دولة ليبيا
وزارة التعليم
مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية

الأحياء

للسنة الثانية من مرحلة التعليم الثانوي
(القسم العلمي)

الدرس الرابع

المدرسة الليبية بفرنسا ـ تور

العام الدراسي:
1441 / 1442 هـ . 2020 / 2021 م.

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

الوحدة 3

التنفس
Respiration

أهداف التعلم

بعد الانتهاء من دراسة هذه الوحدة سوف تكون قادرًا على أن :

- تميز بين *التنفس الهوائي* و*اللاهوائي*.
- تميز بين التنفس والشهيق والزفير.
- تذكر استخدامات الطاقة في جسم الإنسان.
- تفهم إنتاج حامض اللاكتيك في عضلات الإنسان وتأثيراته أثناء التدريبات العنيفة.
- تفهم آلية تبادل الغازات في الإنسان.
- تستقصي تأثيرات التدريبات الرياضية على معدل التنفس وعمقه.
- توجد علاقة سببية بين خصائص الحويصلات الهوائية ووظيفتها في تبادل الغازات.

3 - 1 لماذا تتنفس الكائنات الحية؟

من أجل أن تحافظ الكائنات العضوية على بقائها، ولِكي تتحرك، وتنمو، وتتكاثر وتقوم بجميع وظائف الحياة، لابد أن تتوافر لها الطاقة. وتعتبر الطاقة التي يشعها ضوء الشمس المصدر المطلق (الأساسي) للطاقة. وتقوم النباتات الخضراء بتحويل هذه الطاقة أثناء البناء الضوئي إلى طاقة كيميائية تستطيع اختزانها في الأطعمة العضوية. وتحصل الحيوانات على هذه الطاقة المخزنة (طاقة كامنة) بتناول الأغذية العضوية التي تُصنعها النباتات الخضراء، أو بالتغذي على الحيوانات الأخرى.

بما أن الطاقة محتجزة في جزيئات الغذاء العضوي، يجب على الكائن العضوي تكسيرها لإطلاق الطاقة. ويتم تكسير المواد العضوية المعقدة (بصفة رئيسة الكربوهيدرات) عن طريق **الأكسدة** التي تحدث داخل كل خلية حية.

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

ولا ينطبق ذلك على الحيوانات فقط بل على النباتات الخضراء أيضًا. وتحدث عادة هذه العملية داخل الخلية، وهو ما يطلق عليه اسم **التنفس**، ولذلك:

تعريف التنفس هو أكسدة المواد الغذائية مع إطلاق للطاقة داخل الخلايا الحية.

ويوجد نوعان من التنفس: التنفس الهوائي، والتنفس اللاهوائي.

التنفس الهوائي

تعريف التنفس الهوائي هو تكسير المواد الغذائية في وجود الأكسجين، وإطلاق كميات كبيرة من الطاقة. وينتج عن ذلك تحرر ثاني أكسيد الكربون والماء في صورة فضلات.

المعادلة الإجمالية للتنفس الهوائي هي على النحو التالي:

هذه العملية أكثر تعقيدًا مما تبينه المعادلة السابقة، لأنها تتضمن العديد من التفاعلات. ويُحَفِّز كل تفاعل بمنظومة من الأنزيمات. وتعتبر خلايا الميتوكوندريا هي "المصانع" التي تحتوي على تلك الأنزيمات. ولذلك تُعتبر الميتوكوندريا مهمة في التنفس الهوائي.

وتتنفس معظم الحيوانات بما في ذلك الإنسان والنباتات الخضراء هوائيًّا. فهي كائنات عضوية نشطة بالمقارنة بغيرها من الكائنات الأخرى، وتحتاج إلى الكثير من الطاقة لكي تظل على قيد الحياة.

بعض استخدامات الطاقة

تستهلك الكثير من العمليات في الجسم الإنساني طاقة، مثل تكوين البروتينات من الأحماض الأمينية، وبناء البروتوبلازم اللازم للنمو، وانقسام الخلية. تحتاج كل تلك العمليات طاقة، فضربات القلب، وحركات التنفس، وغيرها من الانقباضات العضلية كلها عمليات مستهلكة للطاقة.

