "ليستر" بلندن بحثًا أوضح فيه أن المادة الوراثية قد تتكرر عدة مرات، وتعيد نفسها في تتابعات عشوائية غير مفهومة.
وواصل أبحاثه حتى توصل بعد عام واحد إلى أن هذه التتابعات مميّزة لكل فرد، ولا يمكن أن تتشابه بين اثنين إلا في حالات التوائم المتماثلة فقط، بل إن احتمال تشابه بصمتين وراثيتين بين شخص وآخر هو واحد في الترليون، مما يجعل التشابه مستحيلاً، لأن سكان الأرض لا يتعدون المليارات الستة، وسجل الدكتور "آليك" براءة اكتشافه عام 1985م، وأطلق على هذه التتابعات اسم "البصمة الوراثية للإنسان "The DNA Fingerprint"، وعرفت على أنها وسيلة من وسائل التعرف على الشخص عن طريق مقارنة مقاطع (DNA)، وتُسمَّى في بعض الأحيان الطبعة الوراثية "DNA typing".

كيف تحصل على بصمة وراثية؟

كان د. "آليك" أول مَن وضع بذلك تقنية جديدة للحصول على البصمة الوراثية وهي تتلخص في عدة نقاط هي:

1- تُستخرَج عينة الـ (DNA) من نسيج الجسم أو سوائله "مثل الشعر، أو الدم، أو الريق".
2- تُقطَع العينة بواسطة إنزيم معين يمكنه قطع شريطي الـ (DNA) طوليًا، فيفصل قواعد "الأدينين A" و "الجوانين G" في ناحية، و"الثايمين T" و"السيتوسين C" في ناحية أخرى، ويُسمَّى هذا الإنزيم بالآلة الجينية، أو المقص الجيني.
3- تُرتَّب هذه المقاطع باستخدام طريقة تُسمَّى بالتفريغ الكهربائي، وتتكون بذلك حارات طولية من الجزء المنفصل عن الشريط تتوقف طولها على عدد المكررات.
4- تُعرَّض المقاطع إلى فيلم الأشعة السينية "X-ray-film"، وتُطبَع عليه فتظهر على شكل خطوط داكنة اللون ومتوازية.

ولم تتوقف أبحاث د. "آليك" على هذه التقنية، بل قام بدراسة على إحدى العائلات يختبر فيها توريث هذه البصمة، وتبين له أن الأبناء يحملون خطوطًا يجيء نصفها من الأم، والنصف الآخر من الأب، وهي مع بساطتها تختلف من شخص لآخر.
يكفي لاختبار البصمة الوراثية نقطة دم صغيرة، بل إن شعرة واحدة إذا سقطت من جسم الشخص المُرَاد فحصه، أو لعاب سال من فمه، أو أي شيء من لوازمه، فإن هذا كفيل بأن يوضح اختبار البصمة بوضوح كما تقول أبحاث د. "آليك".
قد تمسح إذًا بصمة الأصابع بكل سهولة، ولكن بصمة الـ (DNA) يستحيل مسحها من ورائك، فبمجرد المصافحة قد تنقل الـ (DNA) الخاصة بك إلى يد مَن تصافحه.

ولو كانت العينة أصغر من المطلوب، فإنها تدخل اختبارًا آخر، وهو تفاعل إنزيم البوليميريز (PCR) (تفاعل البلمرة المتسلسل)، والذي نستطيع من خلال تطبيقه مضاعفة كمية الـ (DNA) في أي عينة، ومما وصلت إليه

هذه الأبحاث المتميزة أن البصمة الوراثية لا تتغير من مكان لآخر في جسم الإنسان، فهي ثابتة بغض النظر عن نوع النسيج، فالبصمة الوراثية التي في العين تجد مثيلاتها في الكبد والقلب والشعر.

مجالات العمل بالبصمة الوراثية:

يرى المختصون في المجال الطبي وخبراء البصمات أنه يمكن استخدام البصمات الوراثية في مجالات كثيرة، ترجع في مجملها إلى مجالين رئيسين هما:

المجال الجنائي: وهو مجال واسع يدخل ضمنه الكشف عن هوية المجرمين في حالة ارتكاب جناية قتل، أو اعتداء، وفي حالات الاختطاف بأنواعها، وفي حالة انتحال شخصيات الآخرين ونحو هذه من المجالات الجنائية.

مجال النسب: وذلك في حالة الحاجة إلى إثبات البنوة أو الأبوة لشخص، أو نفيه عنه.

التأثيرات البيئية Environmental Impacts

ثمة عوامل بيئية مثل التغذية أو درجة الحرارة تؤثر في ظهور الصفات الوراثية (الجينية) ويبدو أن الصفات الجينية المتعددة تتأثر بشكل خاص بالبيئة. كمثال على ذلك في حالة طول القامة فإن اختلاف وسائل التغذية من العوامل التي تسبب في نموذج منحنى شكل الناقوس وكما يمكن لدرجة الحرارة أن تؤثر في الطراز المظهري للنبات والحيوان.

الشكل المقابل يمثل وراثة
الجينات المتعددة والتأثيرات البيئة

يتم تفسير تأثير البيئة على الطراز المظهري من خلال نزع (نتف) الفراء من منطقة معينة ووضع غطاء ثلجي ويصبح الفراء الذي ينمو في المكان بلون أسود بدلا من الأبيض، مما يوضح أن الإنزيم الذي ينتج الميلانين (صبغ داكن) في الأرانب ينشط فقط في درجات الحرارة المنخفضة. على سبيل المثال تكون أزهار الربيع بيضاء اللون عند زراعتها في درجة حرارة أعلى من 32 درجة مئوية، وحمراء اللون عند زراعتها في درجة حرارة تساوي 24 درجة مئوية، وتكون فروة القطط السيامية وأرانب الهيمالايا غامقة اللون في الأذنين، الأنف، المخالب، الذيل.

من المعلوم أن أرانب الهيمالايا نقية بالنسبة لأليل ch الذي يشارك في إنتاج صبغ الميلانين وتقترح الدلائل التجريبية أن الإنزيم المشفر بهذا الجيل يكون نشطاً في درجات الحرارة المنخفضة فقط، وبالتالي ينتج الفراء الأسود فقط في الدرجات القصوى حيث يتم فقد حرارة الجسم لصالح الوسط المحيط. يحاول الباحثون تحديد النسبة المئوية لتغيرات الصفات الإنسانية الناجمة عن (الوراثة) الطبيعية والنسبة المئوية الناجمة عن شروط التنشئة (البيئة)، استخدمت بعض الدراسات التوأمين المتماثلين وشقيقين تم الفصل بينهما عند ولادتهما وبالتالي يتربيان في بيئتين مختلفتين ومن المفترض أنه إذا كان التوأمان متماثلان في بيئتين مختلفتين لهما الصفة نفسها فإن أقصى احتمال أن تكون تلك الصفة موروثة. ووجدت هذه الدراسات أن التوأمين المتماثلين يكونان أكثر شبها في مواهبهما العقلية والصفات الشخصية ودرجات الاستمتاع بالحياة من التوأمين الشقيقين عندما تم الفصل بينهما عند الولادة.

واستخلص باحثوا علم الأحياء أن جميع الصفات السلوكية قابلة للتوريث جزئياً وأن الجينات تمارس تأثيراتها للعمل معاً في توليفات مركبة حساسة للتأثيرات البيئية، وقد تعلم العلماء أيضا كيفية معالجة البيئة من أجل الحيلولة دون وجود تأثيرات مدمرة لبعض الاختلالات الوراثية. على سبيل المثال فإن أجسام الناس المصابين بالاختلال الجيني الفينايل كيتونوريا (PKU) تفتقر إلى إنزيم يؤدي إلى التحلل إلى الحمض الأميني فينيل ألانين، ويؤدي تراكم الفينيل ألانين إلى تلف عصبي لهؤلاء المرضى، لكن اكتشف العلماء أنه إذا قام هؤلاء المرضى بالتعديلات في الأنظمة الغذائية

حتى يتمكنوا من استهلاك الفينيل ألانين الذي يحتوي على بروتين قليل جدا لتمكنوا من تجنب كثير من التأثيرات المدمرة لهذا المرض.

الفصل الخامس

تصنيف الكائنات الحية

(مملكة الحيوان)

الفصل الخامس

تصنيف الكائنات الحية Taxonomy of Living Organisms
مملكة الحيوان Animal Kingdom

ظهرت الحاجة إلى علم التصنيف مبكراً فكان لابد للإنسان من التمييز بين الكائنات الحية النافعة والضارة، وقد تطور علم التصنيف بمرور الزمن. وعلم التصنيف مكن العلماء من دراسة الكائنات الحية وتحديد المجموعة التي تنتمي إليها. ضمن نظام موحد ومعتمد عالميا، على أساس علمي، لا يعتمد على التشابه في الشكل الخارجي فقط، ويعتمد على دراسات مختلف أفرع علم الأحياء مثل علم التشريح المقارن وعلم الوراثة الذي مكن العلماء من دراسة التركيب الجيني للكائنات الحية. وعلم التطور الذي يحدد التكيفات التي تميز الكائنات الحية وجذورها التطورية، وعلم الأجنة الذي ساعد في دراسة التطور الجنيني للأفراد المعروفة، وبذلك يسهل فهم الأنواع القديمة ودراسة الأنواع المكتشفة حديثاً وتحديد المجموعة التي تنتمي إليها. وفي عرضنا لتصنيف مملكة الحيوان اعتمدنا على مصدر علم الأحياء للمؤلف بيترهـ. ريفين من اصدار العبيكان .

تصنيف الكائنات الحية

نظرا لكثرة أعداد الكائنات الحية وتنوعها لجأ العلماء إلى تصنيفها في خمس ممالك وهي:

- مملكة البدائيات
- مملكة الطلائعيات
- مملكة الفطريات
- مملكة النبات
- مملكة الحيوان

وسنتناول بالشرح والتفصيل مملكة الحيوان، حيث تعد الحيوانات من أكثر الكائنات الحية عدداً. فهي توجد تقريباً في كل البيئات، على الرغم من تنوعها الهائل إلا أن جميع الحيوانات تجمعها صفات مشتركة.

تصنيف مملكة الحيوان

أولا : الخصائص العامة للحيوانات:

الحيوانات هي الآكلات أو المستهلكات على الأرض، الحيوانات مجموعة شديدة التباين، حيث لا توجد صفة تنطبق عليها جميعاً، ولكن هناك خصائص عامة مشتركة تجمعها:

- الحيوانات مختلفة التغذية، ويجب أن تتناول كائنات أخرى من أجل تغذيتها.
- جميعها متعددة الخلايا، والخلايا الحيوانية تختلف عن الخلايا النباتية والفطريات وبعض الطلائعيات وذلك لافتقارها للجدر الخلوية، وتتميز خلاياها بالتخصص والقدرة على تشكيل الأنسجة والأعضاء.
- معظم الحيوانات قادرة على الانتقال من مكان لآخر وهذا يتطلب تطور الأجهزة العضلية والعصبية.
- شديدة التباين في أشكالها وبيئاتها.
- معظم الحيوانات تتكاثر جنسياً ولها أمشاج أحادية المجموعة الكروموسومية.
- لها نمط مميز من التكوين الجنيني وتمتلك أنسجة متميزة.

ثانيا : تطور خطة بناء جسم الحيوان:

تطورت الأنسجة لتسمح بالقيام بوظائف متخصصة ،أبسط أنواع الحيوانات تفتقر إلى الأنسجة والأعضاء على الرغم من أن لديها درجة معقدة من تخصص الخلايا ليست موجودة في الطلائعيات، ويمثل هذه الحيوانات الإسفنج حيث يتكون من تجمعات من الخلايا التي تتمايز ثم تتراجع عن هذا التمايز، فالإسفنجيات لديها القدرة على تفكيك خلاياها وتجميعها أما باقي الحيوانات فلها أنسجة متميزة وتمايزها غير عكسي. تبدي معظم الحيوانات تماثل شعاعي أو ثنائي الجانب، وتفتقر الإسفنجيات إلى أي تماثل محدد، وفي معظم الحالات ينمو بشكل غير منتظم على هيئة كتل غير منتظمة، الحيوانات الأخرى جميعها لها شكل محدد وتماثل يمكن تصوره على طول محور جسم الحيوان. يوجد نوعان رئيسيان من التماثل هما الشعاعي وثنائي الجانب.

1-التماثل الشعاعي:

تظهر الحيوانات البحرية التي تنتمي لشعبة اللاسعات (هلام البحر– شقائق النعمان – المرجان) تماثلاً شعاعياً، وهو تصميم للجسم تكون فيه أجزاء الجسم مرتبة حول محور مركزي بطريقة يقسم فيها كل مستوى يمر خلال المحور المركزي للكائن إلى أجزاء تكون صورة مرآة للآخر.

2-التماثل ثنائي الجانب:

معظم الحيوانات تماثلها ثنائي الجانب، وهو تصميم للجسم يكون فيه للجسم نصف أيمن وآخر أيسر وكلاهما صورة مرآة للآخر، خطة بناء جسم الحيوانات ذات التماثل ثنائي الجانب بأن لها أجزاء ظهرية وأجزاء بطنية على التوالي وأن لها نهاية أمامية ونهاية خلفية. وفي شوكيات الجلد كنجم البحر يكون الحيوان البالغ شعاعي التماثل ولكن تكون يرقات الحيوان ذات تماثل ثنائي الجانب.

