١٢

دولـــة فـلـسطين
وزارة التربية والتعليم

العلوم الحياتية

العلمي والزراعي

الرزمة التعليمية

٢٠٢٤

جميع حقوق الطبع محفوظة ©

دولـــة فـلـسطين
وزارة التربية والتعليم

مركز المناهج

المحتويات

الوَحْدَةُ الأُولى:

الفصل الأول: تدفق الطاقة 4

(1.1): البناء الضوئي 5

(2.1): التنفس الخلوي 10

الفصل الثاني: من الجين إلى البروتين 14

(1.2): الشيفرة الوراثية 14

(2.2): بناء البروتين 15

الوَحْدَةُ الثّانية

الفصل الأول: قانون مندل في الوراثة 24

(1.1): الوراثة المندلية 24

الفصل الثاني: الصفات غير المندلية 27

(1.2): أنماط التوارث غير المندلية 28

(2.2): السيادة غير التامة 28

(3.2): السيادة المشتركة 29

* (4.2): الأليلات المتعددة 30

(5.2): أنظمة تحديد الجنس في الكائنات الحية 32

(6.2): الصفات المرتبطة بالجنس 32

(7.2): الصفات المتأثرة بالجنس 33

(8.2): الارتباط والعبور 33

(9.2): الاختلالات الوراثية 35

الوَحْدَةُ الثّالِثة

* الفصل الأول: الجهاز الهيكلي 42

(1.1): أقسام الجهاز الهيكلي 43

(2.1): أشكال العظم 47

(3.1): تركيب نسيج العظم 47

* الفصل الثاني: جهاز الدوران 48

(1.2): تركيب جهاز الدوران 49

* الفصل الثالث: الجهاز المناعي 53

(1.3): الأنظمة المناعية في الجسم 54

(2.3): المناعة الإيجابية والمناعة السلبية 57

الفصل الرابع: البكتيريا 58

(1.4): تصنيف بدائية النوى 59

(2.4): أشكال البكتيريا 60

(3.4): تركيب الخلية البكتيرية 62

الفصل الخامس: الفيروسات 65

(1.5): تركيب الفيروسات 66

(2.5): أشكال الفيروسات 66

(3.5): تصنيف الفيروسات 67

(4.5): تكاثر الفيروسات 67

ورقة عمل 68

اختبار 69

* للعلمي فقط.

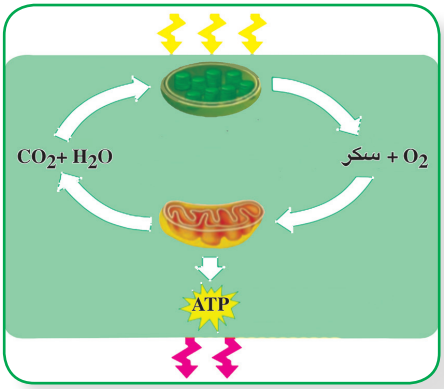
يتوقع من الطلبة بعد دراسة هذه الرزمة والتفاعل مع أنشطتها أن يكونوا قادرين على تحقيق الآتي:

1. التعرف إلى آلية تحولات الطاقة في البناء الضوئي والتنفس الخلوي.
2. استنتاج العلاقة التكاملية بين البناء الضوئي والتنفس الخلوي.
3. تتبع مراحل بناء البروتين من نسخ وترجمة.
4. استخدام قانوني مندل في حل المسائل الوراثية.
5. التمييز بين آلية توارث الصفات المندلية وغير المندلية.
6. الربط بين علم الوراثة والرياضيات.
7. التعرف إلى تركيب الجهاز الهيكلي والدوراني والمناعي ووظائف مكوناتها.
8. توضيح بعض العمليات الحيوية التي تتم في أجسامنا كنبض القلب والدفاع عن الجسم.
9. التعرف إلى خصائص البكتيريا والفيروسات.
10. توضيح الأسس التي يُعتمد عليها في تصنيف البكتيريا والفيروسات.

تدفق الطاقة Energy Flow

تحتاج الكائنات الحية إلى الطاقة للقيام بأنشطتها الحيوية المختلفة، وتعد عملية البناء الضوئي التي تقوم بها النباتات والطحالب وبعض أنواع البكتيريا نقطة الانطلاق في تحولات الطاقة للكائنات الحية المختلفة. وتخزن الطاقة الضوئية في المركبات العضوية؛ لتستفيد منها الخلايا الحية في عملية التنفس الخلوي، حيث تُعد هذه الكائنات الحية مصدراً مهماً لإنتاج الأكسجين في البيئة. فما المقصود بعملية البناء الضوئي؟ وكيف تحول النباتات الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية؟ وكيف يتم إنتاج الطاقة في غياب الأكسجين؟ وما العلاقة التكاملية بين البناء الضوئي والتنفس الخلوي؟ هذه الأسئلة، وأُخرى غيرها، سأتمكن من الإجابة عنها بعد دراستي هذا الفصل، وسأكون قادراً على:

1. تتبع مراحل التفاعلات الضوئية اللاحلقية والحلقية، والمقارنة بينها.
2. تتبع التفاعلات التي تحدث في حلقة كالفن، وذكر نواتجها.
3. إستنتاج العلاقة بين معدل البناء الضوئي وبعض العوامل البيئية.
4. تتبع مراحل التنفس الخلوي.



1.1 البناء الضوئي Photosynthesis

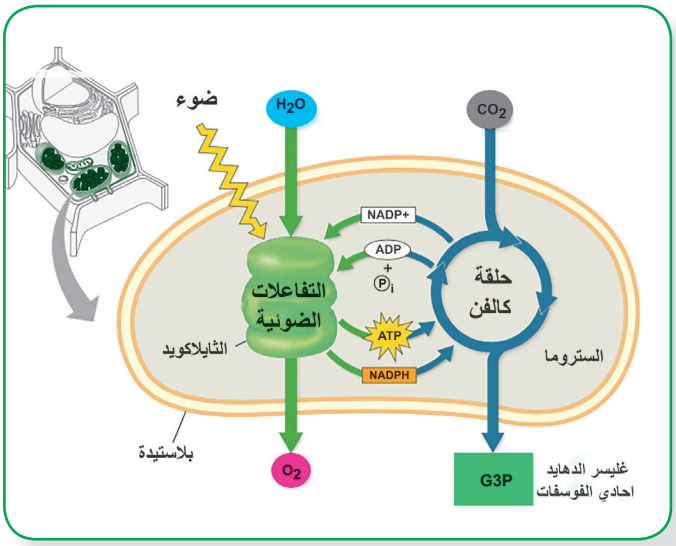
تدار الحياة على الأرض بالطاقة الشمسية التي تقطع مسافة 150 مليون كيلومتر من الشمس، وتستخدمها النباتات مثلاً لتحويلها إلى طاقة كيميائية مخزنة في السكر وغيره من الجزيئات العضوية. وتسمى هذه العملية البناء الضوئي.

توصل العلماء إلى أن الزيادة في كتلة النبات مصدرها ثاني أكسيد الكربون CO_2، الذي يتحول إلى سكر الغلوكوز في عملية البناء الضوئي، وأن الأكسجين الناتج مصدره الماء. ومصدر الطاقة اللازمة لتحلل الماء هو الشمس، وتمتص جزيئات صبغة الكلوروفيل الخضراء الطاقة الضوئية، وتحولها إلى طاقة كيميائية. ألاحظ المعادلة الآتية:

$$6\,CO_2 + 12H_2O \xrightarrow[\text{كلوروفيل}]{\text{طاقة ضوئية}} C_6H_{12}O_6 + 6O_2 + 6H_2O$$

لأتعرف على تفاعلات البناء الضوئي، أدرس الشكل (1)، ثم أجيب عن الأسئلة الآتية:

1. يشير الشكل إلى حدوث نوعين من التفاعلات في البناء الضوئي، أذكرهما.
2. أعدد المواد اللازمة لحدوث البناء الضوئي.
3. أحدد المواد الناتجة من التفاعل.
4. أين تحدث هذه التفاعلات؟



الشكل (1): تفاعلات البناء الضوئي

تقسم تفاعلات البناء الضوئي إلى مرحلتين أساسيتين هما:

التفاعلات الضوئية Light Reactions والتفاعلات اللاضوئية (حلقة كالفن Calvin Cycle)

يتطلب حدوث **التفاعلات الضوئية** وجود الضوء، حيث ينشطر فيها الماء باستخدام الطاقة الضوئية إلى إلكترونين وأيوني هيدروجين التي تستخدم في اختزال نواقل الإلكترونات، والأكسجين الذي يتصاعد في الهواء الجوي. ويتم بوساطتها تحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة مختزنة في ATP وNADPH.

أما **التفاعلات اللاضوئية** (حلقة كالفن) فإنها تقوم بتثبيت ثاني أكسيد الكربون CO_2 باستخدام نواتج التفاعلات الضوئية (ATP وNADPH) لإنتاج سكر غليسر الدهايد أحادي الفوسفات (G3P)، الذي يمثل الهيكل الكربوني للمركبات العضوية، وهو أول مركب كربوهيدراتي ثابت ينتجه النبات، علماً بأن هذه التفاعلات لا تحتاج إلى الضوء بشكل مباشر؛ لذلك سميت بالتفاعلات اللاضوئية.

امتصاص الطاقة الضوئية

يوجد الكلوروفيل في أغشية الثايلاكويد، الذي يكسب النبات اللون الأخضر، ويمكّن النبات من القيام بعملية البناء الضوئي، ويوجد عدة أنواع من الكلوروفيل، منها كلوروفيل a و b، حيث تشترك في التركيب الأساسي وتختلف بشكل بسيط عن بعضها. ويُعد امتصاص الطاقة الضوئية ضرورياً لحدوث عملية البناء الضوئي. ويمتد طول موجات الضوء المرئي من 380-750 نانوميتر تقريبا.

وتعمل أصباغ كلوروفيل a وكلوروفيل b، والكاروتين على امتصاص موجات الضوء الحمراء والزرقاء بكميات كبيرة، بينما تمتص أصباغ أخرى الموجات الضوئية بكميات قليلة.

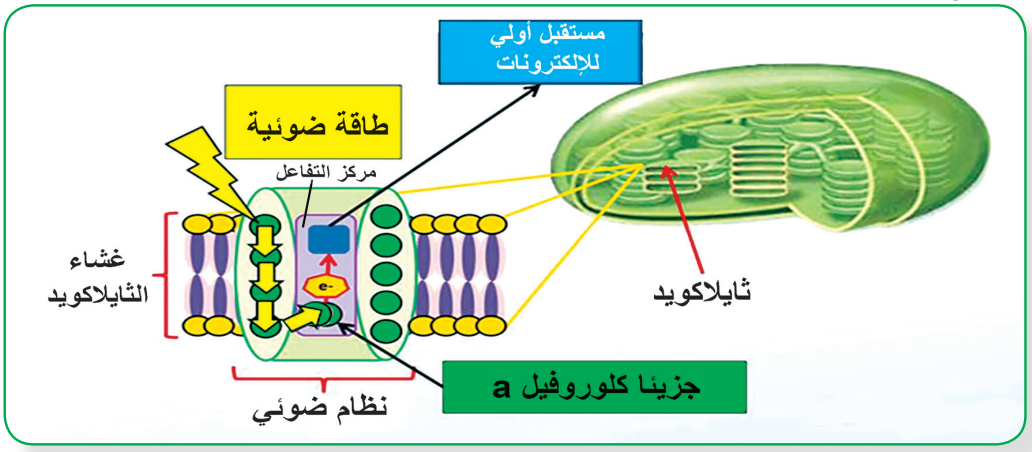
سؤال: كيف أفسر ظهور اللون الأخضر في النباتات؟

1. التفاعلات الضوئية

يتم امتصاص الضوء في البلاستيدات بوساطة صبغة الكلوروفيل، والصبغات الأُخرى الضرورية لعملية البناء الضوئي. وتترتب هذه الأصباغ في نظامين ضوئيين وظيفيين في غشاء الثايلاكويد Thylakoid Membrane، يسميان النظام الضوئي الأول Photosystem I والنظام الضوئي الثاني Photosystem II.

يتكون كل نظام ضوئي من الأجزاء الآتية:

1. مركز التفاعل Reaction Center: نظام بروتيني يحتوي على جزيئين من كلوروفيل a، ومستقبل إلكتروني أولي Primary Electron Acceptor، ويكون جزيئا الكلوروفيل في مركز التفاعل قادرين على إطلاق إلكترونات منشطة، أنظر الشكل (2).
2. أنواع مختلفة من الصبغات، مثل: كلورفيل a ، وكلوروفيل b، والكاروتين، وتكون مرتبطة ببروتينات، وتعمل هذه الأصباغ كلاقطات تمتص الطاقة الضوئية، ومن ثم تمررها لمركز التفاعل.

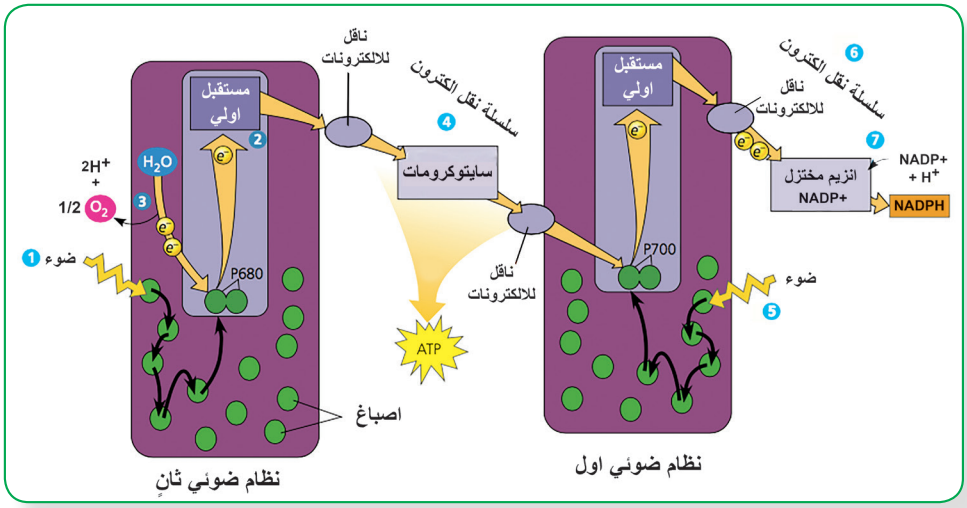


الشكل (2): تركيب النظام الضوئي

سؤال: ما وظيفة مركز التفاعل في النظام الضوئي؟

يتم تحويل الطاقة الضوئية الممتصة إلى طاقة مختزنة في روابط كيميائية في مسارين للإلكترونات هما:
المسار الإلكتروني اللاحلقي والمسار الإلكتروني الحلقي.

أولاً: المسار الإلكتروني اللاحلقي Noncyclic Electron Flow



الشكل (3) تفاعلات المسار الإلكتروني اللاحلقي

بالاعتماد على الشكل (3) الذي يوضح المسار الإلكتروني اللاحلقي، أجيب عن الأسئلة الآتية:

1. أذكر أهمية امتصاص الضوء في بداية هذا المسار.
2. ما الذي يسهم في وصول الإلكترون إلى المستقبل الأولي؟
3. أذكر دور جزيئات كلوروفيل a الموجودة في مركز التفاعل لكل نظام ضوئي.
4. ما أهمية تحلل الماء؟
5. أعدد نواتج هذا المسار.
6. يحتوي المسار الإلكتروني اللاحلقي على نظام ضوئي أول ونظام ضوئي ثانٍ، إلا أن بداية المسار تكون عند النظام الضوئي الثاني. كيف أفسر ذلك؟

مراحل المسار الالكتروني اللاحلقي

1. تمتص الجزيئات الصبغية في النظام الضوئي الثاني الموجات الضوئية؛ مما يسبب انتقال الإلكترونات إلى مستوى طاقة أعلى في جزيء الصبغة الواحدة، بعد ذلك تنتقل طاقة الإلكترونات من جزيء كلوروفيل إلى آخر حتى تصل مركز التفاعل ليتم تنشيطه ليصبح مانحاً قوياً للإلكترونات.
2. تمر هذه الإلكترونات المحملة بالطاقة إلى مستقبل الإلكترونات الأولي، الذي له جاذبية قوية للإلكترونات.
3. نتيجة لاستمرار امتصاص الضوء يعمل أنزيم خاص في النظام الضوئي الثاني على فصل جزيئات الماء حسب المعادلة الآتية:

$$H_2O \xrightarrow{\text{أنزيم}} 2H^+ + \frac{1}{2}\ O_2 + 2e^-$$

وبالتالي تزويد مركز تفاعل النظام الضوئي الثاني بالإلكترونات واحداً تلو الآخر، وترتبط ذرات الأكسجين معاً مكونة جزيئات أكسجين، حيث تنطلق إلى الجو كناتج نهائي عن البناء الضوئي.

4 تنتقل الإلكترونات المنشطة من المستقبل الأولي عبر سلسلة من النواقل البروتينية؛ حتى تصل إلى السايتوكروم، الذي يتم من خلاله بناء جزيئات ATP كما في المعادلة الآتية:

$$ADP + Pi + \text{طاقة} \xrightarrow{\text{أنزيم بناء ATP}} ATP$$

وهذه إحدى الطرق التي يتم فيها تحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية.

5 بعد ذلك تصل الإلكترونات إلى مركز التفاعل في النظام الضوئي الأول وقد استنفدت طاقتها؛ ليتم إعادة تنشيطها من جديد من خلال الجزيئات الصبغية في النظام الضوئي الأول، والتي تمتص الموجات الضوئية؛ مما يتسبب في انتقال الإلكترونات إلى المستقبل الأولي.

6 تستمر الإلكترونات في انتقالها من ناقل لأخر في سلسلة نقل الإلكترون، حيث تمر في عمليات أكسدة واختزال؛ حتى تصل إلى أنزيم مختزل $NADP^+$ في النظام الضوئي الأول.

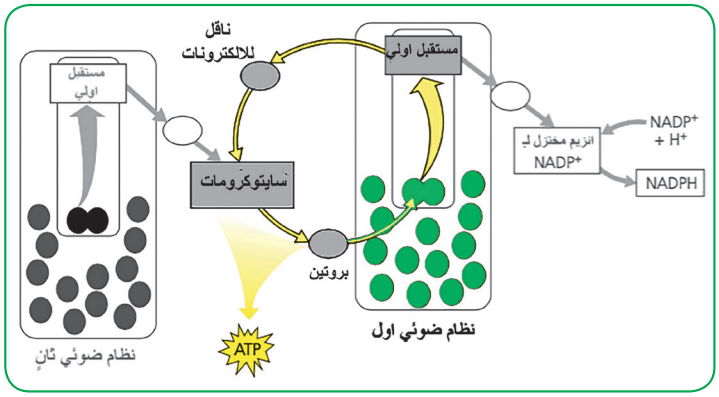
7 وبالتالي يختزل $NADP^+$ إلى NADPH كما في المعادلة الآتية:

$$NADP^+ + 2H^+ + 2e^- \xrightarrow[NADP^+]{\text{أنزيم مختزل}} NADPH + H^+$$

وهذه طريقة أخرى يتم فيها تحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية.

ثانيا: المسار الإلكتروني الحلقي Cyclic Electron Flow

تصل الإلكترونات إلى مركز التفاعل في النظام الضوئي الأول، وتكون قد استنفدت طاقتها؛ ليتم إعادة تنشيطها من خلال الأصباغ التي تمتص الطاقة الضوئية، ومن ثم تنتقل إلى المستقبل الأولي في النظام الضوئي الأول، ثم إلى سلسلة نقل الإلكترون التي تربط بين النظامين الضوئيين؛ ليتم إنتاج جزيئات حاملات الطاقة ATP فقط، ألاحظ الشكل (4).



الشكل (4): تفاعلات المسار الإلكتروني الحلقي

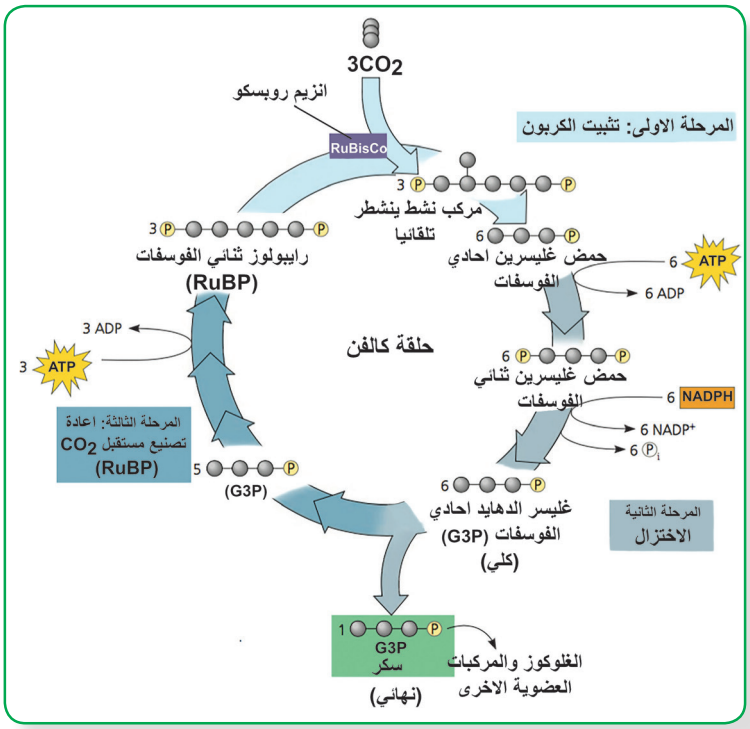
سؤال: أقارن بين المسار الإلكتروني اللاحلقي والمسار الإلكتروني الحلقي من حيث:

أ. النظام الضوئي المشارك
ب. النواتج
جـ. مستقبل الإلكترون الأخير.
د. تعويض الإلكترونات.

٢. التفاعلات اللاضوئية: حلقة كالفن Calvin Cycle

تسمى هذه التفاعلات حلقة كالفن Calvin Cycle نسبة إلى مكتشفها، وتحدث هذه التفاعلات في ستروما البلاستيدة حيث توجد الأنزيمات اللازمة لها، ودون الحاجة للضوء، ويتم فيها استخدام الطاقة المختزنة في نواتج التفاعلات الضوئية ATP و NADPH.

ويدخل الكربون حلقة كالفن على شكل CO_2 ويغادرها على شكل سكر. ولتشغيل الحلقة يتم استهلاك جزيئات ATP كمصدر للطاقة، وNADPH كعامل اختزال قوي يضيف إلكترونات ذات طاقة عالية وأيونات هيدروجين لصنع جزيئات السكر، أنظر الشكل (5).



الشكل (5): تفاعلات حلقة كالفن

وتتضمن حلقة كالفن ثلاث مراحل رئيسية هي:

المرحلة الأولى: تثبيت الكربون Carbon Fixation

يتم تثبيت ثلاثة جزيئات CO_2 واحداً تلو الآخر، وذلك من خلال ربط كل جزيء بمركب خماسي الكربون يسمى رايبولوز ثنائي الفوسفات RuBP، بوساطة أنزيم يدعى اختصارا روبيسكو RuBisCo، فينتج ثلاثة جزيئات من مركب نشط (سداسي الكربون) غير ثابت، سرعان ما ينشطر تلقائياً إلى جزيئين من حمض غليسرين أحادي الفوسفات 3-Phosphoglycerate فيتكون ما مجموعه ستة جزيئات منه.

المرحلة الثانية: الاختزال Reduction

يحصل كل جزيء من حمض غليسرين أحادي الفوسفات من الجزيئات الستة التي تكونت على مجموعة فوسفات من جزيء ATP، فيتكون حمض غليسرين ثنائي الفوسفات 1,3-Biphosophoglycerat، ويعمل مركب NADPH على اختزال حمض غليسرين ثنائي الفوسفات إلى غليسر الدهايد أحادي الفوسفاتGlyceraldehyde 3-Phosphat أو اختصاراً G3P، حيث يتكون ستة جزيئات منه.

المرحلة الثالثة: إعادة تصنيع رايبولوز ثنائي الفوسفات RuBP (مستقبل CO_2)

يُستخدم جزيء واحد فقط من G3P كناتج نهائي لحلقة كالفن كنقطة البداية لمسارات عمليات الأيض لإنتاج مركبات عضوية تشمل الغلوكوز ومركبات عضوية أخرى، أما جزيئات G3P الخمسة الأخرى فستستخدم في إعادة بناء مركب رايبولوز ثنائي الفوسفات في سلسلة معقدة من التفاعلات يستهلك خلالها ثلاثة جزيئات ATP.

2.1 التنفس الخلوي Cellular Respiration

تقوم الخلايا بوظائف مختلفة تشمل عمليات حيوية مثل الانقسام الخلوي، وتكوين النشا، وتحويل الغلوكوز إلى الغلايكوجين، وتكوين البروتينات من الحموض الأمينية، بالإضافة إلى انقباض العضلات في الحيوانات وغيرها من الأنشطة التي تحتاج إلى طاقة.

ويتم إنتاج الطاقة من خلال عملية التنفس الخلوي التي تقوم بوساطتها الكائنات الحية بتحليل المواد الغذائية مثل: الكربوهيدرات، وتحرير الطاقة المخزونة في الروابط الكيميائية الموجودة بين جزيئاتها.

وفي معظم الكائنات الحية تحتاج هذه العمليات إلى وجود الأكسجين، وبالتالي تسمى التنفس الهوائي Aerobic Respiration، في حين هنالك كائنات حية تقوم بهذه العملية دون استخدام الأكسجين، (كمستقبل أخير للإلكترون وتستخدم النترات NO_3^{-1} أو السلفات SO_4^{-2} بديلا عن الأكسجين)، وتسمى هذه العملية التنفس اللاهوائي Anaerobic Respiration والنوع الثالث من الكائنات الحية يقوم بالتنفس في غياب الأكسجين (كمستقبل أخير للإلكترون ويكون مستقبل الإلكترون مركباً عضوياً) بما يسمى التخمر Fermentation.