والنقل النشط الذي تنتقل به المواد مقابل تدرج التركيز يحتاج إلى الطاقة الناتجة من التنفس. يتضمن على سبيل المثال امتصاص الأمعاء الدقيقة لمواد غذائية معينة، وامتصاص خلايا الشعيرات الجذرية للأملاح المعدنية نقلًا نشطًا. وانتقال النبضات العصبية (الوحدة 6) هي عملية أخرى تستخدم الطاقة.

وتنطلق بعض الطاقة أثناء عملية التنفس في صورة حرارة. نحتاج الحرارة للشعور بالدفء (الوحدة 5: تنظيم حرارة الجسم).

الأفكار الدليلية

التنفس والأكسدة

الأكسدة هي عملية كيميائية تتضمن فقدانًا للإلكترونات. وبالإضافة إلى هذا التعريف يتضمن أيضًا تعريف الأكسدة إضافة الأكسجين أو فقدان الهيدروجين. وأثناء عملية التنفس تتأكسد المواد الغذائية العضوية لكي تنطلق الطاقة التي تستفيد منها الخلايا الحية في القيام بالعمليات الحيوية المتعددة.

ملحوظة

فقدان الكتلة الجافة

عند وزن أنفسنا، فإن الكتلة الناتجة هي محصلة كل المواد الموجودة في أجسامنا بما في ذلك الماء. وتعرف كتلة أجسامنا من دون كتلة الماء بـ **الكتلة الجافة** للجسم. وأثناء عملية التنفس عند تكسير السكر لتنطلق الطاقة، فإن ثاني أكسيد الكربون والماء الناتجان يخرجان من الجسم في صورة فضلات، فينتج عن ذلك فقدان في الكتلة الجافة. ويمكن إجراء تجارب توضح فقدان الكتلة الجافة في أنسجة التنفس.

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

تحليل

محصلة الطاقة من الجلوكوز

عند تكسير الجلوكوز أثناء عملية التنفس الهوائي يستخدم جزء من الطاقة في تكوين جزيء آخر يطلق عليه أدينوسين ثلاثي الفوسفات ATP، وهو مصدر سريع للحصول على كمية صغيرة من الطاقة. وتستخدم جزيئات ATP في الخلية الحية للقيام بالعمليات الخلوية بالكيفية وبالطريقة المطلوبة.

ويتطلب تصنيع مول واحد من ATP كيلو جول من الطاقة. وعلى الرغم من أن الأكسدة الكاملة لمول واحد من الجلوكوز تعطي 3000 كيلو جول من الطاقة، إلا أن التنفس الهوائي يطلق طاقة كافية لتصنيع 38 مول فقط من ATP.

30

احسب:

1 الطاقة اللازمة لتصنيع 38 مول من ATP.

2 نسبة الطاقة الكيميائية المنطلقة أثناء أكسدة مول واحد من الجلوكوز الذي يتحول إلى طاقة كيميائية تخزن في ATP.

3 كمية الطاقة الحرارية المنطلقة نتيجة الأكسدة الكاملة لمول واحد من الجلوكوز أثناء التنفس الهوائي.

التنفس اللاهوائي

تعريف

التنفس اللاهوائي هو تكسير المواد الغذائية مع إطلاق كمية صغيرة نسبيًا من الطاقة في غياب الأكسجين.

ولذلك يعتبر التنفس اللاهوائي أقل كفاية من التنفس الهوائي من حيث حصيلة الطاقة. وهو يحدث في بعض الكائنات الدقيقة مثل الخميرة.

ويمكن للخميرة التنفس هوائيًا وأيضًا لاهوائيًا اعتمادًا على وجود الأكسجين من عدمه. في غياب الأكسجين تتنفس الخميرة لاهوائيًا، وتكون كمية الطاقة المنطلقة كافية لبقاء الخميرة علي قيد الحياة، ولكنها لاتكون نشطة تمامًا في ظل هذه الشروط. وينطلق من الخميرة الإيثانول (الكحول) وغاز ثاني أكسيد الكربون في شكل فضلات. ويطلق أيضًا على التنفس اللاهوائي في الخميرة **التخمر الكحولي**.