يشكل التماثل ثنائي الجانب تقدماً تطورياً رئيسياً في خطة بناء جسم الحيوان لأنه يسمح لأعضاء مختلفة أن تتركز في أجزاء مختلفة من الجسم، حيث تتركز أعضاء الحس بصورة عامة في النهاية الأمامية، ويكون معظم الجهاز العصبي على شكل حبل عصبي طولي رئيس وخلايا عصبية متجمعة في عقد في النهاية الأمامية مكونة منطقة دماغ ورأس وهذا ما يعرف بالترئيس، لذلك يعتبر الترئيس وتطوره مرتبط بتطور التماثل ثنائي الجانب لجسم الحيوان. وكذلك ينعكس هذا التماثل على قدرة حركة الحيوان ضمن البيئة فتكون الحركة أسرع من الحيوانات ذات التماثل الشعاعي.

3- تجويف الجسم يجعل من الممكن تطور أجهزة عضوية متقدمة:

معظم الحيوانات تتكون أجسامها من ثلاث طبقات جرثومية خارجية الإكتوديرم وداخلية الإندوديرم وطبقة ثالثة الميزوديرم تقع بين طبقتي الإكتوديرم والإندوديرم، بشكل عام تتطور الأغطية الخارجية للجسم والجهاز العصبي من الإكتوديرم وتتطور الأعضاء الهاضمة والأمعاء من الإندوديرم بينما يتطور الهيكل العظمي والعضلات من الميزوديرم. غير أن اللاسعات لها طبقتان فقط إكتوديرم وإندوديرم أما الإسفنجيات فليس لها طبقات جرثومية.

تطور تجويف الجسم من التحولات الرئيسية في خطة بناء جسم الحيوان، فتطور أجهزة عضوية وفعالة ضمن جسم الحيوان لم تكن ممكنة قبل تطور تجويف الجسم لدعم الأعضاء ولتوزيع المواد، واحتضان تفاعلات تطورية معقدة.

أنواع تجاويف الجسم:

تطورت ثلاثة أنواع رئيسية من خطط بناء الجسم، **عديمة السيلوم** ليس لها تجويف جسم لأن الحيز بين الميزوديرم والإندوديرم مملوء بالخلايا والمواد العضوية، أما الحيوانات كاذبة التجويف (كاذبة السيلوم) فلها تجويف جسم يدعى **السيلوم الكاذب** يقع بين الميزوديرم والإندوديرم، في حين أن الحيوانات التي لها نوع ثالث من خطة بناء الجسم تدعى ذات تجويف الجسم (ذات السيلوم) وهو تجويف في الجسم مملوء بسائل لا يتطور بين

الميزوديرم والإندوديرم، وإنما يتطور ضـمن طبقة الميزوديرم، مثل هذا السـيلوم يدعى **سـيلوم**. في الحيوانات السيلومية يتعلق القلب مع أجهزة عضوية أخرى داخل السيلوم الذي يحاط بطبقة من الخلايا الطلائية مشتقة من خلايا طبقة الميزوديرم.

الجهاز الدوري والسيلوم:

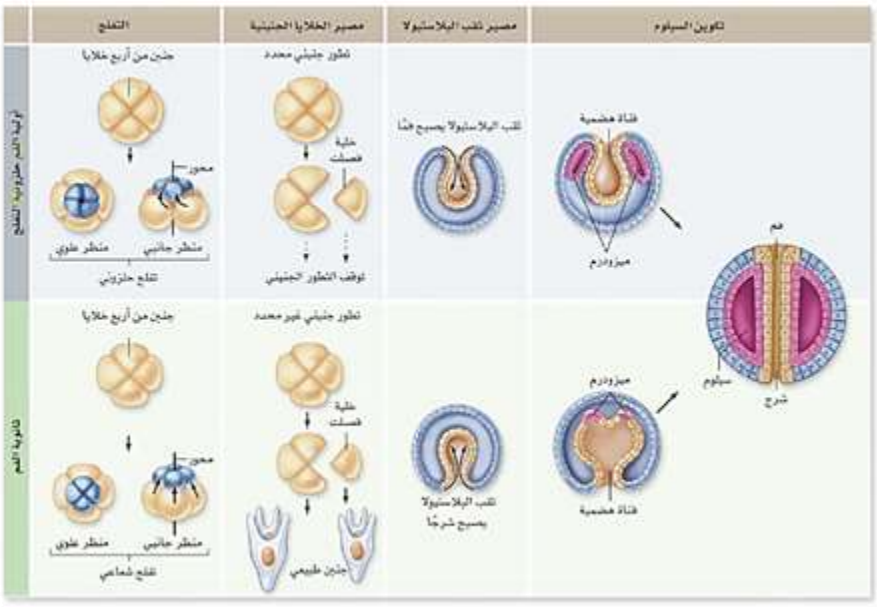
يصـنع تطور السـيلوم مشـكلة وهي تدوير المواد الغذائية وإزالة الفضـلات أو المواد الإخراجية. ففي كاذبة السيلوم حلت المشكلة بضخ السوائل داخل تجويف الجسم، أما السيلومية فقد طورت جهاز دوري، وهو شبكة من الأوعية الدموية التي تحمل السوائل من أجزاء الجسم وإليها، وتحمل هذه السوائل والمعروفة بالدم المواد الغذائية والأكسجين إلى الأنسجة وتزيل الفضلات وثاني أكسيد الكربون.

يدفع الدم عادة خلال الجهاز الدوري بانقباض واحد أو أكثر من القلوب العضـلية، ففي **الجهاز الدوري المفتوح** يمر الدم من الأوعية إلى جيوب ويختلط مع سـوائل الجسـم ثم يعود للدخول للقلب من خلال صـمامات تقع بين حجرات القلوب العضلية. أما في الجهاز الدوري المغلق فإن الدم يفصل فيزيائياً عن سوائل الجسم الأخرى، وهذا يؤدي إلى السيطرة على حركة الدم بشكل منفصل. كذلك يتحرك الدم خلال الجهاز الدوري المغلق بسرعة وكفاءة أعلى مما هو في حالة الجهاز الدوري المفتوح.

التكوين الجنيني في الحيوانات ذات التماثل ثنائي الجانب:

تظهر الحيوانات ذات التماثل ثنائي الجانب نوعين رئيسـيين من التكوين الجنيني، فيبدأ التكوين الجنيني بانقسامات خلوية متساوية للبويضة تقود إلى تكوين كرة مجوفة من الخلايا تسمى بلاستيولا، تنبعج البلاستيولا لتشكل كرة سمكها طبقتان خلويتان، وذات فتحة نحو الخارج تدعى ثقب البلاستيولا. يمكن تقسيم الحيوانات ذات التماثل الجانبي اعتمادا على الفروق في النمط الأساسي للتكوين الجنيني إلى مجموعتين أولية الفم وثانوية الفم.

أولية الفم: في هذه المجموعة يتطور الفم قبل الشـرج، وتشـمل أولية الفم معظم الحيوانات ثنائية الجانب كالديدان المفلطحـة والخيطيـة والحلقيـة والرخويـات والمفصـليـات. ويكون نمط التفلج فيهـا تفلج حلزوني حيث تنقسـم الخلايا الجنينية بنمط حلزوني، وتبدي تطورًا جنينيًـا محـددًا وثقـب البلاستيولا يصبح فم الحيوان، وينشـأ السـيلوم من انشـقاق الميزوديرم.



ثانوية الفم: في هذه المجموعة يتطور الفم بعد الشـرج، فثقب البلاستيولا يتطور ليعطي فتحة الشـرج للحيوان، والفم دائمـا يتطور من فتحة ثانية تنشـأ في البلاسـتيولا لاحقا أثناء التطور الجنيني. وتضـم هذه المجموعة شـوكيات الجلد والحبليات، والتفلج فيها شعاعي حيث تنقسم الخلايا الجنينية شعاعياً وتبدي تطوراً جنينياً غير محدد ويصبح ثقب البلاستيولا شرج للحيوان، والسيلوم ينشأ من انبعاج المعي الابتدائي.

سنبدأ اكتشافنا للتنوع الهائل في الحيوانات بالحيوانات التي تنتمي إلى الشعب الأبسط في المملكة الحيوانية الإسفنج واللاسعات والديدان المفلطحة. و تفتقر هذه الحيوانات إلى تجويف الجسم ولذلك تدعى لاسيلومية بدأ تطور التنظيم الرئيس لجسم الحيوان أولا في هذه الحيوانات، حيث أنه من الممكن متابعة خطة الجسم الأساسية التي اعتمدت عليها تطور كل الحيوانات الأخرى. وسوف تلاحظ أن جميع الحيوانات وعلى الرغم من تنوعها الهائل إلا أن لديها الكثير من الصفات المشتركة.

شعب مملكة الحيوان

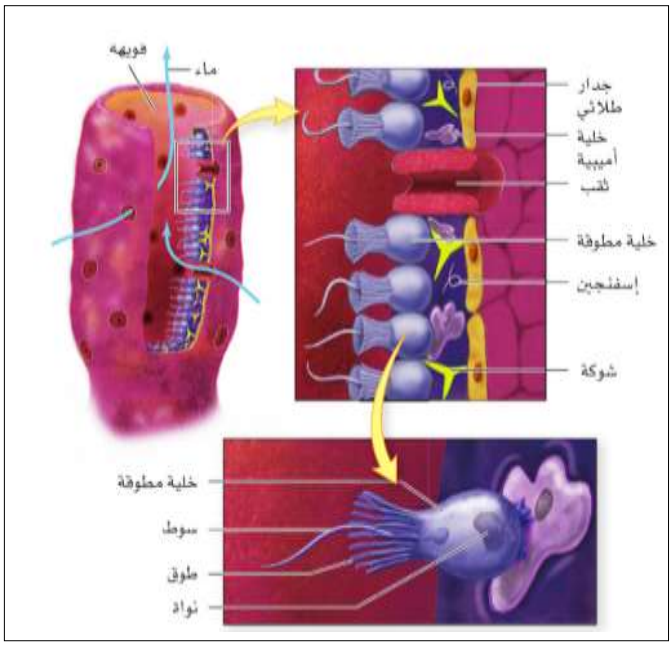
1- شعبة المساميات (الإسفنجيات) Porifera

الإسفنجيات حيوانات تفتقر إلى الأنسجة والأعضاء والتماثل، ولكنها ككل الحيوانات لديها تعدد خلايا حقيقي ومعقد. يحتوي جسم الإسفنج أنواعاً عدة ومختلفة ومتميزة من الخلايا، لكن نشاط هذه الخلايا بين بعضها غير منسق بصورة محكمة. هناك قرابة 5000 نوع من الإسفنج البحري وحوالي 150 نوع يعيش في المياه العذبة، وتختلف أنواع الإسفنج في أحجامها من الإسفنج الصغير الذي لا يتعدى عرضه أكثر من بضع مليمترات والإسفنج ذي الرأس الضخم الذي قد يصل قطره إلى مترين أو أكثر، القليل من الإسفنج الصغير متماثل شعاعياً ولكن معظم الأنواع تفتقر تماماً للتماثل، يشكل الكثير من الإسفنج مستعمرات، وعلى الرغم من أن يرقات الإسفنج حرة السباحة إلا أن الأشكال البالغة تكون رأسية على الصخور أو مغمورة في أعماق البيئة المائية. قد يبدو حيوان الإسفنج ككتلة من الخلايا المغموسة في مادة جيلاتينية ولكن خلاياه متخصصة للقيام بوظائف مختلفة، ويتميز بعضها بدرجة عالية من الدقة، في بعض الحالات تستطيع الخلايا أن تنسق أعمالها كي تنقبض فويهاتها بسرعة وتنظم تكاثرها.

وتستطيع خلايا الإسفنج أن تبني شبكات معقدة وبالغة التنظيم من الأشواك وألياف الإسفنجين. وكذلك تتميز خلايا حيوان الإسفنج من بين الخلايا الحيوانية بقدرتها على التمايز بسهولة إلى الأنواع الأخرى من الخلايا، أو أن تتمايز عائدة إلى حالتها الأصلية.

أنواع الخلايا في جسم الإسفنج:

يمكن فهم التركيب الأساسي للإسفنج بأفضل صورة من خلال الاسفنج الصغير البسيط التشريح ، حيث يعلق الاسفنج الصغير نفسه بالأرضية التي يستقر عليها ثم ينمو إلى شكل يشبه المزهرية ، جدار هذه المزهرية يتكون من مستعمرة خلوية تصطف على شكل طبقات (ولكنها لم ترتقي بمستوى التنظيم الخلوي) ، **الطبقة الأولى** تواجه خلاياها التجويف الداخلي لجسم الاسفنج وهي خلايا متخصصة ذات أسواط تسمى الخلايا المطوقة وتبطن هذه ثلاث طبقات وظيفية الخلايا إما كامل تجويف الجسم الداخلي للإسفنج الصغير أو حجرات خاصة في حالة الإسفنج الأضخم والأكثر تعقيداً. تشبه الخلايا المطوقة إلى حد كبير كائن طلائعي ذو سوط واحد، فتتكون الخلية من جسم الخلية الذي يحتوي على النواة والسيتوبلازم ويتصل بهذا الجسم طوق يتوسطه سوط، ولأسواط الخلايا المطوقة دور في سحب الماء إلى داخل تجويف جسم الإسفنج، فضرب أسواط كثير من الخلايا المطوقة التي تبطن داخل الجسم بشكل مستقل يشكل قوة كبيرة تسحب الماء المحمل



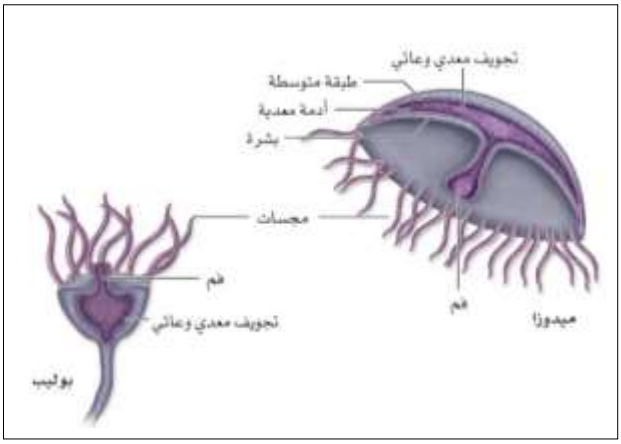
بالغذاء والأكسجين إلى داخل التجويف من خلال ثقوب الجسم، والضغط الناتج من ضرب الأسواط متجمعة في التجويف يجبر الماء على الخروج من الفويهة محمل بالفضلات، وكلما زاد اتساع مساحة الطبقة الداخلية زاد عدد الأسواط وزادت قوة دفع الماء. **الطبقة الثانية** هي الطلائية والتي تحيط بجسم الإسفنج من الخارج مكونة من خلايا منبسطة شبيهة إلى درجة كبيرة بالخلايا الطلائية أو الطبقات الخارجية للحيوانات من شعب أخرى، بعض أجزاء هذه المنطقة ينقبض عند لمسه أو عند تعرضه لبعض المنبهات الكيميائية ، وهذا الانقباض يسبب إغلاق بعض الفتحات في الجسم.**الطبقة الثالثة** تفصل بين الخلايا المطوقة والطلائية إذ يتكون جسم الإسفنج بشكل أساسي من مادة بنية جيلاتينية غنية بالبروتين تعرف بالظهارة المتوسطة وتحتوي هذه الطبقة على أنواع مختلفة من الخلايا الأميبية، وإضافة إلى الخلايا الأميبية تحتوي عدة أنواع من الإسفنجيات في هذه الطبقة على أشواك دقيقة مكونة من كربونات الكالسيوم أو السيليكا تسمى الأشواك أو على مادة بروتينية قاسية تسمى الإسفنجين، كما تحتوي بعض الأنواع على كل من الأشواك وألياف الإسفنجين والتي تكسب جسم الإسفنج القوة والصلابة.

