١٢

بسم الله الرحمن الرحيم



دولة فلسطين
وزارة التربية والتعليم

العلوم الحياتية

العلمي والزراعي

فريق التأليف:

د. عمر حمارشة **(منسقاً)**
أ. عائشة شقير
أ. رياض إبراهيم
أ. إبراهيم دعيج
أ. مرام الأسطل
د. سحر عودة



قررت وزارة التربية والتعليم في دولة فلسطين
تدريس هذا الكتاب في مدارسها بدءاً من العام الدراسي 2018 / 2019م

الإشراف العام

رئيس لجنة المناهج — د. صبري صيدم
نائب رئيس لجنة المناهج — د. بصري صالح
رئيس مركز المناهج — أ. ثروت زيد

الدائرة الفنية

الإشراف الفني — كمال فحماوي
التصميم — شروق صعيدي

التحكيم العلمي — د. وليد الباشا، د. أكرم الخروبي
التحرير اللغوي — أ. أحمد الخطيب
متابعة المحافظات الجنوبية — د. سمية النخالة
قراءة — أ. عادل أبو ريّان

الطبعة الثالثة
٢٠٢٠ م / ١٤٤١ هـ

جميع حقوق الطبع محفوظة ©

دولة فلسطين
وزارة التربية والتعليم
مركز المناهج

حي الماصيون، شارع المعاهد
ص. ب 719 - رام الله - فلسطين
pcdc.edu.ps | pcdc.mohe@gmail.com

moehe.gov.ps | mohe.pna.ps | mohe.ps
.com/MinistryOfEducationWzartAltrbytWaltlym
فاكس +970-2-2983250 هاتف +970-2-2983280

تقديم

يتصف الإصلاح التربوي بأنه المدخل العقلاني العلمي النابع من ضرورات الحالة، المستند إلى واقعية النشأة، الأمر الذي انعكس على الرؤية الوطنية المطورة للنظام التعليمي الفلسطيني في محاكاة الخصوصية الفلسطينية والاحتياجات الاجتماعية، والعمل على إرساء قيم تعزز مفهوم المواطنة والمشاركة في بناء دولة القانون، من خلال عقد اجتماعي قائم على الحقوق والواجبات، يتفاعل المواطن معها، ويعي تراكيبها وأدواتها، ويسهم في صياغة برنامج إصلاح يحقق الآمال، ويلامس الأماني، ويرنو لتحقيق الغايات والأهداف.

ولما كانت المناهج أداة التربية في تطوير المشهد التربوي، بوصفها علماً له قواعده ومفاهيمه، فقد جاءت ضمن خطة متكاملة عالجت أركان العملية التعليمية التعلمية بجميع جوانبها، بما يسهم في تجاوز تحديات النوعية بكل اقتدار، والإعداد لجيل قادر على مواجهة متطلبات عصر المعرفة، دون التورط بإشكالية التشتت بين العولمة والبحث عن الأصالة والانتماء، والانتقال إلى المشاركة الفاعلة في عالم يكون العيش فيه أكثر إنسانية وعدالة، وينعم بالرفاهية في وطن نحمله ونعظمه.

ومن منطلق الحرص على تجاوز نمطية تلقّي المعرفة، وصولاً لما يجب أن يكون من إنتاجها، وباستحضار واعٍ لعديد المنطلقات التي تحكم رؤيتنا للطالب الذي نريد، وللبنية المعرفية والفكريّة المتوخّاة، جاء تطوير المناهج الفلسطينية وفق رؤية محكومة بإطار قوامه الوصول إلى مجتمع فلسطيني ممتلك للقيم، والعلم، والثقافة، والتكنولوجيا، وتلبية المتطلبات الكفيلة بجعل تحقيق هذه الرؤية حقيقة واقعة، وهو ما كان له ليكون لولا التناغم بين الأهداف والغايات والمنطلقات والمرجعيات، فقد تآلفت وتكاملت؛ ليكون النتاج تعبيراً عن توليفة تحقق المطلوب معرفياً وتربوياً وفكرياً.

ثمّة مرجعيات تؤطّر لهذا التطوير، بما يعزّز أخذ جزئية الكتب المقرّرة من المنهاج دورها المأمول في التأسيس؛ لتوازن إبداعي خلّاق بين المطلوب معرفياً، وفكرياً، ووطنياً، وفي هذا الإطار جاءت المرجعيات التي تم الاستناد إليها، وفي طليعتها وثيقة الاستقلال والقانون الأساسي الفلسطيني، بالإضافة إلى وثيقة المنهاج الوطني الأول؛ لتوجّه الجهد، وتعكس ذاتها على مجمل المخرجات.

ومع إنجاز هذه المرحلة من الجهد، يغدو إزجاء الشكر للطواقم العاملة جميعها؛ من فرق التأليف والمراجعة، والتدقيق، والإشراف، والتصميم، وللجنة العليا أقل ما يمكن تقديمه، فقد تجاوزنا مرحلة الحديث عن التطوير، ونحن واثقون من تواصل هذه الحالة من العمل.

وزارة التربية والتعليم

مركز المناهج الفلسطينية

آب / 2018

مقدمة

معلمينا وطلبتنا الأعزاء، نضع بين أيديكم كتاب العلوم الحياتية للصف الثاني عشر العلمي. وتم صياغة هذا المنهاج الجديد وفق الخطوط العريضة لمبحث العلوم الحياتية للصف الثاني عشر العلمي من المرحلة الثانوية، آملين أن يحقق هذا العمل الأهداف المرجوة منه. وتم إعداد هذا الكتاب بطبعته المطورة بأسلوب تربوي حديث قائم على أساس تفاعلي بين الطالب والكتاب، مستند إلى قاعدة مفاهيمية متكاملة في إطار مجالات محتوى العلوم الحياتية، لمواكبة التطور المتسارع الذي طرأ على هذا العلم خلال السنوات القليلة الماضية.

يشتمل هذا الكتاب على أربع وحدات دراسية، الوحدة الأولى بعنوان عمليات حيوية في الخلية، وتضم فصلين، الفصل الأول: تدفق الطاقة، ويبحث العمليات الحيوية الأساسية في الخلية كتفاعلات البناء الضوئي والتنفس، والفصل الثاني:من الجين إلى البروتين، الذي يبين انتقال المعلومات الوراثية بادئاً من الحمض النووي منقوص الأكسجين وحتى تكوين البروتين. والوحدة الثانية بعنوان الوراثة، وتضم ثلاثة فصول، الأول حول توارث أكثر من صفتين من الصفات المندلية واستخدام قوانين الاحتمالات في حل المسائل الوراثية؛ أما الفصل الثاني فيبحث في توارث الصفات التي لا تنطبق عليها قوانين مندل: أي الصفات غير المندلية وما يحتويه من مفاهيم جديدة كالسيادة غير التامة والمشتركة، وأنظمة تحديد الجنس، ودراسة الصفات المرتبطة والمتأثرة بالجنس، ومفهوم الارتباط والخرائط الجينية؛ أما الفصل الثالث فيتضمن تطبيقات على التقانة الحيوية واستخداماتها. الوحدة الثالثة تبحث في أجهزة جسم الانسان وتضم ثلاثة فصول، الفصل الأول يبحث في الجهاز الهيكلي وظائفه وكيفية تكون العظام وأنواعها في جسم الإنسان. والفصل الثاني يبحث في جهاز الدوران ويضم دراسة تفصيلية وتشريحية لأجزائه، ووظائفه، لا سيما القلب، وآلية تنظيم عمله، وعملية ضخ الدم، ويتطرق إلى مكونات الدم، وبعض المشكلات الصحية التي تصيب جهاز الدوران. والفصل الثالث بعنوان الجهازالمناعي، ويتضمن أجزاءه، وأنواع الخلايا الليمفية، ومكونات كل جزء من جهاز المناعة، ودوره في الدفاع عن الجسم ضد مسببات الأمراض. والوحدة الرابعة تبحث في البكتيريا والفيروسات وتتضمن فصلين: الأول بعنوان البكتيريا، ويبحث في تركيب البكتيريا وأشكالها وأنوعها، والعوامل التي تحدد نموها، وأثر المضادات الحيوية، وبعض استخداماتها في التقانة الحيوية، والفصل الثاني يبحث في الفيروسات من حيث: أشكالها، وتركيبها، وتصنيفها، وطرق تنميتها، واستخداماتها في التقانة الحيوية.

تم إعداد هذا الكتاب بأسلوب مشوق، من خلال توظيف فاعل للأنشطة، والصور، والرسومات التوضيحية، والخرائط المفاهيمية، ليشجع الطالب على القراءة التحليلية الناقدة، ويسهم في تعزيز التفاعل بين الطالب والكتاب، كونه أداة فاعلة في تحقيق الأهداف المرجوة، بعيداً عن السرد النمطي للمعلومات. كما يتيح الكتاب الفرصة أمام الطالب لممارسة الاستقصاء العلمي، وذلك من خلال تنفيذه مشروعاً في كل وحدة، والتركيز على الأنشطة التدريبية، والأسئلة التقويمية، كوسيلة لإكساب الطالب مجموعة من المهارات الحياتية، كالبحث، والتفكير العلمي، وحل المشكلات؛ ما يساعد في تنمية شخصية الطالب.

الكتاب يناقش التقانات الحديثة، وبعض الاكتشافات، وأسماء العلماء الذين لهم دور في تقدم وتطور العلوم الحياتية، ما كان له أثر تشجيعي وتحفيزي وتعميق الجانب الوجداني للطالب.

كلنا أمل أن يلبي هذا الكتاب حاجات طلبتنا الأعزاء، ويراعي ميولهم ورغباتهم، ويستخرج مكنون قدراتهم، ويزيد انخراطهم في عملية التعلم. أما معلمنا العزيز فقد تطور دوره ليصبح مرشداً وموجهاً وميسراً للعملية التربوية، دون أن يفقد دوره في تزويد الطلبة بالمزيد من الأمثلة التوضيحية، ومتابعة تعلمهم، والسعي إلى تنمية قدراتهم الإبداعية؛لذا فإننا نأمل من معلمينا ألا يبخلوا علينا بملحوظاتهم القيمة حول هذه النسخة التجريبية، فهي مهمة في تطوير هذه النسخة وتعديلها.

واللّه ولي التوفيق

فريق التأليف

المحتويات

الوحدة الأولى:عمليات حيوية في الخلية (Processes In The Cell)

الفصل الأول: تدفق الطاقة 4

(1.1): أهمية الطاقة للخلية الحية 5

(2.1): البناء الضوئي 6

(3.1): التنفس الخلوي 16

(4.1): التكامل بين عمليتي البناء الضوئي والتنفس الخلوي 22

الفصل الثاني: من الجين إلى البروتين 26

(1.2): الشيفرة الوراثية 27

(2.2): بناء البروتين 28

الوحدة الثانية: الوراثة (Genetics)

الفصل الأول: قانون مندل في الوراثة 42

(1.1): الوراثة المندلية 43

الفصل الثاني: الصفات غير المندلية 52

(1.2): أنماط التوارث غير المندلية 53

(2.2): السيادة غير التامة 53

(3.2): السيادة المشتركة 54

* (4.2): الأليلات المتعددة 55

* (5.2): الجينات القاتلة 58

* (6.2): الصفات الوراثية 59

(7.2): أنظمة تحديد الجنس في الكائنات الحية 61

(8.2): الصفات المرتبطة بالجنس 61

(9.2): الصفات المتأثرة بالجنس 63

(10.2): الارتباط والعبور 63

(11.2): الخرائط الجينية 66

(12.2): الاختلالات الوراثية 67

الفصل الثالث:تطبيقات في علم الوراثة 75

(1.3): الهندسة الوراثية 76

(2.3): الوسائل والأدوات المستخدمة في الهندسة الوراثية 76

(3.3): تقنية DNA معادالتركيب 77

(4.3): الهجرة الكهربائية والبصمة الوراثية 78

(5.3): بصمة DNA 79

(6.3): تطبيقات في الهندسة الوراثية 80

(7.3): ضوابط استخدام الهندسة الوراثية وأخلاقياتها 81

* الوحدة الثالثة:أجهزة جسم الإنسان (Human Body Systems)

الفصل الأول: الجهاز الهيكلي 90

(1.1): وظائف الجهاز الهيكلي 91

(2.1): أقسام الجهاز الهيكلي 92

(3.1): أشكال العظم 97

(4.1): تركيب نسيج العظم 97

(5.1): تكوين العظام ونموها 100

(6.1): الغضاريف 101

(7.1): المفاصل 101

(8.1): المشكلات الصحية التي تصيب الجهاز الهيكلي 103

الفصل الثاني: جهاز الدوران 108

(1.2): تركيب جهاز الدوران 109

(2.2): تخثر الدم والتئام الجروح 116

(3.2): أمراض تصيب جهاز الدوران 117

الفصل الثالث: الجهاز المناعي 121

(1.3):الأنظمة المناعية في الجسم 122

(2.3):المناعة الإيجابية والمناعة السلبية 128

(3.3):تركيب الأجسام المضادة ووظائفها 128

(4.3):الاختلالات المناعية 130

(5.3):التبرع بالأعضاء (للإطلاع فقط) 131

الوحدة الرابعة: الكائنات الدقيقة (Microganisims)

الفصل الأول: البكتيريا 140

(1.1): لمحة تاريخية (للاطلاع فقط) 141

(2.1): أماكن تواجد البكتيريا 141

(3.1): تصنيف بدائية النوى 142

(4.1): أشكال البكتيريا 144

(5.1): تركيب الخلية البكتيرية 146

(6.1): طرق انتقال المادة الوراثية 150

(7.1): نمو البكتيريا وتكاثرها 151

(8.1): الظروف الملائمة لنمو البكتيريا 152

(9.1): ضبط نمو البكتيريا 154

(10.1): المضادات الحيوية 155

(11.1): أهمية البكتيريا 156

الفصل الثاني: الفيروسات 160

(1.2): لمحة تاريخية (للاطلاع فقط) 161

(2.2): تركيب الفيروسات 161

(3.2): أشكال الفيروسات 162

(4.2): تصنيف الفيروسات 163

(5.2): تكاثر الفيروسات 163

(6.2): أمراض الفيروسات 165

(7.2): الفيروسات والتقانة الحيوية 167

* للعلمي فقط

الوحدة الأولى 1

عمليات حيوية في الخلية

Processes in the cell



كيف تحصل الغزلان على الطاقة اللازمة للقيام بالعمليات الحيوية والنجاة من الافتراس؟

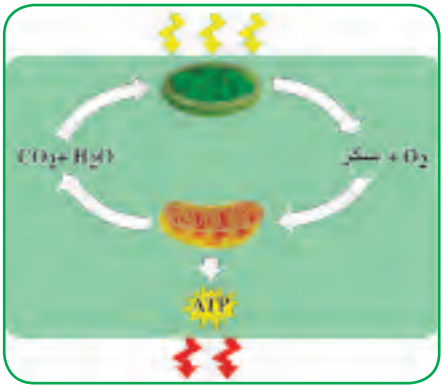
يتوقع من الطلبة بعد دراسة هذه الوحدة والتفاعل مع أنشطتها أن يكونوا قادرين على تتبع العمليات الحيوية في الكائنات الحية التي يتم من خلالها الحفاظ على الاتزان الداخلي لها، ومن هذه العمليات البناء الضوئي، والتنفس الخلوي وكذلك تتبع عملية بناء البروتينات في الخلايا الحية اعتماداً على المعلومات الوراثية المختزنة في جزيئات الحمض النووي DNA من خلال 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 وإنتاج بروتين وظيفي.
4. بناء مشاريع مرتبطة بالواقع الحياتي (محاكاة لعملية بناء البروتين).

تدفق الطاقة Energy Flow

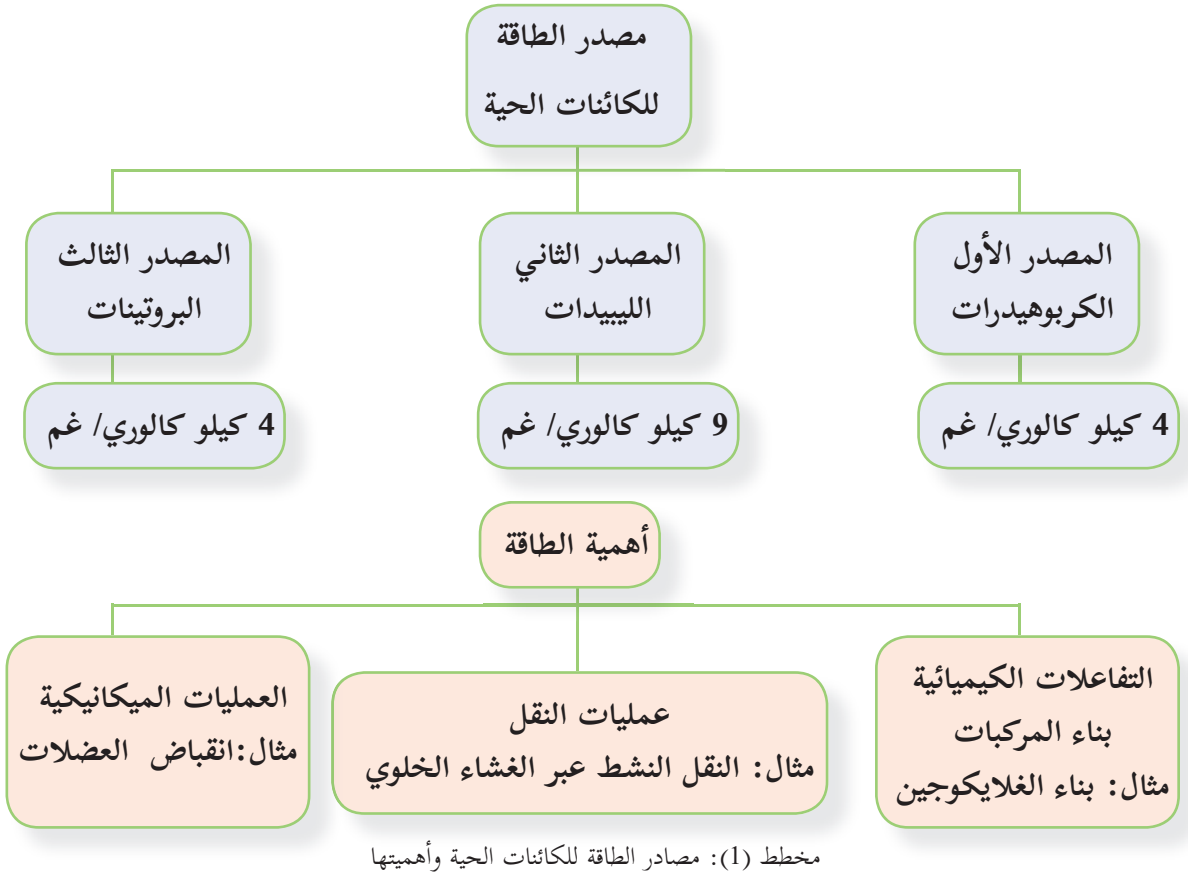
تحتاج الكائنات الحية إلى الطاقة للقيام بأنشطتها الحيوية المختلفة، وتعد عملية البناء الضوئي التي تقوم بها النباتات والطحالب وبعض أنواع البكتيريا نقطة الانطلاق في تحولات الطاقة للكائنات الحية المختلفة. وتخزن الطاقة الضوئية في المركبات العضوية؛ لتستفيد منها الخلايا الحية في عملية التنفس الخلوي، حيث تُعد 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، وأخرى غيرها، سأتمكن من الإجابة عنها بعد دراستي هذا الفصل، وسأكون قادراً على:

1. التعرف إلى حاملات الطاقة ATP، وأهمية الطاقة في العمليات الحيوية، ومصادرها في المركبات العضوية.
2. توضيح دور الموجات الضوئية الضرورية لعملية البناء الضوئي.
3. تتبع مراحل التفاعلات الضوئية اللاحلقية والحلقية، والمقارنة بينها.
4. تتبع التفاعلات التي تحدث في حلقة كالفن، وذكر نواتجها.
5. إستنتاج العلاقة بين معدل البناء الضوئي وبعض العوامل البيئية.
6. التعرف إلى تركيب الميتوكندريون.
7. تتبع مراحل التنفس الخلوي.
8. المقارنة بين التخمر اللبني والتخمر الكحولي.
9. تبيان التكامل بين عمليتي البناء الضوئي والتنفس الخلوي.



1.1 أهمية الطاقة للخلية الحية

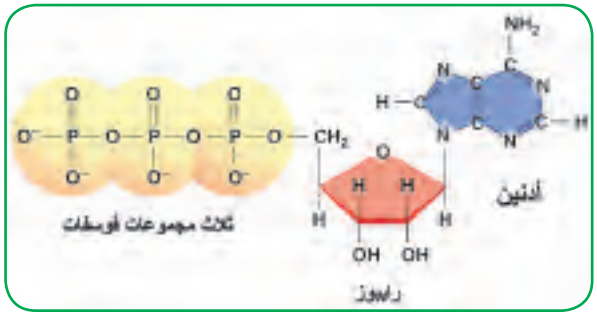
تحتاج الكائنات الحية إلى الطاقة للقيام بالعمليات الحيوية، حيث تستخدم الطاقة المخزنة في جزيئات حاملات الطاقة مثل ATP، للقيام بالعديد من الوظائف، ألاحظ المخطط (1).



مخطط (1): مصادر الطاقة للكائنات الحية وأهميتها

تركيب حاملات الطاقة في الخلية الحية

تتكون جزيئات حاملات الطاقة من النيوكليوتيدات التي تحتوي روابط كيميائية تخزن فيها كميات كبيرة من الطاقة، مثل مركب أدينوسين ثلاثي الفوسفات ATP (Adenosine Triphosphate) ، أنظر الشكل (1).



الشكل (1): تركيب النيوكليوتيد في حاملات الطاقة (ATP)

وعند تحلل مجموعة فوسفات من جزيء ATP يتكون ADP (Adenosine Diphosphate)، ومجموعة فوسفات (حرة)، وطاقة، وعند تحلل مجموعة فوسفات أخرى يتكون AMP (Adenosine Monophosphate)، ومجموعة فوسفات (حرة)، وطاقة، ألاحظ المعادلات التي توضح ذلك.

$$ATP \longrightarrow ADP + p_i + 7.3\ kcal/mol$$

$$ADP \longrightarrow AMP + p_i + 7.3\ kcal/mol$$

سؤال: ما المجموع الكلي للطاقة الناتجة من تحلل 2 مول من ATP إلى AMP؟

2.1 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.

نشاط (1) تمهيدي: تركيب البلاستيدة الخضراء

أتتبع الشكل (2) ثم أجيب عن الأسئلة الآتية:

1. أعدد الأجزاء التي تتكون منها البلاستيدات.
2. أي أجزاء البلاستيدة تتم فيها عملية البناء الضوئي؟
3. أرسم شكلاً تخطيطياً للبلاستيدة.

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:

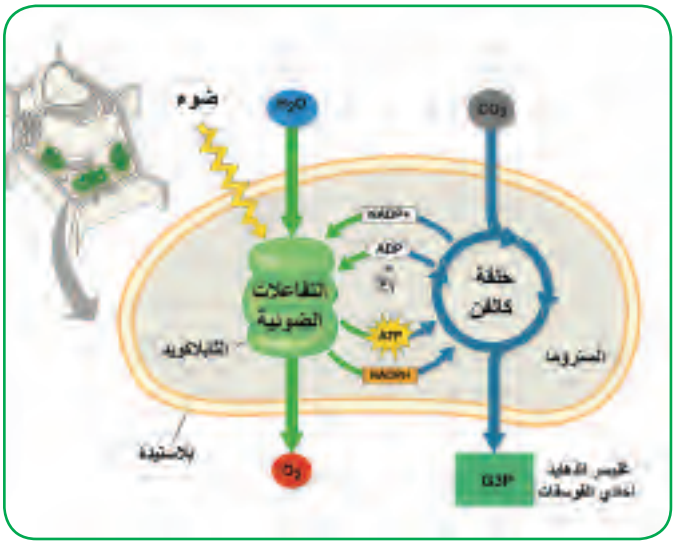
$$6\ CO_2 + 12H_2O \xrightarrow[\text{كلوروفيل}]{\text{طاقة ضوئية}} C_6H_{12}O_6 + 6O_2 + 6H_2O$$



الشكل (2): مقطع عرضي في الورقة وتركيب البلاستيدة

لأتعرف على تفاعلات البناء الضوئي، أدرس الشكل (3)، 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 (3): 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، أنظر الشكل (4).

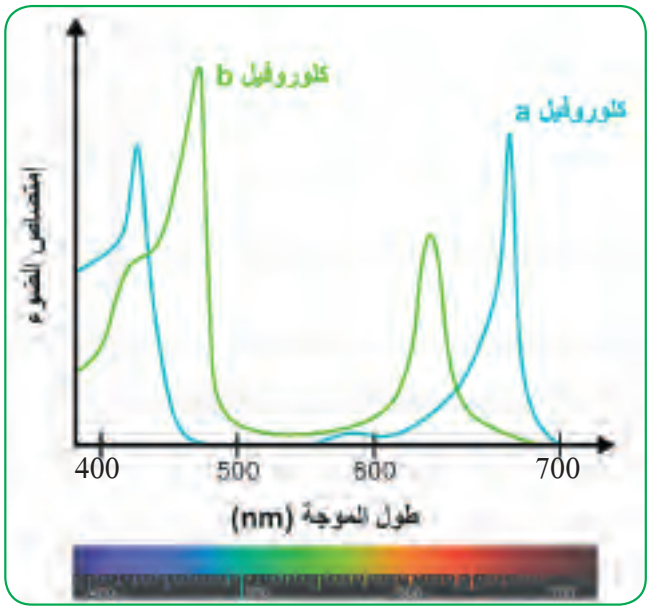
وتعمل أصباغ كلوروفيل a وكلوروفيل b، والكاروتين على امتصاص موجات الضوء الحمراء والزرقاء بكميات كبيرة، بينما تمتص أصباغ أخرى الموجات الضوئية بكميات قليلة.

قضية للبحث: أبحث في الاختلاف بين الأصباغ (كلوروفيل a و b).

أدرس الشكل (4)، ثم أجيب عن الأسئلة التي تليه:

1. ما الموجات الضوئية التي يتم امتصاصها عن طريق كلوروفيل a و b ؟
2. ما طول الموجات التي يتم فيها أعلى امتصاص للضوء ؟
3. ما طول الموجات التي يتم فيها أقل امتصاص للضوء ؟
4. أي أجزاء البلاستيدة تحتوي على صبغة الكلوروفيل الخضراء؟

سؤال: كيف أفسر ظهور اللون الأخضر في النباتات؟



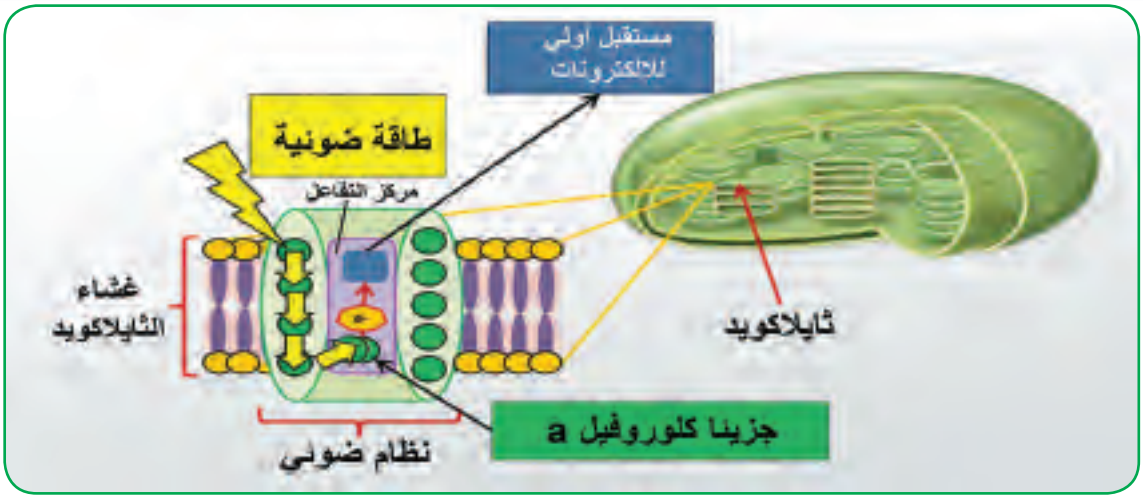
الشكل (4):امتصاص الموجات الضوئية بوساطة الأصباغ

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 (5).
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.



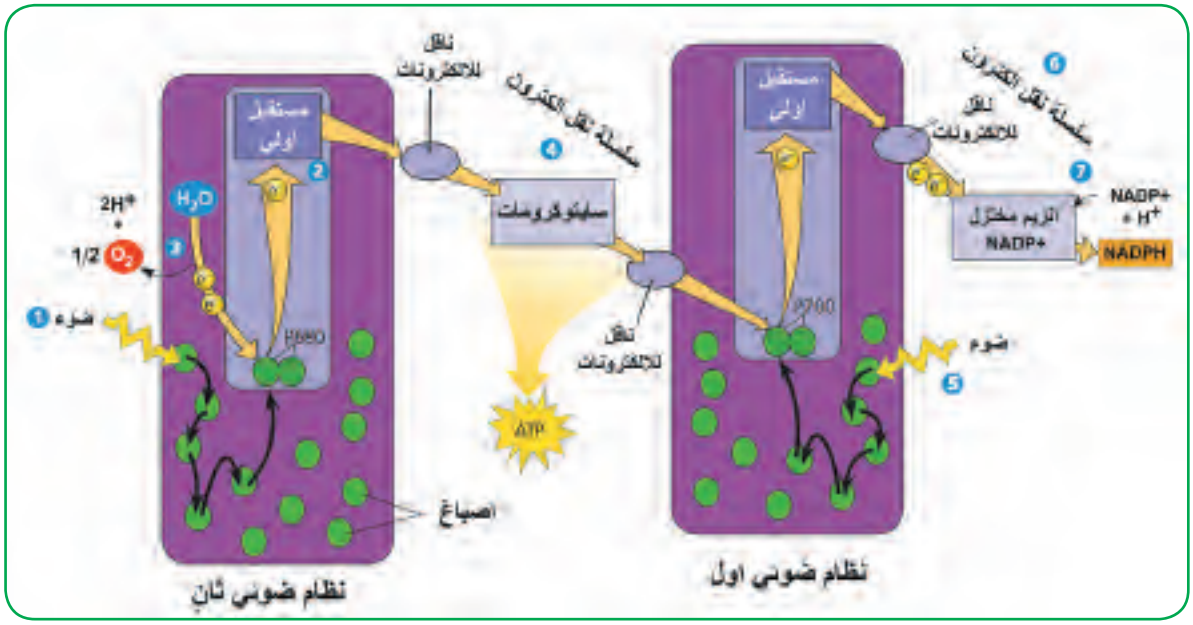
الشكل (5): تركيب النظام الضوئي

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 (6) تفاعلات المسار الإلكتروني اللاحلقي

بالاعتماد على الشكل (6) 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.

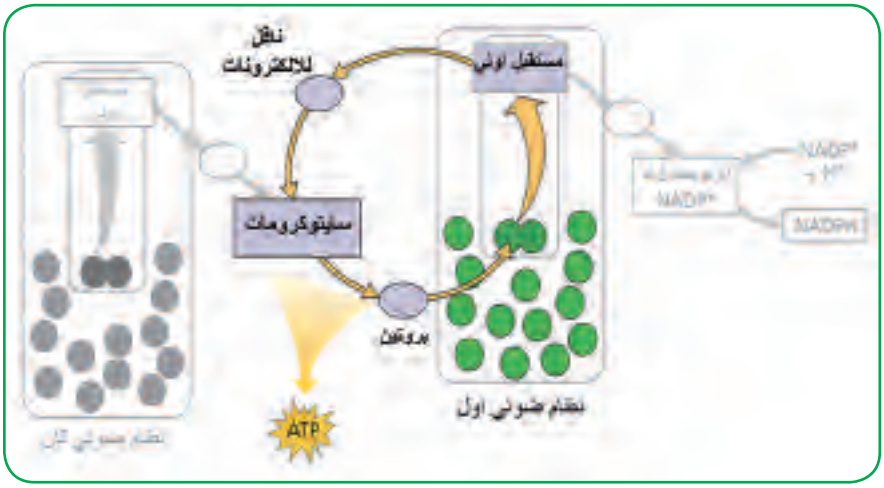
7 وبالتالي يختزل $NADP^+$ إلى NADPH كما في المعادلة الآتية:

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

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 النظاميين الضوئيين؛ ليتم إنتاج جزيئات حاملات الطاقة ATP فقط، ألاحظ الشكل (7).



الشكل (7): تفاعلات المسار الإلكتروني الحلقي

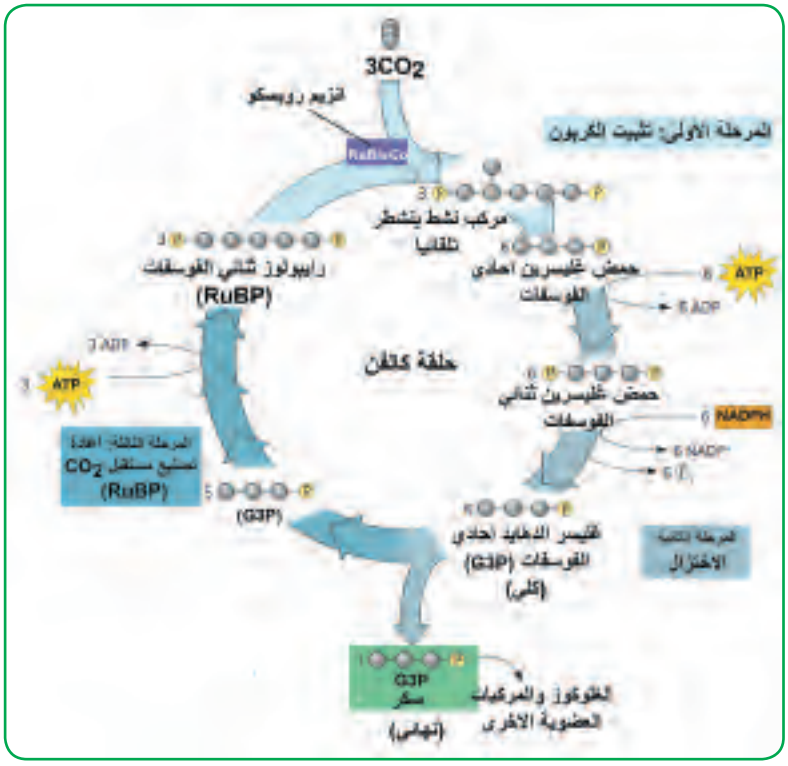
سؤال: أقارن بين المسار الإلكتروني اللاحلقي والمسار الإلكتروني الحلقي من حيث:

أ. النظام الضوئي المشارك　　ب. النواتج

جـ. مستقبل الإلكترون الأخير.　　د. تعويض الإلكترونات.

1. 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.



الشكل (8): تفاعلات حلقة كالفن

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 (8).

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 الفوسفات Glyceraldehyde 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.

قضية للبحث: أبحث في أهمية استخدام جزيئات ATP في مرحلة إعادة تصنيع رايبولوز ثنائي الفوسفات.

تطبيقات رياضية على حلقة كالفن

في حلقة كالفن إذا تم استهلاك 18 جزيئاً من ATP أوجد ما يأتي:

أ. عدد جزيئات G3P الكلية.

ب. عدد جزيئات الغلوكوز التي يتم إنتاجها.

ج. عدد جزيئات CO_2 التي يتم تثبيتها.

د. عدد جزيئات رايبولوز ثنائي الفوسفات التي يتم استخدامها (استهلاكها).

الحل:

أ- عدد جزيئات G3P الكلية.

عند استهلاك 9 جزيئات ATP يتم إنتاج 6 جزيئات G3P بشكل كلي، أما عند استهلاك 18 من جزيئات ATP فإن عدد جزيئات G3P الكلية التي يتم إنتاجها هي: $(6\times18) \div 9 = 12$ جزيئاً

ب- عدد جزيئات الغلوكوز التي يتم إنتاجها.

عند استهلاك 9 جزيئات ATP يتم إنتاج $\frac{1}{2}$ جزيء غلوكوز (نظرياً)، وعند استهلاك 18 من جزيئات ATP، فإن عدد جزيئات الغلوكوز التي يتم إنتاجها هي : $(18 \times \frac{1}{2}) \div 9 = 1$ (جزيء غلوكوز واحد).

جـ- عدد جزيئات CO_2 التي يتم تثبيتها.

عند استهلاك 9 جزيئات ATP يتم تثبيت 3 جزيئات CO_2، وعند استهلاك 18 جزيئاً من ATP فإن عدد جزيئات CO_2 التي يتم تثبيتها هي: $(3\times18) \div 9 = 6$ جزيئات من CO_2.

د- عدد جزيئات رايبولوز ثنائي الفوسفات التي يتم استخدامها.

عند استهلاك 9 جزيئات ATP يتم استهلاك 3 جزيئات رايبولوز ثنائي الفوسفات، وعند استهلاك 18 جزيئاً من ATP فإن عدد جزيئات رايبولوز ثنائي الفوسفات التي يتم استهلاكها هي: (3×18) ÷9= 6 جزيئات .

العوامل الخارجية المؤثرة في معدل البناء الضوئي

لاستنتاج تأثير العوامل البيئية المؤثرة على معدل عملية البناء الضوئي أنفذ النشاط الآتي:

نشاط (2): معدل عملية البناء الضوئي

يهدف هذا النشاط إلى قياس معدل عملية البناء الضوئي في ظروف بيئية مختلفة.



الأدوات والمواد:

نباتات مائية صغيرة أو طحالب (يمكن استخدام نبات الألوديا)، قمع زجاجي، أنبوب اختبار، دورق زجاجي (1000مل)، بيكربونات الصوديوم 2%، مصباح كهربائي 150 واط، مصدر حرارة (شمعة مثلا)، حمام مائي، ميزان حرارة، ساعة إيقاف.



خطوات العمل:

1- أركب الجهاز كما هو مبين في الشكل حسب الخطوات الآتية لدراسة تأثير العوامل الآتية: الضوء، درجة الحرارة، تركيز CO_2.



2- أضع 500 مل من الماء في الدورق.

3- أضيف النباتات أو الطحالب إلى الدورق.

4- أضع القمع مقلوباً فوق النبات.

5- أملأ أنبوب الإختبار بالماء وأقلبه فوق القمع.

6- أقسم الطلبة إلى ثلاث مجموعات عمل، لتنفذ كل مجموعة نشاطها حسب الإجراءات الخاصة بها:

*** المجموعة الأولى**

أ- أبدأ التجربة في الظلام، هل أشاهد ظهور فقاعات الأكسجين؟

ب- أضع الجهاز تحت ضوء الشمس، وأحسب عدد الفقاعات التي تتصاعد في الدقيقة.

ج- أعرض النبات في الجهاز إلى المصباح الكهربائي، وأحسب عدد فقاعات O_2 في الدقيقة.

د- الاستنتاج: أقارن بين عدد الفقاعات في الحالات الثلاث، ماذا أستنتج؟

*** المجموعة الثانية**

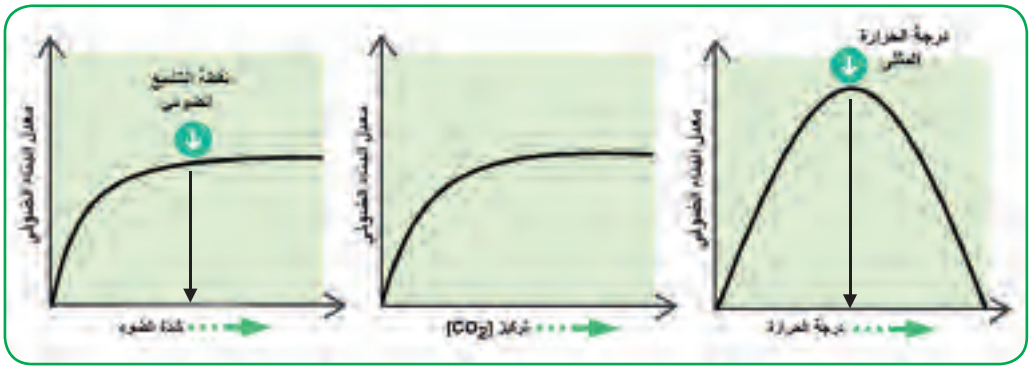
أ- أثناء وجود الجهاز أمام المصدر الضوئي، أضبط درجة الحرارة عند $20^{\circ}C$ إما بالتسخين أو بإضافة قطع من الثلج إلى ماء الحوض، أحسب عدد الفقاعات التي تتصاعد في الدقيقة.

ب- أسخن الماء في الجهاز، وأحسب عدد الفقاعات في الدقيقة عند درجة حرارة مختلفة $30^{\circ}C$ و$40^{\circ}C$، وأقارن بين عدد الفقاعات في الحالات السابقة، ماذا أستنتج؟

*** المجموعة الثالثة**

أقترح خطوات عمل لدراسة أثر CO_2 على معدل البناء الضوئي، ماذا أستنتج؟

أستنتج من الأنشطة السابقة ومن خلال عمل المجموعات أن البناء الضوئي يتأثر بالعديد من العوامل الخارجية وهي: الضوء ودرجة الحرارة وتركيز CO_2، ولا بد من توفر تلك العوامل معاً في حدودها المثلى؛ كي يحدث البناء الضوئي، ألاحظ الشكل (9):



الشكل (9): بعض العوامل المؤثرة في معدل البناء الضوئي

سؤال: ما أثر شدة الضوء، وتركيز CO_2 ودرجة الحرارة على معدل البناء الضوئي، كيف أفسر ذلك ؟

3.1 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.

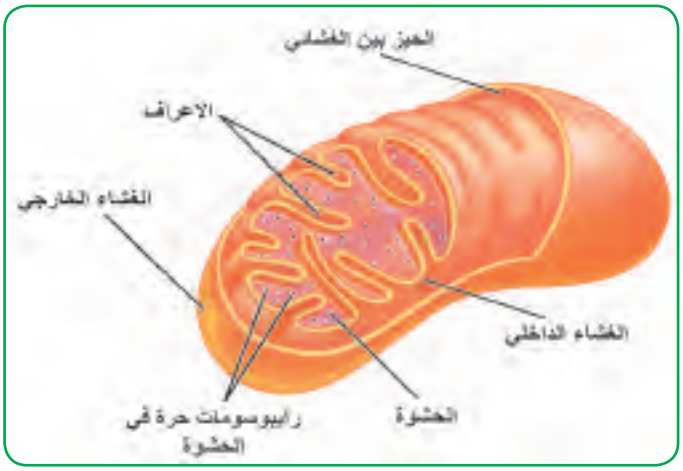
ويتم إنتاج الطاقة من خلال عملية التنفس الخلوي التي تقوم بوساطتها الكائنات الحية بتحليل المواد الغذائية مثل: الكربوهيدرات، وتحرير الطاقة المخزونة في الروابط الكيميائية الموجودة بين جزيئاتها.

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.

نشاط (3) تمهيدي: التعرف على تركيب الميتوكندريون

أستعين بالشكل (10) الذي يوضح تركيب الميتوكندريون للإجابة عن الأسئلة الآتية:

1. ما الأجزاء التي يتكون منها الميتوكندريون؟
2. يمتاز الميتوكندريون بقدرته على التضاعف، ما أهمية ذلك؟
3. ما الوظيفة الأساسية التي يقوم بها الميتوكندريون؟
4. أقارن بين الميتوكندريون والبلاستيدة من حيث التركيب والوظيفة.



الشكل (10): تركيب الميتوكندريون

أولا: التنفس الهوائي Aerobic Respiration

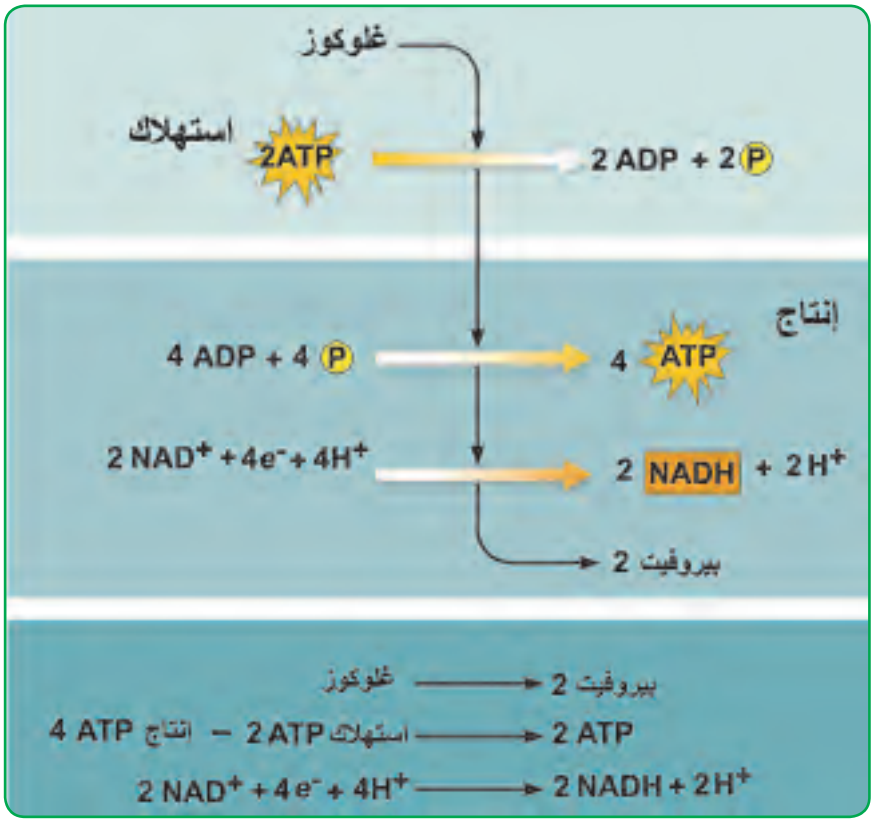
يحدث هذا النوع من التنفس في معظم الكائنات الحية، حيث تعتمد على وجود الأكسجين وتطلق غاز ثاني أكسيد الكربون. ويتم استخدام الأكسجين في أكسدة المواد الغذائية مثل الغلوكوز لإنتاج الطاقة اللازمة لتأدية العمليات الحيوية التي تقوم بها الخلية، ألاحظ المعادلة الآتية:

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

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

1. مرحلة التحلل الغلايكولي Glycolysis

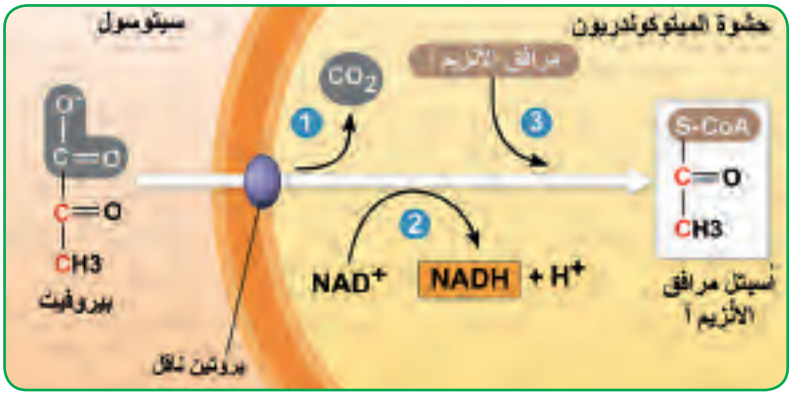
تحدث هذه المرحلة في سيتوسول جميع الخلايا الحية، وهذه العملية لا تتطلب وجود الأكسجين لإنتاج الطاقة. في هذه المرحلة ينشطر سكر الغلوكوز إلى جزيئين من سكر غليسر الدهايد (ثلاثي الكربون) ليتأكسد كل جزيء منهما؛ ليكونا في نهاية هذه المرحلة جزيئين من حمض البيروفيك (البيروفيت)، في هذه العملية يتم اختزال جزيئين من ناقل الهيدروجين NAD^+ إلى NADH وكذلك ينتج جزيئان من ATP. ألاحظ الشكل (11).



الشكل (11): 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



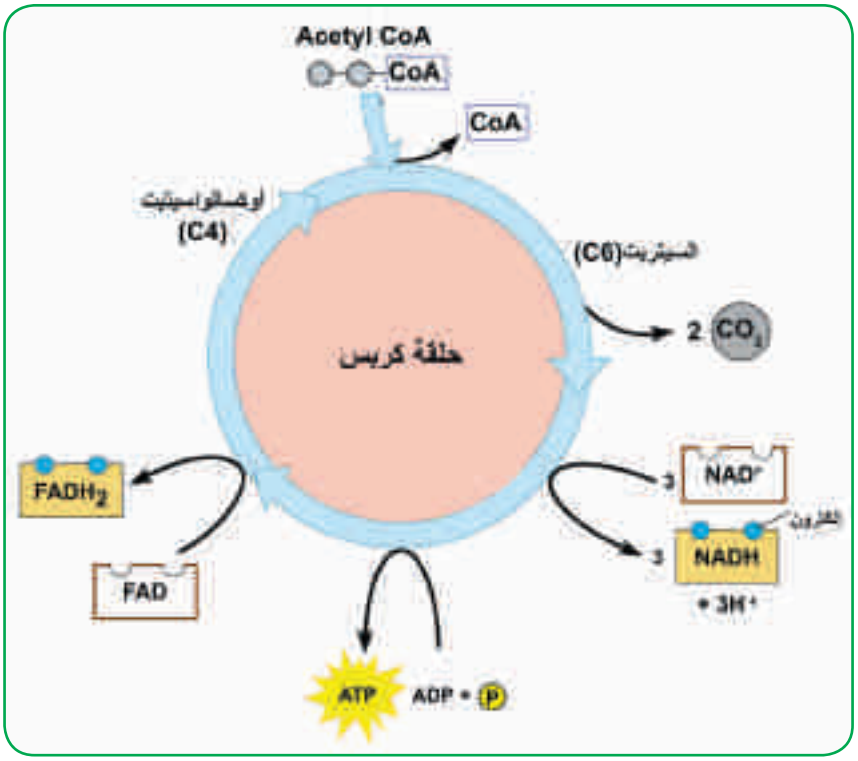
الشكل (12): تحول البيروفيت إلى أسيتل مرافق الأنزيم-أ

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 أكبر من الطاقة) ثم يتحول إلى مركب أسيتل مرافق الأنزيم-أ.

سؤال: أ- أتتبع الشكل (12) 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



الشكل (13): حلقة كربس

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 أوكسالواسيتيت Oxaloacetate لينتج مركباً سداسي الكربون (C6)، هو السيتريت Citrate، حيث يمر السيتريت بعدة مراحل لإعادة بناء الأوكسالواستيت من جديد. ما أهمية ذلك؟ ألاحظ الشكل (13).

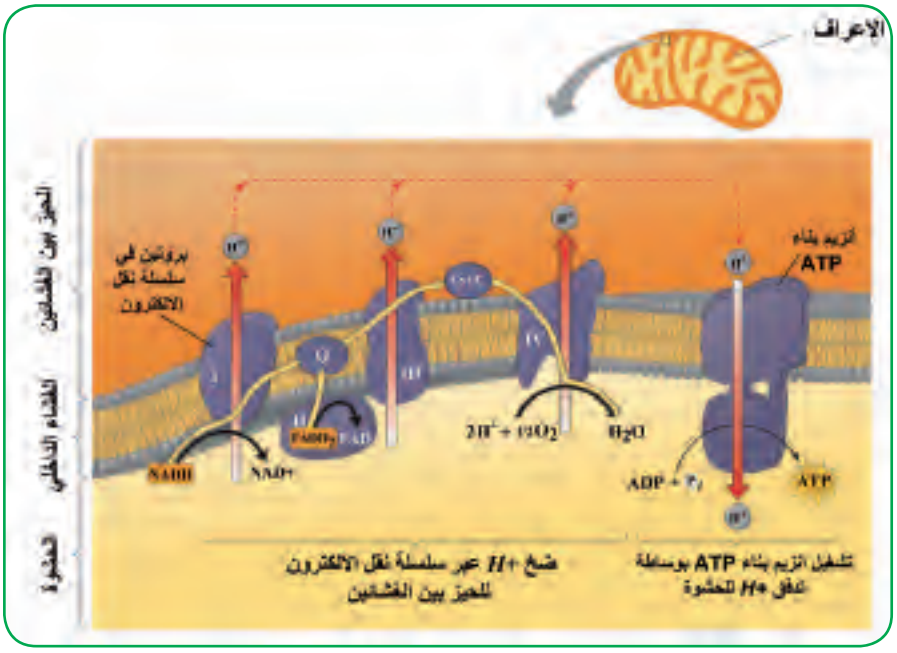
ب- يتحرر أثناء هذه الدورة مرافق الأنزيم –أ ليكرر عمله في دورة أخرى، وينتج جزيئان من ثاني أكسيد الكربون وجزيء ATP، كما وينتج ثلاثة جزيئات من NADH وجزيء واحد من $FADH_2$ وذلك في كل دورة.

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

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 ($FADH_2$ و NADH)؛ لذلك لا بد من استخلاص الطاقة من هذه الجزيئات على شكل ATP من خلال سلسلة نقل الإلكترون. أنظر إلى الشكل (14) وأتتبع تفاعلات هذه السلسلة.



الشكل (14): مسار الإلكترونات وبناء ATP في سلسلة نقل الإلكترون

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 (14).

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:

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

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 (14) وأفسر ذلك.

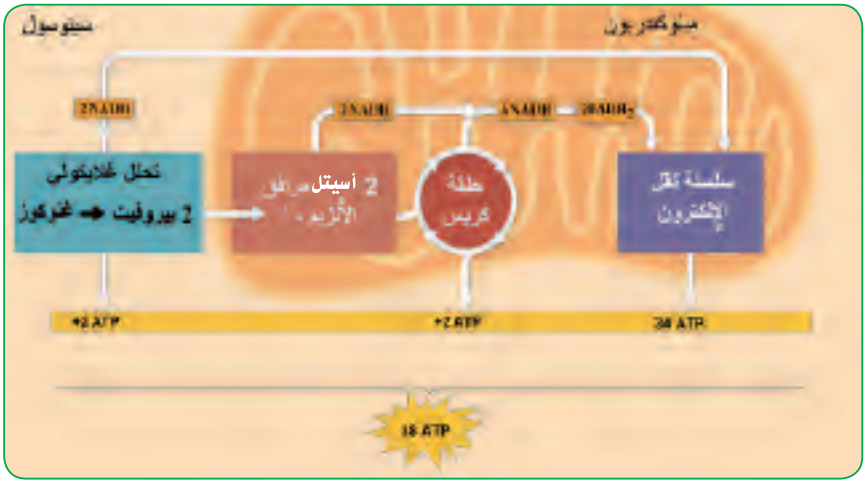
هـ- بعد تصنيع جزيئات ATP داخل حشوة الميتوكندريون يتم تصديرها بوساطة بروتين خاص إلى السيتوبلازم لتستخدم في الخلية.

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

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

نشاط (4): عدد جزيئات ATP الناتجة من عملية التنفس الخلوي

للتعرف على عدد جزيئات ATP الناتجة في التنفس الخلوي عند تحلل جزيء غلوكوز واحد، أتتبع الشكل (15)، ثم أملأ الجدول (1).



الشكل (15): ملخص لتحلل جزيء غلوكوز واحد هوائيا

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					

تشير الأبحاث العلمية الحديثة إلى أن كمية الطاقة الناتجة من تحلل جزيئات حاملات الطاقة كما يلي: NADH: 2.5 ATP و $FADH_2$: 1.5 ATP. تم تقريب الأعداد إلى 3 ATP لتحلل NADH و2 ATP لتحلل $FADH_2$ لتسهيل إجراء الحسابات.

ثانياً: التنفس اللاهوائي Anaerobic Respiration

تحدث عملية التنفس اللاهوائي في بعض الكائنات الحية، حيث تقوم هذه الكائنات بتحليل الغلوكوز لاهوائيا بمعزل تام عن الأكسجين، وتشبه هذه العملية التنفس الهوائي في كل مراحلها، إلا أن المستقبل النهائي للإلكترون لا يكون الأكسجين، وإنما مركبات أخرى، كما يحدث في بكتيريا الكزاز *Clostridium tetani* التي تستخدم (SO_4^{-2}) كمستقبل نهائي للإلكترونات، وتكون كمية الطاقة أقل من التنفس الهوائي. أفسِّر ذلك.

ثالثاً: التخمر Fermentation

يحدث التخمر في غياب الأكسجين، حيث يمر جزيء الغلوكوز بمرحلة التحلل الغلايكولي؛ لينتج مركبين من البيروفيت، وبسبب عدم وجود الأكسجين يدخل البيروفيت إلى أحد مساري التخمر في السيتوسول، وهما التخمر اللبني والتخمر الكحولي، ألاحظ الشكل (16).

تحدث عملية التخمر اللبني Lactic Acid Fermentation في بعض أنواع البكتيريا، حيث تقوم بإنتاج الطاقة في غياب الأكسجين، وذلك بتحويل البيروفيت إلى حمض اللبن، أما التخمر الكحولي Alcoholic Fermentation فإن البيروفيت يستقبل الإلكترون ويتحول في غياب الأكسجين إلى إيثانول Ethanol، وذلك

عن طريق تحرر جزيء CO_2، ليتم إنتاج مركب ثنائي الكربون يسمى أسيتل الدهايد Acetaldehyde، (ويكون المستقبل النهائي للإلكترون) ليُختزل إلى مركب إيثانول بوساطة جزيء NADH. ويُستخدم التخمر الكحولي في صناعة الكحول والخبز والمعجنات.

يكون الهدف من التخمر إعادة إنتاج مركبات NAD^+ من NADH لضمان استمرارحدوث التحلل الغلايكولي، حيث يتم إنتاج كمية قليلة من الطاقة تساوي جزيئين من ATP.

ويستفيد الإنسان من التخمر اللبني في صناعة المخللات واللبن، وتضطر العضلات أحياناً للقيام بالتخمر اللبني لإنتاج الطاقة اللازمة؛ ويحدث ذلك بسبب قيام العضلات بمجهود عالٍ، وعدم مقدرة الدم على نقل كمية كافية من الأكسجين لها.



الشكل (16): التخمر (اللبني، والكحولي)

1 .4 التكامل بين عمليتي البناء الضوئي والتنفس الخلوي

أتأمل الشكل (17)، ثم أجيب عن الأسئلة التي تليه:

1. أكتب نواتج البناء الضوئي.
2. أعدد المواد الداخلة في تفاعلات التنفس الخلوي.
3. ماذا أستنتج من مقارنة الإجابتين السابقتين؟
4. أقارن بين $NADP^+$ في البناء الضوئي وNAD^+ في التنفس من حيث الوظيفة؟
5. يَستخدم البناء الضوئي والتنفس مجموعة من البروتينات التي توجد في أغشية البلاستيدات الخضراء والميتوكندريا،ماذا تسمى هذه البروتينات؟



الشكل (17): التكامل بين البناء الضوئي والتنفس الخلوي

* الصبغ البنائية للإطلاع.

أسئلة الفصل

السؤال الأول: أختار رمز الإجابة الصحيحة في كل مما يأتي:

1) أي المركبات العضوية الآتية تحتوي كمية أكبر من الطاقة؟

أ- 6 غم كربوهيدرات. ب- 3 غم ليبيدات.

جـ- 7 غم بروتينات. د- 3 غم بروتينات و3 غم كربوهيدرات

2) أي الموجات الضوئية الآتية يتم امتصاصها بكفاءة عالية بوساطة النباتات؟

أ- الأزرق والأخضر ب- الأحمر و الأزرق

جـ- الأحمر والأخضر د- الأحمر والنيلي

3) ما عدد جزيئات (O_2 وNADPH) الناتجة من تحلل 6 جزيئات ماء في المسار الإلكتروني اللاحلقي؟

أ- $6O_2$ و 6NADPH ب- $3O_2$ و 3NADPH

جـ- $3O_2$ و 6NADPH د- $6O_2$ و 3NADPH

4) كم يلزم من جزيئات ATP في حلقة كالفن لإنتاج جزيئين من سكر الغلوكوز؟

أ- 9 ب- 12 جـ- 24 د- 36

5) ما مستقبل الإلكترون الأخير في مسار الإلكترونات اللاحلقي في عملية البناء الضوئي؟

أ- الماء ب- $NADP^+$ جـ- ATP د- الأكسجين

السؤال الثاني: أبوعمر مزارع فلسطيني من مدينة أريحا، يرغب بزيادة انتاجه من نبات الملوخية بتعريض النبات للضوء:

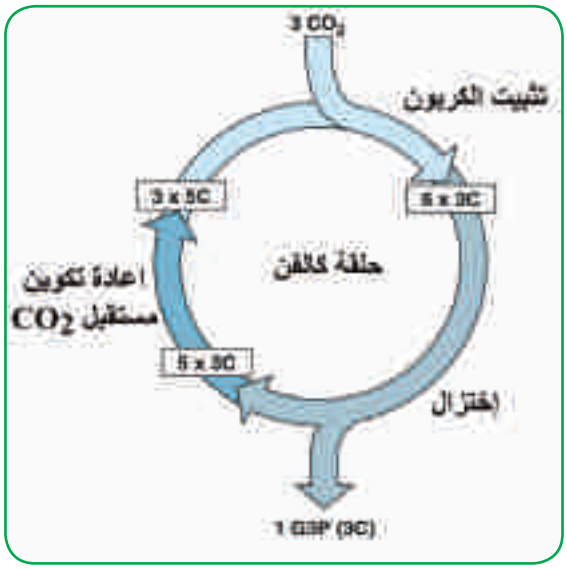
أ- أي الأجزاء في النباتات يمتص الضوء؟

ب- أتتبع التغيرات التي تحدث في النظام الضوئي عند سقوط أشعة الشمس عليه.

جـ- لو كنت مكان هذا المزارع، أي الموجات الضوئية تستخدم لزيادة المحصول. أفسر إجابتي؟

السؤال الثالث: الشكل الآتي يمثل حلقة كالفن التي تحدث في النباتات بهدف إنتاج جزيئات G3P التي تدخل في بناء المركبات العضوية (مثل الغلوكوز):

أ- أوضح على الشكل المرحلة التي يتم فيها استخدام جزيئات ATP و NADPH مع عدد هذه الجزيئات.



ب- في هذه الحلقة يتم إنتاج 6 جزيئات من G3P بشكل كلي، كيف أفسر دخول جزيء واحد من G3P (نهائي) فقط في إنتاج المركبات العضوية؟

جـ- إذا تم تثبيت (12) جزيئاً من CO_2 أجيب عما يأتي:

1- ما عدد جزيئات رابيولوز ثنائي الفوسفات التي يتم إعادة تصنيعها بواسطة جزيئات G3P ؟

2- ما عدد جزيئات G3P الناتجة بشكل كلي؟

3- ما عدد جزيئات ATP التي يتم استهلاكها في مرحلة إعادة تصنيع رابيولوز ثنائي الفوسفات؟

4- ما عدد جزيئات ATP التي يتم استهلاكها لإنتاج حمض غليسرين ثنائي الفوسفات؟

السؤال الرابع: بالرجوع إلى الشكل الذي يمثل المسار الإلكتروني اللاحلقي أجيب عن الأسئلة الآتية:

أ. ما أهمية المسار؟ ب. بالاعتماد على هذا الشكل أرسم المسار الإلكتروني الحلقي.

السؤال الخامس: أتتبع خطوات دخول جزيئاً واحداً من أسيتل مرافق الأنزيم - أ إلى حلقة كربس وأوضح عدد جزيئات CO_2 ، NADH ، $FADH_2$ ، ATP الناتجة.

السؤال السادس: أعدد مراحل عملية تحلل الغلوكوز هوائياً في النباتات، وأذكر النواتج.

السؤال السابع: أقارن بين التنفس الهوائي والتخمر من حيث:

أ- الكائنات الحية التي تحدث فيها.

ب- عدد جزيئات ATP الناتجة من تحلل جزيء غلوكوز واحد.

جـ- المستقبل النهائي للإلكترون.

السؤال الثامن: على شكل مخطط سهمي أوضح عملية الحصول على الطاقة من جزيء غلوكوز في غياب الأكسجين في الحالتين الآتيتين:

أ- الخلايا العضلية في الإنسان.

ب- الخميرة.

السؤال التاسع: أبين التكامل بين البناء الضوئي والتنفس الخلوي الهوائي مستخدماً المعادلات.

السؤال العاشر: توفي أحد الأشخاص في ظروفٍ غامضة، حيث عثر على آثار لمادة السيانيد (CN^-) في جسمه، وهي مادة كيميائية سامة تؤثر على عمل السيتوكرومات. كيف أفسِّر سبب الوفاة.

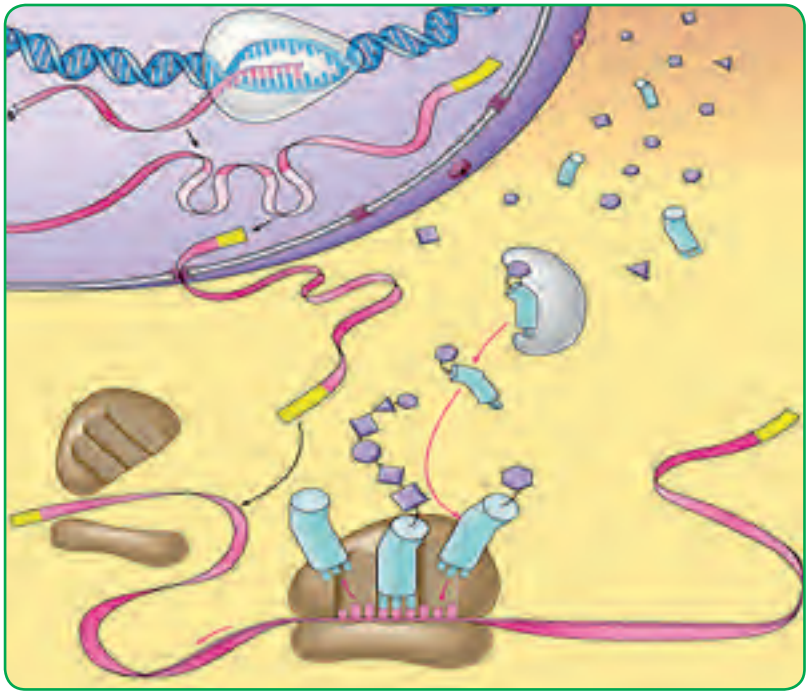
السؤال الحادي عشر: كيف أفسِّر وجود مذاق حمضي ذو نكهة مميزة في اللبن.

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



1. 2 الشيفرة الوراثية Genetic Code

* قام العالمان بيدل وتاتوم Beadle & Tatum بإحداث طفرات على جينات معينة من أجل التعرف على تأثيرها في الكائن الحي. حيث قاما بدراسة تأثير تلك الطفرات على فطر نيوروسبورا Neurospora، وهو فطر يسبب عفن الخبز، فإتلاف جين واحد أثر على إنتاج أنزيم واحد، وكانت هذه أول فرضية تفسر العلاقة بين الجينات والبروتينات (فرضية جين واحد-أنزيم واحد). وبعد ذلك تبين للعلماء أن الجينات لا تؤثر في إنتاج الأنزيمات فقط، وإنما تؤثر في بروتينات أخرى (الأنزيمات معظمها بروتينات) أيضا؛ ليتم تعديل الفرضية السابقة، حيث تبين للعلماء أن جيناً واحداً يكون مسؤولاً عن إنتاج سلسلة عديد ببتيد واحدة. هذه الاستنتاجات جاءت من خلال دراسة طفرة في نيوكليوتيد معين لأحد الجينات، الذي يؤثر على تركيب بروتين الهيموغلوبين، الذي ينتج عنه مرض الأنيميا المنجلية.

كما أن الاكتشافات الحديثة أثبتت أن بعض الجينات يمكن أن تكون مسؤولة عن إنتاج عدة بروتينات؛ أي أن جيناً واحداً يمكن أن يتحكم في إنتاج عدة بروتينات.

تمثل الشيفرة الوراثية تسلسل النيوكليوتيدات في DNA، فإذا علمت أن عدد أنواع الحموض الأمينية (20) نوعاً، فكيف يمكن أن يتم بناء شيفرات وراثية تربط هذه الحموض الأمينية كي يتم بناء سلاسل عديد الببتيد (البروتين) التي يحتاجها الإنسان؟ علما بأن عدد النيوكليوتيدات المختلفة التي تكون DNA هي أربعة فقط (A: أدنين وT: ثايمين وG: غوانين وC: سايتوسين). بداية الإجابة عن هذا السؤال كانت على يد العالم جورج غامو عام 1954، حيث أثبت بشكل رياضي أن أقل عدد يلزم من النيوكليوتيدات لتشفير حمض أميني واحد هو ثلاثة نيوكليوتيدات. وهذا بدوره كفيل أن يربط جميع الحموض الأمينية التي تلزم الإنسان، وتسمى هذه الوحدات الثلاثية على جزيء mRNA **بالكودون**. وكل كودون يُشفر حمضا أمينيا في سلسلة عديد الببتيد، ومن ثم جاء العالم نيرنبيرغ ومساعدوه، حيث تمكنوا من معرفة بعض الحموض الأمينية التي تشفر من قبل كودونات بطريقة عملية. وأخيرا تمكن العلماء من معرفة جميع الكودونات اللازمة لتشفير الحموض الأمينية. أنظر 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.

* للإطلاع

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	بروتين		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	اسبرجين		AGU	سيرين		U
	AUC			ACC			AAC			AGC			C
	AUA			ACA			AAA	لايسين		AGA	ارجينين		A
	AUG ميثيونين او 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.

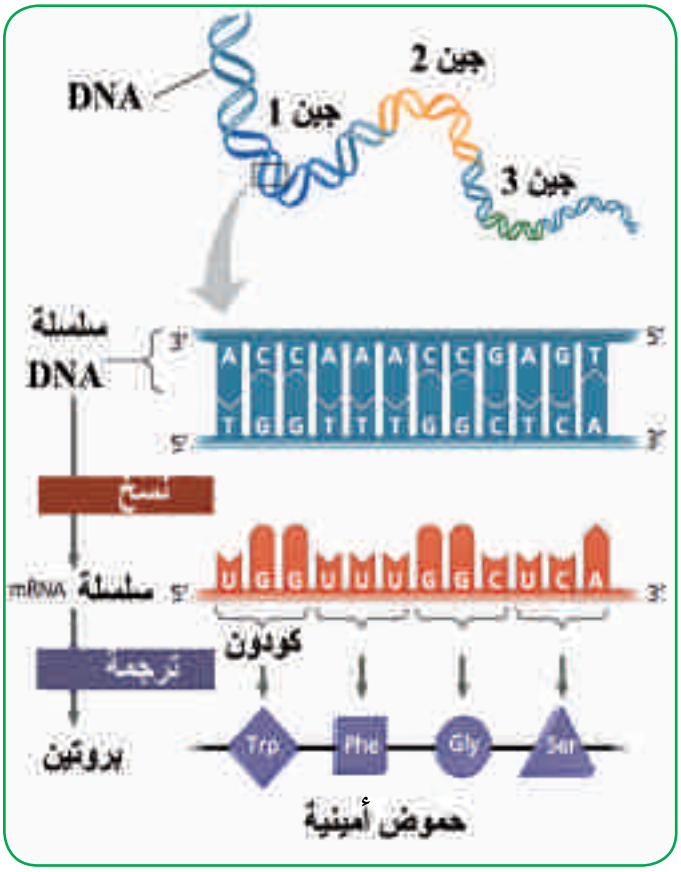
2.2 بناء البروتين

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).

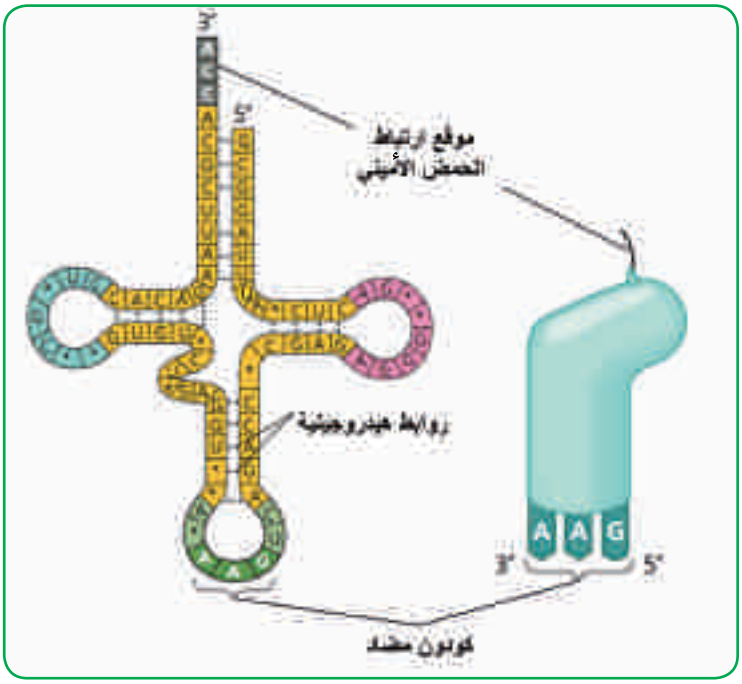
وتبدأ العملية بنسخ جزء مُحدد من سلسلة DNA القالب بواسطة أنزيم بلمرة RNA (RNA Polymerase)، إذ تعمل رموز الشيفرة في DNA كقالب، حيث ينسخ منها سلسلة RNA الرسول (mRNA) بشكل متمم Complementary، إذ يحل نيوكليوتيد اليوراسيل (U) محل الثايمين (T) الذي يتممه نيوكليوتيد الأدنين (A)، ونيوكليوتيد السايتوسين (C) يتممه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

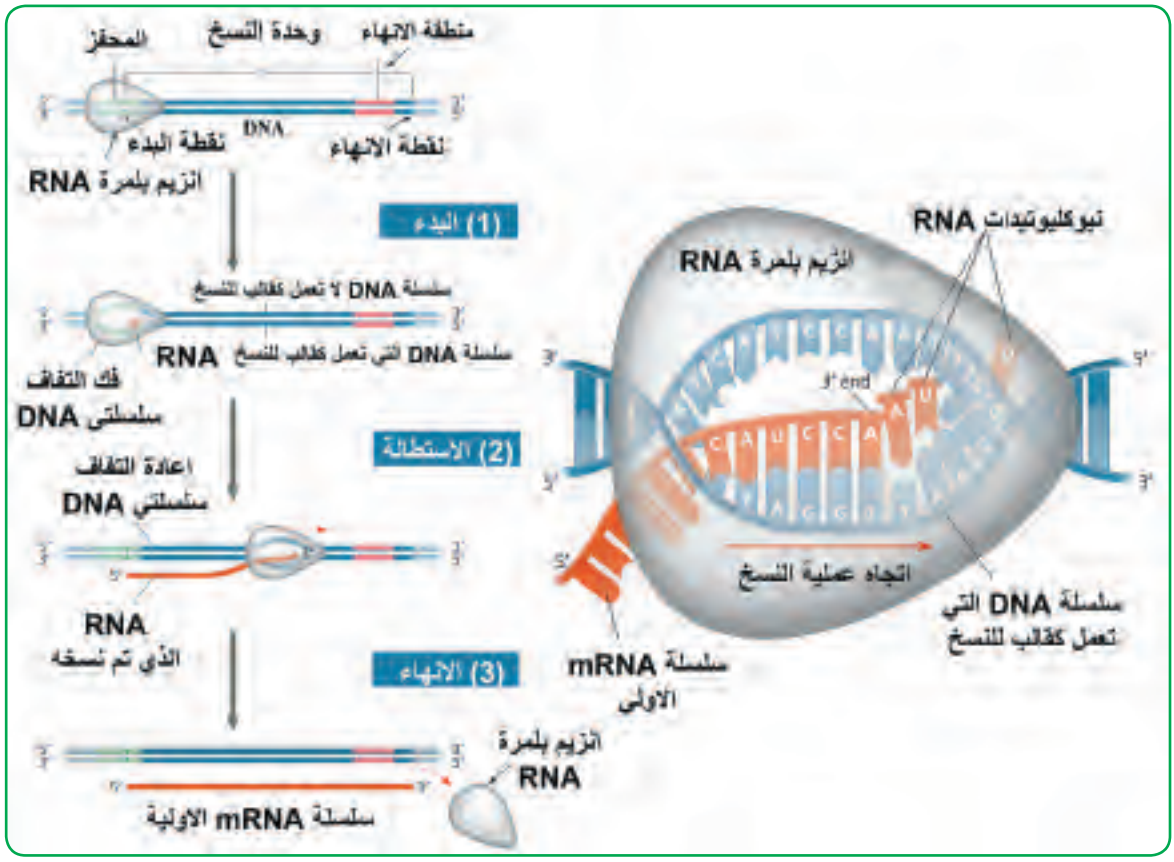
3. RNA الرايبوسومي rRNA

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 (3´ ← 5´) 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.

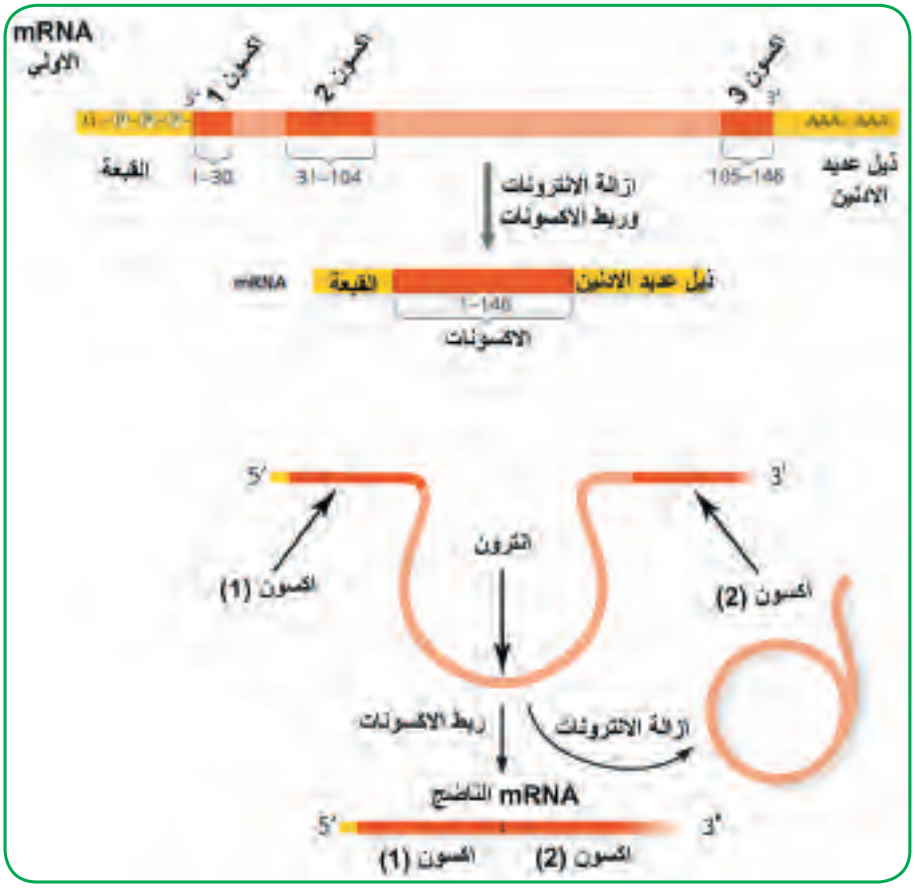
3 **الإنهاء:** يصل أنزيم بلمرة RNA إلى تتابع من النيوكليوتيدات يسمى منطقة الإنهاء Termination Point، حيث ينفصل الأنزيم عن سلسلة DNA، وتطلق سلسلة mRNA الجديدة التي تم تصنيعها. وتعود سلسلتا DNA للالتفاف حول بعضهما ثانية.

وتسمى السلسلة الناتجة mRNA الأولي Primary mRNA، حيث تمر هذه السلسلة بمرحلة معالجة ليَنتج من خلالها mRNA الناضج (الوظيفي) (Functional mRNA)، أنظر الشكل (4).

وتتم عملية المعالجة في النواة بثلاث مراحل أساسية وهي:

1. إضافة القبعة Capping

يتم إضافة نيوكليوتيد الغوانين (G) في نهاية السلسلة ´5 ليرتبط مع النيوكليوتيد الأول في شريط mRNA برابطة ثلاثية الفوسفات بما يسمى بالقبعة Cap. وللقبعة دور مهم في ثبات وحماية mRNA من التحلل في السيتوبلازم، ولها دور في عملية الترجمة، حيث تشكل إشارة لارتباط mRNA بالرايبوسوم.



الشكل (4): مراحل عملية المعالجة، إضافة القبعة والذيل وإزالة الإنترونات

2. إضافة ذيل أدنين Polyadenylation

تهدف هذه العملية إلى مساعدة mRNA في خروجه من الغلاف النووي إلى السيتوسول، والحفاظ على ثباته، وعدم تحطمه في السيتوبلازم، وتتم من خلال إضافة ذيل من وحدات متكررة (50-250 وحدة) من نيوكليوتيد الأدنين (Poly (A) tail).

3. إزالة الإنترونات Splicing

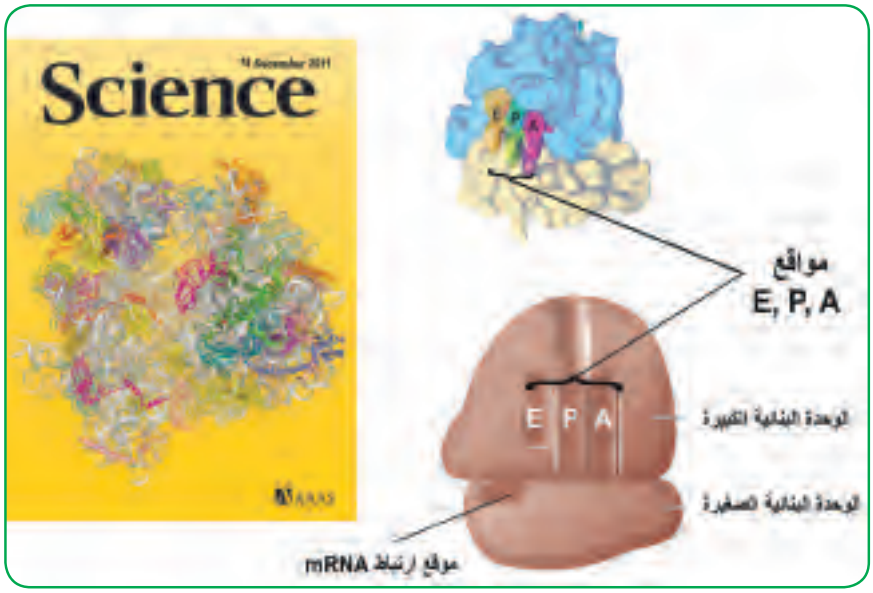
يتكون mRNA الأولي من إنترونات Introns وإكسونات Exons، وتمثل الإكسونات الأجزاء الفاعلة التي يتم ترجمتها إلى حموض أمينية، بينما تمثل الإنترونات أجزاء غير فاعلة في بناء البروتين. حيث يتم في هذه المرحلة إزالة الإنترونات، وربط الإكسونات معاً وتكوين mRNA الناضج. علماً بأن هذه العملية تتم في الخلايا حقيقية النوى فقط.

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 (5).



الشكل (5): التركيب الدقيق للرايبوسوم يُعدّ من الاكتشافات المذهلة

يحتوي الرايبوسوم على أربعة مواقع:

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

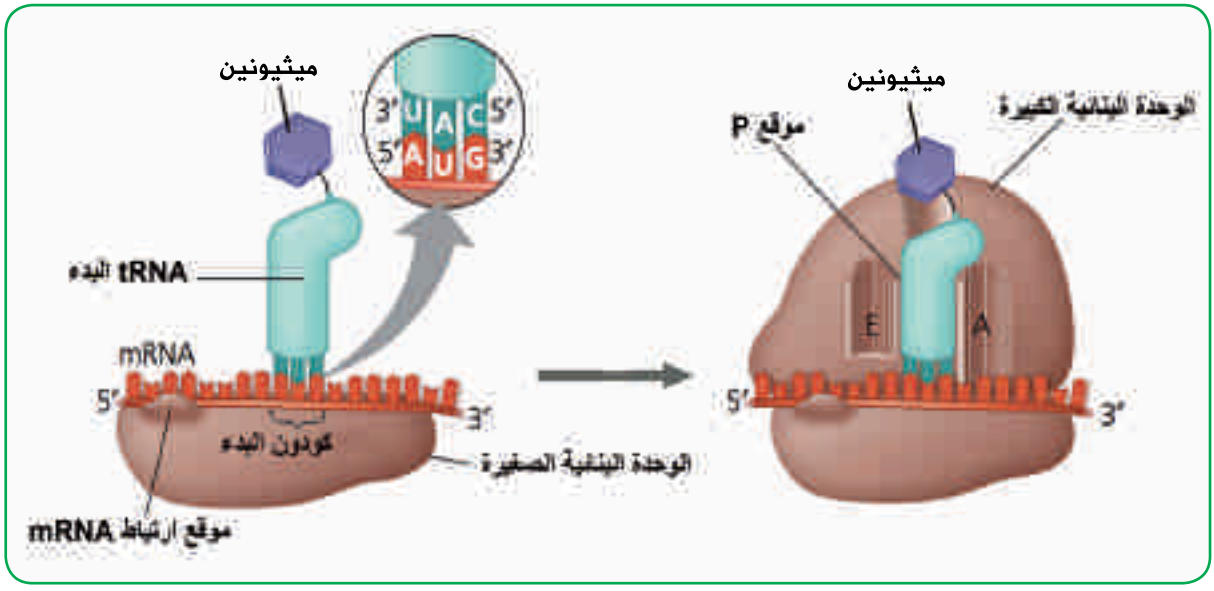
2 ثلاثة مواقع لارتباط tRNA: تُمثل ثلاثة انغمادات على الوحدة البنائية الكبيرة للرايبوسوم، موقعا لارتباط جزيئات tRNA وهذه المواقع هي (A) و (P) و (E). وتعني ما يأتي: (A: Aminoacyl) و(P: Peptidyl) و(E: Exit).

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 (6).



شكل (6): المرحلة الأولى للترجمة؛ البدء

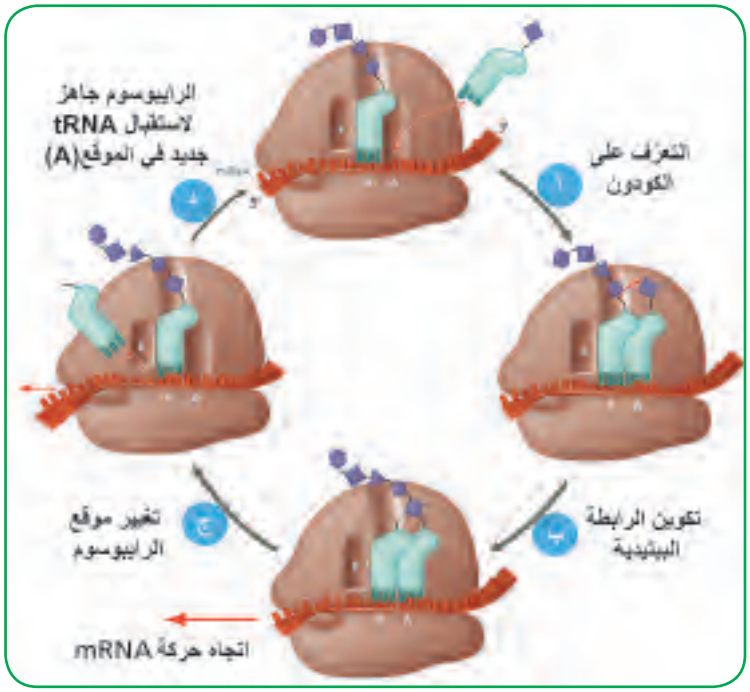
ب- ترتبط الوحدة البنائية الكبيرة بالوحدة البنائية الصغيرة. ومع نهاية المرحلة يكون tRNA الحامل للميثيونين في موقع (P) والموقع (A) يكون فارغاً ومستعداً لاستقبال جزيء tRNA التالي.

2. مرحلة الاستطالة Elongation

يتم إضافة الحموض الأمينية في هذه المرحلة واحداً تلو الآخر، ألاحظ الشكل(7):

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 البتيدية: 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 (7): الترجمة؛ مرحلة الاستطالة

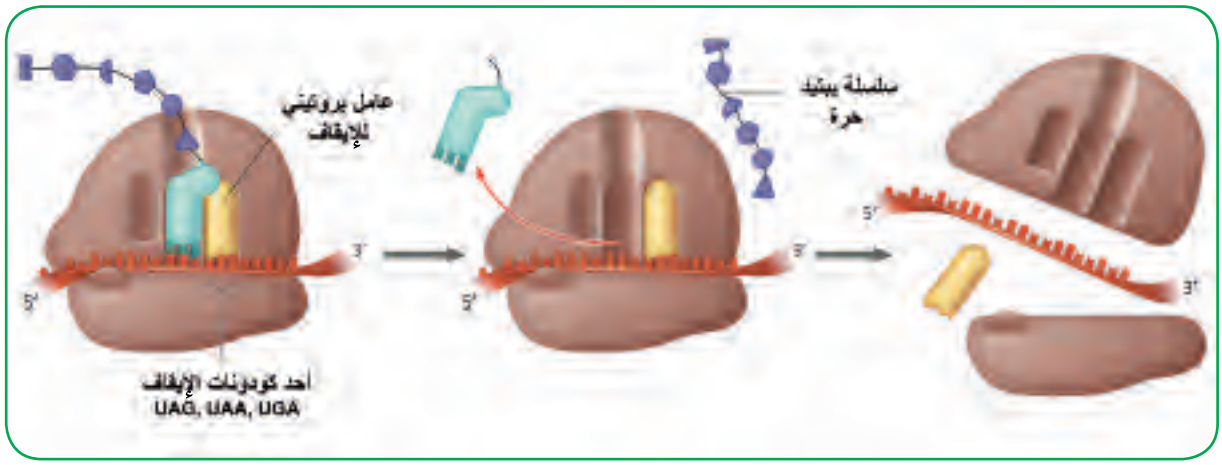
جـ- تغيير موقع الرايبوسوم:

يتحرك mRNA خلال الرايبوسوم بمقدار كودون واحد، فينتقل tRNA من موقع (A) إلى موقع (P)، ونتيجة لذلك يتغير موقع tRNA الحامل لعديد البيتيد 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. أنظر الشكل (8). وبذلك تنفصل سلسلة عديد البيتيد عن tRNA في موقع (P)، ثم تنفصل الوحدتان البنائيتان للرايبوسوم بعضهما عن بعض، وتتوقف عملية الترجمة، وتنطلق سلسة عديد البيتيد.



شكل (8): الترجمة؛ مرحلة الإنهاء

بعد الانتهاء من عملية الترجمة وإنتاج سلسلة عديد الببتيد، تخضع السلسلة لعمليات تعديل، لتكوين **بروتين وظيفي فعال** على النحو الآتي:

1 **الالتفاف:** تلتف سلسلة عديد الببتيد على نفسها مكونة بروتيناً وظيفياً فعالا ذا شكل خاص ومهماً لوظيفته في الخلية.

2 **الإضافة:** يتم إضافة سكر أو دهون إلى البروتين، كما يحدث في البروتينات السكرية التي تدخل في تركيب الغشاء الخلوي.

3 **المعالجة:** تتم المعالجة بعدة طرق.

أ- تقوم بعض الأنزيمات بإضافة أو إزالة حمض أميني أو أكثر من أحد طرفي السلسلة، وفي بعض الأحيان يتم تقسيم سلسلة عديد الببتيد إلى قطعتين أو أكثر بوساطة الإنزيمات، كما يحدث في تصنيع هرمون الإنسولين.

ب- قد يتم في حالات أخرى ارتباط سلسلتين أو أكثر من عديد الببتيد لتشكل وحدة من البروتين الفعال، بعد أن كانتا سلسلتين منفصلتين تم تصنيعهما بشكل مستقل، ومثال ذلك عملية تصنيع بروتين الهيموغلوبين.

سؤال: هل من الممكن ترجمة نسخة mRNA بأكثر من رايبوسوم.أفسّر إجابتي.

نشاط (2): مشاهدة فيلم لعملية النسخ والترجمة

بالاعتماد على دور الطلبة في البحث على شبكة الانترنت أقوم باختيار فيلم يوضح مراحل عملية النسخ والترجمة، وعرض هذه المراحل من قبل الطلبة بواسطة جهاز عرض، أو خلال حلقة للنقاش.

مشروع : محاكاة لعملية بناء البروتين.

أسئلة الفصل

السؤال الاول: أختار رمز الإجابة الصحيحة في كل مما يأتي:

1) ما اسم الحمض النووي الذي يعمل على ربط الحموض الأمينية المتجاورة بروابط ببتيدية أثناء عملية الترجمة؟

أ- DNA ب- mRNA جـ- tRNA د- rRNA

2) أي الآتية **ليست** من خصائص الكودون؟

أ- يمكن أن يشفر أكثر من حمض أميني. ب- يتكون من ثلاثة نيوكليوتيدات.

جـ- يمكن أن يشفر الحمض الأميني الذي يشفره كودون آخر. د- يرتبط بالكودون المضاد.

3) إذا كان التسلسل التالي (AGC) جزءاً من الشيفرة الوراثية في DNA، فما هو الكودون المضاد له؟

أ- GGA ب- UCG جـ- AGC د- GCU

4) بأي الكودونات الآتية يشفر الحمض الأميني برولين؟

أ- CCA ب- UGA جـ- UAG د- AUG

5) بأي اتجاه يتم ترجمة شريط mRNA بواسطة الرايبوسوم؟

أ- $3' \rightarrow 5'$ ب- $5' \rightarrow 3'$

جـ- $2' \rightarrow 6'$ د- $6' \rightarrow 2'$

السؤال الثاني: أوضح المقصود بكل مما يأتي:(الشيفرة الوراثية، الكودون، الكودون المضاد، الإنترون، الإكسون، النسخ، الترجمة، المعالجة mRNA).

السؤال الثالث: بالرغم من تطابق النيوكليوتيدات في جميع الكائنات الحية، إلا أنه عندما أدخل العلماء الجينات الخاصة بتصنيع بروتين بيتا غلوبن الخاص بالإنسان إلى البكتيريا، لم يتم تصنيع البروتين المطلوب. كيف أفسّر ذلك؟

السؤال الرابع: أقارن بين أنواع RNA من حيث التركيب والوظيفة.

السؤال الخامس: لديك السلسلة الآتية من DNA (T A C T T T T G G G T A A C C) التي سيتم استخدامها في بناء بروتين فاعل للخلية، بالرجوع إلى الجدول (1)، أجيب عن الأسئلة الآتية:

أ- أكتب النيوكليوتيدات في سلسلة DNA المتممة للسلسلة.

ب- أكتب الكودونات في سلسلة mRNA.

جـ- أجد الكودونات المضادة في جزيئات tRNA.

د- أجد الحموض الأمينية الناتجة عن عملية الترجمة، بالاستعانة بالجدول (1).

أسئلة الوحدة

السؤال الأول: أختار رمز الإجابة الصحيحة في كل مما يأتي:

1) في حلقة كالفن، ما عدد جزيئات ATP المستهلكة إذا تم استهلاك 96 جزيئاً من (NADPH)؟

أ- 72 ب- 96 جـ- 144 د- 216

2) أي من مراحل التنفس الخلوي التي يتم فيها إنتاج جزيئات CO_2 ؟

أ- تحول البيروفيت إلى أسيتل مرافق الأنزيم- أ وحلقة كربس ب- التحلل الغلايكولي وحلقة كربس

جـ- حلقة كربس وسلسلة نقل الإلكترون د- التحلل الغلايكولي وسلسلة نقل الإلكترون

3) كم يبلغ عدد جزيئات NADH الناتجة عن تفكك جزيء غلوكوز واحد خلال التنفس الخلوي (الهوائي)؟

أ- 4 ب- 6 جـ- 10 د- 18

4) إذا نتج 18 جزيئاً من الماء في عملية التنفس الهوائي، فكم عدد جزيئات الغلوكوز المتحللة؟

أ- 3 ب- 2 جـ- 1 د- 4

5) أي من الآتية يُعدّ المستقبل الأخير للإلكترونات في بكتيريا الكزاز؟

أ- O_2 ب- ATP جـ- NADP+ د- SO_4^{-2}

6) لإعادة تصنيع (9) جزيئات من مركب رايبولوز ثنائي الفوسفات (RuBP) في حلقة كالفن نحتاج إلى أي من الآتية؟

أ- 18 ATP ب- 18 NADPH جـ- 24 ATP د- 27 NADPH

7) إذا كان الناتج النهائي لحلقة كالفن (4) جزيئات (G3P) فأي من العبارات الآتية صحيحة؟

أ- يتم تثبيت 6 جزيئات CO_2 ب- عدد جزيئات الغلوكوز التي يتم إنتاجها اثنان فقط

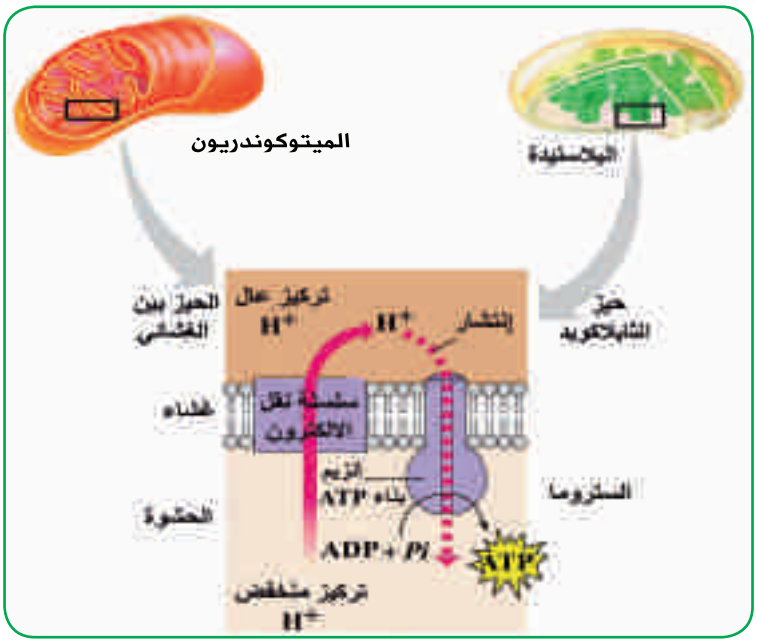
جـ- يتم استهلاك 6 جزيئات NADPH د- يتم إنتاج 27 جزيئاً من ATP

8) في أي مرحلة تنتج معظم جزيئات ATP في عملية التنفس الخلوي؟

أ- تحلل الغلايكولي. ب- سلسلة نقل الإلكترون. جـ- حلقة كربس د- تكوين أسيتل مرافق الأنزيم-أ

السؤال الثاني: أوضح بالرسم تأثير كل من العوامل (تركيز CO_2 ، درجة الحرارة) على معدل البناء الضوئي ؟

السؤال الثالث: أصف عملية تكوين حاملات الطاقة ATP في البناء الضوئي والتنفس بالاعتماد على الشكل المجاور:



السؤال الرابع: تعد عملية التنفس الخلوي اللاهوائي أكثر فاعلية من التخمر. أعلل هذه العبارة.

السؤال الخامس: أقارن بين عملية التنفس الهوائي والتخمر من حيث:

1) شروط حدوثها. 2) عدد جزيئات ATP الناتجة. 3) مثال لكائنات حية تحدث فيها.

السؤال السادس: أتتبع العمليات التي تحدث خلال معالجة mRNA الأولي للحصول على mRNA الناضج؟

السؤال السابع: بالاستعانة بالجدول (1). لدينا قطعة من DNA وترتيب للنيوكليوتيدات حسب ما هو موضح، أجيب عن الأسئلة التي تليه:

ترتيب الثلاثيات:	72	71	70	69	68	67
	ACA	CTT	ACA	GCC	GGT	GGG

1) ما الحمض الأميني الذي تشفره النيوكليوتيدات في الترتيب رقم 70؟
2) أكتب ترتيب الحموض الأمينية في سلسلة عديد الببتيد الناتجة من ترجمة هذه النيوكليوتيدات.
3) إذا تم اعتبار الترتيب الثلاثي رقم 72 الأخير في عملية الترجمة، فما ترتيب النيوكليوتيدات الثلاثية في الرقم 73؟
4) ما تسلسل الكودونات في جزيء mRNA عند نسخ هذه السلسلة؟
5) ماذا تتوقع أن يحدث لعملية الترجمة إذا كان الترتيب الثلاثي للنيوكليوتيدات في الرقم 73 هو ACT والترتيب الثلاثي في رقم 74 هو CTT؟

السؤال الثامن: أعدد مكونات كل نظام ضوئي، وما وظيفة جزيئا الكلوروفيل في مركز التفاعل؟

السؤال التاسع: تفاعلات تثبيت CO_2 في حلقة كالفن تحدث في ستروما البلاستيدات الخضراء:

أ- أتحدث عن المرحلة الثانية (مرحلة الاختزال).

ب- كم عدد جزيئات G3P كناتج نهائي من استخدام 15 جزيئاً من CO_2 ؟

السؤال العاشر: إذا علمت انه تم استهلاك 36 جزيئاً من ATP في حلقة كالفن أجيب عما يأتي:

أ- كم جزيئا ينتج من غليسر الدهايد أحادي الفوسفات (G3P) كناتج نهائي؟

ب- ما عدد جزيئات NADPH التي يتم استهلاكها؟

السؤال الحادي عشر: تُعدّ مرحلة التحلل الغلايكولي إحدى مراحل التنفس الخلوي:

أ- أين تحدث هذه المرحلة؟ ب- ما نواتجها؟

السؤال الثاني عشر: من مراحل التنفس الخلوي تحول البيروفيت إلى أسيتل مرافق الأنزيم –أ:

أ- في أي جزء من الخلية تحدث هذه المرحلة؟

ب- كم عدد جزيئات NADH وATP وCO_2 الناتجة من تحلل جزيء بيروفيت في هذه المرحلة؟

السؤال الثالث عشر: وصف بعض الأطباء في الماضي مادة (DNP) لبعض المرضى الذين يعانون من البدانة المفرطة لإنقاص أوزانهم، وقد وجد أن هذه المادة تمنع تدفق البروتونات (H^+) عبر انزيم بناء ATP خلال عمل الميتوكندريا في التنفس الهوائي، إلا أنها منعت من الاستخدام بعد ذلك بسبب موت العديد من المرضى. كيف تساهم هذه المادة في إنقاص الوزن ولماذا تسبب استخدامها إلى موت بعض المرضى.

السؤال الرابع عشر: إذا كان تسلسل النيوكليوتيدات في سلسلة الشيفرة الوراثية DNA هو:

3´ - GCT AAC ATC -5´

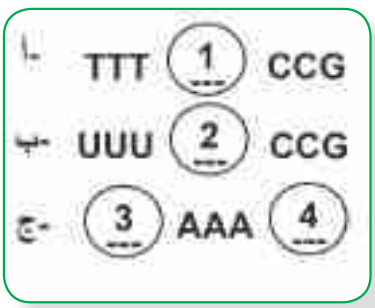
أ- ما ترتيب الكودونات في سلسلة mRNA؟ ب- ما ترتيب الكودونات المضادة في جزيء tRNA؟

السؤال الخامس عشر: أشرح مراحل كل مما يأتي: أ- عملية نسخ mRNA ب- عملية الترجمة

السؤال السادس عشر: أوضح العمليات التي تحدث لتحويل سلسلة عديد الببتيد إلى:

أ- هرمون الإنسولين. ب- بروتين الهيموغلوبين

السؤال السابع عشر: يمثل الشكل المجاور سلاسل مختلفة من حموض نووية تسهم في بناء البروتين:



أ- ماذا تمثل السلاسل (أ، ب، ج)؟

ب- أكمل الشيفرات (1،2،3،4) على السلاسل.

جـ- أكتب النيوكليوتيدات على السلسلة الثانية من DNA.

د- أي الثلاثيات تمثل كودوناً مضاداً؟

السؤال الثامن عشر: أقيم ذاتي:

أعبر عن المفاهيم التي تعلمتها خلال دراستي للوحدة بما لا يزيد عن ثلاثة أسطر.

الوحدة الثانية 2

الـوراثـــة Genetics



الجينات الوراثية سر الحياة والتنوع

«أنـا مقتنـع بأنـه لـن يمـر وقـت طويـل قبـل أن يعتـرف العالـم بأسـره بنتائـج أبحاثـي »

غريغـور منـدل

يتوقع من الطلبة بعد دراسة هذه الوحدة والتفاعل مع أنشطتها أن يكونوا قادرين على تفسير آلية انتقال وتوارث الصفات في الكائنات الحية وأسباب التشابه والاختلاف بينها، من خلال تحقيق الآتي:

1. استخدام قانوني مندل في حل المسائل الوراثية.
2. التمييز بين آلية توارث الصفات المندلية وغير المندلية.
3. الربط بين علم الوراثة والرياضيات.
4. التعرف إلى التطبيقات العملية في علم الوراثة.
5. التعرف إلى الأمراض الوراثية الأكثر شيوعاً في فلسطين.
6. تصميم نموذج DNA يشبه نموذج واطسون وكريك باستخدام خامات البيئة.