ومعادلة التنفس اللاهوائي هي كالتالي:

لاحظ أن جزيء الجلوكوز يُكَسّر جزئيًا فقط، وأن الإيثانول الناتج يحتوي على كمية كبيرة من الطاقة. ويفسر ذلك انطلاق كميات صغيرة فقط من الطاقة أثناء التنفس اللاهوائي.

ملحوظة

المول

المول هو كمية المادة التي تحتوي على 6.023×10^{23} جسيمات (ذرات أو جزيئات) من هذه المادة.

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

التنفس اللاهوائي في العضلات

شكل 3 – 1 يؤدي الركض إلى تقلصات عضلية شديدة.

تتنفس الخلايا العضلية في الأحوال العادية هوائيًّا، وقد يحدث التنفس اللاهوائي لفترة زمنية قصيرة في حالة نقص الأكسجين. أثناء الانقباضات العضلية الشديدة مثلًا تستخدم الخلايا العضلية الأكسجين أولًا في التنفس هوائيًّا. وقد يبدأ الشخص في اللهث للتخلص من ثاني أكسيد الكربون والحصول على كمية أكبر من الأكسجين بمعدل أسرع.

ويبدأ القلب أيضًا في النبض بمعدل أسرع لحصول العضلات على الأكسجين بمعدل أسرع. ويوجد مع ذلك حد لمعدل التنفس ودقات القلب، لا تستمر بعده في الزيادة. ماذا يحدث لو أصبحت الانقباضات العضلية شديدة للغاية كما في سباق العَدْو 200 متر، لدرجة لا يستطيع معها الحد الأقصى للتنفس إنتاج الطاقة بالسرعة الكافية لمواجهة الحاجة إليها.

وإذا ما استمرت هذه الانقباضات العضلية الشديدة، فيجب إنتاج المزيد من الطاقة. تتنفس الخلايا العضلية لاهوائيًّا لإنتاج الطاقة **الزائدة**، ويتكون حمض اللاكتيك أثناء تلك العملية.

الأفكار الدليلية

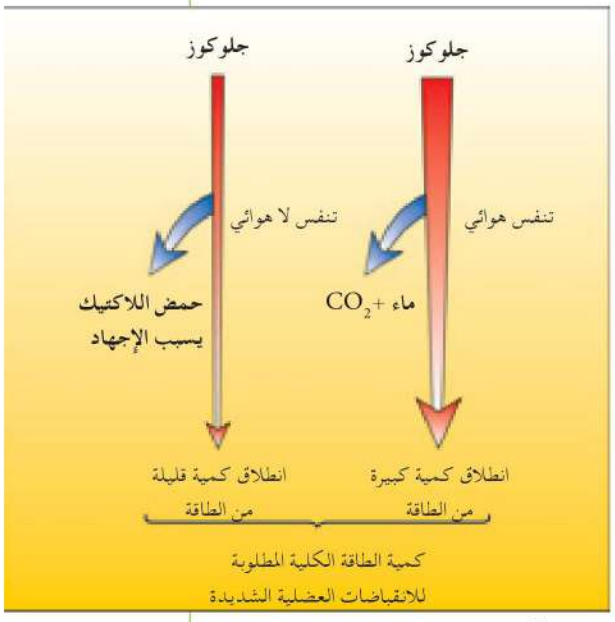
استحقاق الأكسجين

كمية الأكسجين المطلوبة لأكسدة اللاكتيك الذي تنتجه العضلات أثناء التنفس اللاهوائي.

تُطلق كمية صغيرة فقط من الطاقة في التنفس اللاهوائي، ولكن تكون هذه الكمية المنتجة بالإضافة إلى تلك المنتجة في التنفس الهوائي كافية لاستمرار انقباض العضلات (شكل 3–2).

ونظرًا لوجود كمية غير كافية من الأكسجين لتلبية الحاجة في الانقباضات العضلية الشديدة، يتراكم حمض اللاكتيك ببطء في العضلة ويقال في تلك الحالة أن العضلة تعاني استحقاقًا **للأكسجين**. وقد يصل حمض اللاكتيك إلى درجة عالية من التركيز تتسبب في شعور الشخص **بالإنهاك** الشديد. ويحتاج الجسم في تلك الحالة إلى قسط من الراحة حتى يستعيد نشاطه السابق. والألم العضلي الذي يشعر به الشخص يرجع إلى وجود حمض اللاكتيك السام.