التكاثر في الإسفنجيات:

يبدي الإسفنج تكاثر جنسي ولا جنسي، يستطيع الإسفنج أن يتكاثر ببساطة تكاثر لا جنسي إذا قُطع، فالقطع الناتجة تكون قادرة على إعادة تشكيل أفراد جديدة كاملة. أما جنسياً فتستطيع حيوانات الإسفنج الناضجة أن تنتج بيوضاً وحيوانات منوية، والأطوار اليرقية قد تبدأ مراحل تطورها الجنيني الأولى ضمن آبائها وتكون هذه اليرقات مهدبة سابحة تستقر على أرضية مناسبة لتبدأ التحول للشكل البالغ.

2- شعبة اللاسعات Cnidaria

تضم شعبة اللاسعات حيوانات كلها بحرية على الرغم من أن القليل منها يعيش في الماء العذب، وهذه الحيوانات البسيطة التركيب هي جيلاتينية في تركيبها بشكل أساسي وتختلف بشكل واضح عن الإسفنج، وأجسامها مكونة من أنسجة متميزة على الرغم من أنها لم تطور أعضاء حقيقية، وهي من آكلات اللحوم وتقبض على فرائسها التي تضم الأسماك والقشريات وأنواع أخرى مختلفة من الحيوانات عن طريق مجساتها التي تحيط بأفواهها.



طورت اللاسعات التحول الأساسي الأول في خطة جسم الحيوان وهو الأنسجة المتميزة حيث تتشكل طبقتان متميزتان من الخلايا في أجنة هذه الحيوانات. طبقة إكتوديرم خارجية وطبقة إندوديرم داخلية، تعطي هذه الأنسجة الجنينية خطة الجسم الأساسية حيث تتمايز إلى الأنسجة المتعددة لجسم الحيوان البالغ. تتطور أغطية الجسم الخارجية (البشرة) والجهاز العصبي بشكل نموذجي من الإكتوديرم، وتتطور طبقة الأنسجة الهضمية (الأدمة **المعدية**) من الإندوديرم، وتقع طبقة من مادة جيلاتينية تسمى **الميزوجيليا** بين البشرة والأدمة المعدية في اللاسعات. وتبدي اللاسعات تماثلاً شعاعياً للجسم، وتظهر اللاسعات شكلان أساسيان للجسم البوليب والميدوزا. فالبوليب يأخذ شكلا أسطوانيا وعادة ما يكون ملتصق بأرضية ثابتة وقد يكون مفرد أو على صورة مستعمرات، تتجه فتحة الجسم التي تعمل بوصفها فما وشرجا في البوليب بالاتجاه المعاكس للأرضية التي يستقر عليها الحيوان وغالبا ما تتجه نحو الأعلى. كثير من البوليب يبني هيكلا داخليا أو خارجيا من مادة كلسية أو كيتينية والقليل من البوليب يكون حر المعيشة. في المقابل معظم الميدوزا تكون حرة المعيشة وكثير منها يشبه شكل المظلة مع وجود لوامس أو مجسات تحيط بالفم، خاصة في هلام البحر وذلك لسمك الطبقة المتوسطة (الميزوجيليا).

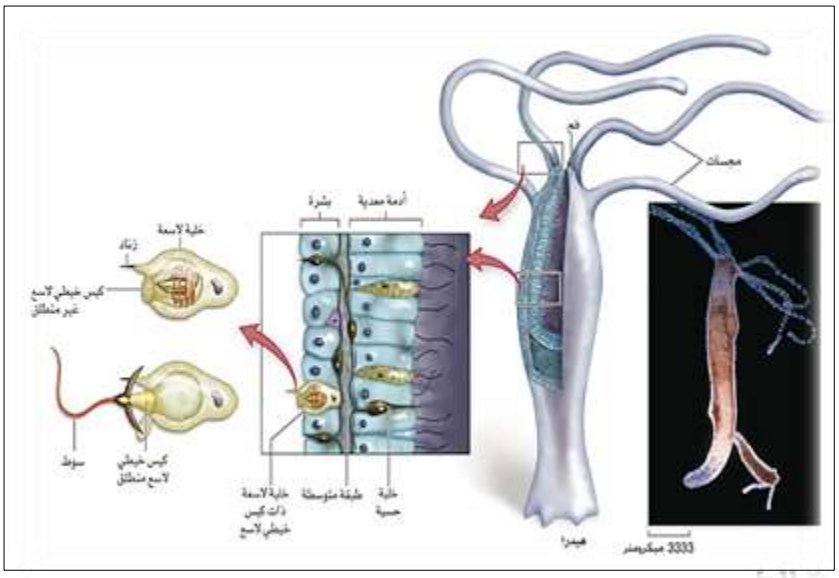
يوجد الكثير من اللاسعات بصورة بوليب فقط في حين يوجد بعضها الآخر على هيئة ميدوزا، وهناك أنواع أخرى تتبادل بين هذين الطورين خلال دورة حياتها، وكلا الطورين يتكون من أفراد ثنائية المجموعة الصبغية. قد يتكاثر البوليب جنسياً ولاجنسياً. والتكاثر اللاجنسي ينتج بولیباً أو ميدوزا جديدين، أما الميدوزا فتتكاثر لاجنسياً فقط. معظم اللاسعات تعطي بيوضها المخصبة يرقة مهدبة حرة السباحة تعرف **بالرحالة**، توجد الرحالة بين العوالق في بعض الأحيان وقد تتبعثر بشكل واسع في التيارات المائية.

تركيب جسم اللاسع:

مقارنة بالإسفنجيات، أحد الإبداعات التطورية في اللاسعات هو هضم الغذاء خارج الخلايا ولكن داخل الجسم داخل تجويف المعي بدلا من أن يتم داخل الخلايا المفردة. فالإنزيمات الهاضمة المتحررة من الخلايا المبطنة لجدار التجويف تحطم الغذاء جزئياً، وتقوم الخلايا المبطنة للمعي لاحقا بالإحاطة بدقائق الغذاء عن طريق الابتلاع ثم الهضم بداخل الخلايا. وهذا يسمح للاسعات بهضم حيوانات أكبر من خلية مفردة، وهو تحسن طرأ على الهضم داخل الخلايا، وليس للاسعات أوعية دموية أو جهاز تنفسي أو أعضاء إخراج.

الخلايا اللاسعة والكيس الخيطي اللاسع:

تحمل اللاسعات على مجساتها وأحياناً على سطح أجسامها خلايا متخصصة تدعى الخلايا اللاسعة. ويعود إسم الشعبة اللاسعات إلى هذه الخلايا، ولا توجد أي مجموعة أخرى من الحيوانات تحمل هذا النوع من الخلايا المتخصصة. تحتوي الخلايا اللاسعة على كيس خيطي يحتوي على زناد صغير جداً ولكنه قوي، وكل كيس لاسع يحتوي على أنيبيب يشبه الخيط ذو أشواك ويكون ملتفا، وعند انطلاق أنيبيب الكيس اللاسع إما أن يلتف على الفريسة أو يخترق جسم الفريسة ناقلاً لها سماً يشل حركة الفريسة تمهيداً لسحبها بواسطة المجسات باتجاه الفم. يستخدم الكيس اللاسع ضغط الماء لضغط الزناد، فقبل الإطلاق تكون خلية الكيس اللاسع ضغطاً أسموزياً مرتفعاً باستخدام النقل النشط لبناء تركيز عالي من الأيونات داخلها، مع الحفاظ على جدار خلية الكيس اللاسع غير منفذ للماء، ويعد انطلاق الكيس الخيطي اللاسع واحداً من أسرع العمليات الخلوية في الطبيعة.



3- شعبة الديدان المفلطحة Platyhelminthes

تضم نحو 20000 نوع من الحيوانات المهدبة ذات جسم لين مسطح بين جانبين ظهري وبطني، وتعتبر المفلطحات من أبسط الحيوانات ذات التماثل ثنائي الجانب، ولها رأس متميز في النهاية الأمامية وتراكيب معقدة كالجهاز التكاثري، أجسامها متراصة والفراغ الوحيد في أجسامها التجويف الهضمي الناقص (أعمى)، تتباين الديدان المفلطحة في الطول من 1مم أو أقل إلى أمتار عدة في بعض الديدان الشريطية، الكثير منها يعيش معيشة حرة وتنتشر في مختلف البيئات البحرية المالحة، المياه العذبة أو على اليابسة في المناطق الرطبة. وغالباً ما تكون حرة المعيشة آكلة حيوانات أو قمامة كالبلاناريا. وتتحرك من مكان لآخر عن طريق خلايا طلائية مهدبة تتركز بشكل خاص على سطحها البطني ولكن لها طبقة عضلية متطورة بشكل جيد.

الهضم في الديدان المفلطحة:

الديدان المفلطحة لها تجويف هاضم بقناة هضمية ناقصة ذات فتحة واحدة، فإنها لا تستطيع التغذية والهضم وإخراج دقائق الغذاء غير المهضوم في الوقت نفسه وهذا انعكس على قدرتها على التغذية بشكل متواصل.
فتحة الفم توجد في منتصف الجانب البطني من الجسم وليس في النهاية الأمامية، وبسبب الحركة العضلية في منطقة البلعوم تسبب قوة شفط كبيرة تسمح بابتلاع الغذاء وتمزيقه. في كثير من الأنواع تكون القناة الهضمية متفرعة مما يسمح بسهولة نقل جزيئات الغذاء لجميع أجزاء الجسم، الخلايا المبطنة للقناة الهضمية تحيط بمعظم دقائق الغذاء الذي يدخل القناة الهضمية بالابتلاع وتقوم بهضمه، بعض الديدان المفلطحة المتطفلة كالديدان الشريطية تفتقر لجهاز هضمي فهي تمتص الغذاء المهضوم مباشرة من جسم العائل.

الإخراج والتنظيم الأسموزي:

الديدان المفلطحة ليست كاللاسعات، لها جهاز إخراجي ينظم الأسموزية يتألف من شبكة من الأنابيب الدقيقة التي تجري خلال الجسم كله وتقع على الأفرع الجانبية للأنيبيبات خلايا مجوفة مبطنة بالأهداب تعرف بالخلايا اللهبية، وتقوم أهداب الخلايا اللهبية بتحريك الماء والمواد الإخراجية في الأنيبيبات تمهيداً لطردها خارج الجسم من خلال ثقوب إخراجية تقع بين خلايا البشرة، تنظم الخلايا اللهبية في الأساس توازن الماء في الحيوان، أما الإخراج فوظيفة ثانوية لأن معظم الفضلات الأيضية تخرج مباشرة إلى القناة الهضمية لتطرح خارج الجسم عن طريق فتحة الفم.

الجهاز العصبي وأعضاء الحس:

تفتقر الديدان المفلطحة إلى الجهاز الدوري، لذلك يجب أن تقع هذه الديدان على مسافة مناسبة من انتشار الغذاء والأكسجين، الديدان المفلطحة ذات أجسام شديدة الرقة كثير منها لها تجاويف هضمية بالغة التفرع وهذا يجعل انتشار الغذاء والغازات ممكناً.
يتألف الجهاز العصبي من عقدة عصبية أمامية وحبال عصبية تجري على طول الجسم على هيئة تشبه السلم.
الأنواع الحرة المعيشة لها بقعة عينية على رؤوسها تحتوي على خلايا حساسة للضوء مرتبطة بالجهاز العصبي تمكن الديدان من تمييز الضوء من الظلام وتميل هذه الديدان إلى الانتحاء بعيداً عن الضوء القوي.