أولا: التنفس الهوائي Aerobic Respiration

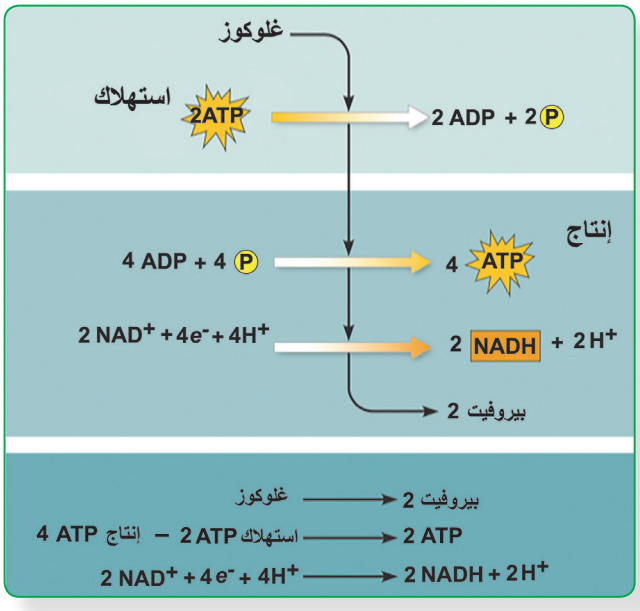
يحدث هذا النوع من التنفس في معظم الكائنات الحية، حيث تعتمد على وجود الأكسجين وتطلق غاز ثاني أكسيد الكربون. ويتم استخدام الأكسجين في أكسدة المواد الغذائية مثل الغلوكوز لإنتاج الطاقة اللازمة لتأدية العمليات الحيوية التي تقوم بها الخلية، ألاحظ المعادلة الآتية:

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \xrightarrow{\text{أنزيمات}} 6CO_2 + 6H_2O + 38\ ATP$$

وتتضمن عملية التنفس الهوائي أربع مراحل تتم في سلسلة معقدة من التفاعلات المنتظمة والمترابطة كما يأتي:

1. مرحلة التحلل الغلايكولي Glycolysis

تحدث هذه المرحلة في سيتوسول جميع الخلايا الحية، وهذه العملية لا تتطلب وجود الأكسجين لإنتاج الطاقة. في هذه المرحلة ينشطر سكر الغلوكوز إلى جزيئين من سكر غليسر الدهايد (ثلاثي الكربون) ليتأكسد كل جزيء منهما؛ ليكونا في نهاية هذه المرحلة جزيئين من حمض البيروفيك (البيروفيت)، في هذه العملية يتم اختزال جزيئين من ناقل الهيدروجين NAD^+ إلى NADH وكذلك ينتج جزيئان من ATP. ألاحظ الشكل (6).

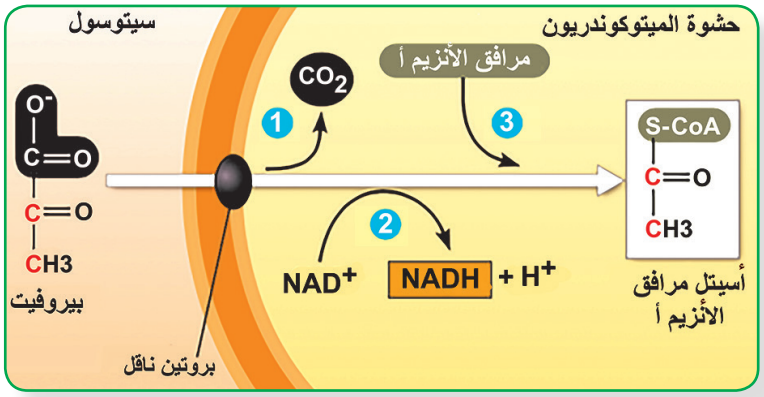


الشكل (6): ملخص لمرحلة التحلل الغلايكولي

ملاحظة: تمثل جزيئات NAD^+ وNADH اختصارا لنيكوتين أميد أدينين ثنائي النيوكليوتيد Nicotinamide Adenine Dinucleotide، وهو يعدّ أهم ناقل للإلكترونات أثناء التنفس الخلوي. يستقبل NAD^+ زوجاً من الإلكترونات وبروتوناً واحداً حيث يختزل إلى NADH.

2. تحويل البيروفيت إلى الأسيتل مرافق الأنزيم – أ Acetyl Co-A

الطاقة الناتجة من التحلل الغلايكولي تكون غير كافية لأداء الوظائف الحيوية في معظم الكائنات الحية؛ لذلك يدخل البيروفيت Pyruvate من السيتوسول إلى حشوة الميتوكندريا واحداً تلو الآخر (في حالة وجود الأكسجين لإنتاج كمية أكبرمن الطاقة) ثم يتحول إلى مركب أسيتل مرافق الأنزيم-أ.



الشكل (7): تحول البيروفيت إلى أسيتل مرافق الأنزيم-أ

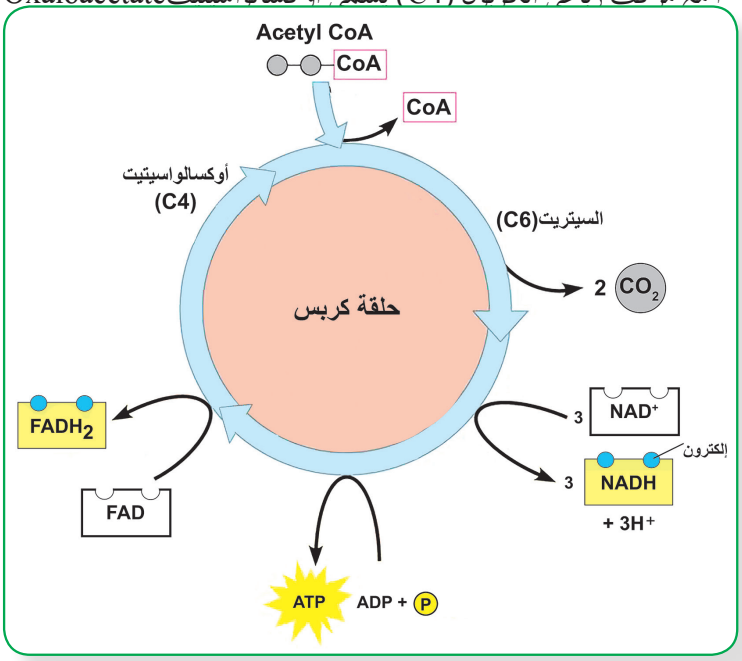
سؤال: أ- أتتبع الشكل (7) الذي يوضح خطوات تحول البيروفيت إلى أسيتل مرافق الأنزيم-أ.

ب- أحسب المواد الداخلة والناتجة من هذه المرحلة لجزيء غلوكوز واحد.

3. حلقة كربس Krebs Cycle

تتضمن سلسلة من التفاعلات؛ حيث تحدث في حشوة الميتوكندريون، وينتج عنها مركبات وسطية وفق الآتي:

أ- تبدأ الحلقة بتفاعل جزيء أسيتل مرافق الأنزيم –أ مع مركب رباعي الكربون (C4) يسمى أوكسالواستيت Oxaloacetate لينتج مركباً سداسي الكربون (C6)، هو السيتريت Citrate، حيث يمر السيتريت بعدة مراحل لإعادة بناء الأوكسالواستيت من جديد. ما أهمية ذلك؟ ألاحظ الشكل (8).



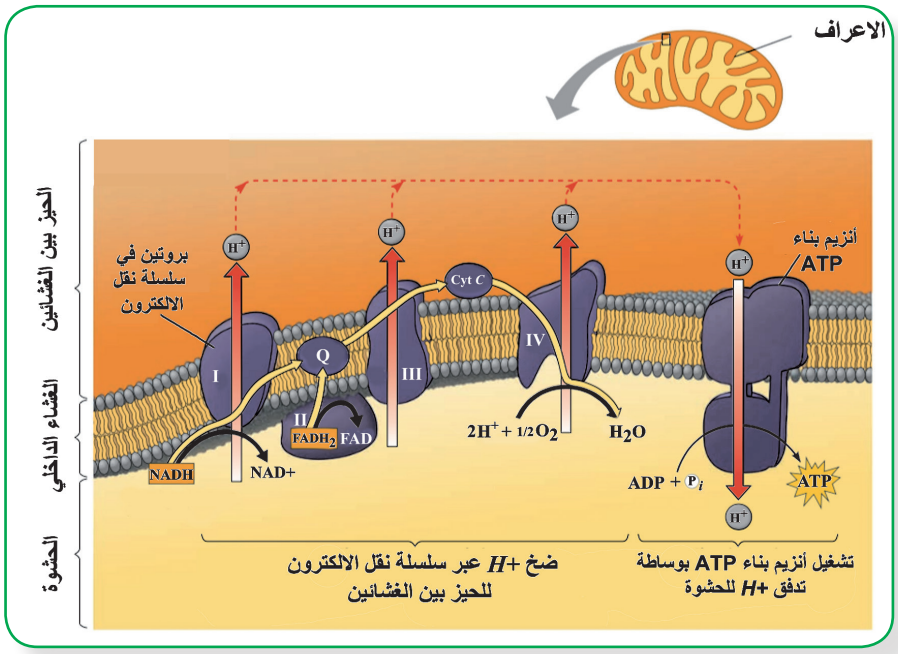
الشكل (8): حلقة كربس

ب- يتحرر أثناء هذه الدورة مرافق الأنزيم –أ ليكرر عمله في دورة أخرى، وينتج جزيئان من ثاني أكسيد الكربون وجزيء ATP، كما وينتج ثلاثة جزيئات من NADH وجزيء واحد من $FADH_2$ وذلك في كل دورة.

جـ- تتكرر الدورة مرتين، مرة لكل جزيء من مجموعة الأسيتل مرافق الأنزيم-أ، لماذا؟

سؤال: ما ناتج تحلل ثلاثة جزيئات غلوكوز في حلقة كربس؟

4. سلسلة نقل الإلكترون Electron Transport Chain



الشكل (9): مسار الإلكترونات وبناء ATP في سلسلة نقل الإلكترون

يتضح من المراحل السابقة أن الطاقة (ATP) الناتجة بشكل مباشر من تحلل جزيء غلوكوز واحد هوائياً كانت قليلة (أربعة جزيئات من ATP: جزيئين من التحلل الغلايكولي، وجزيئين من حلقة كربس)، والسبب في ذلك يعود إلى أن النسبة الأكبر من الطاقة يتم تخزينها في جزيئات حاملات الطاقة (NADH و $FADH_2$)؛ لذلك لا بد من استخلاص الطاقة من هذه الجزيئات على شكل ATP من خلال سلسلة نقل الإلكترون. أنظر إلى الشكل (9) وأتتبع تفاعلات هذه السلسلة.

أ- يوجد في الغشاء الداخلي للميتوكندريون (الأعراف) مجموعة من الأنزيمات والبروتينات تترتب وفق نظام خاص يتيح لها إطلاق الطاقة عند نقل الإلكترونات من جزيئات حاملات الطاقة (NADH و $FADH_2$)، ويسمى هذا النظام سلسلة نقل الإلكترون. ألاحظ الشكل (9).

ب- تنتقل الإلكترونات ضمن مستويات طاقة مختلفة من خلال مرورها من بروتين إلى آخر من السيتوكرومات (بروتينات تحتوي على ذرة حديد)، حيث تنطلق الطاقة المخزنة في النواقل الهيدروجينية (NADH و $FADH_2$) عبر سلسلة نقل الإلكترون لتكوين جزيئات ATP. وتعرف هذه العملية **بالفسفرة التأكسدية Oxidative Phosphorylation.**

جـ- تتكون جزيئات ATP في سلسلة نقل الإلكترون كما يأتي:

1 تعمل البروتينات في سلسلة نقل الإلكترون كمضخات للبروتونات H^+، حيث تقوم بضخ H^+ من داخل الحشوة إلى الحيز بين الغشائي باستخدام طاقة الإلكترون عبر سلسلة نقل الإلكترون كما توضح المعادلة الآتية:

$$NADH + H^+ \longrightarrow NAD^+ + 2e^- + 2H^+$$

2 استمرار ضخ البروتونات إلى الحيز بين الغشائي يؤدي إلى زيادة تركيز أيونات الهيدروجين H^+ هناك، ويؤدي ذلك إلى انتقال أيونات الهيدروجين بفعل فرق التركيز إلى داخل الحشوة عبر أنزيم بناء ATP.

3 هذا الانتقال يؤدي إلى تنشيط أنزيم بناء ATP، وبالتالي بناء ATP من جزيئات ADP ومجموعات الفوسفات، كما توضح المعادلة الآتية:

$$ADP + Pi \xrightarrow[\text{بناء ATP}]{\text{أنزيم}} ATP$$

د- ينتج عن كل جزيء من NADH ثلاثة جزيئات من ATP، بينما ينتج عن كل جزيء من $FADH_2$ جزيئان من ATP. لماذا؟ أتتبع الشكل (10) وأفسر ذلك.

هـ- بعد تصنيع جزيئات ATP داخل حشوة الميتوكندريون يتم تصديرها بوساطة بروتين خاص إلى السيتوبلازم لتستخدم في الخلية.

و- في نهاية سلسلة نقل الإلكترون يكون الأكسجين هو المستقبل النهائي للإلكترونات، حيث يتم ربط الهيدروجين والأكسجين لتكوين H_2O. كما توضح المعادلة الآتية:

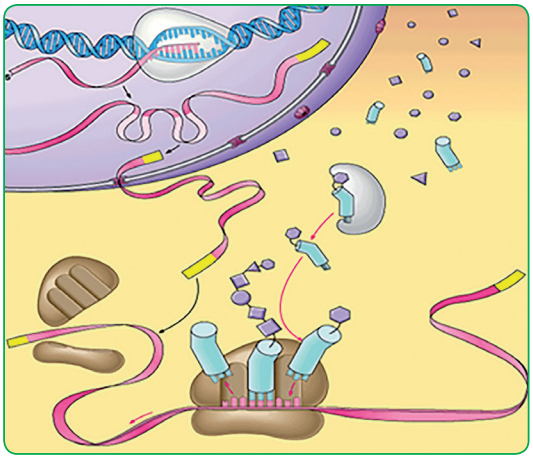
$$2H^+ + 2e^- + \frac{1}{2} O_2 \xrightarrow{\text{أنزيم}} H_2O$$

جدول (1): نتائج عملية إنتاج جزيئات الطاقة من تحلل جزيء غلوكوز واحد هوائياً

نتائج تحلل جزيء غلوكوز واحد هوائيا					
المرحلة	عدد جزيئات NADH الناتجة	عدد جزيئات $FADH_2$ الناتجة	عدد جزيئات CO_2 الناتجة	عدد جزيئات ATP الناتجة بشكل مباشر	عدد جزيئات ATP الناتجة في سلسلة نقل الإلكترون (غير مباشر)
التحلل الغلايكولي					
تحول البيروفيت إلى أسيتل مرافق الأنزيم -أ					
حلقة كربس					
المجموع الكلي لجزيئات ATP					

الفصل الثاني 2

من الجين إلى البروتين From Gene to Protein



تحدد الجينات في DNA صفات الكائن الحي، التي تشكل تسلسلاً محدداً من النيوكليوتيدات التي تعطي الصفات المختلفة للكائنات الحية، ولكن، كيف تحدد الجينات تركيب البروتين؟ وكيف تحدث عملية تحويل المعلومات الوراثية إلى لغة واضحة تُستخدم في بناء البروتين؟ وكيف تتحول هذه البروتينات إلى شكلها الفاعل في الخلية؟ هذه الأسئلة وغيرها سأتمكن من الإجابة عليها بعد دراستي هذا الفصل، وسأكون قادرا على:

1. توضيح المقصود بالمفاهيم الآتية: الشيفرة الوراثية، الكودون، الكودون المضاد.
2. التمييز بين دور كل من DNA وRNA في عملية النسخ والترجمة.
3. تتبع مراحل عملية بناء البروتين من نسخ وترجمة.
4. تقدير دور العلماء في اكتشاف الشيفرة الوراثية وفك أسرارها.

2 . 1 الشيفرة الوراثية Genetic Code

تمثل الشيفرة الوراثية تسلسل النيوكليوتيدات في DNA، والتي تمثل وحدات ثلاثية على جزيء mRNA بالكودون، والتي يتم قراءتها في الرايبوسوم لانتاج العديد.

توصل العلماء إلى الكودونات اللازمة التي تشفر الحموض الأمينية. كما هو موضح في الجدول (1).

نشاط (1): الشيفرة الوراثية

بالاعتماد على الجدول (1)، أجيب عن الأسئلة الآتية:

1. كم عدد أنواع الكودونات التي يمكن أن تكون على سلسلة mRNA؟
2. أكتب كودونات البدء والإيقاف.
3. أذكر الحموض الأمينية التي تشفر بكودون واحد فقط.
4. يمكن أن يُشفر الحمض الأميني بأكثر من كودون ولكن العكس لا يكون صحيحا، أبين ذلك بالأمثلة.
5. بماذا تختلف الكودونات التي تشفر نفس الحمض الأميني؟

الجدول (1): الشيفرة الوراثية في جزيء mRNA

الحرف الأول	الحرف الثاني U		الحرف الثاني C		الحرف الثاني A		الحرف الثاني G		الحرف الثالث
U	UUU	فينيل الانين	UCU	سيرين	UAU	تيروسين	UGU	سيستين	U
	UUC		UCC		UAC		UGC		C
	UUA	ليوسين	UCA		UAA	توقف	UGA	توقف	A
	UUG		UCG		UAG		UGG	تربتوفان	G
C	CUU	ليوسين	CCU	برولين	CAU	هستدين	CGU	أرجينين	U
	CUC		CCC		CAC		CGC		C
	CUA		CCA		CAA	غلوتامين	CGA		A
	CUG		CCG		CAG		CGG		G
A	AUU	ايزو ليوسين	ACU	ثريونين	AAU	أسبرجين	AGU	سيرين	U
	AUC		ACC		AAC		AGC		C
	AUA		ACA		AAA	لايسين	AGA	ارجينين	A
	AUG ميثيونين أو بدء		ACG		AAG		AGG		G
G	GUU	فالين	GCU	الانين	GAU	حمض أسبرتيك	GGU	غلايسين	U
	GUC		GCC		GAC		GGC		C
	GUA		GCA		GAA	حمض غلوتميك	GGA		A
	GUG		GCG		GAG		GGG		G

ملاحظة: تحفظ كودونات البدء والإيقاف فقط.

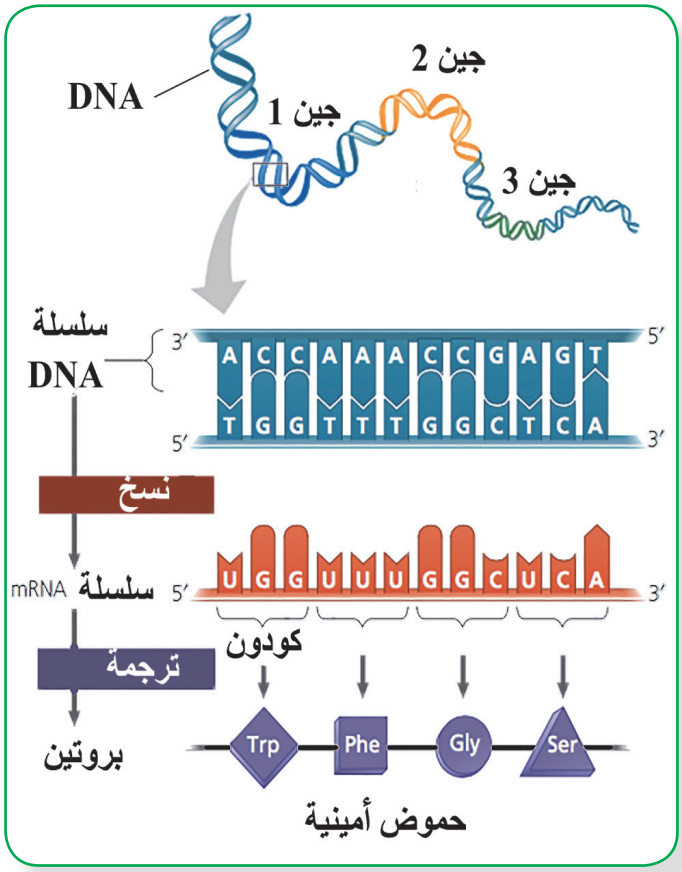
2.2 بناء البروتين

تتمثل عملية بناء البروتين في تحويل تسلسل معين من النيوكليوتيدات على جزيء DNA إلى لغة يمكن قراءتها بوساطة الرايبوسوم؛ ليتم بذلك بناء سلسلة عديد الببتيد، ويلزم هذه العملية نسخ أنواع من الحموض النووية من نوع RNA حيث يتم نسخها من جينات خاصة لكل نوع موجودة ضمن تسلسل DNA وذلك بوساطة أنزيمات خاصة تسمى أنزيمات بلمرة RNA (DNA Dependent RNA Polymerases) وتتم عملية نسخ الحموض كما يلي:

1. RNA الرسول (mRNA)

يتم نسخ mRNA من إحدى سلاسل DNA (السلسلة 5´ → 3´ تشكل قالباً لعملية النسخ)، التي تمثل سلسلة مفردة تحمل المعلومات الخاصة ببناء البروتين الذي تحتاجه الخلية. ينتقل mRNA من النواة إلى السيتوسول، حيث يشكل قالباً لصنع البروتين من قبل الرايبوسوم. أنظر الشكل (1).

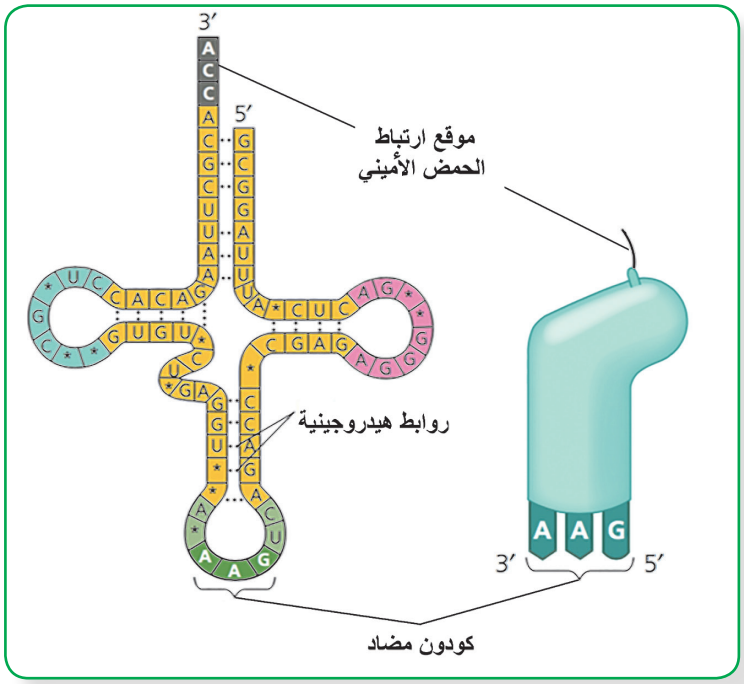
وتبدأ العملية بنسخ جزء مُحدد من سلسلة DNA القالب بواسطة أنزيم بلمرة RNA (RNA Polymerase)، إذ تعمل رموز الشيفرة في DNA كقالب، حيث ينسخ منها سلسلة RNA الرسول (mRNA) بشكل متمم Complementary، إذ يحل نيوكليوتيد اليوراسيل (U) محل الثايمين (T) الذي يتممه نيوكليوتيد الأدنين (A)، ونيوكليوتيد السايتوسين (C) يتممه نيوكليوتيد الغوانين (G).



الشكل (1): تدفق المعلومات الوراثية بدءاً من DNA وحتى البروتين

2. RNA الناقل tRNA

يقوم tRNA بنقل الحموض الأمينية من السيتوسول إلى الرايبوسوم، ليتم ربطها في سلسلة عديد الببتيد. ويتكون tRNA من شريط مفرد يلتف على نفسه، ليكون 4 حلقات، أنظر الشكل (2)، حيث تحتوي الحلقة الثانية على ثلاثة نيوكليوتيدات تمثل كودوناً مضاداً يكون متمماً لأحد الكودونات على جزيء mRNA.