الفصل الأول 1

قانونا مندل في الوراثة


غريغور مندل 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. تطبيق قوانين الاحتمالات في حل المسائل الوراثية.
3. حل مسائل وراثية باستخدام مربع بانيت وطريقة الخطوط المتفرعة.
4. بيان أهمية استخدام التلقيح التجريبي.

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.**

سؤال: أجرى مندل تلقيحاً بين نبتتي بازيلاء: الأولى محورية الأزهار، والثانية طرفية الأزهار، ثم قام بجمع البذور وزراعتها مرة أخرى، فكان جميع أفراد الجيل الأول محورية الأزهار. ثم أجرى تلقيحا ذاتيا بين أفراد الجيل الأول، فكان أفراد الجيل الثاني بعضها محورية الأزهار وبعضها طرفية الأزهار بنسبة 3 محورية :1 طرفية. أفسر هذه النتائج على أسس وراثية باستخدام الرموز المناسبة.

نتائج مندل والاحتمالات

قوانين الاحتمالات تشكل الأساس في حل المسائل الوراثية، فعلى سبيل المثال، عند تلقيح نبتتين من البازيلاء غير نقيتين لصفة الطول (Tt)، من المحتمل أن نصف عدد الغاميتات سوف يحتوي على الأليل (T) والنصف الآخر سيحتوي على الأليل (t).

نشاط (1): الاحتمال Probability

للتعرف على مفهوم الاحتمال (الصدفة) أقوم بالنشاط الآتي:

1. لنفرض أننا نريد أن نرمي قطعة نقد 10 مرات، أتنبأ بعدد مرات ظهور الصورة، وعدد مرات ظهور الكتابة. أسجل ذلك في الجدول المرفق.
2. آخذ قطعة النقود، وأقوم برميها 10 مرات، وأسجل النتائج (كم مرة ظهرت الصورة، وكم مرة ظهرت الكتابة؟).

3. أحسب نسبة ظهور الصورة إلى الكتابة، وأسجل النتائج.

4. أدون النتائج التي حصل عليها زملائي في الجدول، وأحسب نسبة ظهور الصورة إلى الكتابة لكل منها.

5. أقارن بين النتائج التي حصلت عليها فعلا وتلك المتوقعة من الخطوة 1.

6. أقارن بين النتائج التي حصلت عليها وتلك التي حصل عليها زملائي. أفسر سبب الاختلاف.

	المتوقع	المشاهد فعلا
الصورة		
الكتابة		

ألاحظ الشكل (1) الذي يمثل حادثة رمي قطعتي نقود معاً:



الشكل (1): تطبيقات على قانوني الضرب والجمع في الاحتمالات

و فيما يأتي سنتعرف على قوانين الاحتمالات:

1. **قانون الضرب Product Rule:** ينص على أن « احتمال ظهور حدثين مستقلين أو أكثر معاً في نفس الوقت هو حاصل ضرب احتمالات ظهور كل منهما بمفرده ».

فاحتمال ظهور الصورة في القطعة الأولى لا يؤثر على احتمال ظهورها في القطعة الثانية، لذا فاحتمال ظهور الصورة عند رمي القطعتين معا في نفس الوقت هو: $\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$.

2 **قانون الجمع Sum Rule:** ينص على أن « احتمال ظهور أحد الحدثين على وجه الحصر (إما أحدهما أو الآخر، ولكن لايظهران معا في الوقت نفسه) هو مجموع ظهور كل منهما على حدة ».

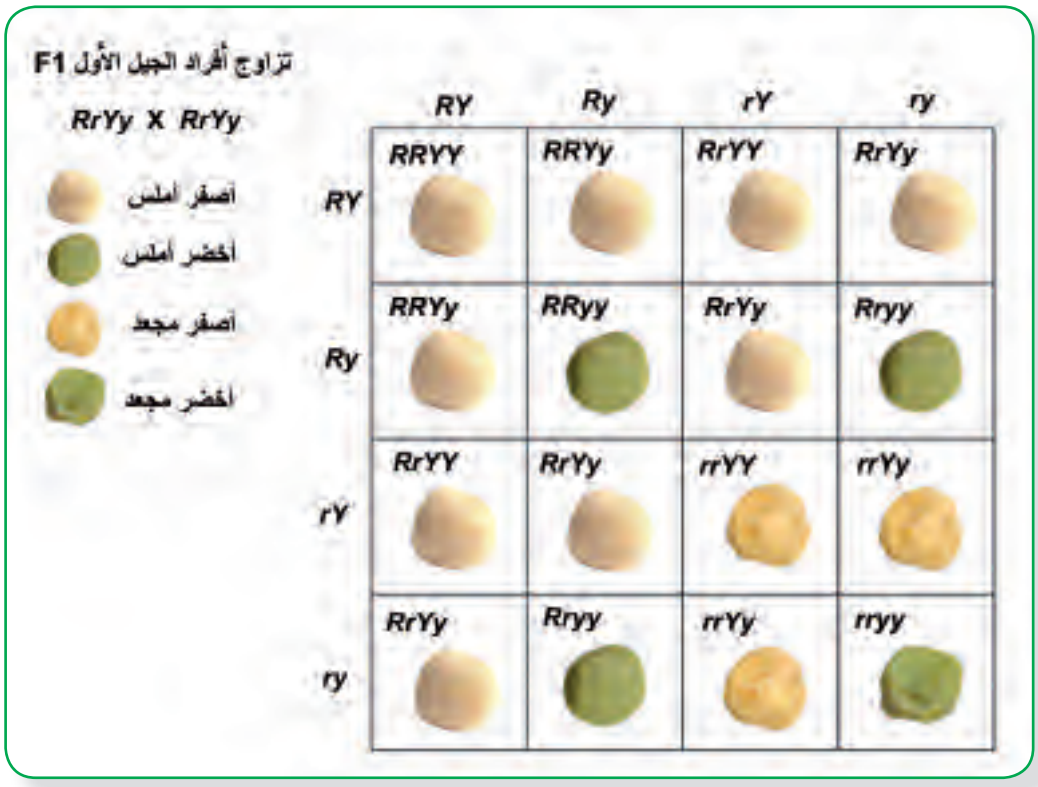
فاحتمال ظهور الصورة على قطعه والكتابة على القطعه الأخرى هو: $\frac{1}{4} + \frac{1}{4} = \frac{2}{4}$

3 **مجموع جميع الاحتمالات الممكنة في فضاء عيني لأي تجربة يساوي (1).**

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 (2) 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 (2): 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 التحارب.

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.

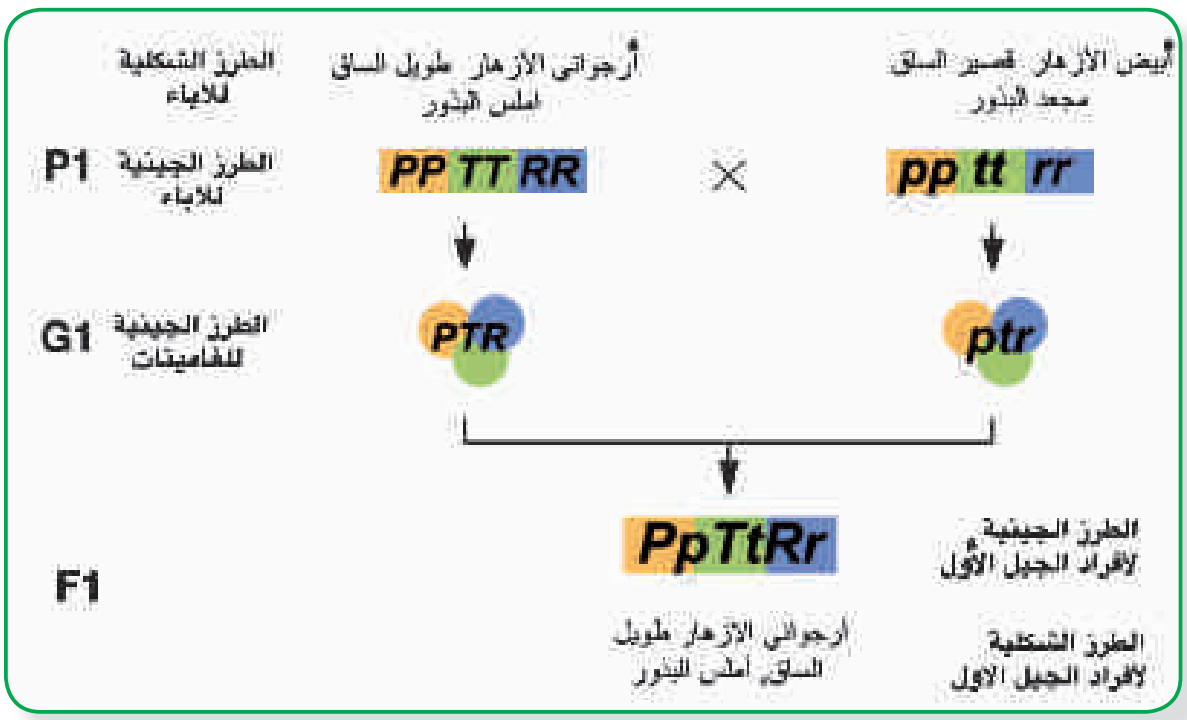
3 أكتب الطرز الجينية والشكلية لأفراد الجيل الأول.

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.

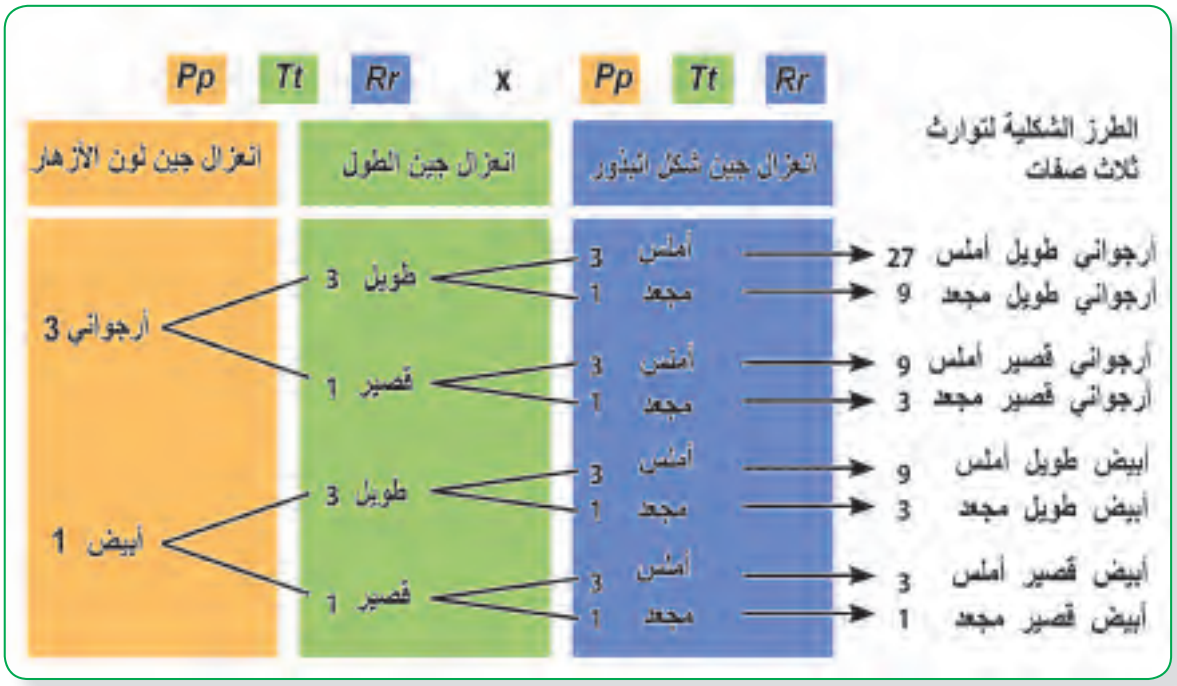
مثال:

عند إجراء تلقيح بين نباتي بازيلاء نقيين:الأول أرجواني الأزهار (P)، طويل الساق (T)، أملس البذور (R) مع نبات أبيض الأزهار (p)، قصير الساق (t)، مجعد البذور (r).كان جميع أفراد الجيل الأول أرجواني الأزهار، طويل الساق، و بذور ملساء. أنظر إلى الشكل (3).



الشكل (3): أفراد الجيل الأول نتيجة تلقيح نبتتي بازيلاء بثلاث صفات

وعند ترك أفراد الجيل الأول للتلقيح الذاتي ظهرت النسب للطرز الشكلية في أفراد الجيل الثاني باستخدام طريقة الخطوط المتفرعة كما هو موضح في الشكل (4).

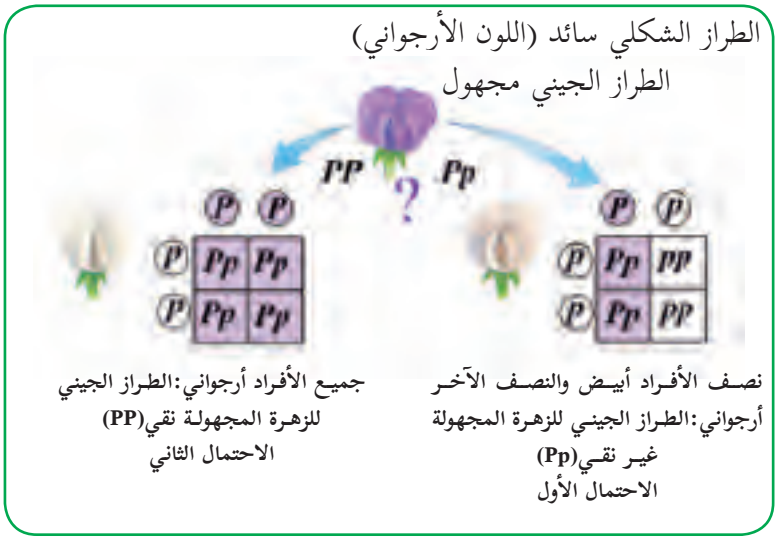


الشكل (4): طريقة الخطوط المتفرعة في حل المسائل الوراثية

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؟

التلقيح التجريبي (الاختباري) Test Cross

إن التمييز بين الأفراد السائدة النقية (متماثلة الجينات) والأفراد السائدة غير النقية (غيرمتماثلة الجينات) مهم من الناحية الاقتصادية. ولتحقيق ذلك يلجأ علماء الوراثة إلى التلقيح التجريبي، (**حيث يتم إجراء تلقيح بين الفرد السائد مجهول النقاوة وفرد يحمل الصفه المتنحّية، و بناء على نتائج هذا التلقيح يتم معرفة الطراز الجيني**) كما هو مبين في الشكل (5).



الشكل (5): التلقيح التجريبي لنبات أزهاره أرجوانية سائد للطراز الشكلي و طرازه الجيني مجهول النقاوة

سؤال: تسود صفة اللون الأسود للشعر في بعض أنواع الكلاب على اللون البني. كيف يمكن معرفة فيما إذا كان اللون الأسود لأحد الكلاب نقياً؟ أستخدم الرموز (B) للتعبير عن جين لون الشعر الأسود و (b) لجين لون الشعر البني.



مشروع

تصميم نموذج DNA يشبه نموذج واطسون وكريك باستخدام خامات البيئة.

أسئلة الفصل

السؤال الأول: أضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة فيما يأتي:

1) لعائلة أربعة أطفال. ما احتمال أن يكون الأطفال ذكوراً؟

أ- 1/2 ب- 1/4 جـ- 1/8 د- 1/16

2) عند اجراء تلقيح كائن حي متنحٍ لصفة معينة، مع آخر غير نقي لنفس الصفة، ما احتمالية أن يكون الطراز الشكلي لأحد الأبناء الناتجين من هذا التزاوج متنحياً؟

أ- 0% ب- 25% جـ- 50% د- 75%

3) كم عدد أنواع الغاميتات التي ينتجها فرد بالتركيب الجيني AaBbCc؟

أ- 2 ب- 4 جـ- 6 د- 8

4) تم إجراء تلقيح بين فردين طرازهما الجيني AABbCc و AABbcc ، ما احتمال أن ينتجا فرداً ذا طراز جيني AAbbCc:

أ- $\frac{1}{2}$ ب- $\frac{1}{4}$ جـ- $\frac{1}{8}$ د- $\frac{1}{16}$

5) أنجبت عائلة ثلاث بنات، ما احتمال أن يكون المولود الرابع ذكراً ؟

أ- $\frac{1}{4}$ ب- $\frac{1}{8}$ جـ- $\frac{1}{2}$ د- $\frac{1}{16}$

6) صفة الطول في نبات معين سائدة على صفة القصر. إذا لقح نبات غير نقي مع نبات آخر طويل الساق نقي، ما احتمالية إنتاج نباتات قصيرة الساق؟

أ- 1 ب- 1/2 جـ- 1/4 د- 0

7) حصل تلقيح اختباري لنبتة بازيلاء طويلة أرجوانية الأزهار غير نقيّة التركيب (RrTt) أي طراز جيني من الآتية **لا يظهر** عند أفراد النسل ؟

أ- RRtt ب- RrTt جـ- rrtt د- Rrtt

8 أي النسب الآتية **لا تظهر** في أفراد الجيل الأول في الصفات المندلية؟

أ- 100% ب- 1:3 جـ- 1:2 د- 1:1

9 أي الطرز الجينية الآتية يجب أن تستخدم في التلقيح التجريبي؟

أ- RR ب- rr جـ- Rr د- RrRr

السؤال الثاني: أكتب أنواع الغاميتات لكل من الطرز الجينية الآتية:

AaRRMm AaBBcc AaBbRr aaBbrr AaBb

السؤال الثالث: أعرف كلاً مما يأتي:

قانون التوزيع المستقل، التلقيح التجريبي

السؤال الرابع: ما احتمال تكوّن كل من الطرز الجينية المحددة والناتجة من التزاوجات الآتية؟

AaBbCc ← AABBCC × aabbcc

AAbbCC ← AABbCc × AaBbCc

AaBbCc ← AaBbCc × AaBbCc

AaBbCc ← aaBBCC × AABbcc

السؤال الخامس: أعلل ما يأتي:

التلقيح التجريبي (الاختباري) مهم من الناحية الاقتصادية.

السؤال السادس: لون الأزهار في نبات الداتورا إما أرجواني أو أبيض، وتوجد قرون بأشواك أو ملساء، الجدول الآتي يوضح تزاوجات مختلفة بين نبات الداتورا، أجيب عن الأسئلة الآتية:

- أبين أي الصفات سائدة وأيها متنحية؟ - ما الطرز الجينية للآباء في كل تزاوج؟

	الطرز الشكلية للنسل			
الطرز الشكلية للآباء	أرجواني الأزهار وقرون بأشواك	أبيض الأزهار وقرون بأشواك	أرجواني الأزهار وقرون ملساء	أبيض الأزهار وقرون ملساء
أرجواني بأشواك × أرجواني بأشواك	94	32	28	11
أرجواني بأشواك × أرجواني أملس	40	0	38	0
أرجواني بأشواك × أبيض بأشواك	89	92	31	27
أرجواني أملس × أرجواني أملس	0	0	36	11

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. التفريق بين الأليلات المتعددة والجينات المتعددة.
3. تصنيف فصائل الدم حسب نظام ABO وكيفية الكشف عنها.
4. التمييز بين الأنماط الوراثية المختلفة.
5. التعرف إلى أنظمة تحديد الجنس في كائنات حية مختلفة.
6. التمييز بين الصفات المرتبطة بالجنس والمتأثرة به.
7. حل مسائل على أنماط التوارث المختلفة.
8. رسم خرائط جينية.
9. التمييز بين الطفرات الجينية والكروموسومية.

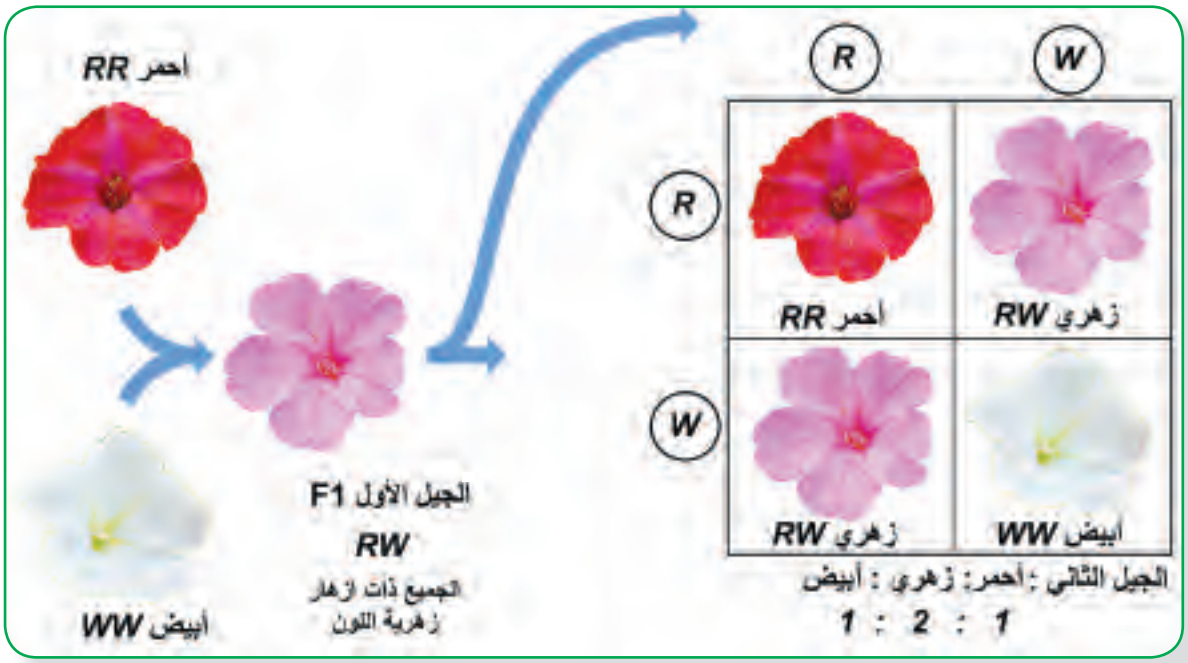


1.2 أنماط التوارث غير المندلية

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 وسطيةً 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 (*Mirabilis jalapa*) Four o'clock. هل تتفق النسب في الجيلين الأول والثاني مع السيادة التامة؟

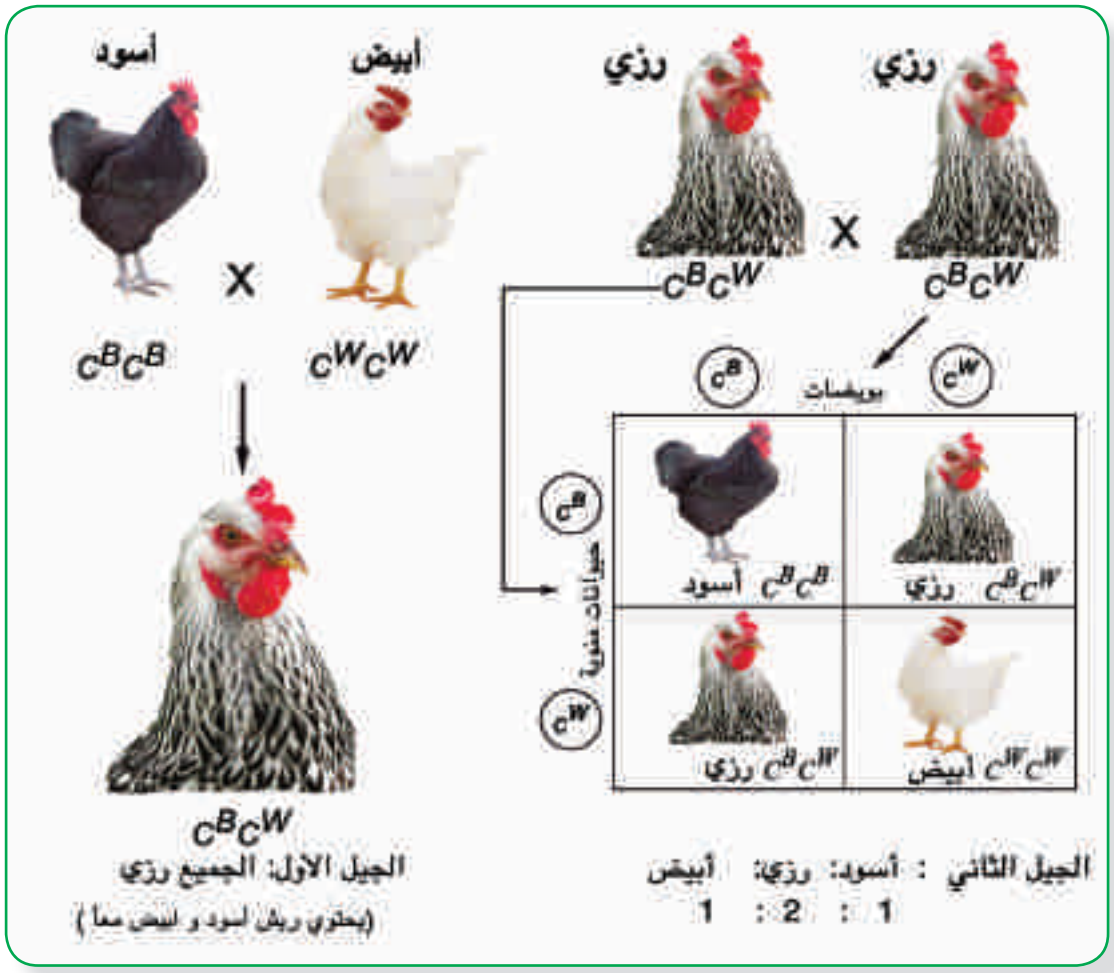


الشكل (1): السيادة غير التامة في توارث لون أزهار نبات الساعة الرابعة

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 رُّزي)، ألاحظ الشكل (2).



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

سؤال: لقح ديك ذو لون رُّزي 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	A	B	AB	O
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 العامل الرايزيسي Rhesus Factor

اكتشف العالمين لاندشتاينر وفينر Landsteiner and Wiener العامل الرايزيسي سنة 1940خلال دراسة نوع الدم في القرد الرايزيسي Rhesus monkey. و يلاحظ أن معظم البشر لديهم أنتيجينات العامل الرايزيسي؛ لذا يطلق عليهم موجبي العامل الرايزيسي +Rh والباقي لا يوجد لديهم هذا الأنتجين، لذا فهم سالبي العامل الرايزيسي Rh^-.

سؤال: شخص فصيلة دمه A^-، ما فصائل الدم التي يمكن أن يعطيها أو يأخذ منها ؟

نشاط (1): الكشف عن فصائل الدم

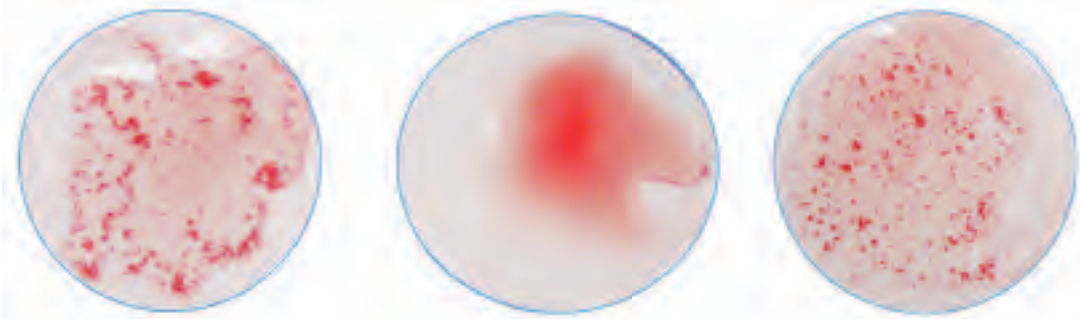
ملاحظة: مراعاة قواعد السلامة العامة.

المواد و الأدوات

شرائح زجاجية نظيفة، ثاقب معقم Lancets ، محاليل لأجسام مضادة؛ Anti-A، و Anti-B و Anti-D كحول 70% ، قطن، عيدان خشبية.

خطوات العمل:

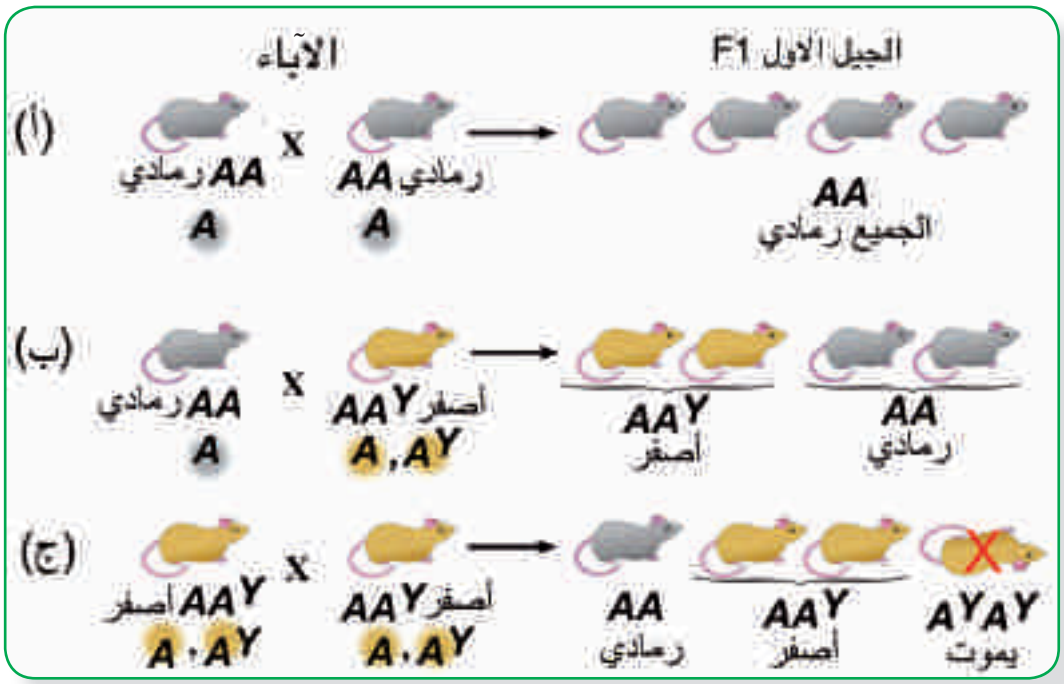
1. أمسح أحد أصابع اليد بالكحول ومن ثم وبلطف أضرب الأصبع بالثاقب المعقم.
2. أمسح القطرة الأولى من الدم بواسطة القطن.
3. أضع ثلاث قطرات من الدم على شريحة زجاجية ، ثم أضيف قطرة واحدة من Anti-A على قطرة الدم الأولى، وقطرة من Anti-B على الثانية، وقطرة من Anti-D إلى الثالثة.
4. أخلط الدم مع المحاليل (الأجسام المضادة) التي أضفتها باستخدام العيدان الخشبية، أتجنب تكرار استخدام العيدان الخشبية. لماذا؟ أقارن نتائجي مع الشكل (4).
5. أقرب جزء من الشريحة الخاص بالكشف عن Rh من مصدر حراري كمصباح كهربائي مثلا لمدة 20-30 ثانية مع تحريك الشريحة بصورة دائرية بلطف.
6. أسجل النتائج التي حصلتُ عليها.



الشكل (4): الكشف عن فصائل الدم

7. ما فصيلة الدم المبينة على الشكل (4).

عند إجراء تزاوج بين فئران رمادية Agouti وفئران صفراء Yellow ظهرت النتائج كما في الشكل (5):



الشكل (5): توارث صفة اللون الرمادي والأصفر في الفئران

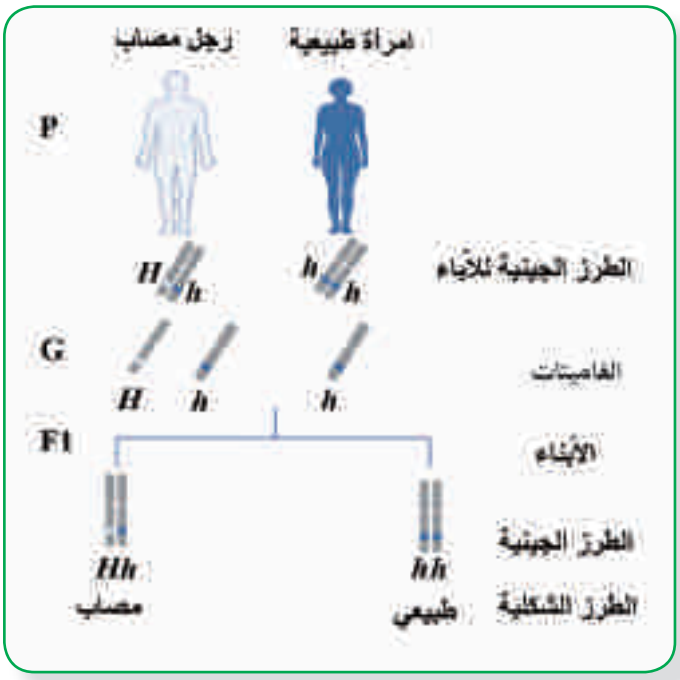
يمكن تفسير نتائج هذه التزاوجات على النحو الآتي:

الفئران الصفراء غير متماثلة الجينات Heterozygous ، وصفة اللون الأصفر سائدة على صفة اللون الرمادي وإن نواتج بعض الجينات مهمة لحياة الكائن، وتعطل الأليلين عن إنتاج هذه المادة الأساسية تؤدي إلى موت الكائن في مراحل النمو المبكرة. الجين A في المثال السابق يشكل الأليل الطبيعي Wild Type والأليل A^Y هو أليل الطفرة. فعند اجتماع الأليلين بصورة غير نقية AA^Y فإن الجين الطبيعي ينتج المادة الأساسية لحياة الفأر، ويكون الفأر الناتج سليماً. اما إذا اجتمع الأليلان الطافران معاً وبصورة نقية (A^YA^Y)، فينتج عن ذلك موت الفأر. لذلك يعد الأليل A^Y أليلاً متنحياً في القتل وسائداً في اللون Recessive Lethal Allele.

بعض الجينات القاتلة سائدة مثل مرض هنتنغتون Huntington Disease الذي ينتج بسبب أليل طفرة سائد Dominant Lethal Allele، ويمكن أن يسبب الوفاة؛ حيث يسبب انحلال وتدمير الخلايا العصبية والجهاز العصبي. تظهر أعراض المرض في مرحلة عمرية متقدمة (40 سنة) و يكون عندها المريض قد قام بنقل الجين القاتل إلى أبنائه. كما في الشكل (6)، الذي يوضح تزاوج امرأة طبيعية من رجل مصاب غير نقي.

يمكن أيضاً ان يكون الطراز الجيني نقياً لمرض هنتنغتون HH، ولكن ذلك نادر الحدوث، ويكون تطور الإصابة لديهم سريعا.

سؤال: تنتج قطط مانكس من خلال أليل (T) سائد، وقاتل (إذا اجتمع الأليلين في الحالة النقية)، و يسبب اختلالاً في تطور جزء من الهيكل المحوري في منطقة الذيل. القطط التي لها ذيل طبيعي يكون طرازها الجيني متنحياً ونقياً، عند حدوث تزاوج بين قطّي مانكس ظهر أفراد الجيل الأول بالنسبة 2 مانكس: 1 قط عادي، أكتب الطرز الجينية والشكلية للآباء والأبناء.



الشكل (6) : توارث الإصابة بمرض هنتنغتون

6. 2 الصفات الوراثية

تصنف الصفات الوراثية إلى نوعين؛ صفات نوعية وكمية:

1 صفات نوعية Qualitative Characters

صفات محددة سهلة التمييز، حيث تكون الاختلافات بين الأفراد غير متدرجة، ويسهل تمييزها وتصنيفها في أقسام منفصلة واضحة حسب الطرز الشكلية للأفراد، ويكون مسؤولاً عنها جين واحد(أليلان).مثال ذلك الصفات المندلية. فالنباتات إما أن تكون طويلة الساق أو قصيرة ، أُرجوانية الأزهار أو بيضاء، أي لا يوجد تدرج في الصفات.

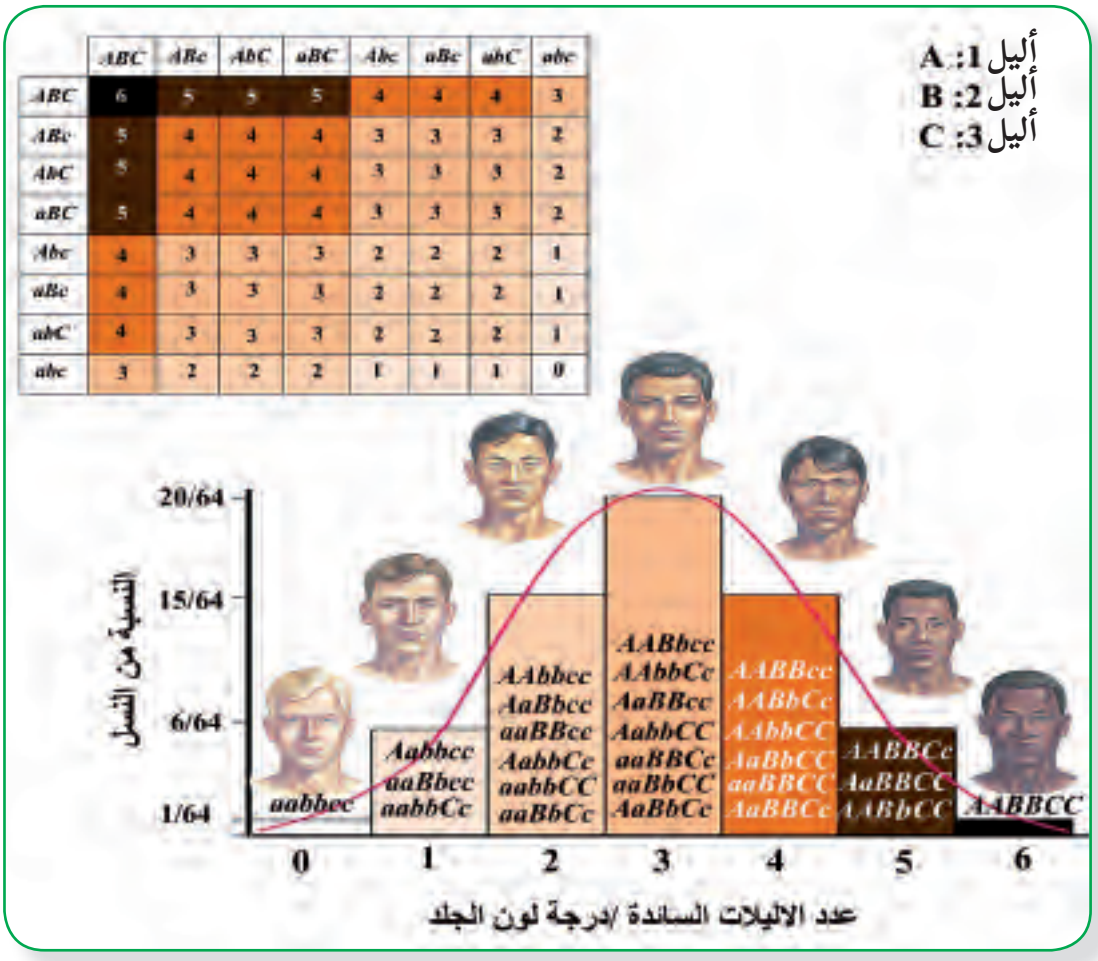
2 صفات كمية :Quantitative characters

صفات متدرجة يصعب تصنيفها إلى فئات حسب الطرز الشكلية، وعادة ما تتحكم بكل صفة عدة جينات **(الجينات المتعددة Polygenes)** التي تختلف في موقعها على الكروموسومات. ولإظهار صفة ما تشترك هذه الجينات معاً بحيث يكون لها تأثير تراكمي، وتظهر الصفة بشكل متدرج كما أن هذه الصفات تتأثر بالبيئة. من أمثلة هذه الصفات في الإنسان: صفة الطول ، ولون الجلد ، ولون الشعر، والوزن.

توجد ثلاثة من الجينات على الأقل تتحكم في إنتاج صبغة الميلانين في جلد الإنسان، وبالتالي تتدرج الطرز الشكلية ابتداء من لون الجلد الفاتح حتى تصل إلى اللون القاتم.

نشاط (2): صفة لون الجلد عند الإنسان

أَدرس الشكل (7) وأُجيب عن الأسئلة الآتية:



شكل (7): وراثة صفة لون الجلد في الإنسان

1. ما الأساس المعتمد في تصنيف الفئات لصفة لون الجلد؟
2. أكتب الطرز الجينية للون الجلد الفاتح جداً والغامق جداً.
3. أكتب طرازين جينيين يعطيان التأثير نفسه للطراز الجيني AABbCC
4. ما عدد الاليلات السائدة في الفئة الأكثر انتشارا للون الجلد؟
5. أكتب الطرز الجينية لصفة اللون الفاتح.

2. 7 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؟



الشكل (8): آلية تحديد الجنس في الطيور

من خلال دراسة شكل (8) 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.

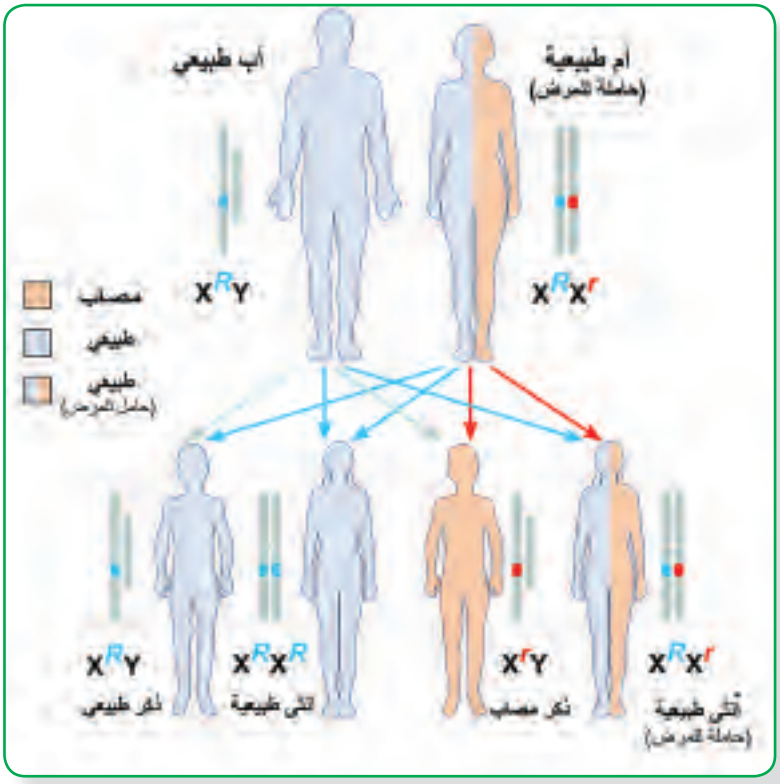
2. 8 الصفات المرتبطة بالجنس Sex-Linked Traits

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.

مرض عسر النمو العضلي التدريجي Duchenne Muscular Dystrophy

مرض وراثي مرتبط بالجنس سببه طفرة متنحية محمولة على الكروموسوم X يؤدي إلى خلل في إنتاج بروتين الديستروفين Dystrophin اللازم لنمو وحماية الألياف العضلية، ويوجد بشكل أساسي في العضلات الهيكلية والقلبية. يعاني المريض من ضعف واعتلال في العضلات؛ ما يؤدي إلى فقدان القدرة التدريجي على الحركه وضعف في العضلات التنفسية و عضلة القلب؛ ما يؤدي إلى موت المرضى عادة قبل سن العشرين.

سؤال: أدرس الشكل (9) الذي يبين توارث مرض عسر النمو العضلي التدريجي في عائلة معينة، ما نسبة وجود ذكر مصاب؟

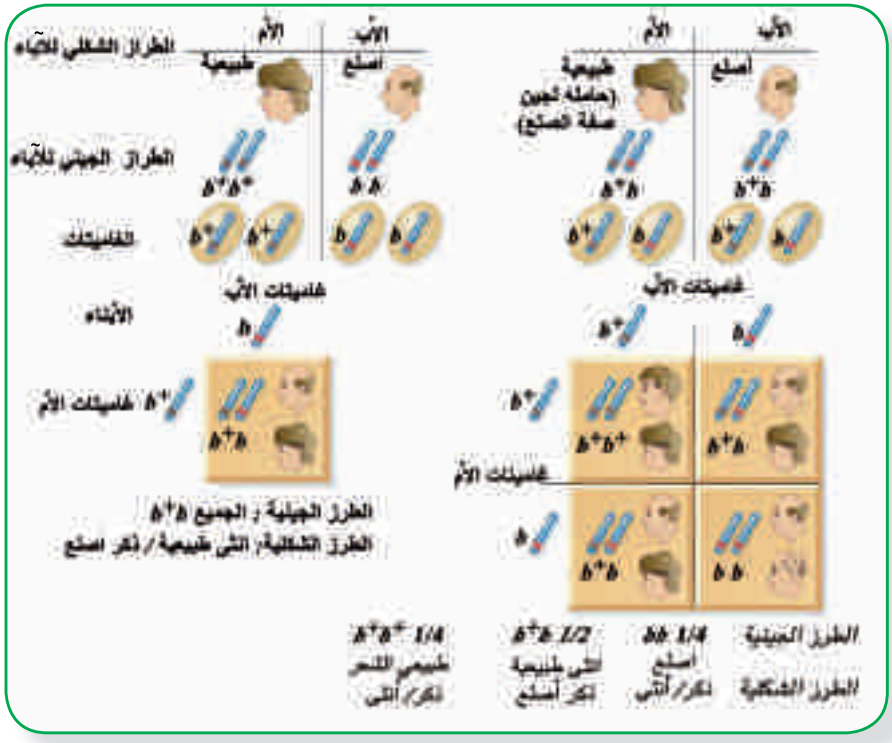


الشكل (9): توارث الإصابة لمرض عسر النمو العضلي التدريجي

قضية للبحث: أبحث حول الأمراض الوراثية التي تؤدي إلى إعاقات في الأبناء ودوري في نشر الوعي للحد من هذه الأمراض.

9 . 2 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 (10) كمثال على توارث هذه الصفة عند الإنسان.



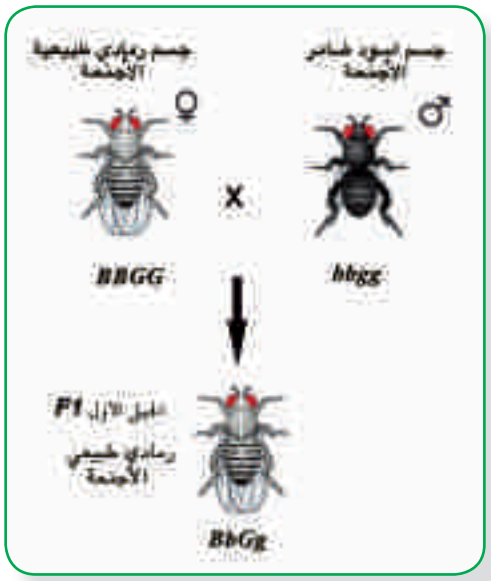
الشكل (10): وراثة صفة الصلع و تأثرها بالجنس

سؤال: في أحد سلالات الماشية تنمو بروزات شبيهة بالقرون في العظم الجبهي، وهي صفة متاثرة بالجنس؛ بحيث يكون جين وجود هذه البروزات عند الذكور سائداً على الجين الطبيعي. عند تزاوج ذكر لديه بروز شبيه بالقرون وأنثى ذات بروز شبيه بالقرون. أكتب الطرز الجينية والشكلية للأفراد الناتجة.

2. 10 الارتباط و العبور Linkage and Crossing Over

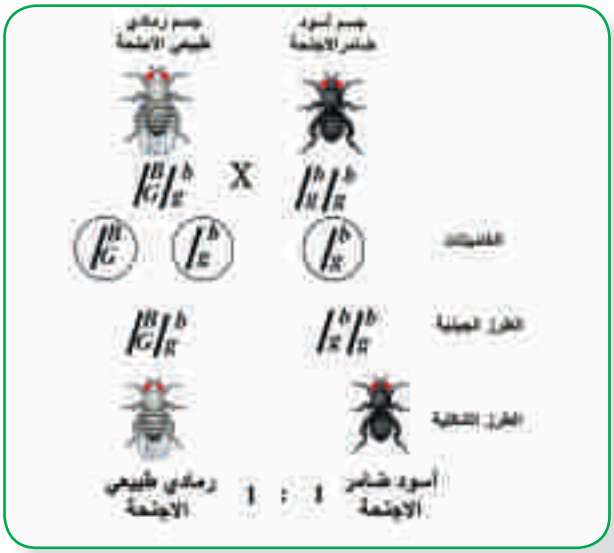
عرفنا مما سبق أن الصفات المندلية تحددها جينات موجودة على الكروموسومات، والتوزيع الحر لهذه الصفات ينبثق عن التوزيع الحر للكروموسومات أثناء الانقسام الاختزالي (المنصف). إلا أن هنالك بعض الصفات التي يمكن أن تقع جيناتها على الكروموسوم نفسه؛ أي أن جينين معينين يكونان مرتبطين.

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 (11).



الشكل (11): تجربة مورغان على ذبابة الفاكهة

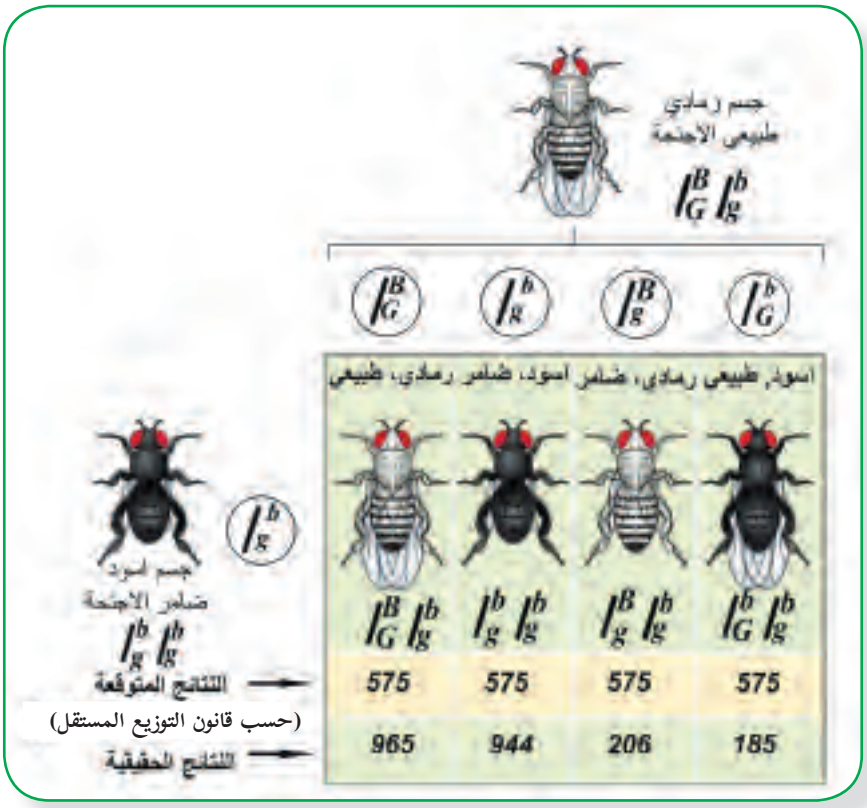
يمثل الشكل (12) تلقيح تجريبي لأفراد الجيل الأول (رمادي طبيعي الأجنحة مع أسود ضامر الأجنحة)، فظهر أفراد النسل بنسبة 1:1 رمادي اللون طبيعي الأجنحة إلى أسود اللون ضامر الاجنحة، كيف أفسر عدم ظهور نسبة 1:1:1:1 وذلك حسب قانون التوزيع المستقل، ألاحظ الشكل (12).



الشكل (12): 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 (13). أفسر نتائج هذه التجارب.



الشكل (13): 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.

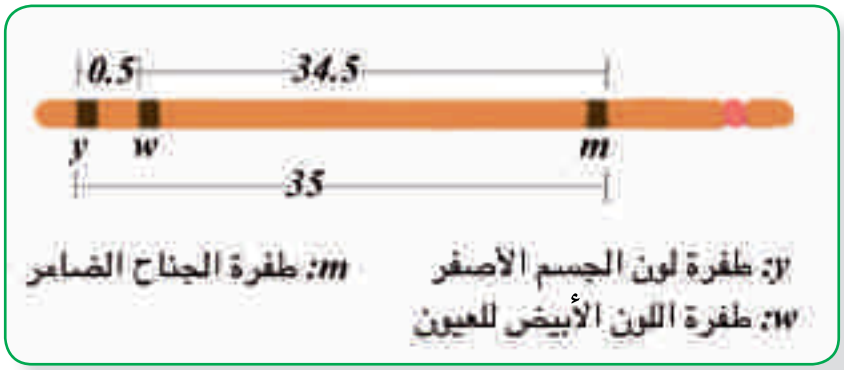
ملاحظة: تمثل الجينات المرتبطة على نفس الكروموسوم برسم خطوط عمودية.

11. 2 الخرائط الجينية Genetic Maps

لقد استفاد عالم الوراثة ألفريد ستورتيفانت Alfred Sturtevant وهو أحد تلامذة العالم مورغان من اكتشاف ارتباط الجينات وعملية العبور في بناء الخرائط الجينية، التي تمثل ترتيباً خطياً افتراضياً لمواقع الجينات على طول كروموسوم معين، وتُمثل هذه المسافات الافتراضية بواسطة أرقام لا تشير إلى المسافات الحقيقية بين الجينات وإنما لمسافات تقديرية اعتماداً على نسبة تكرار التراكيب الجينية الجديدة الناتجة من عملية العبور. الوحدة المستخدمة للتعبير عن المسافات بين جينين في الخريطة الجينية هي السنتيمورغان.

كما يمكن أيضاً حساب نسبة الارتباط بين الجينين باستخدام المعادلة الآتية:

نسبة الارتباط = (100%) - نسبة تكرار التراكيب الجينية الجديدة



الشكل (14):خريطة جينية لكروموسوم رقم 1 في ذبابة الفاكهة

يوضح الشكل (14) خريطة جينية لكروموسوم رقم 1 في ذبابة الفاكهة، المسافة بين الجينين y و w هي 0.5 وحدة خريطة (سنتيمورغان)، والمسافة بين الجينين m و w هي 34.5 سنتيمورغان و المسافة بين الجينين y و m هي 35 سنتيمورغان.

سؤال: تقع الجينات A و B و C وD على الكروموسوم نفسه، فإذا علمت أن:

1. نسبة تكرار التراكيب الجينية الجديدة بين A و B (12%)وبين A و C (17%)
2. ونسبة الارتباط بين C و D (75%) وبين B و D (80%)

أرسم خارطة جينية تحدد مواقع هذه الجينات (A،B،C،D) و ما المسافة بين الجينين A و D ؟ و ما نسبة العبور بين C و B ؟

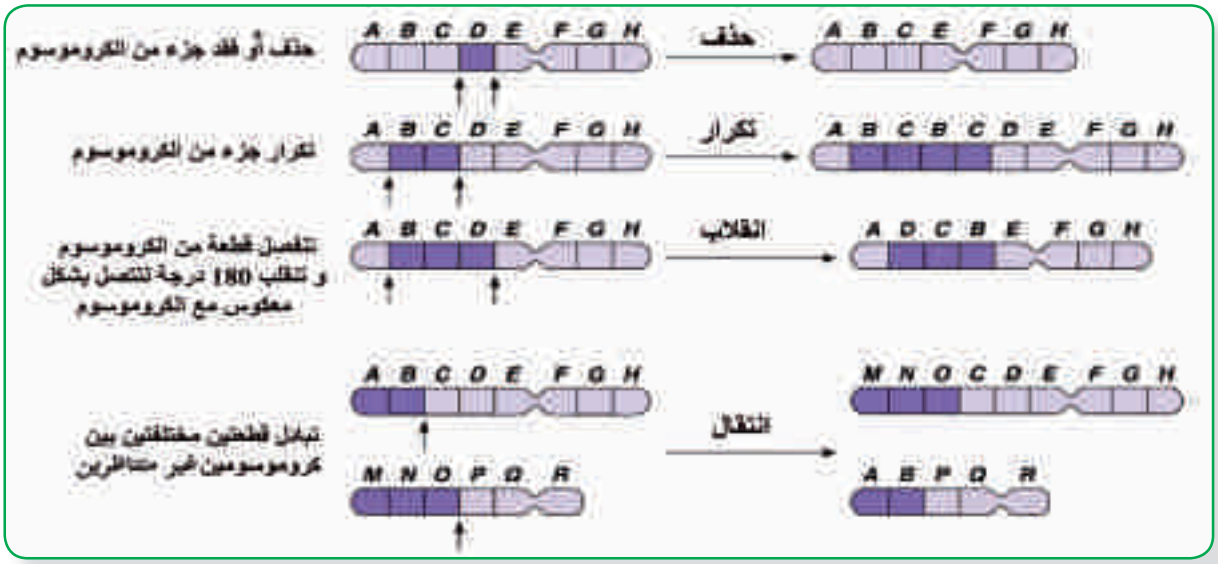
2. 12 الاختلالات الوراثية Genetic Disorders

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 (15) وألاحظ أنواع التغير في تركيب الكروموسومات.



شكل (15): طفرات التغير في تركيب الكروموسوم

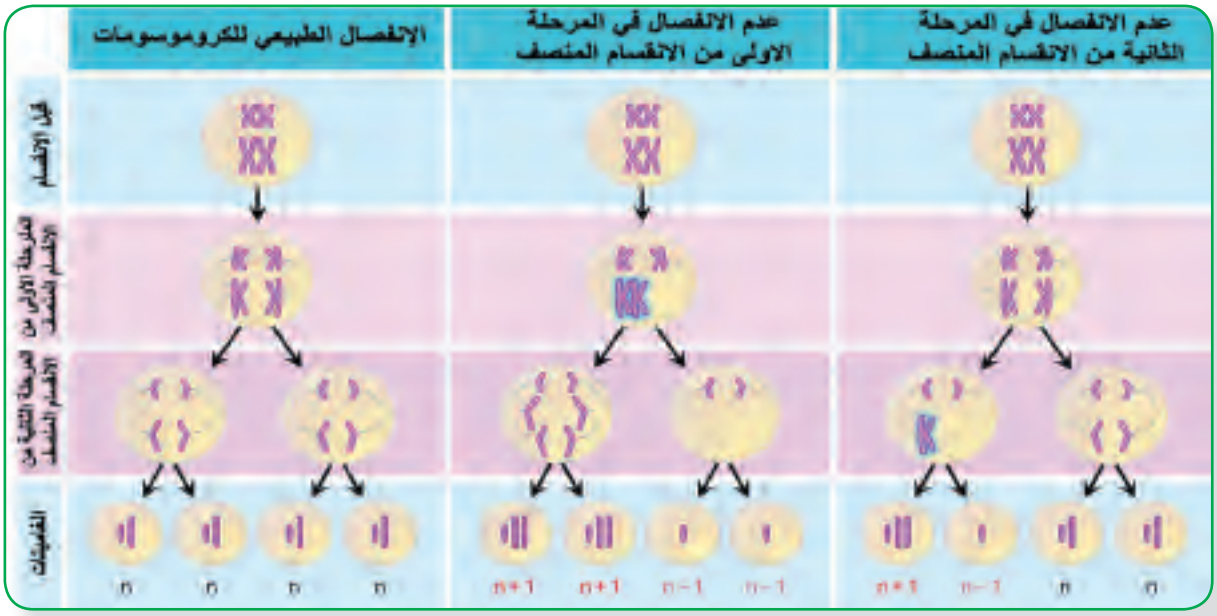
ثانياً: تغيير في عدد الكروموسومات Alteration of Chromosome Number

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

أ- حالات عدم الانفصال Nondisjunction

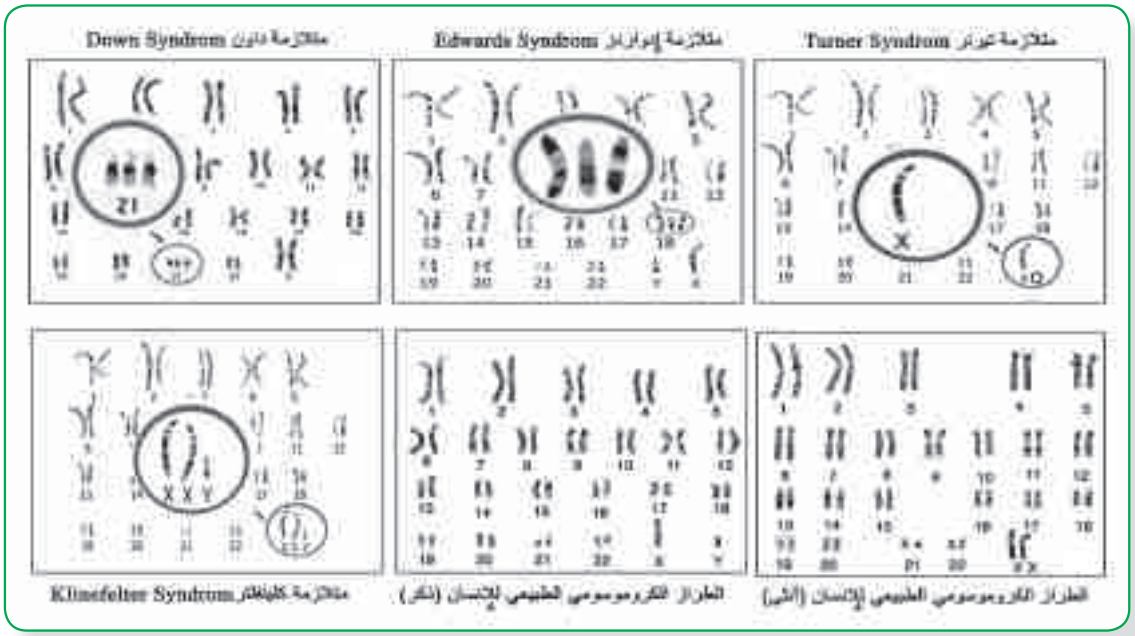
يحدث في بعض الحالات عدم انفصال أحد أزواج الكروموسومات المتناظرة عن بعض أثناء الدور الانفصالي الأول من الانقسام المنصف، أو عدم انفصال الكروماتيدات الشقيقة عن بعض في الطور الانفصالي الثاني، وينتج عن ذلك تكون غاميت يحوي نسختين من الكروموسوم نفسه، وغاميت آخر لا يحتوي على أية نسخة من هذا الكروموسوم، وعند الإخصاب وتكوين البويضة المخصبة (الزايغوت) تظهر الحالات الموضحة في الشكل (16)، وهي:

- احتواء البويضة المخصبة على نسخة واحدة فقط من الكروموسوم (Monosomy)2n-1
- احتواء البويضة المخصبة على النسخة الطبيعية من الكروموسوم (Disomy) 2n
- احتواء البويضة المخصبة على ثلاث نسخ من الكروموسوم نفسه (Trisomy)2n+1



الشكل (16) حالات عدم الانفصال والتَغيُّر في عدد الكروموسومات

هنالك كثير من حالات عدم الانفصال عند الإنسان التي تَتَسبب في ظهور بعض الأمراض الوراثية. الشكل (17) يمثل تشخيص بعض المتلازمات الوراثية باستخدام الطراز الكروموسومي Karyotyping، حيث يتم صبغ الكروموسومات، وتصويرها ومقارنه عددها وحجومها مع عينة طبيعية.



الشكل(17) : الطرز الكروموسومية لبعض الاختلالات الوراثية

سؤال: أدرس الشكل (17)، 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؟

ب- تَعدّد المجموعات الكروموسومية Polyploidy

تحتوي خلايا بعض الكائنات الحية على أكثر من مجموعتين كروموسوميتين: ثلاث مجموعات كروموسومية (3n) أو أربع مجموعات كروموسومية (4n). أحد أسباب ظهور ثلاث مجموعات كروموسومية هو إخصاب بويضة غير طبيعية تحتوي على مجموعتين كروموسوميتين (2n) بغاميت ذكري طبيعي أحادي المجموعة الكروموسومية (n). أما سبب وجود خلايا تحتوي أربع مجموعات كروموسومية (4n) فقد يكون بسبب فشل انقسام البويضة المخصبة بعد أن ضاعفت كروموسوماتها. حالة التعدد الكروموسومي شائعة في المملكة النباتية، ألاحظ الشكل (18) الذي يوضح أمثلة من النباتات التي نأكلها، فمثلا الموز ثلاثي المجموعة الكروموسومية.



الشكل (18): المجموعات الكروموسومية في بعض النباتات

قضية للبحث: أبحث عن حالات تعدد كروموسومي في المملكة الحيوانية.

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، تؤدي إلى انعدام إنتاج أنزيم فنيل ألانين هيدروكسيليز Phenylalanine Hydroxylase المسؤول عن تحويل الحمض الأميني فنيل ألانين إلى مركب مهم هو الحمض الأميني تايروسين، الذي يدخل في بناء مادة الميلانين، الصبغة المسؤولة عن لون الجلد و الشعر، كما أن التايروسين مسؤول أيضاً عن بناء هرمونات الإيبنفرين و النورإيبنفرين و هرمون الثايروكسين.

تراكم الفنيل ألانين ونواتجه السامة في الدم وأنسجة الجسم الأخرى وبخاصة الدماغ يسبب تخلفاً عقلياً شديداً وتأخراً في النمو لدى الأطفال إذا لم يتم اكتشاف المرض في مرحلة مبكرة جداً، حيث يجرى الفحص للمواليد الجدد خلال الأسبوع الأول بعد الولادة، وفي حالة الكشف عن المرض يمكن علاجه من خلال وصف حليب خاص للرضع يحتوي على كمية قليلة من الفنيل ألانين. ويعيش الفرد حياة طبيعية طالما التزم بحمية غذائية خاصة، بحيث تحتوي على كميات قليلة جداً من الفنيل ألانين.يوجد حمض الفنيل ألانين في الحليب والأجبان، واللحوم، والأسماك، والبيض، والمكسرات.

2. مرض كرابي Krabbe Disease

مرض وراثي ناتج عن طفرة جينية متنحية على الكروموسوم رقم 14، ويسبب تدمير أغلفة الخلايا العصبية الميلينية، تظهر أعراض المرض قبل بلوغ الطفل ستة أشهر. ومن أعراضه صعوبة التغذية، وحمى، وتأخر في النمو، وتشنجات عضلية، وفقدان السمع والبصر، وفقدان القدرة على البلع. يموت الأطفال في معظم الحالات قبل بلوغ السنة الثانية من العمر.

3. حمى البحر الأبيض المتوسط Familial Mediterranean Fever

مرض وراثي سببه طفرة جينية متنحية على الكروموسوم رقم 16 وتؤدي إلى خلل في إنتاج بروتين معين في بعض الخلايا المناعية المسؤولة عن تنظيم الاستجابة الالتهابية. ومن أعراض المرض حدوث نوبات متكررة من الالتهاب المؤلم مصحوبة بحمى في الصدر و المفاصل والقلب، والغشاء المحيط بالدماغ والحبل الشوكي.

سؤال: ما نسبة ظهور مرض حمى البحر الأبيض المتوسط لأبوين كلاهما يحمل الطراز الجيني غير النقي للمرض؟

أسئلة الفصل

السؤال الأول: أضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة فيما يلي:

1) ما التأثير الوراثي الناتج من تأثير جينين معاً وينتج حالة وسط في الطراز الشكلي؟

أ- السيادة المشتركة. ب- السيادة غير التامة.

جـ- السيادة التامة. د- تعدد الطراز الكروموسومي.

2) مرض هنتنغتون هو مرض وراثي ينتقل من جيل إلى آخر. إذا كان أحد الوالدين مصاباً (غير نقي) بهذا المرض ما احتمالية الإصابة لأحد الأطفال؟

أ- 100% ب- 75% جـ- 50% د- 25%

3) ما الطراز الجيني المحتمل لآباء أنجبوا طفلاً من المتوقع لاحقا أن يكون مصاباً بمرض هنتنغتون؟

أ- $X^HX^H \times X^hY$ ب- $X^hX^h \times X^HY$ جـ- $Hh \times hh$ د- $HY \times HY$

4) ما الصفات الكمية؟

أ- مجموعة من الطرز الشكلية المحددة بواسطة زوج من الجينات.

ب- الطراز الشكلي الواحد محدد من قبل أليلين.

جـ- الطراز الشكلي الواحد محدد من قبل ثلاثة جينات فأكثر.

د- مجموعة الصفات التي يحملها الفرد.

5) متى يحدث الارتباط بالجنس عند الإنسان؟

أ- وجود أليل على أحد الكروموسومين X وY . ب- تأثر الفرد بالهرمونات الجنسية.

جـ- وجود أليل على كروموسوم جسمي. د- ظهور الطراز الشكلي في الإناث فقط.

السؤال الثاني: أعرف كلاً مما يأتي:

الجينات القاتلة، ارتباط الجينات، العبور.

السؤال الثالث: ما الفرق بين الصفات المرتبطة بالجنس والصفات المتأثرة بالجنس؟

السؤال الرابع: أقارن بين كل من السيادة غير التامة والسيادة المشتركة.

السؤال الخامس: أعلل العبارات الآتية:

أ- شاب وأخته لهما الطراز الجيني نفسه، لكنهما مختلفان في الطراز الشكلي.

ب- نسبة الإصابة بمرض عسر النمو العضلي التدريجي في الذكور أعلى من الإناث.

جـ- صفة لون الجلد في الإنسان صفة كمية.

د- ظهور زهور بيضاء من بين أفراد الجيل الثاني لنبات الساعة الرابعة.

السؤال السادس: يمثل الجدول المجاور المسافات بين أربعة جينات على طول كروموسوم معين بوحدة السنتيمورغان في كائن حي ما:

	A	B	C	D
A	-	6	1	4
B	6	-	7	2
C	1	7	-	5
D	4	2	5	-

أ- ما نسبة تكرار العبور بين الجينين B و D ؟

ب- ما نسبة الارتباط بين الجينين A و C؟

جـ- أرسم خريطة جينية تبين مواقع الجينات الأربعة على طول الكروموسوم؟

السؤال السابع: عند إجراء تلقيح بين نبات أبيض الأزهار وقرونه طويلة مع نبات أرجواني الأزهار وقرونه قصيرة وترك أفراد الجيل الأول للتلقيح الذاتي ظهر أفراد الجيل الثاني بالنسب الآتية:

301 أرجواني، قرون طويلة. 99 أرجواني، قرون قصيرة.

612 أزهار وردية اللون، قرون طويلة. 195 أزهار وردية اللون، قرون قصيرة.

295 أزهار بيضاء، قرون طويلة. 98 أزهار بيضاء، قرون قصيرة.

أكتب الطرز الجينية لكل من الآباء وأفراد الجيلين الأول والثاني. ما نوع الوراثة لكل من الصفتين؟

السؤال الثامن: تزوج رجل أصلع ومصاب بنزف الدم، والده ذو شعر طبيعي، من فتاة غير صلعاء وغير مصابة مظهرياً بنزف الدم، فأنجبا طفلة تحمل جيني صفة الصلع ومصابه بنزف الدم، فإذا رمزنا لجين الإصابة بنزف الدم (r) أجب عما يأتي:

أ- أكتب الطراز الجيني (للصفتين معاً) لكلٍ من: 1- الرجل. 2- الفتاة.

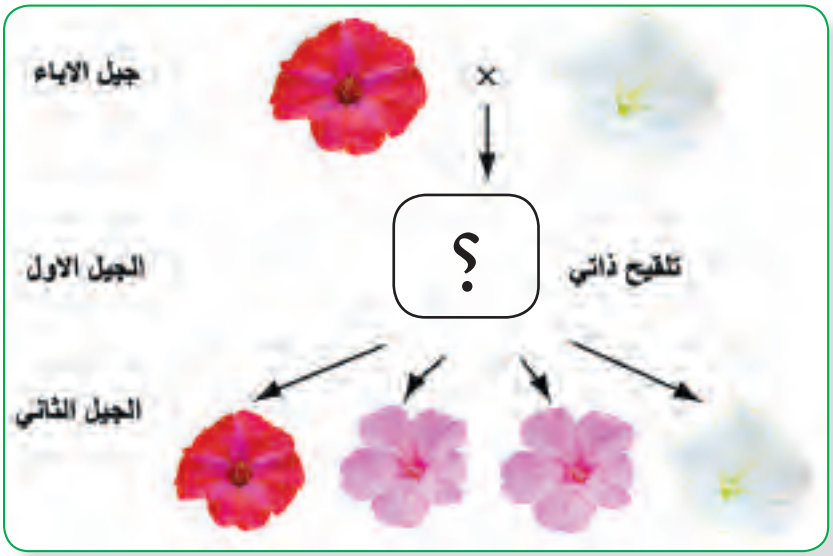
ب- ما نمط الوراثة لهذه الصفات؟

جـ- ما احتمالية إنجاب 1- ولد أصلع من بين الذكور.

2- بنت صلعاء مصابة بنزف الدم من بين النسل الناتج.

السؤال التاسع: امرأة طبيعية الرؤية فصيلة دمها A، والدها مصاب بعمى الألوان و فصيلة دمه B. تزوجت من رجل طبيعي الرؤية فصيلة دمه B، وفصيلة دم والدته O. أكتب الطرز الجينية والشكلية لكل من الآباء و الأبناء.

السؤال العاشر: أدرس نمط التوارث في الشكل المجاور، ثم أجب عن الأسئلة الآتية:



1) أكتب الطرز الجينية والشكلية للجيلين الأول والثاني، ونسبة كل منهما.

2) ما آلية توارث هذه الصفة؟

السؤال الحادي عشر: وجد مربي طيور أن ربع البيض الناتج في مزرعته لا يفقس، وأن ثلثي الناتج ذكور. أفسر هذه النتائج على أسس وراثية.

السؤال الثاني عشر: لون الجلد في الخيول يمكن أن يكون كما يأتي:

- الكريمي: لون مائل إلى الذهبي. - البالمينو: لون ذهبي. - الكستنائي: لون مائل إلى البني.

الجدول الآتي يمثل نتائج تزاوج خيول بألوان جلد مختلفة.

التزاوج	الآباء	النسل الناتج
1	كريمي × كريمي	الجميع كريمي
2	كستنائي × كستنائي	الجميع كستنائي
3	كريمي ×كستنائي	الجميع بالمينو
4	بالمينو × بالمينو	¼ كستنائي - ½ بالمينو - ¼ كريمي

بالاعتماد على النتائج أعلاه، أستنتج نمط توارث لون الجلد عند هذا النوع من الخيول، وأحدد الطرز الجينية لألوان الخيول المختلفة، وأمثل التزاوج رقم 4 وراثيا.

السؤال الثالث عشر: مرض التفول أو أنيميا الفول، مرض منتشر في المجتمع الفلسطيني، وينتج عن نقص انزيم نازع هيدروجين الغلوكوز- 6- فوسفات (G6PD Deficiency) في خلايا الدم الحمراء. يورث هذا المرض كجين متنحٍ على الكروموسوم الجنسي X . تزوجت امرأة طبيعية (أبوها مصاب بالتفول) مع رجل طبيعي. أجيب عن الأسئلة الآتية:

1. ما نسبة الأبناء المتوقع إصابتهم بالتفول؟
2. إذا كان الزوج مصاباً بالتفول، هل تختلف النسبة في الإجابة الأولى؟

السؤال الرابع عشر: تم إجراء التلقيح الاختباري التالي: (aabb X AaBb)، وكانت النتائج على النحو الآتي:

أفراد يحملون صفات الأبوين: 450 aabb / 450 AaBb

أفراد بتراكيب جينية جديدة: 50 aaBb / 50 Aabb

- أجد نسبة تكرار التراكيب الجينية الجديدة للجينين (a-b)
- أجد المسافة بين a و b

السؤال الخامس عشر: أتخيَّل أن أحد والدي كان يعاني من مرض هنتنغتون، ما احتمال أن يظهر لدي في يومٍ من الأيام المرض؟ هل أوافق على إجراء فحص وجود أليل المرض أم لا؟ أُفسّر إجابتي.

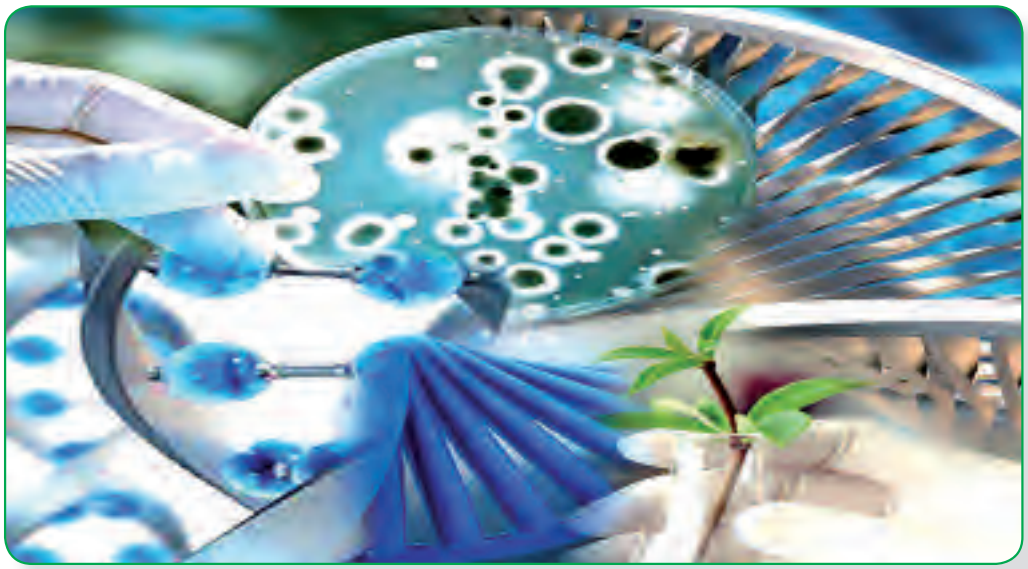
الفصل الثالث 3

تطبيقات في علم الوراثة Applications in Genetics

شملت تطبيقات علم الوراثة والتقانة الحيوية مجالات أساسية مختلفة في حياة الإنسان، كاستخدام الهندسة الوراثية في الأبحاث الخاصة في علاج الأمراض الوراثية، واستخدام الكائنات الحية الدقيقة لتصنيع الأدوية، وأيضاً تطوير الإنتاج الحيواني والنباتي والزراعي وتحسينه.

فما المقصود بالهندسة الوراثية؟ وما أهم التطبيقات المستخدمة ومحاذير استخدامها؟ هذه الأسئلة وغيرها سأتمكن من الإجابة عليها، بعد دراسة هذا الفصل، وسأكون قادراً على:

1. التعرف إلى مفهوم الهندسة الوراثية.
2. تعداد بعض تقنيات الهندسة الوراثية.
3. تصنيف تطبيقات الهندسة الوراثية.
4. تذكّر الضوابط الأخلاقية الواجب مراعاتها عند استخدام تطبيقات الهندسة الوراثية في المجالات المختلفة.



1.3 الهندسة الوراثية

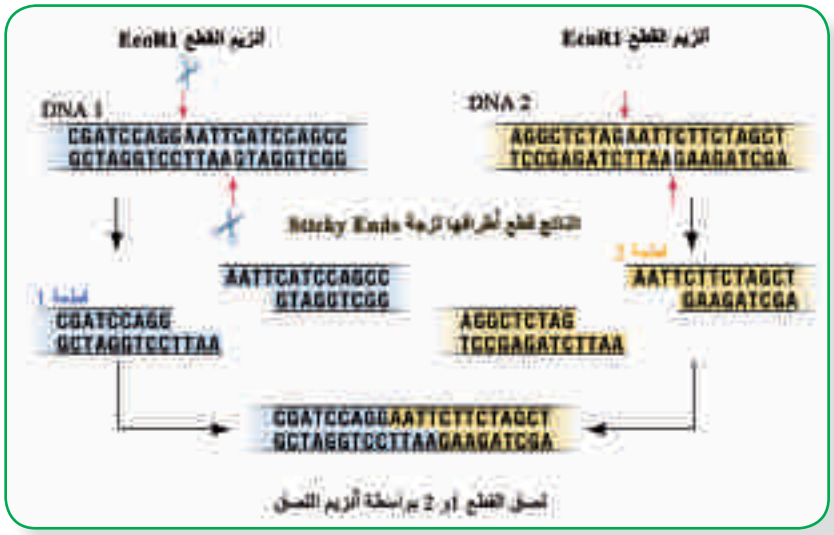
وتعني التغيير المباشر لجينوم الكائن الحي باستخدام تطبيقات مختلفة في الوراثة والأحياء الجزيئية، هنالك العديد من التطبيقات المستخدمة لوصف الهندسة الوراثية كالتعديل الوراثي، DNA معاد التركيب Recombinant DNA Technology، واستنساخ الجينات (الاستنساخ الجزيئي). وتبرز أهمية هذه التقانات في نقل الجينات لإنتاج كائنات محسنة أو جديدة ذات أهمية طبية أو اقتصادية .فقد تمكن العلماء من الحصول على سلالات بكتيرية تعمل على إنتاج مواد لها تأثير طبي كهرمون الأنسولين ومحاصيل زراعية تقاوم ملوحة التربة والآفات الزراعية.

2 .3 الوسائل والأدوات المستخدمة في الهندسة الوراثية

لقد تطور علم الهندسة الوراثية بسرعة فائقة، وأصبح يستخدم في الكثير من المجالات، بما في ذلك الطب العدلي Forensic Medicine ، حيث يتم الكشف عن مرتكبي الجرائم. بالإضافة إلى تحديد الأبوة، والتشخيص الطبي، والعديد من التطبيقات في الصناعة. تستخدم الهندسة الوراثية كثيراً من الوسائل والأدوات، ومن أهمها:

1 **أنزيمات القطع Restriction Enzymes:** لقد تم استخلاص المئات من أنزيمات قطع DNA المختلفة من البكتيريا، وسمي كل منها نسبة إلى البكتيريا التي تم استخلاصه منها، فمثلا أنزيم *EcoR1* مستخلص من بكتيريا *E. coli*.

وهي عبارة عن أنزيمات متخصصة في قطع DNA عن طريق التعرف على تتابع معين من النيوكليوتيدات لتقوم بالقطع في هذا التتابع او بالقرب منه. فمثلا أنزيم القطع *EcoR1* يتعرف على التتابع GAATTC في DNA ومن ثم يقوم بقطع سلسلتي DNA بين نيوكليوتيدات A وG مكوناً نهايات لزجة. كما يوضح الشكل (1).



الشكل (1): توضيح لآلية عمل أحد أنزيمات القطع *EcoR1*

هذه النهايات اللزجة يتم لصقها مع قطعة من مصادر أخرى قُطعت بنفس الأنزيم.

2 أنزيم اللصق DNA Ligase: يُستخدم لربط نهايات DNA التي تم قطعها من قبل أنزيم القطع.

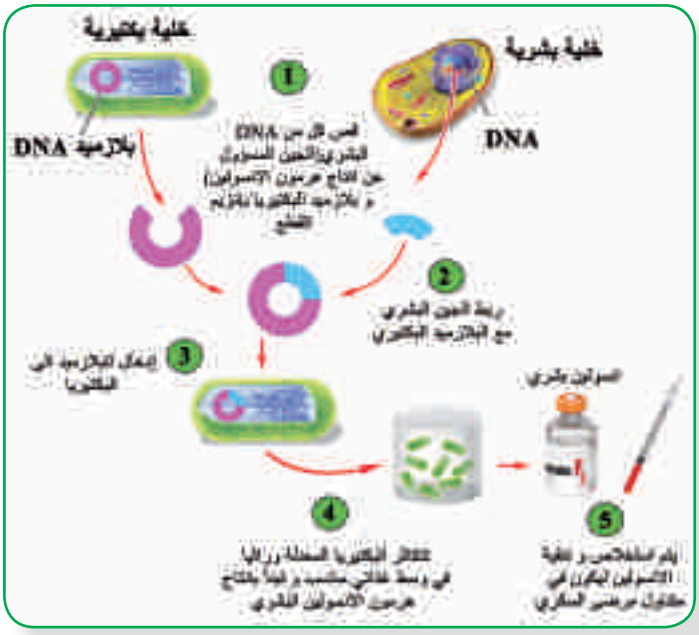
3 النواقل Vectors: مثل البلازميدات والفيروسات التي تستخدم لنقل DNA الذي تم قطعه من الجينوم وتكثيره في الخلية المستقبلة (خلايا بكتيرية، نباتية، حيوانية) لإنتاج المواد المطلوبة.

تعدّ البلازميدات من أكثر أنواع النواقل شيوعا في الهندسة الوراثية؛ وذلك لحجمها المناسب، وتنوعها، وسهولة الحصول عليها والتعامل معها، وتضاعفها المستقل عن الكروموسوم البكتيري بالإضافة لاحتوائها على مواقع مختلفة لأنزيمات القطع. ولكن اختيار الناقل يعتمد بالدرجة الأولى على طبيعة وحجم قطع DNA المراد نقلها.

سؤال: لماذا يتم قطع سلسلتي DNA وليس سلسله واحدة من قبل أنزيمات القطع؟

3. 3 تقنية DNA معاد التركيب Recombinant DNA Technology

أدرس الشكل (2) الذي يبين مراحل إنتاج مواد ذات أهمية طبية باستخدام تقانة DNA معاد التركيب ثم أجيب عن الأسئلة:



الشكل (2): تقانة DNA معاد التركيب لإنتاج مواد ذات أهمية طبية مثل الإنسولين

1 كيف أفسر اختيار البلازميد لحمل هذا الجين؟

2 أتتبع الخطوات الرئيسة لإنتاج هرمون الأنسولين.

3 أستنتج تعريف تقانة DNA معاد التركيب.

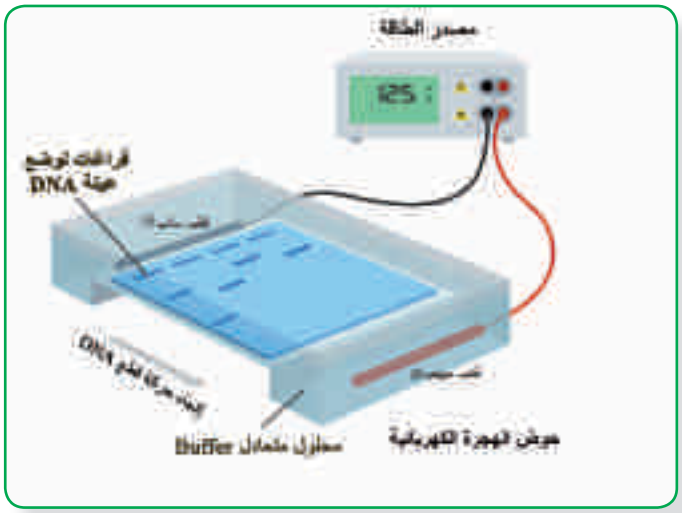
بروتينات تم الحصول عليها بتقنية DNA معاد التركيب

أول بروتين تم إنتاجه بتقنية DNA معاد التركيب هو هرمون الإنسولين، وتم اعتماده وطرحه للاستخدام في العام 1982، حيث كان مرضى السكري من النوع الأول Diabetes Type 1 يحصلون على هذا الهرمون من الأبقار والخنازير وبكميات محدودة وبتكلفة عالية.

كما تم إنتاج هرمون النمو Growth Hormone لعلاج الأطفال المصابين بقصر القامة الناجم عن خلل في الغدة النخامية، بالإضافة إلى إنتاج عوامل التخثر Clotting Factors اللازمة لعلاج مرضى نزف الدم الوراثي.

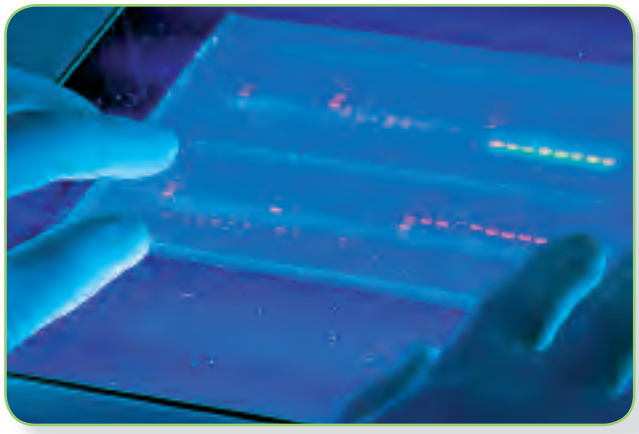
4. 3 الهجرة الكهربائية والبصمة الوراثية Electrophoresis and DNA Fingerprinting

تُستخدم الهجرة الكهربائية لفصل قطع DNA خلال مرورها في مجال كهربائي بالاعتماد على حجومها؛ وذلك بهدف دراستها والتعرف عليها، ويُستخدم لهذه الطريقة جهاز يحتوي على طبقة من جل مسامي من مادة الأغاروز Agarose (مادة كربوهيدراتية تستخرج من الأعشاب البحرية) حيث يتم توصيل الجهاز بمصدر للطاقة الكهربائية كما هو مبين في الشكل (3).



الشكل (3): جهاز الهجرة الكهربائية Electrophoresis

تتحرك (تهاجر) قطع DNA السالبة الشحنة (بسبب مجموعة الفوسفات) باتجاه القطب الموجب بتأثير المجال الكهربائي، وكلما كانت قطعة DNA أصغر حجماً كلما كانت أسرع في الحركة باتجاه القطب الموجب للجهاز، وبعد انفصال القطع يتم استخدام صبغة بروميد الإيثيديوم Ethidium Bromide التي ترتبط مع قطع DNA، وتتألق عند تعرضها لطاقة الأشعة فوق البنفسجية لنتمكن من مشاهدة قطع DNA مفصولة كما في شكل (4).



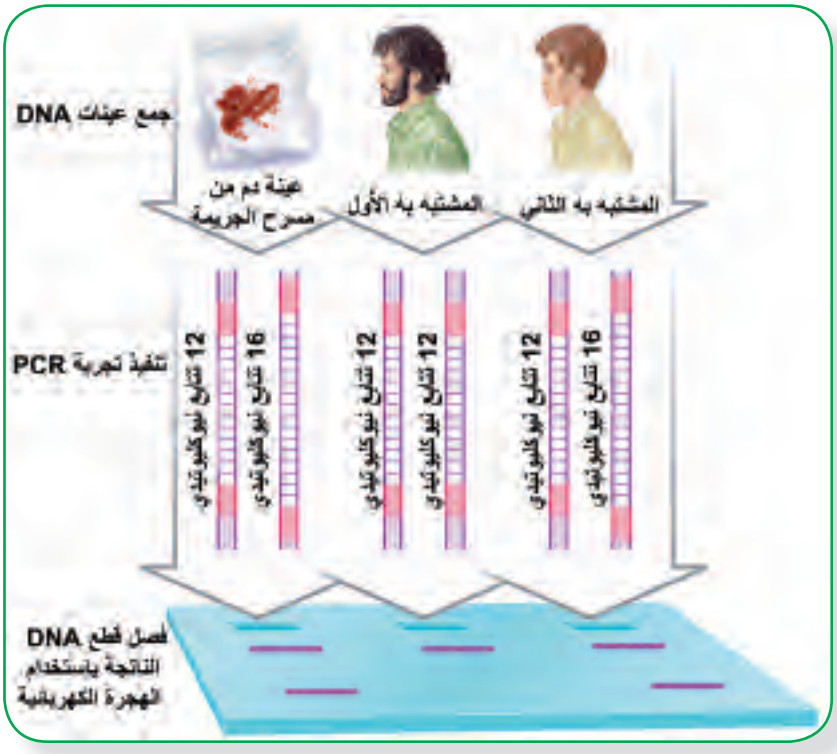
شكل (4):عملية فصل قطع DNA بالاعتماد على حجم القطعة بواسطة الهجرة الكهربائية

5. 3 بصمة (DNA) DNA Fingerprinting

يحتوي الجينوم البشري على تتابع من نيوكليوتيدات مميِّزة للفرد الواحد، وتختلف من شخص لآخر، بعض هذه العلامات المميِّزة كتتابع الأنماط القصيرة Short Tandem Repeats (STRs)، التي قد تتكرر بشكل محدود، من الأمثلة على هذه العلامات المميزة تتابع ACAT، الذي يتكرر في جينوم شخص ما 30 مرة في موقع معين، في حين قد يتكرر في شخص آخر 18 مرة في نفس الموقع، حيث يسمى هذا التكرار المميز بالبصمة الوراثية. أنظر الشكل (5).

يتم في الوقت الحاضر الاستفادة من البصمة الوراثية في عمليات البحث الجنائي، وذلك بمقارنة مادة DNA المأخوذة من موقع الجريمة مع DNA الخاص بالمشتبه بهم لتحديد هوية الجاني، كما أن هذه العملية مهمة أيضاً في إثبات الأبوة أو نفيها، كما تستخدم في تحديد هوية ضحايا الكوارث كالحرائق وحوادث الطيران والحروب وغيرها. و يمكن الحصول على العينات من خلايا الدم البيضاء، والحيوانات المنوية، واللعاب، والشعر، والجلد، وبقايا الجثث.

سؤال: تم جمع عينات دم كدلائل من مسرح جريمة ما، مستعينا بالشكل (5)، أحدد أي المشتبه بهم هو الجاني؟ أفسر إجابتي.



الشكل (5): أحد تطبيقات البصمة الوراثية لتحديد هوية مرتكبي الجرائم

6. 3 تطبيقات في الهندسة الوراثية Applications of Genetic Engineering

للهندسة الوراثية تطبيقات في مختلف المجالات كالطب والبحوث والصناعة والزراعة، ويمكن استخدامها على مجموعة واسعة من النباتات والحيوانات والكائنات الحية الدقيقة. ومن هذه التطبيقات ما يأتي:

أولاً: مجال الطب وإنتاج العقاقير الطبية

علاج مرض انتفاخ الرئة الوراثي Genetic Emphysema الناتج عن نقص بروتين ألفا -1- أنتيتربسين Alpha -1- antitrypsin من خلال إنتاج أغنام معدلة وراثياً قادرة على إنتاج حليب يحوي هذا الأنزيم.

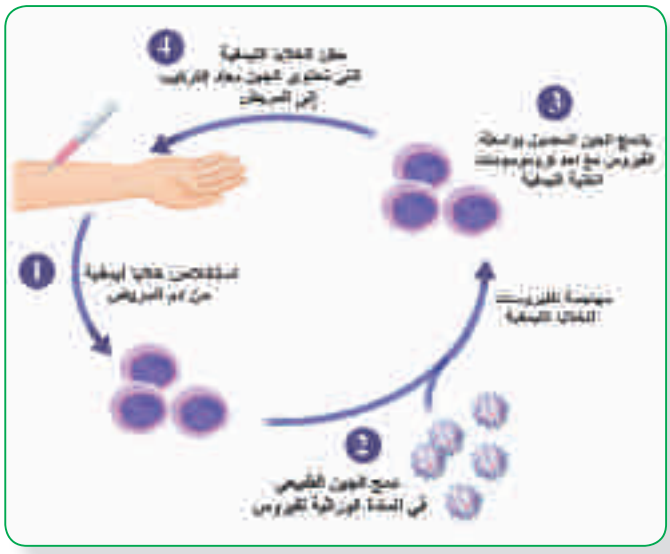
كما قام العلماء بتطوير نباتات أرز معدلة وراثياً لتعطي حبوب أرز ذهبية اللون، تحتوي على صبغة بيتا كاروتين، الذي تحتاجه أجسامنا لإنتاج فيتامين A، واستخدم هذا الأرز على نطاق واسع للوقاية من حالات العشى الليلي التي تصيب الأطفال في الدول التي يعتمد غذاؤها بصورة رئيسية على الأرز. أنظر الشكل (6).



الشكل (6): الأرز الذهبي المعدل وراثيا (1 و 2) بالمقارنة مع الأرز الطبيعي

ثانياً: العلاج الجيني Gene Therapy

العلاج الجيني هو تقانة تجريبية تَستخدم الجينات لعلاج أو منع الإصابة ببعض الأمراض لاسيما الوراثية منها. في المستقبل، قد تسمح هذه التقانة للأطباء علاج الأمراض الوراثية عن طريق إدخال جين فعال في خلايا المريض ويكون قادراً على تشفير البروتين أو الأنزيم المفقود كبديل من استخدام الأدوية أو الجراحة، أنظر الشكل (7).



الشكل (7): مخطط لإحدى التقنيات المستخدمة في العلاج الجيني



قضية للبحث: أبحث عن إمكانية الكشف عن بعض الأمراض الوراثية أثناء الحمل؟

تمكن العلماء باستخدام العلاج الجيني من علاج الطفرة التي تؤدي إلى نقص أنزيم أدينوسين دي-أمينيز Adenosine Deaminase (ADA) المهم في تفاعلات الهدم الخاصة بالقواعد النيتروجينية من نوع بيورين. نقص هذا الأنزيم يؤدي إلى تراكم البيورينات في الجسم، ويشكل أحد مسببات مرض نقص المناعة المشترك الشديد (سكيد Severe Combined Immunodeficiency (SCID الذي يتميز بضعف الاستجابات المناعية، والالتهابات المتكررة، كما أن نقص هذا الأنزيم يسبب اختلالاً في عمل الكبد والجهاز العصبي.

ثالثاً: مجال الإنتاج الزراعي والحيواني

إنتاج نباتات معدلة وراثياً تمتاز بقدرتها على مقاومة الآفات الزراعية، حيث تم عزل جين من بكتيريا *Bacillus thuringiensis* ينتج سماً قاتلاً، ويتم إدخال هذا الجين إلى نباتات مثل الذرة وفول الصويا، فتصبح مقاومة للآفات الحشرية، وبعض النباتات تتحمل ملوحة التربة لاحتوائها على بروتين خاص بنقل أيونات الصوديوم Na^+ من السيتوبلازم إلى داخل الفجوات الخلوية دون أن يلحق الضرر بنمو النبات، ومن الأمثلة على نباتات معدلة وراثيا لمقاومة الملوحة؛ القمح والأرز والبندورة. كما تم إنتاج نباتات تتحمل الجفاف والصقيع، وبالنسبة للحيوانات تم الحصول على حيوانات معدلة وراثيا كالأغنام والأبقار لإنتاج كميات وافرة من الحليب أو اللحوم، بالإضافة لإنتاج حيوانات لديها القدرة على مقاومة مسببات الأمراض.

رابعاً: الهندسة الوراثية والبيئة

قام العلماء باستخدام تقنيات الهندسة الوراثية بإنتاج سلالات بكتيريا تعمل على تحليل بقع النفط المتسربة من ناقلات النفط العملاقة، حيث تقوم بالتغذي على هذه البقع، وبالتالي تعمل على مكافحة التلوث.

7.3 ضوابط استخدام الهندسة الوراثية وأخلاقياتها

انتشرت زراعة المحاصيل المعدلة وراثيا حول العالم، وتمتاز هذه المحاصيل بإنتاجيتها العالية، وبالتالي توفرها في الأسواق بأسعار مناسبة، كما أن النباتات المعدلة وراثياً تقاوم الآفات الحشرية وتقلل إمكانية استخدام المبيدات الحشرية. لكن من جهة أخرى هناك قلق من أن تقضي النباتات المعدلة وراثيا المقاومة للآفات الحشرية على الحشرات النافعة بالإضافة لتلك الضارة.

سؤال: أوضح حق المستهلك بوجود عبارة GMO (Genetically Modified Organism) على المنتجات المعدلة وراثياً.

أسئلة الفصل

السؤال الأول: أضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة فيما يأتي:

1) أي العبارات الآتية **لا تنطبق** على تعريف البلازميد؟

أ- يحمل جينات إضافية ب- يوجد في الخلايا الحيوانية

جـ- يوجد في الخلايا البكتيرية د- DNA حلقي

2) ماذا يسمى الكائن الذي يتم إدخال جين غريب إلى الجينوم الخاص به؟

أ- معدل وراثياً ب- مستنسخاً جـ- ناقلاً د- طافراً

3) لأي الأغراض يتم إنتاج الأرز المعدل وراثياً؟

أ- مقاومة الآفات ب- علاج نقص فيتامين A

جـ- إنتاج هرمون الأنسولين د- علاج مرض سكيد

4) أي الأدوات الآتية تستخدم في تقانة DNA معاد التركيب؟

أ- أنزيمات القطع ب- أنزيم اللصق جـ- النواقل د- جميع ما ذُكر صحيح

5) أي الطرق الآتية تستخدم لفصل قطع DNA بهدف دراستها؟

أ- العلاج الجيني ب- أنزيم اللصق جـ- الهجرة الكهربائية د- جهاز الطرد المركزي

السؤال الثاني: أعرِّف كلاً مما يأتي:

أنزيمات القطع، الكائنات المعدلة وراثياً، الهجرة الكهربائية، بصمة DNA

السؤال الثالث: أعلل كلاً مما يأتي:

1) تتحرك قطع DNA باتجاه القطب الموجب أثناء الهجرة الكهربائية.

2) تعتبر أنزيمات القطع من أهم أدوات إنتاج DNA معدل وراثياً.

3) البلازميدات واحدة من أهم أدوات الهندسة الوراثية.

أسئلة الوحدة

السؤال الأول: أضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة فيما يأتي:

1) أي الغاميتات الآتية متوقع أن يعطيها الفرد ذو الطراز الجيني TtRRGgaa؟

أ- TtGg ب- TRga جـ- tRaa د- Trga

2) طفل فصيلة دمه O **لا يمكن** أن يكون ابناً لرجل فصيلة دمه؟

أ- AB ب- A جـ- B د- O

3) في خريطة الجينات الآتية، ما نسبة ارتباط الجينين f و h ؟



أ- 90% ب- 80% جـ- 20% د- 10%

4) عند تزاوج ذكر ذبابة فاكهة مع أنثى كلاهما رمادي اللون طبيعي الأجنحة غير متماثلي الجينات TtGg ، وعلى فرض عدم حدوث عملية عبور، ما نسبة أفراد الجيل الأول؟

أ- 1:3:3:9 ب- 1:3 جـ- 83%:17% د- 60%: 40%

5) أي من الطرز الجينية التالية يعطي التأثير نفسه للطراز الجيني للون الجلد aaBbCc ؟

أ- aabbCc ب- aaBBCc جـ- AAbbcc د- AAbbCC

6) على أي متلازمة يدل الطراز الكروموسومي XXY؟

أ- داون ب- تيرنر جـ- إدواردز د-كلينفلتر

7) إلى ماذا تشير النسبة 1: 2 : 1 في النسل الناتج ؟

أ- الجينات القاتلة ب- السيادة التامة جـ- السيادة غير التامة د- ارتباط الجينات

8) مم تنتج حالة التعدد الكروموسومي الرباعية (4n)؟

أ- عدم انقسام سيتوبلازم الزايغوت إلى خليتين في الطور النهائي للانقسام المنصف.

ب- عدم انقسام الزايغوت إلى خليتين في الطور النهائي للانقسام المتساوي.

جـ- عدم انفصال جميع الكروموسومات أثناء الانقسام المنصف.

د- عدم انفصال جميع الكروموسومات أثناء الانقسام المتساوي.

السؤال الثاني: كيف يتكون غاميت يحوي نسختين من الكروموسوم نفسه، وغاميت آخر لا يحوي أي نسخة من هذا الكروموسوم؟

السؤال الثالث: لدينا النسب الوراثية الآتية:

أ- 1:3 ب- 1:3:3:9 جـ- 1:1 د- 1:1:1:1 هـ- 1:3:1:3

أنسب كلاً من التزاوجات الآتية إلى النسبة الوراثية التي تمثلها:

أ- TtYy × TtYy ب- Tt × tt جـ- Tt × Tt د- TtYy × ttyy

السؤال الرابع: في نبات البازيلاء، يرمز للجين المسؤول عن الساق الطويلة (T) وللقصيرة (t)، والجين المسؤول عن لون الأزهار الأرجوانية (P) والبيضاء (p)، والجين المسؤول عن البذور الملساء (R) والمجعدة (r). أجري تلقيح بين نباتين أحدهما طويل أبيض أملس مع آخر طويل أرجواني مجعد، فكان النسل الناتج كما يأتي:

- 303 طويل أرجواني أملس - 299 طويل أبيض أملس
- 101 قصير أرجواني أملس - 102 قصير أبيض أملس

أكتب الطرز الجينية لكل من الآباء والأبناء والغاميتات.

السؤال الخامس: على فرض أن جينات لون البذرة وشكلها تقع على كروموسوم واحد. تم تلقيح نباتين نقيي السلالة، أحدهما ينتج بذرة خضراء مجعدة (rryy) و الآخر ينتج بذرة صفراء مستديرة (RRYY). وعند إجراء التلقيح التجريبي لأفراد الجيل الأول F1، كانت النتائج كما يأتي:

-خضراء، مجعدة 645. -خضراء، مستديرة 36. -صفراء، مجعدة 29. -صفراء، مستديرة 659.

- أفسر هذه النتائج على أسس وراثية.

السؤال السادس: وجد في الثعالب أن اجتماع الأليلين (DD) يكون قاتلاً، والتركيب الوراثي(Dd) يعطي لون الفراء البلاتيني، و (dd) يعطي لون الفراء الفضي، ما الطرز الشكلية الناتجة من إجراء تزاوج بين ثعلبين كلاهما بلاتيني اللون؟ أفسر النتائج.

السؤال السابع: أصمم مخططاً لانقسام خلية تناسلية ذكرية حدث فيها عدم انفصال لزوج الكروموسومات الجنسية (XY)، مبينا حالات الإخصاب المختلفة مع بويضة طبيعية (X).

السؤال الثامن: أي الرجلين هو الأب البيولوجي للطفل في الشكل الآتي:



السؤال التاسع: إذا علمت أن جين اللون البني (B) و جين اللون الأبيض (R)، وأن صفة لون الريش في الطيور مرتبطة بالجنس.حدث تزاوج بين طائر ذكر بني الريش وأنثى بيضاء الريش، وكانت الأفراد الناتجة تحمل الصفات والأعداد الآتية:(4) إناث بنية الريش، (4) ذكوركريمية الريش، أكتب الطرز الجينية لكل من الأبوين والأفراد الناتجة.

السؤال العاشر: أجري تزاوج بين ذبابة فاكهة رمادية اللون وطبيعية الأجنحة غير متماثلة الجينات، مع ذكر أسود اللون وضامر الجناح فظهر أفراد الجيل الأول بالنسب الآتية 1 سائد : 1 متنحي. أفسر على أسس وراثية، أستخدم الرموز الآتية: (B) لجين اللون الرمادي و (b) لجين اللون الأسود، (G) لجين الأجنحة الطبيعية و (g) للأجنحة الضامرة.

السؤال الحادي عشر: أصمم خريطة مفاهيمية لأنواع الاختلالات الوراثية.

السؤال الثاني عشر: أشرح آلية إنتاج هرمون النمو البشري باستخدام تقانة DNA معاد التركيب.

السؤال الثالث عشر: في الدجاج صفة الريش المخطط سائدة على الريش غير المخطط، وهذه الصفة مرتبطة بالجنس.حصل تزاوج بين ذكر ريشه مخطط وأنثى غير مخططة الريش فكانت الأفراد الناتجة كما يلي:

أ- نصف الذكور مخطط الريش، والنصف الآخر غير مخطط الريش.

ب- نصف الإناث مخططة الريش، والنصف الآخر غير مخططة .

أكتب الطرز الجينية والشكلية للآباء وأفراد الجيل الأول، مستخدماً الرمز (B) لجين الريش المخطط و(b) لغير المخطط.

السؤال الرابع عشر: صفة الأصابع القصيرة في الإنسان سائدة على صفة الأصابع الطويلة. تزوج رجل أصابعه قصيرة أحد والديه ذو أصابع طويلة من امرأة أصابعها طويلة. أكتب الطرز الجينية والشكلية للآباء والأبناء، وما احتمال إنجاب أطفال بأصابع قصيرة.

السؤال الخامس عشر: رجل سليم من مرض عمى الألوان وسليم من مرض نزف الدم الوراثي تزوج فتاة سليمة من كلا المرضين، أنجبا طفلين ذكرين، الأول سليم من عمى الألوان ومصاب بنزف الدم الوراثي، والثاني مصاب بعمى الألوان وسليم من مرض نزف الدم الوراثي، على فرض عدم حدوث عبور. باستخدام رموز الجينات المناسبة، أجيب عن الأسئلة الآتية:

1) أكتب الطرز الجينية والغاميتات للرجل وزوجته.
2) ما الطرز الجينية والشكلية للآباء والأبناء؟
3) ما نوع الوراثة؟

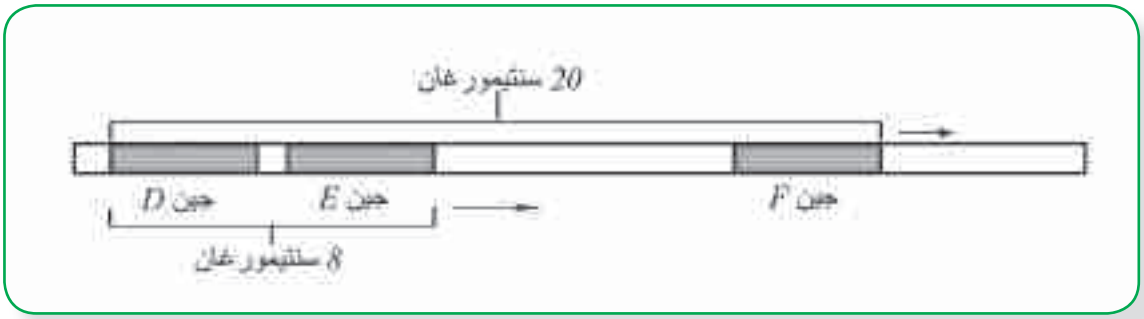
السؤال السادس عشر: .حصل تزاوج بين ذكرطائر أسود الريش قصير الأرجل مع أنثى بيضاء الريش قصيرة الأرجل، فكان أفراد النسل الناتج كما يأتي:

(15) أنثى سوداء الريش (15) ذكر رمادي الريش

(20) ذكور وإناث قصيرة الأرجل (10) ذكور وإناث طويلة الأرجل

1) أكتب الطرز الجينية والشكلية للآباء والنسل الناتج.
2) أذكر نوع الوراثة لكل من الصفتين.

السؤال السابع عشر: أدرس الخريطة الجينية المرفقة، ثم أجيب عن الأسئلة الآتية:

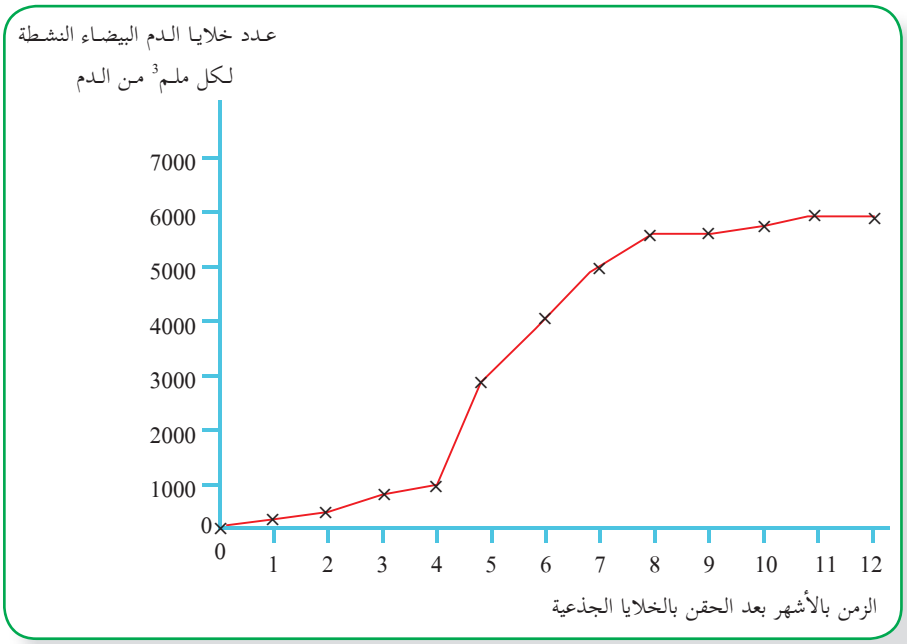


1) ما المسافة بين جين E وجين F ؟
2) أحسب نسبة الارتباط بين الجينات الآتية: أ- F و D ب- F و E.
3) أحدد على الرسم موقع الجين Z والذي يبعد 4 سنتيمورغان عن D ونسبة ارتباطه مع الجين E 88%.

السؤال الثامن عشر: الذكور المصابون بالأمراض الوراثية المرتبطة بالجنس والقاتلة، يتم التعبير عن هذه الصفة في الذكور قبل بلوغ سن النضوج الجنسي. ما مصدر هذه الجينات القاتلة؟ وكيف يتم توارثها؟

السؤال التاسع عشر: تم علاج طفل يعاني من مرض سكيد بحقنه بخلايا جذعية معدلة وراثياً، حيث يظهر المخطط المجاور عدد خلايا الدم البيضاء النشطة في دم الطفل خلال عام بعد العلاج مع العلم بأن عدد خلايا الدم البيضاء في دم الأطفال الطبيعيين يتراوح بين 5000 - 8000 خلية/ملم^3 من الدم.

هل نجح علاج الطفل؟ أفسر الإجابة.



السؤال العشرون: ولدت حنان بستة أصابع على كل قدم ، تسمى هذه الحالة تعدد الأصابع Polydactyly وهي تورَّث بصورة سائدة، وكان اثنين من أخوة حنان الخمسة لديهم ستة أصابع ولدى والدتها أيضاً ستة أصابع، أما والدها فيمتلك العدد الطبيعي من الأصابع. فسِّر على أسس وراثية مستخدماً الرموز D و d.

السؤال الواحد والعشرون: أقيم ذاتي:

أقرأ كلاً من العبارات الآتية ثم أضع الإشارة (✓) في المكان المناسب:

الرقم	العبارة	دائماً	أحياناً	نادراً
1	أستخدم قانوني مندل في حل المسائل الوراثية.			
2	أميِّز بين آلية توارث الصفات المندلية وغير المندلية.			
3	أربط بين علم الوراثة والرياضيات.			
4	أتعرف إلى التطبيقات العملية في علم الوراثة.			
5	أتعرف إلى الأمراض الوراثية الأكثر شيوعاً في فلسطين.			
6	أصمم نموذج DNA يشبه نموذج واطسون وكريك باستخدام خامات البيئة.			

الوحدة الثالثة 3

أجهـزة جسـم الإنسـان

Human Body Systems



سياحة المسارات البيئية نهج جديد لإحياء التراث الثقافي والحضاري الفلسطيني، وليتمكن عشاق الطبيعة الفلسطينية من تحمل مشاق المسار والحفاظ على الاتزان الداخلي أثناء السير، تتآزر كل أجهزة الجسم لتحقيق هذا الهدف.

يتوقع من الطلبة بعد دراسة هذه الوحدة والتفاعل مع أنشطتها أن يكونوا قادرين على التعرف إلى أجزاء ووظائف مجموعة من الأجهزة التي تساهم في الحفاظ على ثبات البيئة الداخلية للجسم مثل الجهاز الهيكلي والجهاز الدوراني والجهاز المناعي من خلال تحقيق الآتي:

1. التعرف إلى تركيب الجهاز الهيكلي والدوراني والمناعي ووظائف مكوناتها.
2. توضيح بعض العمليات الحيوية التي تتم في أجسامنا كآلية التئام كسور العظم ونبض القلب والدفاع عن الجسم.
3. وصف بعض المشكلات الصحية ذات العلاقة بهذه الأجهزة وطرق علاجها.
4. رسم بعض أجزاء أجهزة جسم الإنسان كالقلب، والجسم المضاد.
5. إعداد مشروع تحضير الهيكل العظمي للأرنب.

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؟ وكيف تلتئم كسور العظام؟ وما أنواع المفاصل؟ هذه الأسئلة، وأخرى غيرها سأتمكن من الإجابة عليها بعد دراسة هذا الفصل، وسأكون قادراً على:

1. التعرف إلى وظائف الجهاز الهيكلي.
2. التمييز بين عظام الهيكل المحوري والهيكل الطرفي.
3. التمييز بين أشكال العظم.
4. وصف تركيب نسيج العظم والغضروف.
5. توضيح آلية التئام كسر في العظم.
6. التمييز بين أنواع المفاصل من حيث التركيب والوظيفة.
7. التعرف إلى بعض المشكلات الصحية المتعلقة بالجهاز الهيكلي، والتقنيات الخاصة بحلها.



1.1 وظائف الجهاز الهيكلي Functions of the Skeletal System

يتكون الهيكل العظمي في الإنسان من عظام ترتبط بعضها ببعض وغضاريف وأربطة وأنسجة ضامة أخرى تثبتها، وهذه العظام تمد الجسم كله بهيكل دعامي صلب. كما أن الهيكل العظمي، وبالتآزر مع أجهزة الجسم الأخرى، يُمَكِّن الجسم من الحركة، والانتقال، والقيام بالحركات الرياضية.

سؤال: ما العلاقة بين الهيكل العظمي للإنسان وهيكل المنزل المكون من جسور وأعمدة.

يقوم الجهاز الهيكلي في جسم الإنسان بعدة وظائف مهمة، منها:

أ- الدعامة: يعطي الجهاز الهيكلي الشكل العام للجسم، يعطي كلاً من الساقين والحوض والعمود الفقري الدعم للجسم، وتدعم عظام الفك الأسنان، وتدعم جميع العظام العضلات.

ب- خزن الأملاح والدهون: تشكل العظام مخزناً رئيساً لعنصري الكالسيوم والفسفور في الجسم. كما تُخزَّن الدهون في نخاع العظم الأصفر لتشكل مصدراً للطاقة في الجسم.

جـ- إنتاج خلايا الدم: يتم إنتاج جميع أنواع خلايا الدم في نخاع العظم الأحمر لبعض العظام.

د- الحماية: تعمل العظام على حماية أجهزة الجسم وأعضائه، فالأضلاع تسهم في تكوين القفص الصدري الذي يحمي القلب والرئتين، ويحمي العمود الفقري الحبل الشوكي، ماذا تحمي كل من عظام الجمجمة وعظام الحوض من أعضاء في جسم الإنسان؟

هـ- الحركة: تساعد العظام التي تتصل بها العضلات على حركة الجسم، فمثلاً عندما تنقبض العضلات تتحرك عظام الذراع أو الساق؛ ما يسبب حركتيهما، كما تساعد العضلات المرتبطة مع الأضلاع على حدوث الحركات التنفسية (الشهيق والزفير) بصورة طبيعية.

سؤال: ماذا يمكن أن يحدث لأجسامنا لو جردت من الهيكل العظمي؟

نشاط (1): أجمع عظاماً أو صوراً لهياكل عظمية

أجمع عظاماً أو صوراً لهياكل عظمية لعدد من الكائنات الحية، وأتعرف على الكائن الحي من خلال عظامه. أنظر الشكل (1).



الشكل (1): هيكل عظمي لضفدع

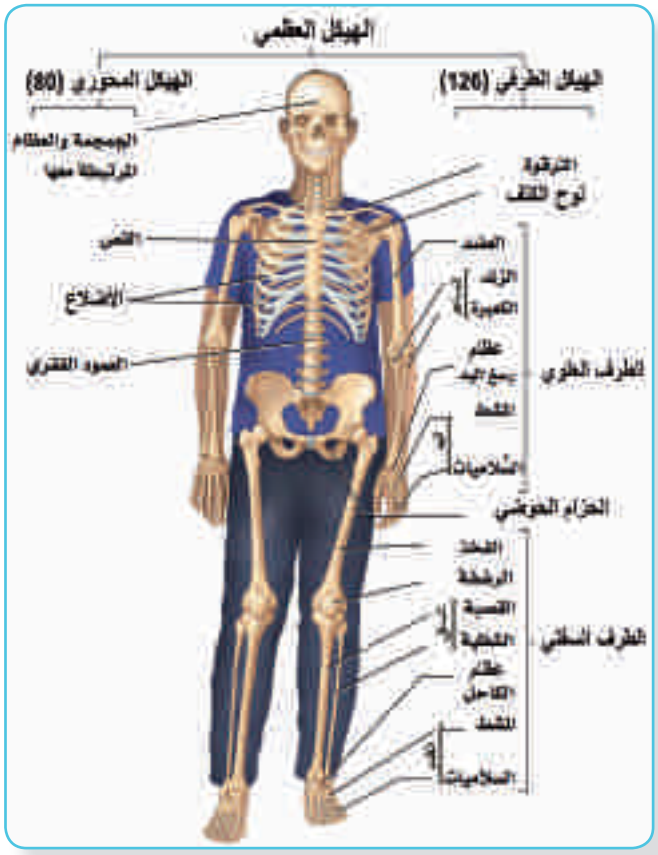
2.1 أقسام الجهاز الهيكلي Skeletal System's Parts

أتأمل الشكل (2) 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 (2).

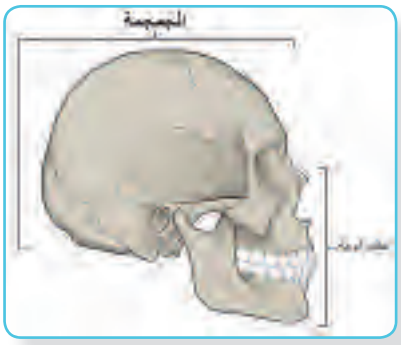


الشكل (2): الهيكل العظمي في الإنسان

بالرجوع للشكل (2) نلاحظ أن الهيكل العظمي للإنسان يتكون من قسمين رئيسيين، هما:

أولاً: الهيكل المحوري Axial Skeleton

يتكون الهيكل المحوري من الأجزاء الآتية:

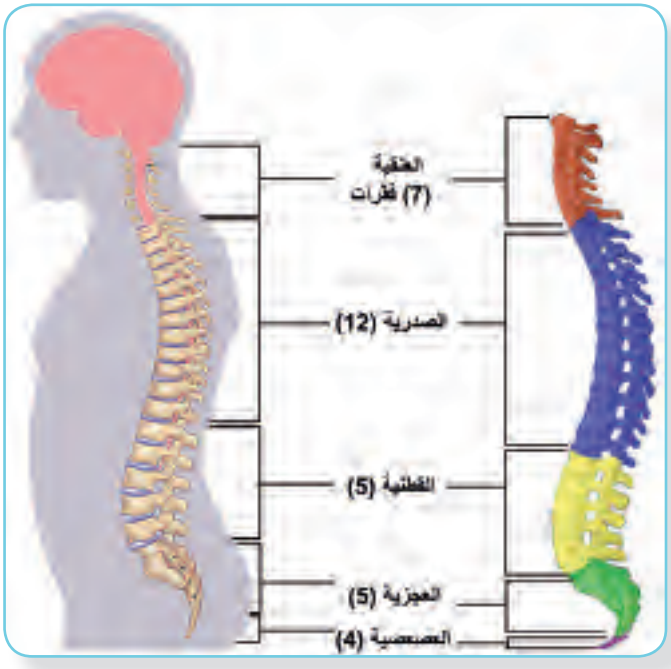


الشكل (3): الجمجمة

(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؟

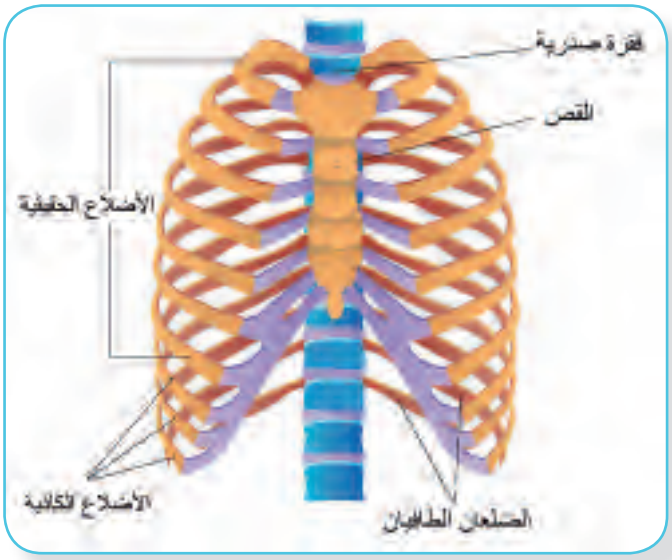
(2-) **العمود الفقري Vertebral Column:** يوفر دعامة للجسم ويحمل معظم ثقله، ويشكل قناة فقرية يمر فيها الحبل الشوكي. ويتكون من مجموعة من العظام غير منتظمة الشكل مرتبة الواحدة فوق الأخرى تسمى **الفقرات**. ويمتاز العمود الفقري باتصال فقراته بعضها البعض بوساطة أربطة، يفصلها أقراص ليفية غضروفية تعطيه المرونة أثناء الحركة، وتعمل على تحمل الضغط الواقع عليه. أستعين بالشكل (4) وأبيّن عدد الفقرات وأنواعها وموقعها في العمود الفقري، وأي الفقرات متحركة وأيها ملتحمة.



الشكل (4): 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 (5).



الشكل (5): القفص الصدري



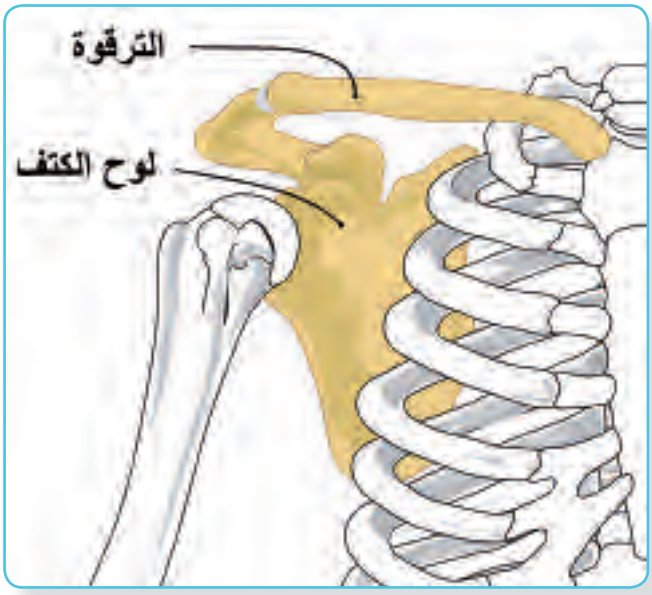
ثانياً: الهيكل الطرفي Appendicular Skeleton

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؟

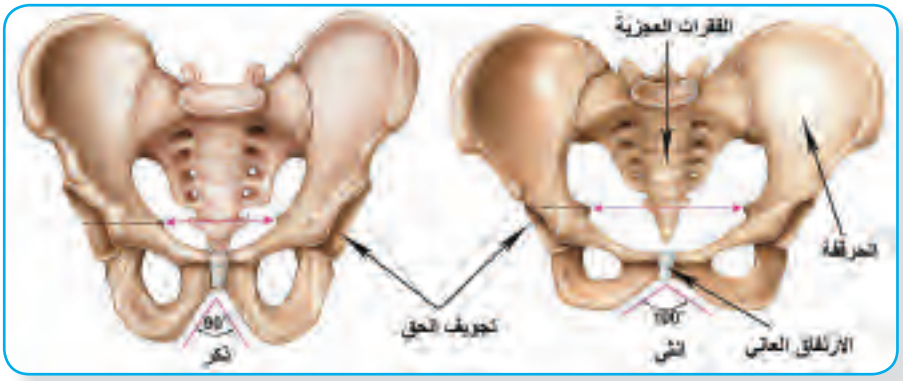
ب- عظمتا لوح الكتف: يشكل كل منهما عظماً خلفياً مثلث الشكل ومسطحاً، ويحوي تجويفاً خاصاً بطرف عظم اللوح لاستقبال عظم العضد.



الشكل (6): 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 (7). يوجد عند كل جانب من جانبي الحوض تجويف يسمى تجويف الحق، ما العظم الذي يتمفصل مع تجويف الحق؟

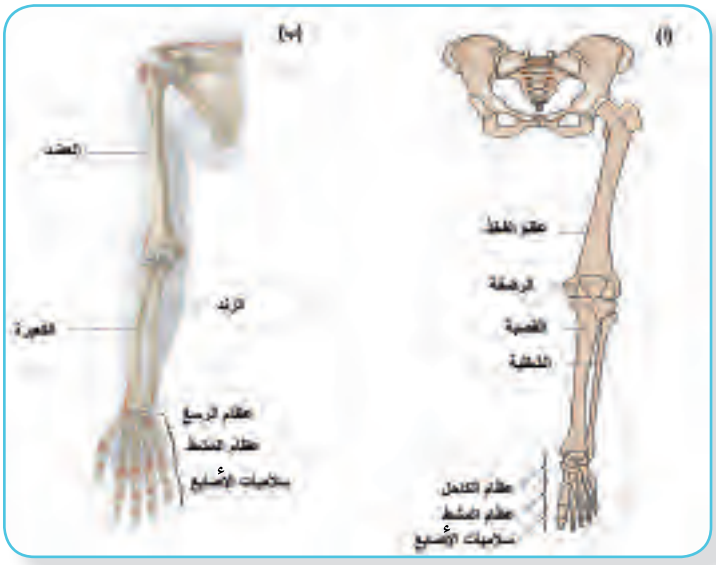


الشكل (7): الحزام الحوضي

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

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

أنظر الشكل (8) وأحدد مكونات كل طرف علوي وسفلي.



الشكل (8): الطرفان السفلي (أ) والعلوي (ب)

سؤال: مستعينا بالشكل (8) 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

نشاط (2): كيف يشبه جناح الدجاجة الطرف العلوي في الإنسان؟

يتكون الهيكل العظمي للفقاريات من العظام والغضاريف والمفاصل، وللتعرف على كيفية ارتباط العظام بعضها مع بعض من جهة، وارتباطها بالعضلات من جهة أخرى، أنفذ النشاط الآتي:



المواد والأدوات:

طبق تشريح، أدوات تشريح، قفازات، أجنحة دجاج

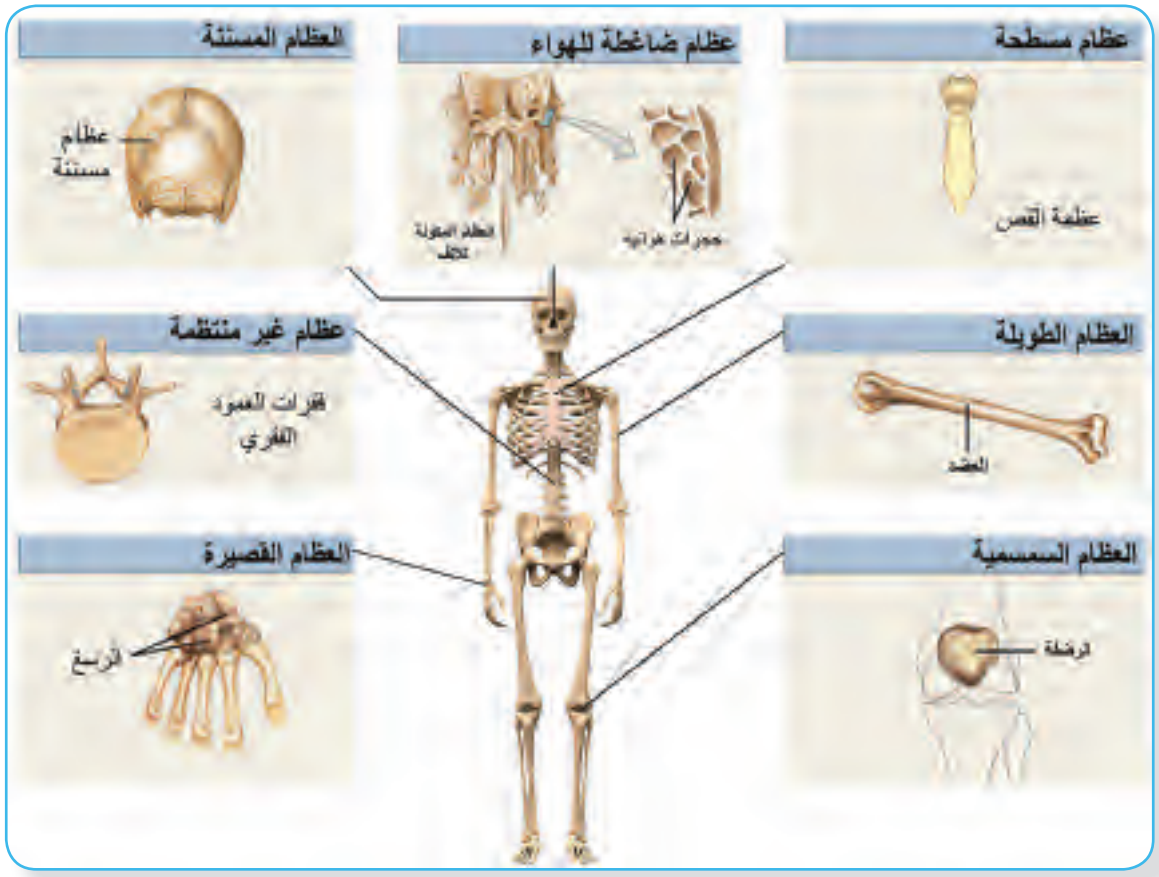


خطوات العمل:

1. أحضر جناح دجاج نظيفاً ومحفوظاً في كيس بلاستيكي، ألاحظ الجلد الذي يغطي الجناح.
2. أحرك الجناح داخل الكيس، وأحدد كيف يتحرك، ومكان العظام والعضلات.
3. ألبس القفازات وأضع جناح الدجاجة فوق لوح التشريح.
4. أستخدم أدوات التشريح في فصل العضلات عن العظام برفق مع بقاء نهاية الأطراف متماسكة، ما الذي يربط بين العضلة والعظم؟ وما الذي يُبقي العظام متماسكة معا؟
5. أقارن بين جناح دجاج والطرف العلوي للإنسان.

3.1 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 (9)، وأحدد أشكال العظم، وأمثلة عليها.



الشكل (9): أشكال العظم

4.1 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،

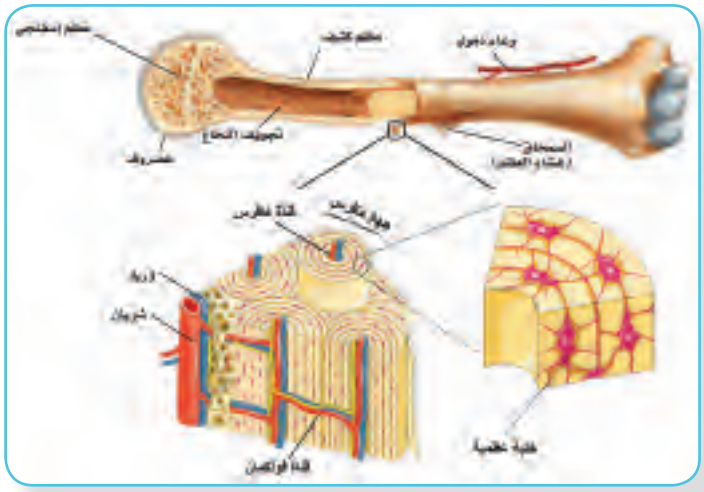
مثل أملاح فوسفات الكالسيوم $Ca_3(PO_4)_2$، وكربونات الكالسيوم $CaCO_3$، وأملاح أخرى، أما ألياف بروتين الكولاجين والبروتينات الأخرى فتشكل تقريباً ثلث كتلة العظم، وتعطيه المرونة.

(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، والوحدة البنائية فيه تسمى جهاز هافرس Haversian System، الذي يتكون من خلايا عظمية Osteocytes يتواجد كل منها داخل ثغرة Lacuna في المادة بين الخلوية. تتصل الخلايا العظمية بعضها ببعض بزوائد بروتوبلازمية ، وتمتد من خلال شقوق أو قنوات صغيرة في المادة العظمية تسمى القنيات Canaliculi، حيث تكون الخلايا مرتبة في صفوف أسطوانية (4-5 صفوف) مشتركة المركز، ويوجد في مركزها قناة تسمى قناة هافرس، تحتوي أعصاباً وأوعية دموية تزود الخلايا العظمية بالأكسجين والغذاء. هنالك أيضاً قنوات عرضية تسمى قنوات فولكمان Volkmann's Canals ترتبط فيما بينها، وترتبط مع قنوات هافرس. أنظر الشكل (10).

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.



الشكل (10): تركيب العظم

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

نشاط (3):نسبة الماء والأملاح في العظام

تشكل العظام أقل من 20% من وزن الجسم وهي أنسجة حية، وللتعرف على نسبة وأهمية الماء والأملاح فيها، أقوم بتنفيذ النشاط الآتي:



المواد والأدوات:

ماء، حمض الهيدروكلوريك المخفف (300 مل)، كؤوس زجاجية، شبكة تسخين، عظم دجاج، لاصق، نايلون، قفازات، ملقط، ميزان حساس، فرن للتجفيف، قطعة قماش مقاومة للحرارة.

ملاحظة: يجب توخي الحذر عند استخدام حمض الهيدروكلوريك ومراعاة عدم ملامسته الجلد أو العينين.



طريقة العمل:

الجزء الأول: نسبة الماء في العظام

1. أتفحص عظمة الدجاج وأختبر مرونتها من خلال محاولة ثنيها.
2. أضع العظمة على الميزان وأجد كتلتها.
3. أضع العظمة في فرن التجفيف عند 100 C ° ولمدة 30 دقيقة.
4. باستخدام الملقط، أخرج العظمة من الفرن وأضعها على قطعة قماش مقاومة للحرارة كي تبرد لمدة 15 دقيقة.
5. أضع العظمة على الميزان وأسجل كتلتها.
6. باستخدام المعادلة (الكتلة قبل التسخين – الكتلة بعد التسخين) /الكتلة قبل التسخين × 100% لحساب النسبة المئوية التي فقدت من كتلة العظم.



الأسئلة:

1. ما النسبة المئوية للماء في العظم؟
2. كيف أثر فقد الماء في العظم؟



الجزء الثاني: نسبة الأملاح في العظام

1. أستخدم العظمة التي استخدمتها في الجزء الأول.
2. أضع العظمة في كأس زجاجي به 300 مل من حمض الهيدروكلوريك المخفف.
3. أغطي الكأس بالنايلون اللاصق، وأتركه مدة (5-7) أيام.
4. أستخدم الملقط لإخراج العظمة من الكأس الزجاجي وأغسلها بمياه الصنبور لمدة دقيقتين، ألاحظ ملمس العظمة، أحاول ثني العظم، أفسر مشاهدتي.
5. أضع العظمة في فرن التجفيف عند 100°C ولمدة 30 دقيقة، لماذا؟
6. باستخدام الملقط، أخرج العظمة من الفرن وأضعها على قطعة قماش مقاومة للحرارة لمدة 10 دقائق كي تبرد.
7. أضع العظمة على الميزان وأسجل كتلتها.
8. أستخدم معادلة مناسبة لحساب النسبة المئوية للأملاح التي فقدت من كتلة العظم.

الأسئلة:

1. ما النسبة المئوية للأملاح المعدنية في العظم؟
2. كيف أثر فقد الأملاح المعدنية في العظم؟
3. كيف أثر حمض الهيدروكلوريك في العظام؟
4. كيف يُؤَثر فقد الكالسيوم في عظام شخص ما؟

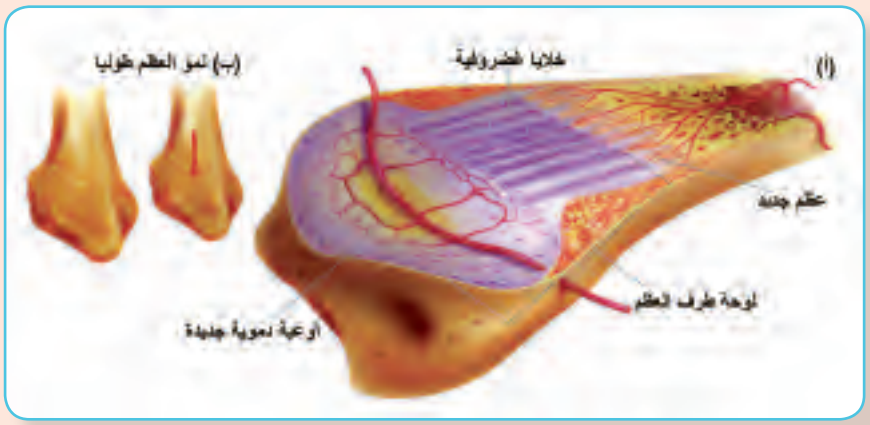
5.1 تكوين العظام ونموها

* يتكون الهيكل العظمي للجنين من الغضاريف وأثناء نمو الجنين تنمو خلايا في الغضاريف تسمى الخلايا العظمية البانية Osteoblasts التي ترسب أملاحاً تستقر في الفراغات الموجودة بين الخلايا الغضروفية

لتكون العظام، وتسمى هذه العملية التعظم Ossification وتبقى الغضاريف متصلة في بعض المناطق في الجسم. أبحث عن أماكن تواجدها؟

وتحدث عملية النمو من صفيحة غضروفية في مناطق أطراف العظم الطويل ، وتسمى لوحة طرف العظم Epiphyseal Plate، إذ يتم تكوين غضروف إضافي، يتحول إلى عظم مما يؤدي إلى استطالة العظمة.

ويتواصل النمو إلى أن يحل العظم محل الغضروف كله حينها لا تعود العظام تنمو طولياً، ويكون الشخص عادة قد بلغ غاية قامته. ألاحظ الشكل(11).



الشكل (11): نمو العظم

6.1 الغضاريفCartilage

الغضروف نسيج دعامي مرن يتحمل الضغط والاحتكاك المستمرين، يتكون من خلايا غضروفية Chondrocytes وتُنتج بشكل رئيس مادة الغضروفين Chondrin وبروتين الكولاجين، وتخلو الأنسجة الغضروفية من الأوعية الدموية.

سؤال: كيف يتم انتقال المواد الغذائية والأكسجين إلى الخلايا والتخلص من الفضلات في الغضروف؟

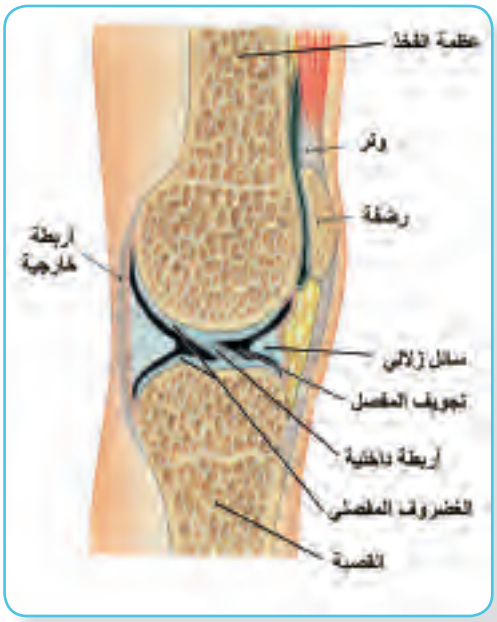
7.1 المفاصل Joints

تتصل عظام الجسم بعضها مع بعض بواسطة مفاصل تقوم بوظيفتين رئيسيتين هما: الربط بين العظام والسماح للهيكل العظمي بالحركة بمرونة. ويُعرَّف المفصل على أنه جزء من الهيكل العظمي يربط بين عظمتين أو أكثر، وقد يكون متحركاً أو ثابتاً.

* للإطلاع

تركيب المفصل

غالباً ما تتعرض المفاصل كمفصل الركبة لمقدار كبير من الضغط والإجهاد، إلا أن تركيبها يتلاءم مع ذلك. لأتعرف على تركيب المفصل أدرس الشكل (12) وأجيب عن الأسئلة التي تليه:



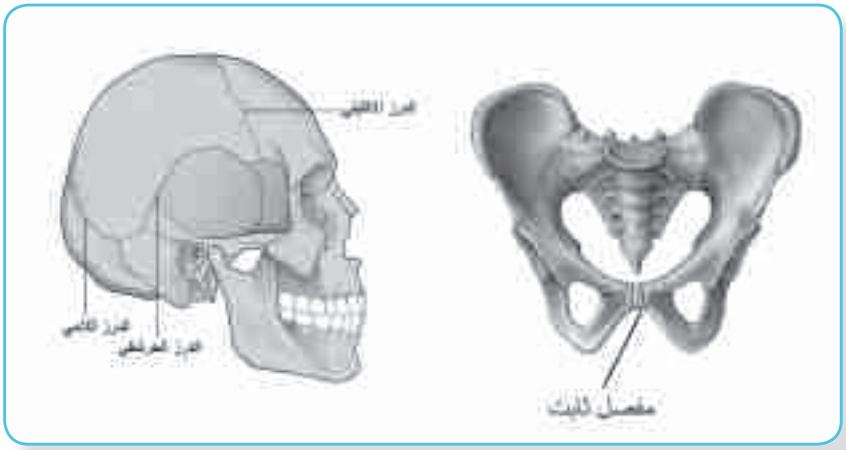
الشكل (12): مفصل الركبة

1. ماذا يغطي نهايات العظم في منطقة المفصل؟ وما أهميتها؟
2. ما أهمية السائل الزلالي الموجود في المفصل؟
3. ما الذي يحدد حركة المفصل، ويمنع عظامه من الابتعاد بعضها عن بعض؟
4. ما الفرق بين الأربطة والأوتار من حيث الوظيفة؟

أنواع المفاصل

تصنف المفاصل تبعاً لمدى حركتها وتركيبها إلى الأنواع الآتية:

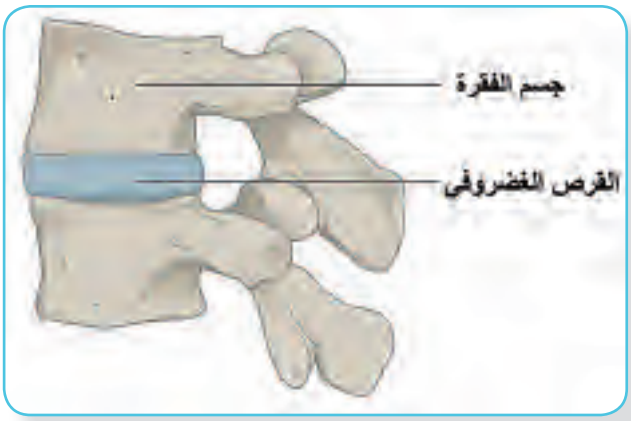
1- **المفاصل الثابتة Synarthrosis:** قد تكون ليفية أو غضروفية أو عظمية تلتحم فيها العظمتان معاً، فالدرزات المسننة Sutures في الجمجمة توفر ترابطا محكماً للعظام بوساطة نسيج ليفي متشابك، تسمح للجمجمة بالتمدد لتستوعب نمو دماغ الطفل، وعندما يكتمل نمو الدماغ تلتحم عظام الجمجمة وتختفي هذه المفاصل، ومن الأمثلة الأخرى على المفاصل الثابتة، المفصل الغضروفي مكان التقاء عظمتي الحوض في الارتفاق العاني. أنظر الشكل (13).



الشكل (13): المفاصل الثابتة

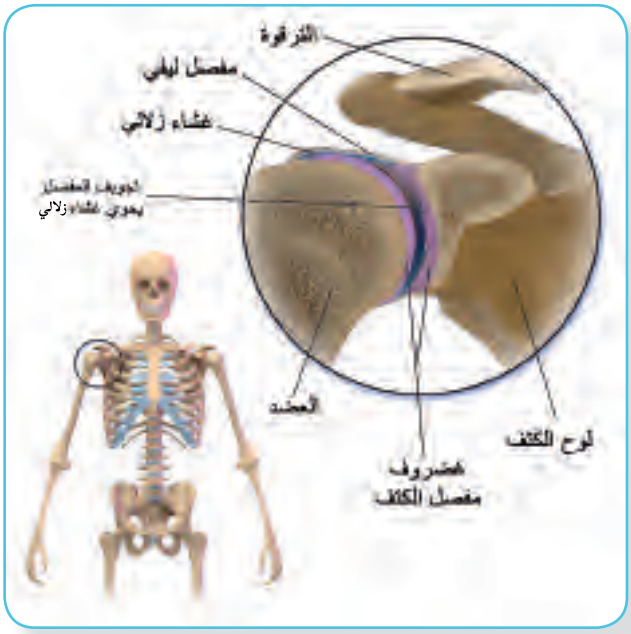
2- المفاصل المتحركة، وتصنف إلى ما يأتي:

أ- مفاصل محـدودة الحركة Amphiarthrosis منها مـا تكون حركته باتجـاه واحد تجمع ما بين القوة والحركة، مثل فقرات العمـود الفقري المتحركة، أنظرالشكل (14).



الشكل (14): مفصل محدود الحركة

ب- المفاصـل حـرة الحركـة Diarthrosis: عبارة عن مفاصـل تحتـوي علـى سـائل زلالي وتمتـاز هذه المفاصـل بأن لها مدى واسـعاً للحركة، وذلك من أجـل تحريـك الأطراف. ومـن الأمثلـة على هذه المفاصل مفصـل الكتف. ألاحظ الشـكل (15).



الشكل (15): مفصل حر الحركة

سؤال: ماذا يحدث لجسمك لو كانت كل مفاصله من النوع الثابت؟ وماذا يحدث لو كانت كلها من النوع حر الحركة؟

8.1 المشكلات الصحية التي تصيب الجهاز الهيكلي

يتعرض الجهاز الهيكلي لمشكلات صحية عديدة، منها:

1- كسور العظام

الكسور من الإصابات الشائعة التي تصيب العظام وتحدث نتيجة تعرض العظام لقوة عالية، أو لصدمات مفاجئة، حيث يلتهب مكان الإصابة وينتفخ. عندما ينكسر العظم تنقطع الأوعية الدموية ويحدث نزيف، ويتخثر الدم حول الكسر مكونا خثرة، وهذه قد تضغط على الأنسجة المحيطة مسببة الألم. تبدأ خلايا العظم

البانية بتكوين كالس العظم، وهو عظم إسفنجي يحيط بمكان الكسر. وتتخلص خلايا العظم Osteoclast الهادمة من العظم الإسفنجي ليحل محله العظم الكثيف الذي تكونه خلايا العظم البانية. أنظر الشكل (16).

تحتاج العظام إلى فترات زمنية متفاوتة لكي تتجدد وتلتئم، ويعتمد هذا الأمر على عمر الإنسان، ومكان الكسر، ودرجة خطورته. وتستخدم الجبائر في كثير من حالات الكسر لإعادة العظام إلى مواقعها الطبيعية وتثبيتها، إذ يتم ذلك بصب قالب من الجبس أو اللدائن حولها، وفي حالة تفتت العظم يتم وضع قضيب معدني داخل قناة النخاع المركزية لتثبيت العظم المعاد إلى موضعه حتى يلتئم، ويتم إبقاؤه في موضعه أو إزالته لاحقاً.



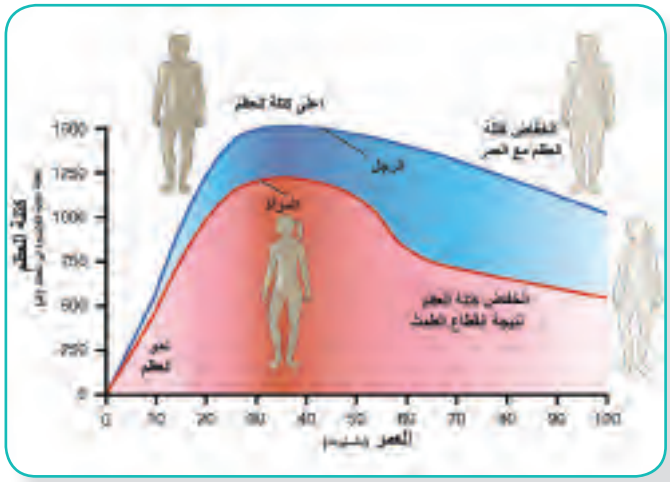
الشكل (16): خطوات التئام العظم المكسور

(2-) **هشاشة العظام:** أحد الأمراض الشائعة في فلسطين، حيث تفقد العظام صلابتها، وتصبح هشة نتيجة لفقدان الأنسجة أو نتيجة للتغيرات الهرمونية، أو نقص الكالسيوم أو فيتامين (د)، وهذا يؤدي إلى نقص في كتلة المادة العظمية وتغير في بنية العظام. وفي كثير من الحالات يتصاحب ذلك مع التقدم في العمر، حيث تفقد العظام صلابتها وتكون عرضة للكسر. وللوقاية من حالات هشاشة العظام ينصح الأطباء بتناول غذاء صحي يحتوي على الكالسيوم وفيتامين (د)، وممارسة الرياضة.

سؤال: أدرس الشكل (17) ثم أجيب عن الأسئلة التي تليه:

1 ما العلاقة التي يوضحها الشكل المرفق؟

2 أقارن بين النساء والرجال في فقدانهم لكتلة العظم مع التقدم في العمر؟



الشكل (17): مقارنة لكتلة العظم بين الجنسين مع تقدم العمر

3 أبين أسباب فقدان النساء لكتلة العظم بنسبة كبيرة في سن الأمان.

4 أكون فرضية: ماذا يمكن أن يحدث لعظام امرأة لم تتناول المزيد من الكالسيوم أثناء فترة الحمل؟

5 أقدم قائمة بمصادر غذائية طبيعية لفيتامين د.

6 أصيب (سمير) بمرض هشاشة العظام، ما الغدة الصماء التي يرجح أن تكون أصيبت بخلل أدى لهذ المرض؟

7 أعلل: ينصح التعرض لأشعة الشمس.

3- التهاب المفاصل: وهو نوعان

أ- التهاب المفاصل العظمي Osteoarthritis: وهو مرض يتآكل فيه الغضروف المفصلي الزلالي، ويصبح أرق وأكثر خشونة، ما يسبب احتكاك العظام بعضها مع بعض، وإصابتها بالتلف.

ب- التهاب المفاصل الروماتزمي Rheumatoid Arthritis: يبدأ المرض عندما يهاجم جهاز المناعة أنسجة الجسم؛ ما يؤدي إلى التهاب المفاصل وتصلبها وتشوهها.

تستخدم بعض العقاقير لتخفيف الالتهاب وتسكين الألم وفي بعض الحالات يلجأ الأطباء إلى الجراحة وإعادة تركيب المفصل، باستبدال رأس المفصل المتآكل بكرة من الفولاذ.



قضية للبحث: أبحث في ملائمة البيئة المدرسية واتجاهات الأفراد نحو الأشخاص ذوي الإعاقة الحركية وأكتب مقترح لتطوير ذلك.



مشروع: الحصول على الهيكل العظمي لكائن حي (الأرنب)

المواد والأدوات

أرنب وزنه 2 كغم، قفازات مطاطية، أدوات تشريح، كلوروفورم، كربونات الصوديوم، محلول فوق أكسيد الهيدروجين، أسلاك معدنية مقاومة للتآكل، صمغ قوي، ناقوس زجاجي، دورق سعة 2 لتر، براغٍ، صندوق شفاف.

طريقة العمل

1. أحضر أرنباً في حالة صيام لمدة 24 ساعة، ثم أخدره من خلال وضع قطعة قطن مبللة بالكلوروفورم داخل ناقوس زجاجي، أو وضع قطعة مبللة بالكلوروفورم على مقدمة رأسه ووضعه في دورق زجاجي.
2. أقوم بإزالة الجلد والعضلات والأحشاء والدهون عن العظام ما أمكن باستخدام أدوات التشريح.
3. أغلي عظام الأرنب في 3% من محلول ماء الصودا (كربونات الصوديوم (Na_2CO_3) لمدة ساعة لإزالة العضلات ثم أتركه ساعتين ليبرد، بعد ذلك أقوم بإزالة العضلات عن العظام باستخدام الشفرات وأسحب الأضلاع من العظام الخلفية بلطف، ثم أنقع العظام في محلول الصودا مرة أخرى لليوم التالي.
4. أرتب الفقرات والأضلاع على ورقة بالترتيب الصحيح بواسطة دبابيس.
5. أقوم بغمرالعظام في محلول مطهر Bleaching Water كمحلول الكلور بتركيز 10% أو (محلول فوق أكسيد الهيدروجين (H_2O_2) لمدة ساعتين وتجفف بأشعة الشمس لمدة 10 ساعات.
6. باستخدام (الأسلاك، أو البراغي، أو اللاصق القوي) أثبت عظام الأرنب للحصول على هيكل عظمي كامل.
7. أحفظ الهيكل في صندوق مغلق شفاف لحمايته من الغبار.

ملاحظة: أضيف تأملاتي حول المشروع في ملف الإنجاز.

أسئلة الفصل

السؤال الاول: أضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة لكل مما يأتي:

1) أي من وظائف الهيكل العظمي مهمة عند تعرض شخص ما لحادث سير؟

أ- تخزين الأملاح ب- تسهيل الحركة جـ- حماية الأعضاء الداخلية د- خزن الدهون

2) ما تصنيف العظام التي تحيط بالحبل الشوكي؟

أ- غير المنتظمة ب- السمسمية جـ- المسطحة د- القصيرة

3) بماذا يتصف التهاب المفاصل العظمي؟

أ- تمدد الأربطة ب- المناعة ضد الذات جـ- تحطيم العظم د- ترقق الغضروف

4) أي من المفاصل الآتية محدودة الحركة؟

أ- الكتف ب- فقرات العمود الفقري جـ- الدرزات المسننة في الجمجمة د- الارتفاق العاني

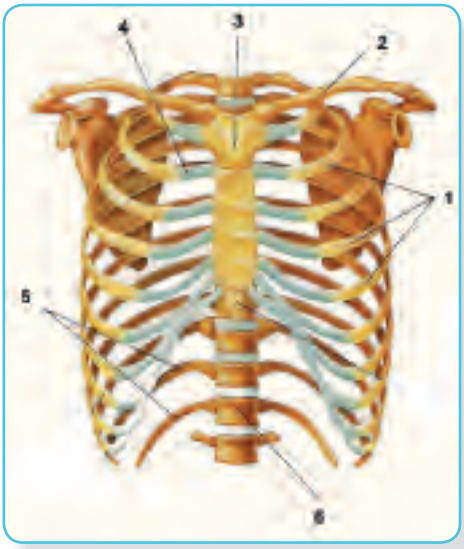
السؤال الثاني: أعلل المرونة العالية للعمود الفقري أثناء حركته.

السؤال الثالث: إذا كنت أخصائي تغذية، ما الطعام الذي تصفه لفتاة شابة لديها تاريخ عائلي لمرض هشاشة العظام؟ ولماذا؟

السؤال الرابع: أصِف كيف يختلف العظم الكثيف عن العظم الإسفنجي في التركيب والموقع.

السؤال الخامس: من خلال دراستي للشكل المجاور

أجيب عن الأسئلة التي تليه:



أ- أكتب الأجزاء 1-6.

ب- مم يتكون القفص الصدري؟

جـ- كم عدد الأضلاع الكاذبة؟

د- ما شكل عظمة القص؟



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؟ وما مشكلاته الصحية؟ هذه الأسئلة، وأخرى غيرها، سأتمكن من الإجابة عنها بعد دراستي هذا الفصل، وسأكون قادراً على:

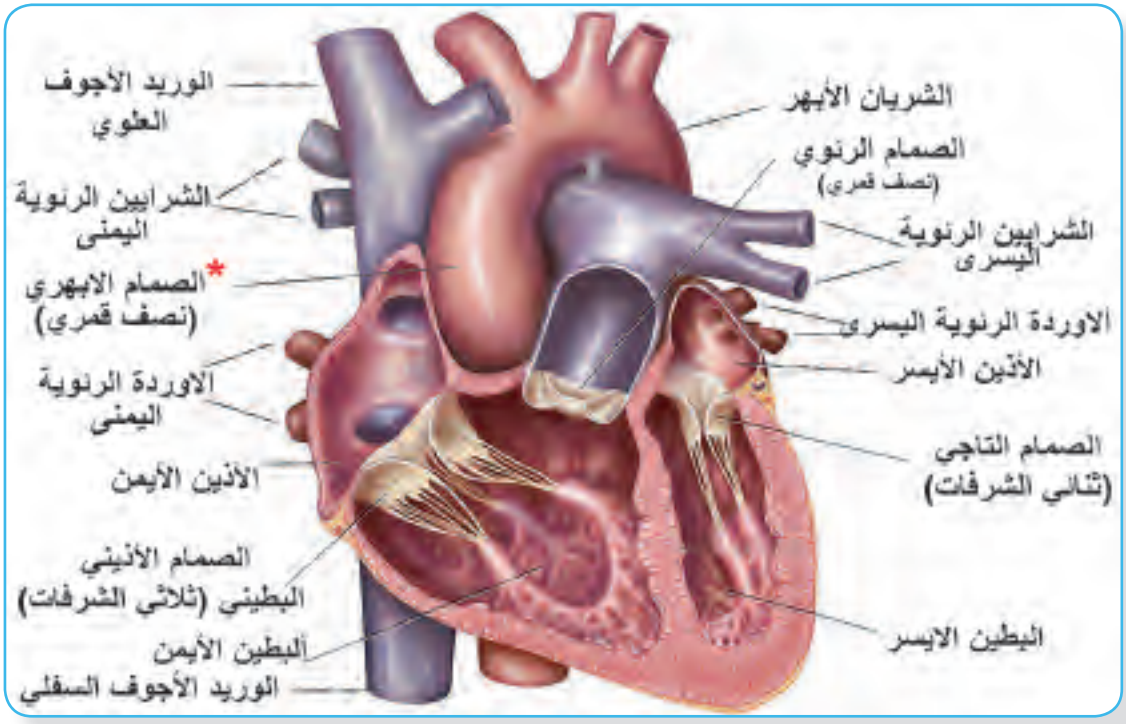
1. وصف تركيب جهاز الدوران.
2. تحديد الوظائف الرئيسة لجهاز الدوران.
3. توضيح آلية تنظيم عمل القلب.
4. المقارنة بين مكونات الدم الرئيسة.
5. تتبع آلية تخثر الدم والتئام الجروح.
6. التعرف على بعض الأمراض التي تصيب جهاز الدوران وطرق علاجها.



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.

نشاط (1): تشريح القلب

للتعرف إلى الحجرات المكونة للقلب ومواقع الصمامات والأوعية الدموية الرئيسة المتصلة بكل حجرة، أقوم بتنفيذ النشاط الآتي:

المواد والأدوات: قلب خروف، أدوات تشريح، طبق تشريح، عدسة مكبرة.



خطوات العمل:

1. أتفحص القلب من الخارج، ما شكله؟
2. أحدد الجانب الأيمن للقلب من خلال تحديد الوريدين الأجوفين العلوي والسفلي، وأحدد الجانب الأيسر من خلال الأوردة الرئوية.
3. باستخدام أدوات التشريح أقطع أسفل الجدار الخارجي للأذين الأيمن والبطين الأيمن، ثم أباعد القطع وألاحظ الصمام الثلاثي الشرفات بينهما، وكذلك الشريان الرئوي الذي يخرج من البطين الأيمن، ثم أقطع إلى أسفل على طول هذا الشريان، وأتفحص الصمام الموجود في الشريان، أستخدم العدسة المكبرة للتوضيح.
4. أقطع طولياً الجدار الخارجي للأذين الأيسر والبطين الأيسر، ثم ألاحظ الصمام الثنائي الشرفات والشريان الأبهر.



الأسئلة:

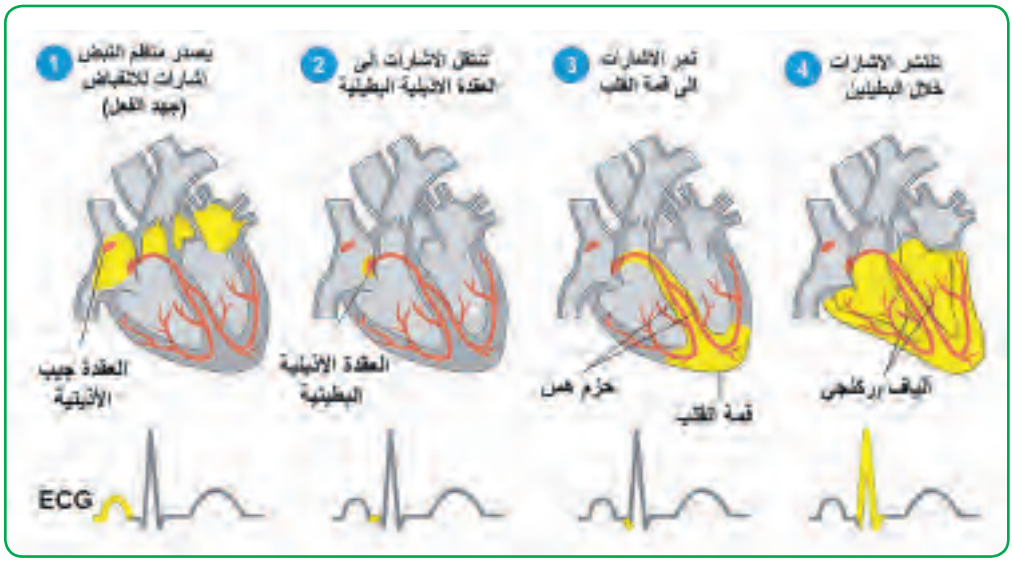
1. لماذا يكون جدار البطين الأيسر أكثر سمكاً من البطين الأيمن، ما أهمية ذلك؟
2. أقارن بين الصمام ثنائي الشرفات والصمام ثلاثي الشرفات والصمام النصف قمري من حيث الموقع والوظيفة؟
3. ما نوع الدم المنقول عبر كل من الشريان الرئوي والأوردة الرئوية الأربعة؟
4. أصمم مخططاً لمسار الدم في القلب والجسم.



آلية نبض القلب (الآلية الذاتية)

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

التخطيط الكهربائي للقلب Electrocardiogram (ECG)



الشكل (3): التخطيط الكهربائي

عند مرور جهد الفعل، ينتشر في ألياف عضلة القلب إشارات كهربائية، يمكن تسجيلها من سطح الجسم بوضع مجسات حساسة توصل في نقاط معينة من الصدر، حيث تقيس هذه المجسات فرق الجهد الكهربائي الناتج من انقباض عضلة القلب وانبساطها، وتعمل على تحويل هذه الفروق إلى تخطيط بياني يتم رسمه على ورق خاص. أنظر الشكل (3).



الشكل (4): قراءات مختلفة لتخطيط القلب

وبمقارنة تخطيط قلب المريض مع التخطيط الطبيعي يمكن تشخيص بعض الأمراض والاختلالات في عمل عضلة القلب. أنظر الشكل (4).

نشاط (2): أصوات القلب

للاستماع إلى صوت نبضات القلب، أقوم بالنشاط الآتي:



الأدوات: سماعة الطبيب Stethoscope

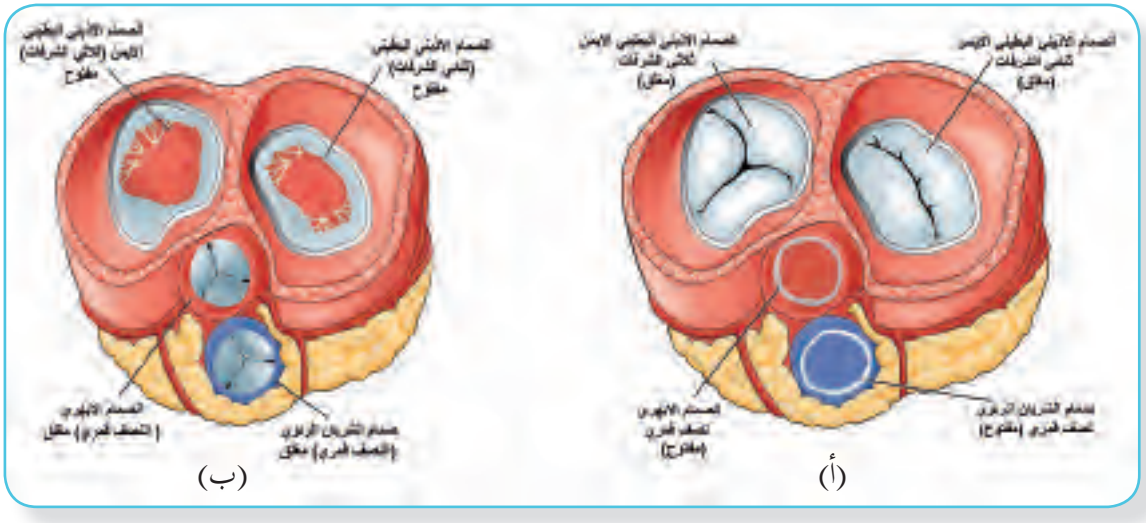


خطوات العمل:

- أضع السماعة على الجهة اليسرى من المنطقة الصدرية لزميلي وأستمع إلى نبضات قلبه. هل سمعت أصواتاً للقلب؟ أفسر ذلك.

يصدر عن كل نبضة صوتان مميزان: الصوت الأول (لَب Lub) وهو منخفض النبرة وطويل، ويحدث عند انقباض البطينين، حيث يغلق الصمامان الواقعان بين الأذينين والبطينين في كل جانب. أما الصوت الثاني (دَب Dub) فهو أقصر وأكثر حدة، ويحدث عند انبساط البطينين، حيث يغلق الصمامان الواقعان عند فتحتي الشريان الأبهر والشريان الرئوي.

سؤال: أنظر إلى الشكل (5)، وأحدد أيهما يصدر عنه الصوت لَب؟

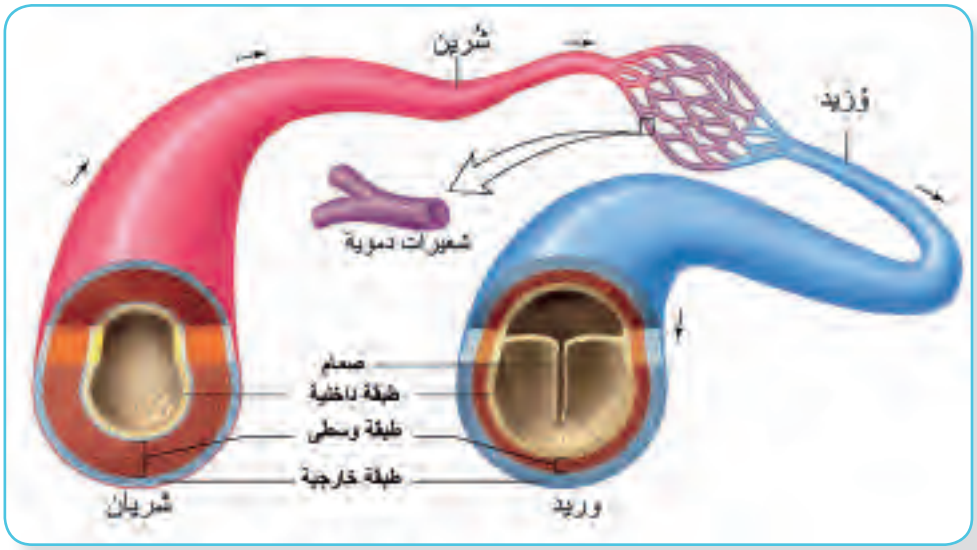


(أ) (ب)

الشكل (5): أصوات 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 (6).



الشكل (6): 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؟

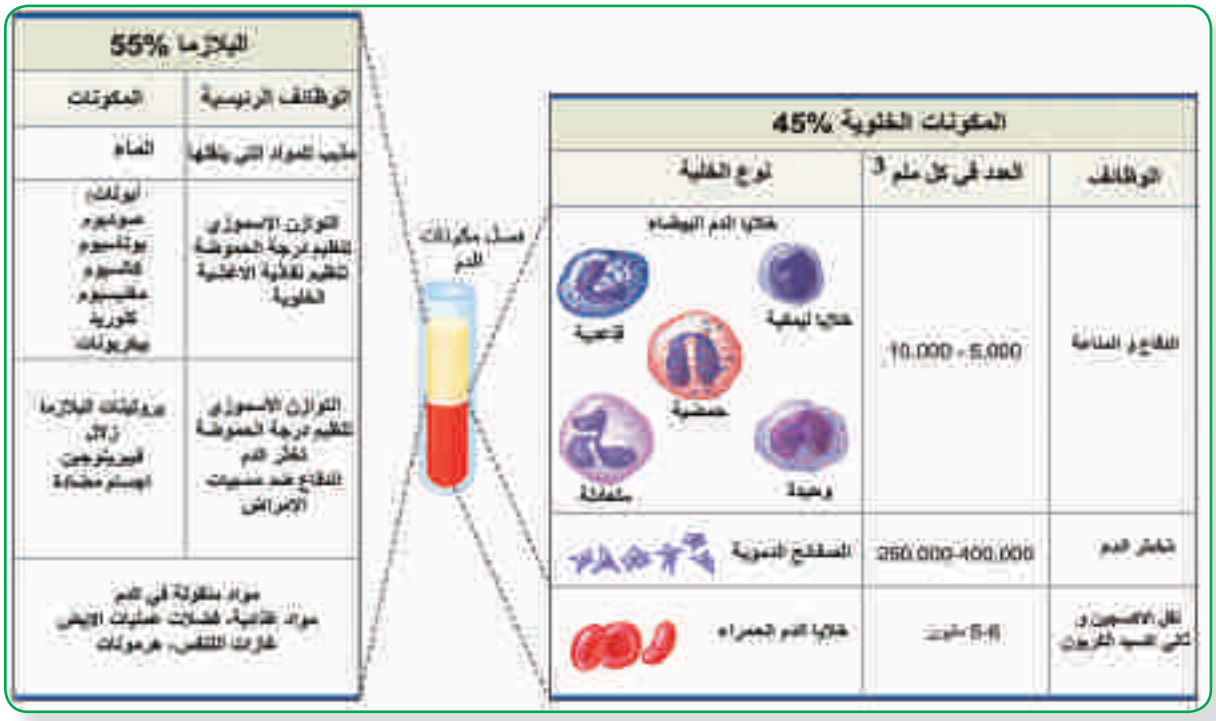
جـ - الشعيرات الدموية

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، ومكونات خلوية (خلايا دم حمراء، وخلايا دم بيضاء، وأجزاء خلوية تُسمى الصفائح الدموية). وللتعرف على مكونات الدم ووظائف كل منها، أدرس الشكل (7)، ثم أجيب عن الأسئلة التي تليه:



الشكل (7): مكونات الدم

1 ما مكونات الدم الرئيسة؟

2 أذكر أنواع خلايا الدم البيضاء.

3 أقارن بين خلايا الدم الحمراء والبيضاء من حيث العدد، والوظيفة، ووجود الأنوية؟

4 أحدد وظيفة بروتينات البلازما.

5 أفسِّر وجود خلايا دم بيضاء أكثر من المعدل الطبيعي.

نشاط (3): فصل مكونات الدم

يقوم طلبة الصف بصحبة معلمهم بزيارة أحد المختبرات الطبية في البلدة، والتعرف على جهاز الطرد المركزي ومبدأ عمله في فصل مكونات الدم، وإجراء فصل لعينة دم في المختبر، ومقارنة مكوناتها مع الشكل السابق.

بالرجوع إلى الشكل (7) يتبين أن الدم يتكون من جزئين رئيسيين هما:

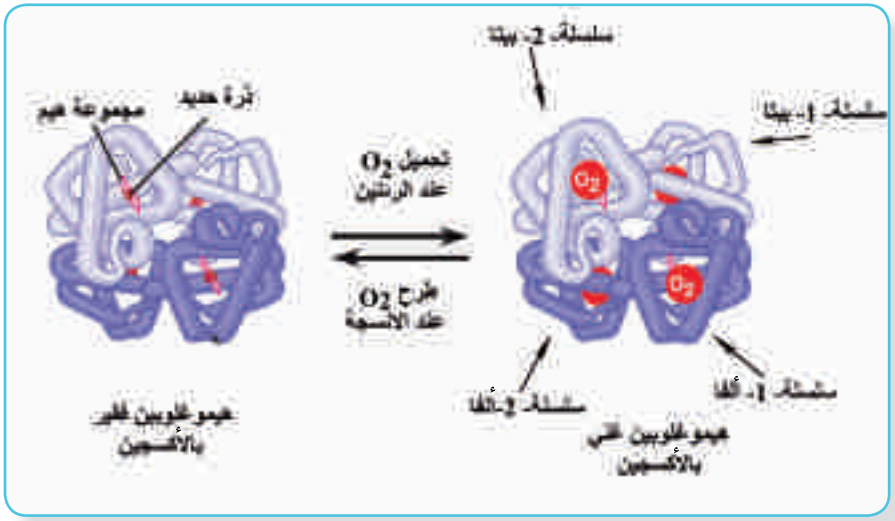
1 البلازما Plasma: وتشكل 55% من حجم الدم، وتتكون من 90% ماء و 10% مواد ذائبة.

2 المكونات الخلوية Cellular Component: وتشكل 45% من حجم الدم، وتشمل:

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 (8): جزيء الهيموغلوبين

نلاحظ من الشكل (8) 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.

2.2 تخثر الدم والتئام الجروح

عند حصول جرح أو قطع يؤدي ذلك إلى تحطيم الأوعية الدموية، تحصل عملية التخثر من أجل منع استمرار النزيف وتمكين الجسم من البدء بعملية إصلاح النسيج المتضرر؛ وبالتالي التئام الجرح . فكيف تتم

هذه العملية؟ للإجابة عن هذا السؤال، ألاحظ الشكل (9) وأتتبع الخطوات الآتية:

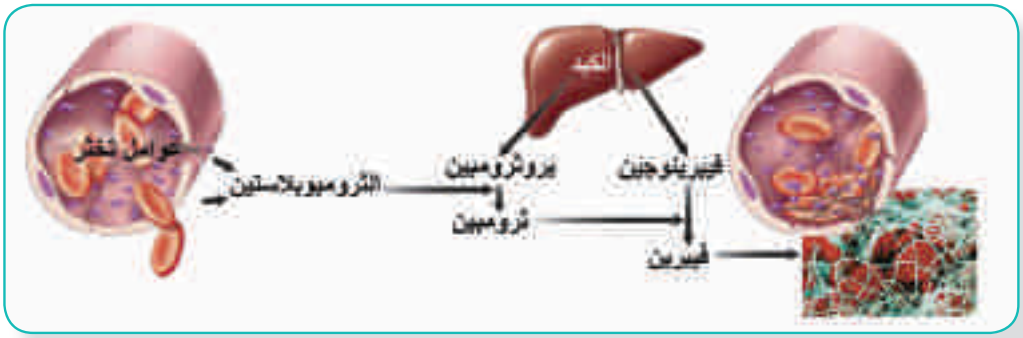
1. تبدأ عملية تخثر الدم عندما يتحطم الغشاء الطلائي الداخلي للوعاء الدموي بفعل الجرح، حيث تقوم الصفائح الدموية بالالتصاق على خيوط الكولاجين في النسيج المتهتك، وتتجمع بشكل كثيف، ما يؤدي إلى تكوّن سدادة سريعة تحد من استمرار النزيف.

2. يتم إفراز بروتين الثرومبوبلاستين Thromboplastin من قبل الأوعية الدموية المتحطمة والأنسجة المحيطة.

3. يقوم بروتين الثرمبوبلاستين - بوجود أيونات الكالسيوم وعوامل التخثر- بتحويل بروتين البروثرومبين Prothrombin غير النشط إلى بروتين الثرومبين Thrombin النشط.

4. يحول بروتين الثرومبين بروتين الفيبرينوجين Fibrinogen الذائب في الدم إلى مادة الفيبرين Fibrin، وهو بروتين غير ذائب في الماء.

5. يتكون الفيبرين على هيئة شبكة من ألياف تحجز خلايا الدم الحمراء، مكونة الخثرة الدموية؛ وبالتالي يتوقف النزيف. وبعد ذلك تزال الخثرة بواسطة أنزيمات خاصة، ويصاحب عملية إزالتها، عملية التئام الجرح وشفائه.



الشكل (9): تفاعلات تخثر الدم

3.2 أمراض تصيب جهاز الدوران

أشار التقرير الصحي السنوي في فلسطين لعام 2015 م إلى أن أمراض القلب الوعائية هي المسبب الأول للوفاة بين الفلسطينيين وعزى إليها 27.5% من الوفيات التي سجلت خلال العام 2015م، ومن الأمثلة على هذه الأمراض:

1- تصلب الشرايين Atherosclerosis

تسمى حالة تضيق جدران الشرايين و انسدادها بسبب تراكم المواد الدهنية بتصلب الشرايين، ألاحظ الشكل (10). وقد لا يصل الدم عبر الشريان التاجي إلى عضلة القلب، فينتج عنه اعتلال في عضلة القلب (الذبحة الصدرية)، ويؤدي إلى الموت إذا لم تتم معالجته. وتحدث السكتات الدماغية عندما تتكون خثرات دموية تتسبب في انسداد الأوعية الدموية التي تزوّد الدماغ بالأكسجين.



الشكل (10): تصلب الشرايين

قضية للبحث: أبحث في الأسباب التي تؤدي إلى الإصابة بتصلب الشرايين.

2- ضغط الدم Blood Pressure

يُعرف ضغط الدم على أنه قوة دفع الدم على جدران الأوعية الدموية أثناء جريانه داخلها وذلك لنقل الغذاء والأكسجين، وتخليصه من الفضلات وثاني أكسيد الكربون. تُعدّ قراءة ضغط الدم من الفحوصات الطبية المهمة، حيث تُزود الإنسان بمعلومات عن حالة الشرايين.

يمكن قياس ضغطين للدم: الأول ناتج عن اندفاع الدم في الشرايين خلال انقباض البطينين، ويعرف **بالضغط الانقباضي** Systolic، والثاني خلال انبساط البطينين ويعرف **بالضغط الانبساطي** Diastolic، ويُعبر عنه بقيمة رقمية بالملميتر الزئبقي، وتكتب على شكل كسر، فالمعدل الطبيعي لضغط الدم هو (80/120) ملم زئبق (قيمة الضغطين الانقباضي والانبساطي على التوالي).

إذا كانت قيمة ضغط الدم أقل من (60/100) ملم زئبقي، تُعرف بحالة هبوط ضغط الدم Hypotension، أما إذا كانت أعلى من (90/140) فتُعرف بارتفاع ضغط الدم Hypertension.

ويسمى ضغط الدم المرتفع **المرض القاتل الصامت** وهو مشكلة صحية مهمة؛ إذ يصيب أكثر من 20% من السكان، الذين تتراوح أعمارهم بين 35-64 سنة في أغلب المجتمعات، ويسهم ضغط الدم المرتفع في حدوث النوبات القلبية والسكتات الدماغية، ويؤثر على الكلية وشبكية العين.

نشاط (4): دراسة أثر النشاط البدني على ضغط الدم

يختلف ضغط الدم في الجسم طوال اليوم بشكل طبيعي، ويمكن أن يتغير بشكل غيرملحوظ مع كل نبضة للقلب. لقياس هذا التغير في حالات الراحة والقيام بالتمارين الرياضية، أقوم بالنشاط الآتي:



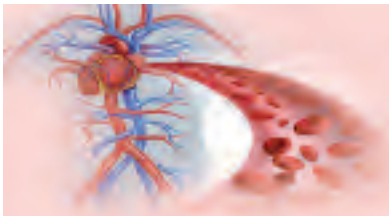
المواد والأدوات:

جهاز قياس الضغط الرقمي

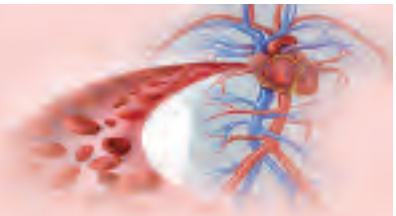


خطوات العمل:

1. أستخدم جهاز قياس الضغط في قياس ضغط دم زميلي أثناء الراحة.
2. أطلب من زميلي أداء تمرين رياضي كالجري مثلاً لمدة دقيقتين.
3. أقيس ضغط دمه مرة أخرى، وأقارن ذلك بقراءة ضغطه وقت الراحة، ماذا أستنتج؟



مشروع



أصمم نموذجاً لأحد أجزاء جهاز الدوران الآتية: (القلب، أو الشريان، أو الوريد) باستخدام خامات بيئية كالصلصال، والورق، والأسلاك .

أسئلة الفصل

السؤال الأول: أضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة لكل مما يأتي:

1) ما الوعاء الدموي الذي يتصل بالبطين الأيسر من القلب؟

أ- الأبهر ب- الوريد الأجوف العلوي جـ- الوريد الأجوف السفلي د- الوريد الرئوي

2) أي من الآتية تحتوي على صمامات تعمل على تدفق الدم في اتجاه واحد داخل جهاز الدوران؟

أ- الشرايين ب- الشعيرات الدموية جـ- الأوردة د- الشُرَيينّات

3) أي من الآتية يرتفع عددها في الدم عند إصابة الشخص بالتهاب في الزائدة الدودية؟

أ- خلايا الدم الحمراء ب- الصفائح الدموية جـ- بروتينات البلازما د- خلايا الدم البيضاء

4) مم يتكون الدم؟

أ- 45% مكونات خلوية و 55% بلازما. ب- خلايا دم حمراء وبيضاء وصفائح دموية فقط.

جـ- 45% بلازما و 55% مكونات خلوية. د- بروتينات ومكونات خلوية.

5) أي من الآتية له دور في حدوث نبضات القلب:

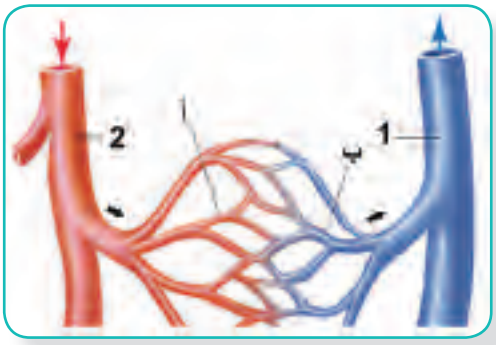
أ- الصمام الأبهري ب- العقدة الأذينية البطينية جـ- العقدة الليمفية د- الصمام ثلاثي الشرفات

السؤال الثاني: ولد الطفل ماهر بحاجز قلبي مثقوب بين الأذينين، أوضح الضرر الذي ستلحقه هذه الحالة بالطفل.

السؤال الثالث: ما مضاعفات ضغط الدم المرتفع؟

السؤال الرابع: أصِف بخطوات متسلسلة عملية تخثرالدم والتئام الجرح عند التعرض لجرح سطحي.

السؤال الخامس: يوضح الرسم التخطيطي وعاءين دمويين عند الإنسان يتصلان بالشعيرات الدموية، أدرسه جيداً، ثم أجيب عن الأسئلة الآتية:



1) ما نوع الوعاء الدموي المشار إليه بالرقم (1) والرقم (2)؟

2) أيهما يكون تركيز الأكسجين فيه أعلى (أ) أم (ب)؟

3) أفسر كون الضغط الدموي في الموقع (أ) أعلى من (ب)؟

السؤال السادس: شاركت في حملة للتبرع بالدم وقمت بزيارة بنك الدم الفلسطيني. أصمم بطاقة عليها اسمي وفصيلة دمي ولمن أستطيع التبرع.

الفصل الثالث 3

الجهاز المناعي The Immune System

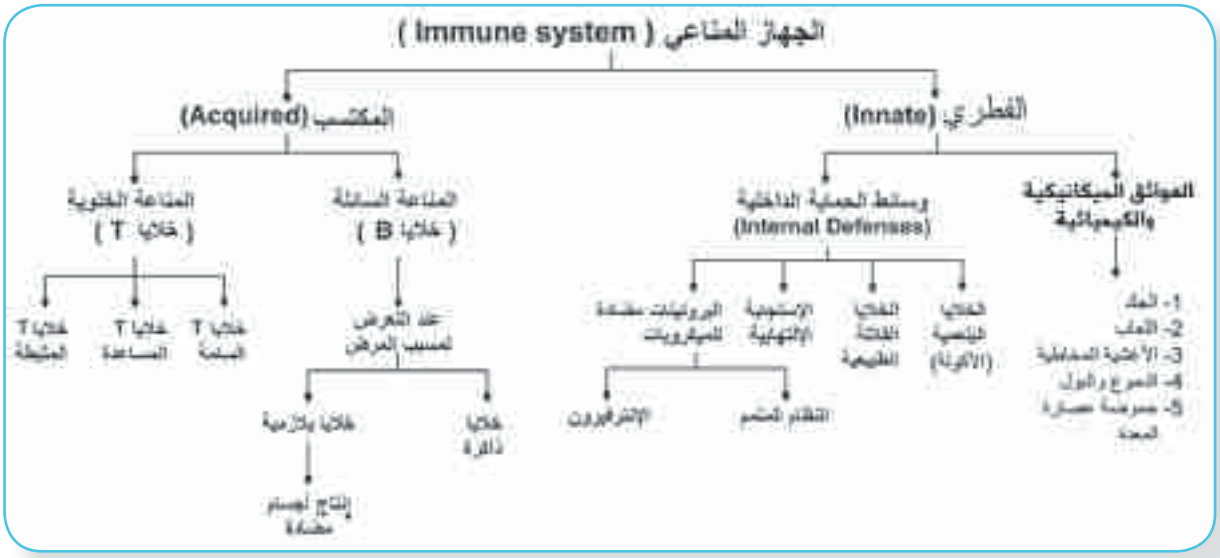
يتعرض جسم الإنسان لمؤثرات خارجية كالمواد الكيميائية التي تسبب له الحروق والجروح، وكذلك لمسببات الأمراض من كائنات دقيقة كالبكتيريا والفيروسات وغيرها، ويسبب بعضها أمراضاً قد تودي بحياته؛ لذلك يوجد في الجسم جهاز يتولى مهمة الدفاع عن سلامته وصحته، وهو الجهاز المناعي، الذي وهبه الله – تعالى- للإنسان، فكيف 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 الاستجابة الالتهابية وعملية البلعمة.
7. التمييز بين المناعة الخلوية والمناعة السائلة.
8. توضيح تركيب الأجسام المضادة.
9. التعرف إلى أنواع الأجسام المضادة ووظائف كل منها.
10. وصف بعض الاختلالات المناعية.



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.

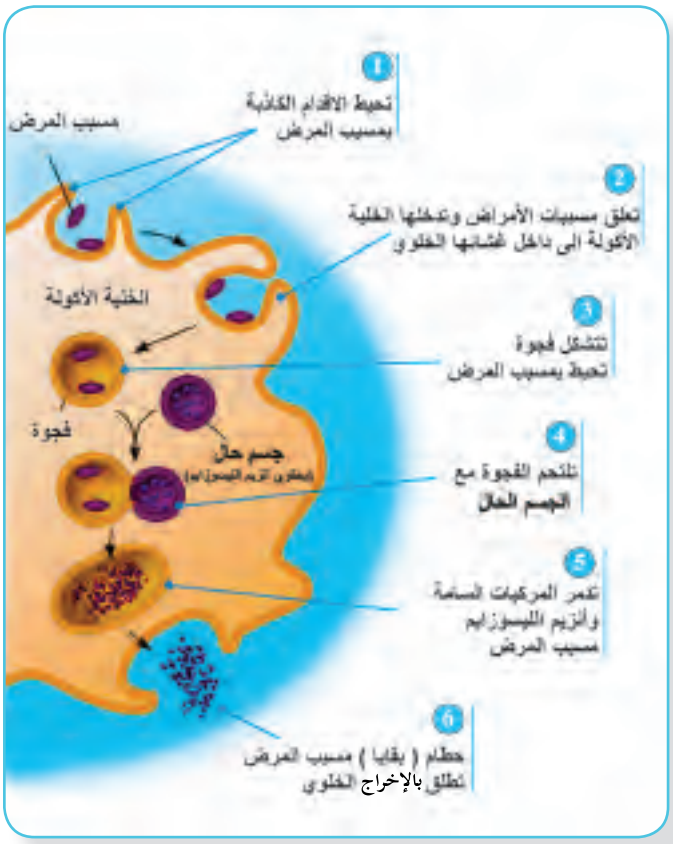
2- **وسائط الحماية الداخلية Internal Defenses**

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 **البلعمة**.

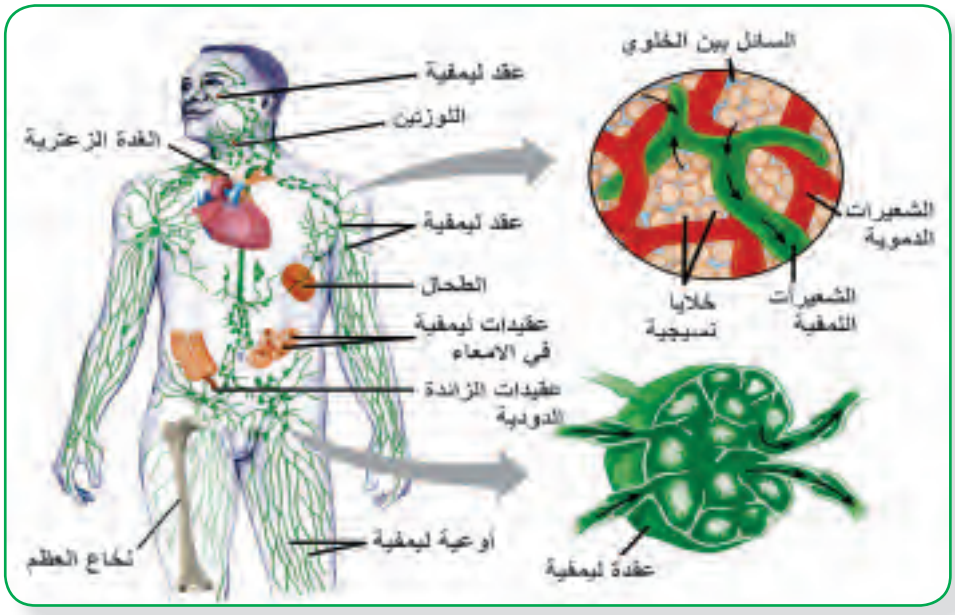
وهنالك نوعان رئيسيان من الخلايا البلعمية هما: خلايا الدم البيضاء الأكولة Macrophages وخلايا الدم البيضاء المتعادلة Neutrophils. أتتبع من خلال الشكل (1) خطوات عملية البلعمة.



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

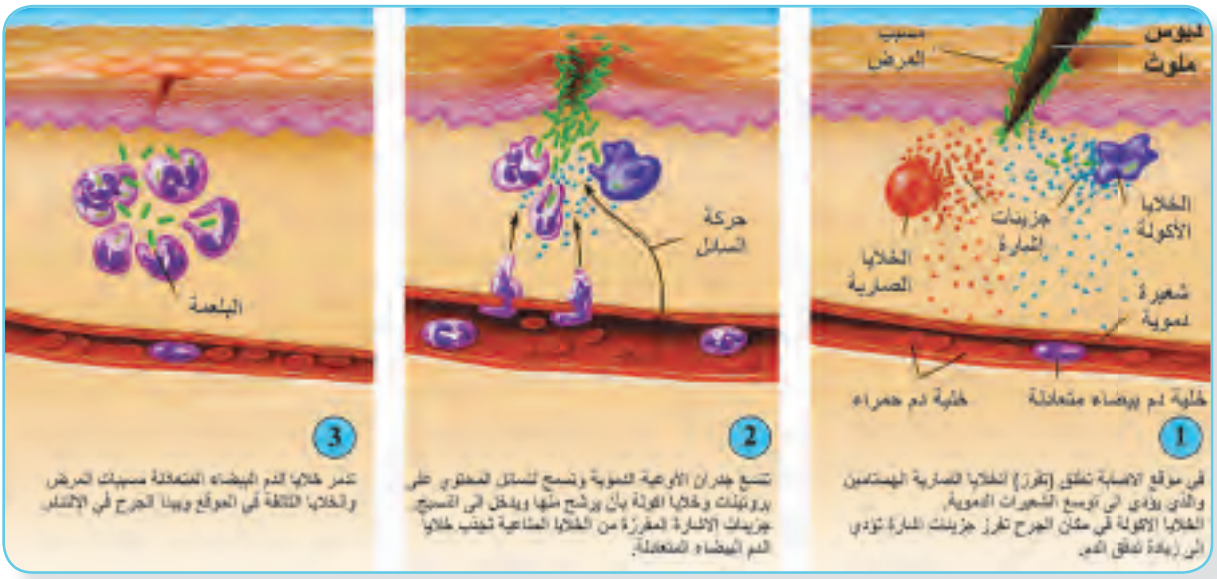
وتشمل نخاع العظم، والعقد الليمفية، والغدة الزعترية، والطحال

جدول (1): وظائف الأعضاء الليمفية

العضو	وظيفته
نخاع العظم	يحتوي خلايا جذعية تنتج خلايا الدم الحمراء والبيضاء، ويحفز انقسام الخلايا الليمفية الجذعية وتمايزها إلى خلايا B والخلايا القاتلة.
العقد الليمفية	تقوم بتصفية الليمف من الأنتيجينات (مولدات الضد) ومسببات الأمراض وتحتوي على خلايا أكولة وخلايا T وخلايا B.
الغدة الزعترية	تحفز انقسام الخلايا الليمفية الجذعية وتمايزها إلى خلايا T.
الطحال	يقوم بإعادة تدوير خلايا الدم الحمراء القديمة بوساطة عملية البلعمة، وتخزين الحديد الناتج منها لإعادة استخدامه في تصنيع خلايا دم حمراء جديدة. كما يقوم بتصفية الدم من مسببات الأمراض؛ لذلك يعدّ جزءاً من جهاز المناعة.

سؤال: كيف تفسر تضخم الطحال عند مريض الثلاسيميا؟

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. أدرس الشكل (3) وأبيِّن خطوات الاستجابة الالتهابية.



شكل (3): الاستجابة الالتهابية

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.

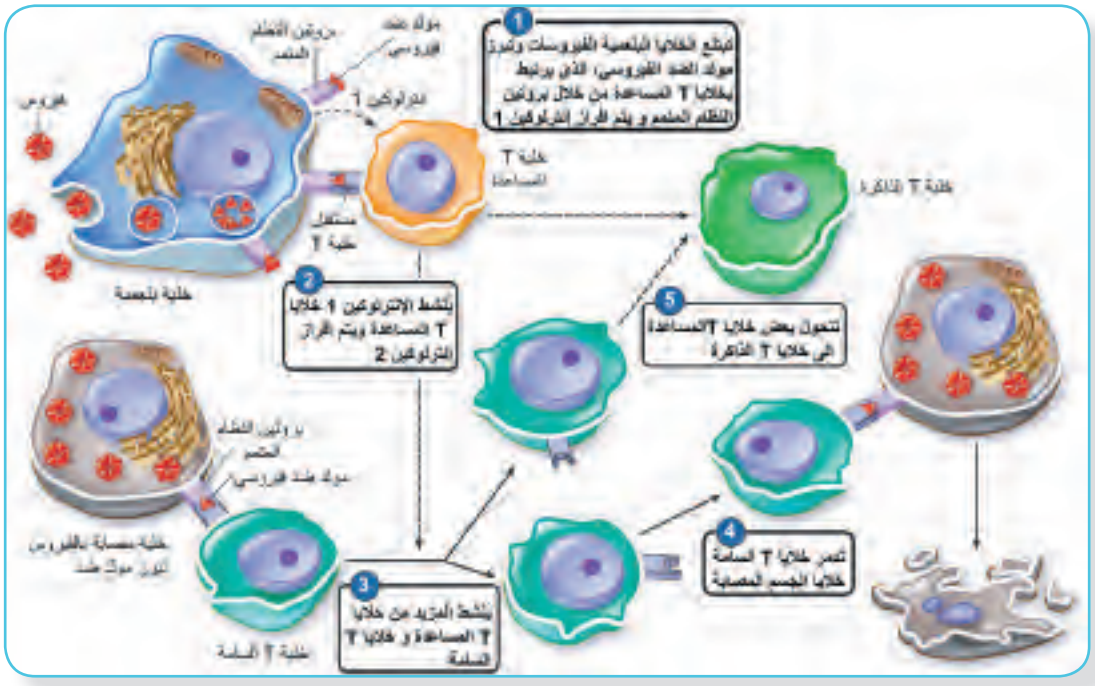
ثانياً: المناعة المكتسبة (المتخصصة) Acquired (Adaptive) Immunity

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 Antibodies التي تكونها Antibody Mediated Immunity، وتسمى المناعة السائلة Humoral Immunity، وتهاجم مولدات الضد المتواجدة في سوائل الجسم.

أ- المناعة الخلوية Cellular Immunity

تختص بها خلايا T المختلفة، وحتى تتم الاستجابة لا بد من تنشيط أنواع محددة من هذه الخلايا كما يأتي:

1 تنشيط خلايا T المساعدة (T_H): أدرس الشكل (4) وأتتبع خطوات تنشيط خلايا T المساعدة (T_H).



الشكل (4): تنشيط خلايا T المساعدة

2 أثناء ارتباط خلايا T_H المساعدة مع الأنتيجينات (مولدات الضد) من خلال مستقبلات الخلايا البلعمية، تنشط هذه الخلايا للانقسام، لتكون سلالة جديدة من خلايا T_H المنشطة وخلايا T_H الذاكرة التي تتنبه بشكل تلقائي في حال دخول مولد ضد مرة ثانية للجسم.

3 تفرز خلايا T_H المنشطة أنواعاً من السيتوكاينات Cytokines، وهي بروتينات تعمل على تحفيز الخلايا الليمفية الأخرى، فتحفز المناعة على النحو الآتي:

أ- تنشيط خلايا T السامة (T_C).

ب- تنشيط خلايا B.

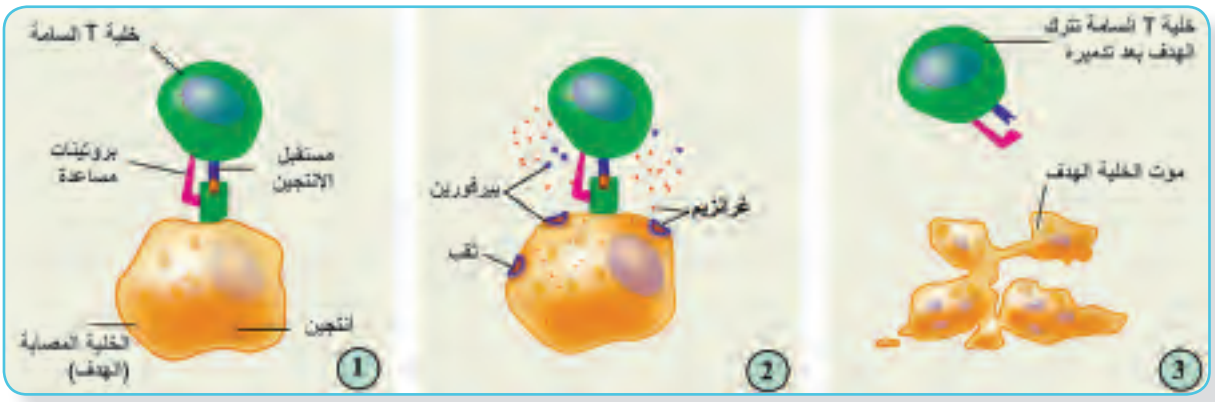
جـ- تنشيط الخلايا الأكولة لمساعدتها على إفراز المواد اللازمه لمقاومة مسببات الأمراض بداخلها.

د- تنشيط الخلايا القاتلة الطبيعية (NK) لتدمير الخلايا غير الطبيعية أو المصابة.

هـ- تحفيز خلايا T المثبطة بعد القضاء على مسببات المرض بوقف عمل خلايا T الأخرى.

4 تدمير خلايا T السامة (T_C) لخلايا الجسم المصابة:

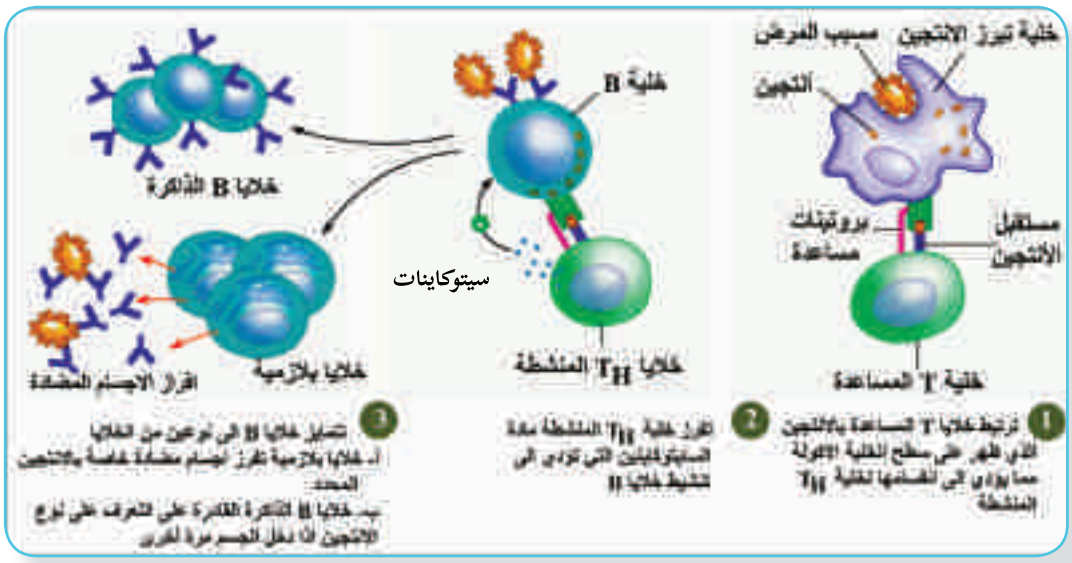
فبعد أن تتعرف خلية T_C على الخلية المصابة بالفيروسات أو الخلايا السرطانية تفرز البيرفورين Perforin الذي يشكل ثقباً على سطح الخلية المستهدفة، ثم تفرز T_C الغرانزيم Granzymes خلال هذه الثقوب؛ ما يؤدي إلى تحلل DNA الخلية، وبالتالي موتها. ألاحظ الشكل (5).



الشكل (5): آلية عمل خلايا T السامة

ب- المناعة السائلة Humoral Immunity

بالتزامن مع حدوث الاستجابة المناعية الخلوية تحدث الاستجابة المناعية السائلة التي تقوم بها خلايا B، والتي تختص بالدفاع ضد الأنتيجينات (مولدات الضد)، ومسببات الأمراض كالبكتيريا، والفيروسات، والسموم المتواجدة في سوائل الجسم من خلال الأجسام المضادة التي تفرزها. أدرس الشكل (6)، وأتتبع خطوات الاستجابة المناعية السائلة.



الشكل (6): المناعة السائلة

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).

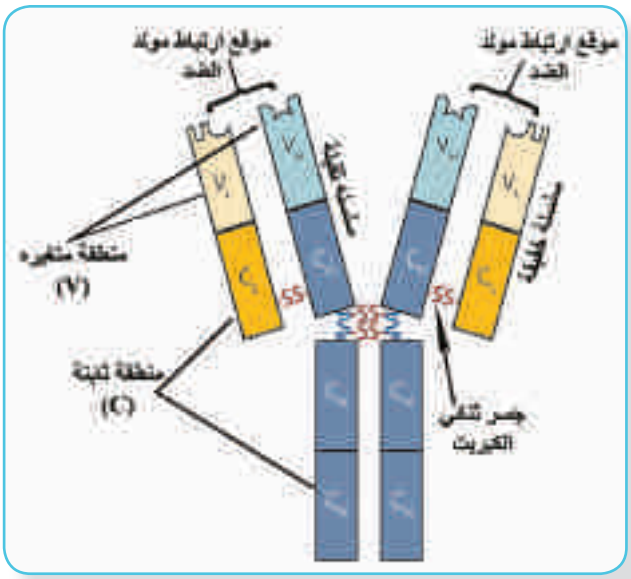
المناعة السلبية: تنتج عن طريق نقل أجسام مضادة جاهزة للجسم مثل انتقال الأَجسام المضادة من الأم إلى الجنين عبر المشيمة وحليب الأم للرضيع، وكذلك تزويد الجسم بالمصل.

سؤال: ما الفرق بين اللقاح والمصل من حيث التعريف؟

3.3 تركيب الأجسام المضادة ووظائفها Antibodies Structure and Function

الأجسام المضادة هي بروتينات مناعية يتكون كل جزيء منها من 4 سلاسل من عديد الببتيد، كل اثنتين منهما متماثلتان، تسمى إحداهما السلسلتين الثقيلتين Heavy Chain، وتسمى الأخريان السلسلتين الخفيفتينLight Chain، وترتبط السلاسل الثقيلة بعضها مع بعض من جهة، ومع الخفيفة من جهة أخرى، بجسور ثنائية الكبريت لتعطي جزيئاً على شكل حرف Y، ولكل جسم مضاد موقعان متماثلان لارتباط مولد الضد، وكل سلسلة ببتيدية من الأربع سلاسل تكون منطقتين، الأولى يرمز لها بالرمز(V) أي

المنطقة المتغيرة Variable Region التي ترتبط بمولد الضد المحدد، والثانية يرمز لها بالرمز (C) أي المنطقة الثابتة Constant Region، فهي لا تختلف من جسم مضاد لآخر. أنظرالشكل (7).



شكل (7): تركيب الجسم المضاد

أنواع الأجسام المضادة

تفرز الخلايا الليمفية من نوع (B) خمسة أنواع من الأجسام المضادة، وهي :(IgD، IgE، IgG، IgM، IgA). أنظر إلى الجدول (2).

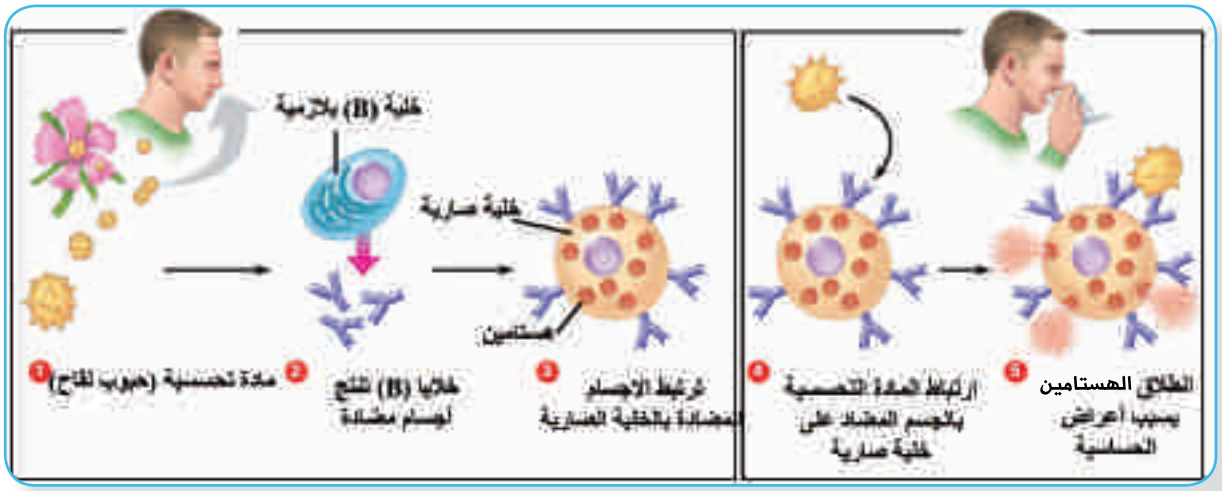
جدول (2): بعض أنواع الأجسام المضادة وأماكن وجودها ووظائفها

نوع الجسم المضاد	أماكن وجوده	وظائفه
IgA	الدموع، المخاط، اللعاب	يهاجم مسببات الأمراض قبل دخولها الأنسجة، ويمنع التصاق الفيروسات والبكتيريا بالأسطح الطلائية
IgE	الجلد والرئتان والأغشية المخاطية	مسؤول عن تفاعلات الحساسية
IgG	الدم والليمف	الجسم المضاد الرئيس في الدورة الدموية ويهاجم الكائنات الدقيقة، ويستطيع النفاذ عبر المشيمة إلى الجنين.

4.3 الاختلالات المناعية Immune Disorders

1- أمراض الحساسية Allergies

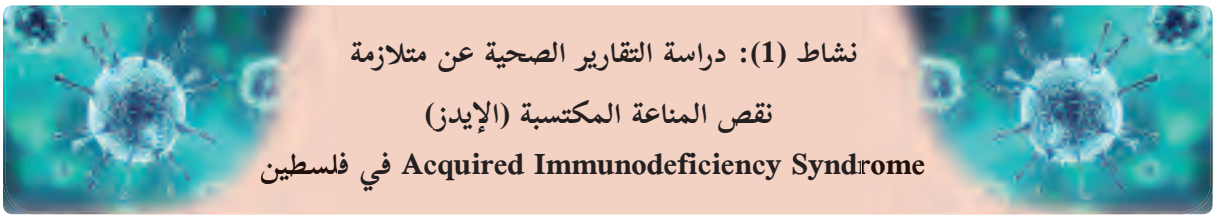
يتعرض الإنسان إلى مواد متنوعة من البيئة المحيطة تسبب هذه المواد تفاعلاً يدعى تفاعل الحساسية لبعض الأشخاص، ومن الأمثلة عليها الغبار، وحبوب اللقاح، وبعض الأطعمة كالبيض والسمك، وبعض المواد الكيميائية كالبنسلين. تُحدِث هذه المواد استجابة مناعية ترافقها أعراض كالسعال، والعطس، وإفراز المخاط، وضيق التنفس. أنظر إلى الشكل (8) وأوضح كيفية حدوث تفاعل الحساسية.



الشكل (8): مراحل تفاعل الحساسية: التعرض للمادة التحسسية لأول مرة (3-1)، التعرض لنفس المادة التحسسية مستقبلا (5-4)

2- الاختلالات المناعية الذاتية Autoimmune Disease

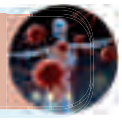
من الحالات المرضية التي يخطئ فيها الجهاز المناعي في تمييز خلايا الجسم ذاته، ويُنظر إلى أحد مكوناته الذاتية على أنها مسببات أمراض، فيقوم برد فعل مضاد يؤدي إلى مهاجمتها وتدميرها. من الأمثلة على الاختلالات المناعية، مرض التصلب المتضاعف (المتعدد) Multiple Sclerosis الذي يصيب الأنسجة العصبية في مرحلة الشباب، حيث تهاجم خلايا (T) الغلاف الميليني الذي يحيط بالخلايا العصبية للدماغ والحبل الشوكي والأعصاب التي تصل بين العينين والدماغ وتدمرها ببطء، وفي الحالات الحادة يكون أعراض المرض الشلل والعمى، ويمكن أن يؤدي التصلب المتضاعف إلى الموت.



نشاط (1): دراسة التقارير الصحية عن متلازمة
نقص المناعة المكتسبة (الإيدز)
Acquired Immunodeficiency Syndrome في فلسطين

يصاب الإنسان بنقص المناعة نتيجة لفقدان بعض الخلايا المناعية بسبب الإصابة بفيروس الإيدز AIDS الذي يهاجم جهاز المناعة من خلال مهاجمته خلايا (T).

بالرجوع إلى التقارير الصحية السنوية لوزارة الصحة الفلسطينية، أرصد عدد حالات الإصابة بالمرض في فلسطين خلال الأعوام الثلاثة الماضية، وأناقش أسباب الإصابة، وطرق الوقاية.



5.3 التبرع بالأعضاء

* التبرع بالأعضاء هو نافذة المرضى إلى الحياة الطبيعية، وهو بمثابة ولادة جديدة تنتظرهم ليعودوا إلى الحياة بتمام صحتهم، وقد يكون التبرع من شخص حي أو ميت، حيث تؤخذ الأعضاء من الشخص المتوفى في الوقت المناسب قبل تلفها أي عند حدوث الوفاة الدماغية. وتشير إحصائيات منظمة الصحة العالمية أنه تجري حوالي مئة ألف عملية زراعة أعضاء سنوياً على مستوى العالم حالياً، ومع ذلك فإن هذا العدد لا يغطي إلا 10%من الحاجة العالمية التي تقدر بمليون عملية سنوياً.

أجاز مجمع الفقه الإسلامي التابع لمنظمة المؤتمر الإسلامي التبرع بالأعضاء من الأشخاص المتوفين، بشرط أن يأذن الميت قبل موته أو ورثته بعد موته، واعتبرها صدقة جارية ومن أعظم الأعمال، ويدخل في إحياء النفس، ومن أحياها فكأنما أحيا الناس جميعاً.

عند زراعة العضو فإن جهاز المناعة يقوم بالتعرف على مولدات الضد الموجودة على خلايا العضو، فإذا كانت معظم مولدات الضد في العضو المزروع شبيهة بتلك الموجودة في خلايا الجسم فإن جهاز المناعة لا يكون أجساماً مضادة للعضو المزروع، أما إذا اختلفت فإن الجسم يكون أجساما مضادة لذلك العضو، ويؤدي ذلك إلى رفضه ومهاجمته، وبالتالي فشل عملية زراعة ذلك العضو، إلا أنه يمكن السيطرة إلى حد كبير على رفض الأنسجة المزروعة من قبل جهاز المناعة بوساطة أدوية تثبط عمل جهاز المناعة.

* للإطلاع

أسئلة الفصل

السؤال الأول: أضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة لكل مما يأتي:

1) أي من الاستجابات الآتية يشكل جزءاً من المناعة الفطرية؟

أ- الاستجابة المناعية الخلوية　　ب- الاستجابة المناعية السائلة

جـ- الاستجابة المناعية بإفراز أجسام مضادة　　د- الاستجابة الالتهابية

2) مرض التصلب المتضاعف هو من الاختلالات المناعية الذاتية، ما الجهاز الأكثر تضرراً منه في جسم الإنسان؟

أ- الهضمي　　ب- التنفسي　　جـ- العصبي　　د- الدوراني

3) بماذا يمتاز البروتين المناعي (IgE)؟

أ- يرتبط مع الخلايا القاتلة　　ب- مسؤول عن تفاعلات الحساسية

جـ- يوجد غالباً على خلايا B　　د- تمنع التصاق البكتيريا بالأسطح الطلائية

4) ما الخلايا التي تقوم بإنتاج الأجسام المضادة؟

أ- B البلازمية　　ب- T القاتلة　　جـ- T المساعدة　　د- T المثبطة

5) ما المادة التي تفرزها الخلايا الأكولة وتنشط خلايا (T_H)؟

أ- الإنترفيرون　　ب- البيروفورين　　جـ- الغرانزيم　　د- الإنترلوكين 1

السؤال الثاني: أصيب إبراهيم بمرض الحصبة وشُفي منه، في حين تم إعطاء حمزة مصلاً مضاداً للإصابة بهذا المرض، ما نوع المناعة التي اكتسبها كل منهما؟

السؤال الثالث: أحدد وظيفة كل من:

أ- الطحال　　ب- الإنترفيرون　　جـ- الغرانزيم

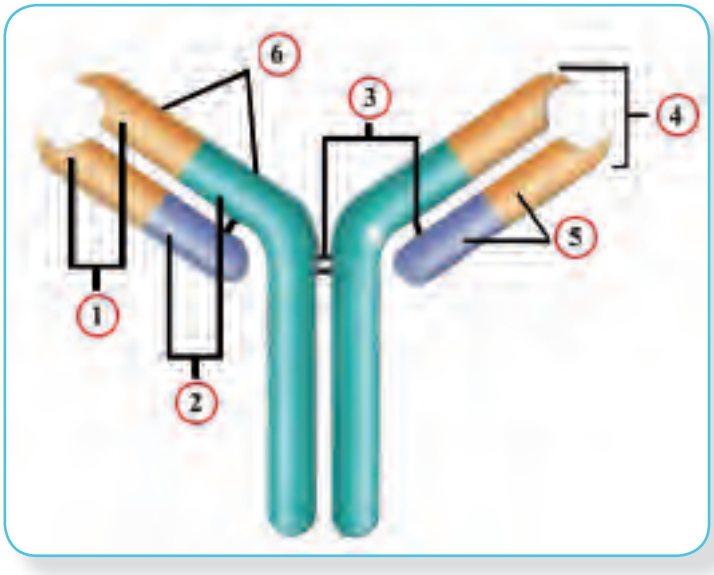
السؤال الرابع: أقارن بين خلايا (T) والخلايا القاتلة الطبيعية من حيث:

أ- نسبتها من الخلايا الليمفية في الدم ب- مكان التمايز

السؤال الخامس: أبيّن أهمية السايتوكاينات التي تفرزها خلايا T_H المنشطة.

السؤال السادس: أتتبع خطوات عملية البلعمة التي تقوم بها الخلايا الأكولة.

السؤال السابع: الشكل الآتي يوضح تركيب الجسم المضاد، أدرسه وأجيب عن الأسئلة الآتية:



أ- أكتب الأجزاء المشار لها بالأرقام (1-6).

ب- كم عدد سلاسل عديد الببتيد التي يتكون منها الجسم المضاد؟ وكيف ترتبط السلاسل معاً؟

جـ-كيف تختلف الأجسام المضادة بعضها عن بعض؟

د- أوضح وظيفة الجسم المضاد (IgA)؟

السؤال الثامن: أعلل ما يأتي:

- من السهل إصابة الأطفال دون الشهر السادس بالأمراض الرئوية وليس المعوية في حالة الرضاعة الطبيعية.
- لا يوجد خطر على الجنين من الإصابة بالحصبة الألمانية إذا حصلت الأم على تطعيم أو كانت مصابة سابقاً.

السؤال التاسع: ما المشاكل الصحية المتوقعة للشخص الذي تم استئصال طحاله؟



أسئلة الوحدة



السؤال الاول: أضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة لكل مما يأتي:

1) ما الضغط الذي تحدثه القوة المؤثرة على جدران الشرايين عند انقباض القلب؟

أ- المرتفع ب- الانقباضي جـ- الانبساطي د- المنخفض

2) ماذا يسبب تصلب الشرايين؟

أ- تقلص الجدران الداخلية للشرايين. ب- زيادة تدفق الدم نحو القلب.

جـ- ازدياد حجم العضلات د- اتساع الجدران الداخلية للشرايين.

3) أي من المفاصل الآتية مثال على مفاصل ثابتة الحركة؟

أ- الركبة ب- الإبهام جـ- فقرات العمود الفقري د- الارتفاق العاني

4) أي من الأزواج الآتية من عظام الهيكل العظمي الطرفي؟

أ- الترقوة ولوح الكتف ب- الترقوة وعظمة القص

جـ- لوح الكتف وعظمة القص د- لوح الكتف والأضلاع

5) لماذا تُعدّ اللقاحات فعالة في الوقاية من الأمراض؟

أ- تحتوي على النظام المتمم

ب- تحتوي على خلايا B وخلايا T

جـ- تحتوي أجسام مضادة موجهة ضد مسببات المرض

د- تنبه عملية تكوين الأجسام المضادة وخلايا B الذاكرة

6) ما وظيفة الخلايا البلعمية؟

أ- تنقل الهيموغلوبين ب- تنتج خلايا دم حمراء

جـ- تحيط بالكائنات الحية الدقيقة المهاجمة د- تنتج أجساماً مضادة

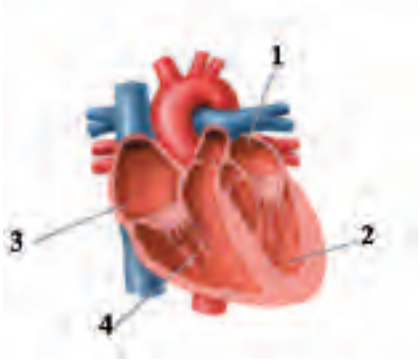


7) أي من الآتية من خصائص الخلايا القاتلة الطبيعية؟

أ- تهاجم الخلايا السرطانية في الأنسجة　　ب- تبقى في الأنسجة في انتظار مسببات المرض

جـ- خلايا دم بيضاء صغيرة الحجم　　د- تبتلع مسببات المرض الكبيرة وتدمرها

8) ما الرقم الذي يمثل الأذين الأيمن في الشكل الآتي؟



أ-1　　ب- 2　　جـ- 3　　د-4

9) ما عدد عظام (اليد والرسغ) في الإنسان؟

أ- 14　　ب- 19　　جـ- 26　　د-27

السؤال الثاني: أوضح العلاقة القائمة بين ما يأتي:

أ- الصفائح الدموية والفيبرين.　　ب- خلايا T المنشطة والمناعة السائلة.

السؤال الثالث: أرتب خطوات الاستجابة الالتهابية:

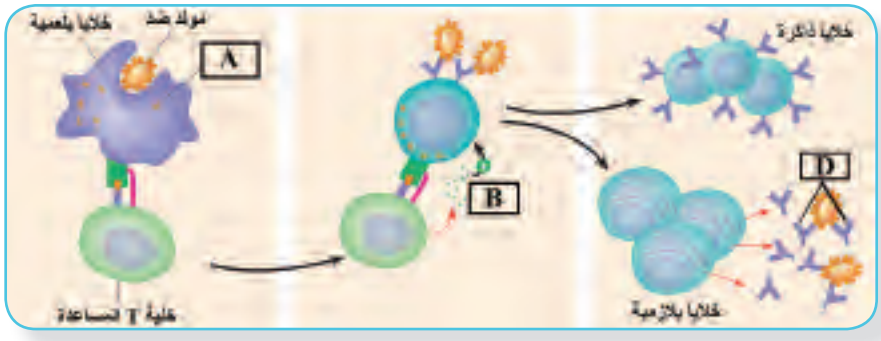
- يزداد تدفق الدم إلى المنطقة المصابة.
- تفرز الخلايا المصابة الهستامين.
- تهاجم خلايا الدم البيضاء المتعادلة مسببات المرض وتقتلها.
- تنتقل الخلايا الأكولة إلى المنطقة المصابة.
- تدخل مسببات المرض الجسم عبر الجلد.

السؤال الرابع: أفسر تفسيراً علمياً:

1) على الرغم أن جميع الخلايا المناعية تتكون في أعضاء جهاز المناعة إلا أنها تشكل أحد مكونات الدم.

2) نقص عنصر الحديد في الغذاء يؤثر في قدرة الدم على نقل الأكسجين.

السؤال الخامس: أدرس الشكل الآتي، وأجيب عن الأسئلة التي تليه:



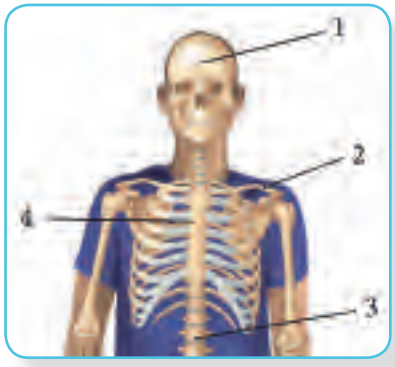
1) أي نوع من المناعة المكتسبة يمثلها الشكل؟ 2) ما وظيفة التركيب المشار إليه بالحرف (B)؟

3) أسمي الجزأين المشار إليهما بالحرفين (A) و(D)؟ 4) أتتبع أحداث هذه المناعة؟

السؤال السادس: أكمل الجدول الآتي:

وجه المقارنة	التهاب المفاصل العظمي	التهاب المفاصل الروماتزمي
سبب الحدوث		
وجه المقارنة	IgE	IgG
أماكن الوجود		
وجه المقارنة	خلايا الدم الحمراء	خلايا الدم البيضاء
العدد / ملم^3		

السؤال السابع: أصف المخاطر الناتجة لو كانت جميع عظام الإنسان عظاماً كثيفة، ولا يوجد فيه عظام إسفنجية.



السؤال الثامن: ما هي توقعاتي لأعداد خلايا الدم الحمراء في الدم وحجم القلب لسكان المناطق المرتفعة عن مستوى سطح البحر؟ أضع فرضية توضِّح ذلك.

السؤال التاسع: أكتب الأجزاء التي تمثلها الأرقام من 1-4 في الشكل المجاور، وأكتب وظائفها.

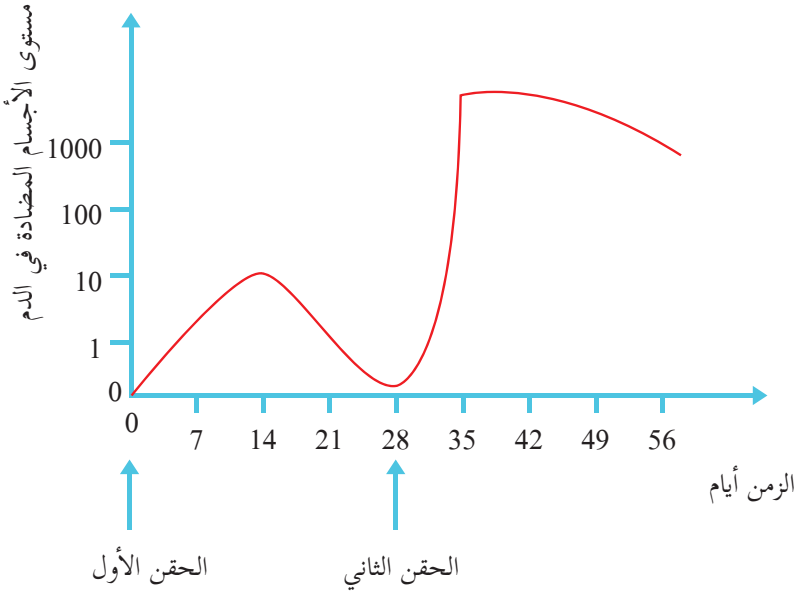
السؤال العاشر: تعرض خالد أثناء عمله في أرضه الكائنة في الأغوار بمحافظة أريحا، للدغة الأفعى الفلسطينية، حيث تم نقله إلى المستشفى على إثرها: برأيك أيهما أفضل إعطاء خالد لقاحاً أم مصلاً؟ ولماذا؟

السؤال الحادي عشر: الرسم البياني الآتي يبين مستوى الأجسام المضاده في الدم بعد الحقن الأول والثاني بمولد الضد نفسه. أدرسه وأجيب عن الأسئلة الآتية:

أ- أذكر فرقين بين رد الفعل للحقنين الأول والثاني.

ب- ما الخلايا الجسميه التي تنتج الأجسام المضاده في الدم؟

جـ- أيهما يستغرق وقتاً أطول لبدء إنتاج الأجسام المضاده؟ أفسّر ذلك.



السؤال الثاني عشر: أقيم ذاتي:

أقرأ كلاً من العبارات الآتية ثم أضع الإشارة (✓) في المكان المناسب:

الرقم	العبارة	دائماً	أحياناً	نادراً
1	أتعرف إلى تركيب الجهاز الهيكلي والدوراني والمناعي ووظائف مكوناتها.			
2	أوضح بعض العمليات الحيوية التي تتم في أجسامنا كآلية التئام كسور العظم ونبض القلب والدفاع عن الجسم.			
3	أصف بعض المشكلات الصحية ذات العلاقة بهذه الأجهزة وطرق علاجها.			
4	أرسم بعض أجزاء أجهزة جسم الإنسان كالقلب، والجسم المضاد.			
5	أعد مشروع تحضير الهيكل العظمي للأرنب.			

الوحدة الرابعة

4

الكائنات الدقيقة

Microrganisms



قال تعالى:

(فَلَا أُقْسِمُ بِمَا تُبْصِرُونَ ﴿٣٨﴾ وَمَا لَا تُبْصِرُون ﴿٣٩﴾ (الحاقة)

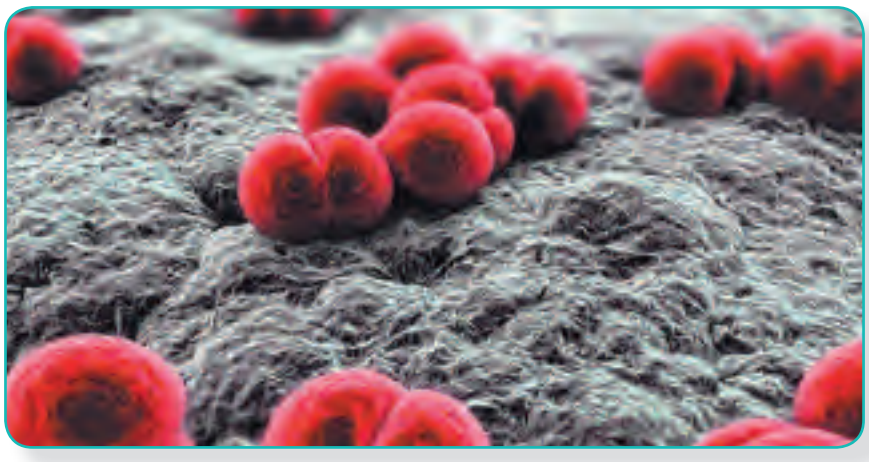
يتوقع من الطلبة بعد دراسة هذه الوحدة والتفاعل مع أنشطتها أن يكونوا قادرين على التعرف إلى الكائنات الدقيقة اللاخلوية منها كالفيروسات، أو الخلوية مثل البكتيريا، ودراستها من حيث خصائصها، وتنوعها، وتكاثرها، وعملياتها الأيضية، وعلاقتها مع الكائنات الأخرى، وأثرها عليها من خلال تحقيق الآتي:

1. التعرف إلى خصائص البكتيريا والفيروسات.
2. وصف تركيب البكتيريا والفيروسات.
3. توضيح الأسس التي يُعتمد عليها في تصنيف البكتيريا والفيروسات.
4. ذِكر بعض الآثار الاقتصادية للبكتيريا والفيروسات.
5. تصميم مجسمات لأشكال مختلفة من البكتيريا.

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؟ وكيف تتغذى؟ هذه الأسئلة وغيرها سأتمكن من الإجابة عليها بعد دراسة هذا الفصل، وسأكون قادراً على:

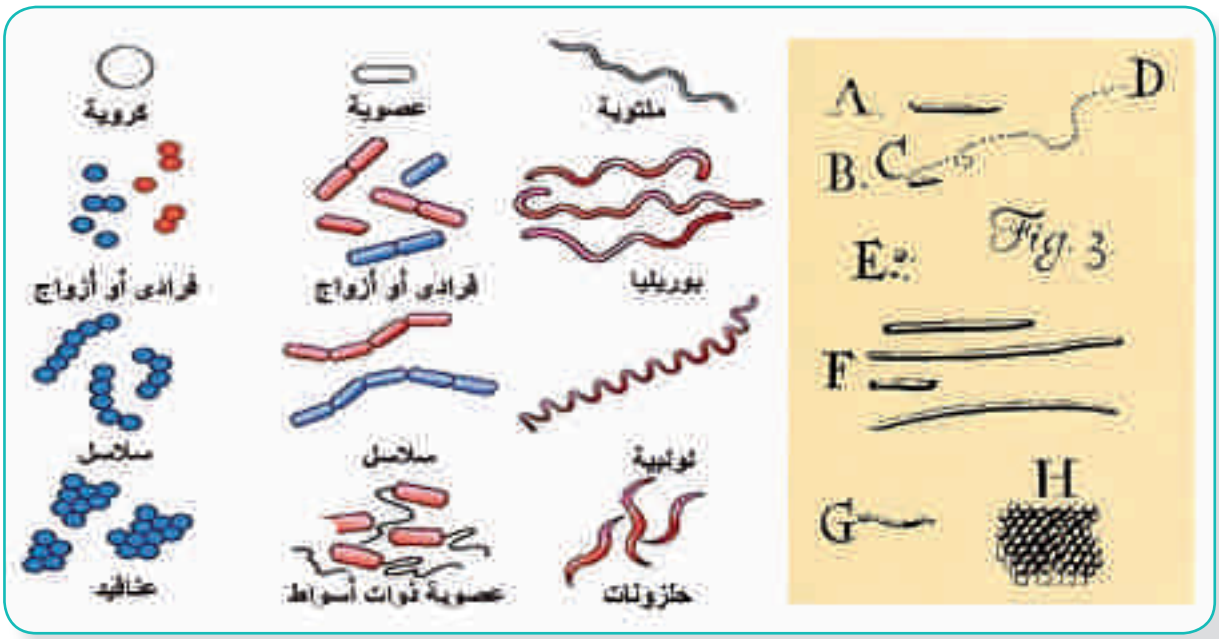
1. تصنيف المجموعات الرئيسة للبكتيريا.
2. التعرف إلى أشكال البكتيريا.
3. الربط بين التراكيب البكتيرية المختلفة ووظائفها.
4. المقارنة بين أنواع البكتيريا من حيث طرق التغذية والتنفس والتكاثر.
5. توضيح أثر بعض العوامل البيئية على نمو البكتيريا وتكاثرها.
6. التَّعرُّف على المضادات الحيوية، وأثرها على البكتيريا.
7. بيان بعض استخدامات البكتيريا في مجال التقانة الحيوية.
8. تصميم مجسم ثلاثي الأبعاد لخلية بكتيرية.



بكتيريا *Neisseria meningitidis* المسببة لمرض التهاب السحايا البكتيري Meningitis

1.1 لمحة تاريخية

* تشكل البكتيريا مجموعة من الكائنات وحيدة الخلية بدائية النوى، التي تعامل معها الإنسان قديماً دون أن يدرك وجودها، من خلال عمليات التخمر وإنتاج مشتقات الألبان. لم تكن البكتيريا معروفة قبل اكتشاف العدسات، وأول من اكتشف وجودها عام 1674م الباحث الهولندي لوفنهوك، مخترع أول مجهر بسيط، عندما قام بفحص قطرة ماء تحت المجهر، فشاهد مجموعة كبيرة من الكائنات الدقيقة، حيث قام برسم بعض الأشكال التي شاهدها. أنظر إلى شكل (1)، هل ألاحظ أوجه شبه بين رسومات لوفنهوك، وأشكال البكتيريا التي يمكن مشاهدتها بالمجهر المركب؟



الشكل (1): رسومات لوفنهوك للبكتيريا وأشكال البكتيريا باستخدام المجهر المركب

2.1 أماكن تواجد البكتيريا

تُعد البكتيريا من أكثر الكائنات عدداً على سطح الأرض، فأين يمكن أن تتواجد الأعداد الهائلة من هذه الكائنات؟

* للإطلاع

نشاط (1): أماكن تواجد البكتيريا

لتحديد أماكن تواجد البكتيريا، أقوم بتنفيذ النشاط الآتي:



المواد والأدوات: أحتاج في هذا النشاط إلى أطباق بتري (عدد 5) تحتوي بيئة غذائية مناسبة مع آغار محضرة ضمن ظروف معقمة، ولاصق ورقي، وحاضنة.



خطوات العمل:

1. أفتح طبق بتري الأول، وأتركه في الهواء لمدة 20 دقيقة، ثم أقوم بإغلاقه باستخدام اللاصق الورقي.
2. أفتح طبق بتري الثاني، وأمسح بطرف أحد أصابع يدي على سطح الآغار، ثم أغلق الطبق بالشريط اللاصق.
3. باستخدام أعواد تنظيف الأذن المعقمة أقوم بمسح الطاولة، ومقبض الباب، وأرضية المختبر، ومن ثم أمسحها على سطح الآغار في أطباق بتري مختلفة.
4. أضع أطباق بتري في الحاضنة على درجة حرارة 37 °C لمدة يوم أو يومين.
5. أسجل ملاحظاتي.

- ماذا أستنتج؟
- ما البيئات التي يمكن أن تتواجد فيها البكتيريا؟



سؤال: كيف أستدل على وجود البكتيريا في وسط غذائي سائل؟



1. 3 تصنيف بدائية النوى

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

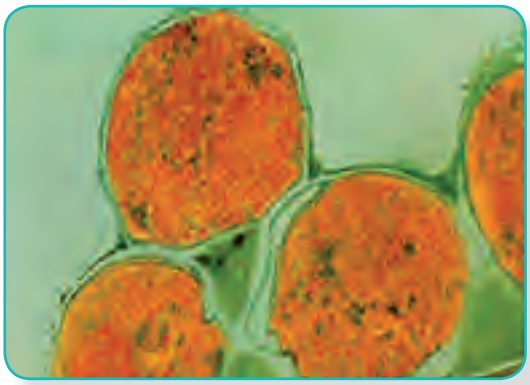


أولاً: مملكة البكتيريا القديمة Archaebacteria

تختلف عن البكتيريا في تركيب جُدرها التي تخلو من مادة البيتيدوغلايكان، وتنمو في بيئات شديدة القسوة كالمستنقعات، والبحيرات المالحة، والينابيع الحارة، أنظر الشكل (2).

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 (2): 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 (3).



الشكل (3): البحر الميت في فلسطين

3. البكتيريا المحبة للحموضة والحرارة Thermoacidophiles: تعيش في درجات حرارة عالية قد تصل إلى 110 °C، ودرجة حموضة أقل من (2).

ثانياً: مملكة البكتيريا Bacteria

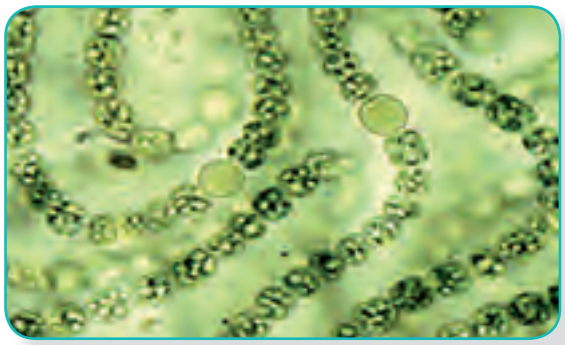
تشمل معظم أنواع البكتيريا التي تعيش على سطح الأرض، وهي ذات أشكال وأحجام مختلفة، وتمارس أنماطاً معيشية مختلفة تمكنها من العيش والحصول على الغذاء، فمنها ما يعيش حراً في التربة، أو متطفلاً على كائنات حية أخرى مسبباً لها الأمراض، وبعضها رِمية تُحلل الأجسام الميتة، وبعضها ذاتية التغذية الضوئية أوالكيميائية.

ويمكن تقسيم البكتيريا إلى عدة شعب أهمها:

1. **شعبة المتقلبات Proteobacteria:** وهي أكبر شعب البكتيريا، وتشمل أنواعاً مختلفة من البكتيريا، مثل البكتيريا ذاتية التغذية الكيميائية، والبكتيريا المثبتة للنيتروجين وقد تكون رمية، أو متطفلة مثل بكتيريا السالمونيلا التي تصيب أمعاء الانسان. أنظر الشكل (4).



الشكل (4): بكتيريا السالمونيلا داخل الأمعاء



شكل (5): بكتيريا خضراء مزرقة (نوستوك)

2 شعبة البكتيريا الخضراء المزرقة Cyanobacteria:

ذاتية التغذية، حيث تقوم بعملية البناء الضوئي بهدف إنتاج مواد كربوهيدراتية و إطلاق الأكسجين؛ و ذلك لاحتوائها على صبغة كلوروفيل (a) وصبغة فيكوسيانين Phycocyanin الزرقاء، وتتواجد على شكل مستعمرات في البيئات المائية العذبة والمالحة، والقليل منها يعيش في الينابيع الساخنة والمناطق المتجمدة، ومن أمثلتها النوستوك Nostoc أنظر الشكل (5).



الشكل (6): بكتيريا نباتية

3 شعبة البكتيريا النباتية Prochlorobacteria:

(Prochlorophyta) تحتوي أغشيتها الخلوية على طيات داخلية تشبه الثايلاكويدات المتواجدة في البلاستيدات الخضراء، تحتوي بداخلها على صبغات الكلوروفيل (b و a)، التي تمكنها من القيام بعملية البناء الضوئي، لذلك تعد مصدراً مهماً للأكسجين في الطبيعة. أنظر الشكل (6).

1 .4 أشكال البكتيريا

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

نشاط (2): التعرف على أشكال البكتيريا

وللتعرف على أشكال البكتيريا، أقوم بتنفيذ النشاط الآتي:

المواد والأدوات: مجهر مركب، وشرائح جاهزة لأنواع مختلفة من البكتيريا.

1. أقوم بمشاهدة الشرائح المجهرية باستخدام العدسة الشيئية الصغرى والتدرج حتى الكبرى (الزيتية).
2. أرسم في دفتري ما أشاهده من أشكال البكتيريا. ماذا ألاحظ؟

سألاحظ من خلال النشاط السابق ثلاثة أشكال رئيسية للبكتيريا كما يبين الشكل (7)، وهي:

أ- الكروية Cocci

ب- العصوية Bacilli

جـ- اللولبية Spirilla

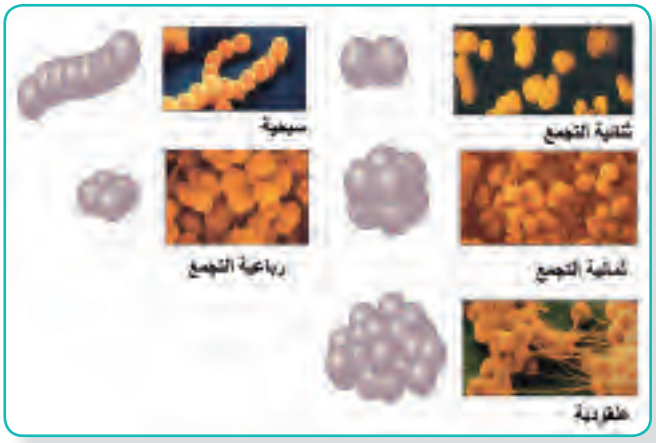


شكل (7): الأشكال الرئيسة للبكتيريا

أ- البكتيريا الكروية Cocci:

أنظر الشكل (8) الذي يوضح أشكال البكتيريا الكروية، ماذا ألاحظ؟

عند انقسام البكتيريا الكروية بعدة مستويات فإنها تأخذ الأنماط الآتية:



الشكل (8): أشكال البكتيريا الكروية

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

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.

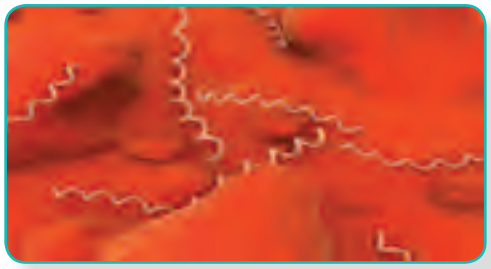
ب- البكتيريا العصوية Bacillus

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 (9).



الشكل (9): 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 (10).

الشكل (10): البكتيريا المسببة لمرض الزهري

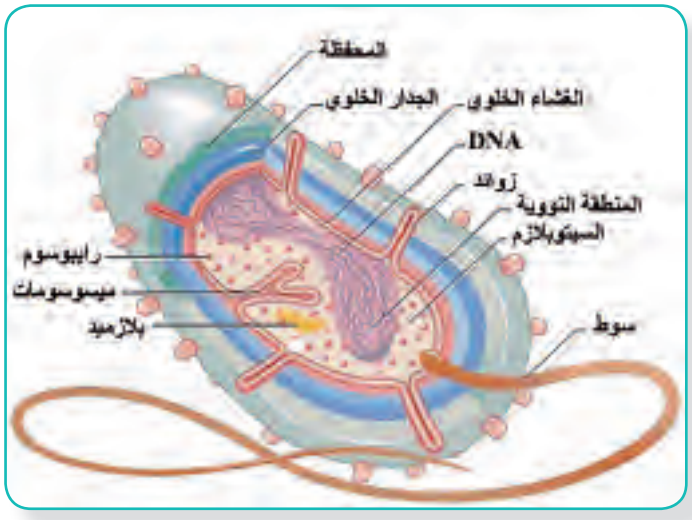


قضية للبحث: معظم أنواع البكتيريا ثابتة الشكل، ولكن بعض الأنواع مثل الميكوبلازما المسببة للالتهاب الرئوي الحاد تستطيع أن تغير شكلها. ما السبب في ذلك؟



5.1 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 (11).



الشكل (11): 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.

نشاط (3): صبغ البكتيريا باستخدام صبغة غرام Gram Staining

لصبغ البكتيريا ومشاهدتها تحت المجهر المركب، أقوم بتنفيذ النشاط الآتي:



المواد والأدوات:

مصدر بكتيريا سالبة غرام (ماء راكد)، وأخرى موجبة غرام (لبن رائب)، شرائح، مجهر مركب، ملاقط خشبية، موقد بنسن، صبغة البنفسج البلوري، صبغة الصفرانين، محلول اليود، وكحول.



خطوات العمل:

1. أضع قطرة من مصدر البكتيريا وأفردها على شريحة زجاجية، ثم أتركها لتجف في الهواء.
2. أمسك الشريحة باستخدام الملقط وأمررها فوق لهب بنسن لتثبيت العينة على الشريحة.
3. أضيف صبغة البنفسج البلوري على شريحة البكتيريا حتى تغمرها، وذلك لمدة دقيقة واحدة (جميع الخلايا تصبح بنفسجية اللون).



4. أضيف محلول اليود لمدة دقيقة واحدة (جميع الخلايا تبقى بنفسجية اللون).
5. أزيل لون الخلايا باستخدام الكحول لمدة (20) ثانية، ما الهدف من ذلك؟
6. أضيف صبغة الصفرانين على الشريحة حتى تُغمر لمدة دقيقة واحدة.
7. أسجل ملاحظاتي بعد مشاهدة البكتيريا على الشريحة.
8. أفسر نتائج ملاحظاتي تبعاً لما درسته عن تركيب الجدار الخلوي.
9. يقوم المعلم بالتخلص من مزارع البكتيريا بوضعها في أكياس خاصة بالتعقيم (Biohazard Bags) ومن ثم وضعها في جهاز الضغط الحراري(Autoclave).

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 الليبدات 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 (12).



الشكل (12): 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 (13).



الشكل (13) زوائد البكتيريا باستخدام المجهر الإلكتروني

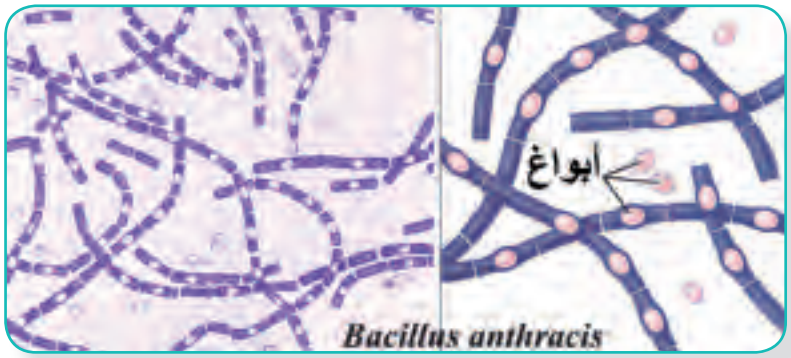
البلازميد Plasmid

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.

قضية للبحث: أبحث عن الأسباب التي جعلت البلازميدات تُستخدم أداة أساسية في علم البيولوجيا الجزيئية وهندسة الجينات.

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. ويبدأ تكوين الأبواغ بتضاعف ثم انقسام الكروموسوم البكتيري إلى كروموسومين، يبقى أحدهما في الخلية بينما يُحاط الكروموسوم الثاني وجزء من السيتوبلازم بجدار صلب سميك يتكون من كميات كبيرة من حِمض عُضوي قوي Dipicolinic Acid وكمية من أملاح الكالسيوم، وعند توفر الظروف المناسبة تنمو الأبواغ ويُنتج كل بوغ خلية بكتيرية واحدة، أنظر الشكل (14).



الشكل (14): الأبواغ كما تظهر تحت المجهر

سؤال: لماذا لا يعدّ تكوين الأبواغ نوعاً من التكاثر؟

6. 1 طرق انتقال المادة الوراثية

تنتقل المادة الوراثية بين خلايا البكتيريا بثلاث طرق رئيسة تؤدي إلى التنوع الوراثي:

1. **الاقتران Conjugation:** عملية انتقال للحمض النووي DNA من خلية معطية Donor Cell إلى خلية مستقبلة Recipient Cell، عن طريق الاتصال المباشر، أو عبر الشعيرات الجنسية Sex Pili، وهذا يساعد في كلتا الحالتين على التنوع البكتيري، واكتساب صفات جديدة، مثل قدرة البكتيريا على مقاومة المضادات الحيوية. أنظر الشكل (15).


الشكل (15): الاقتران عبر الشعيرات الجنسية

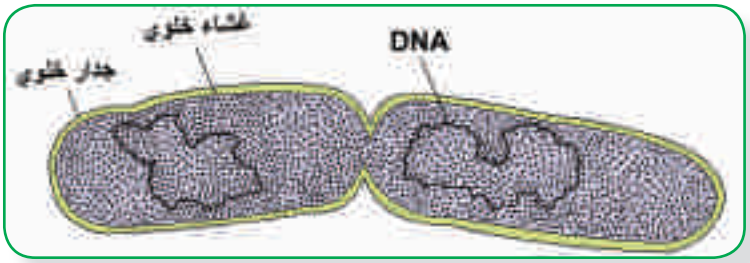
2 **التحول Transformation:** عملية انتقال DNA من خلايا بكتيرية ميتة إلى خلية بكتيرية حية عبر الغشاء الخلوي.

سؤال: كيف يحدث التحول بالرغم من وجود تراكيب لحماية البكتيريا؟

3 **الإنقال الفيروسي Transduction:** يتم انتقال جزء من المادة الوراثية من خلية بكتيرية إلى خلية بكتيرية أخرى من خلال الفيروسات مهاجمة البكتيريا Bacteriophages.

1 .7 نمو البكتيريا وتكاثرها

إذا ما توفرت الظروف المناسبة لنمو البكتيريا، فإنها تنمو إلى ما يقارب ضعف حجمها، وتنقسم الخلايا البكتيرية بالانشطار الثنائي Binary Fission، حيث تنقسم كل خلية إلى خليتين في فترة زمنية مقدارها (20-30 دقيقة) كما في بكتيريا القولون العصوية *Escherichia coli*، أنظر الشكل (16).



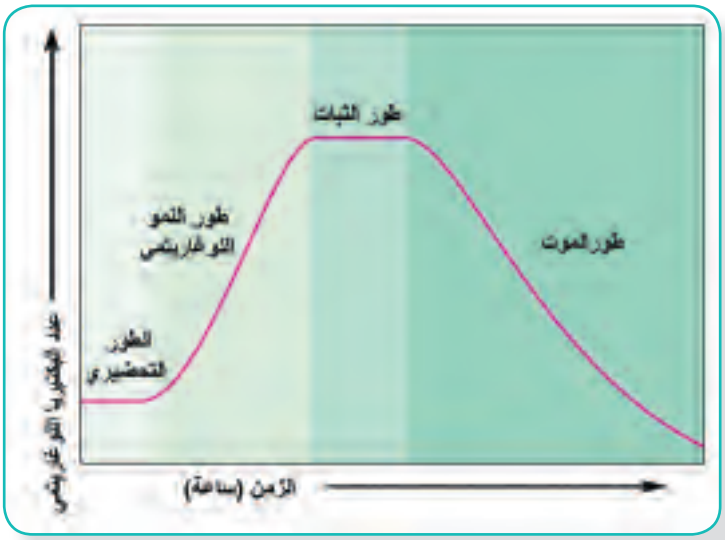
الشكل (16): الانشطار الثنائي في البكتيريا

مراحل نمو المزرعة البكتيرية

يمر نمو المزرعة البكتيرية بأربع مراحل، يُطلق عليها أطوار النمو، أنظر الشكل (17):

1 الطور التحضيري Lag Phase: تبدأ البكتيريا بالتكيف مع ظروف الوسط، وتبدأ بتكوين التراكيب اللازمة للانقسام من DNA وبروتينات وأنزيمات، وقد يبدأ الانقسام بشكل بطيء.

2 طور النمو اللوغاريتمي Log Phase: وهو أنشط أطوار الانقسام وفيه تتكاثر البكتيريا بشكل تصاعدي عن طريق الانشطار الثنائي.



الشكل (17): منحنى النمو لمزرعة بكتيرية

3 طور الثبات Stationary Phase: يؤدي استهلاك المواد الغذائية، وتراكم نواتج عمليات الأيض السامة إلى انخفاض عدد البكتيريا الناتجة ليتساوى مع عدد البكتيريا الميتة.

4 طور الموت Death Phase: يستمر نقص الغذاء وتراكم الفضلات السامة فيصبح عدد البكتيريا التي تموت أكبر بكثير من التي تنتج عن الانقسام.

سؤال: على ماذا يعتمد شكل المنحنى في الشكل (17)؟



8.1 الظروف الملائمة لنمو البكتيريا

تتأثر أنشطة البكتيريا بشكل كبير بكثير من العوامل في الوسط المحيط، ومنها:

1 **التغذية:** تصنف البكتيريا بالاعتماد على طرق تغذيتها إلى:

أ- بكتيريا ذاتية التغذية Autotrophs: تقوم بصنع غذائها من عناصر ومركبات غير عضوية، مثل ثاني أكسيد الكربون، أو النيتروجين، أو الكبريت، وتشمل:

1- بكتيريا ذاتية التغذية الضوئية Phototrophic Autotroph: تستخدم الطاقة الضوئية للقيام بعملية البناء الضوئي، مثل البكتيريا الخضراء المزرقة. أبحث عن أمثلة أخرى.

2- بكتيريا ذاتية التغذية الكيميائية Chemotrophic Autotroph: تستخدم الطاقة الكيميائية الناتجة من أكسدة وتحليل عناصر ومركبات غير عضوية مثل الأمونيا لتثبيت ثاني أكسيد الكربون وصنع الغذاء، كما في بكتيريا النيتروزوموناس *Nitrosomonas*، أذكر أمثلة أخرى.

ب- بكتيريا غير ذاتية التغذية Heterotrophs: تقوم هذه البكتيريا بتحليل المركبات العضوية كالكربوهيدرات والدهون؛ لتحصل على الغذاء والطاقة اللازمة لها مثل البكتيريا المتطفلة والرمية.

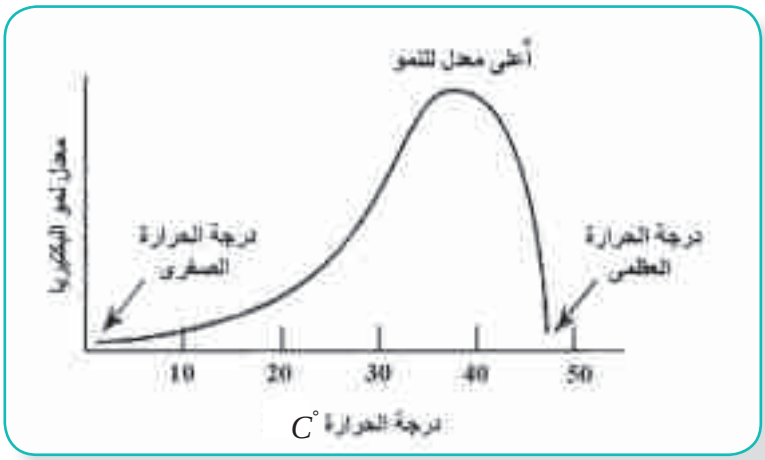
2 **درجة الحرارة:** بالاعتماد على الشكل (18)، يتفاوت نمو البكتيريا في درجات الحرارة المختلفة، فنلاحظ أن الزيادة في درجة الحرارة تؤدي إلى زيادة معدل النمو البكتيري، حتى تصل لدرجة الحرارة المُثلى، وبعد ذلك ينخفض معدل النمو البكتيري.

أدرس الشكل (18) ثم أجيب عن الأسئلة الآتية:

1- لماذا تؤدي الزيادة في درجة الحرارة إلى حد معين إلى زيادة معدل نمو البكتيريا؟

2- أوضح المقصود بدرجة الحرارة المثلى. هل يمكن تحديد قيمتها على المنحنى؟

3- لماذا ينخفض معدل نمو البكتيريا بعد الوصول لدرجة الحرارة المثلى؟



الشكل (18): العلاقة بين درجة الحرارة ومعدل نمو بكتيريا القولون العصوية *E.coli*

3 **الأكسجين:** تتفاوت حاجة البكتيريا للأكسجين الذي تأخذه عن طريق الانتشار، ويمكن تقسيم البكتيريا بحسب حاجتها للأكسجين إلى ثلاثة أنواع:

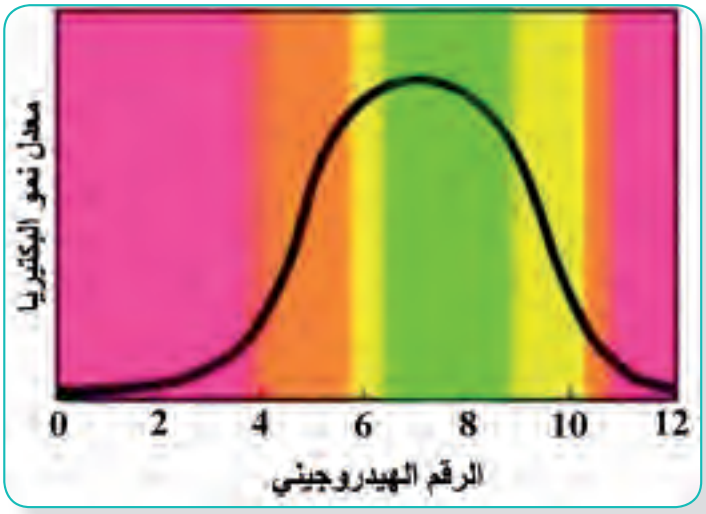
1. **بكتيريا هوائية إجبارية Obligate Aerobes:** تحتاج الأكسجين في عملية التنفس مثل: البكتيريا المسببة لمرض السل *Mycobacterium tuberculosis*.

2. **بكتيريا لاهوائية إجبارية Obligate Anaerobes:** لا تعيش إلا في غياب الأكسجين، حيث تقوم بعملية التنفس اللاهوائي، كما في البكتيريا المسببة للكزاز *Clostridium tetani*.

3. **بكتيريا هوائية اختيارية Facultative Aerobes:** تنمو بوجود الأكسجين أو عدمه، ولكنها تفضل العيش في وسط به أكسجين، أي أنها تقوم بعملية التنفس الهوائي واللاهوائي، كما في بكتيريا القولون *Escherichia coli*.

سؤال: لديك عينة بكتيرية في وسط غذائي سائل كيف تستطيع أن تحدد نوع البكتيريا الموجودة في العينة بحسب حاجتها للأكسجين؟

4 **الرقم الهيدروجيني pH:** يؤثر الرقم الهيدروجيني على معدل النمو البكتيري، من خلال تأثيره المباشر على الأنزيمات التي تدخل في العمليات الحيوية، ومعظم أنواع البكتيريا تعيش في الأوساط المتعادلة، والقليل منها يعيش في الأوساط الحمضية أو القاعدية. أنظر الشكل (19).



الشكل (19): العلاقة بين الرقم الهيدروجيني ومعدل النمو لأحد أنواع البكتيريا

9. 1 ضبط نمو البكتيريا

يمكن الوقاية من التلوث البكتيري عن طريق ضبط أو قتل البكتيريا في أوساط نموها، وذلك باستخدام إحدى الطرق الآتية:

1 **التسخين:** يؤدي ارتفاع درجات الحرارة (إلى ما بعد الدرجة المثلى لنمو البكتيريا وتكاثرها) إلى وقف نمو البكتيريا، وقتلها، ومن خلال عملية البسترة يُمكن قتل الخلايا الخضرية على درجة حرارة 70 C° لمدة 15 ثانية، ومن الطرق الأخرى المستخدمة في التعقيم: رفع درجة الحرارة إلى درجة الغليان، واستعمال الأفران، وأجهزة الضغط الحرارية Autoclave.

2 **الترشيح:** يتم تنقية السوائل من البكتيريا باستخدام مرشحات قطرها أقل من حجم البكتيريا، وبالتالي فصل البكتيريا من السوائل.

3 **الأشعة فوق البنفسجية:** تُستعمل للتعقيم وقتل الجراثيم في غرف العمليات الجراحية، ومختبرات الأبحاث.

4 **المواد الكيميائية:** مثل الكحول واليود الذي يُستخدم لتطهير الجروح، ويُستخدم الكلور في معالجة المياه لقتل البكتيريا.

5 **التجميد والتبريد:** تستعمل لحفظ المواد الغذائية، فالبراد الذي يعمل على درجة 4 C° يثبط نمو معظم أنواع البكتيريا.

10.1 المضادات الحيوية Antibiotics

تم اكتشاف المضادات الحيوية من قبل العالم الإنجليزي فلمنج عام 1928م أثناء تجاربه على البكتيريا العنقودية، وفي عام1940م تمكن العالمان فلوري وتشين Flory & Chain من فصل البنسلين في صورة بلورات بيضاء نقية. وكان لاكتشاف المضادات الحيوية دور في علاج كثير من الأمراض التي تسببها البكتيريا.

وتُعرَّف المضادات الحيوية على أنها مواد عضوية تنتجها كائنات دقيقة مثل البكتيريا والفطريات تكون قادرة على قتل أو تثبيط نمو الكائنات الدقيقة الأخرى. تؤثر المضادات الحيوية على البكتيريا بطرق مختلفة، فمثلاً الستربتوميسين Streptomycin يوقف بناء البروتين في الرايبوسومات، و البنسلين Penicillin يوقف بناء الجدار الخلوي أثناء انقسام الخلية البكتيرية؛ ما يؤدي إلى خروج مكوناتها، وبالتالي موتها، والريفامبين Rifampin الذي يوقف بناء الحمض النووي RNA.

وعلى الرغم من الفوائد الكثيره للمضادات الحيوية في علاج كثير من الأمراض؛ إلا أن هناك محاذير من استخداماتها، فقد تؤدي إلى آثار جانبية، مثل الحساسية التي يسببها البنسلين، أو قتل البكتيريا النافعة التي تعيش في الجسم، وقد تؤثر على بعض أعضاء الجسم مثل الكلى. ومن المخاطر الكبيرة للاستعمال الخاطئ للمضادات الحيوية نشوء سلالات من البكتيريا مقاومة للمضادات الحيوية يصعب علاجها.

قضية للبحث: تتجه العلاجات الحديثة لاستخدام الخلاصات العشبية في العلاج بديلاً عن المضادات الحيوية، أكتب تقريراً عن بعض النباتات الطبية الموجودة في فلسطين، التي تستخدم في علاج الأمراض البكتيرية.

نشاط (4): أثر المضادات الحيوية على البكتيريا

تؤثر المضادات الحيوية على نمو البكتيريا ولتحديد أثرها، أقوم بتنفيذ النشاط الآتي:

المواد والأدوات:

مزارع بكتيرية حديثة العمر، مضادات حيوية مختلفة (Streptomycin،Chloramphenicol)، حاضنة، لهب بنسن، إبر معقمة، ومسطرة.

خطوات العمل:

1. يتم تقسيم الطلبة إلى مجموعات وتوزع الأدوات على كل مجموعة.
2. تأخذ كل مجموعة مزرعتين ويتم تسمية كل مجموعة باسم المضاد الحيوي الخاص بها (مزرعة تحمل اسم Chloramphenicol والثانية اسم Streptomycin).
3. أشعل لهب بنسن.
4. أفتح المزرعة بالقرب من اللهب لماذا؟ ثم أضع قرص المضاد الحيوي بواسطة إبرة معقمة.
5. أقفل المزرعة وأضعها في الحاضنة على درجة 37 ^{o}C لمدة 24 ساعة.
6. في اليوم التالي أفحص المزارع البكتيرية. ماذا ألاحظ؟
7. من خلال ملاحظاتي كيف يتم تحديد المضاد الحيوي المناسب للبكتيريا المستخدمة؟
8. يقوم المعلم بالتخلص من مزارع البكتيريا بوضعها في أكياس خاصة بالتعقيم (Biohazard Bags) ومن ثم وضعها في جهاز الضغط الحراري(Autoclave).

11.1 أهمية البكتيريا

على الرغم من الأضرار الكثيرة التي تسببها بعض أنواع البكتيريا من أمراض للإنسان والحيوان والنبات، وفساد للأغذية، إلا أنه يمكن الاستفادة منها في مجالات متعددة منها:

أ- في البيئة: تسهم مع الفطريات في تحليل الأجسام الميتة مزودة التربة بعناصر غذائية أساسية تزيد من خصوبتها. كما أنها تخلص البيئة من مخلفات المصانع بما فيها من عناصر ثقيلة مثل الرصاص والزئبق، ومعالجة المياه العادمة، ومعالجة النفايات لإنتاج غاز الميثان المستعمل في إنتاج الطاقة. كما تستخدم في التخلص من البقع النفطية المتسربة إلى الماء.



الشكل (20): عقد جذور فول الصويا

سؤال: ما السبب في تحلل البترول في مستودعاته الضخمة في المطارات؟

ب- في الزراعة: تنتج بعض انواع البكتيريا بلورات سامة مرافقة للأبواغ تستخدم للقضاء على كثير من الحشرات، وبعض أنواع البكتيريا تقوم بتثبيت النيتروجين الجوي في جذور النباتات البقولية. أنظر الشكل (20).

جـ- في التكنولوجيا الحيوية والصناعة: للبكتيريا خصائص مميزة مثل تراكيبها الوراثية البسيطة، واحتوائها على البلازميد، وسهولة تنميتها، وسرعة تكاثرها. حيث مكنت العلماء من استخدامها في المجالات الآتية:

1. تستخدم بعض أنواعها في الحصول على المضادات الحيوية.
2. تستعمل في تخمير المواد العضوية منتجة الكحول الطبي، وأنزيمات هاضمة تستخدم في مواد التنظيف.
3. إنتاج اللقاحات والأمصال الطبية والهرمونات بكميات تجارية.
4. بعض أنواع البكتيريا تقوم بتخمير سكر اللاكتوز في الحليب لصنع اللبن الرائب، والزبدة.
5. تعيش بعض أنواع البكتيريا معيشة تقايضية مع كائنات حية أخرى، مثل بكتيريا القولون التي تعيش في قولون الإنسان حيث تساعد في هضم الطعام، وإنتاج الفيتامينات، مثل فيتامين K و فيتامين B_{12}.

مشروع الفصل
تصميم مجسم ثلاثي الأبعاد لخلية بكتيرية

الأدوات المطلوبة:

ورق مقوى، وخيوط سميكة ملونة أو أسلاك ملونة، وألوان، ومقص.

خطوات العمل:

1. يقسم الطلبة إلى مجموعات، وتكلف كل مجموعة بالاستعانة بما درسته عن تراكيب البكتيريا بتصميم مجسم ثلاثي.
2. يتم عرض النماذج المختلفة والمقارنة بينها، وتوضيح أسباب وجود اختلافات بين النماذج التي قام الطلبة بتصنيعها.

أسئلة الفصل

السؤال الأول: أضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة:

1 أي الآتية تتميز باحتواء جدارها الخلوي على الببتيدوغلايكان؟

أ- المنتجة للميثان ب- المحبة للملوحة العالية جـ- المتقلبات د- المحبة للحموضة والحرارة

2 ما أكبر شُعب البكتيريا؟

أ- المتقلبات ب- الخضراء المزرقة جـ- النباتية د- المنتجة للميثان

3 ضمن أي مجموعة تصنف بكتيريا النيتروزموناس؟

أ- ذاتية التغذية الضوئية ب- ذاتية التغذية الكيميائية

جـ- متطفلة د- مترمّمة

4 أي من الآتية تُستخدم لقتل البكتيريا؟

أ- أشعة الضوء المرئي ب- التسخين

جـ- الزراعة في وسط غذائي د- البراد (الثلاجة)

السؤال الثاني: ما الأسس المعتمدة في تصنيف البكتيريا؟

السؤال الثالث: أقارن بين البكتيريا والبكتيريا القديمة من حيث تركيب الجدار الخلوي وظروف المعيشة.

السؤال الرابع: أعطي مثالاً لكل نوع من أنواع البكتيريا الآتية:

أ- كروية ثنائية التجمع ب- كروية سبحية.

جـ- عصوية واوية. د- لولبية.

السؤال الخامس: ما أهمية كل مما يأتي في البكتيريا؟

الميسوسومات، الشعيرات الجنسية، الأسواط.

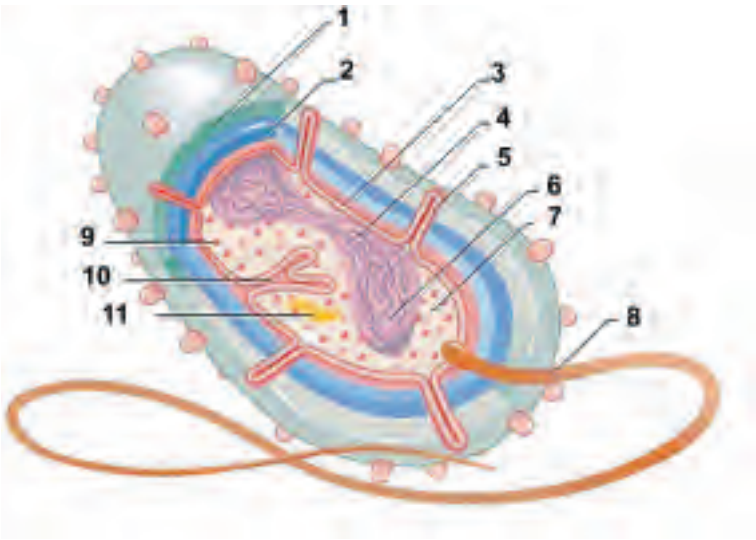
السؤال السادس: أذكر التراكيب التي تُمكن البكتيريا من الالتصاق بأنسجة العائل ومقاومة الظروف البيئية الصعبة.

السؤال السابع: أعلل ما يأتي:

1. تستطيع البكتيريا القديمة العيش في بيئات صعبة.
2. تقوم البكتيريا الخضراء المزرقة بعملية البناء الضوئي رغم عدم احتوائها على بلاستيدات.
3. استخدام البكتيريا في مجال التقانة الحيوية.
4. بالرغم من قدرة المضادات الحيوية على مقاومة البكتيريا الممرضة إلا أنه يجب تناولها من خلال استشارة طبية فقط.

السؤال الثامن: تتفاوت البكتيريا في حاجتها للأكسجين وتتنفس بطرق مختلفة، أذكر هذه الطرق مع إعطاء أمثلة.

السؤال التاسع: الرسم الآتي يشير إلى الخلية البكتيرية



1. أسمي الأجزاء (1،3،4،5،6)
2. صنفت البكتيريا حسب الاختلاف في تركيب الجزء رقم (2) إلى نوعين. أذكرهما، مبيناً الفرق بينهما.

السؤال العاشر: كيف تتمكن البكتيريا ذاتية التغذية الكيميائية من تثبيت ثاني أكسيد الكربون رغم عدم احتوائها على صبغة الكلوروفيل؟

السؤال الحادي عشر: ما الأسباب التي أدت إلى عدم قدرة البكتيريا على التكاثر الجنسي؟

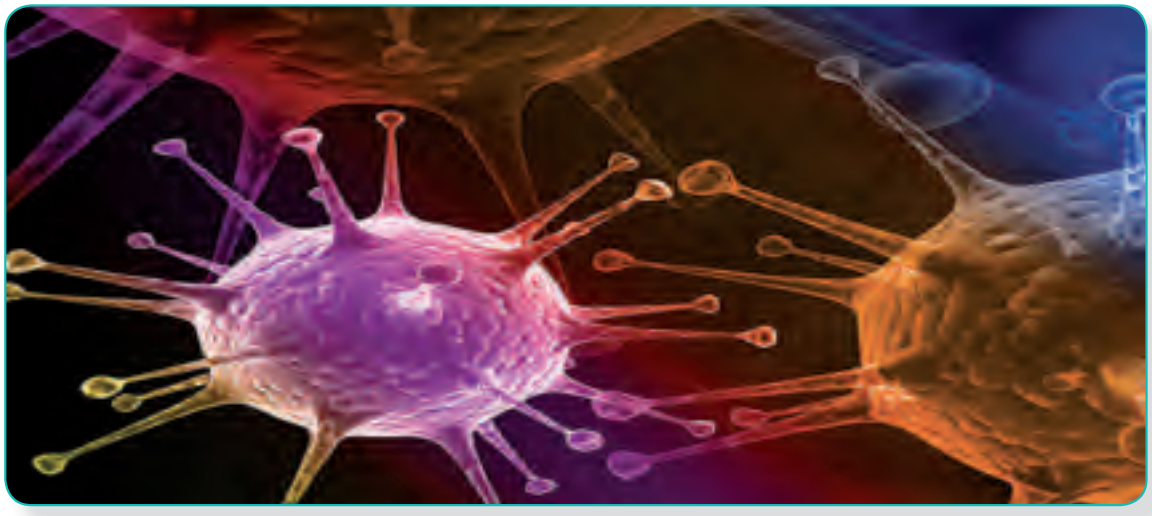
الفصل الثاني 2

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؟ وما الأمراض التي تسببها؟

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.
5. وصف بعض الأمراض الفيروسية.
6. تبيان أهمية الفيروسات في مجال التقانة الحيوية.
7. تصميم مجسمات للأشكال المختلفة من الفيروسات



الفيروس المسبب لمرض الأنفلونزا

1 . 2 لمحة تاريخية *

اكتشفت الفيروسات صدفة أثناء إجراء العالم أدولف مايرAdolf Mayer بحوثا على تبرقش أوراق التبغ، أنظر الشكل (1)، حيث توصل لوجود دقائق أصغر من البكتيريا تسبب المرض، ثم تبعه العالم الروسي إيفانوفسكي Ivanowsky الذي تمكن من تصفية عصارة أوراق التبغ المصابة باستخدام مرشحات خاصة لا تسمح للبكتيريا بالمرور، وقام بمسح العصارة بأوراق غير مصابة فلاحظ إصابتها بالمرض. وقد تبين له أن مسبب المرض أصغر من البكتيريا، حيث نفذ عبر المرشحات البكتيرية، ولكنه لم يستطيع رؤيتها مجهريا. وهو أول من أطلق على مسبب المرض اسم فيروس، ويعني باللاتينية (سُماً) لأن أثره يشبه السم.

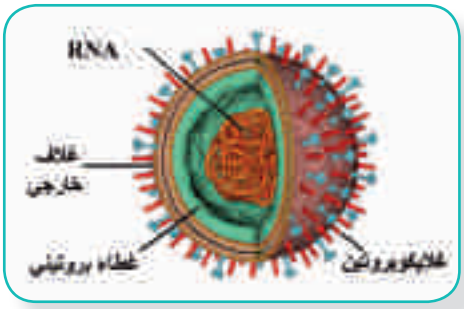


الشكل (1): نبتة مصابة بمرض تبرقش نبات التبغ

واستمر هذا الاعتقاد إلى أن أكده العالم بجرنك Beijerinck عام 1898م، ثم تمكن العالم فيندل ستانلي Wendell Stanley عام 1935م من عزل فيروس تبرقش التبغ كيميائياً على شكل بلورات، وأطلق عليه اسم فيروس التبغ الفسيفسائيTobacco Mosaic Virus-TMV، وتم لاحقاً التعرف على كثير من الفيروسات باستخدام المجهر الإلكتروني، الذي اخترع في الثلاثينيات من القرن الماضي.

2 . 2 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 (2).



الشكل (2): التركيب الأساسي لفيروس الأنفلونزا

* للإطلاع

3 . 2 أشكال الفيروسات

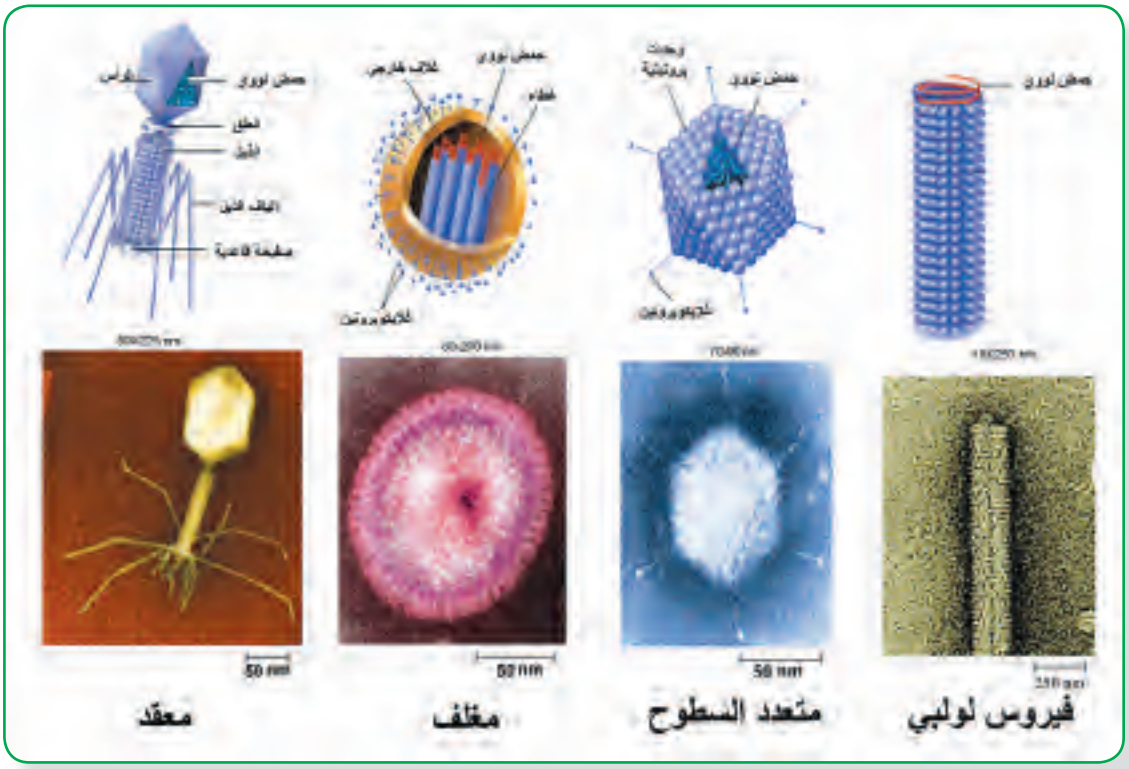
تتنوع أشكال الفيروسات تبعاً لتركيب وشكل الغطاء البروتيني لها، وسنتعرف على أربعة أشكال منها، أنظر الشكل (3).

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(3): أشكال بعض أنواع الفيروسات وتركيبها

2 .4 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.

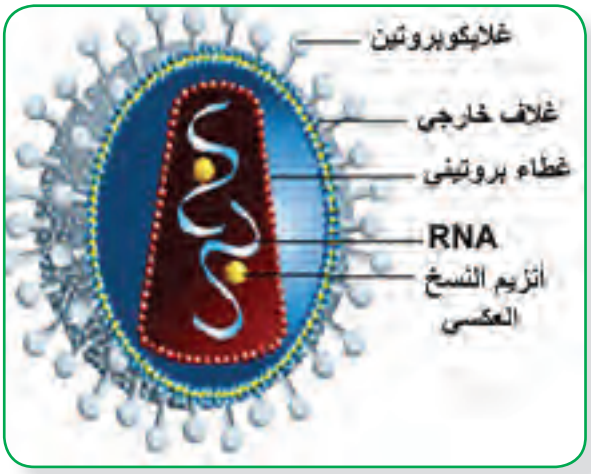
جـ- نوع الكائن المضيف: نبات، أو إنسان، أو حيوان، أو بكتيريا...

د- من حيث شكل الفيروس كما ورد سابقا

هـ- وجود الغلاف الخارجي.

2 .5 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.



الشكل (4): فيروس مرض نقص المناعة المكتسبة HIV

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.

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 RNAجديدة وبروتينات خاصة بالفيروس. ومن أمثلتها فيروسHIV المسبب لمرض الإيدز أنظر الشكل (4).

سؤال: لماذا تُعدّ بعض أنواع فيروسات RNA مسرطنة؟

تضاعف الفيروسات مهاجمة البكتيريا (الفاجات)

تحتوي الفيروسات مهاجمة البكتيريا (الفاجات) على الحمض النووي DNA، وتتكاثر داخل خلايا البكتيريا بآليتين هما الدورة المحللة والاندماجية. أنظر الشكل (5).

أولاً: الدورة المحللة Lytic Cycle

وتتضمن هذه الدورة المراحل الآتية:

1. **التصاق الفيروس Attachment:** يرتبط الفيروس بواسطة ألياف الذيل بموقع استقبال خاصReceptor Site على السطح الخارجي لجدار الخلية البكتيرية.
2. **حقن المادة الوراثية Injection:** يقوم الفيروس بحقن مادته الوراثية (DNA) داخل خلية العائل، ويبقى الغطاء البروتيني خارج الخلية.
3. **التضاعف والبناء Biosynthesis:** يوجه DNA الفيروسي الخلية لمضاعفة مادته الوراثية وبناء بروتيناته مستخدماً أنزيمات العائل ومكوناته الخلوية.
4. **التجميع Assembly:** يتم تجميع مكونات الفيروس بعضها مع بعض لإنتاج فيروسات جديدة.
5. **خروج الفيروسات Release:** تنفجر الخلية البكتيرية وتتحلل مطلقة الفيروسات الجديدة.

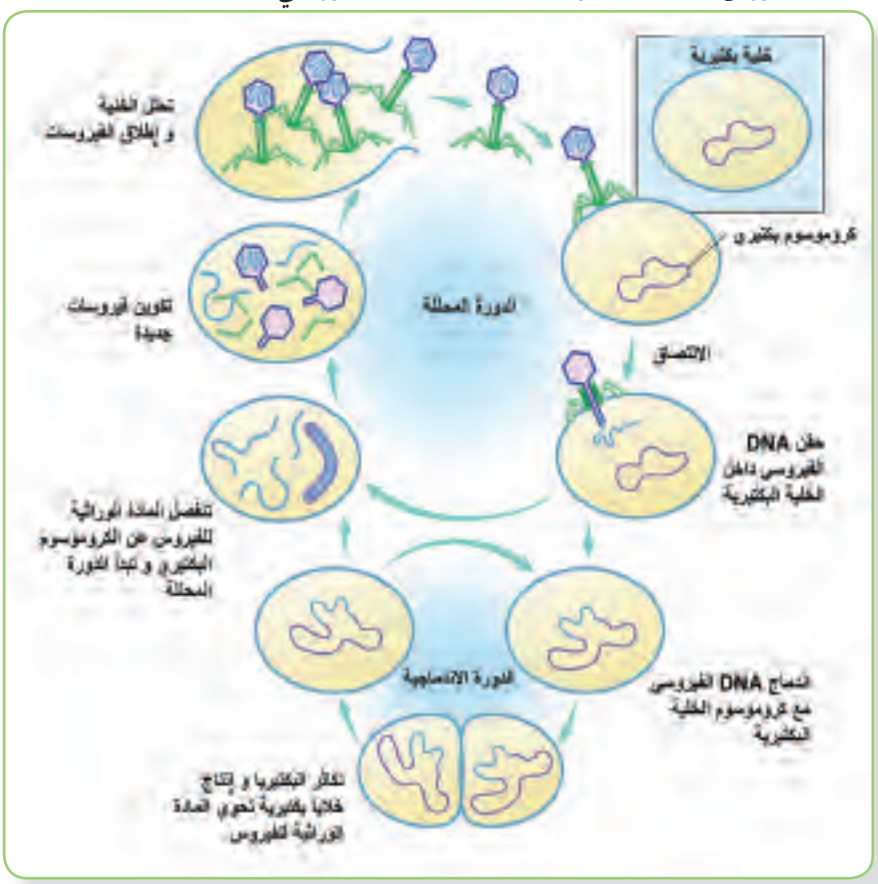
ثانياً: الدورة الاندماجية Lysogenic Cycle

تحدث وفق الخطوات الآتية:

1. بعد دخول DNA الفيروسي إلى داخل الخلية فإنه يندمج مع DNA البكتيري.
2. يتضاعف DNA الفيروسي مع تضاعف DNA البكتيري لعدة أجيال. وهذا يمكن الفيروس من التكاثر داخل الخلية دون قتلها.
3. ينفصل DNA الفيروسي عن DNA البكتيري، ويسيطر على أنشطة الخلية، ويوجهها لبناء فيروسات جديدة، حيث:

أ- يدخل الفيروس الدورة المحللة، وعندما تصبح الظروف ملائمة تنفجر الخلية البكتيرية، وتطلق الفيروسات من جديد.

ب- عند انفصال الحمض النووي الفيروسي عن كروموسوم الخلية البكتيرية، قد يحمل معه قطعة من جزيء DNA البكتيري، ويحيطها بغلافه البروتيني؛ وبهذا ينتقل جزء من المادة الوراثية للبكتيريا إلى خلية بكتيرية ثانية عند مهاجمة الفيروس لها فيما يعرف بعملية الانتقال الفيروسي.



الشكل (5): الدورة المحللة والاندماجية

سؤال: بالاستعانة بالشكل (5) الذي يوضح مراحل الدورة المحللة، أبين سبب تسمية الدورة المحللة بهذا الاسم.

6. 2 أمراض الفيروسات

إن معظم الإصابات الفيروسية تتم عند مهاجمة الفيروسات لخلايا الجسم، فكيف تسبب الفيروسات المرض؟

تستخدم الفيروسات إحدى الآليات الآتية:

1. تُحطم الفيروسات الخلايا المصابة عند تكاثرها مسببة أعراض المرض.
2. تتدخل في العمليات الحيوية.

3 تندمج مع DNA للخلايا المصابة، لإنتاج المكونات البروتينية للفيروس وتضاعف مادته الوراثية، ما يؤدي إلى ضعف الخلية، وبعض الفيروسات تسبب السرطان.

علاج الأمراض الناتجة عن الفيروسات في كثير من الحالات غير ممكن، إلا أن هناك بعض الأدوية الحديثة تعمل على الحد من انتشار الفيروسات في الجسم من خلال تنشيط جهاز المناعة، ومن ثم القضاء عليها.

سؤال: لماذا يصعب علاج الأمراض الفيروسية؟

أمثلة على الأمراض الفيروسية

1 **الإنفلونزا Influenza:** عدوى فيروسية تنتشر بين جميع الفئات العمرية، تصيب الأغشية المخاطية في الجهاز التنفسي للإنسان؛ مؤدية إلى ارتفاع في درجة الحرارة، وآلام في العضلات والمفاصل، واحتقان الأنف، يبدأ المرض بالتلاشي تدريجياً، وقد يستمر لغاية أسبوع. وتنشأ العدوى عبر الرذاذ المنتشر نتيجة العطس، أو استخدام الأدوات الشخصية للمريض.

قضية للبحث: ما الفرق بين الإنفلونزا ونزلات البرد؟

2 **الهيربس البسيط Herpes:** عدوى فيروسية تصيب الجلد، يسببها فيروس يسمى اختصارا (HSV) Herpes Simplex Virus، وتؤدي إلى ظهور تقرحات تنتشر في أنحاء الجسم خاصة حول الفم، والأنف، والعينين، والأعضاء التناسلية، و قد ينتشر في جميع أنحاء الجسم، يصاحبها ارتفاع في درجة الحرارة والآم في العضلات، وقد تتحول التقرحات لاحقا إلى بثور تندمل، وتعاود نشاطها من وقت إلى آخر، خاصة في منطقة الظهر، وينشط الفيروس في حالات يكون فيها جهاز المناعة ضعيفاً، خاصة عند مرضى السرطان الذين يخضعون لجلسات العلاج الكيماوي، أو بعد عمليات نقل وزراعة الأعضاء واستخدام الأدوية المثبطة للمناعة. أنظر الشكل (6).



الشكل (6): أعراض الهيربس

3 **شلل الأطفال Poliomyelitis:** مرض فيروسي شديد العدوى، يسببه فيروس Poliovirus، يصيب الأطفال، وينتقل عبر الجهاز الهضمي من خلال الماء والطعام الملوثين، أو عن طريق البراز، حيث يتم امتصاصه وينتقل عبر الدم للجهاز العصبي، فيدمر الخلايا العصبية في الحبل الشوكي (المسؤولة عن حركة العضلات)؛ ما يؤدي لحدوث شلل عضلي يصيب الساقين عادة، ومن الممكن أن يؤدي إلى الوفاة.

للوقاية من المرض يتم تطعيم الأطفال في سن مبكرة باللقاحات المخصصة.



قضية للبحث: أكتب تقريراً عن أحد الأمراض الفيروسية المنتشرة في فلسطين، أو عن أحد الأمراض الآتية: أنفلونزا الطيور، أو جدري الماء، أو الحصبة، أو الإيدز.



7.2 الفيروسات والتقانة الحيوية

تهدف التقانة الحيوية للاستفادة من الكائنات الحية في المجالات الزراعية والاقتصادية والطبية وغيرها، ومن أكثر الكائنات التي يتم استخدامها الفيروسات التي تستعمل ناقلاً لبعض الجينات التي تحمل صفات مرغوباً فيها فمثلاً:



في الزراعة

أ- تستخدم الفيروسات في نقل جينات بعض الصفات المرغوب فيها (مثل تحمل درجة الحرارة والجفاف) من النباتات الصحراوية إلى نباتات أخرى.

ب- مضاعفة كميات المحاصيل الناتجة، وبالتالي المساعدة في حل مشكلة المجاعة وارتفاع أسعار الغذاء، ومعالجة المياه من بعض أنواع البكتيريا الضارة باستخدام الفاجات.

جـ- في المكافحة الحيوية، حيث تستخدم بعض أنواع الفيروسات للقضاء على أنواع معينة من الحشرات، والآفات الزراعية.



في الطب

تمت الاستفادة من الفيروسات في علاج عدة أمراض مثل علاج النقص المناعي الحاد SCID، وإنتاج اللقاحات والأبحاث المتعلقة بالعلاج الجينيGene Therapy المتمثلة في علاج بعض الأمراض الوراثية وبعض أنواع الأورام السرطانية.

أسئلة الفصل

السؤال الأول: أضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة:

1) بماذا تحاط المادة الوراثية في الفيروس؟

أ- غلاف نووي ب- غطاء بروتيني جـ- غشاء خلوي د- جدار خلوي

2) في أي مرحلة تتحلل البكتيريا في الدورة المحللة لتكاثر الفيروس؟

أ- الالتصاق ب- حقن المادة الوراثية جـ- خروج الفيروسات د- التجمع

3) أي من الآتية تُعدّ من تطبيقات استخدام الفيروسات في المجال الزراعي؟

أ- تلقيح النباتات ب- نقل جينات مرغوبة كمقاومة الجفاف

جـ- استخدامها كغذاء للنباتات د- نقل جينات من النبات إلى الإنسان .

4) بأية طريقة ينتقل فيروس شلل الأطفال للإنسان؟

أ- الجهاز الهضمي ب- الجهاز التنفسي جـ- الجلد د- نقل الدم

السؤال الثاني: عدّ العلماء الفيروسات حلقة وصل بين الكائنات والجماد

1) أصف تركيب الفيروسات بمختلف أشكالها.

2) أوضح أوجه الشبه بين الفيروسات والجماد من جهة والكائنات الحية من جهة أخرى.

السؤال الثالث: أذكر مثالاً لكل مما يأتي:

1) فيروس لولبي. 2) فيروس مغلف. 3) فيروس متعدد السطوح.

4) فيروس DNA. 5) فيروس RNA.

السؤال الرابع: على ماذا يعتمد علماء التصنيف في تصنيف الفيروسات؟

السؤال الخامس: أشرح مراحل الدورة المحللة لتكاثر الفيروس.

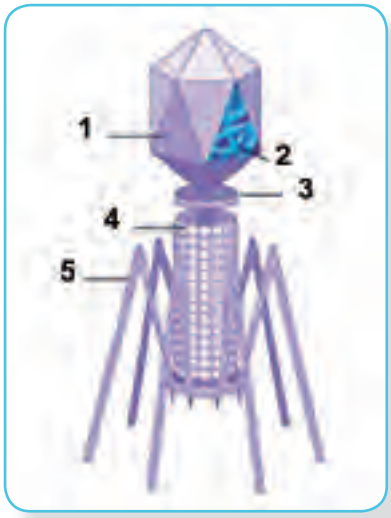
السؤال السادس: من الأمراض التي تسببها الفيروسات مرض الأنفلونزا

أ- أذكر أعراض المرض. ب- هل هنالك علاج للأمراض الفيروسية؟

السؤال السابع: أعلل ما يأتي:

1. يُعدّ الفيروس متطفلاً داخلياً إجبارياً.
2. تستخدم الفيروسات في مجال المكافحة الحيوية.
3. يكون الجسم عرضة للإصابة بالالتهابات البكتيرية عند الإصابة بالأنفلونزا.

السؤال الثامن: أدرس الشكل المقابل، ثم أجيب عن الأسئلة الآتية:



1. إلى ماذا تشير الأرقام من 1-4؟
2. ما أهمية الجزء الذي يشير له الرقم 5؟

السؤال التاسع: قد تصيب بعض أنواع الفيروسات أكثر من نوع من الأنسجة في جسم الكائنات الحية، أفسِّر ذلك .

السؤال العاشر: يعتقد علماء الأحياء أن الفيروسات تطورت من أصل الخلايا الأولية. لماذا يعتقد العلماء أن هذا ما تم فعلاً ؟

أسئلة الوحدة

السؤال الأول: أضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة:

1) أي المواد الآتية تكون الجدار الخلوي في البكتيريا؟

أ- السليولوز ب- الكايتين جـ- الغلايكوجين د- الببتيدوغلايكان

2) ما نوع البكتيريا التي تعد مثالا على بكتيريا القولون؟

أ- الكروية ب- العصوية جـ- اللولبية د- متغيرة الأشكال

3) ما البكتيريا المسببة لالتهاب الرئة؟

أ- لاهوائية إجبارية ب- هوائية اختيارية جـ- هوائية إجبارية د- لاهوائية اختيارية

4) مم يتكون غطاء الفيروس؟

أ- كربوهيدرات ب- بروتينات جـ- دهون د- سكريات

5) أي من الفيروسات الآتية يحتوي على الحمض النووي RNA؟

أ- الجدري ب- الكبد الوبائي جـ- الإيدز د- الفاجات

السؤال الثاني: أقارن بين البكتيريا الموجبة غرام والسالبة غرام من حيث:

أ- تركيب الجدار الخلوي ب- لون الصبغة التي تكتسبها

السؤال الثالث: أرتب في جدول أربعة فروق بين خلية بكتيرية وخلية نباتية.

السؤال الرابع: تستطيع بعض أنواع البكتيريا مقاومة الظروف البيئية وحماية نفسها من المواد الكيميائية والأدوية باستخدام تراكيب محددة:

أ- أعدد هذه التراكيب. ب- ما مكونات هذه التراكيب؟

السؤال الخامس: أذكر الطرق المستخدمة لضبط البكتيريا وقتلها في أوساط نموها.

السؤال السادس: تحدث الفيروسات المرض للإنسان عند مهاجمة خلاياه، أجيب عن الأسئلة الآتية:

أ- أعدد الآليات التي تستخدمها الفيروسات لإحداث المرض للإنسان.

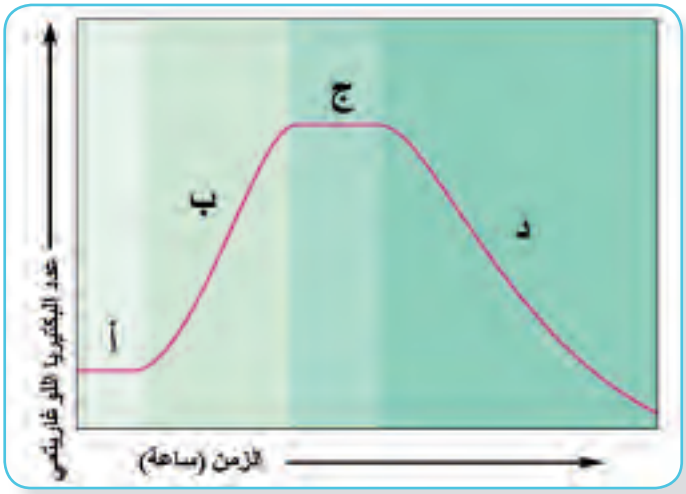
ب- ما أثر العلاجات الحديثة للقضاء على الفيروسات ومنع حدوث العدوى؟

السؤال السابع: أدرس منحنى النمو الآتي لمزرعة بكتيرية، ثم أجيب عن الأسئلة التي تليه:

أ- أذكر أسماء الأطوار أ، ب، ج، و د.

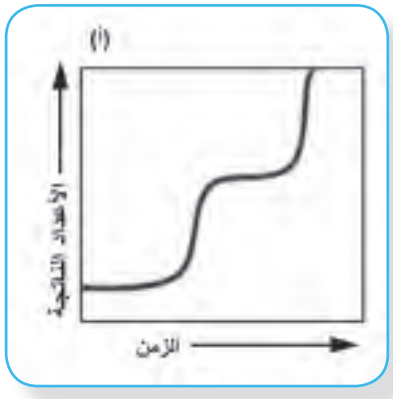
ب- لماذا يكون عدد البكتيريا الناتجة في الطور (ج) مساوياً لعدد البكتيريا التي تموت؟

جـ- في أي الأطوار تبدأ البكتيريا في تكوين المواد اللازمة للانقسام؟



السؤال الثامن: أذكر بعض استخدامات الفيروسات في مجال التقانة الحيوية.

السؤال التاسع: تمكن العلماء من خلال التقدم العلمي الكبير في مجال هندسة الجينات من تسخير كثير من الكائنات الدقيقة لخدمة الإنسان، هل تعتقد أنه بالإمكان مستقبلاً القضاء على جميع الكائنات الدقيقة الممرضة، وبالتالي التخلص من الأمراض التي تسببها للإنسان والحيوان والنبات؟ أفسر إجابتي



السؤال العاشر: أدرس الشكل المجاور الذي يمثل منحنى تكاثر نوع من الفيروسات. وأفسّر المنحنى.

السؤال الحادي عشر: أقيم ذاتي:

أعبر عن المفاهيم التي تعلمتها خلال دراستي للوحدة بما لا يزيد عن ثلاثة أسطر.

قائمة المراجع الإنجليزية

- Allott, A. and Mindorff, D. (2014) Oxford IB Diploma Program (2014 edition). Oxford: Oxford University Press. UK
- Blake, L. (2002). McGraw-Hill Ryerson biology 12. Toronto: McGraw-Hill Ryerson.
- Encyclopedia of microbiology. Moselia Schaecher. 2004 Elsevier.
- Gartnei, L. B. & Hiatt, J. (2006). Color Text Book of Histology (Third ed.). Saunders. USA.
- Griffiths, A. J. F. (2008). Introduction to genetic analysis (9th ed.). New York: W. H. Freeman & Co .
- Bruce Alberts, Alexander Johnson, Julian Lewis, David Morgan, Martin Raff, Keith Roberts, Peter Walter, editors. (2014) Molecular Biology of the Cell. Sixth Edition. Garland Science: New York and Abingdon, UK.
- Lisa A. Urry, Michael L. Cain, Steven A. Wasserman, Peter V. Minorsky, Jane B. Reece (2017). Campbell biology (Eleventh Edition). Pearson. USA.
- Losos, J. B., Mason, K. A., Singer, S. R., Raven, P. H., & Johnson, G. B. (2008). Biology (8th ed.). McGraw-Hill Higher Education. USA.
- Madigan. Michael and Martinko, Jon, and Parker,Jack(2000). Biology of Microorganism, 9th Ed, prentice- Hall, Inc, New Jeresy, USA.
- Reece, J. B., Urry, L. A., Cain, M. L., Wasserman, S. A., Minorsky, P. V., Jackson, R. B., & Campbell, N. A. (2014). Campbell biology (Tenth edition. ed.). Boston: Pearson. USA.
- Walpole, B. Merson, A. and Dann, L (2011) Biology for the IB Diploma. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Valerie, C. & Sanders, T. (2006). Essentials of Anatomy & Physiology (Fifth ed.). F. A Davis. USA.

قائمة المراجع العربية

- بيتر. ريفين، جورج، جونسون، جونثان، لوسوس، كينيث، ماسون، سوزان، سنجر.(2008) علم الأحياء . مكتبة العبيكان، الرياض، المملكة العربية السعودية.
- الرابطى، عبد الله محمد.(1997) علم الأحياء الدقيقة. (الطبعة الأولى)، الدار العربية للنشرجمهورية مصر العربية.
- النخال، حمزة محمد السيد.(1987) علم الأحياء الدقيقة، (الطبعة الأولى)، دار المعارف، جمهورية مصر العربية.
- كالابريزي، ليندا.(2007) جسم الإنسان. مؤسسة نوفل، بيروت، لبنان.
- عبد العزيز، محمد حلمي.(1994) أساسيات علم البكتيريا، دار المعارف، جمهورية مصر العربية.
- زيتون، عايش محمد.(2010) النظرية البنائية واستراتيجيات تدريس العلوم. دار الشروق. عمان، الأردن.
- وولكر، ريتشارد.(2006) الجينات والـ DNA؛ الحمض النووي الريبي المنقوص، مترجم بواسطة الدار العربية للعلوم -ناشرون، بيروت، لبنان.
- وزارة الصحة الفلسطينية.(2016) التقرير الصحي السنوي. مركز المعلومات الصحية الفلسطينية، فلسطين.

قائمة المراجع الإلكترونية

- http://4 Micro world.blog.spot.com/2009.
- http://www.news.medical.net/health/virus.
- https://www.britannica.com

المشروع

المشروع: شكل من أشكال منهج النشاط؛ يقوم الطلبة (أفراداً أو مجموعات) بسلسلة من ألوان النشاط التي يتمكنون خلالها من تحقيق أهداف ذات أهمية للقائمين بالمشروع.
ويمكن تعريفه على أنه: سلسلة من النشاط الذي يقوم به الفرد أو الجماعة لتحقيق أغراض واضحة ومحددة في محيط اجتماعي برغبة ودافعية.

ميزات المشروع:

1. قد يمتد زمن تنفيذ المشروع لمدة طويلة ولا يتم دفعة واحدة.
2. ينفّذه فرد أو جماعة.
3. يرمي إلى تحقيق أهداف ذات معنى للقائمين بالتنفيذ.
4. لا يقتصر على البيئة المدرسية وإنما يمتد إلى بيئة الطلبة لمنحهم فرصة التفاعل مع البيئة وفهمها.
5. يستجيب المشروع لميول الطلبة وحاجاتهم ويثير دافعيّتهم ورغبتهم بالعمل.

خطوات المشروع:

أولاً: اختيار المشروع: يشترط في اختيار المشروع ما يأتي:

1. أن يتماشى مع ميول الطلبة ويشبع حاجاتهم.
2. أن يوفّر فرصة للطلبة للمرور بخبرات متنوعة.
3. أن يرتبط بواقع حياة الطلبة ويكسر الفجوة بين المدرسة والمجتمع.
4. أن تكون المشروعات متنوعة ومترابطة وتكمل بعضها البعض ومتوازنة، لا تغلّب مجالاً على الآخر.
5. أن يتلاءم المشروع مع إمكانات المدرسة وقدرات الطلبة والفئة العمرية.
6. أن يُخطّط له مسبقاً.

ثانياً: وضع خطة المشروع:

يتم وضع الخطة تحت إشراف المعلم حيث يمكن له أن يتدخّل لتصويب أي خطأ يقع فيه الطلبة.

يقتضي وضع الخطة الآتية:

1. تحديد الأهداف بشكل واضح.
2. تحديد مستلزمات تنفيذ المشروع، وطرق الحصول عليها.
3. تحديد خطوات سير المشروع.
4. تحديد الأنشطة اللازمة لتنفيذ المشروع، (شريطة أن يشترك جميع أفراد المجموعة في المشروع من خلال المناقشة والحوار وإبداء الرأي، بإشراف وتوجيه المعلم).
5. تحديد دور كل فرد في المجموعة، ودور المجموعة بشكل كلّي.

ثالثاً: تنفيذ المشروع:

مرحلة تنفيذ المشروع فرصة لاكتساب الخبرات بالممارسة العملية، وتعدّ مرحلة ممتعة ومثيرة لما توفّره من الحرية، والتخلص من قيود الصف، وشعور الطالب بذاته وقدرته على الإنجاز حيث يكون إيجابياً متفاعلاً خلّاقاً مبدعاً، ليس المهم الوصول إلى النتائج بقدر ما يكتسبه الطلبة من خبرات ومعلومات ومهارات وعادات ذات فائدة تنعكس على حياتهم العامة.

دور المعلم:

1. متابعة الطلبة وتوجيههم دون تدخّل.
2. إتاحة الفرصة للطلبة للتعلّم بالأخطاء.
3. الابتعاد عن التوتّر مما يقع فيه الطلبة من أخطاء.
4. التدخّل الذكي كلما لزم الأمر.

دور الطلبة:

1. القيام بالعمل بأنفسهم.
2. تسجيل النتائج التي يتم التوصل إليها.
3. تدوين الملاحظات التي تحتاج إلى مناقشة عامة.
4. تدوين المشكلات الطارئة (غير المتوقعة سابقاً).

رابعاً: تقويم المشروع: يتضمن تقويم المشروع الآتي:

1. الأهداف التي وضع المشروع من أجلها، ما تم تحقيقه، المستوى الذي تحقّق لكل هدف، العوائق في تحقيق الأهداف إن وجدت وكيفية مواجهة تلك العوائق.
2. الخطة من حيث وقتها، التعديلات التي جرت على الخطة أثناء التنفيذ، التقيّد بالوقت المحّدد للتنفيذ، ومرونة الخطة.
3. الأنشطة التي قام بها الطلبة من حيث، تنوّعها، إقبال الطلبة عليها، توافر الإمكانات اللازمة، التقيد بالوقت المحدد.
4. تجاوب الطلبة مع المشروع من حيث، الإقبال على تنفيذه بدافعيّة، التعاون في عملية التنفيذ، الشعور بالارتياح، إسهام المشروع في تنمية اتجاهات جديدة لدى الطلبة.

يقوم المعلم بكتابة تقرير تقويمي شامل عن المشروع من حيث:

- أهداف المشروع وما تحقّق منها.
- الخطة وما طرأ عليها من تعديل.
- الأنشطة التي قام بها الطلبة.
- المشكلات التي واجهت الطلبة عند التنفيذ.
- المدة التى استغرقها تنفيذ المشروع.
- الاقتراحات اللازمة لتحسين المشروع.

لجنة المناهج الوزارية:

د. صبري صيدم	أ. ثروت زيد	د. شهناز الفار
د. بصري صالح	أ. عزام أبو بكر	د. سمية النخّالة
م. فواز مجاهد	أ. علي مناصرة	م. جهاد دريدي

اللجنة الوطنية لوثيقة العلوم:

أ.د. عماد عودة	أ. فراس ياسين	أ. خلود حمّاد	أ. أماني شحادة	د.عزيز شوابكة	أ. جمال مسالمة
د. رباب جرّار	أ. مرسي سمارة	أ. عفاف النجّار	أ. جنان البرغوثي	أ. أيمن شروف	أ. عايشة شقير
د. عفيف زيدان	د. جواد الشيخ خليل	أ. فضيلة يوسف	أ. رشا عمر	أ. حسن حمامرة	أ. محمود نمر
د. مراد عوض الله	د. سعيد الكردي	أ. مي اشتية	أ. عماد محجز	أ. رياض ابراهيم	أ. أسماء بركات
د.إيهاب شكري	د. محمد سليمان	د. حاتم دحلان	أ. محمد أبو ندى	أ. غدير خلف	أ. زهير الديك
أ.د.فتحية اللولو	د. معمر شتيوي	د. صائب العويني	د. خالد السّوسي	أ. مرام الأسطل	أ. رولى أبو شمه
أ. إيمان الريماوي	أ.د.خالد صويلح	أ.د. محمود الأستاذ	د. عدلي صالح	أ.سامية غبن	
أ. حكم أبو شملة	أ. أحمد سياعرة	د. معين سرور	د. محمود رمضان	أ. ياسر مصطفى	
أ. صالح شلالفة	أ. ابراهيم رمضان	د.سحر عودة	د. وليد الباشا	أ. بيان ربوع	

مراجعة العلوم الحياتية: أ. د. جهاد عبادي

المشاركون في ورشات عمل كتاب العلوم الحياتية للصف الثاني عشر:

د. عمر حمارشة	أ. معين بوادي	أ. مازن فحماوي	أ. هناء صلاح
أ.عايشة شقير	أ. هاني أبو عواد	ا. باسمة الاسطى	أ. وائل سلطان
ا. رياض ابراهيم	أ. عبير عيسى	أ. خالد ابراهيم	أ. مها عمار
د. سحر عودة	أ. ليلى بشير	أ. كريمة عوض الله	أ. عقل زقدح
د احمد عمرو	أ. ايناس أبو حمدة	أ. معن صالح	ا. رندة عبده
ا. ايمن العصا	أ. سعدية ابو طعيمة	ا. الهام صبيح	أ. سوزان جمهور
أ. فتحي أبو شهاب	ا. مها أبو سرور	أ. معتز شواهنة	أ. رهام هلال
ا. ربى قباجة	أ. خلود حماد	أ. يحيى عيسى	أ. محاسن عبدالله
أ.ابراهيم صوافطة	ا. أمل أبو حجلة	أ. عفاف النجار	أ. رباب ياسين
أ.خالد حلايقة	أ. سماهر غيث	أ. حمدة الشلالدة	أ. أسماء أبو السعود
ا. اسماعيل فرج الله	أ. مصطفى دراغمة	أ. أحمد الطردة	أ. فايق قاسم
ا. اسماعيل الجمل	أ. اسماعيل حلاحلة	أ. عبير الشعراوي	أ. خالد ابو رجيلة
أ.ناريمان أبو خرشيق	ا. نضال طبيشة	أ. لينداعايدة	أ. فريد قديح
أ. مها قاسم	أ. سهير شاور	أ. أشرف شريتح	أ. ابراهيم المعصوابي
أ. عماد أبو عرة	أ. سناء عيسى	أ. ايمان قطيط	أ. نزيه يونس
أ. منصور داوود	أ. سهيل الكحلوت	أ. رهام الناطور	أ. مرام الأسطل
أ. ربيع زايد	د. فيحاء البحش	أ. عايشة شولي	أ. ابراهيم دعيج
أ. عبد الحفيظ عامر	أ.عصام حرز الله	أ. صالح الفارس	أ. ياسين عبده
أ. سهير طنبوز	أ. عفاف رحال	أ. لينا غنام	أ. أحمد السماك
أ. منال أبو الريش	أ.عدنان مرعي	أ. مرام كميل	أ. محمد أحمد
أ. سليمان فلنة	أ.سائدة عطاطرة	أ. عبد الله قبها	أ. سميرة شحادة
أ. نهى الشريف	أ. لبنى رزق الله		أ. أسماء النبريص

تم مناقشة الكتاب بورشات عمل على مستوى مديريات الوطن

تَمَّ بِحَمْدِ اللّه