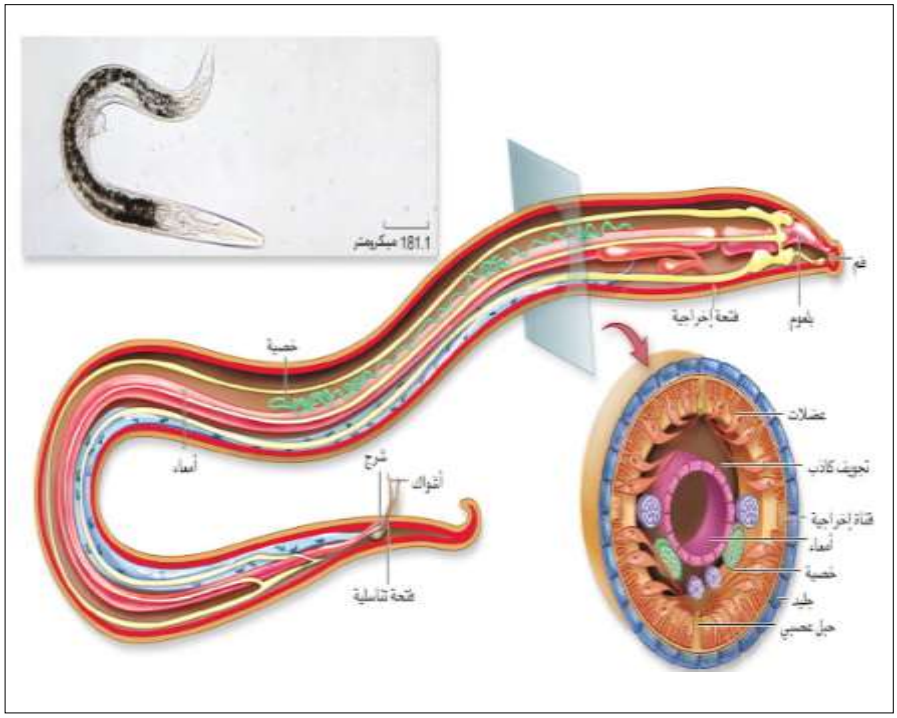
التكاثر في الديدان المفلطحة:

جهاز التكاثر في الديدان المفلطحة معقد ومعظم الديدان المفلطحة خناث يحتوي كل منها على جهاز ذكري وآخر أنثوي وإخصابها داخلي، وعندما تتزاوج يضع كل شريك حيواناته المنوية في كيس جماع الآخر، وتنتقل الحيوانات المنوية في أنابيب خاصة لتصل للبيوض. تضع معظم ديدان المياه العذبة بيوضها في الماء في شرنقة مشدودة بأشرطة وتفقس عن حيوانات بالغة في الصغر، بينما الديدان البحرية تتطور جنسياً بصورة غير مباشرة فالبيوض تنقسم باتباع نمط تفلج حلزوني نموذجي يعطي يرقة حرة الحركة تسبح في الماء إلى أن تستقر على وسط مناسب. الديدان المفلطحة تبدي نوع من التكاثر اللاجنسي فهي معروفة بقدرتها على التجدد، ففي بعض الأنواع عندما ينقسم الحيوان الواحد إلى قسمين أو أكثر، يستطيع كل جزء التجدد إلى دودة مفلطحة جديدة كاملة.

4- شعبة الديدان الخيطية (النيماتودا) Nematode

الديدان الخيطية ذات تماثل ثنائي الجانب وهي ديدان غير مقسمة، وتضم حوالي 20000 نوع تبدي هذه الحيوانات تنوعا في بيئاتها بين البحرية والعذبة، وكثيرا من الديدان الخيطية مجهرية وتعيش في التربة. جسمها مغطى بجليد سميك ومرن ينسلخ أربع مرات أثناء نموها، تشكل عضلاتها الطولية طبقة تحت البشرة وتمتد على طول جسمها بدلاً من أن تحيط بجسمها وتفتقر أجسامها للعضلات الدائرية. تسحب العضلات الطولية المرتكزة على كل من الجليد والسيلوم الكاذب الذي يشكل الهيكل الهيدروستاتيكي. للسيلوم الكاذب دور في إتمام وظيفة

الهيكل الهيدروستاتيكي، فالسيلوم يكتسب صلابته من خلال امتلائه بالسائل تحت الضغط وتعمل عضلات الجسم ضـــد هذا الهيكل، وبهذا تجعل حركة الديدان الخيطية ذات الســـيلوم الكاذب أكثر فعالية من حركة الحيوانات اللاسيلومية.



تفتقر الـديـدان الخيطيـة لوجود جهـاز دوري محدد، وهذا الدور تقوم بـه الســـوائـل التي تتحرك داخل السيلوم الكاذب تفتقر الديدان الخيطية إلى أعضـــاء تنفســـية متخصصة وهي تبادل الأكسجين خلال الجليـد. وتمتلـك جهـاز هضـــمي متطور وتتغـذى على مصـــادر غذائية متنوعة. يعتبر جهازها الهضمي كامل بفتحتي فم وشـــرج، (يوجد قرب فم الديدان الخيطية عند نهايتها الأمامية 16 عضـو إحسـاس يبرز كالشـعرة). والفم غالباً مزود بأعضـــاء ثاقبة تســـمى **رمحيات**، يمر الغذاء من الفم نتيجة لحركة الشفط التي تنتجها الانقباضـات المنتظمة لتجويف البلعوم العضـلي في مقدمة الدودة، بعد مرور الغذاء في ممر قصـــير داخل البلعوم يســـتمر في حركته نحو الأمعاء وتطرح المادة غير المهضـــومة من خلال الشرج.

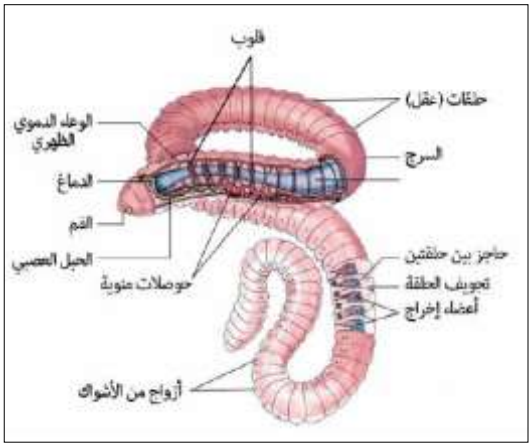
التكاثر والتطور الجنيني:

التكاثر في الديدان الخيطية غالباً ما يكون جنســـي والأجناس منفصـــلة وتبدي الكثير من الاختلافات، التطور الجنيني مباشر مما يعني أن حيواناً يافعاً -لا طور يرقي- يخرج من البويضة.

نمط الحياة والمعيشة:

كثير من الديدان الخيطية قانصـــات نشـــطة، إذ تفترس طلائعيات وحيوانات أخرى صـــغيرة وكثير منها يتطفل على النباتات أو تعيش داخل جســـم حيوانات أكبر. كل نوع تمت دراســـته من النبات أو الحيوان وجد أن له نوع واحد على الأقل من الديدان الخيطية الطفيلية يعيش بداخله. وأكبر الديدان الخيطية المعروفة يصـل طوله 9 أمتار وهو طفيلي يتطفل على مشـيمة نوع من الحيتان يعرف بحوت المني. ومن أكثر الديدان الأسـطوانية انتشـاراً بين بني البشـر الديدان الأسـطوانية المعوية كالإسـكارس والإنكلوسـتوما والديدان الدبوسـة حيث تصـيب سـدس سـكان العالم تقريباً، ولكنـها نادرة في المناطق والمدن حيث الصرف الصحي الحديث، وتعيش دودة الإنكلوسـتوما فـي أمعاء الإنسان وتنتشر بيوضها المخصبة في البراز وتستطيع البقاء حية سنوات في التربة، (تحتوي الأنثى البالغة التي يصل طولها 30 سم على نحو 30 مليون بيضة وتستطيع أن تحرر 20000 بيضة يوميا)[1].

5- شعبة الحلقيات (الديدان الحلقية) Annelida



يعيش ثلثا الحلقيات في البحر (نحو 8 آلاف نوع) والبقية التي تشـــكل 3100 نوع هي ديدان الأرض. أحد أهم التغيرات في تركيب جســـم الحيوان في الحلقيات هو نشـــوء التعقيل، أي بناء الجسم من سلسلة من الحلقات المتشابهة أو الوحدات المتكررة، إحدى فوائد كون الجســـم مبني من قطع أو أقســـام هو إحكام الســـيطرة على التكوين الجنيني وعلى وظيفة هذه الوحدات على مســـتوى القطع المفردة أو مجموعـات القطع وهو مـا يعرف بالتخصص.

العقل والحلقات في جسم الحلقيات:

القطع المتكررة: يتكون جسم الدودة الحلقية من سلسلة من القطع تشبه الحلقة تمتد على طول الجسم تشبه مجموعة من النقود المعدنية بعضـــها فوق بعض، وتنفصـــل هذه القطع داخلياً عن بعضـــها بحواجز، وتتكرر في كل حلقة أعضاء الإخراج والانتقال.

القطع المتخصصة: أصبحت القطع الأمامية للحلقيات محورة لتضم أعضاء الحس المتخصصة، بعضها حساس للضوء وبعضها الآخر له عيون معقدة ذات عدسات وشبكيات، كذلك هناك عقد دماغية متطورة، أو دماغ موجود في الجزء الأمامي من الجسم.

الوصـلات بين الحلقات: على الرغم من وجود حواجز تفصـل القطع فإن المواد والمعلومات تمر بينها، فالحلقيات لديها جهاز دوري ظهري مغلق يحمل الدم من قطعة لأخرى، وهناك حبل عصـبي بطني يربط المراكز العصـبية أو العقد في كل حلقة مع بعضـــها ومع الدماغ، هذه الوصـــلات العصـــبية سـمات تسـمح للدودة أن تعمل كحيوان متناسق موحد.

الحركة في الحلقيات:

خطة جسم الحلقيات الأسـاسـية هي أنبوب داخل أنبوب، حيث القناة الهضـمية الداخلية، وهي أنبوب يجري من الفم إلى الشـــرج معلق داخل الســـيلوم الذي يبطنه نســـيج الميزوديرم (ســـيلوم حقيقي)، الأنبوب الذي يكون القناة الهضمية له أجزاء عدة: البلعوم والمريء والحوصلة والقانصة والأمعاء متخصصة لوظائف مختلفة.

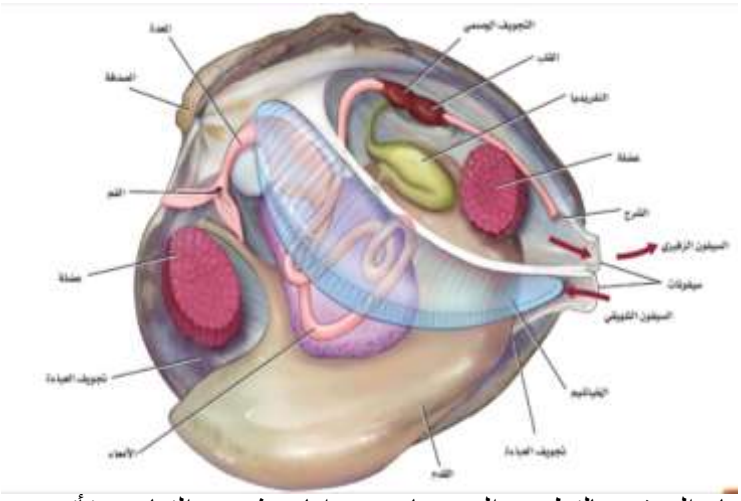
تســـتخدم الحلقيات الهيكل الهيدروســـتاتيكي للانتقال لكي تتحرك، حيث تقبض الحلقيات العضـــلات الدائرية التي تحيط بكل قطعة، يعصر هذا الفعل القطعة مسبباً حركة سائل السيلوم نحو خارج القطعة فتتطاول القطعة وتصبح أرفع، ويلي ذلك انقباض العضـــلات الطولية التي تمتد على طول الدودة، وتعيد كل قطعة إلى شـــكلها وحجمها الأصلي، في معظم الحلقيات تمتلك كل قطعة بشكل نموذجي **أشواكاً**، وهي أهداب من الكايتين تساعد على تعلق الدودة وتثبتها عند الانتقال، فبإظهار الأشواك في بعض القطع وتثبيت الدودة بالأرض التي تستقر عليها وسحبها في قطع أخرى، تستطيع الدودة أن تدفع جسمها جزء بعد جزء في أي اتجاه.

الدوران والإخراج:

معظم الحلقيات لها جهاز دوري مغلق. تتبادل الحلقيات الأكسـجين وثاني أكسـيد الكربون مع البيئة خلال سـطح الجسم فمعظمها يفتقر إلى الخياشيم أو الرئات، يصـل معظم الأكسـجين إلى الأجزاء المختلفة من أجسـامها خلال الأوعية الدموية، بعض هذه الأوعية في النهاية الأمامية لجسم الدودة متوسـعة وذات جدر عضـلية سـميكة فتعمل بوصـفها قلوباً تضـخ الدم، دودة الأرض لديها 5 أوعية نابضـة على كل جانب تعمل كقلوب تسـاعد على تحريك الدم من الوعاء الظهري الرئيس، وهو الوعاء الأساسي لضخ الدم إلى الوعاء البطني الرئيس.

---

[1] علم الأحياء – الجزء 5 تنوع الحياة على الأرض



يتألف الجهاز الإخراجي للحلقيات من نفريدات قمعية الشـــكل مهدبة بشـــكل عام، وكل حلقة تحتوي على زوج من النفريـدات تجمع الفضـلات وتنقلها خارج الجسم خلال السيلوم عن طريق أنابيب إخراجية متخصصة.