وأثناء فترة الراحة يزال حمض اللاكتيك من العضلات وينقل إلى الكبد، حيث يؤكسد جزءٌ منه لإنتاج الطاقة التي تستخدم بعد ذلك في تحويل الجزء المتبقي منه إلى جلوكوز. يعاد بعد ذلك الجلوكوز إلى العضلة ويصبح عندها الجسم مستعدًا لخوض سباق آخر.



شكل 3 – 2 يوضح التغيرات التي تحدث للعضلات أثناء الانقباضات العضلية الشديدة.

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

التنفس الخلوي، وتبادل الغازات، والتَّنَسُّم

يتضمن التنفس الهوائي عمليتين هما: **التنفس الخلوي**، و**تبادل الغازات**.

■ *التنفس الخلوي*

هو أكسدة الجزيئات الغذائية العضوية مع إطلاق طاقة، وثاني أكسيد كربون، وماء، ويحدث داخل الخلايا الحية أو أنسجة الكائن الحي، ويطلق عليه مصطلح التنفس الخلوي أو الداخلي. وتتاح بهذه الطريقة كل الطاقة التي تستفيد منها النباتات والحيوانات العليا.

■ *تبادل الغازات (التنفس الخارجي)*

يجب أن تحصل خلايا الكائن الحي على الأكسجين، والعملية التي ينتقل فيها الأكسجين من الهواء أو الماء المحيط إلى الخلايا، وتنتقل فيها نواتج التنفس (ثاني أكسيد الكربون والماء) من الخلايا رجوعًا إلى الوسط المحيط (الهواء أو الماء) هي ما نطلق عليه عملية تبادل الغازات. والشهيق والزفير (التنسم) جزء من عملية تبادل الغازات، ويشير إلى الانقباضات العضلية وحركات الضلوع التي ينتج عنها حركة الهواء إلى داخل الرئة، وحركة الهواء من الرئة إلى خارج الجسم.

كيف نعرف أن الكائنات العضوية الحية تتنفس؟

أثناء عملية التنفس، يتم استهلاك أكسجين، وإطلاق طاقة، وغاز ثاني أكسيد كربون، وماء. ولذلك إذا بيَّنا أن كائنًا عضويًّا يستهلك الأكسجين ويخرج ثاني أكسيد الكربون والحرارة، فإننا نستطيع القول بأنه يتنفس.

الاستخدام الدقيق للغة العلمية

غالبًا ما يستخدم العلماء ألفاظًا ذات دلالات مختلفة قليلًا في الحياة اليومية. ولذلك من المهم توخي الحذر عند استخدامك لتلك المفردات العلمية، وهو ما يتضح في هذا الموضوع.

علميًّا التنفس هو عملية كيميائية تحدث داخل الخلايا وينتج عنها طاقة، بينما التنسم (الشهيق والزفير) عملية تهوية ميكانيكية تعمل على تزويد الجسم بالأكسجين اللازم لتشغيل تلك العملية الخلوية الكيميائية. على الرغم من ذلك، نشير أحيانًا إلى التنسم (الشهيق والزفير) في لغة الحياة اليومية على أنه تنفس، ويعتبر ذلك خطأً من الناحية العلمية.

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

الوحدة 2

• التنفس

مراجعة المفاهيم والحقائق الرئيسة

2 – 1 التنفس والتبادل الغازي

- التنفس هو العملية التي تنطلق بواسطتها الطاقة في عدة مراحل من الغذاء الموجود بالخلايا الحية.
- وفي معظم الكائنات الحية متعددة الخلايا، فإن عملية التنفس تشمل مرحلتين:
  - **التنفس الخارجي (تبادل الغازات)**: يحدث ذلك خارج الخلية، ويشمل استنشاق وامتصاص غاز الأكسجين من البيئة الخارجية وإطلاق (إخراج) غاز ثاني أكسيد الكربون فيها.
    وتتميز معظم الحيوانات الراقية بأن لديها أعضاء خاصة للتبادل الغازي (أعضاء تنفسية) لإحداث هذا التبادل الغازي. والتنفس هو العملية الميكانيكية التي يتم بها تبادل الغازات بين هذه الحيوانات وما يحيط بها.
  - **التنفس الخلوي أو النسيجي**: هو العملية الكيميائية الفعلية (الأيض الهدمي) التي تطلق الطاقة من الطعام وتؤدي إلى فقد في الكتلة الجافة، وهي تشمل العديد من الأنزيمات وتحدث داخل الخلية.