الشكل (2): رسم جزيئي وتخطيطي لتركيب tRNA

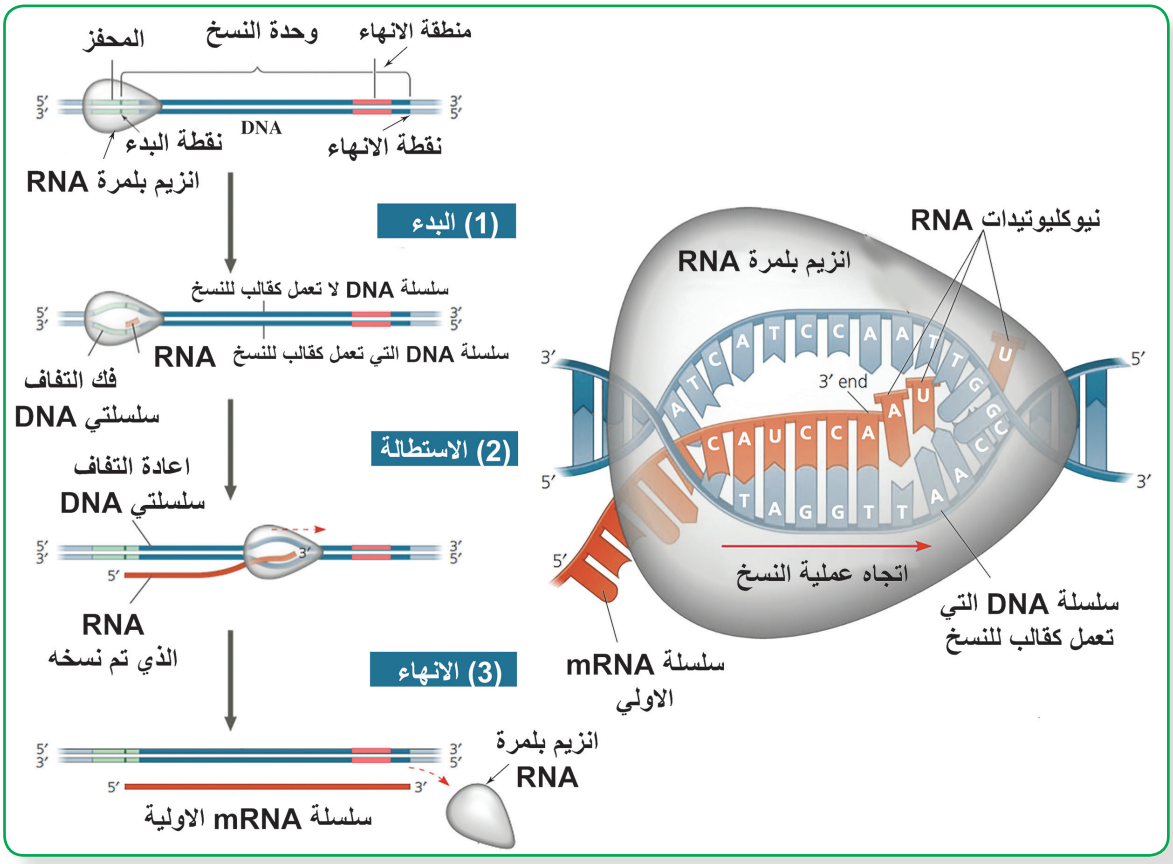
3. RNA الرايبوسومي rRNA

يدخل في بناء الرايبوسوم، ويمثل الناحية الوظيفية فيه، ويعمل على ربط الحموض الأمينية المتجاورة بروابط ببتيدية أثناء عملية الترجمة، ويُبنى rRNA على شكل كروي، حيث يوجد منه عدة أنواع.

مراحل بناء سلسلة عديد الببتيد (البروتين)

أولاً: نسخ Transcription (mRNA)

تتكون عملية نسخ mRNA من ثلاث مراحل هي: البدء، والاستطالة، والإنهاء. أنظر الشكل (3).



الشكل (3) مراحل النسخ: البدء، والاستطالة، والإنهاء

1 **البدء:** ترتبط عوامل النسخ Transcription Factors وأنزيم بلمرة RNA على بداية الجين المراد نسخه من سلسلة DNA (5′ ← 3′) وبالتحديد على تتابع معين من النيوكليوتيدات تسمى المحفز Promoter، حيث يتم فتح سلسلتي DNA الملتفتين في هذا الموقع، ويبدأ أنزيم بلمرة RNA بعملية النسخ.

2 **الاستطالة:** يعمل أنزيم بلمرة RNA على إضافة نيوكليوتيدات، بحيث تكون متممة لتلك الموجودة على سلسلة DNA، التي تعمل كقالب، حيث تبدأ سلسلة mRNA في التكون، وبمجرد مرور الأنزيم تعود سلسلتا DNA للالتفاف مرة أخرى ويستمر إضافة النيوكليوتيدات المتممة، ويحدث إستطالة لجزيء mRNA.

3 **الإنهاء:** يصل أنزيم بلمرة RNA إلى تتابع من النيوكليوتيدات يسمى منطقة الإنهاء Termination Point، حيث ينفصل الأنزيم عن سلسلة DNA، وتطلق سلسلة mRNA الجديدة التي تم تصنيعها. وتعود سلسلتا DNA للالتفاف حول بعضهما ثانية.

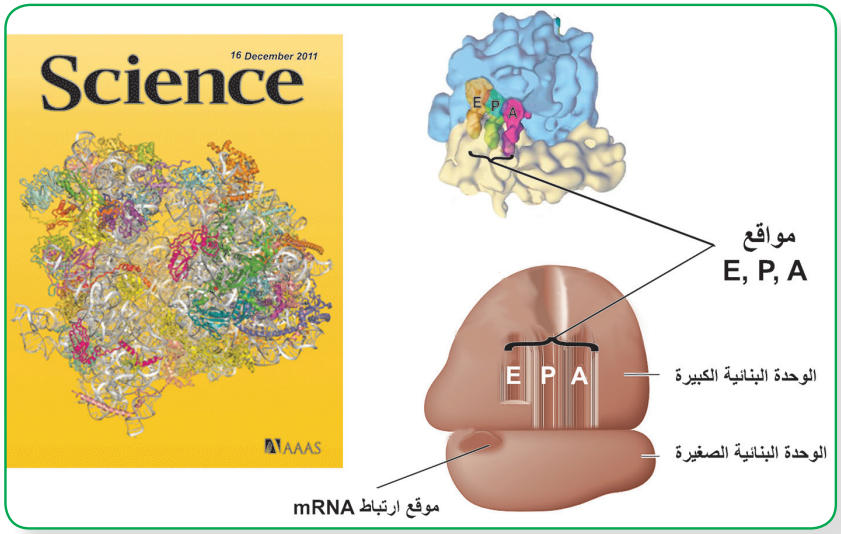
وتسمى السلسلة الناتجة mRNA الأولي Primary mRNA، حيث تمر هذه السلسلة بمرحلة معالجة لينتج من خلالها mRNA الناضج (الوظيفي) (Functional mRNA).

ثانيا: الترجمة Translation

تُمثل عملية ترجمة المعلومات من لغة جزيئية لأخرى، وذلك بتحويل تسلسل النيوكليوتيدات في mRNA إلى تسلسل الحموض الأمينية في عملية بناء البروتين. وتمر عملية الترجمة في ثلاث مراحل هي: البدء، والاستطالة، والإنهاء. ولحدوث عملية الترجمة لا بد من توفر كل من جزيئات mRNA الحاملة للشيفرة الوراثية، وجزيئات tRNA الحاملة للحموض الأمينية، والرايبوسومات التي تُعدّ عُضيات بناء البروتينات.

تركيب الرايبوسوم

يُعدّ الرايبوسوم بمثابة المصنع الذي يتم من خلاله ربط الحموض الأمينية بعضها ببعض لبناء سلسلة عديد الببتيد، ويتركب الرايبوسوم في الخلايا حقيقية النوى من وحدتين بنائيتين: وحدة بنائية صغيرة Small Subunit، ووحدة بنائية كبيرة Large Subunit. تتكون الوحدات البنائية للريبوسوم من جزيئات rRNA وبروتينات، وتمثل هذه البروتينات الأجزاء التركيبية للرايبوسوم، أما الأجزاء الوظيفة فتمثل جزيئات rRNA. أنظر الشكل (4).



الشكل (4): التركيب الدقيق للرايبوسوم يُعدّ من الاكتشافات المذهلة

يحتوي الرايبوسوم على أربعة مواقع:

1. موقع لارتباط mRNA: تمثل منطقة الانغماد بين الوحدتين البنائيتين.

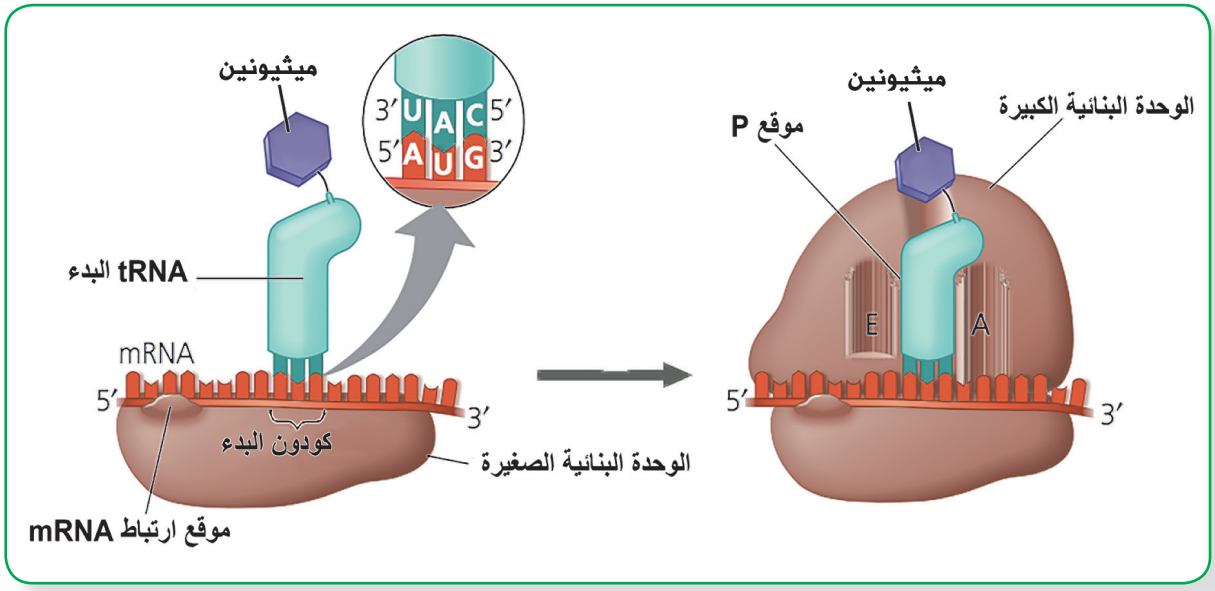
2. ثلاثة مواقع لارتباط tRNA: تُمثل ثلاثة انغمادات على الوحدة البنائية الكبيرة للرايبوسوم، موقعا لارتباط جزيئات tRNA وهذه المواقع هي (A) و (P) و (E). وتعني ما يأتي: (A: Aminoacyl) و(P: Peptidyl) و(E: Exit).

قضية للبحث: ساهمت معرفة الإنسان في التعرف على تركيب الرايبوسوم في الخلايا البدائية في تفعيل دور المضادات البكتيرية. أبحث في ذلك موضحاً تركيب الرايبوسوم.

مراحل عملية الترجمة

1. مرحلة البدء Initiation

أ- يرتبط mRNA بالوحدة البنائية الصغيرة على الرايبوسوم، بحيث يَكون كودون البدء (AUG) في موقع P، ويرتبط جزيء tRNA الحامل للميثيونين على كودون البدء، كما في الشكل (5).



شكل (5): المرحلة الأولى للترجمة؛ البدء

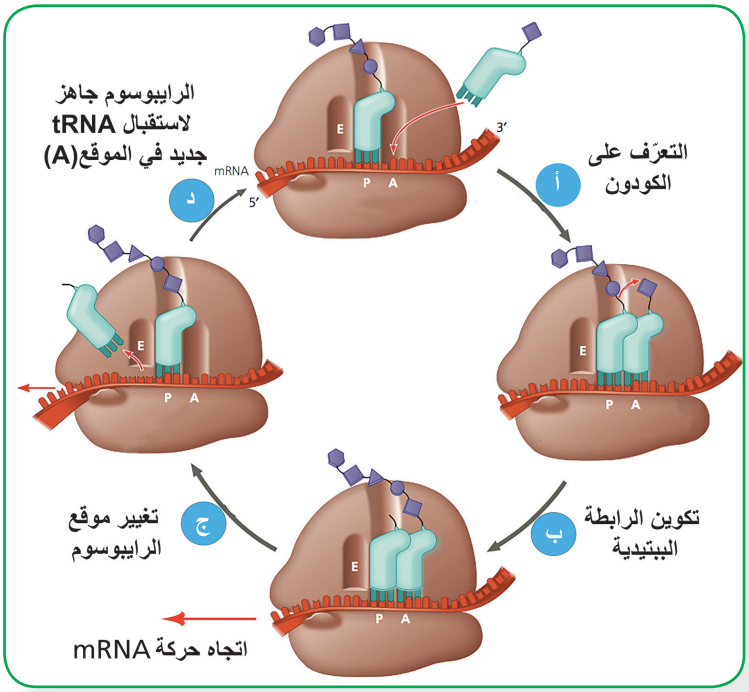
ب- ترتبط الوحدة البنائية الكبيرة بالوحدة البنائية الصغيرة. ومع نهاية المرحلة يكون tRNA الحامل للميثيونين في موقع (P) والموقع (A) يكون فارغاً ومستعداً لاستقبال جزيء tRNA التالي.

2. مرحلة الاستطالة Elongation

يتم إضافة الحموض الأمينية في هذه المرحلة واحداً تلو الآخر، ألاحظ الشكل(6):

أ- التعرف على الكودون: يرتبط الكودون المضاد في tRNA الحامل للحمض الأميني بروابط هيدروجينية مع الكودون المتمم على mRNA في موقع (A).

ب- تكوين الرابطة الببتيدية: يعمل rRNA في الوحدة البنائية الكبيرة كأنزيم رايبوزايم (Ribozyme) على تكوين رابطة ببتيدية بين الحمض الأميني في موقع (P) والحمض الأميني في موقع (A)، وعندها ينفصل tRNA في موقع (P) عن الحمض الأميني الحامل له، ويخرج من الموقع (E).



شكل (6): الترجمة؛ مرحلة الاستطالة

جـ- تغيير موقع الرايبوسوم:

يتحرك mRNA خلال الرايبوسوم بمقدار كودون واحد، فينتقل tRNA من موقع (A) إلى موقع (P)، ونتيجة لذلك يتغير موقع tRNA الحامل لعديد الببتيد من موقع (A) إلى موقع (P).

د- الرايبوسوم جاهز لإستقبال tRNA جديد في الموقع (A): يصبح موقع (A) فارغاً ومستعداً لإستقبال جزيء جديد من tRNA.

3. مرحلة الإنهاء Termination

تستمر عملية الترجمة حتى يقرأ الرايبوسوم أحد كودونات الإيقاف (UAA أو UAG أو UGA) على mRNA في الموقع (A)، وهنا يرتبط عامل بروتيني للإيقاف Release Factor مع كودون الإيقاف في موقع A بدلاً من tRNA. وبذلك تنفصل سلسلة عديد الببتيد عن tRNA في موقع (P)، ثم تنفصل الوحدتان البنائيتان للرايبوسوم بعضهما عن بعض، وتتوقف عملية الترجمة، وتنطلق سلسلة عديد الببتيد. بعد الانتهاء من عملية الترجمة وإنتاج سلسلة عديد الببتيد، تخضع السلسلة لعمليات تعديل، لتكوين **بروتين وظيفي فعال.**

ورقة عمل

السؤال الأول : اختار رمز الإجابة الصحيحة فيما يلي :

1.ما فائدة استخدام الهيدروجين في التفاعلات الضوئية ؟

أ.اختزال الاكسجين ب.اختزال نواقل الالكترونات

ج. اختزال ثاني اكسيد الكربون د.اختزال الماء

2.ما مصدر الزيادة في كتلة النبات؟

أ. الماء ب. ثاني اكسيد الكربون ج. الاكسجين د.ATP

3.اين تحدث حلقة كربس ؟

أ.الستوسول ب. حشوة البلاستيدة ج. حشوة الميتوكندريا د. الاعراف

4.ما عدد ذرات الكربون في الاوكسالواستيت ؟

أ.3 ب.4 ج.5 د.6

5.من اين يتم ضخ (H+) في سلسلة نقل الالكترون بواسطة البروتينات التي تعمل كمضخات للبروتونات (H+)؟

أ.الحيز بين الغشائي الى حشوة الميتوكندريا ب.السيتوسول الى حشوة الميتوكندريا

ب.داخل حشوة الميتوكندريا الى الحيز بين الغشائي ج.حشوة الميتوكندريا الى السيتوسول

6. ما عدد الكودونات اللازمة لتشفير عديد ببتيد مكون من 35 حمض اميني؟

أ.22 ب.23 ج.35 د.36

7.ما نوع الرابطة بين الكودون المضاد على tRNA والكودون على mRNA؟

أ.ببتيدية ب. هيدروجينية ج. نيتروجينية د.ايونية

السؤال الثاني:

اذا تم استهلاك 36 جزيء ATP في حلقة كالفن:

1.كم جزيء G3P كلي ونهائي ينتج في مرحلة الاختزال؟

2.ما عدد جزيئات NADPH و CO2 المستهلكة؟

3.كم عدد جزيئات الغلوكوز الناتجة؟

4.ما اسم المركب الذي يربط بين حلقتي كالفن وكربس ؟

5.وضح المرحلة الاولى من الحلقة.

السؤال الثالث :اذا نتج من مجمل التنفس الهوائي (20) $FADH_2$ احسب:

1.عدد جزيئات الغلوكوز التي دخلت التنفس الهوائي

2.عدد جزيئات ATP التي نتجت بشكل مباشر

3.عدد جزيئات NADH في حلقة كربس

4.عدد جزيئات CO2 الناتجة من تحول البيروفيت الى استيل مرافق الانزيم - أ

5.عدد جزيئات الاكسجين المستهلك في التنفس الهوائي

6.في أي مرحلة نتجت $FADH_2$ ؟.

اختبار

السؤال الاول : اختر الاجابة الصحيحة فيما يلي :

1_ ما اسم اول سكر ينتجه النبات ؟

أ_ الغلوكوز　　ب_ رايبوز

ج_ G3P　　د_ رايبوز منقوص الاكسجين

2.إذا نتج في حلقة كالفن 8 جزيئات G3P بشكل نهائي , كم عدد جزيئات الماء المتحللة في المسار اللاحلقي

أ) 54　　ب) 48

ج) 36　　د) 8

3. إذا نتج 18 جزيء من G3P بشكل كلي في حلقة كالفن , ما عدد جزيئات NADH الناتجة عن تفاعلات مرحلة حلقة كربس ؟

أ) 18　　ب) 9

ج) 3　　د) 1

4. أي من مراحل التنفس الخلوي يتم فيها انتاج ATP بشكل مباشر ؟

أ) التحلل الجلايكولي وسلسلة نقل الالكترون

ب) التحلل الجلايكولي و تحول البيروفيت الى أستيل مرافق الانزيم أ

ج) مرحلة حلقة كربس ومرحلة تحول البيروفيت الى أستيل مرافق الانزيم أ

د) التحلل الجلايكولي ومرحلة حلقة كربس

5. أي الأحماض الأمينية الآتية لا تشفر بأكثر من كودون ؟

أ) فنيل ألانين , ألانين　　ب) ميثيونين , تيروسين

ج) ميثيونين , تربتوفان　　د) تربتوفان , غلايسين

6. إذا كان عدد جزيئات ATP المستهلكة في إعادة تصنيع الرايبولوز في حلقة كالفن تساوي (30) جزيئا فكم عدد جزيئات ATP الناتجة بشكل مباشر في مراحل التنفس الخلوي الهوائي ؟

أ) 20　　ب) 30

ج) 60　　د) 90

7. إذا كان عدد الحموض الأمينية المكونة لبروتين ما تساوي (20) حمضا امينيا فكم عدد النيوكليوتيدات الموجودة على شريط mRNA الناضج ؟

أ) 20　　ب) 21

ج) 60　　د) 63

السؤال الثاني: إذا كان لديك سلسلة عديد الببتيد الآتية (فنيل ألانين – تربتوفان – تيروسين – غلايسين – ميثيونين)
أجب عن الأسئلة الآتية بالاستعانة بالجدول المرفق :

1. اكتب تسلسل النيوكليوتيدات على سلسلة DNA.
2. ما الكودون الذي يشفر الحمض الأميني تيروسين ؟
3. ما كودونات الايقاف ؟
4. اكتب تسلسل الكودونات على شريط mRNA.

الحمض الأميني	الكودون المضاد
ميثيونين	UAC
غلايسين	CCA
تيروسين	AUG
تربتوفان	ACC
فنيل ألانين	AAA

السؤال الثالث: في عملية التنفس الهوائي ،قارن بين مرحلتي التحلل الغلايكولي وتحول البيروفيت إلى الأسيتل مرافق الانزيم أ من حيث :

1- مكان الحدوث
2- عدد جزيئات ATP الناتجة بشكل مباشر من تحلل 4 جزيئات غلوكوز هوائيا
3- عدد جزيئات NADH الناتجة من تحلل 6 جزيئات غلوكوز هوائيا
4- عدد جزيئات CO_2 الناتجة من تحلل جزيء غلوكوز واحد هوائيا
5- عدد ذرات الكربون للمركب الذي تنتهي به المرحلة . (لجزيء واحد)

السؤال الرابع:

اذا تم تثبيت 90 جزيئا من CO_2 في حلقة كالفن ، أجب عما يلي :

1- كم عدد جزيئات ATP المستهلكة في مرحلة الاختزال؟
2- كم عدد جزيئات G3P الناتجة بشكل نهائي ؟
3- كم عدد جزيئات الغلوكوز الناتجة ؟
4- كم عدد جزيئات ATP المستهلكة في مرحلة اعادة تصنيع مستقبل CO_2؟
5- كم عدد جزيئات رايبولوز ثنائي الفوسفات التي يتم إعادة تصنيعها ؟

الفصل الأول 1

قانونا مندل في الوراثة

غريغورمندل 1822-1884

يتحكم تركيبنا الوراثي في مظهرنا وشخصيتنا وصحتنا، كما أن استعدادنا للإصابة بمرض معين يمكن أن يكون له أساس أيضا في جيناتنا. وقد أسهم كثير من العلماء في فك رموز الشيفرة الوراثية كالعالمين واطسون وكريك اللذين وضحا التركيب الجزيئي والشكل الثلاثي الأبعاد الخاص للحمض النووي منقوص الأكسجين DNA، أما العالم غريغور مندل فقد وضع أسس علم الوراثة.

ما أنماط التوارث؟ و كيف يتم توارث الصفات؟ هذه الأسئلة و غيرها سأتمكن من الإجابة عليها بعد دراسة هذا الفصل، وسأكون قادرا على:

1. التعرّف إلى قوانين مندل في الوراثة.
2. حل مسائل وراثية.

1. 1 الوراثة المندلية Mendelian Genetics

درس عالم الوراثة غريغور مندل توارث الصفات بين سلالات نبات البازيلاء من خلال عملية التهجين، وكان لمعرفته في الرياضيات الأثر الكبير في تفسير نتائج تجاربه.

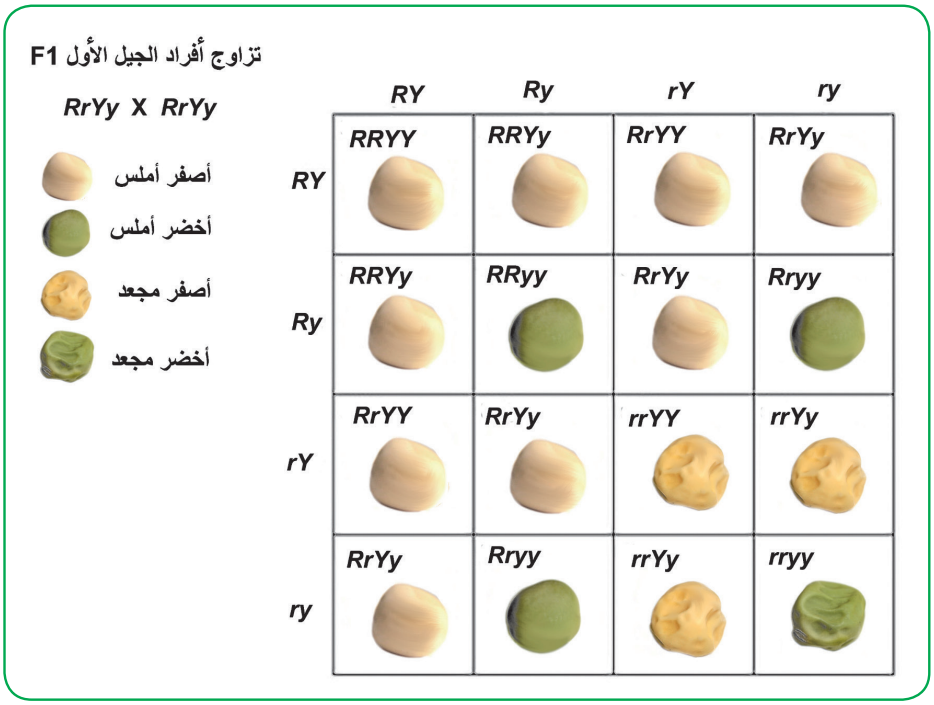
قوانين مندل في الوراثة

استطاع مندل تفسير نتائج تجاربه من خلال **قانونه الأول « انعزال الصفات» Law of Segregation الذي ينص على أن زوج العوامل المتقابلة (الأليلات Alleles) للصفة الوراثية الواحدة تنفصل عشوائيا عند تكوين الغاميتات أثناء عملية الانقسام المنصف.**

قانون مندل الثاني (التوزيع المستقل) Low of Independent Assortment

بدأ مندل بإجراء تجاربه لدراسة توارث صفتين أو أكثر معا، وهل يؤثر توارث صفة معينة على الصفة الأخرى؟

سؤال: أدرس الشكل (1) الذي يمثل الجيل الثاني لنتائج تلقيح ذاتي لنباتي بازيلاء، إذا كانت رموز الجينات لصفة اللون الأصفر للبذور (Y) وللبذور الخضراء (y)، وللبذور الملساء (R) والمجعدة (r). أجيب عن الأسئلة التي تليه:



الشكل (1): نتائج التلقيح بين نباتي بازيلاء

1. أكتب الطرز الجينية والشكلية لآباء الجيل الأول.
2. أكتب الطرز الجينية لغاميتات الجيل الأول.
3. أكتب الطرز الجينية والشكلية لأفراد الجيل الأول.
4. كم نوعا من الغاميتات يمكن أن ينتجها آباء الجيل الثاني؟
5. أكتب الطرز الشكلية لأفراد الجيل الثاني.
6. كم نوعا من الطرز الشكلية ظهر بين أفراد الجيل الثاني؟
7. ما نسبة الأفراد خضراء البذور إلى صفراء البذور في الجيل الثاني؟
8. ما نسبة الأفراد ملساء البذور إلى مجعدة البذور في الجيل الثاني؟

وقد توصل مندل إلى قانونه الثاني في الوراثة بعد هذه التجارب.

وينص قانون مندل الثاني (التوزيع المستقل) على ما يأتي: إذا تزاوج فردان مختلفان في أكثر من زوج من الصفات المتضادة فإن كل زوج من هذه الصفات يورث مستقلاً عن غيره من أزواج الصفات المتضادة الأخرى.

سؤال: في نبات البازيلاء،صفة لون الأزهار الأُرجوانية (P) سائدة على البيضاء (p) ولون القرون الخضراء (G) سائدة على اللون الأصفر (g). أُجري تلقيح بين نبتتين كلتاهما أرجوانية الأزهار خضراء القرون غير نقية للصفتين، أجيب عن الأسئلة الآتية:

1. أكتب الطرز الجينية للآباء.
2. أكتب الطرز الجينية للغاميتات، وأتأكد من عددها باستخدام القانون الآتي: عدد أنواع الغاميتات = $2^{ن}$ حيث ن عدد الصفات غير النقية.
3. أكتب الطرز الجينية والشكلية لأفراد الجيل الأول.
4. أحسب نسبة احتمال ظهور الطرز الآتية: (1) الطراز الجيني (Ppgg)، (2) الطراز الشكلي (أرجوانية خضراء).

إن قانون التوزيع المستقل ينطبق أيضاً على توارث ثلاث صفات فأكثر، فكل صفة تورث مستقلة عن الصفات الأخرى، وإن استخدام مربع بانيت لحل هذه المسائل سيكون معقداً؛ لأننا سنحتاج في هذه الحالة إلى 64 مربع لأفراد الجيل الثاني؛ لذا توجد طرق أكثر سهولة في حل مثل هذه المسائل المعقدة، ومنها طريقة الخطوط المتفرعة Forked- lines.

سؤال: صفة لون ثمرة البندورة الأحمر (R) سائدة على صفة اللون الأصفر (r) وصفة لون الأزهار البيضاء (W) سائدة على صفة لون الأزهار الصفراء (w)، وصفة طول ساق النبتة (T) سائدة على صفة القصر (t). إذا تم تهجين نبات ثمره أحمر ذو أزهار صفراء وطويل الساق، مع نبات آخر أصفر الثمار و أبيض الأزهار و قصير الساق، عِلماً بأن الصفة السائدة نقية. ما الطرز الشكلية لأفراد الجيل الناتج؟

الصفات غير المندلية Non- Mendelian Traits

تعرّفنا في الفصل السابق على الوراثة المندلية (قانوني انعزال الصفات والتوزيع المستقل) وعرفنا أن بعض صفات الكائنات الحية تتبع هذه الآلية من الوراثة. لكن إذا نظرنا إلى الكائنات الحية من حولنا نلاحظ تنوعاً هائلاً على مستوى النوع الواحد لا يمكن أن تُفسر فقط من خلال الوراثة المندلية، فقد وجد العلماء أن هناك أنماط توارث أكثر تعقيداً، فما هذه الأنماط؟ وهل تنفي أنماط التوارث غير المندلية قوانين مندل التي درسناها؟ هذه الأسئلة وغيرها سنتمكن من الإجابة عليها بعد دراسة هذا الفصل وسأكون قادراً على:

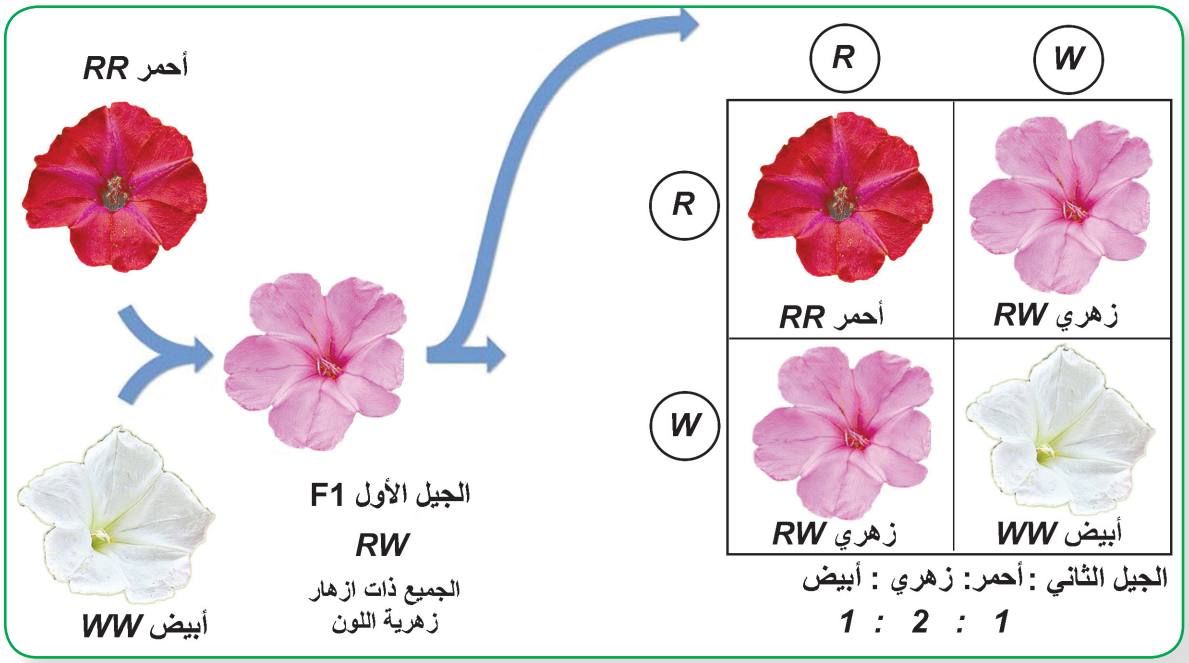
1. توضيح المقصود بكل من : السيادة غير التامة، السيادة المشتركة ، الجينات القاتلة ، الارتباط والعبور.
2. تصنيف فصائل الدم حسب نظام ABO وكيفية الكشف عنها.
3. التمييز بين الأنماط الوراثية المختلفة.
4. التعرف إلى أنظمة تحديد الجنس في كائنات حية مختلفة.
5. التمييز بين الصفات المرتبطة بالجنس والمتأثرة به.
6. حل مسائل على أنماط التوارث المختلفة.
7. التمييز بين الطفرات الجينية والكروموسومية.

1.2 أنماط التوارث غير المندلية

غالبا ما تكون العلاقة بين الطرازين الشكلي والجيني أعقد من أن يقوم أليل واحد بإنتاج صفة واحدة. ومعظم الطرز الشكلية لا تمثل حالات ثنائية مثل صفة لون الأزهار كالأبيض والأرجواني فقط، حيث إن كثيراً من الصفات تتأثر بأكثر من جين.

2.2 السيادة غير التامة Incomplete Dominance

ليست كل الصفات المتوارثة سائدة أو متنحية بشكل تام. في بعض الحالات لا يكون أي من الأليلات التي تتحكم في صفة معينة سائدة على الأخرى. عندما يحدث هذا يكون الفرد غير نقي ومختلفاً عن الأبوين، ويُظهِر صفة وسطيةٌ بينهما، بحيث تكون مزيجاً بين الصفتين دون سيادة إحدى الصفات على الأخرى، و تدعى هذه الحاله السيادة غير التامة. أنظر إلى الشكل (1) وألاحظ كيف تختلف أنماط التوارث في نبات الساعة الرابعة Four o'clock (*Mirabilis jalapa*). هل تتفق النسب في الجيلين الأول والثاني مع السيادة التامة؟

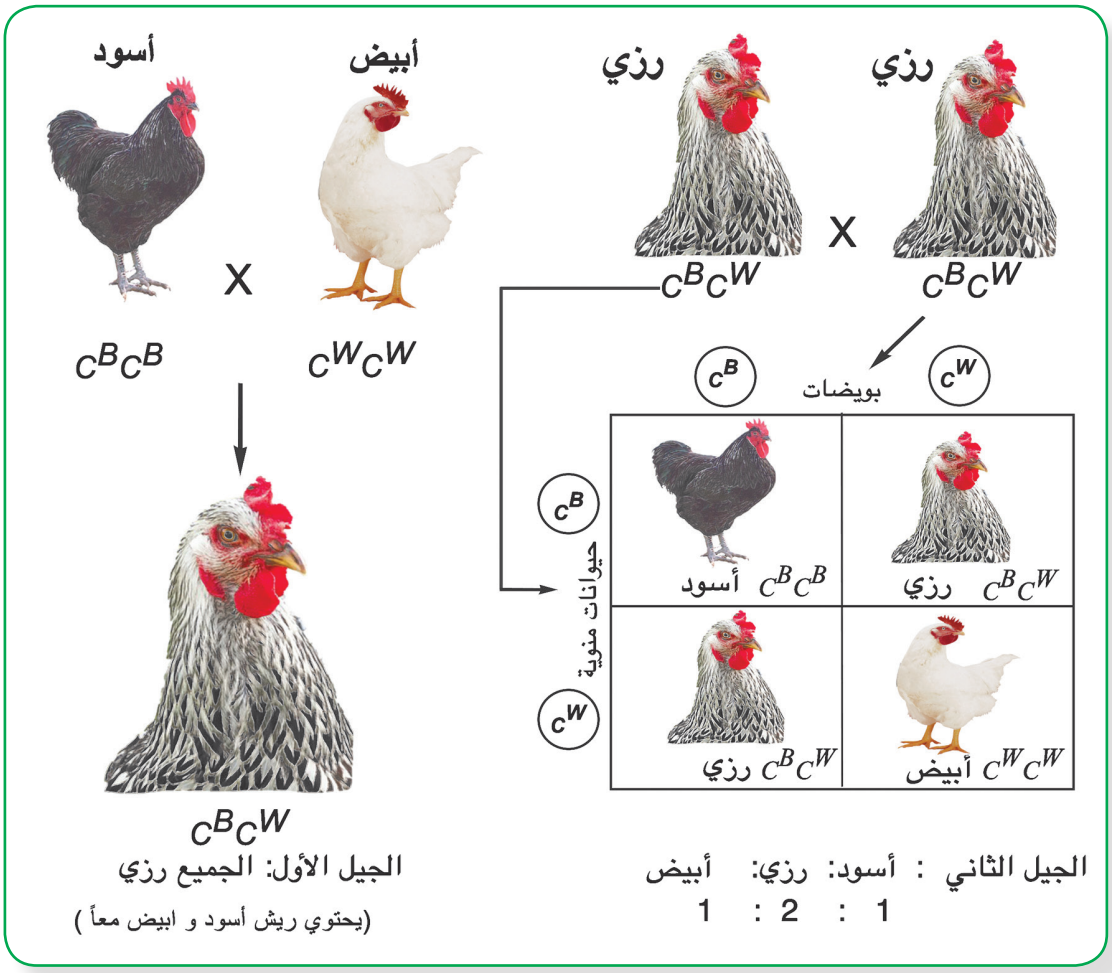


الشكل (1): السيادة غير التامة في توارث لون أزهار نبات الساعة الرابعة

سؤال: أجري تلقيح بين نباتي فجل، أحدهما طويل الجذور، و الآخر كروي الجذور فكان جميع أفراد الجيل الأول بجذور بيضوية. أكتب الطرز الجينية والشكلية لأفراد الجيل الأول و الثاني. أستخدم الرموز L لجين الجذور الطويلة و R للجذور الكروية.

3.2 السيادة المشتركة Codominance

يطلق على الحالة التي يكون فيها الأليلان لصفة معينة سائدين، حيث يُظهران تأثيراً كاملاً للأليلين في الفرد الهجين، وكمثال شائع لون الدجاج الذي يتحكم به زوج من الأليلات السائدة، فعند تهجين ديك أسود اللون متماثل الجينات، مع دجاجة بيضاء متماثلة الجينات ظهر جميع أفراد الجيل الأول باللون الرُّزي (يحتوي على ريش أسود وريش أبيض حيث يظهر كلون رُزي)، ألاحظ الشكل (2).



الشكل (2): آلية توارث اللون في الدجاج كمثال على السيادة المشتركة

سؤال: لقح ديك ذو لون رُزي دجاجة بيضاء اللون. ما الطرز الجينية للآباء؟ وما الطرز الجينية والشكلية للنسل الناتج من هذا التزاوج؟

يمكن كتابة الطرز الجينية في السيادة المشتركة باستخدام الأحرف المرفوعة كما هو في الشكل لغرض تمييز هذا النوع من الأنماط الوراثية.

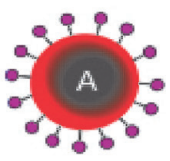
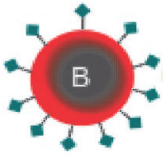
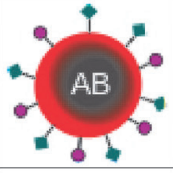
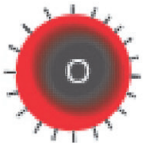
4.2 الأليلات المتعددة Multiple Alleles

يقصد بالأليلات المتعددة أن هنالك كثيراً من الجينات لديها أكثر من شكلين اثنين من الأليلات، ولكن لا يحصل الفرد الواحد منها إلا على أليلين فقط. من الأمثلة على الأليلات المتعددة ما يأتي:

1 نظام الدم ABO في الإنسان

يُعد نظام الدم من الأمثلة على الأليلات المتعددة، وفي هذا النظام توجد ثلاثة أليلات هي I^A وI^B و i حيث تشغل نفس الموقع على الكروموسوم رقم 9 والمسؤولة عن ظهور أربعة طرز شكلية مختلفة بالاعتماد على وجود أي من الأنتيجينين (مولد الضد) A أو B، أو وجودهما معاً، أو عدم و جودهما على أغشية خلايا الدم الحمراء. وهذه الأنتيجينات عبارة عن بروتينات وليبدات سكرية.

أنظر الى الشكل (3) ثم أجيب عن الأسئلة التي تليه:

فصيلة الدم	A	B	AB	O
نوع خلية الدم الحمراء				
نوع الأنتيجين على سطح خلية الدم الحمراء	أنتيجين A	أنتيجين B	أنتيجين A أنتيجين B	لا يوجد
الطراز الجيني	I^AI^A أو I^Ai	I^BI^B أو I^Bi	I^AI^B	ii

الشكل (3): فصائل الدم عند الإنسان

1. ما سبب الاختلاف بين فصائل الدم المختلفة؟
2. ما أنواع السيادة الموجودة، أفسر إجابتي؟
3. أكتب الطرز الجينية والشكلية المحتملة للأبناء، إذا كان كلا الأبوين فصيلة دمهما AB.

أسس نقل الدم من شخص لآخر

لنظام الدم ABO أهمية طبية كبيرة عند نقل الدم من شخص لآخر، وحتى يتم ذلك بنجاح؛ لابد من تحديد فصيلة دم كل من المعطي Donor والشخص المستقبل Recipient، وكما يظهر في جدول (1).

جدول (1): العلاقة بين فصائل الدم في الإنسان

فصيلة الدم	الأنتيجين	الأجسام المضادة في بلازما الدم	يعطي فصيلة دم	يأخذ من فصيلة دم
A	A	Anti-B	A و AB	A وO
B	B	Anti-A	B و AB	B وO
AB	A و B	لا توجد	AB فقط	A و B و AB و O
O	لا توجد	Anti-A و Anti-B	لجميع الفصائل	O فقط

سؤال: أدرس جدول (1) الذي يوضح إمكانية نقل الدم، ثم أجيب عن الأسئلة التي تليه:

1. شخص فصيله دمه B ما فصائل الدم التي يمكن أن يأخذ منها أو يعطيها ؟ أفسر إجابتي.
2. أية فصيلة دم تعطي جميع الفصائل الأخرى؟
3. أية فصيلة دم تأخذ من جميع الفصائل؟

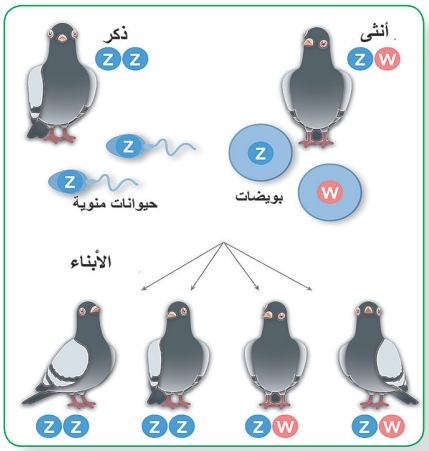
إن أهمية التوافق بين دم الشخص المعطي ودم المستقبل هو لمنع حدوث تفاعل التخثر (تفاعل الأجسام المضادة في بلازما دم المستقبل مع الأنتيجينات على سطح خلايا الدم الحمراء للشخص المعطي)، فاجتماع الأنتيجين مع الجسم المضاد له عند الشخص المستقبل يؤدي إلى حدوث تخثر وتجمع لخلايا الدم الحمراء بكميات كبيرة فتؤدي إلى انسداد الأوعية الدموية ومنها الأوعية الدموية المغذية للقلب والدماغ مسببة الوفاة.

2. 5 أنظمة تحديد الجنس في الكائنات الحية

مر معنا سابقاً نظام تحديد الجنس في الثدييات ومنها الإنسان (XX-XY)، وأن زوج الكروموسومات الجنسية رقم 23 تحدد الجنس (XX في الأنثى، XY في الذكر) أي أن الذكر هو المسؤول عن تحديد جنس الجنين. أما عند الطيور وبعض أنواع الحشرات كالفراش، وبعض أنواع الأسماك، فإن نظام ZZ-ZW هو الشائع أي أن الأُنثى هي المسؤولة عن تحديد الجنس. كيف أفسر ذلك؟

من خلال دراسة شكل (4) أجيب عن الأسئلة الآتية:

1. أكتب الطراز الكروموسومي الجنسي عند الذكر و الأنثى.
2. أوضح آلية تحديد الجنس عند الطيور.
3. أقارن بين نظام تحديد الجنس في الطيور والإنسان.

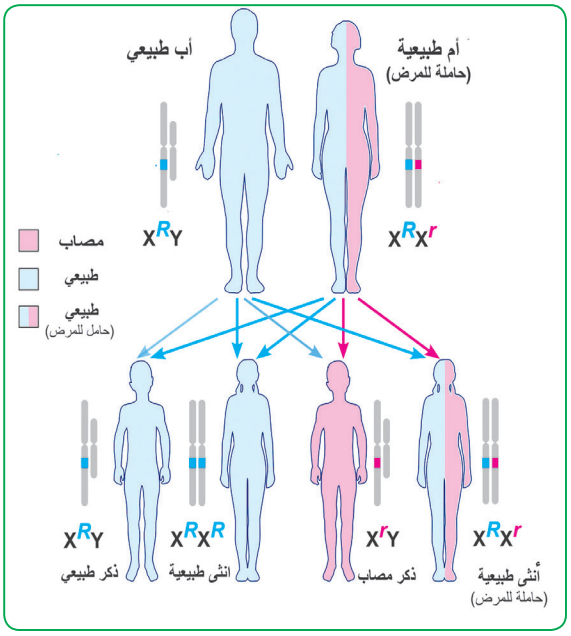


الشكل (4): آلية تحديد الجنس في الطيور

2. 6 الصفات المرتبطة بالجنس Sex-Linked Traits

الارتباط بالجنس يشير إلى الجينات التي تُحمل على الكروموسومات الجنسية، والصفة التي تحددها هذه الجينات تسمى الصفة المرتبطة بالجنس. وقد يؤدي الخلل في هذه الجينات إلى ظهور الأمراض، ومن الأمثلة على هذه الأمراض عند الإنسان: عسر النمو العضلي التدريجي Duchenne Muscular Dystrophy، بالإضافة إلى مرض نزف الدم (الهيموفيليا) وعمى الألوان التي مرت معنا سابقاً.

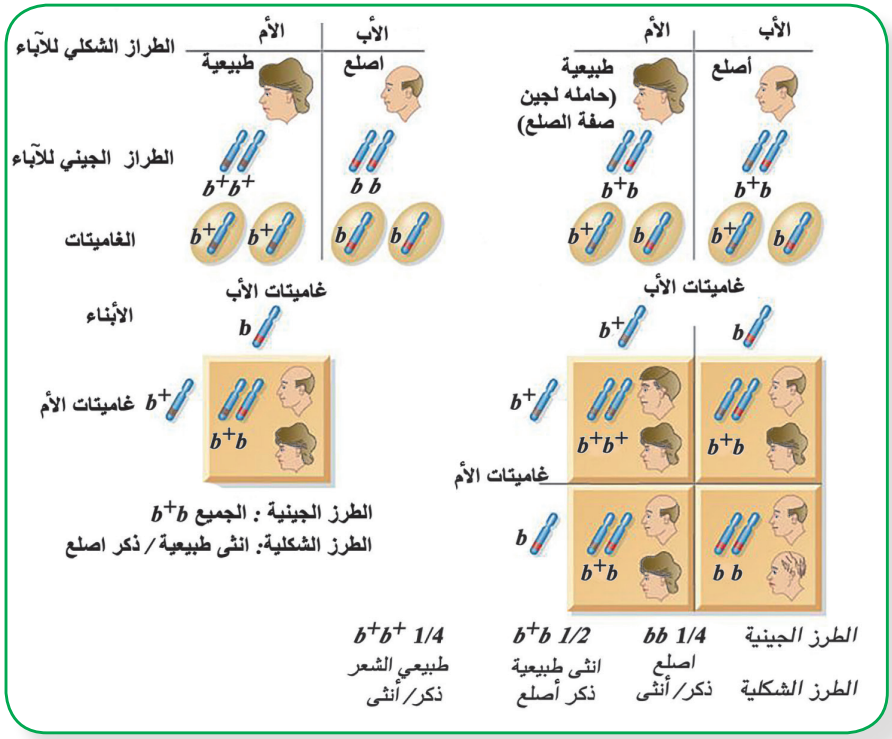
سؤال: أدرس الشكل (5) الذي يبين توارث مرض عسر النمو العضلي التدريجي في عائلة معينة، ما نسبة وجود ذكر مصاب؟



الشكل (5): توارث الإصابة لمرض عسر النمو العضلي التدريجي

2 .7 الصفات المتأثرة بالجنس Sex-Influenced Traits

هي الصفات التي تحمل جيناتها على الكروموسومات الجسمية، ولكنها تتأثر بالهرمونات الجنسية، ومن الأمثلة عليها صفة الصلع عند الإنسان. حيث يكون جين الصلع (b) سائداً على جين وجود الشعر الطبيعي (b^+) عند الذكور، أما عند الإناث فيكون جين وجود الشعر الطبيعي سائداً على جين الصلع. ألاحظ الشكل (6) كمثال على توارث هذه الصفة عند الإنسان.

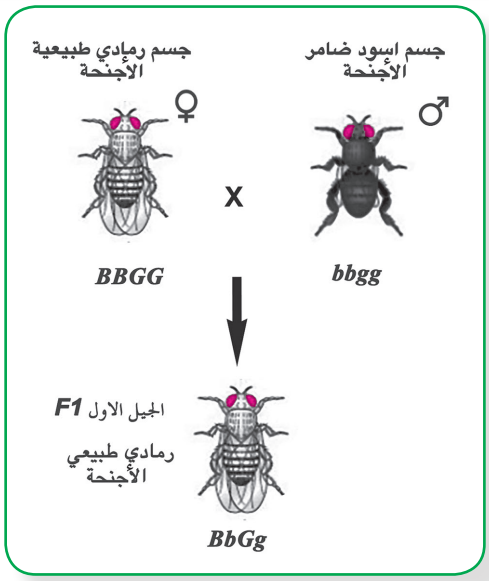


الشكل (6): وراثة صفة الصلع و تأثرها بالجنس

2. 8 الارتباط و العبور Linkage and Crossing Over

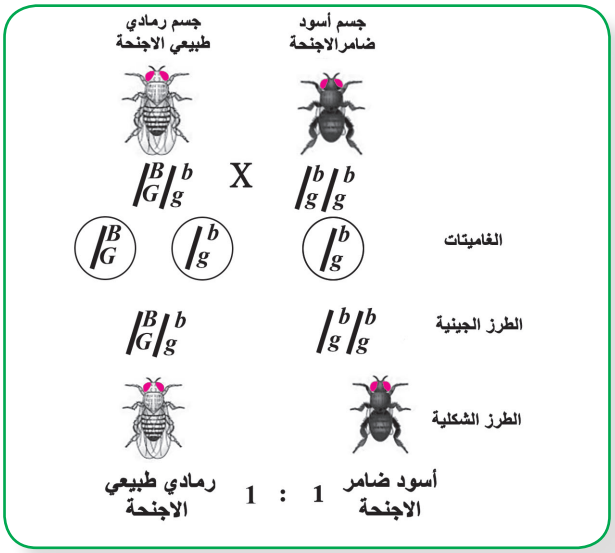
عرفنا مما سبق أن الصفات المندلية تحددها جينات موجودة على الكروموسومات، والتوزيع الحر لهذه الصفات ينبثق عن التوزيع الحر للكروموسومات أثناء الانقسام الاختزالي (المنصف). إلا أن هنالك بعض الصفات التي يمكن أن تقع جيناتها على الكروموسوم نفسه؛ أي أن جينين معينين يكونان مرتبطين.

أجرى العالم مورغان تزاوجاً بين أنثى ذبابة فاكهة *Drosophila melanogaster* تحمل الطراز الطبيعي Wild Type لجسم رمادي اللون وأجنحة طبيعية (يرمز للون الجسم الرمادي بالرمز(B) و للأجنحة الطبيعية بالرمز (G)) مع ذكر ذبابة فاكهة بجسم أسود و أجنحة ضامرة، (يرمز للون الجسم الأسود بالرمز (b) و للأجنحة الضامرة بالرمز (g)) فكان جميع أفراد الجيل الأول ذو جسم رمادي اللون وأجنحة طبيعية (BbGg). ألاحظ الشكل (7).



الشكل (7): تجربة مورغان على ذبابة الفاكهة

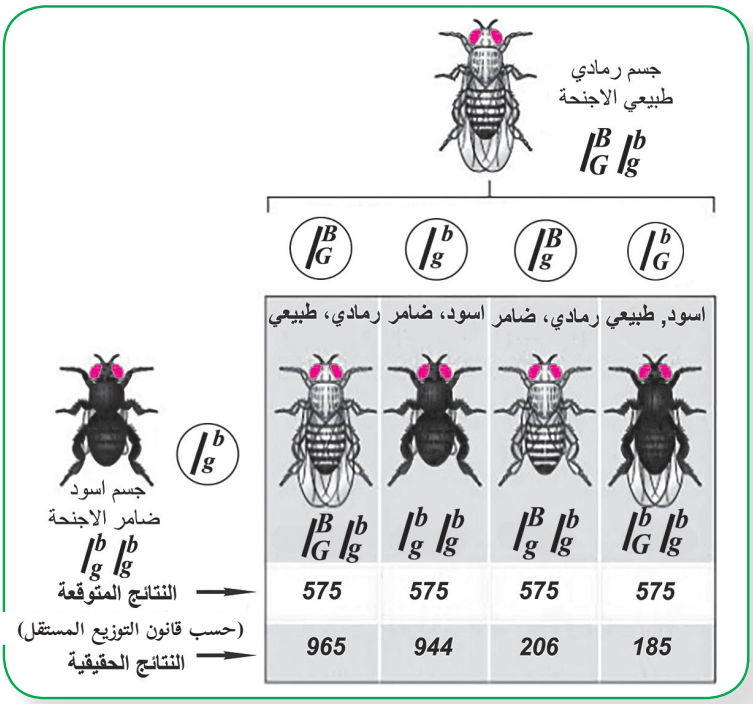
يمثل الشكل (8) تلقيح تجريبي لأفراد الجيل الأول (رمادي طبيعي الأجنحة مع أسود ضامر الأجنحة)، فظهر أفراد النسل بنسبة 1:1 رمادي اللون طبيعي الأجنحة إلى أسود اللون ضامر الاجنحة، كيف أفسر عدم ظهور نسبة 1:1:1:1 وذلك حسب قانون التوزيع المستقل، ألاحظ الشكل (8).



الشكل (8): نتائج تلقيح تجريبي لأفراد الجيل الأول توضح حالة ارتباط الجينات

نستنتج مما سبق أن الجينات المرتبطة Linked Genes هي تلك الجينات (عددها أكثر من زوج من الجينات) التي تقع على الكروموسوم نفسه، وتكون قريبة بعضها من بعض، ومرتبطة بعضها مع بعض؛ لذا فهي تورث معا كوحدة واحدة.

وفي تجارب أخرى حصل مورغان على تراكيب جينية جديدة. أنظر الشكل(9). أفسر نتائج هذه التجارب.



الشكل (9): التلقيح التجريبي لذبابة الفاكهة من تجربة مورغان

نستنتج مما سبق أن حالة الارتباط هذه يمكن أن تتغير عند تبادل أجزاء بين كروموسومين متماثلين بعملية العبور؛ ما يؤدي إلى إعادة تشكيل أو تركيب الأليلات.

و لحساب نسبة تكرار التراكيب الجينية الجديدة نستخدم القانون الآتي:

$$\text{نسبة تكرار التراكيب الجينية الجديدة} = \frac{\text{عدد أفراد التراكيب الجينية الجديدة}}{\text{عدد الأفراد الكلي}} \times (\%100)$$

سؤال: بالاعتماد على القانون السابق وتجربة مورغان، أحسب ما يلي:

أ- نسبة الأفراد التي تحمل التراكيب الأبوية.

ب- نسبة الأفراد التي تحمل التراكيب الجينية الجديدة.

ملاحظة: تمثل الجينات المرتبطة على نفس الكروموسوم برسم خطوط عمودية.

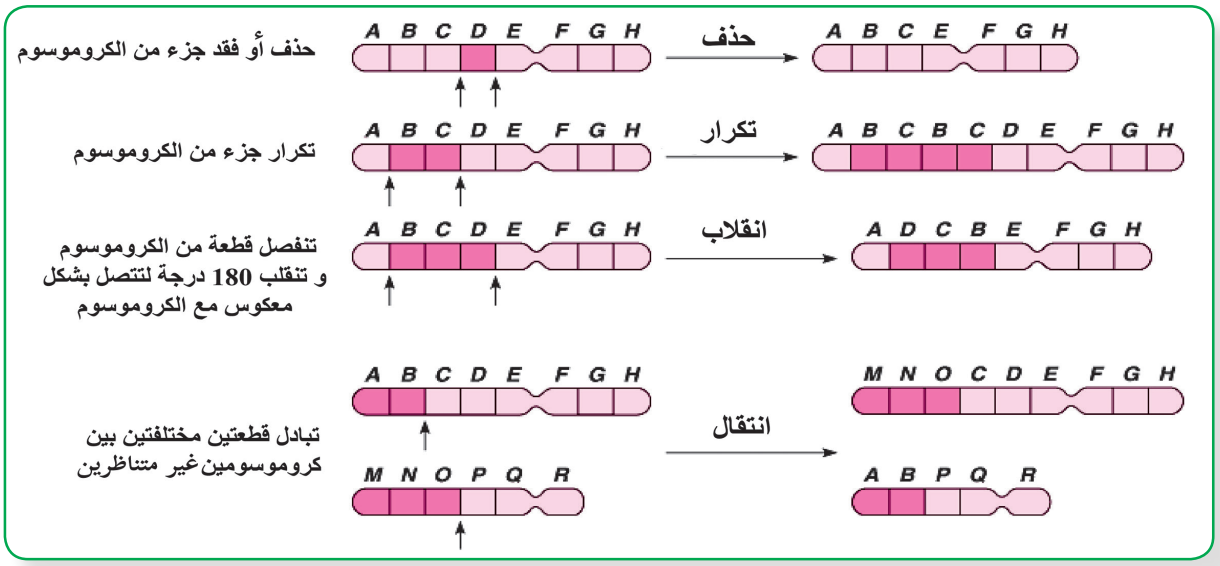
2. 9 الاختلالات الوراثية Genetic Disorders

في بعض الأحيان تؤدي الطفرات إلى تغيير في تسلسل نيوكليوتيدات لجين معين، بحيث يتم تغير التعليمات الخاصة (الشيفرة الوراثية) لصنع بروتين ما، وبالتالي يكون الناتج إما بروتيناً غير فعال لعدم بناء هذا البروتين بالشكل الصحيح أو عدم تصنيعه، كما تحدث أيضاً تغيرات في تركيب الكروموسومات وعددها، وهذا يؤدي إلى إمكانية حدوث حالة مرضية تسمى الاختلال الوراثي.

الطفرات الكروموسومية: وهي على نوعين:

أولا: تغيير في تركيب الكروموسوم Alteration in Chromosome Structure

أنظر الشكل (10) وألاحظ أنواع التغير في تركيب الكروموسومات.



شكل (10): طفرات التغير في تركيب الكروموسوم

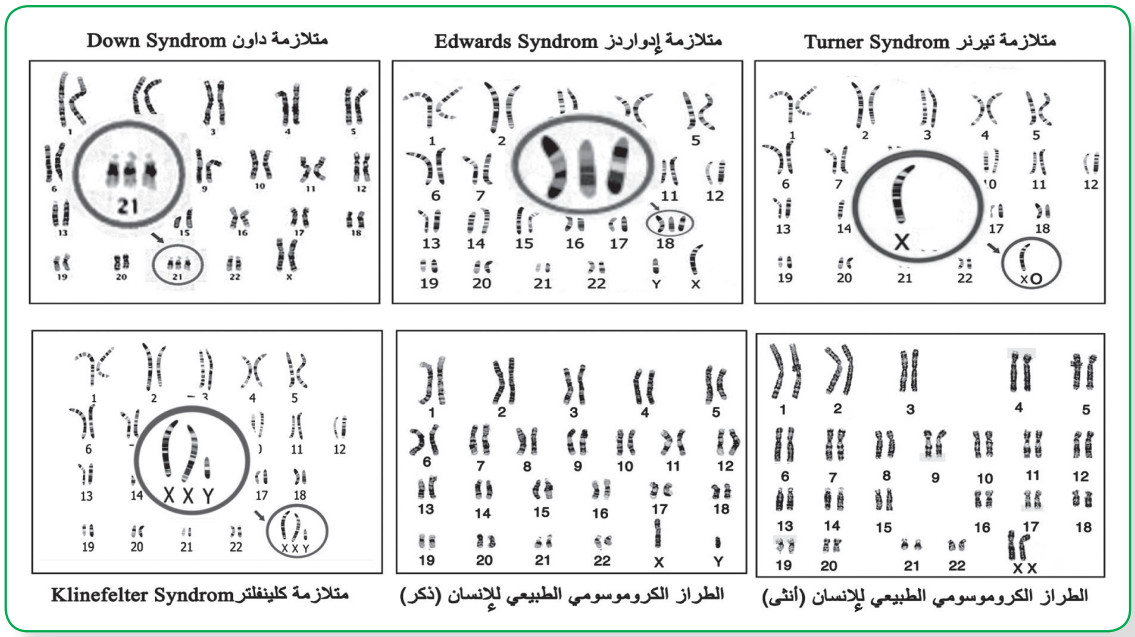
ثانياً: تغيير في عدد الكروموسومات Alteration of Chromosome Number

عندما يكون هناك تغيير في عدد الكروموسومات فإنه سوف يؤدي إلى أنواع مختلفة من الاختلالات الوراثية، وهي على النحو الآتي:

حالات عدم الانفصال Nondisjunction

يحدث في بعض الحالات عدم انفصال أحد أزواج الكروموسومات المتناظرة عن بعض أثناء الدور الانفصالي الأول من الانقسام المنصف، أو عدم انفصال الكروماتيدات الشقيقة عن بعض في الطور الانفصالي الثاني، وينتج عن ذلك تكون غاميت يحوي نسختين من الكروموسوم نفسه، وغاميت آخر لا يحتوي على أية نسخة من هذا الكروموسوم.

هنالك كثير من حالات عدم الانفصال عند الإنسان التي تَتَسبب في ظهور بعض الأمراض الوراثية. الشكل (11) يمثل تشخيص بعض المتلازمات الوراثية باستخدام الطراز الكروموسومي Karyotyping، حيث يتم صبغ الكروموسومات، وتصويرها ومقارنه عددها وحجومها مع عينة طبيعية.



الشكل (11) : الطرز الكروموسومية لبعض الاختلالات الوراثية

سؤال: أدرس الشكل (11)، ثم أجيب عن الأسئلة الآتية:

1. أقارن بين عدد الكروموسومات في الطراز الكروموسومي لمتلازمة داون مع الطراز الكروموسومي الطبيعي، وأفسر الاختلاف بينهما.

2. أي من الطرز الكروموسومية يحتوي على 3 كروموسومات جنسية؟

3. بالاعتماد على الطرز الكروموسومية، كيف يمكن تشخيص مريض مصاب بمتلازمة إدواردز، متلازمة تيرنر، و متلازمة كلينفلتر؟

الطفرات الجينية Gene Mutations

تغير دائم في تسلسل القواعد النيتروجينية، ومن الأمثلة على الاختلالات الوراثية التي لها علاقة بالطفرات الجينية:

1. **مرض فنيل كيتونيوريا Phenylketonuria (PKU)** ، مرض وراثي سببه طفرة جينية متنحية على الكروموسوم رقم 12
2. **مرض كرابي Krabbe Disease** ، مرض وراثي ناتج عن طفرة جينية متنحية على الكروموسوم رقم 14 .
3. **حمى البحر الأبيض المتوسط Familial Mediterranean Fever** ، مرض وراثي سببه طفرة جينية متنحية على الكروموسوم رقم 16 .

ورقة عمل

السؤال الأول: اختار رمز الإجابة الصحيحة فيما يلي :

1. ما الاختلاف بين السيادة غير التامة والسيادة المشتركة ؟
   أ. السيادة غير التامة يتحكم فيها ثلاث أليلات والسيادة المشتركة يتحكم بها اليلان
   ب. الصفة الوسطية في السيادة غير التامة تظهر من اجتماع جين سائد مع متنحي بينما المشتركة تظهر من اجتماع جينين سائدين
   ج. اجتماع جينين سائدين معا يؤدي الى ظهور صفة وسطية في السيادة غير التامة وظهور تاثير الجينين معا في المشتركة
   د. اجتماع سائدين معا يؤدي الى ظهور تاثير الجينين معا في السيادة غير التامة وظهور صفة وسطية في المشتركة .
2. ما سبب الاختلاف بين فصائل الدم ؟
   أ. نوع الانتجين على سطح خلايا الدم الحمراء
   ب. اختلاف موقع الاليلات على الكروموسوم رقم 9
   ج.نوع الانتجين في بلازما الدم
   د. نوع الاجسام المضادة على سطح خلايا الدم الحمراء.

3. ما النمط الوراثي الذي يفسر ترجمة الطراز الجيني غير متماثل الاليلات الى طرز شكلية مختلفة عند الذكور والاناث ؟
   أ. الصفات المتاثرة بالجنس ب. الجينات المتعدد
   ج. الاليلات المتعدة د. الصفات المرتبطة بالجنس
4. ما احتمال ظهور فرد طرازه الجيني AaBb لابوين احدهما AAbb والثاني AaBb مع العلم ان الجينان A,b محمولان على نفس الكروموسوم ومع فرض عدم حدوث عملية العبور ؟
   أ. 1/2 ب. 1/4 ج. 1/8 د. صفر
5. ما التركيب الكروموسومي لذكر مصاب بمتلازمة ادوارد؟
   أ. XXY+44 ب. XY+45 ج. XY+44 د. XY+46

السؤال الثاني :

تزوج شاب غير معروف الطراز الشكلي والده سليم من نزف الدم (R) طبيعي الشعر , من فتاة سليمة من نزف الدم طبيعية الشعر , فولد لهما طفلة مصابة بمرض نزف الدم وعند بلوغها تساقط شعرها وفصلية دمها O ومن خلال الفحص المخبري تبين انه لا يستطيع أي من الوالدين التبرع بالدم, واحتواء دم الام على الانتجين A اكتب :

1. الطراز الشكلي للاب
2. الطراز الجيني للشاب والفتاة
3. ما احتمال انجاب طفل ذكر سليم من المرض طبيعي الشعر وفصيلة دمه B

السؤال الثالث:

في أحد أنواع الحيوانات لون الجسم وطول الذيل صفتان مرتبطتان على نفس الكروموسوم، وعند إجراء تزاوج بين ذكر أسود اللون طويل الذيل مع أنثى بيضاء اللون قصيرة الذيل كانت الأفراد الناتجة تحمل الصفات والنسب التالية:

(45.5 %) أفراد سوداء اللون طويلة الذيل (45.5 %) أفراد بيضاء اللون قصيرة الذيل

(4.5 %) أفراد بيضاء اللون طويلة الذيل (4.5 %) أفراد سوداء اللون قصيرة الذيل

فإذا علمت أن جين اللون الأسود (B) سائد على جين اللون الأبيض (b)، وأن جين الذيل الطويل (T) سائد على جين الذي القصير (t)، أجب:

1. ما الطرز الجينية لغاميتات الأبوين للصفتين معاً؟
2. فسّر سبب ظهور هذه النسب.

السؤال الرابع:

جرى تلقيح بين نباتين أحدهما أملس البذور زهري الأزهار، والآخر غير معروف الطراز الشكلي، ثم جمعت البذور الناتجة وزرعت فكانت الطرز الشكلية للنباتات الناتجة كما يلي:

ملساء البذور زهرية الأزهار (4) مجعدة البذور حمراء الأزهار (2)

مجعدة البذور زهرية الأزهار (4) ملساء البذور بيضاء الأزهار (2)

ملساء البذور حمراء الأزهار (2) مجعدة البذور بيضاء الأزهار (2)

فإذا رمز لجين صفة البذور الملساء بالرمز (A) ولجين البذور المجعدة بالرمز (a)، ورمز لجين صفة الأزهار الحمراء بالرمز(R) ولجين الأزهار البيضاء بالرمز (W)، أجب:

1. ما نوع الوراثة في كل من الصفتين؟
2. ما الطرز الجينية لكل من النباتين (الأبوين) للصفتين معاً؟
3. ما احتمال ظهور نباتات مجعدة البذور بيضاء الأزهار من بين النباتات الناتجة جميعها؟

اختبار

السؤال الأول: اختار رمز الإجابة الصحيحة فيما يلي :

1. كم عدد أنواع الغاميتات التي تنتج عن الطراز الجيني AAMmBbrr ؟

أ) 2 ب) 4 ج) 8 د) 16

2. كم عدد أنواع الطرز الجينية الناتجة من تزاوج فردين أحدهما يحمل الطراز الجيني AaBbmm والآخر يحمل الطراز الجيني AABbMm ؟

أ) 16 ب) 12 ج) 4 د) 3

3. ما نمط الوراثة الذي يفسر ترجمة الطراز الجيني (Dd) لدى نوع من أنواع الغزلان إلى أنثى بقرون وذكر بدون قرون ؟

أ) الصفات المتأثرة بالجنس ب) الصفات المرتبطة بالجنس

ج) الجينات المتعددة د) الأليلات المتعددة

4. إذا كانت نسبة الارتباط بين الجينين E و F تساوي 85 % , كم تساوي نسبة العبور بينهما ؟

أ) 85% ب) 25% ج) 20 % د) 15%

5. أجري تلقيح بين نوعين من الأحصنة كلاهما مبرقع اللون (يجمع اللونين الأبيض والأسود) , ما احتمال ظهور أنثى حصان (فرس) سوداء اللون في أفراد الجيل الأول ؟

أ) 1/4 ب) 1/8 ج) 1/2 د) 1

6. البويضة المخصبة التي تحتوي على ثلاث نسخ من الكروموسوم رقم (21) إلى أي متلازمة تتطور ؟

أ) داون ب) ادواردز ج) تيرنر د) أنثى ثلاثية الكروموسوم الجنسي

7. إذا كانت فصيلة دم الأب (AB) وفصيلة دم الأم (O) فما نسبة احتمال انجاب طفل ذكر فصيلة دمه A ؟

أ) 100% ب) 50% ج) 25% د) صفر%

8. على أي متلازمة يدل الطراز الجيني (XO) ؟

أ) تيرنر ب) كلينفلتر ج) ادواردز د) داون

9. كم عدد أنواع الطرز الشكلية المتكونة من تزاوج فردين أحدهما يحمل الطراز الجيني aabbdd والآخر يحمل الطراز الجيني AABBDD (علما بأنها صفات مندلية) ؟

أ) 8 ب) 4 ج) 2 د) 1

10. ما نوع مولدات الضد الموجودة على سطح خلايا الدم الحمراء لشخص فصيلة دمه A ؟

أ) B ب) A ج) A, B د) لا يوجد

11. تزوج شاب بشعر من أنثى بشعر (غير متماثلة الجينات) , ما احتمال انجاب طفل ذكر أصلع من بين الأبناء ؟

أ) 1/4 ب)1/2 ج) 3/4 د) 1

السؤال الثاني

أ) في نوع من عصافير الزينة صفة لون الريش وشكل المنقار صفتان مرتبطتان على نفس الكروموسوم , حصل تزاوج بين ذكر طائر أحمر الريش مدبب المنقار , مع أنثى بيضاء الريش عريضة المنقار , فكانت الأفراد الناتجة تحمل الطرز الشكلية بالنسب الآتية :

41.5% عصافير حمراء الريش مدببة المنقار

41.5% عصافير بيضاء الريش عريضة المنقار

8.5% عصافير حمراء الريش عريضة المنقار

8.5% عصافير بيضاء الريش مدببة المنقار

1-ما تفسير ظهور النسب السابقة

2- اكتب الطرز الجينية لغاميتات الذكر

3- علل: ظهور النسبة 3: 1 بدلا من النسبة 9: 3 : 3 : 1 عند اجراء تلقيح (تزاوج) بين صفتين سائدتين غير نقيتين مع صفتين سائدتين غير نقيتين .

(مستخدما الرمز R لجين اللون الأحمر , r لجين اللون الأبيض , D لجين المنقار المدبب , d لجين المنقار العريض)

السؤال الثالث

تزوّج رجل فصيلة دمه (B) من فتاة فصيلة دمها (A) سليمة من مرض عمى الألوان، فأنجبا طفلة فصيلة دمها (O) مصابة بمرض عمى الألوان، فإذا علمت أن جين الرؤية الطبيعية (R) سائد على جين عمى الألوان (r)، أجب:

1. ما الطراز الشكلي للأب بالنسبة لصفة عمى الألوان ؟
2. اكتب الطراز الجيني للأبوين وللطفلة (للصفتين معاً).
3. ما احتمال إنجاب ذكر فصيلة دمه (AB) سليم من مرض عمى الألوان؟
4. ما نوع وراثة مرض عمى الألوان؟

الفصل الأول 1

الجهاز الهيكلي The Skeletal System

لقد وهب الله تعالى الإنسان كغيره من الفقاريات هيكلاً داخلياً يتكون من عظام وغضاريف يعمل كدعامة للأنسجة والأعضاء، ويجمع بين الصلابة والمرونة، ويكسب الجسم شكله. فما أقسام الجهاز الهيكلي؟ وما تركيب العظم؟ هذه الأسئلة، وأخرى غيرها سأتمكن من الإجابة عليها بعد دراسة هذا الفصل، وسأكون قادراً على:

1. التمييز بين عظام الهيكل المحوري والهيكل الطرفي.
2. التمييز بين أشكال العظم.
3. وصف تركيب نسيج العظم.

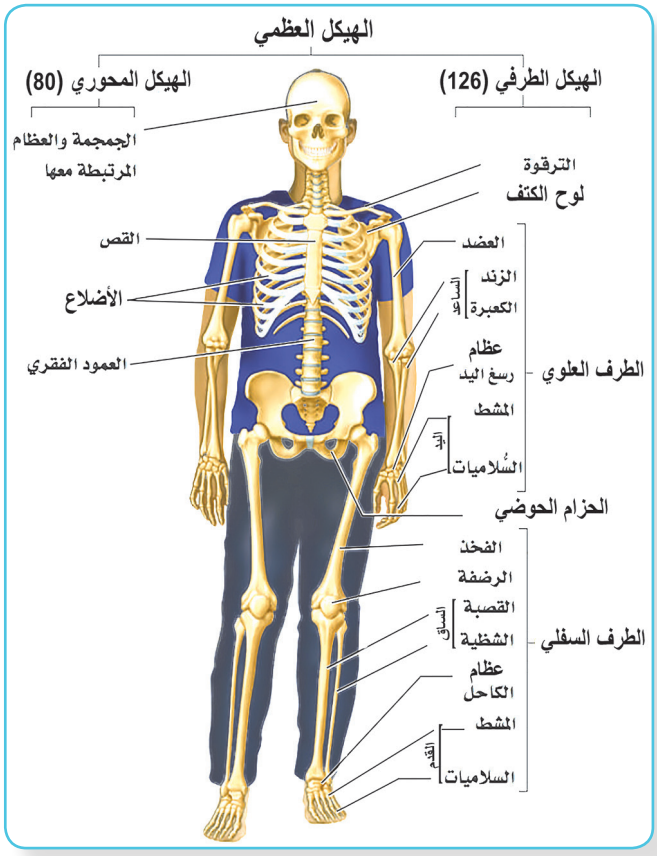
1.1 أقسام الجهاز الهيكلي Skeletal System's Parts

أتأمل الشكل (1) جيداً وأجيب عن الأسئلة الآتية:

أ- ما عدد عظام الإنسان البالغ؟

ب- ما أقسام الجهاز الهيكلي؟

جـ- من خلال تفحصي مجسماً للهيكل العظمي، أصمم مخططاً تصنيفياً يجمع العظام المبينة في الشكل (1).

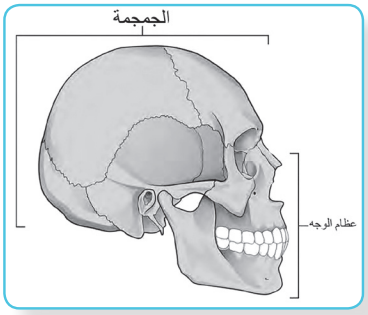


الشكل (1): الهيكل العظمي في الإنسان

بالرجوع للشكل (1) نلاحظ أن الهيكل العظمي للإنسان يتكون من قسمين رئيسيين، هما:

أولاً: الهيكل المحوري Axial Skeleton

يتكون الهيكل المحوري من الأجزاء الآتية:

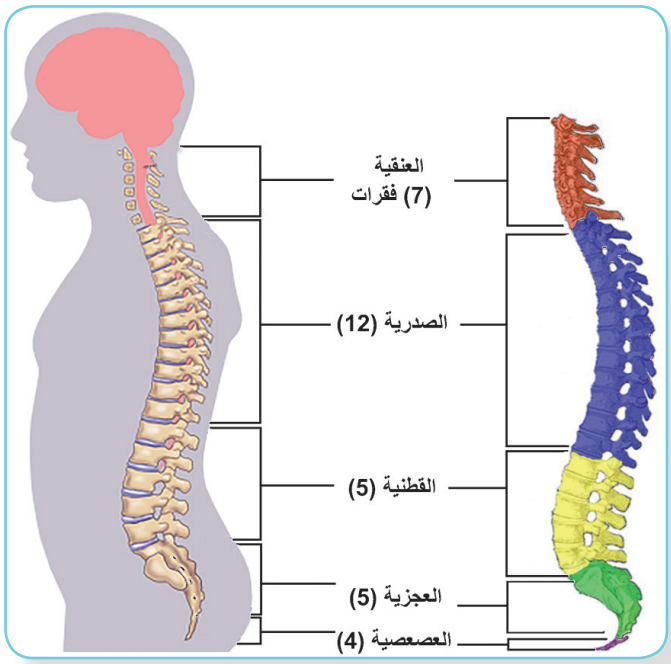


الشكل (2): الجمجمة

(1-) **الجمجمة Skull:** عبارة عن تجويف من العظام المسننة والمتداخلة بعضها مع بعض تحيط بالدماغ، إضافة إلى عظام الوجه. عدد عظامها (22) عظمة ويوجد ثقب كبير في قاعدة الجمجمة يدعى ثقب ماغنوم Foramen Magnum. ما أهميته؟

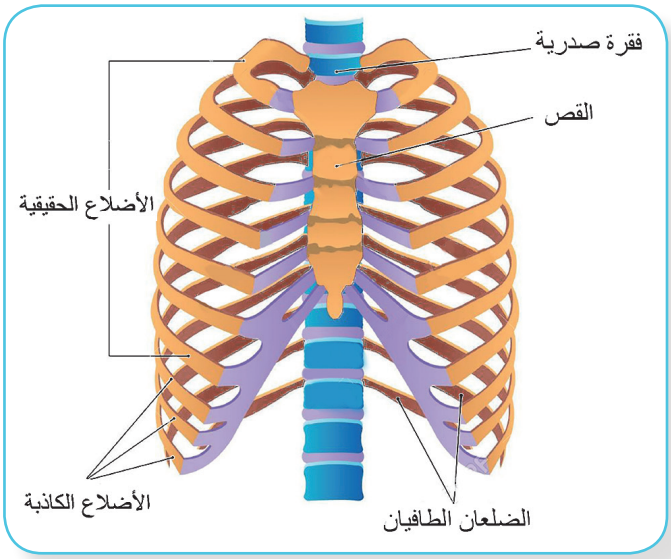
سؤال: عظام جمجمة الطفل حديث الولادة لينة ومتباعدة قليلاً، ما أهمية ذلك بالنسبة للطفل والأم أثناء الولادة؟

2- العمود الفقري Vertebral Column: يوفر دعامة للجسم ويحمل معظم ثقله، ويشكل قناة فقرية يمر فيها الحبل الشوكي. ويتكون من مجموعة من العظام غير منتظمة الشكل مرتبة الواحدة فوق الأخرى تسمى **الفقرات**. ويمتاز العمود الفقري باتصال فقراته بعضها البعض بوساطة أربطة، يفصلها أقراص ليفية غضروفية تعطيه المرونة أثناء الحركة، وتعمل على تحمل الضغط الواقع عليه. أستعين بالشكل (3) وأبيّن عدد الفقرات وأنواعها وموقعها في العمود الفقري، وأي الفقرات متحركة وأيها ملتحمة.



الشكل (3): فقرات العمود الفقري

3- القفص الصدري Thoracic Cage: يتكون من 12 زوجاً من الأضلاع، وعظمة القص، والفقرات الصدرية. تتصل الأضلاع من الخلف بالفقرات الصدرية ومن الأمام تتصل سبعة أزواج منها بعظمة القص مباشرة من خلال غضاريف الأضلاع، وتسمى الأضلاع الحقيقية، وثلاثة أزواج لا تتصل بعظمة القص مباشرة، وتسمى الأضلاع الكاذبة، وزوجان لا يتصلان نهائياً بعظمة القص، تسمى الأضلاع الطافية. أنظر الشكل (4).



الشكل (4): القفص الصدري

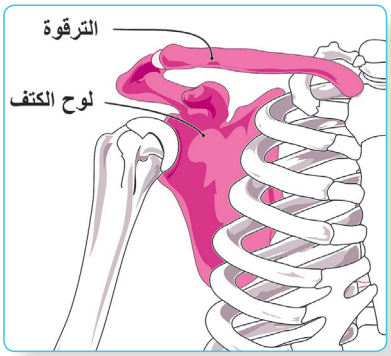
ثانياً: الهيكل الطرفي Appendicular Skeleton

يتكون الهيكل الطرفي من الأجزاء الآتية:

1- **الحزام الصدري Pectoral Girdle:** يربط بين الأطراف العلوية والهيكل المحوري، ويتكون مما يأتي:

أ- **عظمتا الترقوة Clavicle:** يشكل كل منهما عظماً أمامياً رفيعاً، تتصلان من الخلف بشوكة علوية بارزة من لوح الكتف، تسهم في تكوين مفصل الكتف. بماذا تتصل عظمة الترقوة من الأمام؟

ب- **عظمتا لوح الكتف:** يشكل كل منهما عظماً خلفياً مثلث الشكل ومسطحاً، ويحوي تجويفاً خاصاً بطرف عظم اللوح لاستقبال عظم العضد.

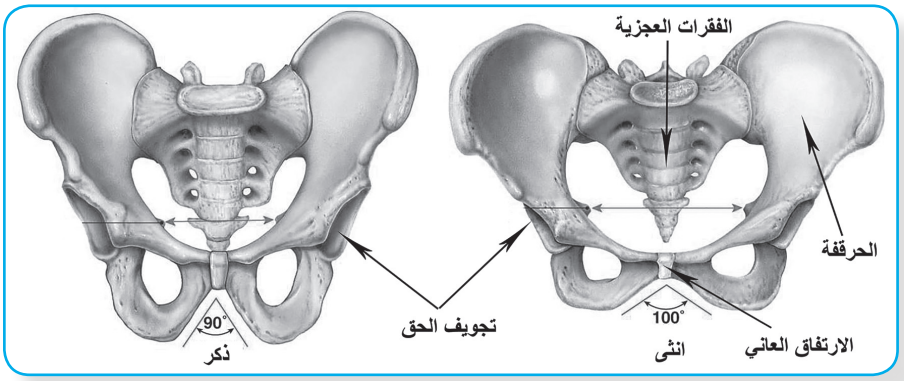


الشكل (5): الحزام الصدري

سؤال: تساعد عظام الحزام الصدري في إعطاء الطرف العلوي درجة عالية من المرونة في الحركة، ما سلبية سوء استخدام هذه المرونة؟

2- **الحزام الحوضي Pelvic Girdle:** يربط بين الأطراف السفلية والهيكل المحوري، ويتكون من عظام الورك، وتدعى أيضاً العظم عديم الاسم Innominate Bones، وتتكون من عظمتين متماثلتين تشكل الحرقفة Ilium الجزء العلوي منهما، يلتقيان من الأمام في مفصل غضروفي يدعى الارتفاق العاني Pubic Symphysis، ويتصلان من الخلف بعدد من فقرات المنطقة العجزية والعصعصية للعمود الفقري مكونة **الحوض**، أنظر الشكل (6). يوجد عند كل جانب من جانبي الحوض تجويف يسمى تجويف الحق، ما العظم الذي يتمفصل مع تجويف الحق؟

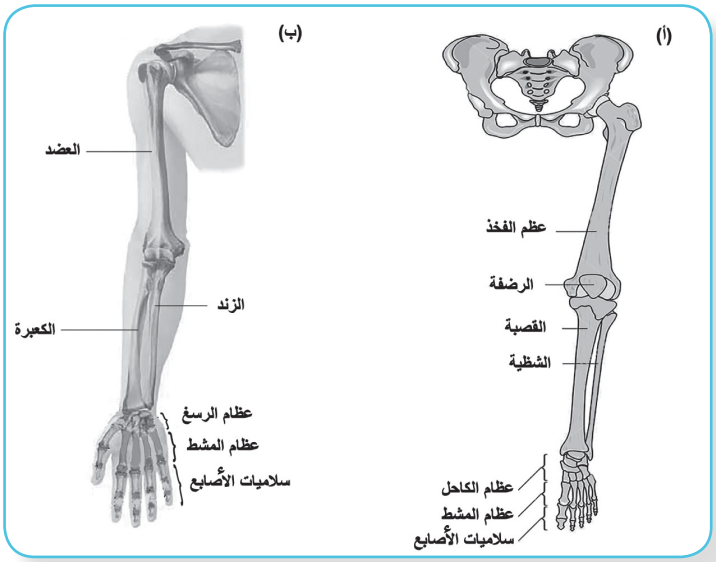
سؤال: الحوض في الأنثى أوسع منه في الرجل، ما أهمية ذلك؟



الشكل (6): الحزام الحوضي

3- الأطراف Limbs: الطرفان العلويان والطرفان السفليان Upper and Lower Limbs.

أنظر الشكل (7) وأحدد مكونات كل طرف علوي وسفلي.



الشكل (7): الطرفان السفلي (أ) والعلوي (ب)

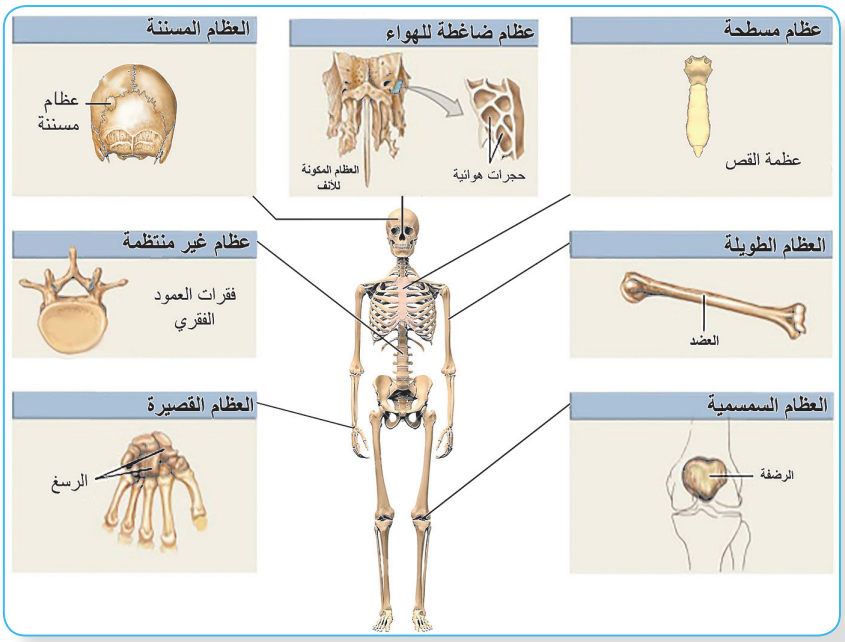
سؤال: مستعينا بالشكل (7) أو بمجسم الهيكل العظمي، أقارن بين عظام الطرف العلوي والسفلي، وأكمل الجدول (1)

الجدول (1): عظام الطرف العلوي والسفلي وعددها

عظام الطرف العلوي		عظام الطرف السفلي	
اسم العظمة	عددها	اسم العظمة	عددها

2.1 أشكال العظم

يعد العظم نسيجاً ضاماً، له أشكال وأحجام مختلفة، ويعكس هذا التنوع تنوعاً في الوظائف، وتصنف العظام إلى سبع مجموعات، استنادا إلى أشكالها. أدرس الشكل (8)، وأحدد أشكال العظم، وأمثلة عليها.



الشكل (8): أشكال العظم

3.1 تركيب نسيج العظم

العظم عبارة عن نسيج ضام يتكون من خلايا حية متخصصة توجد في مادة بين خلوية صلبة، ويتكون العظم من المكونات الآتية:

1- المكونات بين الخلوية Matrix

تتكون معظم كتلة العظم من أملاح الكالسيوم التي تشكل تقريباً ثلثي كتلة العظم وتعطي العظام صلابتها، مثل أملاح فوسفات الكالسيوم $Ca_3(PO_4)_2$، وكربونات الكالسيوم $CaCO_3$، وأملاح أخرى، أما ألياف بروتين الكولاجين والبروتينات الأخرى فتشكل تقريباً ثلث كتلة العظم، وتعطيه المرونة.

2- المكونات الخلوية Cellular Components

تشمل الخلايا العظمية الحية التي تشكل 2% من كتلة العظم، ويوجد نوعان من الأنسجة العظمية، هما:

أ- العظم الكثيف Compact Bone: تتكون الطبقات الخارجية لجميع العظام من عظم كثيف، وهو عظم صلب وقوي، يعطي الجسم القوة والحماية.

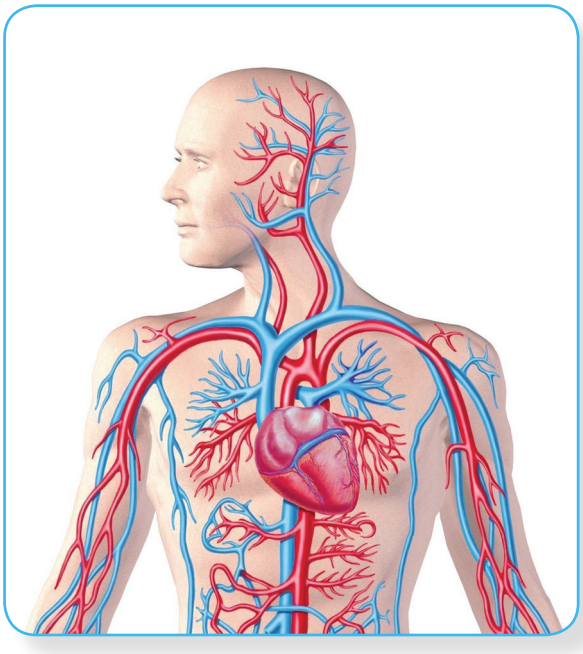
ب- العظم الإسفنجي Spongy Bone: أقل كثافة من النوع الأول وفيه عدة تجاويف (فجوات) تحوي نخاع العظم الأحمر، ويوجد العظم الإسفنجي وسط العظام القصيرة والمسطحة، وفي نهاية العظام الطويلة.

سؤال: أفسر قدرة القطط على سحق أطراف عظم فخد الدجاجة وتركها للجزء الأنبوبي للعظم.

جهاز الدوران Circulatory System

تحتاج خلايا أجسامنا إلى التزود المستمر بالغذاء والأكسجين وإلى التخلص من الفضلات، لذا يمتلك جسم الإنسان جهازاً فعالاً للنقل، هو جهاز الدوران. مم يتكون هذا الجهاز؟ وما وظيفة أعضائه؟ هذه الأسئلة، وأخرى غيرها، سأتمكن من الإجابة عنها بعد دراستي هذا الفصل، وسأكون قادراً على:

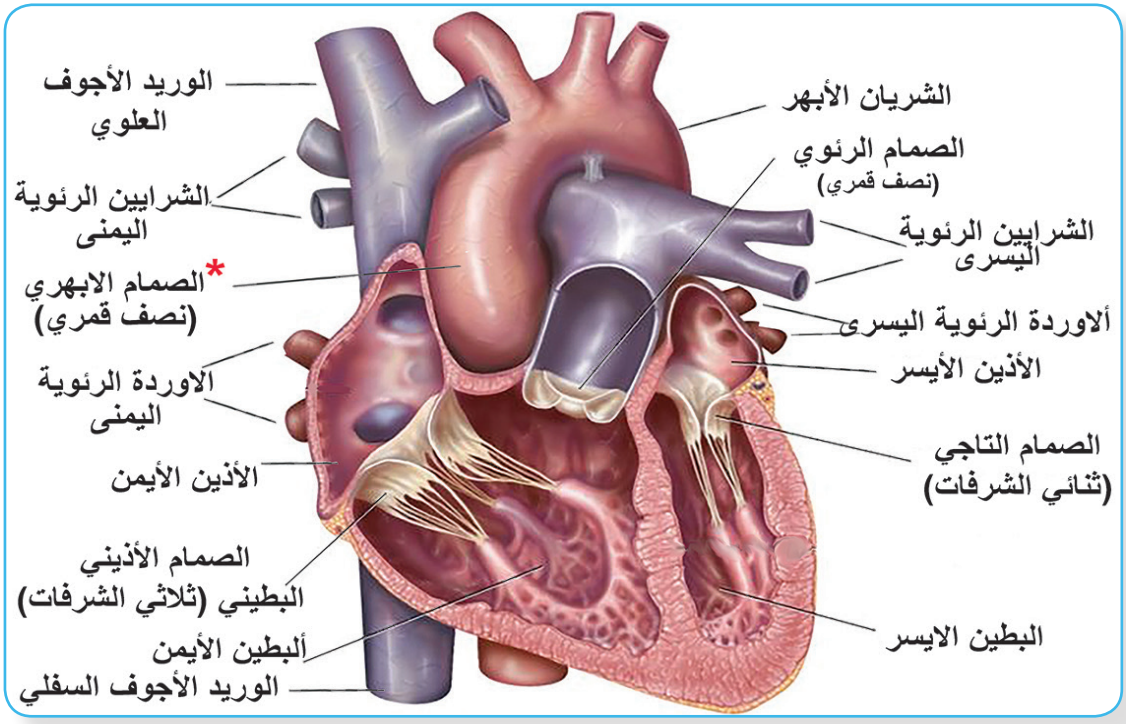
1. وصف تركيب جهاز الدوران.
2. تحديد الوظائف الرئيسة لجهاز الدوران.
3. توضيح آلية تنظيم عمل القلب.
4. المقارنة بين مكونات الدم الرئيسة.



1.2 تركيب جهاز الدوران

يتركب جهاز الدوران من القلب، والأوعية الدموية، والدم:

(1-) **القلب Heart:** عضلة قوية يقع داخل التجويف الصدري، يعمل مضخة نشطة تدفع الدم إلى شبكة من الأوعية الدموية. يتكون القلب من جزأين: أيمن وأيسر مفصولين بعضهما عن بعض بشكل تام، ويحيط بالقلب غشاء التامور. أنظر الشكل (1).



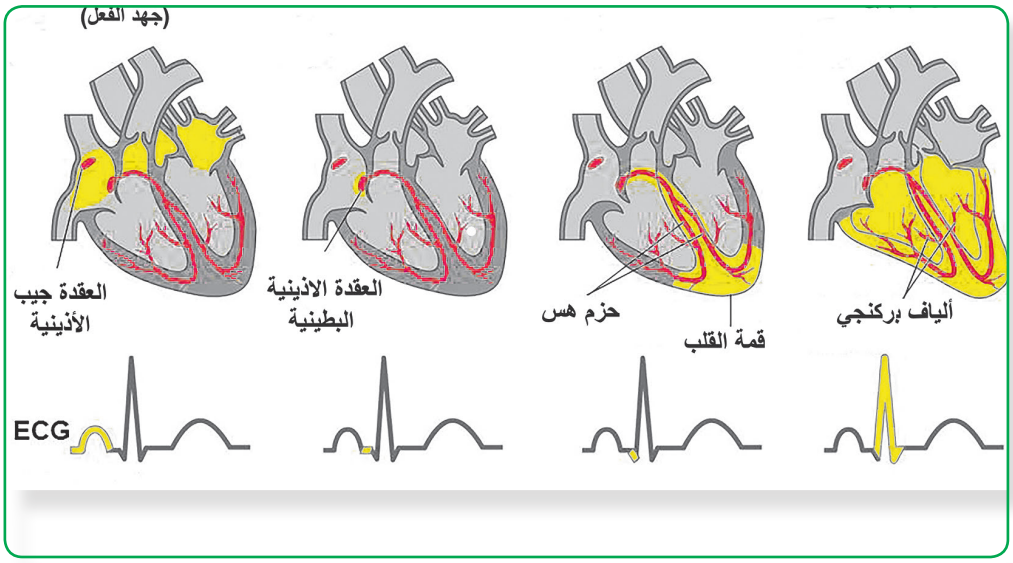
الشكل (1): مقطع طولي للقلب

* السهم يشير إلى الشريان الأبهر الذي يحوي الصمام الأبهري.

الأسئلة:

1. لماذا يكون جدار البطين الأيسر أكثر سمكاً من البطين الأيمن، ما أهمية ذلك؟
2. أقارن بين الصمام ثنائي الشرفات والصمام ثلاثي الشرفات والصمام النصف قمري من حيث الموقع والوظيفة؟
3. ما نوع الدم المنقول عبر كل من الشريان الرئوي والأوردة الرئوية الأربعة؟
4. أصمم مخططاً لمسار الدم في القلب والجسم.

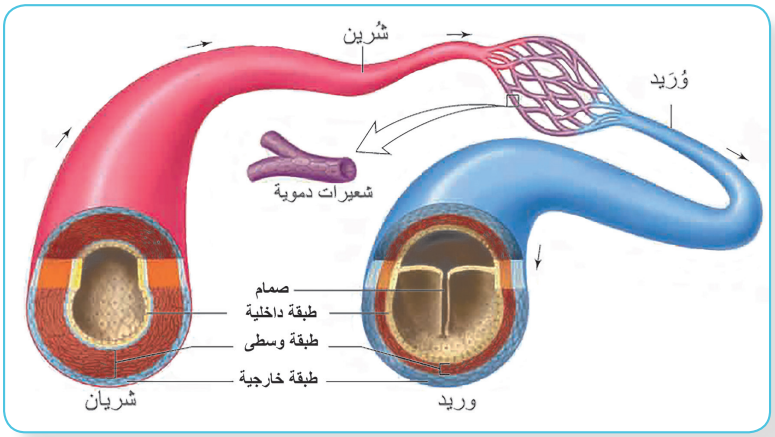
ينبض القلب بشكل مستمر ومنظم، نتيجة لنشاط عقدة من الخلايا المتخصصة، تقع في جدار الأذين الأيمن تدعى العقدة جيب أذينية Sinoatrial Node، التي تعمل كمنظم للنبض Pacemaker، حيث تصدر جهد فعل كل 0.8 ثانية الذي ينتشر خلال جدار الأذينين مسبباً انقباضهما، وينتقل جهد الفعل إلى العقدة الأذينية البطينية Atriventricular Node التي بدورها تنقله إلى حزم هس Bundle of His، ثم إلى ألياف بركنجي Purkinje Fibers مسببة انقباض عضلات البطينين. لتتبع خطوات انقباض القلب، أنظر الشكل (2).



الشكل (2): خطوات توصيل وتنظيم نبضات القلب

(2) الأوعية الدموية Blood Vessels

تمتلك أجسامنا شبكة من الأوعية الدموية يدور فيها الدم وينقل الغذاء والأكسجين إلى أنحاء الجسم و يخلص الجسم من الفضلات. تشمل الأوعية الدموية الأنواع الآتية: الشرايين Arteries، والأوردة Veins، والشعيرات الدموية Capillaries، ألاحظ الشكل (3).



الشكل (3): الأوعية الدموية

أ- الشرايين

هي أوعية دموية تنقل الدم بعيداً عن القلب، ولها جدران سميكة تتكون من 3 طبقات: طبقة داخلية من الخلايا الطلائية، وطبقة وسطى من العضلات الملساء، وطبقة خارجية من النسيج الضام، يوفر هذا التركيب للشرايين القوة والمرونة معاً.

ب- الأوردة

هي أوعية دموية تنقل الدم إلى القلب، وتتكون من الطبقات الثلاث نفسها التي تتركب منها جدران الشرايين، إلا أن الطبقة الوسطى سمكها أقل، لذا يكون ضغط الدم فيها أقل مما هو عليه في الشرايين، وتوجد في معظم الأوردة صمامات تُسهم في إبقاء حركة الدم في اتجاه واحد.

سؤال: لماذا تحقن محاليل المواد الغذائية والعلاجية في أوردة المريض؟

جـ - الشعيرات الدموية

هي شبكة من الأوعية الدموية الدقيقة واسعة الانتشار تصل بين التفرعات الشريانية الدقيقة (الشُريّنات) والتفرعات الوريدية الدقيقة (الوُريّدات) وتتكون من طبقة واحدة من خلايا طلائية رقيقة، فجميع أنسجة الجسم تقع بجوار شعيرات دموية؛ ما يسمح بالتبادل السريع للمواد بينهما.

سؤال: أصمم جدولاً للمقارنة بين الشريان والوريد والشعيرة الدموية من ناحية سمك الجدار والطبقات المكونة له، وسعة التجويف، ووجود الصمامات.

(3) الدم Blood

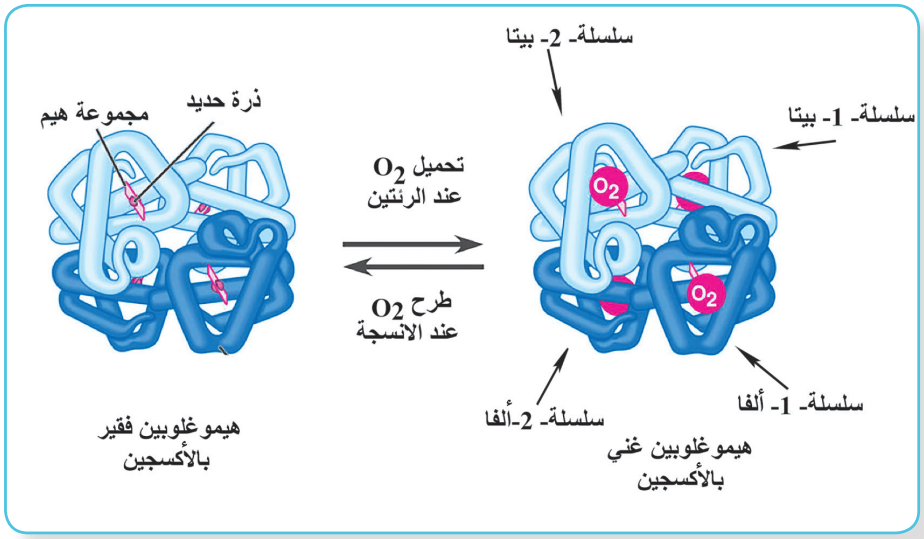
يعدّ الدم نسيجاً ضاماً، ويتكون من سائل يُسمى البلازما ونسبته 55%، ومكونات خلوية (خلايا دم حمراء، وخلايا دم بيضاء، وأجزاء خلوية تُسمى الصفائح الدموية) ونسبتها 45% من حجم الدم.

المكونات الخلوية:

أ- خلايا الدم الحمراء Red Blood Cells

تمثل معظم المكونات الخلوية في الدم، وتتكون في نخاع العظم الأحمر، وتعيش 120 يوماً كحد أعلى. وقد تلاءم شكل خلايا الدم الحمراء وتركيبها مع وظيفتها، حيث تفتقر خلايا الدم الحمراء الناضجة للنواة والميتوكندريا، وبالتالي فهي لا تستهلك الأكسجين الذي تعمل على نقله، كما أن شكلها المقعر من الوجهين يساعد على زيادة مساحة السطح المخصص لحمل الغازات، ويجعلها مرنة، بحيث تستطيع المرور عبر الشعيرات الدموية، والخلية الواحدة تحوي ما يقارب 250 مليون جزيء هيموغلوبين وهو البروتين القادر على نقل الأكسجين.

سؤال: لماذا لا تصلح خلايا الدم الحمراء لتقنية بصمة DNA على العكس من خلايا الدم البيضاء؟



الشكل (4): جزيء الهيموغلوبين

نلاحظ من الشكل (4) أن جزيء الهيموغلوبين يتكون من بروتين الغلوبين الذي يتركب من أربع سلاسل من عديد الببتيد تسمى سلاسل ألفا وسلاسل بيتا، يرتبط كل منها بمجموعة هيم Heme تحتوي في مركزها ذرة حديد، وترتبط ذرات الحديد الأربع في جزيء الهيموغلوبين مع أربع جزيئات أكسجين.

سؤال: كم عدد جزيئات الأكسجين التي يمكن أن تُحمل من قِبل خلية دم حمراء؟

ب- خلايا الدم البيضاء White Blood Cells

تتكون في نخاع العظم الأحمر لتنتقل بعدها إلى مجرى الدم والوظيفة الرئيسة لها هي الدفاع عن الجسم ضد مسببات الأمراض، وتمتاز بكبر حجم نواتها، وتعيش شهوراً وسنوات.

جـ- الصفائح الدموية Platelets

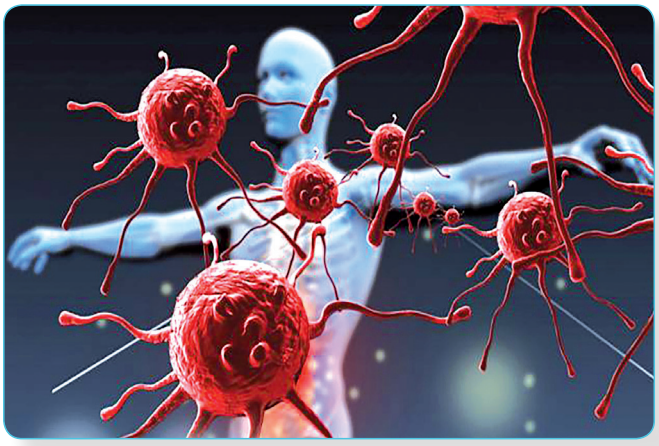
وهي أجزاء خلوية، وتلعب دوراً في عملية تخثر الدم والتئام الجروح، وتتكون في نخاع العظم الأحمر، وتحتوي حبيبات إفرازية، وتعيش (7-12) يوماً.

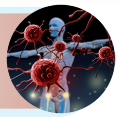
الفصل الثالث 3

الجهاز المناعي The Immune System

يتعرض جسم الإنسان لمؤثرات خارجية كالمواد الكيميائية التي تسبب له الحروق والجروح، وكذلك لمسببات الأمراض من كائنات دقيقة كالبكتيريا والفيروسات وغيرها، ويسبب بعضها أمراضاً قد تودي بحياته؛ لذلك يوجد في الجسم جهاز يتولى مهمة الدفاع عن سلامته وصحته، وهو الجهاز المناعي، الذي وهبه الله – تعالى- للإنسان، فكيف يتم ذلك؟ وما مكوناته؟ وما الفرق بين المناعة الفطرية والمكتسبة؟ هذه الأسئلة وغيرها سأتمكن من الإجابة عنها بعد دراسة هذا الفصل، وسأكون قادراً على:

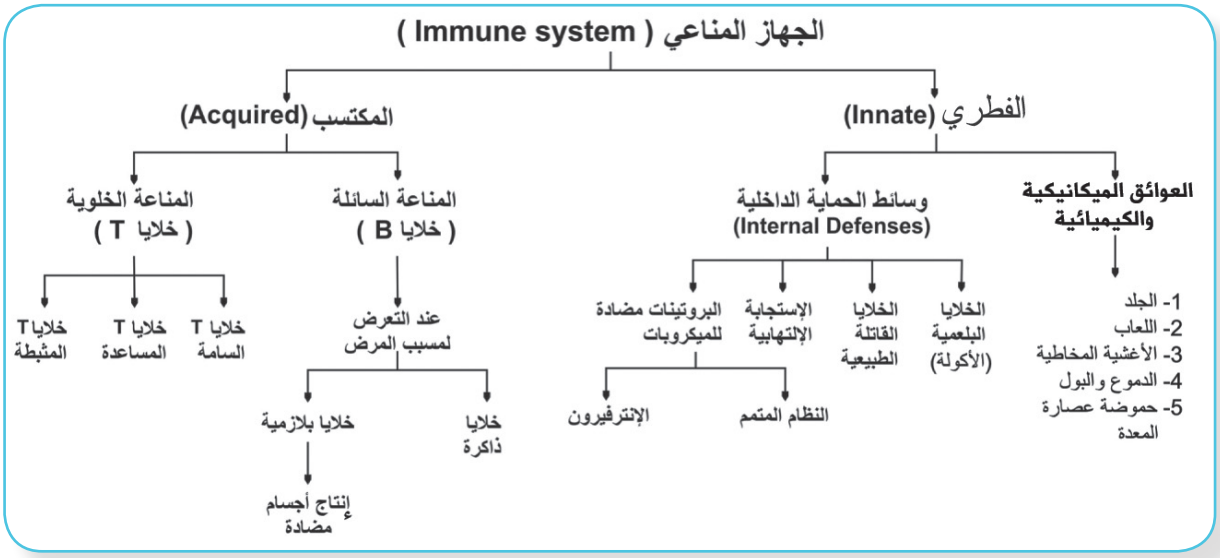
1. بيان أنواع الأنظمة المناعية في جسم الإنسان.
2. بيان تركيب الجهاز الليمفي ووظائف أجزائه.
3. تعداد أنواع الخلايا الليمفية ودورها في المناعة.
4. التعرف إلى الأعضاء الليمفية ووظائفها.
5. تمييز مكونات كل من المناعة الفطرية والمكتسبة.
6. توضيح آلية حدوث عملية البلعمة.



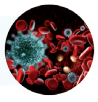


1.3 الأنظمة المناعية في الجسم

أتتبع المخطط الآتي، وأبين أنواع الأنظمة المناعية:



مخطط (1): الأنظمة المناعية في الجسم



أولاً: المناعة الفطرية أو الطبيعية Innate Immunity

يمتلك الإنسان المناعة الفطرية منذ الولادة قبل التعرض لأي أنتيجين (مولد للضد)، وتشمل:

1- **العوائق الميكانيكية والكيميائية Physical and Chemical Barriers:** وتشمل الجلد الذي يمنع وصول مسببات المرض إلى داخل الجسم، وإفراز العرق الذي يقتل بعض مسببات الأمراض. أما الأغشية المخاطية فتفرز المادة المخاطية التي تلتقط وتحتجز مسببات المرض، وتبطن الأغشية المخاطية أعضاء من جسم الإنسان كقنوات الجهاز التنفسي التي تحتوي على خلايا تغطيها أهداب متحركة. تدفع الأهداب المادة المخاطية، وتدفع معها مسببات المرض إلى أعلى في اتجاه البلعوم. وتقضي أحماض المعدة على معظم مسببات الأمراض التي يتم بلعها، مع الغذاء.

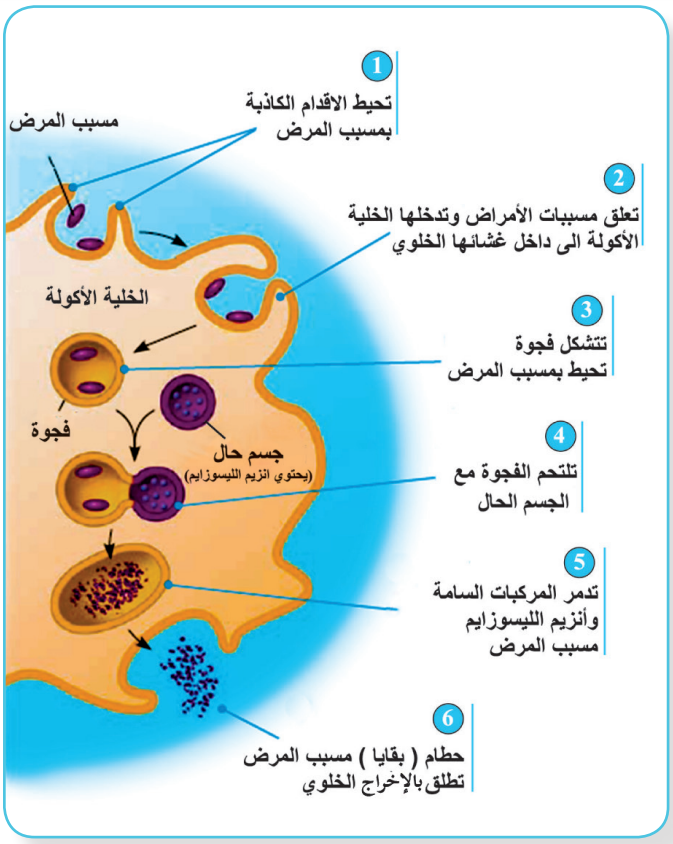
2- **وسائط الحماية الداخلية Internal Defenses**

تتضمن وسائط المناعة الفطرية في الفقاريات ومن ضمنها الإنسان ما يأتي:

أ- الخلايا البلعمية (الأكولة):

في الثدييات، التعرف على مسببات الأمراض يحفز جهاز المناعة للقضاء عليها من خلال عملية **البلعمه**.

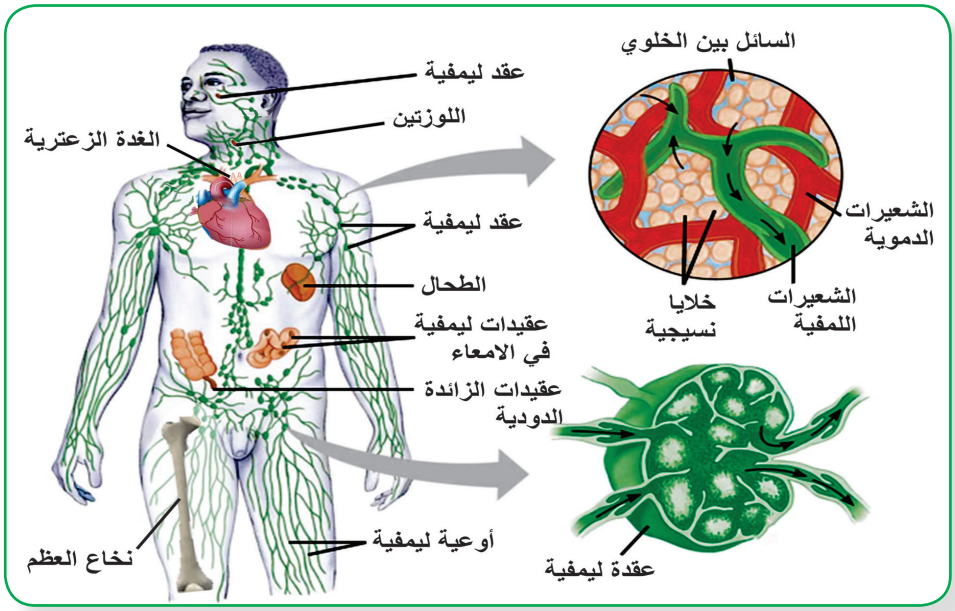
وهنالك نوعان رئيسيان من الخلايا البلعمية هما: خلايا الدم البيضاء الأكولة Macrophages وخلايا الدم البيضاء المتعادلة Neutrophils. أتتبع من خلال الشكل (1) خطوات عملية البلعمة.



الشكل (1): عملية البلعمة

ب- الخلايا القاتلة الطبيعية Natural Killer Cells-NK: تعرف بالخلايا الليمفية المحببة الكبيرة Large Granular Lymphocytes، تهاجم الخلايا المصابة بالفيروسات والخلايا السرطانية، تعتبر هذه الخلايا جزءاً من **الجهاز الليمفي** انظر الشكل(2).

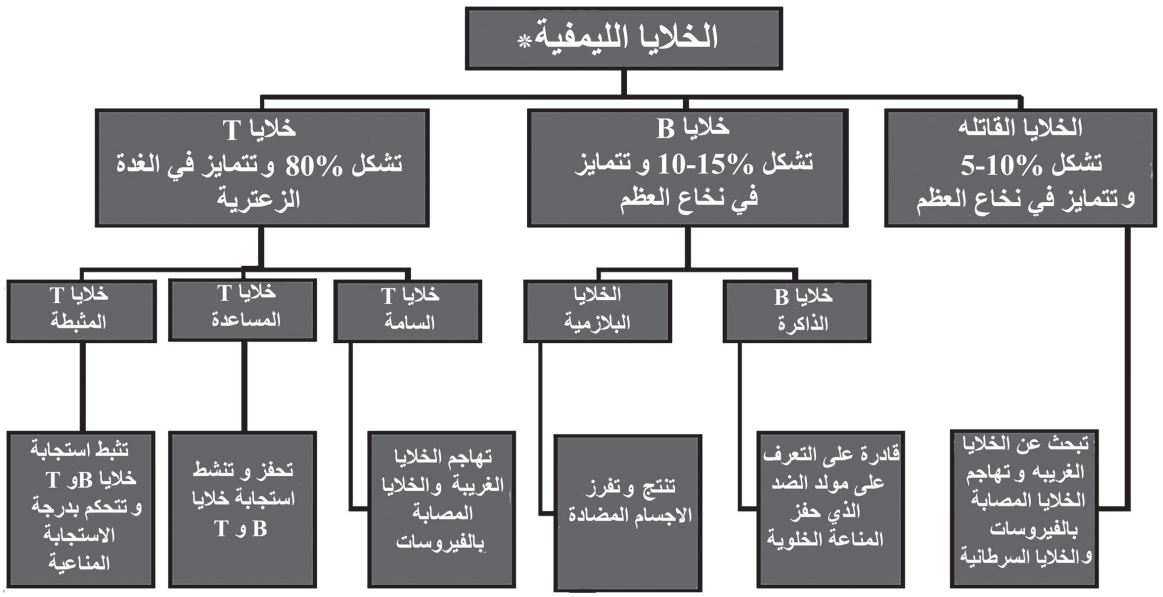
يتكون الجهاز الليمفي من الليمف والأوعية الليمفية، وخلايا ليمفية، وأنسجة ليمفية وأعضاء ليمفية. ومن الأجزاء التي تدعم جهاز المناعة:



الشكل (2): مكونات الجهاز الليمفي

1- **الخلايا الليمفية Lymphocytes:** من أنواع خلايا الدم البيضاء، ويتم انتاجها في نخاع العظم الأحمر.

أدرس المخطط (2) وأبين أنواع الخلايا الليمفية ووظيفة كل نوع.



مخطط (2): أنواع الخلايا الليمفية

* **تعتبر الخلايا القاتلة من المناعة الفطرية أما خلايا (T) و (B) من المناعة المكتسبة.**

2- الأعضاء الليمفية Lymphoid Organ

وتشمل نخاع العظم، والعقد الليمفية، والغدة الزعترية، والطحال

جـ- الاستجابه الالتهابية Inflammatory Response: تحدث عندما تكون الأنسجة مصابة بمسببات الأمراض كالبكتيريا مثلاً او السموم، وتُفرز الخلايا الصارية الهستامين الذي يزيد من نفاذية الأوعية الدموية للسوائل الموجودة في بلازما الدم إلى الأنسجة؛ ما يسبب التورم.

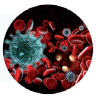
د- بروتينات مضادة للكائنات الدقيقة: يؤدي التعرف على مسببات الأمراض إلى إنتاج وإطلاق كثير من البروتينات، التي تهاجم مسببات المرض، وتعيق تكاثرها، ومن الأمثلة عليها:

(1-) النظام المتمم Complement System

ويتكون مما يقارب 30 بروتيناً من بروتينات بلازما الدم في حالة غير نشطة، حيث يتم تنشيطها من قبل مسببات المرض، الأمر الذي يؤدي إلى سلسلة من التفاعلات الكيميائية مسببة تحلّل الخلية المسببة للمرض وانفجارها.

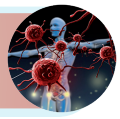
(2-) الإنترفيرونات Interferons

مواد بروتينية تفرزها الخلايا المصابة بالفيروسات وخلايا T_H والخلايا الأكولة الكبيرة، وتنتقل مع الدم، بحيث ترتبط على المستقبلات الموجودة في الغشاء الخلوي للخلايا السليمة المجاورة، وتحفزها على إنتاج مواد تمنع تكاثر الفيروس.



ثانياً: المناعة المكتسبة (المتخصصة) Acquired (Adaptive) Immunity

تعمل هذه الأنظمة المناعية بعد أن يتعرض الجسم لأنتيجين (مولد الضد) ويتجاوز المناعة الفطرية (غير المتخصصة) من خلال تعاون خلايا الدم البيضاء الليمفية من نوعي B وT، التي تتعرف على مولدات ضد خاصة. حيث تختص الخلايا T بالمناعة الخاصة بالخلايا Cell Mediated Immunity، لذلك تعرف بالمناعة الخلوية Cellular Immunity، حيث تهاجم خلايا الجسم المصابة. أما خلايا B فتختص بالمناعة التي تتم من خلال الأجسام المضادة Antibodiesالتي تكونها Antibody Mediated Immunity، وتسمى المناعة السائلة Humoral Immunity، وتهاجم مولدات الضد المتواجدة في سوائل الجسم.



2.3 المناعة الإيجابية Active Immunity والمناعة السلبية Passive Immunity

المناعة الإيجابية: تنتج عند تعرض الجسم لأنتيجين (مولد ضد) فيُكَوّن أجساماً مضادة نتيجة الإصابة بمسببات الأمراض أو بإعطاء اللقاحات (تطعيم).

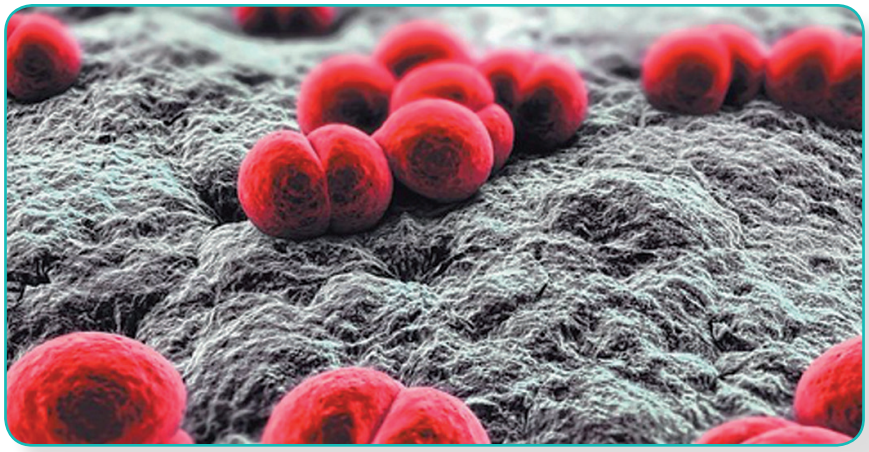
المناعة السلبية: تنتج عن طريق نقل أجسام مضادة جاهزة للجسم مثل انتقال الأجسام المضادة من الأم إلى الجنين عبر المشيمة وحليب الأم للرضيع، وكذلك تزويد الجسم بالمصل.

سؤال: ما الفرق بين اللقاح والمصل من حيث التعريف؟

البكتيريا Bacteria

البكتيريا كائنات حية دقيقة يتراوح قطرها ما بين 0.5 - 5 ميكروميتر، تعيش في جميع البيئات، ولها تأثير كبير على ما يعيش حولها من إنسان وحيوان ونبات، فأين توجد البكتيريا؟ وما تركيبها؟ هذه الأسئلة وغيرها سأتمكن من الإجابة عليها بعد دراسة هذا الفصل، وسأكون قادراً على:

1. تصنيف المجموعات الرئيسة للبكتيريا.
2. التعرف إلى أشكال البكتيريا.
3. الربط بين التراكيب البكتيرية المختلفة ووظائفها.



بكتيريا *Neisseria meningitidis* المسببة لمرض التهاب السحايا البكتيري Meningitis

4. 1 تصنيف بدائية النوى

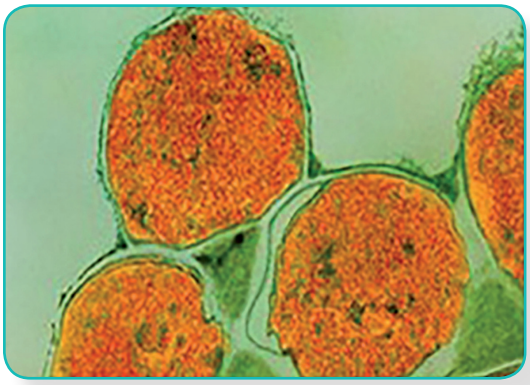
تُصنف بدائية النوى استناداً إلى تركيبها، ووظائفها، وتفاعلها مع أنواع معينة من الأصباغ، ضمن مملكتين مختلفتين هما البكتيريا القديمة والبكتيريا.

أولاً: مملكة البكتيريا القديمة Archaebacteria

تختلف عن البكتيريا في تركيب جُدرها التي تخلو من مادة الببتيدوغلايكان، وتنمو في بيئات شديدة القسوة كالمستنقعات، والبحيرات المالحة، والينابيع الحارة، أنظر الشكل (1).

ومن الأمثلة على البكتيريا القديمة ما يأتي:

1. البكتيريا المنتجة للميثان Methanogen: وتعيش في ظروف لاهوائية، مثل قاع المستنقعات، والمياه العادمة، وفي أمعاء الإنسان والحيوان كالأبقار. ولها القدرة على إنتاج غاز الميثان.



الشكل (1): أحد أنواع البكتيريا القديمة

2. البكتيريا المحبة للملوحة العالية Extreme Halophiles تعيش في بيئات ذات تركيز ملحي مرتفع جداً مثل البحر الميت في فلسطين والبحيرات المالحة الكبرى غرب الولايات المتحدة الأمريكية، أنظر الشكل (2).

3. البكتيريا المحبة للحموضة والحرارة Thermoacidophiles:

تعيش في درجات حرارة عالية قد تصل إلى 110 °C، ودرجة حموضة أقل من (2).

الشكل (2): البحر الميت في فلسطين

ثانياً: مملكة البكتيريا Bacteria

تشمل معظم أنواع البكتيريا التي تعيش على سطح الأرض، وهي ذات أشكال وأحجام مختلفة، وتمارس أنماطاً معيشية مختلفة تمكنها من العيش والحصول على الغذاء، فمنها ما يعيش حراً في التربة، أو متطفلاً على كائنات حية أخرى مسبباً لها الأمراض، وبعضها رِمية تُحلل الأجسام الميتة، وبعضها ذاتية التغذية الضوئية أوالكيميائية.

ويمكن تقسيم البكتيريا إلى عدة شعب أهمها:

1. **شعبة المتقلبات Proteobacteria**
2. **شعبة البكتيريا الخضراء المزرقة Cyanobacteria.**
3. **شعبة البكتيريا النباتية Prochlorobacteria:**

4 .2 أشكال البكتيريا

تتباين أشكال البكتيريا باختلاف أنواعها، وطرق معيشتها، والبيئة التي تنشط فيها.

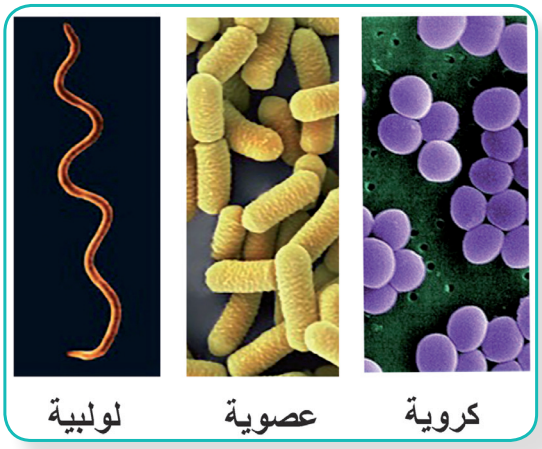
وللتعرف على أشكال البكتيريا، أنظر الشكل (3):

سألاحظ ثلاثة أشكال رئيسة للبكتيريا، وهي:

أ- الكروية Cocci

ب- العصوية Bacilli

جـ- اللولبية Spirilla



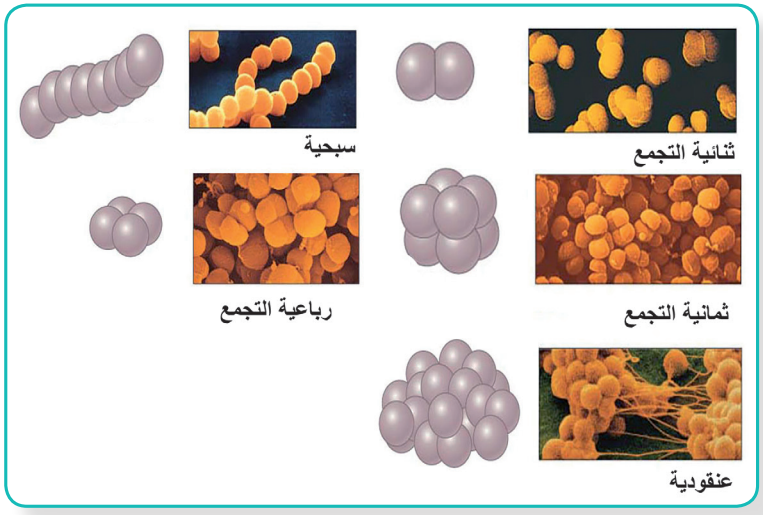
شكل (3): الأشكال الرئيسة للبكتيريا

أ- البكتيريا الكروية Cocci:

أنظر الشكل (4) الذي يوضح أشكال البكتيريا الكروية، ماذا ألاحظ؟

عند انقسام البكتيريا الكروية بعدة مستويات فإنها تأخذ الأنماط الآتية:

1. **ثنائية التجمع Diplococci:**
تتجمع على شكل أزواج بعد كل انقسام، مثل البكتيريا المسببة لمرض التهاب السحايا *Neisseria meningitides*.



الشكل (4): أشكال البكتيريا الكروية

2 **رباعية وثمانية التجمع Tetrades:** تنقسم بمستويين؛ ما يؤدي إلى بقائها متصلة مكونة شكلاً رباعياً، مثل البكتيريا الكروية الدقيقة Micrococcus، أو بثلاثة مستويات مكونة شكلاً ثمانياً، مثل بكتيريا السارسينا Sarcina .

3 **السبحية Streptococcus:** تنقسم بمستوى واحد، وتبقى متصلة على شكل سلسلة، مثل البكتيريا المسببة لالتهاب الحلق *Streptococcus pyogenes*.

4 **العنقودية Staphylococcus:** تنقسم بمستويات مختلفة، وينتج عن ذلك تجمعات غير منتظمة تشبه عنقود العنب، مثل العنقودية الذهبية *Staphylococcus aureus*، المسببة للتسمم الغذائي والتهاب الجلد.

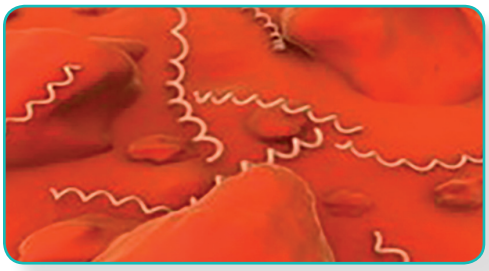
ب- البكتيريا العصوية Bacillus

تَختلف في أشكالها وحجومها، فقد توجد مفردة، أو ثنائية التجمع، أو على شكل سلسلة كما في الجمرة الخبيثة، أو واوية الشكل مثل الكوليرا. أنظر الشكل (5).

الشكل (5): أشكال مختلفة من البكتيريا العصوية

جـ. البكتيريا اللولبية Spirillum

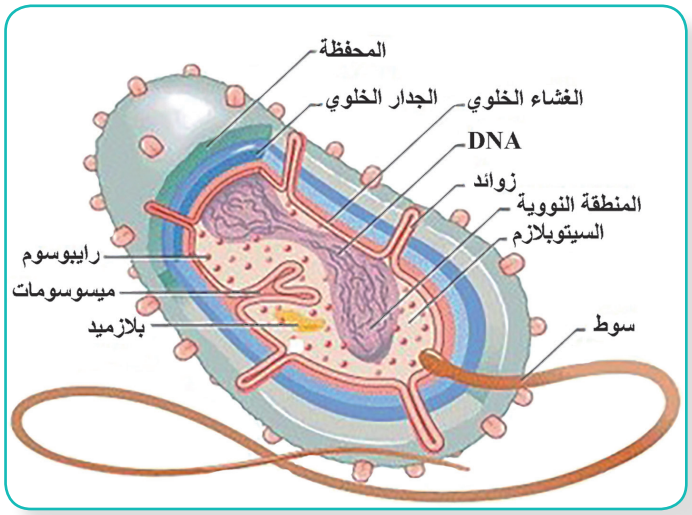
بكتيريا عصوية ملتوية بشكل لولبي، وهي من أطول أنواع البكتيريا، ومن أمثلتها بكتيريا *Treponema pallidum* المسببة لمرض الزهري Syphilis، أنظر الشكل (6).



الشكل (6): البكتيريا المسببة لمرض الزهري

3.4 تركيب الخلية البكتيرية

تتكون البكتيريا من جدار خلوي، وغشاء خلوي، وسيتوبلازم، ومنطقة نووية وأحياناً تحتوي بعض أنواع البكتيريا على تراكيب إضافية للتكيف مع الأنماط الحياتية الخاصة بها. أنظر الشكل (7).



الشكل (7): تركيب الخلية البكتيرية

الجدار الخلوي Cell Wall

جدار صلب يوجد في معظم أنواع البكتيريا، ويتكون في البكتيريا الحقيقية من مادة الببتيدوغلايكان (سلاسل ببتيدية قصيرة وكربوهيدرات)، يتحكم في مرور المواد الغذائية إلى الخلية، ويحمي الخلية من المواد الكيميائية والعوامل البيئية القاسية، كما يعطي الخلية شكلها الخارجي.

وقد طور الطبيب الدانماركي هانس غرام عام 1884م طريقة لصبغ البكتيريا سُميت باسمه Gram stain وصنفت البكتيريا اعتماداً على اكتسابها للصبغة وتركيب جدارها الخلوي إلى نوعين هما:

1. **موجبة غرام Gram Positive:** يتكون جدارها الخلوي من طبقة سميكة من الببتيدوغلايكان يحيط بالغشاء الخلوي، ويكتسب اللون البنفسجي عند الصبغ.
2. **سالبة غرام Gram Negative:** يتكون جدارها من طبقة رقيقة من الببتيدوغلايكان تنحصر بين الغشاء الخلوي والغشاء الخارجي الذي يحتوي على كميات كبيرة من الليبيدات السكرية Lipopolysaccharide ويكتسب اللون الزهري عند الصبغ.

المحفظة Capsule

تحيط بالجدار الخلوي، وهي عبارة عن طبقة لزجة، تتكون من كربوهيدرات متعددة التسكر أو البروتين. ولها أدوار عدة منها حماية البكتيريا من عملية البلعمة التي تقوم بها خلايا الدم البيضاء، ومساعدتها على الالتصاق بخلايا العائل.

سؤال: ماذا أتوقع أن يحدث لو دُمِّر جزء من المحفظة؟

الغشاء الخلوي Cell Membrane

غشاء رقيق اختياري النفاذية سمكه (5 - 10) نانومتر، يحيط بالسيتوبلازم، ويتكون من طبقتين من اللبيدات المفسفرة، ويمتد من الغشاء الخلوي للبكتيريا انغمادات إصبعية تسمى ميسوسومات Mesosomes تحتوي على جميع الأنزيمات الخاصة بعملية التنفس.

السيتوبلازم Cytoplasm

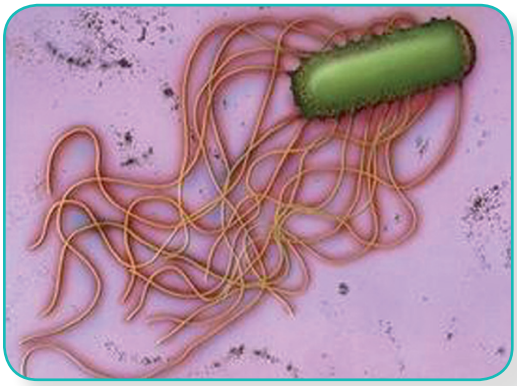
سائل لزج محاط بالغشاء الخلوي للبكتيريا، يحتوي بداخله على مكونات مختلفة مثل الرايبوسومات التي تستخدمها البكتيريا لصنع البروتين، والأنزيمات الضرورية لعمليات الأيض.

المنطقة النووية Nucleoid

منطقة كثيفة ذات شكل غير منتظم، وغير محاطة بغلاف نووي، وتحوي كروموسوماً واحداً يتكون من DNA حلقي يرتبط مع بروتين البروتامين الذي يساعد على التفافه في المنطقة النووية.

الأسواط Flagella

زوائد بروتينية رفيعة مكونة من بروتين فلاجلين Flagellin، تمتد من الغشاء الخلوي عبر الجدار الخلوي إلى الخارج، وتقوم الأسواط بحركة دورانية، مما ينتج عنه حركة البكتيريا في الوسط الذي تعيش فيه. أما البكتيريا التي تفتقر للأسواط فتمتلك وسائل أخرى للحركة، فمثلاً تفرز بعض أنواعها طبقة من مادة غروية تساعدها على الانزلاق، وأخرى تتحرك حركة لولبية تشبه الزحف، ويساعدها على ذلك جدرانها الخلوية المرنة، بعضها الآخر لا يتحرك على الإطلاق. أنظر إلى الشكل (8).



الشكل (8): بكتيريا متعددة الأسواط

الزوائد Fimbriae

خيوط بروتينية رفيعة، توجد على أسطح بعض الخلايا البكتيرية (خاصة سالبة غرام)، تساعد على الالتصاق بأنسجة العائل، ويوجد نوع خاص من الزوائد يسمى الشعيرات الجنسية Sex Pili، وتختلف عن الزوائد العادية في كونها أكبر حجماً. وتستعمل لنقل جزء المادة الوراثية بين الخلايا أثناء عملية الاقتران. ما يؤدي إلى تنوع البكتيريا، أنظر الشكل (9).

الشكل (9) زوائد البكتيريا باستخدام المجهر الإلكتروني

البلازميد Plasmid

جزيء DNA حلقي، منفصل عن الكروموسوم البكتيري، يحمل جينات إضافية غير أساسية (حوالي 30 جين)، تساعد البكتيريا على امتلاك خصائص اختيارية جديدة مثل زيادة قدرتها على مقاومة المضادات الحيوية.

الأبواغ الداخلية Endospores

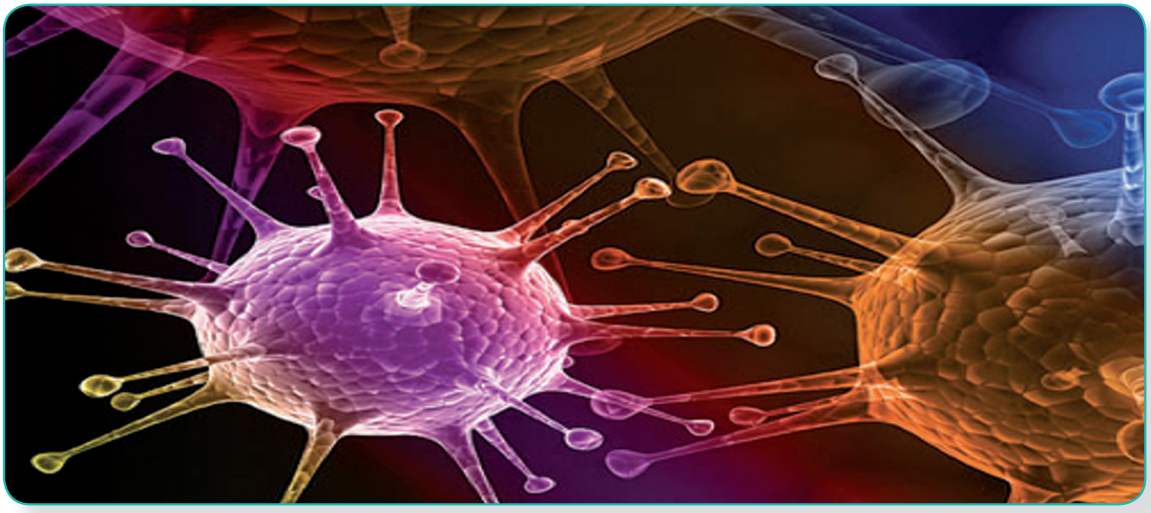
تراكيب داخلية صغيرة، تكونها بعض أنواع البكتيريا مثل البكتيريا العصوية *Bacillus anthracis* المسببة لمرض الجمرة الخبيثة Anthrax، وذلك في الظروف غير الملائمة مثل نقص الغذاء، وحالات الجفاف الشديد.

الفصل الخامس 5

الفيروسات Viruses

درست سابقاً أن الفيروسات عبارة عن جسيمات بروتينية تحتوي على حمض نووي، ولا تُعدّ من الكائنات الحية، حيث تعتمد على خلايا الكائنات الحية وتصبح قادرة على التكاثر، وبخلاف ذلك تكون في حالة خمول. تسبب الفيروسات المرض للإنسان والحيوان والنبات، وتصيب الكائنات الحية الدقيقة. فكيف اكتشفت الفيروسات؟ وما أشكالها؟ وما طرق تكاثرها وتصنيفها؟ هذه الأسئلة وأخرى سأتمكن من الإجابة عليها بعد دراسة هذا الفصل وسأكون قادراً على:

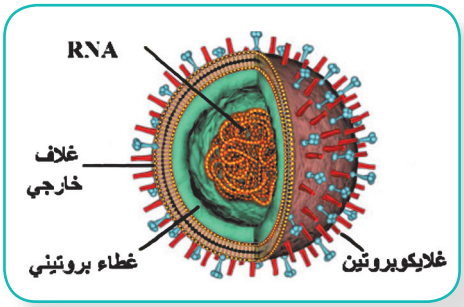
1. وصف تركيب الفيروس.
2. التعرف إلى أشكال الفيروسات.
3. تصنيف الفيروسات اعتماداً على أُسس معينة.
4. توضيح طرق تكاثر الفيروسات.



الفيروس المسبب لمرض الأنفلونزا

5 .1 تركيب الفيروسات

يتكون الفيروس من حمض نووي DNA أو RNA محاط بغطاء بروتيني يسمى كابسيد Capsid، في بعض الفيروسات يحيط بالغطاء غلاف خارجي يتكون من دهون وبروتينات وكربوهيدرات، وعند سطح الغطاء توجد نتوءات مكونة من بروتين سكري Glycoprotein. ما أهميتها؟ أنظر الشكل (1).



الشكل (1): التركيب الأساسي لفيروس الأنفلونزا

5 .2 أشكال الفيروسات

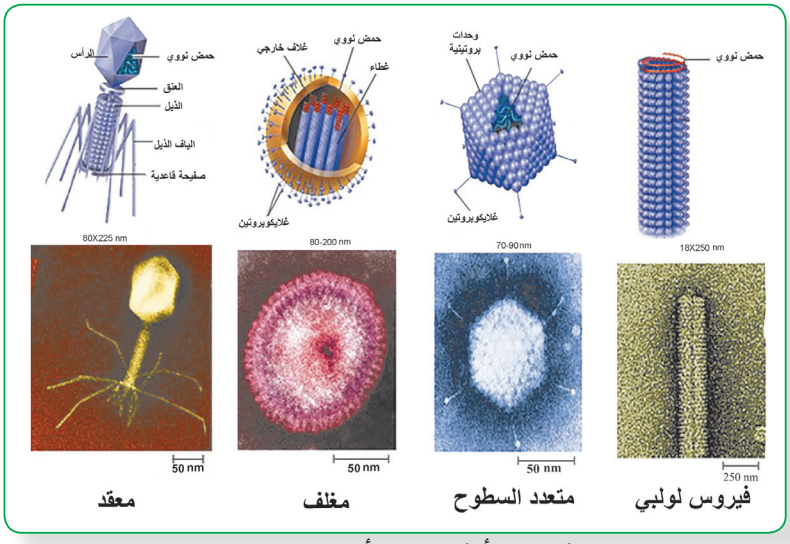
تتنوع أشكال الفيروسات تبعاً لتركيب وشكل الغطاء البروتيني لها، وسنتعرف على أربعة أشكال منها، أنظر الشكل (2).

أ- لولبي Helical: يكون الحمض النووي لولبي الشكل يشبه الزنبرك تترتب حوله الوحدات البروتينية، مثل فيروس تبرقش التبغ والحصبة.

ب- متعدد السطوح، عشروني السطوح Icosahedral: تترتب الوحدات البروتينية مكونة سطوحاً مثلثة الشكل، والتي تحيط بالحمض النووي على صورة شكل هندسي ذي 20 وجهاً مثل فيروس جدري الماء.

جـ- الفيروسات المغلفة Enveloped: تتميز هذه الفيروسات بوجود غلاف يحيط بالغطاء البروتيني ويعطيها الشكل الكروي، مثل فيروس الإنفلونزا.

د- الفيروسات المعقدة Complex: لها رأس مضلع يحتوي على الحمض النووي، وعنق، وذيل أجوف يحيط به غلاف حلزوني بنهايته منطقة الالتصاق، وهي صفيحة قاعدية تتصل بها ألياف الذيل، مثل الفيروسات مهاجمة البكتيريا (الفاجات).



الشكل(2): أشكال بعض أنواع الفيروسات وتركيبها

5 .3 تصنيف الفيروسات

تصنف الفيروسات اعتماداً على عدة أسس أهمها:

أ- نوع الحمض النووي وتقسم إلى:

1. **فيروسات DNA:** مثل فيروس الكبد الوبائي Hepatitis B.
2. **فيروسات RNA:** مثل فيروس الحصبة، وفيروس الأنفلونزا.

ب- طرق انتقالها: عبر الفم، أو الاتصال الجنسي، أو الحقن، وغيرها.

جـ- نوع الكائن المضيف: نبات، أو إنسان، أو حيوان، أو بكتيريا...

د- من حيث شكل الفيروس كما ورد سابقا

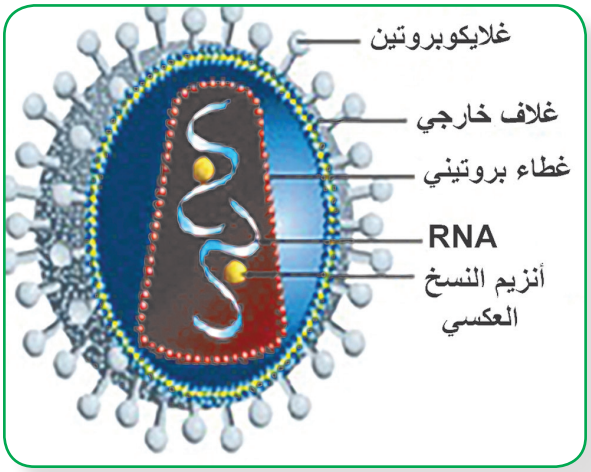
هـ- وجود الغلاف الخارجي.

5 .4 تكاثر الفيروسات

تعد الفيروسات دقائق لا خلوية لا تستطيع التكاثر إلا عندما تهاجم خلايا الكائن الحي، معتمدة على مكوناتها الخلوية لمضاعفة مادتها الوراثية، وتكوين البروتينات اللازمة، لذلك تُعدّ الفيروسات متطفلة داخلية إجبارية Obligate Intracellular Parasites.

تختلف آلية تكاثر فيروسات DNA عن فيروسات RNA في الخلايا حقيقية النوى:

أ- فيروسات DNA: تتكاثر لدى دخولها خلية العائل، حيث يندمج DNA الفيروس مع DNA الخاص بخلية العائل، ثم يوجهها لإنتاج فيروسات جديدة.



الشكل (3): فيروس مرض نقص المناعة المكتسبة HIV

ب- فيروسات RNA: ومنها ما تعرف بفيروسات **النسخ العكسي** Retroviruses فهي تقوم بإنتاج جزيء DNA من RNA باستخدام أنزيم خاص يسمى **أنزيم النسخ العكسي** Reverse Transcriptase في عملية تعرف بالنسخ العكسي. لماذا؟، ثم يندمج DNA المنتج مع المادة الوراثية للعائل وينسخ جزيئات RNA جديدة وبروتينات خاصة بالفيروس. ومن أمثلتها فيروس HIV المسبب لمرض الإيدز أنظر الشكل (3).

سؤال: لماذا تُعدّ بعض أنواع فيروسات RNA مسرطنة؟

ورقة عمل

السؤال الاول : اختار رمز الاجابة الصحيحة فيما يلي :

1.كم عدد الفقرات المتمفصلة المتحركة ؟

أ. 33 ب. 24 ج. 12 د. 9

2. ما اسم العظم الذي يتمفصل مع تجويف الحق ؟

أ. الكتف ب. الترقوة ج. الفخذ د. الرسغ

3.بماذا تصنف الرضفة حسب شكلها ؟

أ.مسطحة ب. سمسمية ج. قصيرة د. غير منتظمة

4. ما اسم عظمتا الساعد ؟

أ. القصبة والزند ب. القصبة والكعبرة ج. القصبة والشظية د. الزند والكعبرة

5.ما اسم الصمام الذي يحدد انتقال الدم من الاذين الايمن الى البطين الايمن ؟

أ.ثلاثي الشرفات ب. ثنائي الشرفات ج. نصف قمري ابهري د. نصف قمري رئوي ؟

6.اي من الاتية تتمايز في الغدة الزعترية ؟

أ. الخلايا القاتلة ب. الخلايا الاكولة ج.خلايا B د. خلايا T

7 .أي من البكتيريا تنقسم بمستوى واحد وتبقى متصلة على شكل سلسلة؟

أ.المسببة لمرض التهاب السحايا ب. السارسيا ج.المسببة لالتهاب الحلق د.العنقودية الذهبية

8. أي من الآتية يعد مثال على الفيروسات المعقدة ؟

أ.تبرقش التبغ ب. جدري الماء ج. الانفلونزا د. الفاجات

9. أي من الامراض الاتية يسببها فيروسا مختلفا عن البقية في نوع مادته الوراثية؟

أ.الحصبة ب. الانفلونزا ج. نقص المناعه المكتسبةVIH د. الكبد الوبائي

السؤال الثاني :

أ.كيف يتلاءم تركيب خلايا الدم الحمراء مع وظيفتها

ب. وضح المقصود بما يلي : الشعيرات الجنسية – الابواغ – كابسيد – الانترفيرون

ج. قارن بين الية تكاثر فيروسات DNA وRNA

السؤال الثالث :

ما الفرق بين الخلايا القاتلة الطبيعية وخلايا (B) وخلايا (T) من حيث:

1- نسبة كل منهما من الخلايا الليمفية.

2- النظام المناعي لكل منهما.

اختبار

1- ما القناة التي يمر من خلالها الحبل الشوكي ليتصل بالدماغ؟

أ-قناة فولكمان ب- قناة هافرس

ج- ثقب ماغنوم د- العمود الفقري

2- اي من الاتية تمتاز بالتحكم بدرجة الاستجابة المناعية ؟

أ. خلايا T السامة ب.خلايا T المساعدة

ج. خلايا T المثبطة د. الخلايا القاتلة

3- ماذا يحدث في حالة ولادة طفل بحاجز مثقوب بين الأذينين؟

أ- قلة النشاط الحركي مع شحوب مزرق في لون بشرته

ب- حدوث سكتة دماغية

ج- ارتفاع في ضغط الدم

د- الإصابة بذبحة صدرية

4- أي الأوعية الدموية الآتية يحتوي على دم فقير بالاكسجين؟

أ-الشريان الأبهر ب- الوريد الرئوي

ج- الشريان الرئوي د- الشريان التاجي

5- ماذا تسبب البكتيريا الكروية العنقودية ؟

أ- التهاب الحلق ب- التهاب السحايا

ج- الجمرة الخبيثة د- التسمم الغذائي

6- ما البكتيريا التي تكون أبواغا داخلية ؟

أ- كروية سبحية ب- كروية عنقودية

ج- عصوية واوية د- عصوية على شكل سلسلة

7- أي الفقرات الآتية تصف شكل ومادة الوراثة لفيروس الحصبة ؟

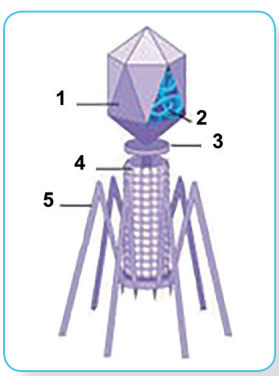
أ- مغلف ، DNA ب- مغلف ، RNA

ج- لولبي ، DNA د- لولبي ، RNA

8- ما الرقم الذي يمثل المادة الوراثية للفيروس في الشكل الاتي ؟

أ- 1 ب - 2

ج- 3 د- 4



السؤال الثاني:

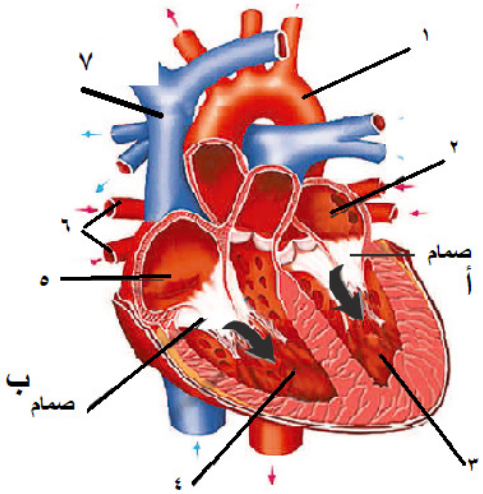
من خلال دراستك لأجهزة جسم الإنسان أجب عما يلي:

1- وضح المقصود بالعظم الكثيف ثم أذكر مثالاً على عظم اسفنجي؟

2- ما أجزاء الهيكل العظمي الرئيسية التي تكوّن الهيكل العظمي المحوري وكم عدد العظام فيها؟

السؤال الثالث:

- أعط مثالا على كل من:
- بكتيريا عصوية واوية الشكل
- فيروس يقوم بعملية النسخ العكسي
- فيروس لولبي الشكل.



السؤال الرابع: انظر الشكل المجاور ثم اجب.

1- اكتب أسماء الأجزاء المرقمة على الشكل 7-1

2- ماذا يحدث لو غاب الصمام الفاصل بين الرقمين 4و5 ؟

3- علل سمك جدار الحجرة رقم3 اكثر من سمك جدار الحجرة رقم 4

4- ما نوع الدم في الحجرة رقم 5

5- قارن بين التركيب رقم1 والتركيب رقم 7من حيث سعة التجويف، وجود الصمامات ، ضغط الدم

السؤال الخامس: وضح الفرق بين تركيب الجدار الخلوي في كل من بكتيريا موجبة غرام وسالبة غرام وأثره على اكتساب البكتيريا لصبغة غرام.

السؤال السادس: بين خطوات عملية البلعمة في النظام المناعي الفطري.