6- شعبة الرخويات Mollusca

إن ظهور الســـيلوم شـــكّل تقدماً مهماً في تركيب جسـم الحيوان، لأنه سـمح بزيادة حجم الجسـم، فالسـيلوميات لها تصـميم جسـم يعيد تموضع سوائل الجسم ويسمح للأنسجة والأعضاء المعقدة بالتطور. الرخويات حيوانات شديدة التباين وتأتي بعد المفصـــليات من حيث التنوع حيث هناك أكثر من 110.000 نوع، وتبدي الرخويات تشـــكيلة تراكيب الجســـم وتعيش في بيئات مختلفة، وتضم القواقع والبزاق والمحار والإسكالوب والأخطبوط وحيوانات عدة أخرى مألوفة. تتفاوت الرخويات من حيوانات مجهرية تقريباً إلى حيوانات ضـــخمة، فعلى الرغم من أن معظمها يتراوح بين مليمترات قليلة إلى سـنتيمترات في أكبر أبعادها، إلّا أن الحبار العملاق المصـنف من رأسـيات القدم من أكبر اللافقاريات وممكن أن ينمو إلى 10 أمتار طولاً وقد يزن 250 كجم، ويعتبر المحار العملاق المصـنف من ثنائية المصراع الذي يصل إلى 1.5 مترا طولاً ويزن 270 كجم من أثقل اللافقاريات.

تنتشر معظم الرخويات في بيئة المياه المالحة فالرخويات البحرية واسعة الانتشار، وهناك أنواع من الرخويات استطاعت أن تعيش في المياه العذبة والبيئات اليابسة مثل القواقع والبزاقات. تشكل الرخويات مصدر مهم لغذاء الإنســـان، فالمحار بأنواعه الإســـكالوب وبلح البحر والأخطبوط والحبار من أطيب ثمار البحر. كذلك الرخويات مهمة اقتصـادياً فالمحار مثلاً ينتج اللؤلؤ وأذن البحر من أشـهر الرخويات التي تنتج الأصـداف، ومن جهة أخرى يمكن أن تكون الرخويات آفات فثنائية المصـراع تسـمى ديدان السـفن لأنها تحفر خلال خشـب السـفن المغمور في الـبحر مدمرة القوارب والسطوح والدعائم، وتسبـب القواقع والبزاقـات ضررا واســـعاً للأزهار والخضراوات والمحاصـــيل، كذلك تعمل بعض الرخويات كعائل وســـيط لكثير من الطفيليات الخطرة مثل الديدان الخيطية والديدان المسطحة.

خطة جسم الرخويات:

في خطة الجسم الأساسية تكون الرخويات ذات تماثل ثنائي الجانب على الرغم من أن هذا التماثل اختفى أثناء تطور بطينية القدم (القواقع وأقاربها) وعلى الرغم من أنها من الحيوانات السـيلومية إلا أن السـيلوم فيها مختزل جداً، ومقتصر على بزاقات صغيرة حول أعضاء الإخراج والقلب وجزء من الأمعاء.

الأعضاء الداخلية:

تتركز أعضاء الهضم والإخراج والتكاثر في الرخويات في **الكتلة الحشوية** وتمتلك الرخويات رأساً متميزاً في النهاية الأمامية للجسم.

العباءة (البرنس) وهي طبقة طلائية سـميكة في الجلد تغطي الجانب الظهري من الجسـم وتشـكل تجويفاً يحتوي أعضاء التنفس (الخياشيم) وفتحات أعضاء الإخراج والتكاثر والهضم.

الخياشيم المشطية (وهي أجزاء متخصصة من العباءة تتكون من الزوائد الخيطية الغنية بالأوعية الدموية وتزيد هذه الزوائد مساحة سطح التبادل الغازي فالخياشيم المشطية فعالة جداً في استخلاص 50% من الأكسجين المذاب في الماء المار خلال تجويف العباءة)[1] ولتجويف العباءة أهمية في دخول الماء المحمل بالغذاء وحمل الجاميتات (الأمشاج) والفضلات خارجاً مع تيار الماء المستمر في الحركة دخولاً وخروجاً من تجويف العباءة.

القدم العضلي للرخويات قد يكون متكيفا للانتقال والتعلق والقبض على الغذاء في الحبار والأخطبوط، أما البزاقات والقواقع تفرز مخاطا مشكلة مسارا تنزلق عليه باستخدام أقدامها، في رأسيات القدم تكون القدم مقسمة إلى مجسات كما نجد أن القدم تحور إلى بروزات تشبه الأجنحة لزيادة سطح الطفو في بعض الرخويات التي تعيش في المحيط المفتوح.

الأصداف إن السطح الخارجي للعباءة في معظم الرخويات الراقية مسؤول عن إفراز الصدفة الظهرية، تعمل صدفة الرخويات على حماية الحيوان فمعظم الأنواع تستطيع أن تنسحب إلى داخل الصدفة، لكن الأصداف تأتي بنماذج متعددة وكثير من سلالات الرخويات لها أصداف داخلية أو مختزلة كما في الحبار والأخطبوط والبزاقات، تتكون الصدفة من كربونات الكالسيوم التي تنتج خارج الخلايا وتترتب على هيئة طبقات وغالباً ما تغطى بطبقة رقيقة عضوية غنية ببروتين يسمى كونكن هذه الطبقة الخارجية تحمي الطبقتين الواقعتين تحتها من التعرية.

الجهاز الدوري المفتوح:

على الرغم من أن الرخويات أوليات فم سيلومية إلا أن التجويف السيلومي الرئيس هو حيز دوري مفتوح أو سيلوم دموي يكون جيوباً عدة وشبكة من الأوعية في الخياشيم التي يتم فيها تبادل الغازات. لجميع أنواع الرخويات باستثناء رأسيات القدم جهاز دوري مفتوح ويتكون قلبها من ثلاث حجرات، اثنتان تجمعان الدم المحمل بالهواء من الخياشيم وثالثة تضخه إلى أنسجة الجسم الأخرى بينما تتميز رأسيات القدم كالأخطبوط والحبار بجهاز دوري مغلق.

تكاثر الرخويات:

معظم الرخويات منفصلة الجنس، والقليل من ثنائية المصراع والكثير من معدية القدم التي تعيش في المياه العذبة وعلى الأرض اليابسة هي خناث وغالباً ما يكون تلقيحها خلطي. معظم الرخويات المائية تلقيحها خارجي حيث تطلق كل من الذكور والإناث أمشاجها في الماء لتحدث عملية الإخصاب، تتميز معدية القدم بالتلقيح الداخلي ووجود نظام إخراجي فعال يمنع الجفاف وهذه الصفات تعتبر تكيف أساسي سمحت لمعدية القدم باستيطان اليابسة. يتطور كثير من الرخويات البحرية عن طريق نمط تفلج حلزوني حيث يعطي الجنين يرقة حرة السباحة تسمى تروكوفور التي تتحرك بواسطة الأهداب، وتوجد مرحلة ثانية لليرقة تسمى حاملة الغشاء تظهر فيها بداية القدم وصدفة وعباءة وتنجرف الأطوار اليرقية مع تيارات الماء سامحة بانتشار الرخويات في مناطق جديدة.

7- شعبة المفصليات (مفصليات الأرجل) Arthropod

تضم شعبة المفصليات أكثر من 1000000 من الحيوانات تعيش وتنتشر في كل بيئة على سطح الأرض ولكنها غزت اليابسة بشكل خاص، تتكون معظم أنواع المفصليات من حيوانات صغيرة ذات أطوال تبلغ نحو عدة مليمترات ويتراوح حجم البالغ من أفرادها ما يقارب 80 مايكرو متر وصولاً إلى ثلاث أمتار عرضاً كالسلطعون والعنكبوت الياباني العملاق، للمفصليات خاصةً الحشرات أهمية اقتصادية هائلة وهي تنافس الإنسان على الغذاء وتؤدي دوراً في تلقيح بعض أنواع المحاصيل وتسبب ضرراً للمحاصيل قبل وبعد الحصاد، تعد بلا منازع أكثر آكلات الأعشاب أهمية في الأنظمة البيئية اليابسة ومصدراً مهماً للغذاء، من جهة أخرى الأمراض التي تنقلها الحشرات تسبب خسارة اقتصادية هائلة كل عام تضر بكل من النباتات والحيوانات الداجنة إضافةً إلى الإنسان.

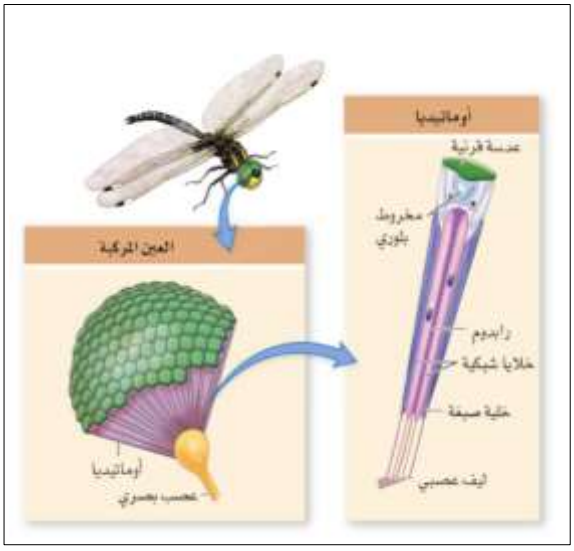
[1] علم الأحياء – الجزء 5 تنوع الحياة على الأرض

خطة جسم المفصليات:

يعود نجاح المفصليات إلى خطة جسمها المقسم إلى وحدات وإلى وجود زوائد متمفصلة وهيكل خارجي. لقد سمح وجود الزوائد المتمفصلة بأن تطور طرق فعالة للانتقال على اليابسة، جاءت كلمة مفصليات من وجود زوائد متمفصلة مرتبطة بمناطق محددة من جسم الحيوان المفصلي، الزوائد المفردة قد تتحور إلى قرون استشعار وأجزاء فم أو إلى أرجل. لجسم المفصليات هيكل خارجي صلب مكون من كايتين مفرز وبروتين، ويعتبر الهيكل مكان لاتصال العضلات حيث تتصل العضلات بالسطح الداخلي للهيكل الخارجي والذي يحمي الحيوان من المفترسات ويعيق فقدان الماء ويتميز الهيكل على الرغم من قوته بقدرته على الانثناء كاستجابة لانقباض العضلات المرتبطة به، في القشريات أصبح الهيكل أكثر صلابة وأقل مرونة ويعود ذلك لترسب أملاح الكالسيوم. تنسلخ المفصليات بصورة دورية لأن جسمها محاط بهيكل صلب، والانسلاخ هو خلع الطبقة الخارجية من الجليد عندما ينمو هيكلاً خارجياً جديدًا تحت الهيكل القائم، وعندما يكتمل الهيكل الخارجي الجديد يصبح مفصولاً عن القديم عن طريق سائل يذيب الكايتين والبروتين في الهيكل القديم.

الجهاز العصبي:

السمة الرئيسية للجهاز العصبي هي سلسلة مزدوجة من العقد العصبية المقسمة التي تمتد على طول السطح السفلي للحيوان، ويوجد عند النهاية الأمامية للحيوان ثلاثة أزواج متحدة من العقد الظهرية تشكل الدماغ. ومع ذلك فإن الكثير من السيطرة على أنشطة المفصليات يرجع إلى العقد البطينية، ولهذا فإن المفصليات قادرة على إنجاز كثير من وظائف التغذية والحركة والتزاوج حتى وإن أزيل منها الدماغ. هناك تركيب آخر مهم وهو العين المركبة وتتكون هذه العيون من وحدات بصرية مستقلة تصل إلى الآلاف تسمى **أوماتيديا** أو العيون وكل **أماتيديوم** مغطى بعدسة، ويضم معقدا من ثماني خلايا شبكية لولبا مركزيا حساسا للضوء يدعى رابدوم ، وقد توجد أحياناً مع العيون المركبة عيون بسيطة تميز بها الضوء من الظلام.



الجهاز الدوري:

الجهاز الدوري للمفصليات مفتوح، فدمها يتدفق خلال تجاويف بين الأعضاء الداخلية وليس خلال أوعية دموية مغلقة. المكون الرئيس للجهاز الدوري للحشرات هو وعاء عضلي طولي (القلب) ويوجد بالقرب من السطح الظهري للصدر والبطن. عندما ينقبض القلب، يتدفق الدم إلى منطقة الرأس، وعندما ينبسط يعود الدم خلال سلسلة من الصمامات الواقعة في المنطقة الخلفية للقلب ويتدفق الدم من الرأس ومناطق الجسم الأمامية الأخرى تدريجياً خلال الفراغات بين الأنسجة نحو النهاية الخلفية.

الجهاز التنفسي:

تعتمد الحشرات على جهازها التنفسي أكثر من اعتمادها على جهازها الدوري في حمل الأكسجين إلى الأنسجة. وتختلف المفصليات عن معظم الحيوانات في عدم امتلاكها عضو تنفس رئيساً واحداً. الجهاز التنفسي لمعظم مفصليات اليابسة يتألف من قنوات هوائية صغيرة ومتفرعة ومبطنة بالجليد وتسمى القصبات الهوائية التي تتفرع في النهاية إلى فروع صغيرة جداً تسمى القصيبات وهي سلسلة من الأنابيب تنقل الأكسجين خلال الجسم، والقصبات في تماس مباشر مع خلايا الجسم المفردة والأكسجين ينتشر مباشرة عبر الأغشية البلازمية، ويمر الهواء إلى القصبات عن طريق فتحات

متخصصة في الهيكل الخارجي تسمى المتنفسات والتي يمكن أن تفتح أو تغلق في معظم الحشرات عن طريق صمامات. إن القدرة على منع فقدان الماء بإغلاق المتنفسات كانت تكيفاً أساسياً سهل للمفصليات غزو اليابسة. المفصليات البحرية كالقشريات لها خياشيم تنفسية بينما العناكب والعقارب والسلطعون من المفصليات التي تتنفس بواسطة تراكيب تشبه الرئة تسمى رئات كتابية. مع ذلك، تفتقر بعض المفصليات الصغيرة إلى أي تراكيب لتبادل الأكسجين وجلدها له وظيفة تنفسية.

الجهاز الإخراجي:

على الرغم من وجود أنواع مختلفة من الأجهزة الإخراجية في مجموعات المفصليات المختلفة فإننا سنتناول منها الجهاز الإخراجي المكون من **أنابيب ملبيجي** التي تطورت في حشرات اليابسة ومتعددة الأرجل والعناكب. (أنابيب ملبيجي هي بروزات رفيعة من القناة الهضمية مرتبطة بنقطة اتصال المعي الأوسط بالمعي الخلفي)[1] تمر السوائل خلال جدران أنابيب ملبيجي من الدم الذي تنغمر فيه هذه الأنابيب، وعندما يمر السائل خلال الأنابيب نحو المعي الخلفي تترسب منه الفضلات النيتروجينية على هيئة حمض بوليك مركز، وبعد ذلك تفرغ المواد في المعي الخلفي ثم تطرد خارج الجسم، يعاد امتصاص معظم الماء والأملاح في السائل عن طريق المعي الخلفي والمستقيم وتعاد إلى جسم الحيوان المفصلي، أنابيب ملبيجي آلية فعالة للحفاظ على الماء وتشكل تكيفاً سهّل على المفصليات غزو اليابسة.

تصنيف المفصليات:

تصنف المفصليات إلى خمس طوائف:

1- طائفة العنكبوتيات:

تضم العقارب والعناكب والحلَم وتتميز بأجسامها المقسمة إلى قطعتين أمامية وخلفية، تحمل القطعة الأمامية زوجاً من الخطافات وزوجاً من اللوامس القدمية وأربعة أزواج من أرجل المشي، معظم العنكبوتيات آكلة اللحوم باستثناء الحلم الذي غالباً ما يكون آكل نباتات، تبتلع معظم العنكبوتيات الغذاء بصورة سائلة حيث تقوم بهضم الغذاء خارجياً بإفراز إنزيمات على فريستها، ثم تقوم بامتصاص غذائها المهضوم عن طريق بلعومها العضلي.

2- طائفة القشريات:

تضم أشكالاً تعيش في البحر والماء العذب وعلى اليابسة وتظهر بالغة التنوع، القشريات النموذجية لها ثلاث قطع وظيفية والقطعتان الأماميتان تتحدان لتشكل منطقة الرأس صدر، ومعظمها لها زوجان من قرون الاستشعار وثلاثة أزواج من الفكوك و أزواج مختلفة من الأرجل، ومعظم زوائد القشريات باستثناء الزوج الأول من قرون الاستشعار هي ثنائية الأفرع، على الرغم من تنوع القشريات فإن لها مراحل تطورية متشابهة بشكل أساسي، **يرقة نوبليوس** في القشريات هي سمة موحدة مهمة توجد في معظم أفراد المجموعة حيث تمر هذه اليرقة بعدة مراحل قبل أن تصل إلى النضج.

3- طائفة سداسية الأرجل:

تصنف الحشرات في طائفة سداسية الأرجل وهي أكثر الحيوانات انتشاراً في جميع البيئات، وتتميز الحشرات جميعها بامتلاك ثلاث قطع جسمية الرأس والصد ر والبطن، يتصل بالصدر ثلاثة أزواج من الأرجل من الجانب البطني، وزوجان من الأجنحة من الجانب الظهري، ويفتقر البطن لوجود الزوائد. ومعظم الحشرات لها عيون مركبة وبسيطة ووسائل معقدة أخرى للإحساس. تتكاثر الحشرات جنسياً وتظهر تحولاً ناقصاً أو تحولاً كاملاً.

4- طائفة مزدوجة الأقدام (ذات الألف قدم):

تتميز هذه الطائفة بأجسام تتكون من منطقة رأس تتبعها حلقات عدة كلها متشابهة تقريباً وجميعها تحمل مجموعة أو اثنتين من زوائد مزدوجة. وتتميز طائفة مزدوجة الأقدام بأنها آكلة الأعشاب، إذ تتغذى بشكل رئيس على النباتات المتعفنة كالأوراق المتساقطة والخشب المتعفن.

5- طائفة شفوية القدم (ذات المئة قدم):

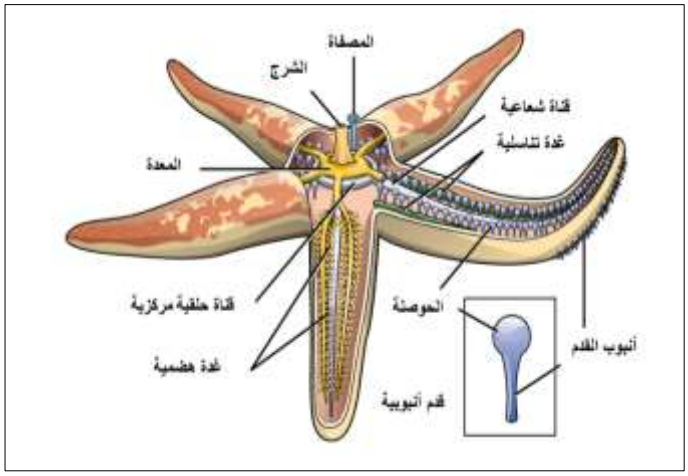
هي حيوانات تمتلك زوجين من الأرجل في كل قسم من أقسام جسدها، عدا القسم الأول الذي يقع خلف الرأس والذي لا يوجد فيه أي أطراف على الإطلاق، وقليل من الأقسام اللاحقة التي تحوي زوجاً واحداً من الأرجل فقط. إن كل قسم يحوي زوجين من الأرجل، وعلى الرغم من أن اسم ذات المئة قدم يوحي أن للحيوان 100 رجل إلا أن الديدان البالغة لها عادة أقل من مئة رجل فمعظمها لها 5 –21–23 زوج من الأرجل. تعتبر شفوية القدم آكلات لحوم وتتغذى بشكل رئيس على الحشرات، إذ تحورت الزوائد في حلقات الجذع الأول إلى أزواج من أنياب السم، وعضة كثير من ذات المئة قدم مؤلمة جدا وسامة للإنسان على الرغم من أنها ليست قاتلة.

8-شعبة شوكيات الجلد Echinoderm

تظهر خطة جسم شوكيات الجلد تغير في أثناء التكون الجنيني من تماثل ثنائي الجانب إلى تماثل شعاعي ولدراسة تركيب أجسامها نقسمه لسطحين السطح الفمي وسطح مقابل فمي، تزحف معظم شوكيات الجلد على سطوحها الفمية بينما في خيار البحر وبسبب وقوع محور الجسم بشكل أفقي فإن خيار البحر يزحف وسطحه الفمي للأمام، أما زنابق البحر فسطحها الفمي يقع في الجهة المقابلة للأرضية التي يعيش عليها الحيوان. ويتألف الجهاز العصبي من حلقة عصبية مركزية تنشأ منها أفرع والحيوان قادر على إعطاء أنماط معقدة من الاستجابة ولكن ليس هناك مركزية في الاستجابة.

الهيكل الداخلي:

لشوكيات الجلد بشرة رقيقة تحتوي على آلاف من الخلايا العصبية الحسية التي تمتد فوق الهيكل الداخلي المكون إما من صفائح متحركة أو ثابتة غنية بالكالسيوم تسمى عظيمات، تكون العظيمات في بعض شوكيات الجلد كنجوم البحر وخيار البحر متباعدة وغير متراصة وجدار الجسم يتميز بالمرونة، بينما تكون العظيمات في أنواع أخرى خاصة القنفذيات (قنافذ البحر ودولارات البحر) متحدة وتشكل صدفة صلبة، وفي كثير من الحالات تحمل هذه الصفائح أشواكاً.



النظام الوعائي المائي:

يتوزع النظام الوعائي المائي لشوكيات الجلد بشكل شعاعي من قناة حلقية تحيط بمريء الحيوان تمتد 5 قنوات شعاعية، يدخل الماء النظام الوعائي المائي خلال صفيحة تشبه الغربال على سطح الحيوان تسمى المصفاة، ويتدفق الماء إلى القناة الدائرية خلال القناة الحجرية وتمتد القنوات الشعاعية الخمس في أفرع جانبية قصيرة إلى داخل الأقدام الأنبوبية المجوفة وفي نهاية كل قدم أنبوبية ممص في بعض الأنواع ويغيب عن أخرى. تسمح القنوات الشعاعية للماء بالتدفق إلى داخل الأنابيب القدمية وعندما تنقبض الحوصلة الموجودة في نهاية كل قدم أنبوبية يمتد القدم ويعلق بالسطح الذي يتحرك عليه الحيوان فيلتصق، وبعد ذلك تنقبض عضلات القدم الأنبوبية فتنثني القدم ويسحب الحيوان نحو الأمام.

[1] علم الأحياء – الجزء 5 تنوع الحياة على الأرض

تجويف الجسم:

يتصل السيلوم في شوكيات الجلد مع نظام معقد من الأنابيب ويساعد على الدوران والتنفس، وفي نجم البحر يتم التنفس وإخراج الفضلات عبر الجلد بواسطة امتدادات إصبعية صغيرة للسيلوم تسمى البثرات وهي مغطاة بطبقة رقيقة من الجلد وتبرز خلال جدار الجسم لتعمل كخياشيم.

التجديد والتكاثر:

كثير من شوكيات الجلد قادرة على تجديد الأجزاء المفقودة وبعضها خاصة نجوم البحر تسقط أجزاء مختلفة من الجسم عندما تهاجم (التقطع الذاتي) وتعود قدرتها على التجديد لوجود نسيج كولاجيني قابل للتحول وهو يمكن أن يتباين قوامه من نسيج صلب مطاطي إلى ضعيف سائل، فهذا النسيج يمكن أن يتغير من صلب إلى مرن في غضون ثواني. وعلى الرغم من قدرة كثير من شوكيات الجلد على التكسر والتجدد فإن معظم تكاثرها جنسي وإخصابها خارجي فالأجناس منفصلة وتتطور البيوض المخصبة إلى يرقات حرة السباحة ذات تماثل ثنائي الجانب.

9 - شعبة الحبليات Chordata

الحبليات حيوانات سيلومية ثانوية الفم والأكثر قرابة لها في مملكة الحيوان شوكيات الجلد التي تشكل كل ما تبقى من ثانوية الفم، هناك 56000 نوع من الحبليات، وتتميز الحبليات بأربع صفات وهي:

الصفات الرئيسية الأربع للحبليات، كما تبدو في جنين عام.

1- حبل عصبي واحد مجوف يمر تحت السطح الظهري للحيوان، وفي الفقاريات يتمايز الحبل العصبي الظهري إلى دماغ وحبل شوكي.

2- حبل ظهري وهو قضيب مرن يتكون على الجانب الظهري للمعي الابتدائي في الجنين المبكر، وهو موجود في بعض مراحل التكون الجنيني في جميع الحبليات، يقع الحبل الظهري تحت الحبل العصبي مباشرة، وقد يستمر في بعض الحبليات في الطور اليافع ولكنه يستبدل في بعضها الآخر في أثناء التكوين الجنيني بالعمود الفقري الذي يتشكل حول الحبل الشوكي.

3- شقوق بلعومية، تربط الشقوق البلعومية في الفقاريات المائية تجويف الفم بالمريء مع البيئة الخارجية وفي فقاريات اليابسة لا تربط الشقوق البلعومية بالبيئة الخارجية لذلك تسمى الجيوب البلعومية، توجد الجيوب البلعومية في جميع أجنة الفقاريات، وتصبح شقوقا تفتح إلى الخارج في الحيوانات ذات الخياشيم ولكنها تختفي في الحيوانات التي تفتقر لوجود الخياشيم، إن وجود هذه التراكيب في أجنة الفقاريات يقدم دليلا على تحررها من البيئة المائية.

4- ذيل خلف الشرج يمتد إلى ما بعد فتحة الشرج، على الأقل في أثناء التكوين الجنيني. الحيوانات الأخرى جميعها تقريبا لها شرج طرفي الموقع.

تقسم شعبة الحبليات إلى ثلاث تحت شعب (شعيبات) اثنتان لافقارية وهما الذيل حبليات والرأس حبليات والثالثة هي الفقاريات.

1- الذيل حبليات:

مجموعة مكونة من 120 نوع من الحيوانات البحرية ومعظمها غير متحركة في الطور اليافع، والطور اليرقي منها يحمل حبل ظهري وحبل عصبي وشكلها يشبه أبو ذنيبة.

2- الرأس حبليات:

هناك نحو 23 نوع من الحيوانات يصنف في هذه المجموعة وأوضح وأشهر حيوان يمثلها السهيم، ويمتد الحبل الظهري على طول الحبل العصبي الظهري ويستمر خلال كامل حياة الحيوان، يقضي السهيم معظم حياته مدفوناً جزئياً في الرمال ولا يبرز منه غير النهاية الأمامية ويتميز بجلده الشفاف الذي يكشف عن القطع العضلية تحته، وللسهيم شقوق بلعومية أكبر بكثير مما يتشكل في الأسماك.

3- الحبليات الفقارية (الفقاريات):

هي حبليات ذات عمود فقري يحل محل الحبل الظهري ليحيط بالحبل الشوكي، وقد جاء اسم الفقاريات من القطع العظمية أو الغضروفية المفردة (الفقرات) التي تشكل العمود الفقري. وتتميز الفقاريات برأس واضح وبالغ التمايز فيه ثلاثة أزواج من أعضاء الحس المتطورة، والدماغ المحاط بالجمجمة المتكونة من العظم أو الغضروف. وتصنف الفقاريات في الطوائف التالية :

طائفة الأسماك:

تشكل الأسماك أكثر من نصف الفقاريات، تتميز الأسماك بشكل واضح بالحجم والشكل واللون والمظهر، فالقرش يتجاوز 18 متر طولاً بينما سمك القوبيون لا يتجاوز حجم الأظفر، وعلى الرغم من هذا التباين إلا أنها لها صفات مشتركة مهمة:

1- العمود الفقري: للأسماك هيكل داخلي ذو عمود عظمي أو غضروفي يحيط بالحبل الشوكي العصبي وجمجمة تحيط بالدماغ، ويستثنى من ذلك سمكة الجريث حيث يوجد فيها جمجمة غضروفية ولكن الفقرات غائبة إذ يستمر الحبل الظهري في تقديم الدعامة، وكذلك سمكة الجلكي التي يوجد فيها هيكل غضروفي وحبل ظهري وفقرات غضروفية تحيط بالحبل الظهري في أماكن محددة.

2- الفكوك والزوائد المزدوجة: باستثناء سمك الجريث والجلكي فإن الأسماك جميعها لها فكوك وزوائد مزدوجة، وهذه الفكوك مكنت الأسماك من القبض على فرائس أكبر حجماً وأكثر نشاطاً، ومعظم الأسماك لها زوجان من الزعانف الصدرية والزعانف الحوضية.

3- الخياشيم الداخلية: الأسماك تعيش في بيئات مائية وتقوم بالحصول على الأكسجين من خلال تمرير الماء عبر أفواهها باتجاه الخياشيم والتي تتكون من خيوط خيشومية غنية بالأوعية الدموية.

4- جهاز دوري ذو دورة واحدة: يضخ الدم من القلب إلى الخياشيم ويمر الدم المحمل بالأكسجين من الخياشيم إلى بقية أجزاء الجسم ثم يعود للقلب، وقلبها عبارة عن مضخة أنبوبية عضلية تتكون من 4 حجرات تنقبض على التوالي.

نظام الخط الجانبي:

تمتلك أسماك القرش والأسماك العظمية نظام خط جانبي كامل التطور. يتكون نظام **الخط الجانبي** من سلسلة أعضاء الحس تبرز في قناة على سطح الجلد، وتمتد على طول جسم السمكة وتفتح نحو الخارج عن طريق سلسلة من النقر الغائر، ويؤدي مرور الماء على جسم السمكة إلى إجبار الماء على المرور في قناة الخط الجانبي بحيث يجري تنبيه النهايات العصبية بغض النظر عن اتجاه حركة الماء ويمكن اعتبار الخط الجانبي في السمكة يعادل السمع.

مثانة السباحة:

على الرغم من أن العظام أثقل من الهيكل الغضروفي فإن الأسماك العظمية لها قدرة على الطفو بسبب امتلاكها لمثانة السباحة وهي كيس مملوء بالهواء يسمح لها بتنظيم كثافتها بحيث تبقى معلقة عند أي عمق دون مجهود. أما

أسماك القرش عليها أن تتحرك خلال الماء أو أن تغطس لأن أجسامها أعلى كثافة من الماء ولا تحتوي على مثانة سباحة.

غطاء الخياشيم:

لدى معظم الأسماك العظمية صفيحة صلبة تسمى غطاء الخياشيم الذي يغطي الخياشيم على كل من جانبي الرأس، عندما تفتح السمكة الفم فإن غلق غطاء الخياشيم يزيد من اتساع حجم تجويف الفم ويندفع الماء ليغمر الحجرات الخيشومية ومن ثم يفتح غطاء الخياشيم فيقل حجم تجويف الفم وهذا يجبر الماء على المرور فوق الخياشيم في اتجاه الخارج.

طائفة البرمائيات:

كلمة برمائي تعني مزدوج الحياة وهو تعبير يعبر عن انقسام دورة حياتها إلى طورين أحدهما يكون في الماء وطور آخر يتطور ويتكيف فيه الحيوان ليصبح قادرا على العيش في البيئة اليابسة. البرمائيات أول الفقاريات التي مشت على اليابسة، وتعيش البرمائيات في المناطق الرطبة أو القريبة من البيئات المائية وتشترك البرمائيات في مجموعة من الصفات المتميزة:

1- الأرجل: تتميز الضفادع والسلمندلات بأربعة أرجل وتستطيع الحركة على اليابسة بشكل جيد وقد شكلت الأرجل أحد التكيفات المهمة للحركة على اليابسة.

2- الرئات: تمتلك معظم البرمائيات زوج من الرئات على الرغم من أن مساحة السطح الداخلي لرئاتها أقل بكثير من رئات الزواحف أو الثدييات، تتنفس البرمائيات بخفض قعر الفم لكي تمتص الهواء ثم تعود لرفعه ثانية لدفع الهواء نحو الرئتين.

3- التنفس الجلدي: جميع البرمائيات تساند التنفس الرئوي لكونها تتنفس من خلال الجلد الذي تبقيه رطباً وله مساحة سطحية كبيرة وواسعة.

4- الأوردة الرئوية: بعد ضخ الدم نحو الرئتين، يقوم وريدان رئويان واسعان بإعادة الدم المحمل بالأكسجين إلى القلب لإعادة ضخه، وبهذه الطريقة فإن الدم المحمل بالأكسجين يضخ إلى الأنسجة بضغط عالي.

5- القلب المقسوم جزئيا: يقوم جدار فاصل بمنع الدم المشبع بالأكسجين العائد من الرئتين من الاختلاط بالدم غير المشبع بالأكسجين العائد للقلب من بقية أجزاء الجسم، لهذا فالدورة الدموية مقسومة إلى مسارين منفصلين رئوي وجسمي، ولكن الفصل غير كامل لأنه لا يوجد فاصل في إحدى حجرات القلب وهي البطين.

نجحت البرمائيات ذات الجلد الرطب في غزو البيئات الرطبة في العالم كله حيث يوجد أكثر من 5600 موزعة على ثلاث رتب:

1- رتبة عديمة الذنب (الضفادع والعلاجيم):

تعيش الضفادع والعلاجيم في بيئات متعددة تتراوح بين الصحراء والجبال والبرك والمستنقعات، الضفادع لها جلد ناعم رطب وجسم عريض وأرجل خلفية طويلة تمكنها من القفز أثناء الحركة، تعيش معظم الضفادع في الماء أو قربه على الرغم من أن بعض الأنواع الاستوائية تعيش على الأشجار. يختلف العلجوم عن الضفدع في أن له جلد جاف ذا نتوء وأرجله قصيرة ومتكيف جداً مع البيئات الجافة، أي أن العلجوم يطلق على البرمائيات عديمة الذنب التي استطاعت التكيف مع البيئات الجافة.

معظم عديمات الذنب تعود إلى الماء للتكاثر، لتضع بيوضها مباشرة في الماء، تفتقر بيوضها إلى أغشية خارجية ولذلك تجف بسرعة على اليابسة، تخصب البيوض خارجياً وتفقس عن حيوان يرقي سابح يسمى أبوذنيبة يتنفس

بداية بواسطة الخياشيم الخارجية التي تتحول لخياشيم داخلية تمهيداً لتتحول إلى رئتين عندما يتطور إلى شكل الطور اليافع عديم الذيل بأربعة أطراف.

2- رتبة الذيليات (السلمندلات):

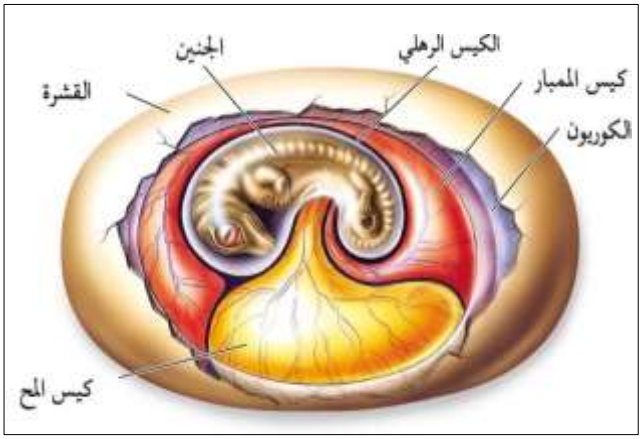
السلمندلات ذات أجسام متطاولة وذنب طويل وجلد أملس رطب، تعيش معظم السلمندلات في الأماكن الرطبة وتحت الحجارة والأخشاب وأوراق النباتات الاستوائية وبعضها يعيش في الماء بشكل كامل. تضع السلمندلات بيوضها في الماء أو في الأماكن الرطبة، ومعظمها تمارس نوع من الإخصاب الداخلي، تمر السلمندلات بطور يرقي يشبه إلى حد كبير الطور البالغ على الرغم من أن هذه الأطوار تعيش في الماء وتتنفس بالخياشيم الخارجية التي تختفي أثناء مراحل النمو والتطور للطور اليافع.

3- رتبة عديمة الأطراف (الديدان العمياء):

الحيوانات المصنفة في هذه الرتبة برمائيات استوائية تعيش في الجحور عديمة الأرجل لها عيون صغيرة والغالب أن تكون عمياء تشبه الديدان لكن لها فكوك ذات أسنان تتغذى على الديدان، وبعض لافقاريات التربة تتكاثر جنسياً وإخصابها داخلي.

طائفة الزواحف:

أظهرت الزواحف صفات تطورية ساعدتها في التفوق على البرمائيات في التكيف والنجاح في البيئات اليابسة، وتتشاطر الزواحف مجموعة من الصفات الأساسية المميزة لها التي مكنتها من أن تكون فقاريات اليابسة السائدة لتحل محل البرمائيات، ومن بين هذه الصفات:



1- البيض الرهلي: كان على البرمائيات وضع بيوضها في الماء أو بيئة رطبة تجنباً لجفاف البيض، أما الزواحف فتضع بيض رهلي مقاوم لتبخر الماء ويحتوي على مصدر للغذاء (المح) ولها أربعة أغشية هي: كيس المح والرهل والممبار (الألنتويز) والكوريون (غشاء المشيمة)، كل واحد من هذه الأغشية يجعل البيضة نظاماً مستقلاً وقابلاً للحياة. تمتلك الزواحف بالإضافة للطيور والثدييات هذا النمط من الأغشية ضمن البيضة ولهذا تعرف هذه الطوائف بالرهليات.

2- الجلد الجاف: تمتلك الزواحف جلداً جافاً ومانعًا لتبخر الماء إذ توجد طبقة من الحراشف تغطي أجسامها وتمنع فقد الماء، وتتكون الحراشف من خلايا طلائية مملوءة بالكيراتين وهو نفس البروتين الذي يشكل المخالب والأظافر والشعر والريش.

3- التنفس الصدري: طورت الزواحف تنفساً رئوياً، إذ توسع أو تضيق القفص الصدري، مما يسبب دخول الهواء للرئتين أو يجبره على الخروج منها.

4- الإخصاب الداخلي: عند تذكر تركيب البيض الرهلي يمكن أن ندرك أن الحيوانات المنوية غير قادرة على اختراق الأغشية وصولا للبويضة لذلك يضع الذكر المني داخل الأنثى ليلقح البويضة قبل أن تتكون عليها الأغشية الواقية وهذا ما يعرف بالإخصاب الداخلي.

5- خارجية الحرارة (ذوات الدم البارد): تحصل الزواحف على الحرارة من مصادر خارجية وعلى الرغم من ذلك إلا أن بعضها قادر على تنظيم درجة حرارة أجسامها بدقة وذلك للحركة نحو الشمس أو بعيداً عنها وهذا ينطبق على زواحف الصحراء، أما الأنواع التي تعيش في بيئات ظليلة فإن هذا التنظيم الحراري لا يكون ممكناً وتكون درجة حرارة أجسامها كدرجة حرارة البيئة المحيطة نفسها.

6- الجهاز الدوري: ظهر تحسن على الجهاز الدوري للزواحف إضافة إلى ما كان لدى البرمائيات والأسماك، مما أدى لرفع كفاءة تزويد الجسم بالأكسجين وتحقق هذا بامتداد حاجز ضمن القلب ابتداءً من الأذينين وامتداداً نحو البطينين، وهذا الحاجز أنشأ جدار جزئي يميل لتـــقليل مزج الـــدم المؤكسج بالـــدم غير المؤكسج في البطين، ويختلف ذلك في التماســيح، حيث الحاجز كامل يقســم البطين تماماً إلى حجرتين، وبذلك يكون قلب التماســيح يتكون من أربع حجرات كما هو الحال في الطيور والثدييات.

تصنف الزواحف في أربع رتب وهي:

- **رتبة السلاحف:** تضم رتبة السلاحف 250 نوع من السلاحف معظمها مائية، تفتقر السلاحف بأنواعها للأسنان ولكن لها منقار حاد وتختلف السلاحف عن باقي الزواحف بأن أجسامها محاطة بصدفة واقية وتتكون الصدفة من جزئين الصدر وهو جزء بطني، والذّبل وهو درع ظهري، وفي معظم السلاحف تتحد الفقرات والأضلاع مع الذّبل من الجانب الداخلي.

- **رتبة خطمية الرأس:** تضم هذه الرتبة فقط نوعين من التواتارا وهي نوع من الزواحف الشبيهة بالسحالي ذات جلد حرشفي رمادي مخضر، كما يوجد بها عرف قشري أسفل الظهر والذنب، وهي حيوانات كبيرة تشبه العظايا يتراوح طولها (60 – 80) سم والمكان الوحيد الذي يتواجد فيه نوعي التواتارا المهدد بالانقراض في تجمع جزر صغيرة قرب سواحل نيوزيلاندا. ومن أهم الخصائص المميزة لهذه الرتبة وجود عين ثالثة غير واضحة على قمة رأسها تسمى العين الجدارية وهذه العين تختفي تحت طبقة رقيقة من الحراشف لها عدسة وشبكية مرتبطة بالدماغ بواسطة أعصاب، وبخلاف معظم الزواحف تنشط التواتارا عند انخفاض درجة الحرارة ففي النهار تنام داخل جحور وتخرج منها ليلا لصيد الحشرات والديدان وحيوانات أخرى صغيرة، ولهذه الزواحف أسنان حادة تمزق بها الفريسة بسهولة كما أن لها أذناب تنفصل بسهولة، فإذا أمسك بها عدو من ذنبها فإنها تطرح ذنبها وتهرب ثم ينمو لها ذنب جديد.

- **رتبة الحرشفيات:** وتضم هذه الرتبة الأفاعي والعظايا كالسحالي والإيجوانا والحرباء والورل. معظم الحرشفيات آكلات لحوم تفترس الحشرات والحيوانات الصغيرة، تتميز الأفاعي بغياب الأطراف وبوجود الجفون المتحركة والأذن الخارجية بالإضافة لوجود عدد كبير من الفقرات يصل أحيانا لـ 300 فقرة.

- **رتبة التماسيح والقاطور:** تضم هذه الرتبة 25 نوع من الزواحف، التماسيح جميعها آكلات لحوم تصطاد بطريقة السرقة، إذ تنتظر في كمين لفريستها ثم تنقض عليها بعنف، أجسامها متكيفة مع هذا الشكل من الصيد فالعيون تقع في أعلى الرأس وفتحات المناخر على قمة الخطم، وهكذا ترى وتتنفس بينما أجسامها مغمورة بهدوء تحت الماء. تشبه التماسيح الطيور في الكثير من الطرق، فالتماسيح تبني أعشاشا وتعتني بالصغار ولها قلب يتكون من أربع حجرات.

طائفة الطيور:

تعد الطيور أكثر فقاريات اليابسة تنوعاً وتضم هذه الطائفة نحو 8600 نوع، يكمن نجاح الطيور في تطوير تركيب فريد في عالم الحيوان ألا وهو الريش، يعد الريش الذي تطور من حراشف الزواحف تكيفاً مثالياً للطيران. تتشابه الطيور مع الزواحف في بيوضها الرهلية ووجود الحراشف الموجودة على الأقدام والأجزاء السفلية من أرجل الطيور، ولكن هناك ميزتان رئيسيتان تميزان الطيور عن الزواحف:

1- الريش: يعتبر الريش حراشف متحورة لتؤدي وظيفتين هما قوة رفع للطيران وحفظ درجة الحرارة. ويجمع تركيب الريش بين المرونة القصوى والقوة وخفة الوزن، يتطور الريش من نقر صغير في الجلد يسمى الجراب، يمكن استبدال الريش كما هو حال الحراشف.

2- هيكل الطيران: عظام الطيور رقيقة ومجوفة وكثير منها ملتحم، ما يجعل هيكل الطيور أكثر متانة من عضلاتها أثناء الطيران، تأتي قوة الطيران من عضلات صدر كبيرة تشكل 30% تقريباً من كامل وزن الطائر. تمتد هذه العضلات من الجناح لتتعلق في عظمة الصدر التي تضخمت كثيراً وحملت تركيباً بارزاً يشبه الزورق لترتبط في العضلات، كذلك ترتبط عضلات الصدر بعظام الترقوة الملتحمة التي تشكل معاً ما يسمى بعظمة الترقوة، ولا توجد فقاريات حية لها عظام ترقوة ملتحمة أو عظمة صدر كالزورق.

تشترك الطيور في مجموعة من الصفات والتكيفات التي مكنت الطيور من الاستجابة لمتطلبات الطاقة الهائلة المطلوبة للطيران ومن أهمها ما يلي:

1- التنفس الفعال: تستهلك عضلات الطيران كميات كبيرة من الأكسجين أثناء الطيران النشط فمساحة السطح الداخلي للرئات غير كافية لامتصاص الأكسجين المطلوب، واجهت الطيور هذا التحدي في تصميم مختلف جذرياً، فعندما يحدث شهيق في الطائر فإن الهواء يمر متجاوزاً الرئة إلى سلسلة من الأكياس الهوائية الواقعة قرب العظام المجوفة للظهر ومن هناك ينتقل الهواء إلى الرئات ثم إلى مجموعة أكياس الهواء الأمامية قبل أن يخرج بعملية الزفير. ولأن الهواء يعبر كامل المسافة خلال الرئة في اتجاه واحد فإن تبادل الغازات يكون فعالا جداً.

2- الدورة الدموية الفعالة: إن الأيض المتسارع المطلوب لتزويد الطاقة للطيران النشط يتطلب دورة دموية فعالة، بحيث أن الأكسجين الذي حصلت عليه الرئة يمكن نقله بسرعة إلى عضلات الطيران ولأن الحاجز بين البطينين مكتمل تماما في الطيور فإن الدورتان الدمويتان لا تمتزجان، ولهذا فإن عضلات الطيران تحصل على دم مؤكسج والذي زاد من كفاءة ذلك أن لقلب الطيور نبض متسارع.

4- توليد الحرارة داخلياً: الطيور كالثدييات حيوانات داخلية الحرارة (ذوات الدم الحار). تحافظ الطيور على درجة حرارة أعلى من معظم الثدييات فهي تتراوح بين 40 -42 درجة سيليزية، ويشكل الريش عازلاً ممتازاً يحفظ درجة حرارة الجسم، تسمح درجة الحرارة العالية التي تحافظ عليها بتوليد الحرارة داخلياً للأيض في عضلات الطيران بأن يزود العضلات بإمداد سريع من الـ ATP اللازم لعملية انقباض العضلات.

طائفة الثدييات:

هناك نحو 4500 نوع من الثدييات وهو العدد الأقل من الأنواع في أي من الطوائف الخمس للفقاريات، معظم الفقاريات الضخمة التي تعيش على اليابسة هي ثدييات. تتميز الثدييات عن بقية طوائف الفقاريات الأخرى بصفتين أساسيتين هما الشعر والغدد اللبنية، *ولكن لديها أيضاً صفات عدة مشتركة*:

1- **الشعر**: الثدييات جميعها لديها شعر حتى تلك الحيوانات التي تبدو كأنها دون شعر كالحوت والدولفين. إن تطور الفراء والقدرة على تنظيم درجة الحرارة مكن الثدييات من غزو بيئات باردة لم تتمكن ذوات الدم البارد أن تقطنها، فالثدييات داخلية الحرارة (ذوات الدم الحار) تحافظ بشكل نموذجي على درجة حرارة أجسامها بوجود طبقة كثيفة تحت الجلد تخفض كمية الحرارة المفقودة في الكثير من الثدييات. فالشعرة عبارة عن خيط غني بالبروتين يمتد من أساس منتفخ تحت الجلد يعرف بجراب الشعرة، والخيط مؤلف في الغالب من خلايا ميتة مملوءة ببروتين الكيراتين الليفي.

2- **الغدد اللبنية (الأثداء)** : تمتلك كل إناث الثدييات غدد لبنية تفرز الحليب، وتولد صغار الثدييات دون أسنان فتمتص هذا الحليب كغذاء أساسي لها، إن الحليب غذاء غني جداً بالطاقة وهو مهم ليسد احتياجات صغار الثدييات ذات النمو المتسارع من الطاقة العالية ويأتي نحو 50% من الطاقة في الحليب من الدهون.

3- **داخلية الحرارة (ذوات الدم الحار)**: تعتبر الثدييات من ذوات الدم الحار وهو تكيف مهم سمح لها بأن تنشط في أي وقت من الليل أو النهار، وأن تعيش في بيئات متطرفة تمتد من الصحراء وحتى المناطق المتجمدة (القطبية).

4- **الدورة الدموية**: تتميز الثدييات بدورة دموية فعالة بفعل القلب ذو الحجرات الأربع، والتنفس الفعال بفعل وجود طبقة خاصة من العضلات تحت القفص الصدري تساعد على التنفس وتفصل التجويف الصدري عن التجويف البطني تسمى الحجاب الحاجز. كل ذلك جعل معدل الأيض عالياً وهو ما يعتمد عليه تنظيم درجة الحرارة داخلياً.

5- **المشيمة**: في معظم أنواع الثدييات تحمل الأنثى الجنين داخليا في الرحم وتغذيه من خلال المشيمة ثم تلده صغيراً. المشيمة هي عضو متخصص بجلب تيار دم الجنين ليكون على مقربة من تيار دم الأم، وذلك يسمح بمرور الماء والغذاء والأكسجين عبر المشيمة من الأم إلى الجنين، كما تعبر الفضلات وثاني أكسيد الكربون نحو دم الأم لتطرد خارجا. تتطور المشيمة من الأغشية في البيضة الرهلية أما الحبل السري فقد تطور من الممبار (الألنتويز)، ويشكل الكوريون وهو الغشاء الخارجي من البيضة الرهلية معظم المشيمة. تقوم المشيمة بوظائف كل من الرئة والأمعاء والكلى في الجنين دون امتزاج دم الأم بدم الجنين.

صنفت الثدييات في ثلاث مجموعات هي:

1- وحيدة المسلك (ثدييات بيوضة):

هي الحيوانات الثديية الوحيدة التي تضع بيضاً، وتشبه الزواحف في أن لها مجمع، فتحة واحدة للتخلص من البول والبراز ونواتج التكاثر خارج الجسم. ويشكل منقار البط ونوعان من آكلات النمل الثدييات البيوضة. تتميز هذه الثدييات بفرائها وغدد لبنية، تشرب صغارها الحليب من أمهاتها بعد أن تفقس من بيوضها، إلا أن الإناث تفتقر لوجود حلمة متطورة للثدي حيث تقوم الصغار بلعق الحليب المتدفق على فراء الأم بلسانها. يعيش منقار البط معظم حياته في الماء فهو سباح ماهر يستخدم منقاره بصورة مشابهة لما يفعله البط إذ يغرسه في الطين ليستخرج ما به من ديدان وحيوانات لينة أخرى.

2- الجرابيات (ثدييات ذات كيس):

يكمن الفرق بين الجرابيات والثدييات الأخرى في نمط تكوينها الجنيني. ففي الجرابيات تحاط البيضة المخصبة بأغشية الكوريون والرهل، ولكن لا تتشكل قشرة حولها كما هو الحال في وحيدة المسلك. ويتغذى جنين الجرابيات معظم مدة تكوينه الجنيني على كمية المح الموجودة في البيضة. وتتشكل قبل الولادة بوقت قصير من غشاء الكوريون مشيمة لا تعمر طويلاً، بعد ذلك فوراً (أحيانا في مدة 8 أيام من الإخصاب) يولد الجنين صغيراً غير مكتمل النمو دون شعر يزحف نحو جراب أمه حيث يلتصق بحلمة الغدة اللبنية ويستمر في تطوره الجنيني.

3- الثدييات المشيمية:

تتشكل المشيمة التي يتغذى عن طريقها الجنين خلال تكوينه الجنيني كاملاً في رحم الثدييات المشيمية، تقع معظم أنواع الثدييات بما فيها الإنسان ضمن الثدييات المشيمية، تتشكل المشيمة في أثناء مراحل التكوين الجنيني المبكرة. الأوعية الدموية للأم والجنين تكون غزيرة في المشيمة والمواد يتم تبادلها بفعالية كبيرة بين تيار دم الأم والجنين وتتكون من أغشية الكوريون والألنتويز. وتعتبر فترة الحمل طويلة في الثدييات المشيمية فالجنين يحتاج لمدة طويلة نسبياً ليكتمل تطوره الجنيني ويكتمل مقارنة بالثدييات الجرابية.

المراجع

1- أساسيات علم الأحياء - مايدر- 2016م.
2- الخلية - مقدمة قصيرة جدا - تيرينس آلن - 2015 م.
3- علم الأحياء - بيتر اتش ريفن -2013م.
4- علم وظائف الأعضاء أ- د صباح ناصر العلوجي - عمان - دار النشر وموزعون - الطبعة الثالثة 2014م.
5- بحث في بيولوجية الحياة والإنسان / دكتورة سيلفيا. س - ما يدر - الطبعة الأولى 2014.
6- فسيولوجيا الإنسان د/ جبريل أجريد السعودي - د / أيمن سليمان مزاهرة - الطبعة العربية الأولى 2014م.
7- مبادئ التشريح الوظيفي والوصفي - مطابع آمون - الطبعة الثالثة -2013م.
8- علم حياة الإنسان - بيولوجية الإنسان - د/ عايش زيتون - دار الشروق للنشر والتوزيع - الطبعة الرابعة 2015 م.
9- Biologywithanswers James Torrance, Company, UK 2017 .HodderandHachette UK
10- الوجيز في علم المناعة - البياتي علاء محمد - المطبعة المركزية - جامعة ديالي 2018م.
11- أساسيات علم المناعة السريري - لايقة حسان - المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم & المركز العربي للتعريب والترجمة 2013م.
12- المملكة الحيوانية - بيتر هولاند - مؤسسة هنداوي للتعليم والثقافة 2016م.
13- علم الأحياء (مترجم) - بيتر هـ. ريفن، جورج ب. جونسون، جوناثان ب. لوسوس كينث أ. ماسون، سوزان ر. سنجر - مكتبة العبيكان الرياض2014م.
14- البصمة الوراثية ومدى حجيتها في إثبات البنوة - تأليف الدكتور / سفيان العسولي. ضمن أعمال ندوة الوراثة والهندسة الوراثية والجينوم البشري والعلاج الجيني - رؤية إسلامية - الكويت - المنظمة الإسلامية للعلوم الطبية 2015م.