2 – 2 التنفس الهوائي واللاهوائي

- **التنفس الهوائي**: هو التكسير الكامل للطعام (الجلوكوز بشكل أساسي) في وجود الأكسجين مع إطلاق كمية كبيرة من الطاقة. وينطلق ثاني أكسيد الكربون والماء كنواتج مهملة. وتتلخص العملية كالتالي:

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \xrightarrow{\text{أنزيمات}} 6CO_2 + 6H_2O + \text{كمية كبيرة من الطاقة}$$

جلوكوز — أكسجين — ثاني أكسيد الكربون — ماء

وتشمل العملية العديد من التفاعلات المحفزة بالأنزيمات. وتنطلق الطاقة على دفعات صغيرة في كل من هذه الخطوات. وتحدث التفاعلات بشكل أساسي في الميتوكوندريا. وتتنفس معظم الكائنات الحية هوائيًا بما فيها الإنسان.

- استخدامات الطاقة التي تطلقها الخلايا التي يحدث بها التنفس في الإنسان:
  - تستخدم طاقة حرارية بنسبة 55% للحفاظ على درجة حرارة الجسم ثابتة. وتنطلق الطاقة الزائدة إلى البيئة خلال الجلد بشكل رئيس.
  - تستخدم الطاقة المتبقية بنسبة 45% للنشاط الضروري للحياة مثل الانقباض العضلي وتخليق البروتينات وانقسام الخلية والنمو والنقل النشط وانتقال النبضات العصبية.. إلخ. وفي النهاية، تتبدد الطاقة كحرارة إلى البيئة الخارجية.

- **التنفس اللاهوائي**: هو التجزئة غير الكاملة للطعام مع إطلاق كمية صغيرة من الطاقة مقارنة بالتنفس الهوائي في غياب الأكسجين. وكما يحدث في التنفس الهوائي، فإن التنفس اللاهوائي يتضمن كثيرًا من التفاعلات المحفزة بالأنزيمات، وتنطلق الطاقة في دفعات صغيرة.

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

- ويعرف التنفس اللاهوائي والذي يُنتج فيه الكحول بالتخمر. وهو يحدث في بكتريا، وخمائر، وبذور نابتة معينة. ويمكن تلخيص العملية كالتالي:

$$\underset{\text{جلوكوز}}{C_6H_{12}O_6} \xrightarrow{\text{أنزيمات}} \underset{\text{إيثانول (الكحول)}}{2CH_3CH_2OH} + \underset{\text{ثاني أكسيد الكربون}}{2CO_2} + \text{كمية صغيرة من الطاقة}$$

يتأكسد الجلوكوز جزئيًا فقط

- تستطيع خلايا العضلات في الإنسان التنفس لا هوائيًا لمدة قصيرة، ويحدث ذلك أثناء التمرينات العنيفة عندما تكون كمية الأكسجين المتاحة غير كافية لتوفير الطاقة اللازمة لانقباض الخلايا العضلية. عندئذ تتنفس هذه الخلايا العضلية لاهوائيًا وتكسر الجلوكوز جزئيًا إلى حمض لاكتيك لتوفير الطاقة الزائدة اللازمة لها. وتتلخص هذه العملية كما يلي:

$$\underset{\text{جلوكوز}}{C_6H_{12}O_6} \xrightarrow{\text{أنزيمات}} \underset{\text{حمض اللاكتيك}}{2CH_3CH(OH)COOH} + \text{كمية صغيرة من الطاقة}$$

عندما يصل حمض اللاكتيك إلى مستوى معين في الخلايا العضلية، تتوقف العضلات عن العمل – ويعرف ذلك بالإنهاك (التعب) العضلي. ويجب أن تستريح العضلات وتشفي. وينتقل حمض اللاكتيك خلال فترة الراحة إلى الكبد حيث يمكن أن يتأكسد بشكل كامل لإنتاج طاقة أو يتحول إلى جلوكوز.

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا