العلوم العامة

كتاب الطالب

المستوى الثاني عشر

GENERAL SCIENCE

STUDENT BOOK

GRADE 12

الفصل الدراسي الأول

FIRST SEMESTER

2020 - 2021

(نسخة تجريبية - Trial version)

© وزارة التعليم والتعليم العالي في دولة قطر

يخضع هذا الكتاب لقانون حقوق الطباعة والنشر، ويخضع للاستثناء التشريعي المسموح به قانونًا ولأحكام التراخيص ذات الصلة.

لا يجوز نسخ أي جزء من هذا الكتاب من دون الحصول على الإذن المكتوب من وزارة التعليم والتعليم العالي في دولة قطر.

تمّ إعداد الكتاب بالتّعاون مع شركة تكنولاب.

التأليف: فريق من الخبراء بقيادة الدكتور توم سو وبالتّعاون مع شركة باسكو العلميّة.

التّرجمة: مطبعة جامعة كامبريدج.

الطبعة التجريبية 2021-2020 م

النشيد الوطني

قَسَمًا بِمَنْ رَفَعَ السَّمَاءْ ... قَسَمًا بِمَنْ نَشَرَ الضِّيَاءْ

قَطَرٌ سَتَبْقَى حُرَّةً ... تَسْمُو بِرُوحِ الأَوْفِيَاءْ

سِيرُوا عَلَى نَهْجِ الأُلَى ... وَعَلَى ضِيَاءِ الأَنْبِيَاءْ

قَطَرٌ بِقَلْبِي سِيرَةٌ ... عِزٌّ وَأَمْجَادُ الإِبَاءْ

قَطَرُ الرِّجَالِ الأَوَّلِين ... حُمَاتُنَا يَوْمَ النِّدَاءْ

وَحَمَائِمٌ يَوْمَ السَّلاَمْ ... جَوَارِحٌ يَوْمَ الفِدَاءْ

المراجعة والتّدقيق العلميّ والتّربويّ

إدارة تقييم الطلبة

خبرات تربويّة وأكاديميّة من المدارس

الإشراف العلميّ والتربويّ

إدارة المناهج الدّراسيّة ومصادر التّعلّم

يعدّ كتاب الطّالب مصدرًا مثيرًا لاهتمام الطلّاب من ضمن سلسلة كتب العلوم لدولة قطر، فهو يستهدف جميع المعارف والمهارات الّتي يحتاجون إليها للنّجاح في تنمية المهارات الحياتيّة وبعض المهارات في الموادّ الأخرى.

وبما أنّنا نهدف إلى أن يكون طلّابنا مميّزين، نودّ منهم أن يتّسموا بما يأتي:

- البراعة في العمل ضمن فريق.
- امتلاك الفضول العلميّ عن العالم من حولهم، والقدرة على البحث عن المعلومات وتوثيق مصادرها.
- القدرة على التّفكير بشكلٍ ناقدٍ وبنّاء.
- الثّقة بقدرتهم على اتّباع طريقة الاستقصاء العلميّ، عبر جمع البيانات وتحليلها، وكتابة التّقارير، وإنتاج الرّسوم البيانيّة، واستخلاص الاستنتاجات، ومناقشة مراجعات الزّملاء.
- الوضوح في تواصلهم مع الآخرين لعرض نتائجهم وأفكارهم.
- التّمرّس في التّفكير الإبداعيّ.
- التّمسّك باحترام المبادئ الأخلاقيّة والقيم الإنسانيّة.

يتجسّد في المنهج الجديد العديد من التّوجّهات مثل:

- تطوير المنهج لجميع المستويات الدّراسيّة بطريقة متكاملة، وذلك لتشكيل مجموعة شاملة من المفاهيم العلميّة الّتي تتوافق مع أعمار الطّلاب، والّتي تسهم في إظهار تقدّمهم بوضوح.
- مواءمة محتوى المصادر الدّراسيّة لتتوافق مع الإطار العامّ للمنهج الوطنيّ القطريّ بغية ضمان حصول الطّلّاب على المعارف والمهارات العلميّة وتطوير المواقف (وهو يُعرف بالكفايات) ممّا يجعل أداء الطّلاب يصل إلى الحدّ الأقصى.
- الانطلاق من نقطة محوريّة جديدة قوامها مهارات الاستقصاء العلميّ، ما أسّس للتّنوّع في الأنشطة والمشاريع في كتاب الطّالب.
- توزّع المعرفة والأفكار العلميّة المخصّصة لكلّ عام دراسيٍّ ضمن وحدات بطريقة متسلسلة مصمّمة لتحقيق التّنوّع والتّطوّر.

- تعدّد الدّروس في كلّ وحدة، بحيث يعالج كلّ درس موضوعًا جديدًا، منطلقًا ممّا تمّ اكتسابه في الدّروس السّابقة.
- إتاحة الفرصة للطّلّاب، في كلِّ درسٍ، للتّحقّق الذّاتيّ من معارفهم ولممارسة قدرتهم على حلّ المشكلات.
- احتواء كلّ وحدة على تقويم للدّرس وتقويم الوحدة الّتي تمكِّن الطّلّاب والأهل والمدرّسين من تتبّع التّعلّم والأداء.

العلوم مجموعة من المعارف الّتي تشمل الحقائق والأشكال والنّظريّات والأفكار. ولكنَّ العالِم الجيّد يفهم أنّ «طريقة العمل» في العلوم أكثر أهمّيّة من المعرفة الّتي تحتويها.

سوف يساعد هذا الكتاب الطُّلّاب على تقدير جميع هذه الأبعاد واعتمادها ليصبحوا علماء ناجحين وليواجهوا مجموعة واسعة من التّحدّيات في حياتهم المهنيّة المستقبليّة.

مفتاح كفايات الإطار العام للمنهج التّعليمي الوطني لدولة قطر

- الاستقصاء والبحث
- التّعاون والمشاركة
- التّواصل
- التّفكير الإبداعيّ والناقد
- حلّ المشكلات
- الكفاية العددية
- الكفاية اللغويّة

العلوم العامّة

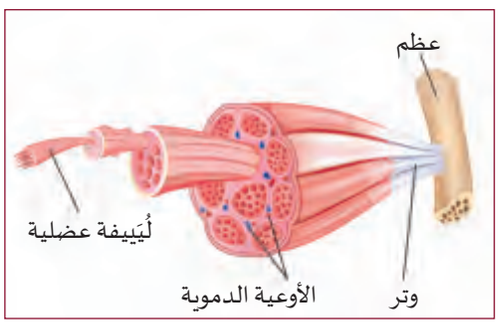
ماذا ستتعلّم من هذا الكتاب

ما المطلوب لتكون رياضيًّا من النخبة، أو نجمًا من نجوم لاعبي كرة القدم؟ تتناول الوحدة الأولى من هذا الفصل الدراسي العضلات والقوة. تأتي العضلات في أزواج مثل العضلة ثنائية الرؤوس والعضلة ثلاثية الرؤوس التي تحرّك ذراع الإنسان إلى أعلى (العضلة ثنائية الرؤوس)، أو إلى أسفل (العضلة ثلاثية الرؤوس). ويبحث الجزء الثاني من الوحدة في علم الوراثة، وفي كيفية وراثتنا الخصائص من آبائنا. التدريب والوراثة هما عاملان مؤثّران لتصبح رياضيًّا من النخبة.

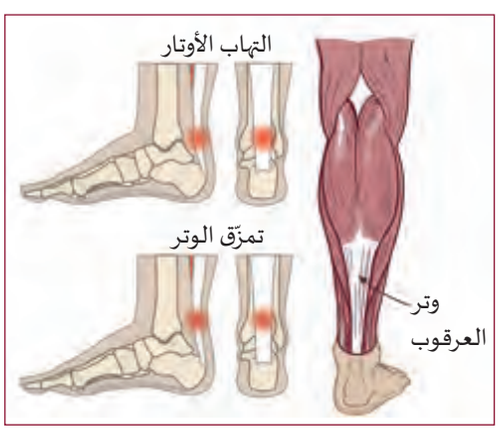
تبحث الوحدة الثانية في تأثير التدريب الرياضي في جسدك. يصبح القلب والرئتان أقوى وأكثر كفاءة مع التدريب. حتى دمك، فإنّه يتغيّر ويزداد عدد خلايا الدم الحمراء لنقل الأكسجين. التدريب القاسي قد يسبّب إصابة مثل التمزّق في الوتر أو في الرباط. ننظر في الوحدة 2 إلى المفاصل وأنواع إصاباتها. ونختتم الوحدة في التحدث عن استخدام بعض الرياضيين العقاقير المحظورة لتحسين الأداء.

تبحث الوحدة الثالثة في فيزياء الرياضة، مثل قوانين نيوتن للحركة. الكثير من الألعاب الرياضية، مثل كرة القدم وكرة السلة، تشمل أشياء تتحرّك في الهواء عند الركل أو القذف. تصف الفيزياء حركة المقذوفات كما في حركة كرة قدم أو كرة السلة في الهواء.

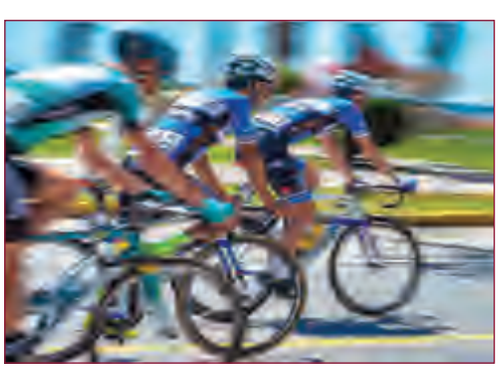
الوحدة الأخيرة من الفصل الدراسي 1 هي مقدمة مفيدة في استخدام الموادّ في تكنولوجيا الرياضة. استُبدلت بمضارب التنس الخشبية مضارب الفولاذ ثم مضارب الألمنيوم في السبعينيّات. أمّا اليوم، فإنَّ مضارب التنس التي تستخدم في المنافسات تُصنَع من ألياف الكربون، وهي مادّة مركّبة أقوى من الفولاذ وأخفّ وزنًا من الألمنيوم.



تنتج العضلات طاقة بانقباض الألياف العضليّة.



تربط الأوتار العضلات بالعظام، ويمكن أن تُصاب هذه الأوتار بأضرار أثناء التدريب.



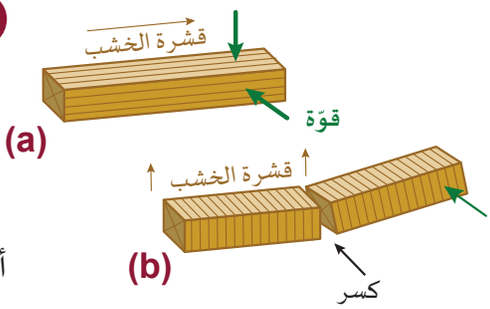
وجود راكبي الدراجات بعضهم بالقرب من بعض يُقلّل احتكاك الهواء.

مضرب من ألياف الكربون.

بعض أقسام هذا الكتاب

الرّسوم التّوضيحيّة

مفاهيم مهمّة وبيانات وأمثلة على كلّ فكرة جديدة معروضة من خلال الإيضاحات المُفصَّلة والشروحات



أسئلة للمناقشة

هل تُعدُّ الكتلة والوزن شيئًا واحدًا؟

فيمَ تختلف الكتلة عن الوزن؟

أسئلة المناقشة تزوّد طلّاب الصفّ بفرصة مناقشة المفاهيم والمعلومات.

شريط الأفكار المهمّة

يُظهر مخطّط الجسم الحرّ جميع القوى المؤثّرة في جسم واحد معزول عن باقي الأجسام.

تحديد النقاط الرئيسة وتذكُّرها.

العلاقات والمعادلات

تقديم العلاقات والمعادلات من خلال المُتغيّرات وتحديد قياسها بشكل واضح.

القانون الثاني لنيوتن

$$F = ma \quad \leftrightarrow \quad a = \frac{F}{m}$$

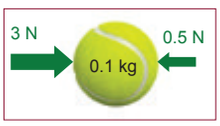
F	القوّة (N)
m	الكتلة (kg)
a	التّسارع (m/s^2)

الأمثلة

تُظهر الأمثلة جميع خطوات الحلّ والتفسير للحصول على حسابات صحيحة.

مثال 2

تؤثّر قوّتان في كرةٍ كتلتها 0.1 kg كما هو مبيّن في المخطّط المجاور. تكون الكرة في البداية في حالة سكون. احسب التسارع الناتج وحدّد اتجاه حركة الكرة.



المطلوب إيجاد التسارع *(a)* واتجاه الحركة

المُعطى قوّتان: *+3 N* و *-0.5 N*، تؤثّران في كرة كتلتها *0.1 kg*

العلم والعلماء

تمّ تطوير معارفنا العلميّة على مدى أكثر من ثلاثة آلاف عام. تُطلعنا هذه المقالات على إلهام الإنسان وتبصُّرِه في التعامُل مع العلم والتكنولوجيا.

إضاءة على عالم

اسحق نيوتن: 1642-1726

يُعدُّ اسحق نيوتن (**الشكل 3-40**) أكثر العلماء أهميةً وتأثيرًا في تاريخ العلوم، ولم يتقدّم عليه في السنوات الأخيرة إلّا أينشتاين. قانون نيوتن الأوّل في الحركة، «قانون القصور الذاتي»، بُني على قضيّة يعود الفضل فيها إلى أرسطو، وتمّ تعديلها لتشمل الكواكب. كان الجدل قائمًا حتى ذلك الوقت حول ما اذا كانت القوى المتحكّمة في الأجسام العاديّة أو الأرضيّة هي نفسها المتحكّمة في الأجسام السماوية. عرّف نيوتن بشكل

الأنشطة

التدرُّب العملي من خلال المُختبر والمشاريع البحثيّة وسواها من الأنشطة تساهم في ترسيخ معاني الأفكار الجديدة وتطوُّر العمل المخبري.

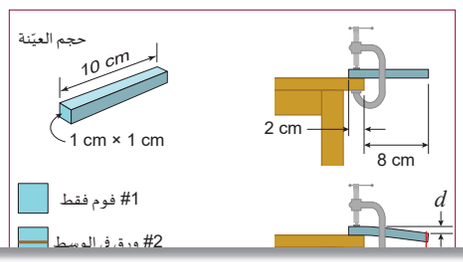
اصنع مادّة مُركّبة

ما هي الخصائص المهمة للمواد المستخدمة في الأدوات الرياضية؟

كيف يمكننا قياس متانة المادّة؟

ما هي فوائد المواد المُركّبة؟

كيف يؤثّر التصميم في



تقويم الدّرس

يتميّز كلّ درس بعرض يحتوي على الأسئلة التي تُغطّي جميع المفاهيم والمعلومات في هذا الدرس.

تقويم الدّرس 2-2

1. ما الفرق بين الأربطة والأوتار؟
   a. الأربطة هي التركيب الذي يربط العضلات بمقلة العين.
   b. تربط الأوتار العظام بالعظام وتربط الأربطة العضلة بالعظم.
   c. تربط الأوتار العضلات بالعظام وتربط الأربطة العظم بالعظم.
   d. تتمدّد الأوتار عندما يتمّ خلع المفصل، ويجب أن يعاد بسرعة لمنع الضرر الدائم.
2. كيف تزيد التمارين من قوّة العظام (اختر اثنين)؟
   a. يستجيب التعظّم لزيادة الأكسجين.

مراجعة الوحدة

عرض ملخّص قصير عند نهاية كلّ وحدة، وهو مرجع سريع للأفكار والمُصطلحات الرئيسة.

الوحدة 4

مراجعة الوحدة

الدرس 4-1 الأدوات في الألعاب الرياضية

- **معامل الارتداد Coefficient of restitution** هو قياس لمقدار الطاقة التي يمكن للأجسام نقلها خلال التصادمات.
- **أقواس السهام Archery bows** تختزن الطاقة مثل النوابض وتنقلها إلى السهم. تُغلَّف المواد لتحسين قوتها ومرونتها.

تقويم الوحدة

زوّدت كلّ وحدة بمجموعة من الأسئلة ذات الخيارات المتعدّدة كعيّنة تُعِدُّ الطالب لاختبار نموذجي.

تقويم الوحدة

أسئلة متعدّدة الاختيارات

1. أيُّ نوع من العضلات يُعدّ الأكثر إجهادًا والأكثر عملًا؟
   a. العضلة القلبية
   b. العضلة ثنائيّة الرؤوس
   c. عضلة أوتار الركبة

أسئلة الإجابات قصيرة

أسئلة الإجابة القصيرة وأسئلة الإجابة المطوّلة بُنيتا على مُستويات ثلاثة من الصعوبة في نهاية كلّ وحدة.

تقويم الوحدة

الدرس 3-1 قوانين نيوتن

13. ما الذي يحدّد كمّية القصور الذاتيّ لجسم ما؟
14. عند انفجار سفينة فضاء بعيدًا عن مجال الجاذبية، صف حركة قطعة صغيره منها بعد الانفجار.
15. لماذا تستخدم الألعاب الرياضيّة في العالم كُتلًا معياريّة لكرات القدم؟

جدول المحتويات

الوحدة 1 العضلات وعلم الوراثة 2

الدّرس 1-1 كيف تعمل العضلات؟ 4

تنتج العضلات قوى بالانقباض في داخل ألياف العضلات من خلال تراكيب تُسمّي «القطعة العضليَّة». لهذه «القطعة العضليَّة» خيوط ينزلق بعضها على البعض لتحقّق الانقباض. تعمل العضلات في أزواج لأنّ كلّ مفصل يحتاج إلى ناهض لتحريكه في اتجاه واحد ومضادّ لإعادته.

الدّرس 1-2 التدريب والوراثة 15

يقوّي التدريب العضلات والعظام. يجب على الرياضيين التدرّب استعدادًا للمنافسة. الأداء هو مزيج من التدريب وعلم الوراثة. طول العظام وهيكلها هما من السمات الموروثة.

الوحدة 2 تأثير الرياضة 32

الدّرس 2-1 الرياضة والرئتان والدم والقلب 34

يحسّن التدريب الرياضي كفاءة قلبك ورئتيك بشكل كبير. ومن فوائد التدريب خفض ضغط الدم وزيادة تناول الأكسجين. يتدرّب بعض الرياضيين على علوّ شاهق، لأنّ الهواء في هذا الارتفاع يكون أقلّ كثافة، ما يحفز الجسم على إنتاج المزيد من خلايا الدم الحمراء.

الدّرس 2-2 الرياضة والهيكل العظميّ 46

تعمل العضلات والعظام معًا مثل الرافعات. ترتبط العظام بستة أنواع من المفاصل. المفاصل تحرّك أسطح الغضروف المدعومة بالأربطة. يهدف التدريب إلى عدم حصول إصابات في المفاصل.

الدّرس 2-3 التحسين غير المشروع للأداء الرياضي 57

بعض الأدوية المستخدمة لعلاج المرض لها تأثير مفيد في الجسم. يستخدم بعض الرياضيين المنشّطات والهرمونات الاصطناعية والستيرويدات لتحيسن الأداء بشكل غير قانوني.

الوحدة 3

القوى في الألعاب الرياضيّة المختلفة 74

الدّرس 3-1 قوانين نيوتن 76

ينص القانون الأول لنيوتن على أن الأجسام في حالة السكون أو الحركة تميل إلى الاستمرار في الحالة نفسها من السكون أو الحركة ما لم تتأثر بقوّة غير متّزنة. ينصّ القانون الثاني لنيوتن على أنّ تسارع الجسم هو حاصل قسمة القوة الصافية التي تؤثر فيه، على كتلة ذلك الجسم. ينصّ القانون الثالث على أنّ القوى توجد كأزواج من فعل وردّ الفعل.

الدّرس 3-2 المقذوفات 86

القذيفة، مثل كرة في الهواء، تتحرّك تحت تأثير الجاذبية، وهي القوة الوحيدة المؤثّرة فيها. تتبع المقذوفات مسارات منحنية تختص بحركة المقذوفات.

الدّرس 3-3 الاحتكاك 93

الاحتكاك هو القوى التي تمنع الحركة أو تعيقها، وتكون ضدّ اتجاه الحركة. هناك الكثير من أنواع الاحتكاك، مثل الاحتكاك الانزلاقي أو احتكاك المائع.

الوحدة 4

المواد في تكنولوجيا الرياضة 108

الدّرس 4-1 **أدوات الألعاب الرياضيّة** 110

تستخدم كثير من الرياضات معدّات متخصّصة، مثل: مضارب التنس، وأحذية الجري، أو خوذة الدراجة النارية. أصبحت هذه المعدّات اليوم تقنية للغاية. يستكشف في الدرس بعض التصاميم والموادّ المستخدمة في معدّات رياضية عالية الأداء.

الدّرس 4-2 **الموادّ المُركّبة في الألعاب الرياضيّة** 122

تمّ صنع المعدات الرياضية تاريخيًا من الخشب أو الجلد. تتميّز الموادّ المركّبة الحديثة مثل ألياف الزجاج وألياف الكربون بالقوة والوزن والمتانة. يستكشف هذا الدرس الموادّ المركبة وتأثيرها في الرياضات.

الوحدة 1
العضلات وعلم الوراثة
Muscles and Genetics

في هذه الوحدة

الدرس 1-1: كيف تعمل العضلات GB1201

الدرس 1-2: التدريب والوراثة GB1202

الوحدة 1

مقدّمة الوحدة

جسم الإنسان آلة متعدّدة الأجزاء المتناسقةِ في عملها: نحن نتناول الطعام للحصول على العناصر الغذائية التي تساعد أجسامنا على النمو والقيام بوظائفه. إنّ ممارسة التمارين الرياضية بانتظام تحافظ على صحة الجسم وعلى نموّهِ بشكلٍ سليم.

هل تكفي التغذية المتوازنة وممارسة التمارين الرياضية بانتظام لتجعلك رياضيًا عظيمًا؟ عوامل التدريب والنظام الغذائي، إضافة إلى عامل الوراثة، لا تكفي لأن تجعلك رياضيًا عالميًا إلّا في حالات نادرة. ومع ذلك، فإنَّ بإمكاننا أن نستفيد من الدروس المستخلصة من أبحاث الألعاب الرياضيّة، ونتعلّم من أخطاء الرياضيّين السابقين أو ممّا احتوته برامج التدريب، سعيًا لتحقيق أعلى مستويات الأداء في الرياضة.

الأنشطة والتّجارب

1-1 نموذج انقباض العضلة

2-1 العضلات ذات الانقباض السريع وذات الانقباض البطيء

الدرس 1-1

كيف تعمل العضلات

How Muscles Work

إنّ الحركات المعقّدة للجسم، من الابتسام إلى الركض، تتمّ بوساطة عضلاتنا. وعلى الرغم من أنّ لدينا الأنواع من العضلات نفسها وأعدادها ذاتها، إلّا أنّ الاستجابات العضليّة للناس تتنوّع بحسب تدريبها. تخضع عضلات الرياضيين لتدريب خاص للوصول بها إلى مستوى أداء عالٍ مميّز.

قدّم ليوناردو دافينشي رسومات تفصيلية للتراكيب العضلية التي وجدها في الأجساد التي قام بتشريحها. **(الشكل 1-1)**.

في هذا الدرس ستتمّ دراسة تركيب العضلات وكيفية عملها.

الشكل 1-1 رسومات تخطيطية للعضلات من كتاب للرسام ليوناردو دافينشي، 1492.

مخرجات التّعلُّم

GB1201.1 يصف عمل أزواج العضلات الثنائية المتضادة في تحريك عظام الساقين والذراعين.

GB1201.2 يصف تفاعلات الأكتين، والميوسين، والأدينوسين ثلاثي الفوسفات (ATP) وأيونات الكالسيوم في إحداث انقباض العضلة.

GB1201.3 يشرح عملية التنفس اللاهوائي في العضلات، ويصف تأثيره في أداء العضلات.

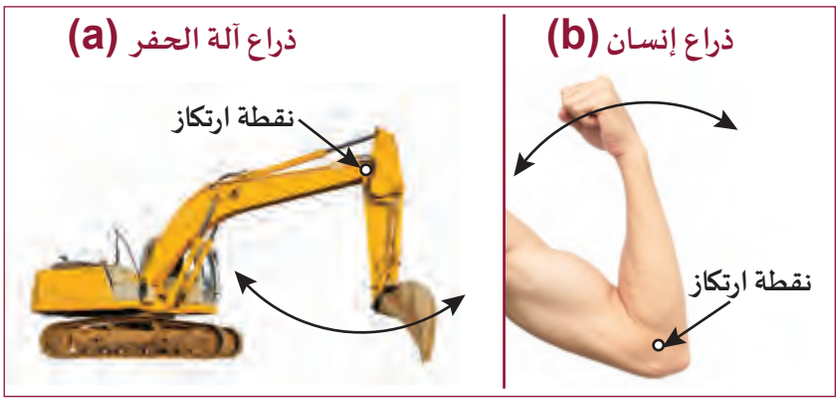
المفردات

Smooth muscle	عضلة ملساء
Cardiac muscle	عضلة قلبية
Skeletal muscle	عضلة هيكليَّة
Muscle group	مجموعة عضلية
Antagonistic pair	زوج عضلات متضادة الحركة
Contracting	انقباض
Myosin	ميوسين
Actin	أكتين
Adenosine triphosphate	أدينوسين ثلاثي الفوسفات
Aerobic respiration	تنفس هوائي
Neural signals	إشارات عصبية
Motor cortex	القشرة الحركية

هل يشبه جسم الإنسان الآلة؟

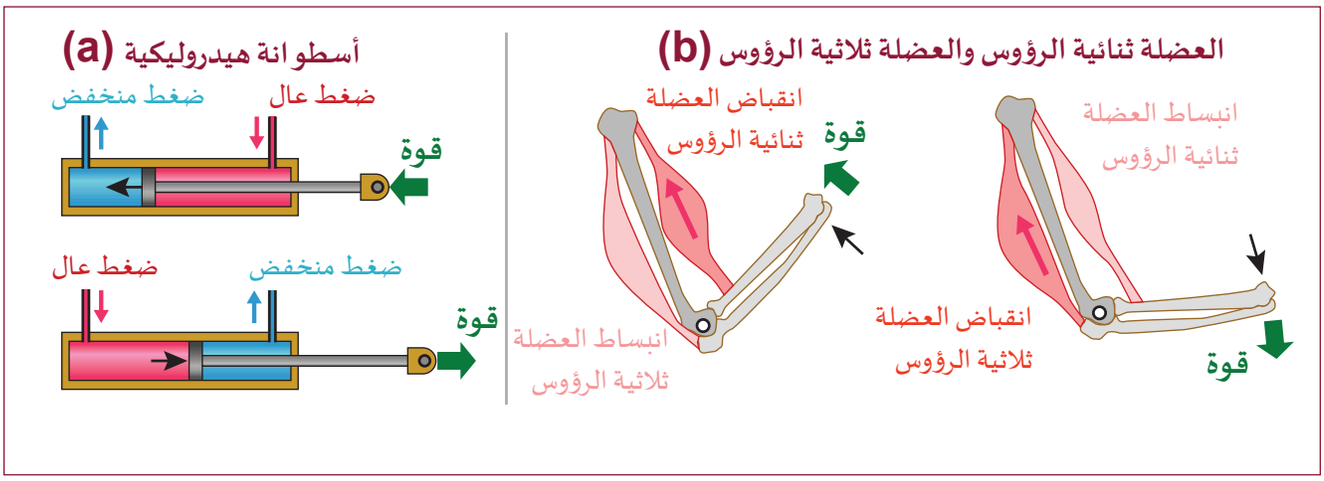
يقوم ذراع آلة الحفر بحركات مماثلة لذراع الإنسان، كما هو موضّح في **الشكل 1-2**. يدور كلٌّ من ذراع الحفّار المتحرّكة وذراع الإنسان حول نقطة ارتكاز.

ما وجه الشبه و الاختلاف بين ذراع الإنسان وذراع آلة الحفر؟



الشكل 1-2 (a) ذراع آلة الحفر و (b) ذراع إنسان.

تَستخدم آلة الحفر أسطوانة هيدروليكية لإحداث قوى دفع وسحب، حيث يدفع سائلٌ مضغوط ضغطًا عاليًا المكبَسَ ذهابًا وإيابًا لإحداث قوّة لازمة لمدّ الذراع أو سحبها (**الشكل 1-3a**).



الشكل 1-3 (a) الأسطوانة الهيدروليكية في آلة الحفر (b) العضلات في ذراع الإنسان.

تتحرّك ذراع الإنسان بطريقة مماثلة، ولكن بفعل تأثير العضلات بدلًا من الأسطوانة الهيدروليكية. وعلى عكس الأسطوانة الهيدروليكية ، يمكن للعضلات إحداث قوّة عندما تنقبض فقط! وهذا يعني أن عضلة واحدة تسحب الذراع إلى الأعلى وعضلة مختلفة تسحبه إلى الأسفل مرّة أخرى (**الشكل 1-3b**).

- أمسك بيدك العضلة ثنائية الرؤوس وأنت ترفع ساعدك بوجود وزن في يدك. سوف تشعر بشدّ العضلة ثنائية الرؤوس وانقباضها.
- أمسك بيدك العضلة ثلاثية الرؤوس وأنت تَخفِض ساعدك وتضغط على سطح، مثل المكتب. سوف تشعر بشدّ العضلة ثلاثية الرؤوس وانقباضها.

تُشكّل العضلات والعظام آلات تعمل على مبادئ القوّة والحركة نفسها مثل أيّة آلة تكنولوجية.

أنواع العضلات

يوجد في جسم الإنسان مئات من العضلات، تنتمي جميعها إلى ثلاثة أنواع رئيسة (**الشكل 1-4**):

a. العضلة الملساء Smooth muscle توجد العضلة الملساء في جُدُر الأعضاء الداخلية، مثل الأمعاء والمعدة والمثانة والأوعية الدموية. وحركتها لا إرادية، ما يعني أنها تنقبض من دون أن نتحكّم في حركتها.

تساعد العضلات الملساء على حركة الطعام في الجهاز الهضمي. و ينقبض بؤبؤ العين استجابةً للضوء الساطع بسبب وجود عضلات العين الملساء.

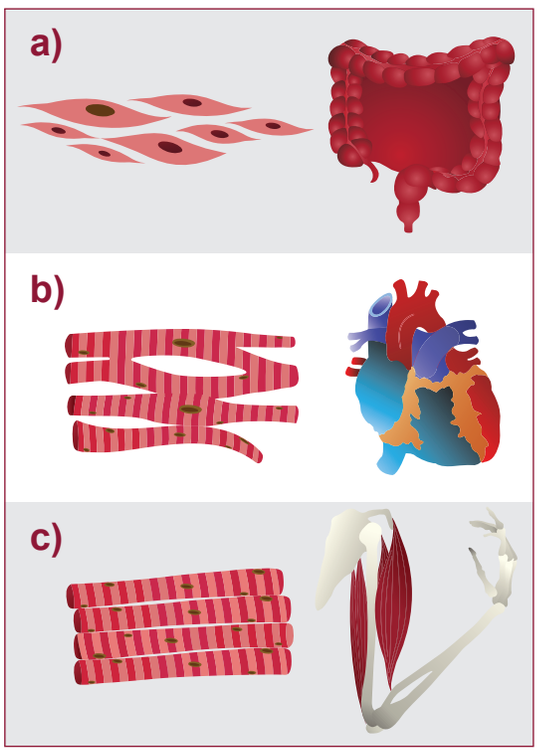
b. العضلة القلبية Cardiac muscle هي أيضًا عضلة لا إرادية، وتوجد في جدار القلب.

تعمل عضلة القلب بصورة مستمرّة، حيث يضخّ القلب ما يقرب من 10,000 لتر من الدم يوميًا، وينبض أكثر من 3 مليارات نبضة في حياة الإنسان.

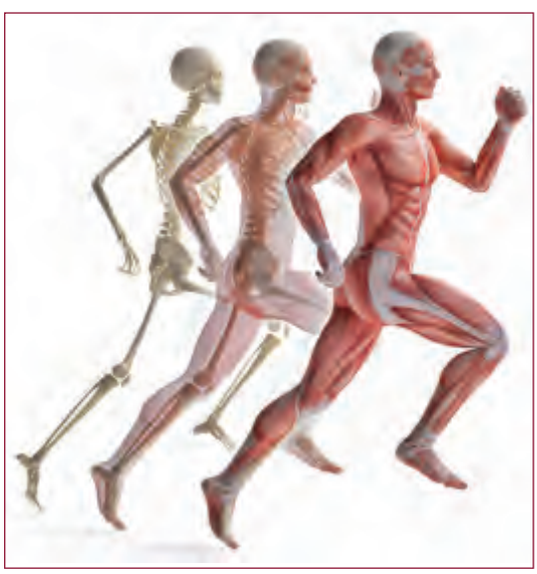
c. العضلة الهيكلية Skeletal muscle توجد العضلات الهيكليّة في كامل الجسم مرتبطة بالعظام، أما العضلات الهيكليّة الموجودة في الوجه فإنّها مرتبطة بالجلد. (**الشكل 1-5**). يستطيع الإنسان التحكّم في حركة العضلات الهيكلية. إنها تحرّك أطرافك، وتساعدك على الوقوف. وعندما يلتفّ جسمك وتدير رأسك وتمضغ طعامك، أو تحرّك عينيك، فأنت تحرّك عضلة هيكلية.

سوف نتطرّق في هذا الدرس بالتفصيل إلى أمثلة على عضلات تسبّب الحركة من خلال التأثير الفيزيائي في الهيكل العظمي، علمًا بأنَّ الأنواع الأخرى من العضلات تشترك في العمليات الكيميائية نفسها لإحداث الانقباض، ولها احتياجات غذائية مماثلة.

أَترى أنَّ جميع العضلات متشابهة، أم إنَّ هناك أنواعًا مختلفة من العضلات؟



الشكل 1-4 ثلاثة أنواع من العضلات (a) عضلة ملساء، (b) عضلة قلبية، (c) عضلة هيكلية.



الشكل 1-5 العضلات الهيكلية.

المجموعات العضليّة

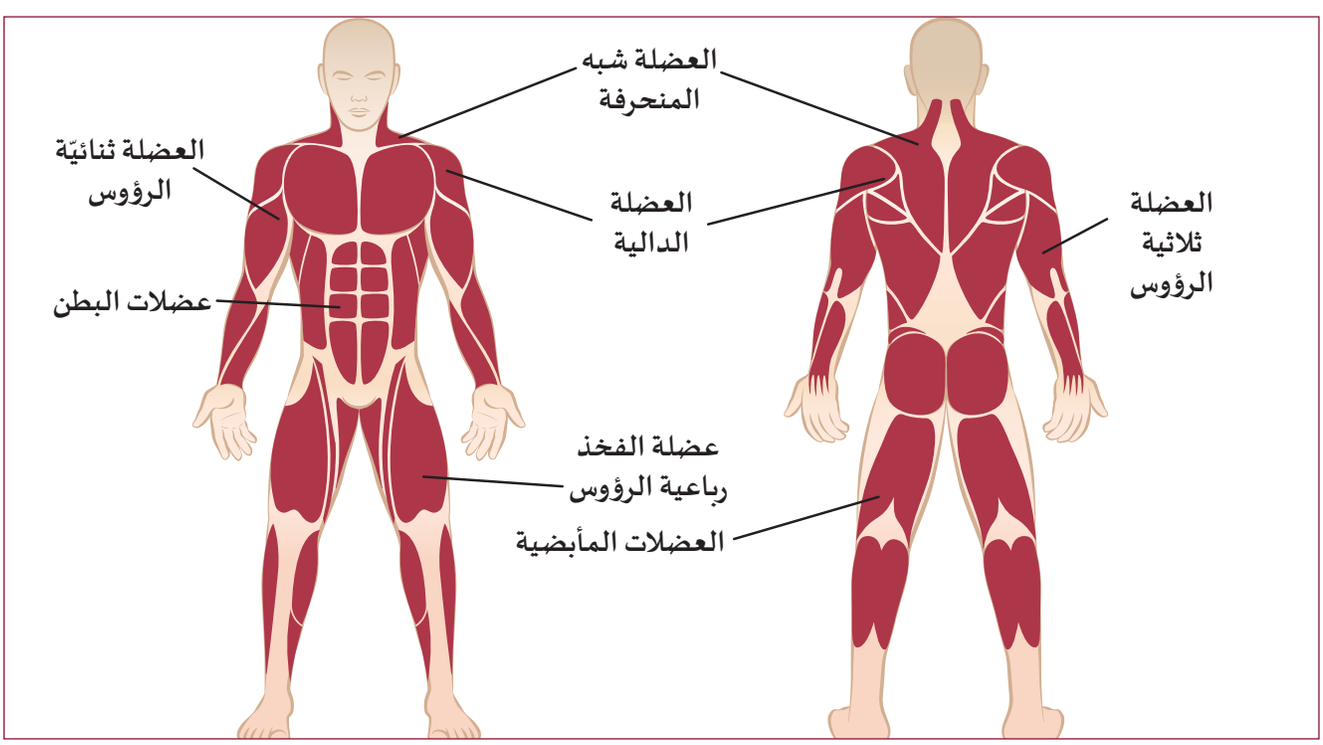
الشكل 1-6 عضلات الرجل.

المجموعة العضلية muscle group هي مجموعة العضلات التي تتناسق لأداء وظيفة في الجسم. تنتظم العضلات ضمن المجموعة العضلية الواحدة في أزواج. تتحرّك ذراعك بشكل مستقيم إلى الأعلى أو إلى الأسفل بفعل زوج من العضلات. تعمل عضلات أخرى في المجموعة نفسها على إدارة ذراعك في أثناء رفعها وخفضها. وتتحرّك الساق إلى الأعلى والأسفل باستخدام عدّة عضلات (**الشكل 1-6**).

يُشار إلى مجموعات العضلات الرئيسة باسم مجموعتها. تُعرف العضلات الموجودة في الجهة الأمامية من الفخذ باسم عضلة الفخذ رباعية الرؤوس. أما العضلات الموجودة في الجزء الخلفي من الفخذ فهي العضلات المأبضية والعضلة الألَوِية الكبيرة. وهذه العضلة هي أكبر عضلة في جسمك، وتسمح لك بالوقوف في وضع مستقيم، وتساعدك على صعود السلالم.

تنتظم العضلات في جسم الإنسان في مجموعات عضلية تعمل معا لأداء وظيفتها.

يوضّح **الشكل 1-7** عددًا قليلًا من المجموعات العضليّة الرئيسة في الجسم. ومن الأهمية أن نلاحظ أن العضلات تُحدث قوةً، ولكنها تضيف أيضًا كتلة إلى الجسم. تكون بعض مجموعات العضلات أكثر أهمية من غيرها وفقًا لنوع الرياضة أو النشاط الذي يُمارس، فالرياضيون لا يحتاجون إلى عضلات كبيرة في كلّ المجموعات.

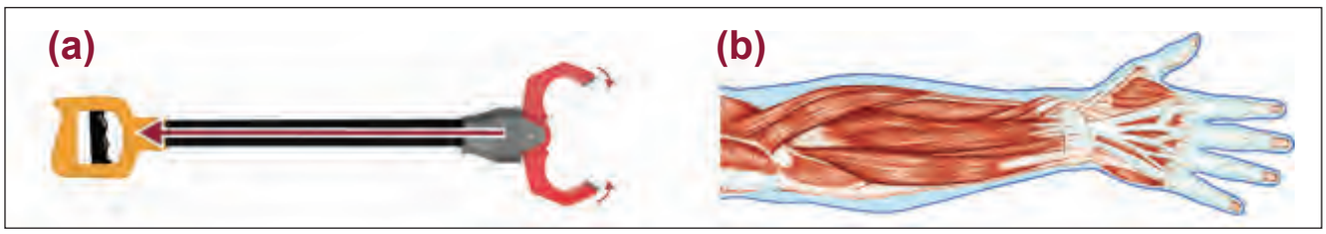


الشكل 1-7 مجموعات عضلية رئيسة في الجسم.

تعمل العضلات في أزواج

لماذا توجد العضلات دائمًا في أزواج؟

تتحرّك لعبة المخلب الروبوتي البسيط (**الشكل 1-8a**) بصورة تشبه حركة اليد للإمساك بالأشياء عن طريق سحب المقبض. ولكي تُفتَح الأصابع مرّة أخرى، تُنتج النوابض الداخلية قوّةً لفتحها. بهذا، فإنّ الجهاز يقوم بعمل واحد لإغلاق أصابع المقبض، ويقوم بعمل آخر مختلف لفتحها.



الشكل 1-8 (a) مخلب روبوتي؛ (b) ذراع إنسان ويده.

وللذراع البشرية (**الشكل 1-8b**) مجموعة عضلية يؤدّي انقباضها إلى إغلاق اليد. أما فتحها، فيتطلّب انقباض مجموعة عضليّة أخرى، حيث إنَّ العضلات تُنتج القوى عند انقباضها فقط.

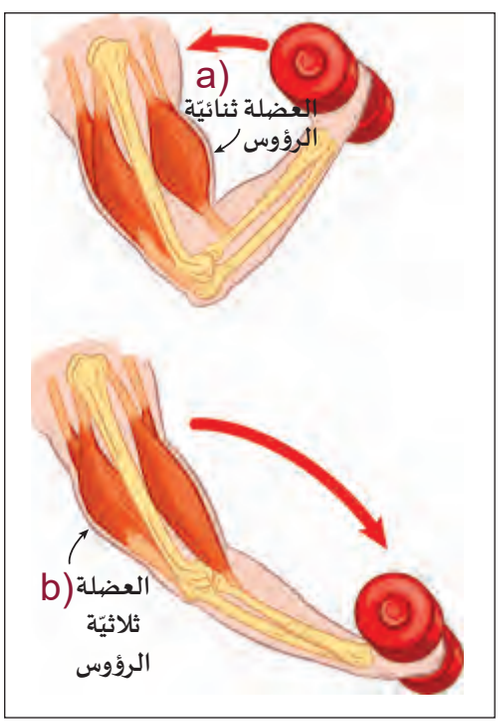
المجموعتان العضليتان اللتان تعملان في حركات متعارضة تُعرف **بزوج عضلات متضادّة الحركة Antagonistic pair**.

تعمل عدّة عضلات في أزواج متضادّة الحركة، فعندما تنقبض إحداها تنبسط الأخرى.

تتكوّن عضلات الذراع العليا (العضد) من العضلة ثنائيّة الرؤوس والعضلة ثلاثية الرؤوس، وهما زوج عضلات متضادّة الحركة (**الشكل 1-9**). عندما تضع ذراعك أمامك، وترفع يدك إلى الأعلى، **تنقبض Contracting** العضلة ثنائيّة الرؤوس، أو تصبح أصغر، وعندها يرتفع الساعد واليد. ولتحريك يدك إلى الأسفل مرّة أخرى، يجب أن تنقبض العضلة ثلاثية الرؤوس.

هناك طريقة تقليدية لإبراز العضلات (ثنائية الرؤوس الكبيرة)، التي يؤدّي انقباضها إلى تكتّلها وبروزها.

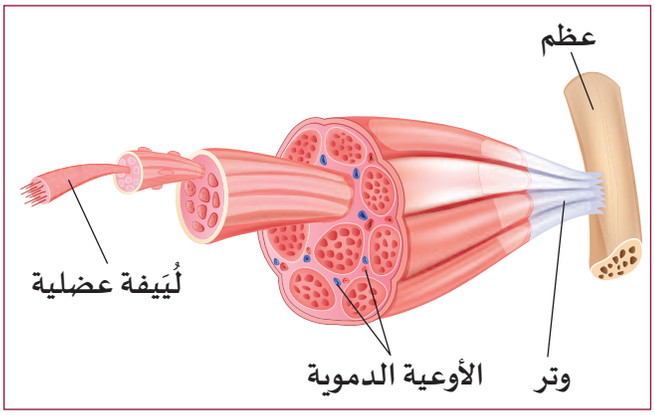
ركّز رياضيو رفع الأثقال الأوائل اهتمامهم في بناء عضلات ثنائية الرؤوس فقط، فأصبحوا غير قادرين على مدّ أذرعهم باستقامة تامة، لأن عضلاتهم ثلاثية الرؤوس كانت ضعيفة جدًا. لذلك يعمل المدرّبون الرياضيّون الحاليّون على أزواج متضادّة الحركة من العضلات لبناء قوّة في أجسامهم، والاهتمام بتدريب كلٍّ من العضلة ثنائيّة الرؤوس والعضلة ثلاثية الرؤوس (**الشكل 1-9**).



الشكل 1-9 (a) العضلة ثنائيّة الرؤوس، و (b) العضلة ثلاثيّة الرؤوس تحرّكان الساعد واليد.

تركيب العضلة الهيكلية

ترتبط العضلات بالعظام بوساطة نسيج ضام يُسمّى «الأوتار» (**الشكل 1-10**). تتكوّن **الأوتار Tendons** في المقام الأول من ألياف الكولاجين التي تنقل القوة من العضلات إلى العظام. هناك تشابه بين العظام و الأوتار من حيث قدرتها على الالتئام بعد إصابتها، وتصبح أقوى بالاستخدام المستمرّ. يمكن أن يبلغ معامل يونج للأوتار 1,000 MPa. لذا، فقد استخدم الرومان الأوائل أوتار الحيوانات في صنع المنجنيق وفي أقواسهم لمرونتها.



الشكل 1-10 رسم تخطيطي لعضلة هيكلية يبيّن الوتر والأوعية الدموية واللُّيَيفة العضلية.

تربط الأوتار العضلات بالعظام.

تحتوي العضلات أيضًا على أوعية دموية. يتطلّب انقباض العضلات كميات كبيرة من الأكسجين وسكّر الجلوكوز و الأحماض الأمينية التي يحملها الدم وجُزيء ATP الموجود في خلايا العضلات. عندما تنقبض العضلات، فإنها تُسبّب تضَيُّق الأوعية الدموية ما يؤدّي إلى زيادة ضغط الدم (**الشكل 1-11**).

يمكن أن يسبّب انقباض العضلات ارتفاعًا خطيرًا في ضغط الدم للشخص الذي لا يمارس الرياضة إلّا نادرًا. لذلك، ينصح الشخص المبتدئ في ممارسة تمارينه الرياضية، بأن يبدأ ببطء وبشكل تدريجي في بناء روتين على مدى فترة طويلة من الزمن.

الشكل 1-11 استجابة الأوعية الدموية لزيادة ضغط الدم.

العضلات والغذاء

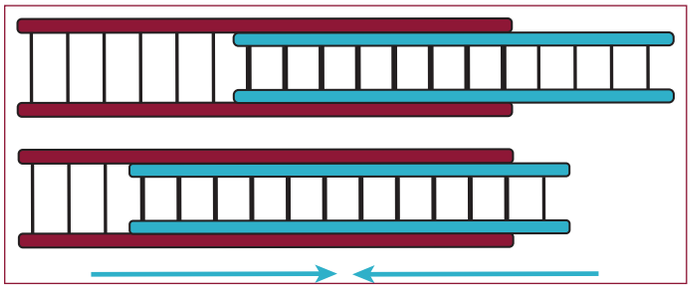
تحتوي العضلات على كثافة عالية من البروتين وعلى عناصر غذائية حيويّة، مثل الحديد والكالسيوم.

كيف أثّر ذلك في تربية الحيوانات من أجل الغذاء؟ ابحث في نموّ الحيوانات التي نأكل لحومها، وفي دور كتلة العضلات فيها متّخذًا من الثور البلجيكي الأزرق الصغير مثالًا.

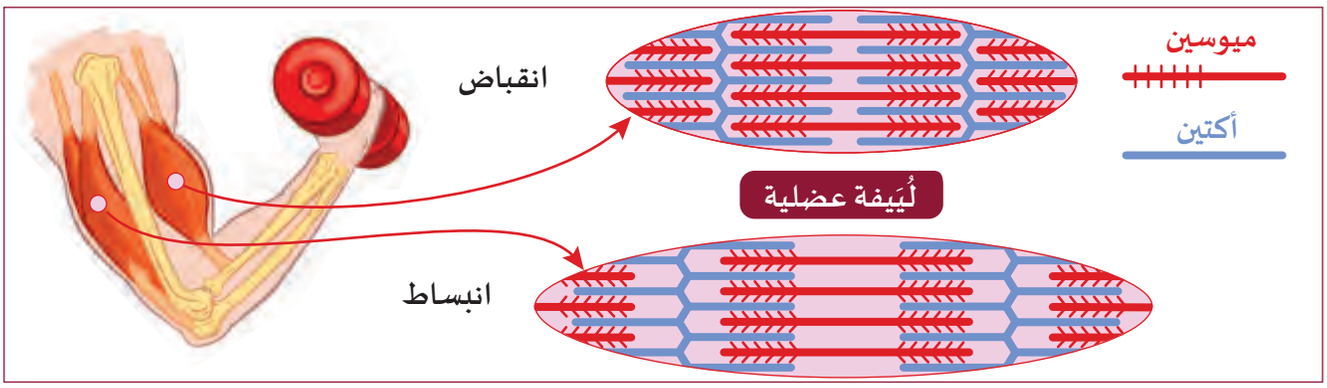
الشكل 1-12 تُحدد كمية اللحم في هذا الثور البلجيكي الأزرق الصغير سعر بيعه.

كيف تعمل العضلات

إذا كنت معتادًا على استخدام السلّم الممتدّ (**الشكل 1-13**)، فيمكنك تكوين فكرة عن كيفية انقباض العضلات. يوجد لهذا السُلّم جزء رئيس وسُلّم آخر أصغر يتداخل فيه، فيصبح السُلّم أقصر (أو أطول) بحسب الحاجة.



الشكل 1-13 نموذج السلم الممتّد.



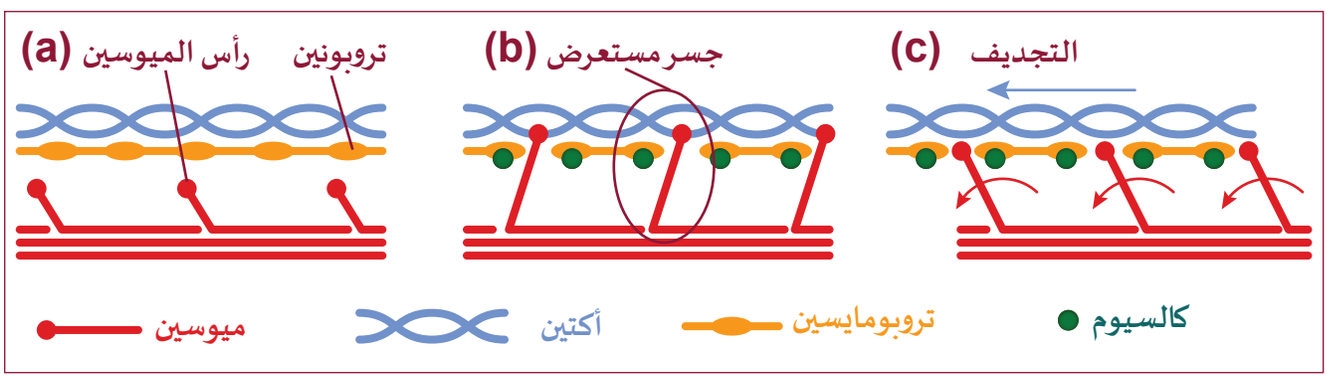
الشكل 1-14 التركيب الداخلي للعضلات.

تحتوي العضلات على ألياف تُسمّى «اللُيَيفات العضلية»، وهي تتمدّد أو تنقبض مثل السلّم الممتدّ. **والميوسين Myosin** خيوط من البروتين، تتداخل في خيوط بروتين أخرى تُسمّى **الأكتين Actin** (**الشكل 1-14**). عندما تنقبض العضلة، ينزلق الميوسين والأكتين أحدهما على الآخر، ويقصّران العضلة.

a. عندما يصدر دماغك أوامره لتحريك عضلة، فإنّ الأعصاب التي تتَّصل بالعضلة تتسبّب في إطلاق الكالسيوم.

b. ارتباط الكالسيوم بالتروبونين يؤدّي إلى إزاحة بروتين التروبومايسين عن موقع ارتباط رؤوس الميوسين فيتكوّن جسر مستعرض بين الأكتين والميوسين (**الشكل 1-15a**).

c. بمجرد تَكوُّن الجسر المستعرض، يرجع الميوسين مرة أخرى ويدفع الأكتين. يؤدّي هذا إلى تقلّص العضلات. وهذا ما يُسمّى «التجديف» ويحدث آلاف المرّات كلّ ثانية في الليف العضلي.



الشكل 1-15 عمل الأكتين والميوسين على المستوى الجزيئي.

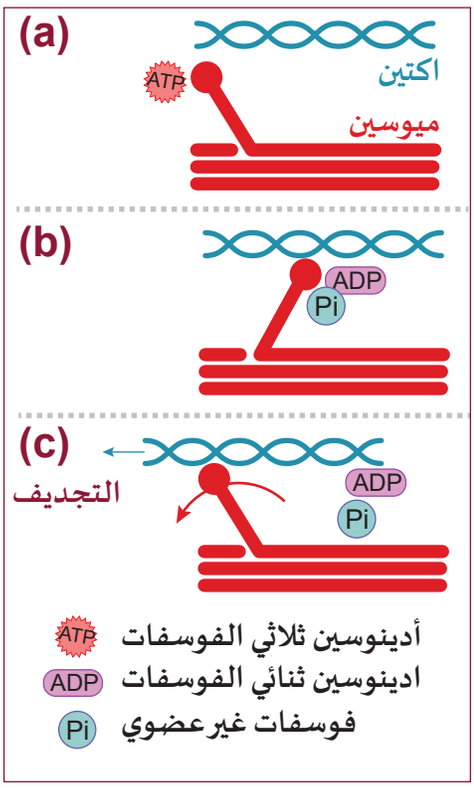
مصدر طاقة العضلات

تعمل العضلات بفعل القوى بين جزيئات الأكتين والميوسين. ويحتاج إنتاج القوة إلى الطاقة. تحصل خلايا العضلات على طاقتها ،مثل جميع الخلايا، من الأدينوسين ثلاثيّ الفوسفات ATP.

a. يرتبط ATP برأس جزيء الميوسين في وضع الراحة، كما هو موضّح في (**الشكل 1-16a**).

b. عندما تنشط العضلات، يطلق ال ATP طاقته بتحلّله إلى ADP والفوسفات غير العضوي (Pi)؛ ينحني رأس جزيء الميوسين إلى الخلف ليرتبط بالأكتين، وهذا يشبه تمدّد النابض، كما في (**الشكل 1-16b**).

c. يتمّ إطلاق ADP و Pi عند استعادة الميوسين وضع الراحة. تتكرّر الدورة مادامت العضلة نشطة (**الشكل 1-16c**).



الشكل 1-16 دورة ATP.

تحوّل أجسامنا ADP مرة أخرى إلى ATP باستخدام الطاقة من جلوكوز الطعام. ويتمّ ذلك في الغالب بعملية **التنفُّس الهوائي Aerobic respiration** مستخدمًا الأكسجين الذي ينقله الدم.

يخضع الرياضيون الذين يلتحقون ببرنامج تدريبي لاختبار قدرة تنفّسهم الهوائي بشكل روتيني، للتأكد من أنهم يعملون بأقصى قدر من الكفاءة (**الشكل 1-17**).

الشكل 1-17 اختبار التنفس الهوائي.

دورة تحوّل ADP + Pi ↔ ATP هي مصدر الطاقة للعضلات.

نتنفَّس بصعوبة في أثناء ممارسة التمارين الرياضية لتزويد خلايا أجسامنا بمزيد من الأكسجين. لذلك تلجأ أجسامنا، عند نقص الأكسجين الوارد على العضلات إلى **التنفّس اللاهوائي Anaerobic respiration** لإطلاق الطاقة في الجسم من دون استخدام الأكسجين. في هذه العملية، يُنتج الجسم الطاقة عن طريق تحويل الجلوكوز إلى اللاكتات. تتراكم اللاكتات على صورة حمض اللاكتيك في عضلاتك، فتشعر بحرقة مؤقّتة. وهذا له تأثير وقائي لإبطاء الأداء العضلي، أي أنّه إشارة إلى الجسم للتوقّف عن ممارسة التمرين الرياضي ليتعافى. يحتاج الجسم إلى بعض الوقت لإزالة حمض اللاكتيك من العضلات ليصبح الرياضي بعدها جاهزًا لممارسة التمرين مرة أخرى.

نشاط 1-1 نموذج انقباض العضلة

ابنِ نموذجًا بسيطًا أو رسومًا متحرّكة لتوضيح تفاعل الأكتين والميوسين مع ATP وأيونات الكالسيوم لإحداث انقباض عضلي.

الخلفية العلميّة

هناك عدد من النماذج تستخدم لتفسير انقباض العضلات على مستوى الجزئيات.

المَهمة

نفّذ إحدى المهام الآتية:

1. ابنِ نموذجًا يوضّح تفاعل الأكتين مع الميوسين، ودور كلٍّ من ATP والكالسيوم في العملية. يجب أن يكون هذا النموذج «نموذجًا عمليًّا» متحرّكًا لتوضيح الخطوات المختلفة للعملية.
2. قمْ بإعداد فيلم قصير لمحاكاة التفاعل نفسه. يمكن أن يكون ذلك فيلم تصوير متقطّع باستخدام نماذج من الصلصال أو الورق.
3. قمْ بإعداد رسوم متحرّكة حاسوبية تُظهِر الحركة والتفاعلات المطلوبة أيضًا.

المتطلّبات

a. يجب أن تبدأ العملية بانطلاق الكالسيوم.

b. يجب أن يُحدث رأس الميوسين حركة ظاهرة في الأكتين.

c. يجب أن يتوافق إطلاق ADP + Pi مع دفع الميوسين للأكتين.

عناصر إضافية

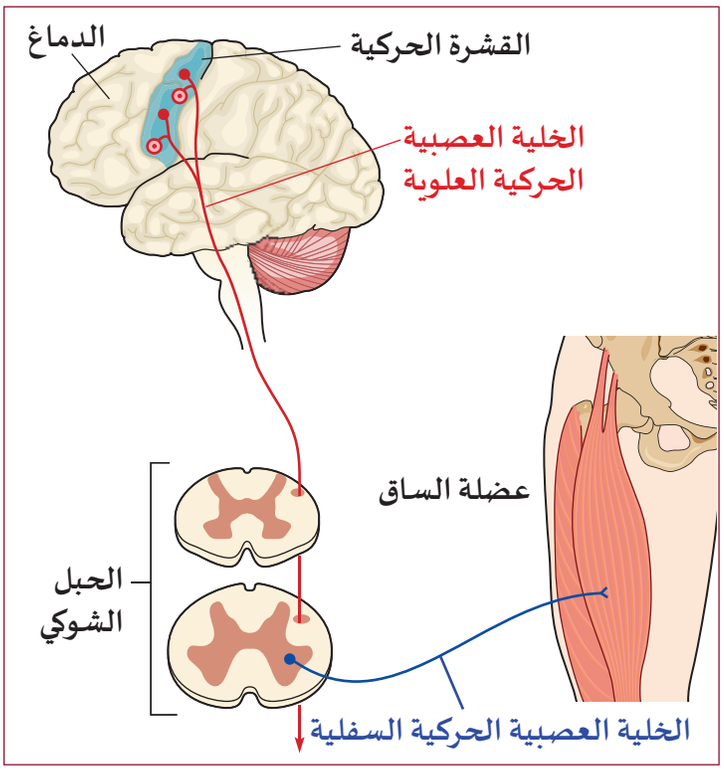
d. يجب دراسة الطريقة الكهربائية والكيميائية التي تحفزها الخلية العصبية (العصبون) لإطلاق الكالسيوم بشكل جيد. أنشئ رسمًا تخطيطيًا يوضّح هذه العملية، اذكر خطوات التسلسل في أحداثها على ألّا تقلّ عن ثلاث خطوات ولا تزيد عن ستّ.

e. وضّح إطلاق جزيء ADP ومجموعة الفوسفات غير العضوية.

f. ابحث حول مصطلح «القطعة العضلية» وأنشىء رسمًا تخطيطيًا يوضّح العلاقة بين الميوسين والأكتين والقطعة العضلية.

العضلات والجهاز العصبي

يُصدر الدماغ إشارات كهربائية لتنشيط العضلة. تنتقل هذه الإشارات، عبر خلايا طويلة، تُسمّى «الخلايا العصبية». يمكنك أن تتخيَّل أنَّ الخلية العصبية تشبه سلكًا طويلًا ينقل إشارات كهربائية.



الشكل 1-18 رسم تخطيطي للأعصاب المسؤولة عن حركة الساق.

تبدأ الإشارات إلى العضلات في منطقة **القشرة الحركية Motor cortex** للدماغ. يتمّ إرسال إشارة كهروكيميائية من الخلايا العصبية الحركية العلوية إلى الحبل الشوكي. تنتقل الإشارة بعدها إلى الخلية العصبية الحركية السفليّة ثم إلى العضلات في خلال أعشار من الثانية (**الشكل 1-18**).

الذاكرة الحركية هي نموذج يفسر كيفية تَعَلُّمنا أداء مهمّة ما (مثل ركوب الدراجة أو العزف على البيانو) وتكرار أداء المهمّة بعدها بدقّة. إن النموذج هو أساس التدريب على المهارات، إضافة إلى الممارسة. عندما نتعلم مَهَمّة أو مهارة جديدة، يتمّ تشفير الذكريات في مركز الذاكرة ذات المدى القصير في الدماغ وتتسبّب الذاكرة الضعيفة في فَقْد هذه الرموز. أمّا تعزيز المهارة بالتدريب المتكرّر فينقلها إلى الذاكرة ذات المدى الطويل، حيث يمكن أن تستمرّ مدى الحياة (**الشكل 1-19**). إذا كنت قد شاركت في أي نشاط منظّم، فربّما سمعت عبارة «ركّز على الأساسيّات». وهذه هي الفكرة: إذا تمّ تعلّم التقنيات، فإنها تصبح أسهل في الأداء حتى في ظروف غير عاديّة.

الشكل 1-19 العزف على البيانو.

تؤكّد الأدلة أنّ الممارسة الطويلة تساعد الخلايا العصبية العضلية على الاستجابة بشكل أسرع عند تنفيذ المهمّات. تعزّز الممارسة روابط الاتصال بين الخلايا العصبية والعضلات. قد تفسر «الذاكرة العضلية» كيف يمكن للأشخاص ذوي المهارات العالية أن يجعلوا من أداء مهام معينة شيئًا سهلًا.

تقويم الدّرس 1-1

1. ما نوع العضلات الموجودة في جُدُر الأمعاء؟
   a. ملساء وإرادية
   b. ملساء ولا إرادية
   c. متضادّة الحركة وإرادية
   d. متضادّة الحركة ولا إرادية

2. ما تناسق الحركات الذي يسبّب رفع ساعدك ثم خفضها؟

	رفع الساعد		خفض الساعد	
	العضلة ثنائيّة الرؤوس	العضلة ثلاثية الرؤوس	العضلة ثنائيّة الرؤوس	العضلة ثلاثية الرؤوس
a.	تنقبض	تنبسط	تنقبض	تنبسط
b.	تنقبض	تنبسط	تنبسط	تنقبض
c.	تنبسط	تنقبض	تنبسط	تنقبض
d.	تنبسط	تنقبض	تنقبض	تنبسط

3. أيٌّ ممّا يأتي يُكوّن الجسر المستعرض بين الأكتين والميوسين لانقباض العضلة؟
   a. ADP + Pi
   b. الكالسيوم
   c. التروبوميوسين
   d. القشرة الحركية

4. لماذا لا يرغب بعض الرياضيين في أن يكون لديهم كتلة عضلية كبيرة؟

   أعطِ مثالًا على رياضة يتطلّب أداؤها كتلةً عضلية كبيرة.

   أعطِ مثالًا على رياضة تكون الكتلة العضلية الكبيرة فيها محدَّدًا لأدائها.

5. فيمَ يشبه ATP البطّارية القابلة لإعادة الشحن؟

6. أنشئ رسمًا تخطيطيًا يوضّح كيف يشكّل كلّ من الميوسين والأكتين تركيبًا يمكن أن ينقبض، ثم يتمدَّد ثانية ليرجع إلى طوله الأصلي.

7. ما الفرق بين الذاكرة ذات المدى القصير والذاكرة ذات المدى الطويل؟

8. لماذا تحتاج حركة ذراعك إلى الأسفل وإلى الأعلى إلى زوج من العضلات وليس إلى عضلة واحدة.

الدرس 2-1
التدريب والوراثة
Training Versus Genetics

أيمكن لأيّ إنسان أن يصبح بالتدريب فقط رياضيًا على المستوى الأوليمبي، أم إنّ التدريب يجب أن يقترن بمزيج صحيح من الجينات؟ الإجابة عن كلا السؤالين هي «نعم» و «لا».

توجد اختلافات وراثية في الكائنات الحية جميعها (**الشكل 1-20**). بعض الأفراد أطول من غيرهم، وآخرون هم أكثر وزنًا، ولدى بعضهم معدل أيض أعلى. لكنّ البيئة مهمّة أيضًا. وعلى هذا، فلا يمكن لأحد أن يصبح رياضيًا بارزًا بدون تغذية وتدريب جيّدين.

سنتطرق في هذا الدرس إلى العلاقة بين الوراثة والأداء.

الشكل 1-20 ثلاثة أجسام مختلفة من فصيلة واحدة.

مخرجات التّعلُّم

GB1202.1 يصف الألياف العضلية ذات الانقباض البطيء والانقباض السريع، ويشرح تأثير الاتّزان في هذه الألياف في القدرة الرياضية الفطرية.

GB1202.2 يصف «نموذج مندل بسيط» لإمكانية توريث الصفات، مثل نسب ألياف العضلات ذات الانقباض البطيء وذات الانقباض السريع.

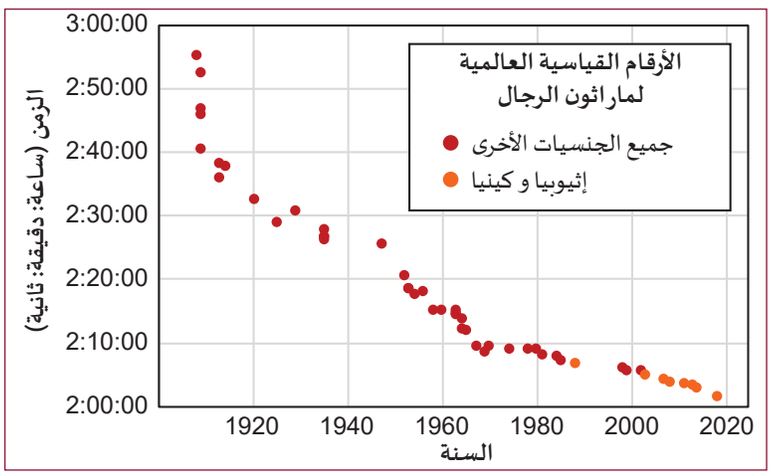
GB1202.3 يناقش دور الطبيعة (الوراثة) والتنشئة (العوامل البيئية مثل الغذاء والتدريب) في الإنجاز الرياضي.

المفردات

بطيء الانقباض	Slow twitch
الميتوكندريا	Mitochondria
سريع الانقباض	Fast twitch
متساوي القياس	Isometric
الجين	Gene
الأليل	Allele
الجين ACTN3	Gene ACTN3
أكتينين ألفا-3	Actinin alpha 3
جين الهرمون المحوّل للأنجيوتنسين	ACE
مربع بانيت	Punnett square

الماراثون والأداء

أُقيم أول سباق ماراثون حديث في العام 1896. إلّا أنَّ الاتحاد الدوليّ لألعاب القوى حدّد مسافة 42.195 km للسباق في العام 1921. يبيّن **الشكل 1-21** الأرقام القياسية العالمية للماراثون للسنوات 1908–2020.



الشكل 1-21 الأرقام القياسية العالمية للماراثون 2020-1908.

ما تفسير الزيادة الكبيرة في الأداء بين أول سباق للماراثون في 1908 واليوم؟

تروي القصة التقليدية أنه جرى إرسال فيديبيدس الأثيني (530-490 BC) إلى إسبارطة لطلب المساعدة، عندما وصل الفرس إلى قرية ماراثون في اليونان. وقد ركض فيديبيدس مسافة 240 km تقريبًا في يومين، ثم ركض راجعًا. وبعد ذلك ركض 40 km إلى ساحة المعركة، ثم عاد إلى أثينا ليعلن انتصار اليونان على الفرس في معركة ماراثون (490 BC)، لكنه انهار ميّتًا بسبب الإرهاق.

يبلغ طول الماراثون الحديث 40 km، وهي المسافة التي قطعها فيديبيدس آخر مرة.

يُمثّل الركض في الماراثون تحدّيًا جسديًا استثنائيًا. ويتّبع عدّاء الماراثون تدريبًا عالي المستوى ونظامًا غذائيًا أُعِدَّ بعناية. يعود جزء من الانخفاض السريع في الأرقام القياسية العالمية في الماراثون، وعلى مدى المئة سنة الماضية ، إلى التدريب الأفضل، وحتى إلى الأحذية الأفضل.

تشير الأدلة أيضًا إلى أن عدّائي الماراثون الأفضل يتّصفون، من الناحية الوراثية، ببنية جسدية أكثر ملاءمة للجري مسافات طويلة. ويدعم ذلك أن آخر ثمانية أرقام قياسية كانت لعدّائين من كينيا وإثيوبيا.

الشكل 1-22 عدّاؤو ماراثون.

ليف العضلة ذات الانقباض البطيء

يتّصف الرياضيّون بأشكال أجسام مختلفة تتناسب ورياضاتهم، فأجسام عدّائي المسافات الطويلة مثلا تختلف عن أجسام رافعي الأثقال. ويعود ذلك إلى أحد نوعَيْ ألياف العضلات الذي تحتاج إليه تلك الرياضة ومتطلّبات أدائها.

يمكن للألياف العضلية ذات **الانقباض البطيء Slow twitch** إنتاج كمية كبيرة من الطاقة، لكنها تقوم بذلك ببطء شديد وعلى مدى فترة زمنية طويلة. تُعدّ ألياف العضلات هذه جيّدة لرياضات التحمّل (**الشكل 1-23**)، مثل الجري لمسافات طويلة وركوب الدراجات والسباحة.

الشكل 1-23 العضلة ذات الانقباض البطيء لرياضات التحمّل.

تحتوي العضلات التي تحافظ على وضعية الجسم في الساق والظهر في الغالب، على الألياف العضلية ذات الانقباض البطيء، وتحتوي هذه على الميتوكندريا (**الشكل 1-24**).

الألياف العضلية ذات الانقباض البطيء لها قدرة تحمّل أعلى.

الميتوكوندريا Mitochondria هي إحدى العُضيّات الموجودة في خلايانا والتي تستخدم الأكسجين لإنتاج ATP. تحتوي العضلات ذات الانقباض البطيء على أوعية دموية كثيرة، وهي الأولى التي تنشط عندما تبدأ بممارسة التمرين الرياضي. وحيث إنَّ الميتوكندريا تنتج ATP مادامت تتزوّد بالأكسجين والغذاء، فإنها يمكن أن تستمرّ في جعل هذه العضلات تقوم بوظائفها لفترات زمنية طويلة من دون الحاجة إلى التعافي.

يمكن أن يساعد التدريب المناسب على زيادة عدد الميتوكوندريا في ألياف العضلات ذات الانقباض البطيء، فتتحسَّن كفاءة استخدام الميتوكندريا في إنتاج ATP.

تُعرَف العضلة ذات الانقباض البطيء أحيانًا باسم العضلة من النوع الأول. تتميّز هذه العضلات باللون الأحمر الداكن وتسمّى أحيانًا «العضلة الحمراء»، بسبب وفرة الأوعية الدموية التي تزوّد الألياف ذات الانقباض البطيء.

الشكل 1-24 الميتوكندريا.

الألياف العضلية ذات الانقباض السريع

الشكل 1-25 العضلة ذات الانقباض السريع ضرورية للاستجابة السريعة والقوة.

تستجيب ألياف العضلات ذات **الانقباض السريع Fast twitch** للمنبّهات العصبية أسرع بعشر مرات من الألياف ذات الانقباض البطيء، وتنتج كمية كبيرة من الطاقة في فترة زمنية قصيرة. تُستخدم العضلات الغنية بالألياف ذات الانقباض السريع للقفز والركل (**الشكل 1-25**) والتدفّقات المفاجئة للطاقة اللازمة لرفع الأثقال أو الملاكمة. تتكوّن عضلات العينين بشكل رئيس من ألياف سريعة الانقباض.

تُصنّف العضلات ذات الانقباض السريع إلى نوعين وفقًا لكيفية إنتاجها لـ ATP. يستخدم النوع IIa الأكسجين لإنتاج ATP. ويعتمد النوع IIb على ATP المخزون في الخلية العضلية، ويستخدم التنفس اللاهوائي للحصول على طاقته. تتزوّد الألياف ذات الانقباض السريع بعدد أقل من الأوعية الدموية؛ لذا، فإنها تراكم حمض اللاكتيك، وتتعب بسرعة، وتتطلّب وقتًا لتتعافى.

توجد العضلات ذات الانقباض السريع بأعداد أكبر في العضلات المسؤولة عن الحركة. ويمكن أن تزيد تمرينات القوة من عدد ألياف العضلات ذات الانقباض السريع المستخدمة لتلك الحركة. تلك الألياف هي المسؤولة عن حجم عضلاتك وتحديدها.

تمنح ألياف العضلات ذات الانقباض السريع قوة فوريّة.

تحتوي العضلة ذات الانقباض السريع على عدد أقل من الأوعية الدموية لذا، يكون لونها فاتحًا بالمقارنة مع العضلة ذات الانقباض البطيء. تعكس ألوان لحوم الدجاج الاستخدام الأساسي للعضلات (**الشكل 1-26**)، فعضلات الرجلين والفخذين (اللحم الداكن)، هي عضلات بطيئة الانقباض، يستخدمها الطائر للوقوف. وعضلة الصدر فاتحة اللون أكثر، لأنها تتكوّن من ألياف ذات انقباض سريع يحتاج إليها الطائر للطيران.

الشكل 1-26 (a) أرجل الدجاجة، (b) صدر الدجاجة.

لمعظم الناس العدد نفسه من العضلات ذات الانقباض السريع والعضلات ذات الانقباض البطيء. سنتعرّف إلى أنواع معيّنة من تمارين العضلات التي تساعدك على تحسين قدرتك على أداء رياضتك المفضلة.

تمرين العضلات

يحلم الشباب في مختلف أنحاء العالم بأن يكونوا مثل لاعبهم المفضّل. إنّ فَهم الشباب لنوع العضلات المستخدم في الرياضة المرغوبة يمكن أن يعزّز من فرصة نجاحهم في تلك الرياضة.

هل يمكن لأنواع التدريب المختلفة التأثير في الاتزان بين العضلات ذات الانقباض السريع والعضلات ذات الانقباض البطيء؟

تحسين الألياف العضلية ذات الانقباض البطيء

تساوي القياس Isometrics هو تقنيات تدريب، يمكنك أن تتّخذ فيها أوضاعًا بحركة مفاصل غير ملحوظة (**الشكل 1-27**). يكون الهدف من هذه التقنيات جعل كلتا العضلتين في كل زوج من العضلات المتضادّة تنقبضان في الوقت نفسه. يمكن لهذا النوع من التدريب أن يزيد من كثافة الميتوكندريا ويحسّن التنفس الهوائي.

تعزّز ممارسة الرياضة أيضًا، مع أوزان خفيفة وكثير من التكرار، الألياف ذات الانقباض البطيء. يتخلّل تدريب الرياضيين فترات راحة قصيرة جدًا، وهذا يساعد الألياف ذات الانقباض البطيء على زيادة كفاءة التنفس الهوائي.

الشكل 1-27 (a) و (b) التمرينات متساوية القياس: مجموعات العضلات الثنائية المتضادة الحركة منقبضة.

تحسين الألياف العضلية ذات الانقباض السريع

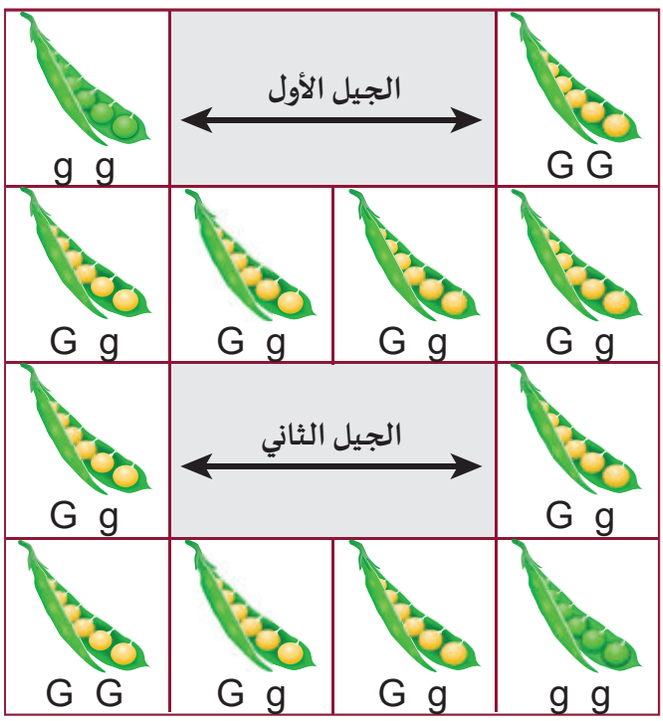
- تدريب المقاومة بأوزان ثقيلة: كلما ازدادت الأوزان، ازدادت معها سرعة نموّ الألياف ذات الانقباض السريع.
- التكرار السريع لبعض التمارين، مع فترات راحة أطول بين المجموعات، يساعد في انتعاش العضلات.
- إنّ القفز أو الرفع بسرعة كبيرة هو التدريب الأفضل للعضلات ذات الانقباض السريع.

تحدّد الجينات التي نرثها من الوالدين في المقام الأول نسبة الألياف ذات الانقباض البطيء إلى الألياف ذات الانقباض السريع في أجسامنا. يمكن أن يكون لدى عدّائي ماراثون الأولمبياد ما يصل إلى 80% من الألياف ذات الانقباض البطيء. علم الوراثة هو العلم الذي يدرس هذا الاختلاف وكيفية توريثه.

الجينات

كيف نرث صفاتٍ، مثل القوة أو لون الشعر؟

كان الراهب «جريجور مندل» أول من اقترح نظرية حديثة في الوراثة في ستينيّات القرن التاسع عشر. زاوج مندل بازلاء خضراء نقيّة (gg)، مع بازلاء صفراء نقيّة (GG). كانت جميع بازلاء النسل الناتج صفراء. ثم زاوج نباتات النسل الناتج، فكانت النتيجة ثلاثة بازلاء صفراء لكل بازلاء خضراء (**الشكل 1-28**). وقد رأى مندل أن بعض الجينات سائدة (G)، وبعضها الآخر كانت متنحّية (g). وفي حالة البازلاء، كان الجين G للّون «الأصفر» سائدًا. وعندما أجرى مندل تزاوجًا بين نباتين هجينين، كان هناك احتمال بنسبة 25% لأن يمتلك النسل الناتج كلا الجينين المتنحّيين، وتُنتَج بذور بازلاء خضراء.



الشكل 1-28 تجربة مندل على البازلاء.

يُستخدَم مصطلح **الجين Gene** لوصف الشيفرات الموجودة في حمض DNA التي تحدّد التراكيب والعمليات الحيوية جميعها. **والأليل Allele** هو المصطلح المستخدم لوصف النسخ المختلفة من جين معين. تؤدّي الأليلات المختلفة لإنتاج بازلاء خضراء أو صفراء.

بَحَثَت الكثير من الدراسات الاختلافات الجينية في أداء الأفراد الرياضي، وقارنت العائلات الرياضية والتوائم المتطابقة مع مجموعات غير رياضية. تشير الدراسات إلى أنه قد يكون هناك اختلافات بنسبة 30% - 80% في القدرات الرياضية يمكن أن تنسب إلى الوراثة.

أُعطي الجين **ACTN3**، والمُسمّى أيضًا «جين العدّاء»، حقّه من الدراسة. يُنتج هذا الجين البروتين «ألفا (α) أكتينين3-» الأكثر شيوعًا في العضلات ذات الانقباض السريع.

الأفراد الذين لديهم تباين في الجين ACTN3 هم أكثر ميلًا إلى التفوّق في العدو السريع (**الشكل 1-29**)، وفي الأنشطة الأخرى التي تتطلّب عضلات سريعة الانقباض. يُمثّل هذا الجين زيادة بنسبة 3% - 2% فقط في أداء العضلات الفعلي.

الشكل 1-29 يساعد الجين ACTN3 في العدو السريع.

الأليلات

يوجد أليلان للجين ACTN3 يعرفان برموزهما 577R و 577X. وقد يكون مفيدًا وصفهما بأنهما مفتاحان لإنتاج ألفا-أكتينين 3 (**الجدول 1-1**). تسمّى أليلات جين معيّن للفرد "الطراز الجيني".

الجدول 1–1 توزيع الجين ACTN3 وتأثيره في إنتاج البروتين في العضلات.

توزيع الأليل	577R 577R	577R 577X	577X 577X
إنتاج البروتين	ألفا – أكتينين 3 مرتفع	ألفا – أكتينين 3 طبيعي	بدون ألفا – أكتينين 3
تركيز العضلات	سريعة الانقباض	كلتاهما	بطيئة الانقباض

- الرياضيون النخبة الذين يتفوّقون في الألعاب الرياضية التي تتطلّب عضلات سريعة الانقباض، هم في كثير من الأحيان أولئك الذين ورثوا نسختين من الجين 577R، ويرمز إلى طرازهم الجيني بـ RR.
- يُنتِج الأليل 577X بروتينات ألفا – أكتينين 3 الأقصر والتي تتكسّر بسرعة أكبر. أما الأفراد الذين لديهم نسختان من جين 577X، ويرمز إلى طرازهم الجيني بـ XX، فلا ينتجون ألفا – أكتينين 3 على الإطلاق. يوجد هذا الطراز الجيني في الأفراد ذوي الأداء العالي الذين يعتمدون على العضلات ذات الانقباض البطيء.

يساعد جين آخر ACE، في إنتاج هرمون يُسمّى الأنجيوتنسين II، الذي يساعد على التحكُّم في ضغط الدم وفي أداء العضلات ذات الانقباض السريع. للجين ACE أليلان هما: ACEI و ACED.

يتبع توزيع أليلَيْ ACE القواعد نفسها التي وضعها مندل. ويكون تأثير إنتاج الهرمون أكبر مع الطراز الجيني DD (**الجدول 1-2**)، والذي يبدو أنه يعطي إيجابية ضئيلة للعضلات ذات الانقباض السريع.

الجدول 1–2 توزيع الجين ACE وأليلاته وتأثيره في إنتاج الهرمون.

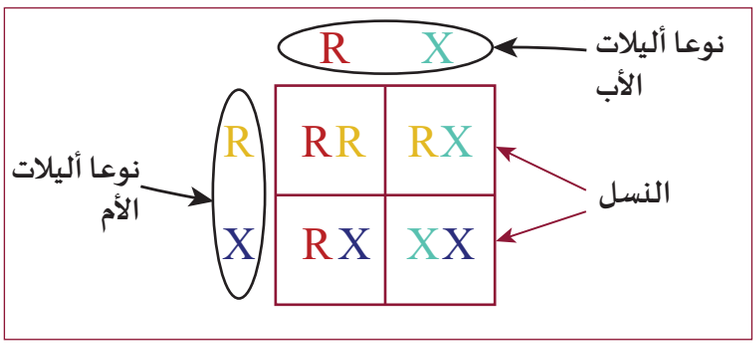
توزيع الأليل	ACED ACED	ACED ACEI	ACEI ACEI
إنتاج الهرمون	مرتفع	متوسّط	منخفض

يبدو أن الأبحاث تشير إلى احتمال وجود ما يصل إلى 150 مجموعة مختلفة من الجينات التي تؤثّر في كل شيء يرتبط بالقدرة الرياضية، بدءًا من التركيز العقلي، وصولًا إلى التواصل بين الخلايا العصبية.

وراثة النسل

مربع بانيت Punnett square أداة هندسة رياضية للتنبّؤ بتوزيع الأليلات في نسل أبوين. سنتوقّع في المثال (**الجدول 1-3**) توزيع الجينات لنسل الأب ذي التركيب RX للجين ACTN3، ونسل الأم ذي التركيب نفسه RX للجين ACTN3.

الجدول 1-3 مربع بانيت لوالدين كل منهما RX.



1. ضع نوعَي الأليل للأب فوق مربّع بانيت. وفي كل صندوق تحتهما، ضع الأليل R أو X، بلون أليلَي الأب ليمثّل انتقال ذلك الأليل إلى النسل.
2. ضع نوعي الأليل للأم على جانب مربّع بانيت، ثم ضع في كل صندوق على جانب الأم نوع الأليل المنتقل بلون الأليل الموجود على جانب الصندوق.
3. يوجد في كل صندوق من النسل أليل من الأب وأليل من الأم. تمثّل أنماط الصناديق احتمالية توزيع الأليلات في النسل المحتمل.

50% ستحمل الأليلين RX ACTN3

25% ستحمل الأليلين RR ACTN3

25% ستحمل الأليلين XX ACTN3

يسهم الوالدان في ما يصل إلى 20 ألف جين في الطفل.

هذا لا يعني أن 25 % من أطفال هذين الوالدين سيصبحون عدّائين من الطراز العالمي. إنّ مربّع بانيت يعرض احتمالات تأثير جين واحد فقط على العضلات ذات الانقباض السريع. أمّا الوالدان فيسهمان في ما يقرب من 20 ألف جين تشفر لبروتينات. إلّا أن اجتماع جميع الجينات المفيدة في طفل واحد هو أمر نادر.

توجد متغيّرات كثيرة تسهم في إعداد رياضيّ متفوّق، وأحدها الوراثة وتأثيرات بيئية كثيرة أيضًا. يمكن لشخص، طرازه الجيني RR و DD، أن يكون ناجحًا في رياضة الرمْي. لكن تأثير عامل الوراثة سيكون ضئيلًا إذا لم يطوّر هذا الشخص اهتمامًا بالرياضة في المقام الأول. تساعد البيئة أيضًا في تحديد مدى نجاحه الرياضي.

نشاط 2-1 العضلات ذات الانقباض السريع وذات الانقباض البطيء

المهمة 1

يعمل الطلاب في مجموعات ثنائية، وتستخدم الإنترنت للتحقّق من صفات الألياف ذات الانقباض السريع والألياف ذات الانقباض البطيء. ثم تُعِدّ المجموعات تقريرًا مصوّرًا قصيرًا عن تأثير هذه الألياف في القدرة الرياضية مستعينةً بأمثلة من شخصيات رياضية مشهورة من قَطَر والعالم.

1. تتطلّب أنواع متعدّدة من الرياضة كلا نوعي العضلات لتحقيق النجاح. فكّر في المهارات المطلوبة عند البحث عن أمثلة.
2. حدّد الجنسية الأصلية للرياضيين الذين تمّ اختيارهم. يأتي كثير من الرياضيين العالميين في رياضات معيّنة من المنطقة نفسها من العالم. هل كان هذا عاملًا مؤثّرًا؟
3. عند تصوير فيلم، قد يكون من المفيد تكوين لوحة القصّة للمساعدة في تنظيم المشاهد المراد توضيحها.

المهمة 2

يعمل الطلاب في مجموعات ثنائية، ويكوّنون نموذجًا بسيطًا يوضّح كيفية توريث صفة، مثل نسبة الألياف ذات الانقباض السريع وذات الانقباض البطيء. يكرّر الطلاب استخدام نموذجهم ليوضّحوا أن الأطفال المختلفين من العائلة نفسها لديهم مجموعات مختلفة من الألياف ذات الانقباض السريع الألياف ذات الانقباض البطيء . قد ترغب في البحث عن وراثة جين ACTN3 لتعزيز فكرتك.

1. استخدم مربّع بانيت لتحديد توزيع الأليلات في النسل.
2. ابدأ مع والدين بالطراز الجيني RR، ثم كوّن مربّع بانيت للنسل. كرّر ما قمت به مع طرز جينية أخرى للوالدين لتحديد احتمالية ظهور الصفات المرغوبة في النسل.
3. قد يكون مفيدًا البحث في تقنيات تكثير الحيوانات للتعرّف إلى نوع الطرائق الأكثر نجاحًا.

	X	X
R		
X		

	R	R
R		
X		

الوراثة والتدريب

لا يوجد سوى عدد قليل من الرياضات المختارة، حيث تُحدث سيطرة العضلات ذات الانقباض السريع أو ذات الانقباض البطيء فرقًا كبيرًا. يتطلّب الأمر لغالبية الألعاب الرياضية والتمارين اليومية واللياقة البدنية مزيجًا من كلّ من مجموعَتَي العضلات. يُسهم التدريب البدني بشكل كبير في نجاح الفرد في هذه الأنشطة (**الشكل 1-30**).

الشكل 1-30 رياضات تؤدي فيها المهارة والتدريب دورًا مهمًّا.

- تشير الأبحاث إلى وجود نوع ثالث من العضلات لدى البشر، وهو العضلات ذات الانقباض السريع التي يمكن تدريبها لتعمل مثل العضلات ذات الانقباض البطيء. هذه العملية ليست مفهومة بشكل واضح، لكنها تفسّر كيف يمكن أن يحسّن التدريب الأداء في معظم الألعاب الرياضية.
- تعتمد كفاءة الألياف العصبية على عدّة عوامل منها التغذية المناسبة. إنّ التغذية هذه حيوية للأداء الصحيح للجهاز العصبي الذي يوجّه العضلات نفسها.
- يحتاج جسمك إلى نقل الاكسجين إلى العضلات، ولذلك يمكن للتدريب، باتباع الشروط التوجيهية، أن يُثمر في نقل الأكسجين إلى العضلات بشكل كبير، يصبح جسمك بالتالي أكثر قدرة على الاستجابة للإجهاد و التعامل معه بطرائق مختلفة.
- يتطلّب النجاح في كل رياضة تقريبًا الموقف والالتزام الصحيحين. القدرة على التغلب على التوتّر مهمّة إلى أبعد الحدود للأداء في المنافسات. تساعد التهيئة الذهنية والتمرين في تجنّب الأخطاء عندما تكون متعَبًا ومعرّضًا للضغط (**الشكل 1-31**).

تربية الخيول للقوة أو السرعة

تربية الخيول للسرعة والقوة عملية مستمرة منذ آلاف السنين. ابحث عن سلالة حصان موجودة في قَطَر. ما أصل هذه السلالة؟ ما الصفات التي حاول المربّون إكسابها للخيول في السلالة؟ هل توجد صفات حاول المربّون التخلّص منها؟

الشكل 1-31 الحصان العربي.

تقويم الدّرس 1-2

1. أيٌّ ممّا يأتي هو من خصائص الألياف العضلية ذات الانقباض البطيء؟
   a. كمية صغيرة من الطاقة، سريعة على مدى فترة زمنية قصيرة.
   b. كمية كبيرة من الطاقة، سريعة على مدى فترة زمنية قصيرة.
   c. كمية صغيرة من الطاقة، بطيئة على مدى فترة زمنية طويلة.
   d. كمية كبيرة من الطاقة، بطيئة على مدى فترة زمنية طويلة.

2. ما الاستنتاج الذي توصّل إليه مندل؟
   a. يسهم كلا الأبوين في بعض الجينات.
   b. يمكن أن يكون النسل نتاج جينات من كلا الأبوين.
   c. بعض الصفات الوراثية سائدة، وبعضها الآخر متنحّية.
   d. عند زراعة البازلاء، يكون الحفاظ على التلقيح الخلطي مهمًّا.

3. حدّد ما تحتاج إليه الميتوكندريا لتنتج ATP؟
   a. الأكسجين والموادّ الغذائية.
   b. الأكسجين وحمض اللاكتيك.
   c. حمض اللاكتيك والموادّ الغذائية.
   d. حمض اللاكتيك وثاني أكسيد الكربون.

4. ما الخصائص التي تجعل العضلات ذات الانقباض البطيء ملائمة لرياضيي التحمّل؟

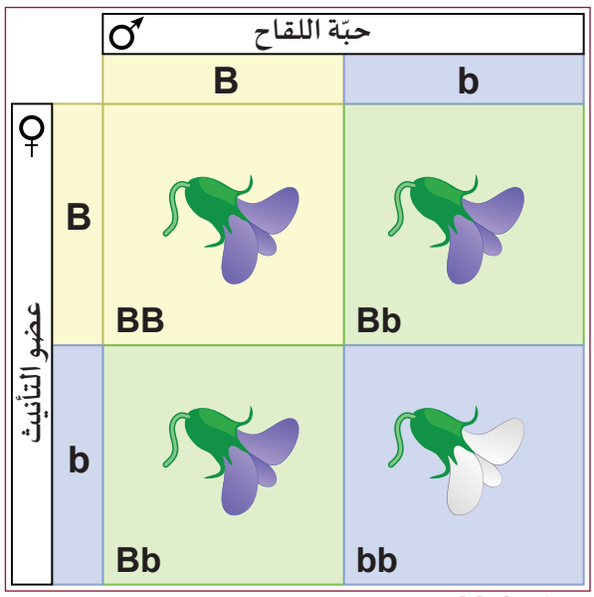
5. كيف يمكن لتدريب القوّة تحسين الأداء؟

6. ما أهمّية التدريب المتساوي القياس؟

7. ارسم مربّع بانيت لتحديد التركيب الجيني المحتمل للأفراد المحتمل ولادتهم من والدَيْن يحملان نوعَي الأليل ACE DI.

إضاءة على عالم

ريجينالد بانيت Reginald Punnett: 1875-1967



الشكل 1-32 مربّع بانيت يحدّد احتمالية لون البتلات في زهرة البازلاء.

يُعدّ مربّع بانيت نقطة بداية معظم دراسات علم الوراثة. وقد أنشأ ريجينالد بانيت رسومًا لتوضيح عدد الجينات الناتجة وتنوّعها. وفي الفترة التي كانت محاولات العلماء مُنصَبَّةً على تفسير سبب استمرار ظهور الأليلات المتنحّية بين الناس، عمل بانيت، بالتعاون مع عالم الرياضيات ج. هاردي، زميله في فريق الكركيت، على تفسير الاختلافات الإحصائية في جماعة ما، ولا تزال طريقتهما تستخدم إلى الآن.

اهتمّ بانيت بعلم الأحياء منذ كان صغيرًا، إذ قرأ كتبًا في علوم النبات والحيوان في فترة مرضٍ أصابه وهو طفل. وقد نال درجة البكالوريوس في علم الحيوان من جامعة كامبردج في إنجلترا في العام 1898، ودرجة الماجستير في العام 1901. بحلول العام 1900 أُعيد اكتشاف عمل مندل، بعد أن تلقّى قليلًا من الاهتمام لم يَنَلْه وقت نشر نتائجه في العام 1866. وكان يُنظر إليه على أنه دراسة في التهجين، وهي تقنية راسخة لإنتاج نسل بصفات مرغوب فيها.

كان ويليام بيتسون، الزميل الباحث في كامبريدج، من أنصار عمل مندل. وقد عمل بيتسون مع بانيت على تأسيس تخصّص علم الوراثة في الجامعة. شغل بانيت منصب أستاذ علم الأحياء في الجامعة في العام 1910، وعندما غادر بيتسون الجامعة، عُيّن بانيت الأستاذ الأوّل لعلم الوراثة في آرثر بلفور في العام 1912 .

تعود تربية الخيول وتكثيرها إلى 4500 سنة؛ منذ فترة طويلة، أمكن تعزيز سمات معينة من خلال انتقاء الأفراد الذين يحملون الصفات المرغوب فيها وتكثيرها في ما يُعرف بالتربية الانتقائية. وقد تظهر في بعض الأحيان أمراض غير متوقّعة وضعف في صغار الخيول الناتجة. ساعد تطبيق التحليل الإحصائي لأليلات الخيول على اختيار الآباء الشركاء بعناية للتأكّد من أن هذه الصفات المتنحّية لن تظهر في نسلها... شكرًا للأعمال التي قدمها ريجينالد بانيت .

الوحدة 1

مراجعة الوحدة

الدرس 1-1 كيف تعمل العضلات؟

- **العضلات الملساء Smooth muscle**: توجد في الأعضاء الداخلية وفي الأوعية الدموية، وحركتها لا إرادية.
- **العضلات القلبية Cardiac muscle**: هي عضلات لا إرادية تعمل بصورة مستمرّة. وهي توجد في القلب.
- **العضلات الهيكلية Skeletal muscle**: عضلات إرادية ترتبط بالعظام.
- تعمل العضلات على شكل **أزواج متضادّة الحركة Antagonistic pairs**، تنقبض إحداها وتنبسط الأخرى.
- **الليفات العضلية Myofibrils** هي خيوط طويلة متوازية في الألياف الأساسية للعضلة الهيكلية.
- عندما **تنقبض Contracting** العضلة تنزلق خيوط **الأكتين Actin والميوسين Myosin** بعضها على بعض مسبّبة قِصر **القطعة العضلية Sarcomeres**.
- **التنفس الهوائي Aerobic respiration** ينتج ATP مستهلِكًا الجلوكوز و الأكسجين.
- **القشرة الحركية Motor cortex** في الدماغ ترسل **إشارات عصبيّة Neural signals** لتنشيط العضلة.

الدرس 1-2 التدريب والوراثة

- **الألياف العضلية ذات الانقباض البطيء Slow twitch muscle** يمكنها إنتاج مقدار كبير من الطاقة ببطء، وعلى مدى فترة زمنية طويلة.
- **الميتوكندريا Mitochondria** تنتج الطاقة في داخل الألياف العضلية ذات الانقباض البطيء.
- **الألياف العضلية ذات الانقباض السريع Fast twitch muscle** تعمل على نحوٍ أسرع بعشر مرات من الألياف العضلية ذات الانقباض البطيء وتنتج مقدارًا كبيرًا من الطاقة في فترة زمنية قصيرة.
- التمارين **ذات القياس المتساوي Isometrics** هي تمارين تعمل فيها العضلات ضد بعضها.
- **الجين Gene** هو الوحدة الأساسية والوظيفية في الوراثة.
- **الأليل Allele** هو المصطلح المستخدم في وصف الأشكال المختلفة لجينٍ معيّن.
- **ACTN3** هو الجين الذي ينتج **ألفا أكتينين 3 α-actinin-3** البروتين الأكثر شيوعًا في العضلات ذات الانقباض السريع.
- الجين **ACE** هو الجين الذي يساعد على إنتاج **أنجيوتنسين II** الذي يساعد بدوره على أداء العضلات ذات الانقباض البطيء.
- **مربع بانيت Punnett square** هو مخطّط يُستخدم في حساب ارتباطات الطُّرز الجينية وتكرارتها المختلفة وتمثيلها للأفراد المحتمل ولادتهم.

أسئلة متعدّدة الاختيارات

1. أيُّ نوع من العضلات يُعدّ الأكثر إجهادًا والأكثر عملًا؟
   a. العضلة القلبية
   b. العضلة ثنائيّة الرؤوس
   c. عضلة أوتار الركبة
   d. العضلة رباعية الرؤوس

2. أيُّ العضلات الأتية تُمثّل الزوج المضادّ للعضلة ثلاثية الرؤوس في المجموعة العضلية؟
   a. ثنائيّة الرؤوس
   b. العضلة الدالية
   c. شبه المنحرفة
   d. رباعيّة الرؤوس

3. ما التركيب الذي يربط العظام بالعضلات؟
   a. أكتين
   b. ميوسين
   c. الأوتار
   d. الليفات العضلية

4. كيف يزيد انقباض العضلات من ضغط الدم؟
   a. يؤدّي العمل المجهد إلى ارتفاع ضغط الدم.
   b. تتطلّب الليفات العضلية مزيدًا من الدم، فيزداد الضغط.
   c. تضيق الأوعية الدموية، فيزداد الضغط.
   d. زيادة الحاجة إلى الأكسجين تجعل القلب يرفع الضغط لزيادة تدفّق الدم.

5. أيُّ من الأتي يرتبط بالميوسين ليزوّد الطاقة اللازمة لتشغيل القوة بين الأكتين والميوسين؟
   a. ATP
   b. جلوكوز
   c. أحماض أمينية
   d. التنفس الهوائي

6. ما هو الوصف الأفضل للخلايا العصبية الحركية؟
   a. يتكوّن الحبل الشوكي من الخلايا العصبية الحركية.
   b. تتكوّن القشرة الحركية من الخلايا العصبية الحركية.
   c. الخلايا العصبية الحركية هي بنية الألياف العضلية.
   d. تنتج القشرة الحركية إشارة تنقلها الخلايا العصبية الحركية.

7. أيٌّ مما يأتي ليس صحيحًا في ما يتعلّق بالألياف العضلية ذات الانقباض السريع؟
   a. تستخدم التنفس اللاهوائي فقط للحصول على الطاقة.
   b. تتفاعل أسرع بعشر مرات من الألياف العضلية ذات الانقباض البطيء.
   c. تتعب بسرعة بسبب تراكم حمض اللاكتيك.
   d. تحتوي على كمية كبيرة من الأوعية الدموية لتزويد الأكسجين.

8. كيف يمكن أن تحسّن كثافة الميتوكندريا الأداء؟
   a. إنتاج عضلة ذات انقباض أسرع من أجل القدرة
   b. إنتاج عضلة ذات انقباض أبطأ من أجل التحمّل
   c. زيادة إنتاج ATP في العضلة ذات الانقباض السريع لمزيد من القدرة
   d. زيادة إنتاج ATP في عضلة بطيئة الانقباض لتحمّل أكبر

9. ما الفرق بين الجين والأليل؟
   a. الجين هو شيفرة DNA، أما الأليل فهو أشكال متنوّعة لهذا الجين.
   b. الأليل هو شيفرة DNA، أما الجينات فهي أشكال متنوعة لهذا الأليل.
   c. الجين يُعيق عمل الأليلات بناءً على نتائج توقّع مندل.
   d. تُعيق الأليلات عمل الجينات بناءً على توقّع مندل.

10. لماذا يُسمّى ACTN3 أحيانًا «جين العدّاء»؟
   a. ينتج عضلات بطيئة الانقباض.
   b. يوجد بشكل شائع في العضلات ذات الانقباض السريع.
   c. مسؤول عن إنتاج مستويات عالية من الميتوكوندريا.
   d. يولّد الأنجيوتنسين الذي يتحكّم في ضغط الدم، فيحسّن الأداء.

11. أيّة تركيبة جينية تمنح التحمّل الأكبر للعدّائين؟
   a. 577 RR ، ACE DD
   b. 577 RR ، ACE ID
   c. 577 RX ، ACE DD
   d. 577 XX ، ACE II

الدرس 1-1 كيف تعمل العضلات

12. ما المقصود بالمصطلح «لا إرادي» عندما يتعلّق الأمر بالعضلات؟
13. لماذا لا تُعدّ العضلات الهيكلية «لا إرادية»؟
14. اشرح عمل أزواج العضلات المتضادّة بعبارة أو عبارتين.
15. ما المشكلة المرتبطة فقط ببناء العضلة ثنائيّة الرؤوس في نظام رفع الأثقال (وليست العضلة ثلاثية الرؤوس)؟
16. لماذا يريد بعض الرياضيين أن يكون لديهم كتلة عضلات أكبر، في وقت يكون فيه أداء الرياضيين الآخرين أفضل بكتلة عضلية أقل؟
17. اشرح العلاقة بين الميوسين والأكتين التي ينتج عنها انقباض العضلات.
18. كيف يُنتِج التنفس اللاهوائي طاقة في العضلات؟
19. ما الفرق بين التنفس الهوائي والتنفس اللاهوائي؟
20. صف ترتيب الأحداث ، بدءًا من لحظة عزمك تحريك العضلات إلى أن تتحرّك فعلًا .
21. ما الدور الذي تؤدّيه الذاكرة العضلية في ألعاب القوى؟

الدرس 1-2 التدريب والوراثة

22. ما دور الميتوكوندريا في الألياف العضلية ذات الانقباض البطيء؟
23. إذا أراد عدّاء أن يطوّر من قدراته ليخوض سباقًا ثلاثيًّا، فما هي المجموعات العضلية التي يتعيّن عليه أن يعمل على تحسينها؟ وكيف يمكن له تعديل برنامج تدريبه لتحقيق أهدافه؟
24. ما الفرق بين نوعي الألياف العضلية ذات الانقباض السريع IIa و IIb؟
25. اذكر طريقتين لتحسين العضلات ذات الانقباض السريع في روتين التدريب الرياضي.
26. أعطِ مثالًا على دور علم الوراثة في نسبة العضلات ذات الانقباض السريع إلى العضلات ذات الانقباض البطيء في فردٍ ما.

27. من خلال دراستك لتجربة مندل الشهيرة مع البازلاء، بيّن كيف أثبت أن أحد الجينات سائد والآخر متنحّ. يجب أن تكون إجابتك على شكل فقرة واحدة ومخطّط توضيحي.

28. ارسم مربع بانيت لتحديد احتمالية تركيبة الجينات لأفراد يُحتمل إنجابهم، وتكون أليلات والديهم ACE.ID.

29. ارسم مربع بانيت يُظهر أفرادًا منتجين بنسبٍ على النحو الآتي:

RR ACTN3 50%

RX ACTN3 50%

حدّد توزيع الجينات لكلا الوالدَيْن.

30. اذكر ثلاثة عوامل إضافية غير الوراثة، يكون الوالدان سببها، ويمكن أن تُسهم في نجاح الرياضي.

31. بعض تجمّعات الكائنات الحيّة يحمل جميع الأفراد فيها جينات متطابقة. اشرح كيف يمكن أن يكون تأثير ذلك سلبيًّا.

32. اذكر ثلاثة إسهامات مختلفة لتأثير التدريب وحده في الأداء الرياضي.

الوحدة 2
تأثير الرياضة
Impact of Sports

في هذه الوحدة

الدرس 2-1: الرياضة والرئتان والدم والقلب — GB1203 GB1204

الدرس 2-2: الرياضة والهيكل العظميّ — GC1201

الدرس 2-3: تحسين الأداء الرياضيّ غير المشروع — GC1202

الوحدة 2

مقدّمة الوحدة

تنافس البشر في الألعاب الرياضيّة على مدى ما نعرف من التاريخ، حيث بدأت الألعاب الأولمبيّة الأولى في القرن الثامن قبل الميلاد، وجرى الاحتفال بالرياضة كلّ أربع سنوات على مدى 1200 سنة حتى القرن الرابع الميلاديّ . وقد أُجريت أوّل دورة ألعاب أولمبيّة حديثة في العام 1896 في أثينا، وشارك فيها 280 رياضيًّا من 13 دولة تنافسوا في 43 مسابقة.

يتطلّب التنافس على مستوًى عالَميّ تفانيًا في اللياقة البدنيّة والتدريب. ولهذا، فإنَّ على الرياضيّين إيجاد توازن بين التدريب الكافي والتدريب الشديد لتجنّب الإصابات الجسديّة المؤذية. إنّ معرفة درجة «صعوبة» النشاط تعتمد على نوع الرياضة وعلى الرياضيّ نفسه. لهذا، فإنّ جميع الرياضيّين من الطراز العالميّ لديهم مدرّب جيّد لمساعدتهم على الحفاظ على التوازن الحكيم. ولكن، ولسوء الحظ، فإنّ الضغط للوصول إلى الأداء المتميّز يمكن أن يحثّ الرياضيّين على اتخاذ خيارات غير صحيّة، مثل استخدام عقاقير تحسين الأداء. سنتطرّق في هذه الوحدة إلى بعض هذه الخيارات ومخاطرها.

الأنشطة والتّجارب

a1-2 هل ألعاب القوى جيّدة للجسم؟

b1-2 التدريب الرياضي المشروع وغير المشروع

a2-2 تأثير الرياضة في القوّة

b2-2 مفاصل صحيّة مدى الحياة

a3-2 الأدوية المحسّنة للأداء

b3-2 مناقشة اختبار المنشطات

الدرس 2-1

الرياضة والرئتان والدم والقلب

Sports and the Lungs, Blood, and Heart

يتشارك كلٌ من الرئتين والدم والقلب في نقل الأكسجين والمواد الغذائية إلى جميع أنحاء الجسم. والحفاظ على هذه الأجهزة الحيويّة في الشكل الأفضل هو المفتاح لحياة صحيّة وطويلة حيث تؤثّر التمارين والخيارات الذكيّة التي تمارسها في سن الشباب تأثيرًا كبيرًا في صحّتك عندما تكبر (**الشكل 2-1**).

في هذا الدرس سيتم دراسة وظيفة القلب وعمليّة التنفّس. إنّ تقوية هذه الأجهزة تُحَسِّن حياتك في عدة جوانب، مثل خفض ضغط الدم وتحسين المواقف الفكريّة.

فكّر في جسدك كآلة مذهلة ومعقّدة. إنّ فهم الأجهزة الحيويّة تساعدك في الحفاظ عليها بأعلى أداء.

الشكل 2-1 قدامى الرياضيين.

مخرجات التّعلُّم

GB1203.1 يشرح، بالاعتماد على أدلة موثوقة، تأثير التدريب في الرئتين (زيادة السعة ومساحة السطح، وزيادة عدد الشعيرات الدموية)، وفي الدم (زيادة عدد خلايا الدم الحمراء، وزيادة مستويات الهيموجلوبين)، وفي القلب (سعة أكبر، وقوة ضخ أكبر، وتقليل معدل ضربات القلب أثناء الراحة وضغط الدم).

GB1203.2 يقيّم فوائد التدريب في المرتفعات على الرئتين والدم والقلب، مع الإشارة إلى السكان الذين يولدون في المرتفعات.

GB1203.3 يصف تأثير استخدام الإرثروبويتين (EPO) غير المشروع في الرياضيين، ولماذا يصعب اكتشافه، والفوائد المحتملة والمخاطر الصحية على الرياضيين.

المفردات

Alveoli	الحويصلات الهوائية
Veins	الأوردة
Arteries	الشرايين
Hypoxia	نقص الأكسجة
Erythropoietin (EPO)	الإرثروبويتين
Autologous transfusion	نقل الدم الذاتيّ
Athlete Biological Passport	جواز السفر البيولوجي
Blood doping	تنشيط الدم
Hemoglobin	هيموجلوبين

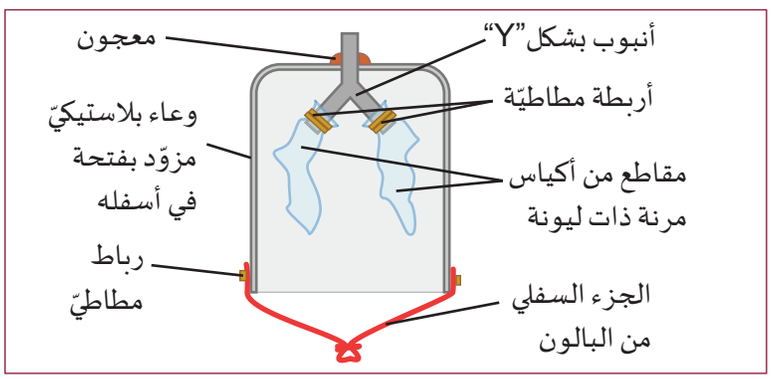
نموذج لكيفية عمل الرئتين

ضع يدك على صدرك لتشعر بالحركة عند الشهيق والزفير. ما هو نوع الحركة التي تشعر بها؟

كيف تقوم رئتاك بإدخال الهواء وإخراجه من جسدك؟

ما هي العضلات المشاركة في عمليّة التنفّس؟

الشكل 2-2 نموذج لكيفية عمل الرئتين.



الشكل 2-3 كيف تصنع نموذج الرئة الخاص بك.

الحجاب الحاجز Diaphragm هو العضلة الهيكليّة الأساسيّة للتنفُّس.

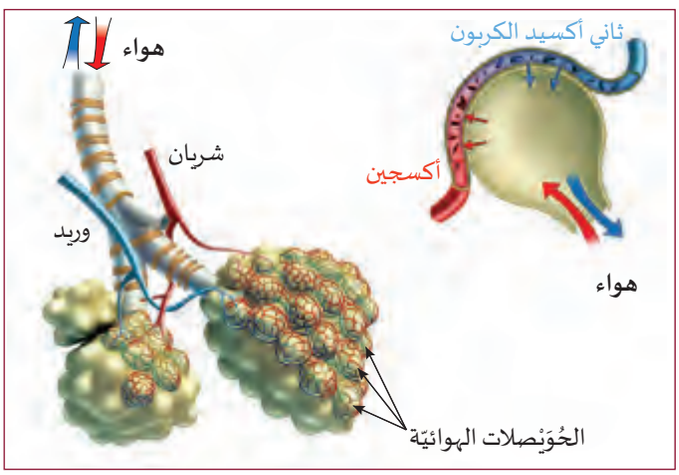
- عند الشهيق، يوسِّع الحجاب الحاجز حجم التجويف الصدريّ. يتسبّب هذا في تمدّد الرئتين ودخول الهواء إليهما.
- عند الزفير، يقلّل الحجاب الحاجز من حجم التجويف الصدري. يضغط هذا على الرئتين فيُجبر الهواء على الخروج منهما.

تتمّ عملية التنفّس بالكامل عن طريق عضلة الحجاب الحاجز، فالرئة نفسها لا تحتوي على عضلات. لكنّ الحجاب الحاجز لا يعمل على الرئتين مباشرة: عندما تستنشق الهواء، يُنشئ الحجاب الحاجز فراغًا جزئيًّا في صدرك. ويسحب هذا الفراغ الجزئيّ الهواء إلى الرئتين.

يتمّ تصنيف الحجاب الحاجز على أنه عضلة لا إرادية، لأنك لا تحتاج إلى التفكير عند التنفّس. على سبيل المثال، أنت تتنفّس في أثناء النوم. وعلى عكس العضلات الأخرى اللاإراديّة، فإنَّ لديك أيضًا بعض السيطرة الواعية على عمليّة التنفّس. يمكنك اختيار التنفّس أو عدم التنفّس، ويمكنك أيضًا أن تأخذ نفسًا عميقًا وأن تحبسه كما يفعل السبّاحون والغوّاصون.

الرئتان

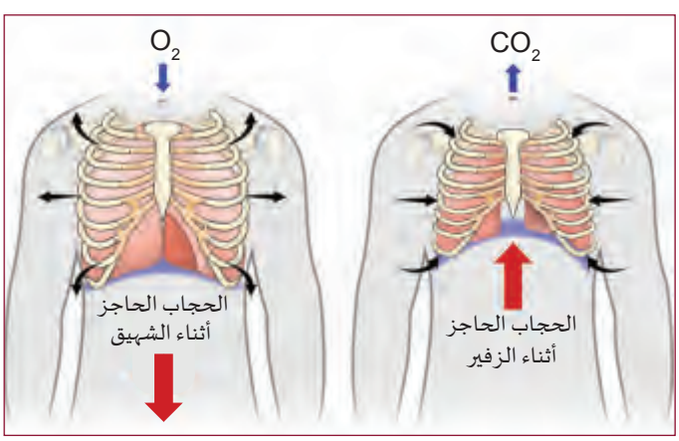
على عكس النموذج، لا تبدو الرئتان مثل «بالونات فارغة». إنّهما أقرب إلى الإسفنج لإحتوائهما على ملايين الأكياس الهوائية التي تُسمّى **الحُوَيْصلات الهوائيّة Alveoli** والتي تشبه بالونات صغيرة ذات جُدُر رقيقة محاطة بأوعية دمويّة دقيقة. تسمح جُدُر الحُوَيْصلات الرقيقة بتبادل الغازات، مثل الأكسجين وثاني أكسيد الكربون، بين الهواء في الرئتين والدم في الشُّعَيْرات الدمويّة الصغيرة التي تحيط بكلّ الحُوَيْصلات الهوائيّة، كما هو موضّح في **الشكل 2-4**.



الشكل 2-4 تبادل الغازات في الحويصلات الهوائية - الرئتين .

يوضّح **الشكل 2-5** كيف يتوسّع التجويف الصدريّ عند انقباض الحجاب الحاجز. يدخل الأكسجين (O_2) إلى الرئتين عند الشهيق. يتمّ تبادل ثاني أكسيد الكربون (CO_2) ويخرج في الزفير.

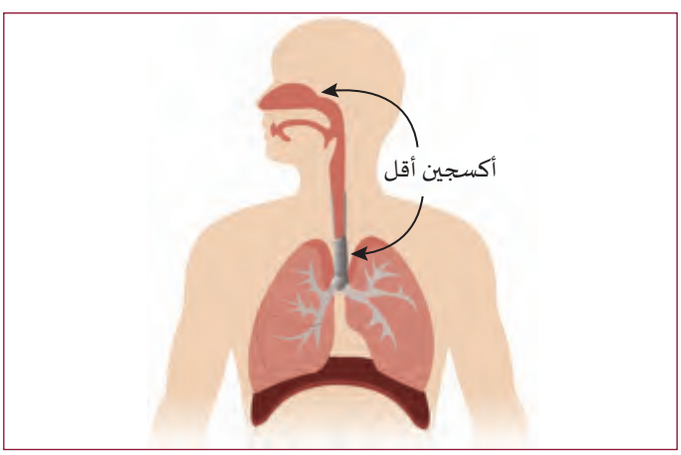
تقوّي ممارسة الرياضة بانتظام الحجاب الحاجز مثل أيّة عضلة، ما يُنتج أنفاسًا عميقة؛ تسمح بدخول المزيد من غاز الأكسجين وخروج غاز ثاني أكسيد الكربون مع كلّ نَفَس.



الشكل 2-5 رسم تخطيطي لحركة عضلة الحجاب الحاجز في أثناء عمليتي الشهيق و الزفير

يعمل الحجاب الحاجز عبر الهيكل العظميّ. تؤثّر وضعيّتك في مدى كفاءة تنفُّسك. لاحظ ارتفاع كتفيك واستقامة ظهرك عندما تأخذ نَفَسًا عميقًا .

التنفّس الكامل والعميق مهمّ لأنّ الممرّات الهوائيّة الخاصة بك لا تزال تحتوي، من التنفس السابق، على CO_2 وعلى كميّة أقلّ من O_2 (**الشكل 2-6**). أما التنفّس السطحيّ فلا يسمح للكثير من الهواء النقيّ بالدخول إلى رئتيك.

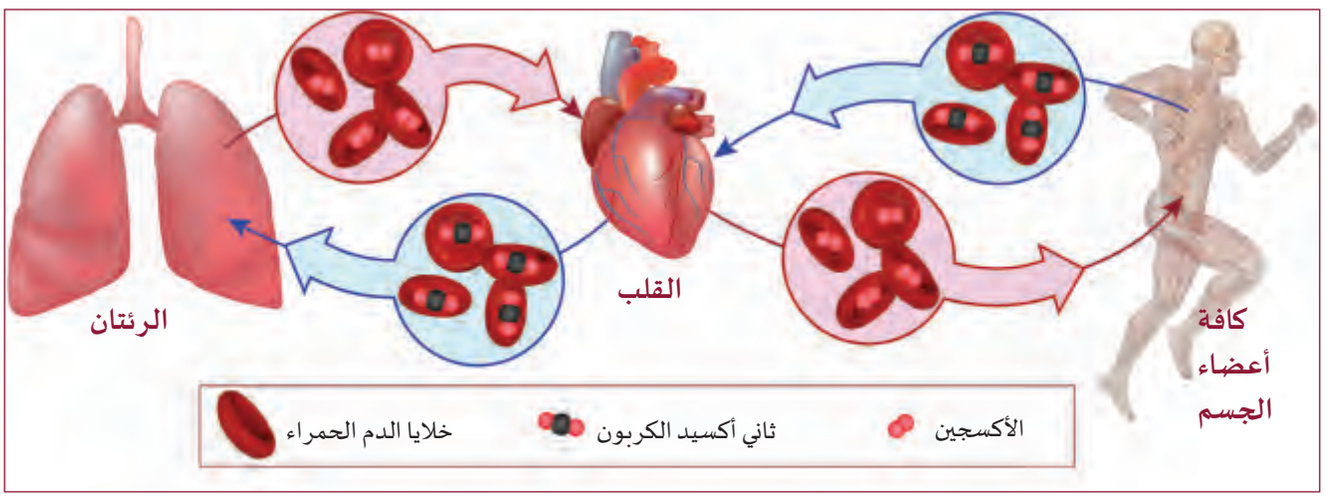


الشكل 2-6 التنفّس السطحيّ لا يسمح باستيعاب المقدار الأكبر من الأكسجين كما في التنفُّس العميق.

التنفّس الفعّال مهمّ في أثناء ممارسة الرياضة، حيث يدخل، في العادة، 5-8 لترات من الهواء في الدقيقة إلى الرئة. تزداد هذه الكميّة إلى أكثر من 100 لتر في الدقيقة في أثناء التمرينات القوية.

خلايا الدم الحمراء

خلايا الدم الحمراء هي أكثر مكوّنات الدم الخلوية. تحمل خلايا الدم الحمراء الأكسجين من الرئتين إلى جميع أنحاء الجسم (**الشكل 2-7**). يتمّ نقل ثاني أكسيد الكربون كفضلات من خلايا الجسم إلى الرئتين، ثم يخرج في الزفير.



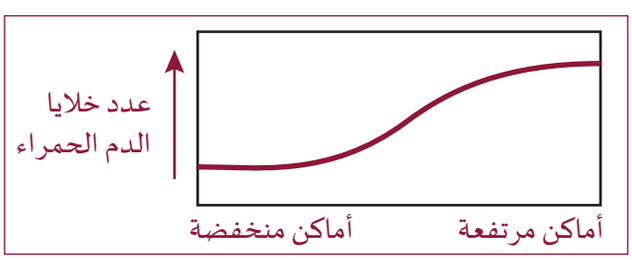
الشكل 2-7 تنقل خلايا الدم الحمراء الأكسجين وثاني أكسيد الكربون.

تعيش خلايا الدم الحمراء 120 - 80 يومًا فقط، ويجب على الجسم تبديلها باستمرار، حيث تميل خلايا الدم الحمراء الجديدة إلى إطلاق الأكسجين بشكل أفضل لعمل العضلات.

نقص الأكسجة Hypoxia هي حالة خطيرة محتملة لا يوجد فيها ما يكفي من الأكسجين ليصل إلى أنسجة الأعضاء والعضلات، و يمكن أن يحدث هذا عند اختلاف تركيز مركّبات أخرى إلى جانب الأكسجين في الهواء الذي نتنفّسه. يمكن على سبيل المثال أن يؤدّي استنشاق هواء غنيّ بأول أكسيد الكربون إلى الوفاة.

عندما تسافر فوق مستوى سطح البحر، تقلّ كثافة الهواء وتنخفض كميّة الأكسجين في كل نَفَس. يمكن لهذا المستوى من نقص الأكسجة أن يؤدّي إلى ضيق في التنفّس والشعور بعدم الراحة. إذا بقيت في المرتفعات فوق 1500 متر لبعض الوقت، يبدأ جسمك بالتأقلم في غضون 24 ساعة، حيث يحفز هرمون **الإرثروبويتين** (Erythropoietin EPO) الطبيعي في الجسم إنتاج المزيد من خلايا الدم الحمراء لتلبية احتياجات الجسم من الأكسجين.

لقد تعلّم الرياضيّون كيفيّة استخدام هذا التأثير من خلال التدريب في المناطق المرتفعة، فممارسة الرياضة في هواء قليل الكثافة تدفع الجسم إلى بناء المزيد من خلايا الدم الحمراء. تعتمد درجة التأثير على درجة نقص الأكسجة (الارتفاع) ومقدار الوقت الذي نقضيه في المرتفعات العالية، كما هو موضح في (**الشكل 2-8**).

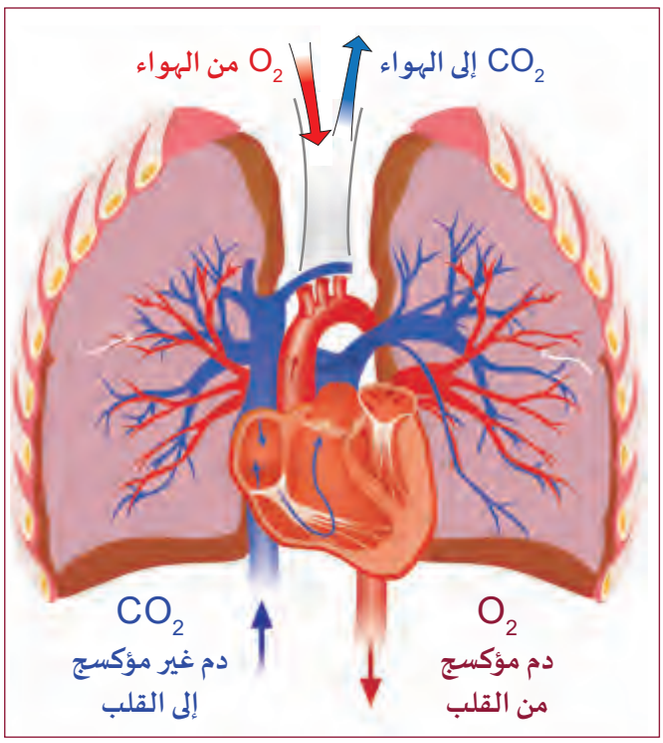


الشكل 2-8 تأثير التدريب في المناطق المرتفعة على عدد خلايا الدم الحمراء.

القلب

القلب هو العضو العضليّ الذي يضخّ الدم عبر الشرايين والأوردة. قد ينبض قلبك أكثر من 100,000 مرّة في كل يوم من حياتك.

الأوردة Veins هي الأوعية الدمويّة التي تحمل الدم مع ثاني أكسيد الكربون من أنسجة الجسم إلى القلب (**الشكل 2-9**). يتمّ نقل ثاني أكسيد الكربون، في الغالب، عبر خلايا الدم الحمراء، حيث يتمّ حملها بوساطة بروتينات تُسمّى الهيموجلوبين. إنّ عمليّة تبادل الغازات في الحُوَيْصلات الهوائيّة تزيل ثاني أكسيد الكربون من الهيموجلوبين وتزوّده بالأكسجين(O_2).

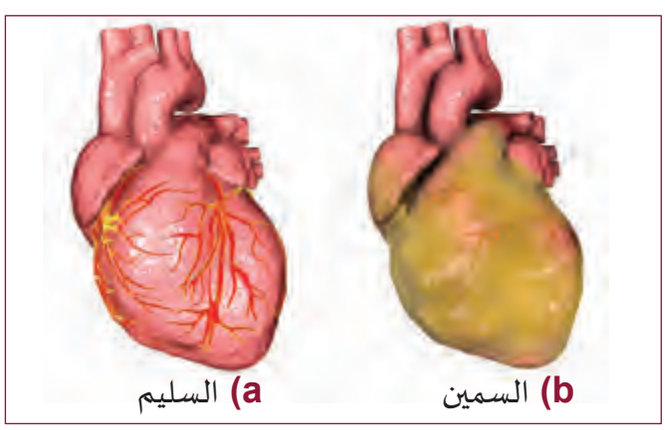


الشكل 2-9 يُحضر القلبُ الدمَ الغني بالـCO_2 إلى الرئتين ويُرجع الدم الغنيّ O_2 إلى الجسم.

الشرايين Arteries هي الأوعية الدمويّة التي تحمل الدم المُحَمَّل بالأكسجين O_2 إلى أنسجة الجسم. ينتقل الدم، كما هو الحال في جميع السوائل، من الضغط العالي إلى الضغط المنخفض، وهذا يعني أنّ ضغط الدم في الشرايين أعلى منه في الأوردة.

الدهون الحشوية Visceral fat. هي نوع من الدهون في الجسم يتمّ تخزينها في داخل تجويف البطن.

يؤدّي تراكم الكثير من الدهون الحشوية حول القلب إلى زيادة جهد عضلة القلب (**الشكل 2-10**) وتتراكم الدهون الحشوية أيضًا في الشرايين، فتقلّ قدرة القلب على ضخ الدم في كلتا الحالتين. تسبّب الانسدادات الناتجة عن تراكم الدهون الكثير من مشاكل القلب والدورة الدموية، والتي قد تكون قاتلة.



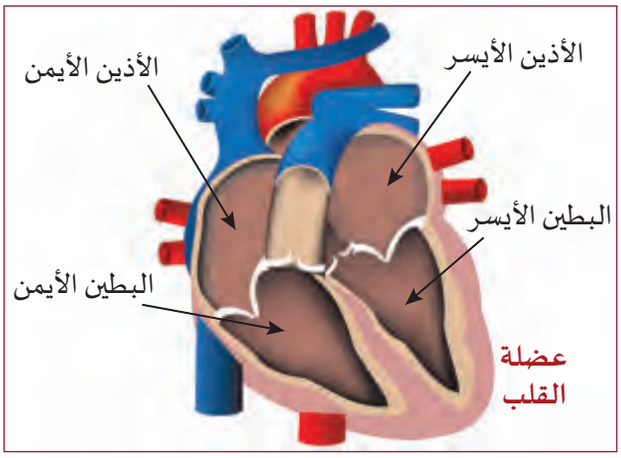
الشكل 2-10 a) القلب السليم، b) قلب الشخص السمين مع الدهون الحشوية.

يمكن تقوية القلب عن طريق ممارسة الرياضة، كما هو حال جميع العضلات. عندما تقوم بالتدريب، يحتاج جسمك إلى كميّة أكبر من الأكسجين. يُضخُّ هذا الأكسجين من خلال الدم عن طريق القلب. وهذا يزيد من إجهاد القلب مقارنة بوقت الراحة. من المهم أن تبدأ ببطء، لكنّ هذا الإجهاد المتزايد سيسمح في النهاية للقلب بأن يصبح أكثر كفاءة.

فوائد التدريب

1. تقوية عضلة القلب

يتكوّن قلبك من أربع حجرات: الأُذَيْن الأيمن، والأُذَيْن الأيسر، والبُطَيْن الأيمن، والبُطَيْن الأيسر، (**الشكل 2-11**). يضخّ البُطَيْن الأيسر الدم الغنيّ بالأكسجين إلى خارج القلب. يزداد حجم البُطَيْن الأيسر نتيجة ممارسة الرياضة بانتظام، ما يُسهّل عمل القلب.



الشكل 2-11 رسم تخطيطيّ للقلب.

2. خفض ضغط الدم

عندما يصبح قلبك أكثر كفاءة مع ممارسة الرياضة، فإنه يحتاج إلى أن ينبض بمعدّل أقلّ، حيث يساعد انخفاض معدّل النبض على خفض ضغط الدم. ويمكن للتدريب أيضًا أن يجعل بعض الأوعية الدمويّة الأصغر (الشُعَيْرات الدموية) أكثر كفاءة، فيُحسَّن تدفّق الدم ويخفض ضغط الدم. يشكّل ارتفاع ضغط الدم خطورة على جسمك، ويمكن أن يؤدّي إلى نوبة قلبيّة أو سكتة دماغيّة.

3. تقليل خطر الإصابة بداء السكَّري من النوع الثاني

يمكن للنشاط البدنيّ أن يقلّل من خطر الإصابة بمرض السكّري من النوع الثاني من خلال تحسين حساسية خلايا الجسم للأنسولين، ثمّ إنَّ تقليل الوزن إلى الوزن المناسب يقلّل من مقاومة الجسم للأنسولين والذي يُعدُّ عاملًا رئيسًا لخطر الإصابة بمرض السكّري من النوع الثاني.

4. فوائد أخرى

يتحكّم الجهاز العصبي الذاتي في استجابة الجسم للإجهاد «الكرّ والفرّ». ردّ الفعل اللاواعي لهذا الخطر مهمّ للاستجابة الغريزيّة السريعة لبعض المنبّهات. وليس من الطبيعي لصحة الجسم ان يبقى هذا النظام نشطًا لفترة طويلة، حيث يمكن أن يُبطئ التدريب المنتظم من عمل الجهاز العصبي الذاتي، ما يؤدّي إلى انخفاض معدّل ضربات القلب ومعدّل التنفّس وضغط الدم.

يمكن للعازف (**الشكل 2-12**) أن يقلّل من حالة التوتّر بالتدريب المنتظم! وقد أظهرت الأبحاث أنّ الرياضيين الذين يؤدّون عروضهم أمام جمهور لديهم توتّر أقلّ وعودة أسرع إلى معدّل ضربات قلب طبيعيّة.

الشكل 2-12 عازف موسيقيّ.

الآثار الصحيّة للمرتفعات العالية

في العالم اليوم ما يقرب من 200 مليون شخص يعيشون ويعملون على ارتفاع يزيد عن 2500 m. يكون الهواء على هذا الارتفاع أقلّ كثافة، ويحتوي على كميّة أقلّ من الأكسجين. للتعويض عن ذلك يتكيّف الجسم بتطوير سعة أعلى للرئة وزيادة عدد خلايا الدم الحمراء. تنتج هذه التعديلات قدرة أكبر على ممارسة الرياضة.

تظهر الدراسات التي أجريت على الأشخاص الذين يعيشون ويعملون في التبت (**الشكل 2-13**) زيادة تدفّق الدم إلى الدماغ، وانخفاض معدّل الوفيات من أمراض القلب والأوعية الدمويّة، وانخفاض مستويات البدانة.

الشكل 2-13 تعيش أجيال من الناس على المرتفعات العالية في جبال الهيمالايا.

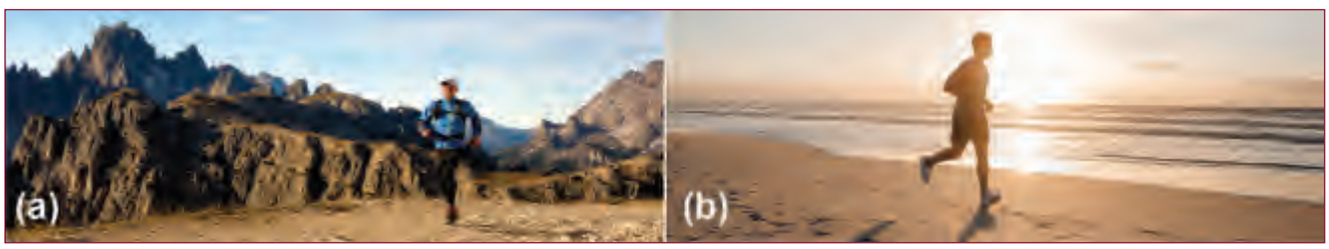
لماذا لا يهيمن هؤلاء السكان على رياضات التحمّل عبر العالم؟

تجعل الاختلافات الثقافيّة من عزل متغيّرات محدّدة أمرًا صعبًا. إلاّ أننا لا نغفل أنّ هناك اختلافات في قابليّة الإصابة ببعض الأمراض. يقلّل السكن في المرتفعات من خطر التعرّض لبعض أمراض الجهاز التنفّسيّ. ولكن قلّة التعرّض هذه تؤدّي إلى مناعة أضعف. ولذلك، فإنّ الناس الذين يعيشون على علوّ شاهق يبدون أقلّ قدرة على الشفاء من بعض الأمراض الشائعة، حيث يرتفع عدد وفيات السكان بسبب التهابات الجهاز التنفّسيّ السفليّ ومرض الانسداد الرئويّ المزمن (COPD).

التدريب على المرتفعات

لماذا يتدرّب بعض الرياضيّين على المرتفعات العالية على الرغم من عدم تنافسهم على هذه المرتفعات؟

يتدرّب كثير من نخبة رياضيي التحمّل في المناطق المرتفعة، حيث يحفز انخفاض مستوى الأكسجين في المرتفعات الجسم لإنتاج المزيد من خلايا الدم الحمراء. (**الشكل 2-14a**). يُعدُّ التركيز الأعلى لخلايا الدم الحمراء ميزة عند التنافس على ارتفاع منخفض، حيث يوجد المزيد من الأكسجين (**الشكل 2-14b**). كلما ازداد عدد خلايا الدم الحمراء ازداد معه نقل الاكسجين الذي يدعم المجهود البدني فترة أطول مع إجهاد عضليّ أقلّ.



الشكل 2-14 التدريب على المرتفعات العالية والتنافس على المرتفعات المنخفضة.

مشاكل متعلّقة بالتدريب على المرتفعات

- يستغرق تكيّف الجسم مع المرتفعات العالية عدّة أسابيع يكون الجسم فيها عرضة للكثير من أمراض المرتفعات المتنوّعة.
- تستمرّ الميزة الفسيولوجيّة لمدة 10-20 يومًا. يتمّ فقدان الميزة بعد 20 يومًا تقريبًا من عودة الرياضيّ إلى العلوّ المنخفض.

الشكل 2-15 نقل الدم.

التدريب على المرتفعات مقبول، ولكن مزاياه تُغري بعض الرياضيين باستخدام إجراء غير مشروع يُسمّى **نقل الدم الذاتي Autologous transfusion**، حيث يتمّ جمع الدم من الرياضي في أثناء التدريب على المرتفعات وتخزينه، ليتمّ نقله للرياضي مرّة أخرى قبل المنافسة (**الشكل 2-15**). يمكن لهذا الإجراء أن يعطي الرياضي ميزة غير عادلة. لهذا، يحظر النقل الذاتي، ويخضع الرياضيّون النخبة لاختبار الدم الروتيني للحصول على سجلّ يُسمّى **جواز السفر البيولوجي الرياضيّ Athlete Biological Passport**. يظهر هذا السجلّ تغيرات مفاجئة في الدم.

عمليّات نقل الدم الذاتيّ هي طريقة **لتنشيط الدم Blood doping**. يتضمّن تنشيط الدم عدة طرائق غير مشروعة للحصول على ميزة عن طريق تغيير مستوى الهيموجلوبين، وهو البروتين الذي يحمل الأكسجين، في خلايا الدم الحمراء.

منشّطات الدم و الإرثروبويتين

يتطلّب نقل الدم الذاتي قدرًا كبيرًا من التخطيط والرعاية الطبيّة، حيث يجب أن يكون لدى الرياضيّ الموارد اللازمة للتدريب على المرتفعات لفترة زمنيّة طويلة، ثم جمع الدم وتخزينه، مع وجود مخاطر لتلوث الدم؛ وهناك ممارسة غير مشروعة أكثر شيوعًا وتؤدّي إلى نتائج مماثلة، وهي حقن بروتين يُعرف باسم **الإرثروبويتين (EPO)**.

الإرثروبويتين هو هرمون بروتيني طبيعيّ تنتجه الكليتان لتنظيم إنتاج خلايا الدم الحمراء. يتمّ استخدام EPO الاصطناعي لعلاج مرضى فقر الدم المرتبط بأمراض الكلى.

يحقن الرياضيّون أنفسهم بـ EPO لزيادة إنتاج خلايا الدم الحمراء حيث يمكن أن يعطي هذا ميزة أداء مؤقّتة مماثلة لعمليّات نقل الدم الذاتيّ. ويجري استخدام هذه الممارسة غير المشروعة بشكل رئيس في رياضات التحمّل مثل الماراثون وركوب الدرّاجات (**الشكل 2-16**).

الشكل 2-16 سباقات الدراجات قد تحدث فيها مخالفات تنشيط الدم غير القانونية.

هناك اختبارات يمكن أن تكشف EPO المصنّع، على الرغم من أنّ الهرمون يبقى في الجسم فترة زمنية قصيرة جدًا. إلّا أنّ بيانات الاختبارات والمقارنة المنتظمة، مع جواز السفر البيولوجيّ، تشير إلى مدى براءة الفرد موضوع الاختبار.

استخدام EPO له مخاطر صحيّة خطيرة، فإنّ زيادة عدد خلايا الدم الحمراء تزيد من كثافة الدم، ما يزيد من صعوبة ضخّ القلب له. وهذا يزيد من خطر الجلطات الدمويّة والنوبات القلبيّة والسكتات الدماغيّة. وقد توفّي 20 راكب دراجة أوروبيًا على الأقل نتيجة لتعاطي تلك المنشّطات على مدى السنوات الـ 25 الماضية.

جُرّد الدرّاج لانس أرمسترونغ من جميع ألقابه، بما في ذلك لقب فوزه بسباق فرنسا للدرّاجات، ومُنِعَ من المنافسة لمدة عام بسبب تعاطيه المنشّطات.

إنّ ضغط التنافس في ركوب الدراجات مرتفع جدًّا شأنه في ذلك شأن الكثير من الألعاب الرياضيّة: في العام 1992، وعندما بلغ 21 عامًا، أصبح أرمسترونغ راكب درّاجة محترفًا، وبحلول العام 2011، كان أرمسترونغ قد فاز بسباق فرنسا للدرّاجات وحطّم الرقم القياسيّ سبع مرّات. ومع ذلك، وبحلول العام 2012، كان هناك دليل كافٍ على أنه كان يتعاطى المنشّطات منذ العام 1995.

نشاط a1-2 هل ألعاب القوى جيِّدة للجسم؟

اعمل مع زميلك على إنتاج نشرة لتلخيص التأثير والفوائد الرئيسة للتدريب الرياضيّ في عمل الرئتين والدم والقلب.

1. ابحث ودوّن في كرّاستك تأثير عدم ممارسة الرياضة، وقارن ذلك مع كلٍّ من ممارسة التمارين المعتدلة وممارسة التمارين المنتظمة.
2. ابحث ودوّن في النشرة الخاصة بك الرياضة التي لها تأثير مفيد أكبر في الرئتين والقلب والدم.

	فوائد الرياضة على:
الرئتين	
الدم	
القلب	

الأسئلة

a. ما الذي يترتّب على عدم ممارسة الرياضة؟

b. كيف يمكنك دمج ممارسة الرياضة في روتين يوميّ؟

نشاط b1-2 التدريب الرياضيّ المشروع وغير المشروع

العمل ضمن مجموعات.

تبحث بعض المجموعات في سبب تدريب نخبة الرياضيين في كثير من الألعاب الرياضيّة، من كرة القدم إلى ألعاب القوى في المرتفعات.

البحث كحدّ أدنى يتضمّن:

1. سعة الرئة والقلب.
2. إمدادات الدم إلى الرئتين.
3. مستويات الإرثروبويتين الطبيعيّة (EPO)
4. عدد خلايا الدم الحمراء.
5. مقارنة مع الناس الذين يولَدون في المرتفعات.

تبحث مجموعات أخرى في استخدام الإرثروبويتين (EPO) كدواء غير مشروع للرياضيين.

البحث كحدّ أدنى يتضمّن:

1. تأثيره على عدد خلايا الدم الحمراء
2. كيفيّة محاكاته التدريب في المرتفعات
3. صعوبة اكتشافه
4. المخاطر المحتملة على الرياضيّ (وبخاصة زيادة عدد خلايا الدم الحمراء وزيادة كثافة الدم).

ثم تجتمع المجموعات لمناقشة النتائج التي توصّلت إليها، وتقدم تقريرًا إخباريًا عن سبب اعتبار التدريب في المرتفعات شرعيًا بالنسبة إلى نخبة الرياضيين، في الوقت الذي يُعدّ فيه استخدام الإرثروبويتين (EPO) غير شرعي.

أسئلة المناقشة:

a. ما الذي يُعدُّ غير مشروع؟ في أيّة رياضة؟
b. هل هناك أنواع رياضة تسمح بكليهما؟
c. قدّم حجّة توجب أن يكون كلاهما مشروعًا.
d. قدّم حجّة توجب أن يكون كلاهما غير مشروع.
e. قدّم حجّة توجب أن يكون أحدهما غير مشروع وليس الآخر.

تقويم الدّرس 2-1

1. أين يتمّ تبادل الغازات في الرئتين؟
   a. الحويصلات الهوائيّة
   b. القصبة الهوائيّة
   c. الحجاب الحاجز
   d. الشعيبات الهوائية
2. أيٌّ مما يأتي ليس عضلة؟
   a. القلب
   b. الرئتان
   c. ثنائيّة الرؤوس
   d. الحجاب الحاجز
3. ما هو متوسّط عمر خلايا الدم الحمراء؟
   a. يوم واحد
   b. 100 ساعة
   c. 80-120 يومًا
   d. 100-120 ساعة
4. لماذا يعطي التنفُّس السطحيّ كميّة أقلّ من O_2 إلى الرئتين؟
5. ما المقصود بالدهون الحشويّة؟ وكيف تعيق وظيفة القلب؟
6. اشرح كيف يمكن أن تُتْلَف خلايا الدم في أثناء التمرين.
7. ما أهميَّة التدريب على علو شاهق والتنافس على علوّ منخفض؟
8. لماذا لا يكون مرجّحًا أن يحقن العدّاؤون أنفسهم بـ EPO؟
9. لماذا لا يتنافس كثير من الرياضيّين الذين يعيشون على مرتفعات عالية في رياضات التحمُّل؟

الدرس 2-2

الرياضة والهيكل العظميّ
Sports and the Skeleton

اللافقاريّات، ومنها الحشرات، ليس لديها عظام. أمّا جميع الحيوانات البرية الكبيرة فلديها هيكل عظميّ يدعم وزنها وأعضاءها الداخليّة. تعمل العظام القويّة أيضًا كرافعات تسمح للعضلات بالقيام بالحركات المتنوّعة (**الشكل 2-17**).

يمكن للرياضيّ التدرّب لبناء العضلات وتقوية عضلة القلب وزيادة سعة الرئة ورفع قدرة تأهّبه العقليّ. ولكنْ، لا يمكنْ للرياضيّ أن ينافس مهما كانت لياقته البدنيّة جيّدة إذا كان العظم أو المفصل مصابًا.

سوف نتطرّق في هذا الدرس إلى تأثير النشاط الرياضيّ على العظام، وسنقوم أيضا بالنظر إلى الأشكال الشائعة التي تصاب بها العظام والمفاصل.

الشكل 2-17 يتيح الهيكل العظميّ إمكانيّة الركض.

مخرجات التّعلُّم

GB1204.1 يصف فوائد الأنشطة الرياضية طويلة الأمد للجهاز الهيكلي، مثل الجري، وكرة القدم، والجمباز من حيث قوة العظام والعضلات.

GB1204.2 يشرح التغييرات في المفاصل الزلالية عندما تصاب بالتهاب المفاصل كنتيجة للإفراط في التدريب، والإفراط في الجري في المضمار، وغيرها، ويدرك أن هذه التغييرات نفسها يمكن أن تحدث خلال العمر مثل السمنة على المدى الطويل، وغيرها.

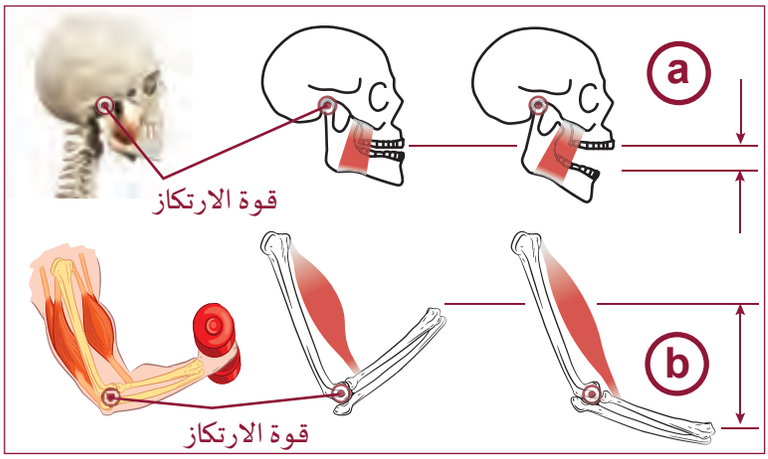
المفردات

Ossification	التعظُّم
Ligaments	الأربطة
Tendons	الأوتار
Synovial	الزلالي

العضلات والعظام والآلات البسيطة

عضلات الفكّ ليست كبيرة جدًا، ولكن الفكّ يُنتج أعلى نسبة قوة لحجم العضلة $\left(\frac{\text{قوّة}}{\text{حجم العضلات}}\right)$ مقارنة أيَّة عضلة أُخرى في جسمك، كيف ذلك؟

العضلات في الذراع أكبر بخمسين مرة، ولكنَّ القوة الناتجة ليست كذلك. لماذا؟

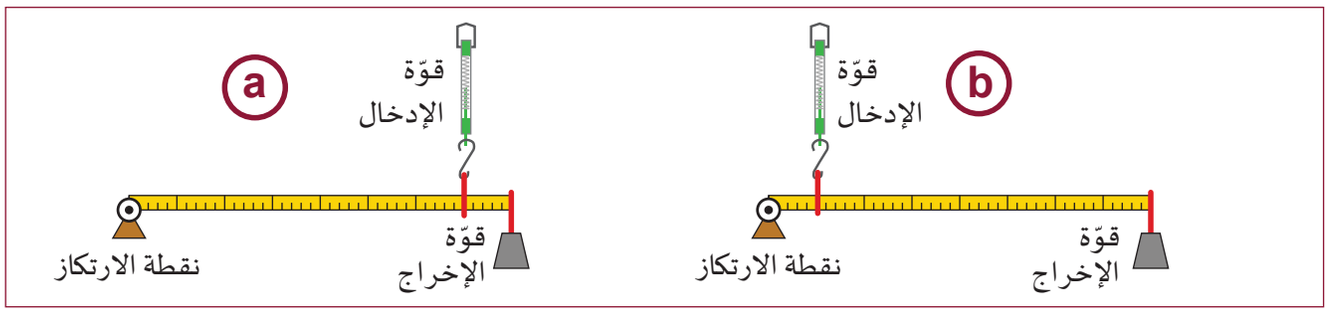


الشكل 2-18 عضلتان مختلفتان.

الآلة البسيطة هي نظام ميكانيكيّ ليس له مصدر داخليّ للطاقة، ويؤدّي حركة واحدة. مثال جيّد على ذلك هو الرافعة، حيث توجد قوّتان لازمتان لتؤدي الرافعة عملها كآلة بسيطة:

- قوّة الادخال / و هي التي يتمّ إحداثها على الرافعة
- قوّة الاخراج / و هي القوّة التي تُطبّقُها الرافعة على المهمة المطلوبة منها

الرافعة عبارة عن ذراع صلبة يمكن أن تدور حول نقطة تُسمّى «نقطة الارتكاز»، و تعتمد العلاقة بين القوى على المسافات بين نقطة الارتكاز والنقطة التي يتمّ فيها إحداث قوى الإدخال والإخراج.



الشكل 2-19 نماذج مختلفة لترتيب الرافعة.

إنّ نقطة الارتكاز في الجسم هي المفصل، كمفصل المرفق مثلًا. تُحدّد قوة الإخراج من خلال ترتيب العضلات حول نقطة الارتكاز.

يوضّح **الشكل 2-18a** أنّ عضلة الفكّ ترتبط بالقرب من الأسنان الخلفية، وهي بذلك تشبه الرافعة الفعّالة للفكّ **الشكل 2-19a**. تظهر قوّة الإدخال التي تنتجها العضلات بين الأسنان الخلفيّة.

يوضّح **الشكل 2-18b** أنّ العضلة ثنائية الرؤوس مرتبطة بالمرفق بعيدًا عن اليد التي تطبّق قوّة الإخراج. تشبه الرافعة الفعّالة للذراع **الشكل 2-19b**. لذلك، تنتج العضلات أضعاف القوّة المؤثّرة بوساطة اليد.

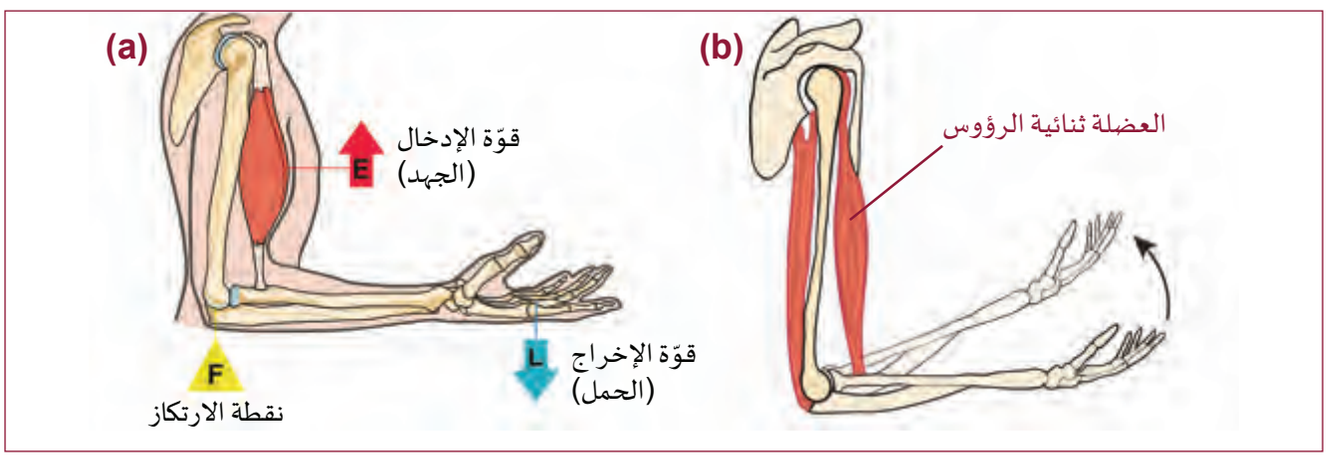
استكشف عمل العضلات والعظام بعصا مترية، ومقياس القوّة والوزن.

اشرح سبب توليد الفكّ قوّة أكبر من قوّة الذراع.

كيف يمكن للرافعة تشكيل قوة إخراج أكبر من خلال تقصير ذراع القوة؟

الرافعات

تشبه عظامك تلك الرافعة في عملها، وتُشَكّل مفاصلك نقاط ارتكازها. ذراعك مثلًا هي رافعة، ونقطة ارتكازها المِرفَق (**الشكل 2-20a**). تؤثر العضلة ثنائية الرؤوس بقوّة إدخال أو جهد بالقرب من نقطة الارتكاز ، فتقوم يدك بالتأثير بقوة إخراج أو حمل عشر مرات تقريبًا أبعد من الكوع عن نقطة ارتباط العضلة ثنائية الرؤوس. مع هذه النسبة من المسافات،تكون قوّة الجهد أكبر بعشر مرّات تقريبًا من قوة الحمل التي تطبّقها اليد.



الشكل 2-20 (a) الذراع البشرية كرافعة من الدرجة الثالثة، (b) ميزة السرعة.

يمكن للعضلات أن تنقبض بنسبة مئويّة صغيرة من طولها فقط. تطُبِق اليد فقط عُشر قوّة العضلة ثنائيّة الرؤوس. لكنّها، بسبب ذلك، يمكنها أن تتحرّك عشر مرات أبعد وأسرع. وبذلك، استُبدل بانخفاض القوة مدى أكبر للحركة من جهة وسرعة أعلى من جهة أخرى (**الشكل 2-20b**). تتحرّك اليد بسرعة أكبر بعشر مرّات من سرعة انقباض العضلة ثنائيّة الرؤوس، وهذا يسمح للرياضيّ برمي كرة التأرجح، أو أرجحة مضرب الجولف أو عصا البيسبول أو الدفع من على حصان الجمباز. إنّ تركيبًا مماثلاً لذلك في ساقيك ينتج سرعة للركل والركض.

يجب أن تدعم عظامك كلًا من قوّة الجهد وقوّة الحمل. أما إذا تجاوز الإجراء حدود بنية العظام، فقد يؤدّي ذلك إلى إصابة. على عكس الرافعة القياسيّة، يمكن للعظام أن تصبح أقوى بمرور الوقت.

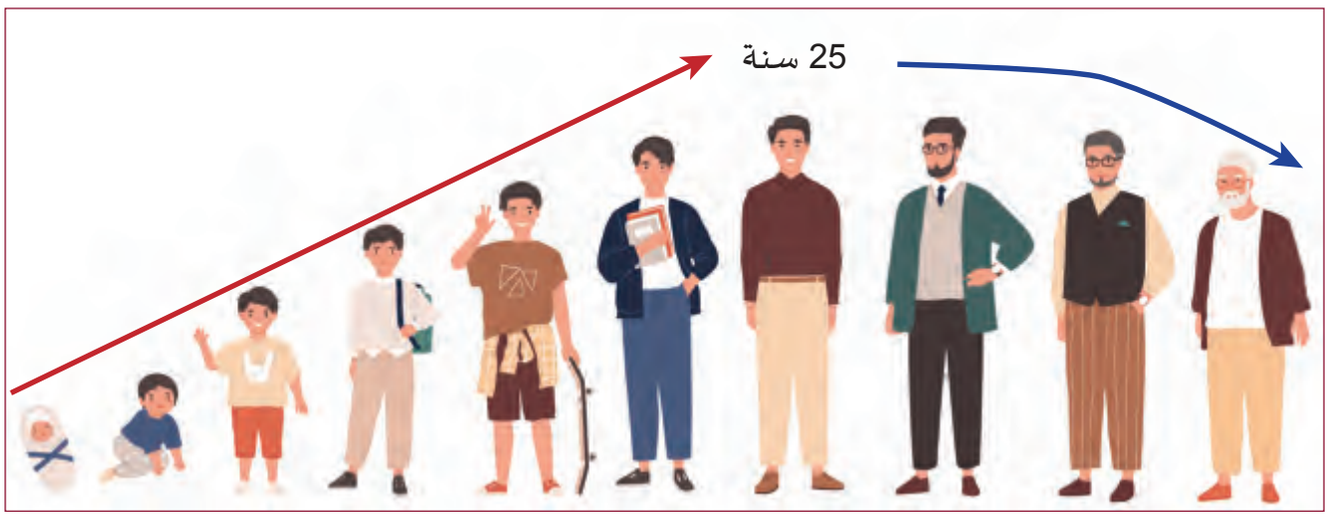
التعظّم Ossification هو العمليّة التي تسمح بنمو العظام وشفائها. تُكسِّر الخلايا الهادمة للعظم الأنسجة العظميّة القديمة، وتقوم الخلايا البانية للعظم ببناء عظم جديد. تتدخّل في ذلك كثير من المعادن، ولكنَّ الكالسيوم جزء أساسيّ من بنية العظام. تكون هذه العمليّة اكبر ما يمكن قبل سن 25 سنة (**الجدول 2-1**).

الجدول 2-1 التعظم هو الأعلى حتى مرحلة الشباب.

العمر	درجة التعظّم
16-5 سنة	تعظّم سريع
20-17 سنة	تعظّم كامل للأطراف العلويّة
23-18 سنة	تعظّم كامل للأطراف السفليّة
25-23 سنة	تعظّم القصّ، والترقوة، والفقرات بشكل كامل
25 سنة	تعظّم كامل لمعظم العظام

التمارين الرياضيّة تقوّي العظام

تنمو العظام استجابة للقوى المطلوبة لدعمها. كلّما ازدادت قوّة العضلة، ازداد تحمّلها للأوزان المطبّقة عليها، وازدادت كثافة العظام وقوّتها. يتطلّب ذلك وقتًا وتغذية مناسبة ، ويتحقّق معظم النموّ في السنوات 25 الأولى (**الشكل 2-21**).



الشكل 2-21 نموّ العظام بمرور الوقت، ويبلغ ذروته حول 25 سنة من العمر.

عند وصول كثافة العظام إلى حدّها الأقصى، تُلقى عليك مسؤوليّة إيجاد توازن مستمرّ للحفاظ عليها تجنّبًا لتحلّلها مع تقدّم العمر، ويتأخّر تأثير هذا التحلل كلّما ازدادت كثافة العظام الأوّليّة.

إنشاء نمط للتمارين مهمّ للغاية للنموّ الصحي يشتمل خاصة على تمارين الحمل.

- صعود السلالم أو تسلّق التلال ينتج عنه إجهاد حِمل أكبر على العظام والعضلات؛ وبالتالي، فهو أفضل للنموّ الصحي.
- رفع الأثقال، وهو تحمُّل الأوزان، يُنتج عضلات أقوى، حيث يطبّق قوّة جهد أكبر على العظام.
- يتطلّب كلّ من التنس وكرة القدم وقوفًا متكرّرًا يُنتج عظامًا أقوى.
- الجري، وإنْ كان على الأسطح المستوية، يُنتج تأثيرًا متكررًا، له مفعول تقويميّ تراكميّ على نموّ العظام.
- السباحة وركوب الدّراجات رياضة جيّدة لصحّة القلب والرئة، ولكنها لا تقدّم الفوائد نفسها في نموّ العظام بسبب الإجهاد المنخفض المطلوب لأدائها.

السفر إلى الفضاء وفقدان العظام

أحد مخاطر انعدام الوزن في أثناء الرحلات الفضائيّة هو فقدان كتلة العظام، حيث تفقد العظام كتلتها ببطء: بسبب غياب قوى الوزن لحمل الأوزان باستمرار، يفقد روّاد الفضاء في العادة 2%-1% من كتلة عظامهم كلّ شهر في أثناء وجودهم في الفضاء، حتى مع استمرارهم في ممارسة الرياضة.

نشاط a2-2 تأثير الرياضة في القوّة

1. ابحث في الإنترنت عن أدلّة حول تأثير الأنشطة الرياضية في قوّة العظام والعضلات.
2. ضع جدولًا يوضّح أنواع الأنشطة الرياضيّة الأكثر فائدة للجهاز الهيكليّ.
3. ناقش ما يجعل الموقع الإلكترونيّ الموثوق يحتوي على معلومات يمكن أن نثق بها.

الرياضة	التأثير على متانة العظام	التأثير على متانة العضلات
الجري		
كرة القدم		
الجمباز		
ركوب الدراجة		
السّباحة		
التنس		
رفع الأثقال		
غيرها		

الأسئلة:

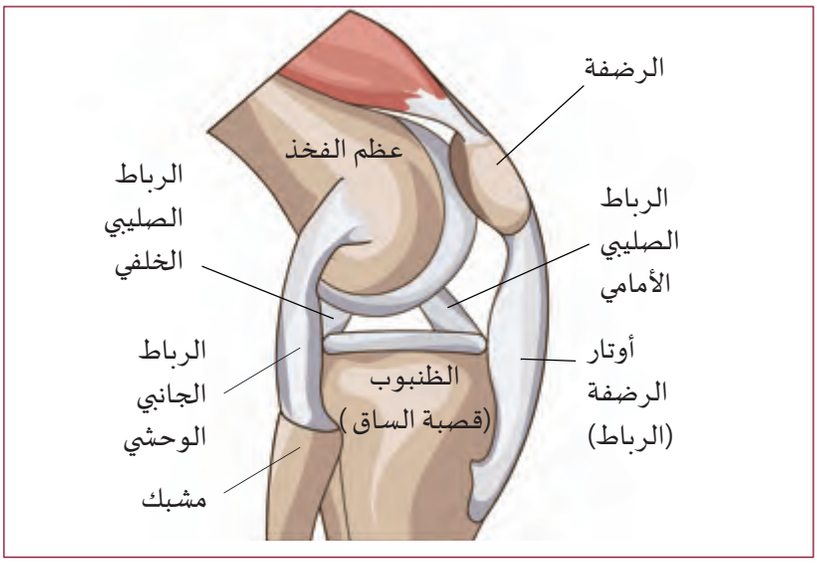
عند جمع المعلومات، من المهمّ أن ندرك أن بعض المواقع سوف تؤكّد أهميّة الفوائد وتقلّل من أهميّة المخاطر.

a. كيف يمكنك تحديد ما إذا كان الموقع موثوقًا به ولم يكن مجرّد موقع للإعلانات؟
b. كيف تحدّد التأثيرات التسويقيّة إيجابيّة الرياضة المقترحة أو سلبيَّتها؟

الأوتار والأربطة

الأربطة Ligaments هي حزم من نسيج ضام ليفيّ مصنوع من ألياف الكولاجين (**الشكل 2-22**).

تربط الأربطة المفاصل بعضها ببعض وتحدّ من الحركة. عندما تتمددّ الأربطة تعود إلى طولها الأصليّ. يَعمَدُ الرياضيّون والراقصون ولاعبو الجمباز إلى إطالة الأربطة بالتمدّد، ما يسمح بنطاق أكبر من الحركة. ومع ذلك، إذا تمدّدت أكثر من اللازم فربّما لا تعود أبدًا إلى موضعها الأصليّ.



الشكل 2-22 أربطة مفصل الركبة.

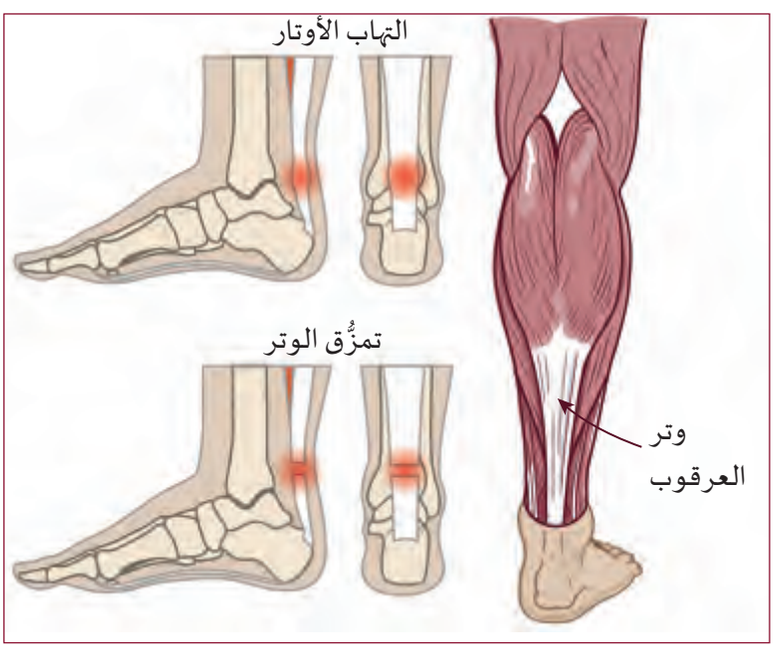
يَحدُث المفصل المخلوع عندما يخرج أحد طرفَي العظم من موقعه الطبيعيّ. لذا، يجب إعادته بسرعة لمنع حدوث تلف دائم في الأربطة.

الأوتار هي الأنسجة الضامة التي تربط العضلات بالعظام، وتعمل الأوتار مع العضلات لنقل قوى الشدّ. تنمو الأوتار نتيجة الحمل الميكانيكيّ،و كذلك العظام، وتضعف الأوتار أيضًا عندما لا يتمّ استخدامها.

يُظهِر **الشكل 2-23** وتر العرقوب الذي يربط عضلة الساق بالكعب والذي ينقل القوّة الأساسية للمشي والجري.

تتحمّل الأوتار في كثير من الأحيان قوى كبيرة جدًا، تفوق وزن الشخص بعدّة مرات، ويشكّل الإفراط في الاستخدام أو تأثيرات الالتواء حالات شائعة لإصابة الوتر.

يؤدّي الإفراط المتكرّر في استخدام الأوتار إلى التهابها، وتحدث حالة أكثر شدّة ووهنًا إذا تمزّق الوتر أو قطع.



الشكل 2-23 مشاكل وتر العرقوب.

أنواع المفاصل في جسم الانسان

تتصّل العظام في جسم الإنسان عند المفاصل. وهي بحسب قدرتها على الحركة:

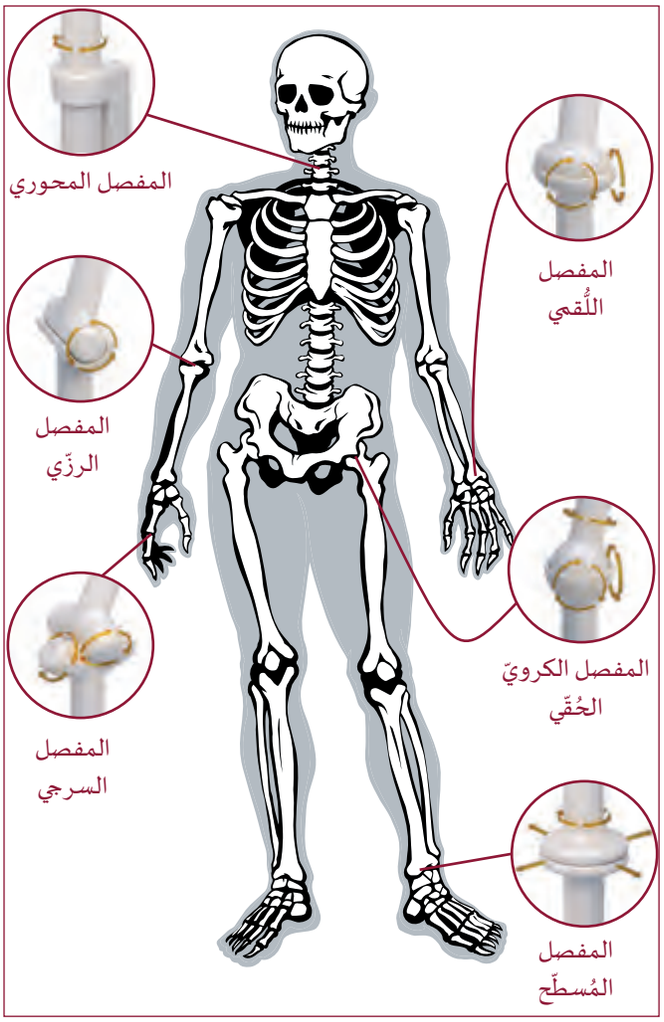
- المفاصل الليفيّة Synarthroses (غير متحرّكة) مفاصل لا تتحرّك بانتظام، مثل مفاصل عظام الجمجمة.
- المفاصل الارتفاقيّة Amphiarthroses (محدودة الحركة) تسمح هذه المفاصل بحركة بسيطة ملحوظة، مثل فقرات العمود الفقريّ.
- المفاصل الزليليّة diarthroses (تتحرّك بحريّة أكبر)، تُعرف باسم **المفاصل الزلاليّة Synovial**.

هذه هي المفاصل الأكثر شيوعًا، وهناك ستة أنواع من المفاصل الزلاليّة الرئيسة (**الشكل 2-24**).

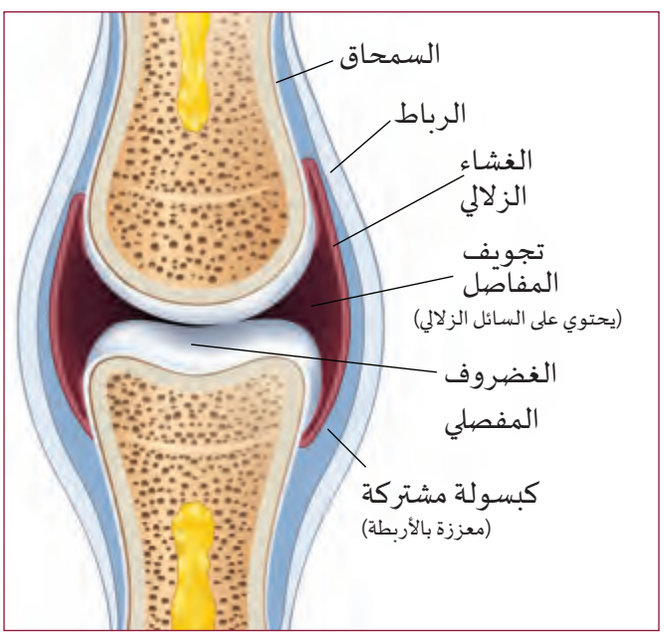
عظام المفاصل الارتفاقيّة والزلاليّة لها طبقة من الغضروف على نهايات العظام وبين الفقرات. الغضروف هو نسيج أملس مرن يحمي العظام ويسمح بحركة أكثر سلاسة بينها.

تنفرد المفاصل الزلاليّة بأنّ لديها بنية إضافية (**الشكل 2-25**) تتكوّن من تجويف مفصلي مليء بالسائل الزلاليّ، ومحاط بالغشاء الزلاليّ. يُليّن هذا السائل المفاصل لإنتاج حركة سلسة.

تزيد التمارين من سرعة الدورة الدمويّة التي تزوّد الغشاء الزلاليّ بالمزيد من الأكسجين والمغذيات للحفاظ على صحّة جيّدة للمفاصل، حيث تدفع تمارين حمل الوزن بالسائل الزلالي إلى خارج الغضروف، وتعيده متجدّدًا ومؤكسجًا إلى الغضروف عند إزالة الأوزان.



الشكل 2-24 الأنواع الست الرئيسة من المفاصل الزلاليّة.



الشكل 2-25 تركيب المفصل الزلاليّ.

التمرين والجهاز الهيكليّ

لتمارين التمدّد و الحمل فوائد عديدة للجهاز الهيكليّ بأكمله: بعضها على المدى القصير والآخر على المدى البعيد ومن هذه الفوائد:

1. زيادة كميّة السائل الزلاليّ الذي يمنع جفاف الغضروف
2. زيادة سرعة الدورة الدمويّة التي تثير الالتهام الذاتيّ، أو إزالة فضلات الخلايا والخلايا التالفة من المفاصل
3. زيادة إنتاج السائل الزلاليّ الذي يزيد من نطاق الحركة
4. يساعد السائل الزلاليّ على حماية الجسم من العدوى والالتهابات
5. زيادة كثافة العظام التي تجعل العظام أقوى وأكثر مرونة
6. تكون العظام أكثر مقاومة للإصابة وتنخفض فترة التعافي بعد الإصابة
7. تصبح الأربطة أقوى وأكثر مقاومة للإصابة
8. زيادة كتلة العضلات التي تتناسب مع الزيادة في كثافة العظام
9. تقلّل كثافة العظام من فرص الإصابة بهشاشة العظام، وتحافظ الرياضة على التوازن بين الخلايا الهادمة والخلايا البانية للعظم.

الشكل 2-26 لعبة قفز الحبل.

أفضل تمرين لبناء كتلة العظام وتطويرها هو القفز بالحبل، ويتضمّن هذا القفز أن تحمل كتلتك إلى الأعلى بشكل متكرّر. يؤدّي القفز إلى تحسّن كبير في «الكثافة الكتلية للعظام» (BMD) بخاصة في عظم الورك. الجري جيّد أيضًا، ولكنّ الاختبارات أظهرت أنّ للقفز التأثير الأكبر في الكثافة الكتلية للعظام.

يتعرّض محترفو سباقات ركوب الدراجات لفقدان أكبر لكتلة العظام مقارنة بمحترفي سباقات العدو. وقد يكون هذا بسبب نقص إجهاد العظام، أو بسبب فقدان الكالسيوم نتيجة للتعرّق.

يتّفق الخبراء على أن أيّ مستوًى من التمارين يمكن أن يكون مفيدًا، مع الحرص على أنْ يبدأ المتدرّب تمارينه ببطء عند البدء ببرنامج التدريب، وأن يعمل على زيادة الأحمال وفترة التمرين تدريجيًّا. يجب أن يشمل البرنامج على تمارين الحمولة لاستخدام جميع المفاصل الزلاليّة في الجزءين العلويّ والسفليّ من الجسم. يمكن لهذا التدريب أن يمنع أو يخفّف الكثير من الأمراض ذات الصلة بالمفاصل والعظام.

إصابات المفاصل الزلاليّة

يسهم عدد من العوامل في آلام وإصابات المفاصل. يمكن أن تساعد استشارة الطبيب في تحديد العوامل في حالة معيّنة، ولكنّ المسبّبات الشائعة تشمل:

الإصابات الحادّة المفاجئة والمرتبطة عادة بصدمة، بما في ذلك:

- الأربطة الممزّقة من جرّاء الحركة المفرطة للمفصل
- التأثير في المفصل في أثناء التصادم
- استمرار الضغط المفرط على المفصل بعد الشعور بالألم الأَوَلِيّ

الإصابات المزمنة التي تتراكم بمرور الوقت

- التدريب والممارسة الطويلة الأمد من دون وقت راحة كافٍ للمفصل يستعيد فيه الفصل وضعه الطبي ويصلح نفسه
- تدريب وتطوير غير متساوٍ للعضلات ينتج قوى غير متوازنة على المفصل
- الوزن الزائد والسمنة.

الظروف التنكّسيّة المرتبطة بالمفاصل

الشكل 2-27 اضرار التهاب المفصل التنكسي بالغضروف المفصليّ.

- تآكل الغضروف المفصليّ، يشار إليه أحيانًا باسم «التهاب المفصل التنكّسي» (**الشكل 2-27**).
- تفاعلات المناعة الذاتيّة التي تسبّب الالتهاب، ويشار إليها باسم «التهاب المفاصل الروماتويديّ »
- انخفاض إنتاج السائل الزلاليّ الذي يؤدّي إلى تليين أقلّ للمفصل.

إنّ دولة قطر محظوظة لأنَّ لديها مرافق ممتازة للطبّ الرياضيّ.

أَوْلَت Aspetar اهتمامها لإنشاء أوّل مستشفى متخصّص وتطويره في جراحة العظام والطبّ الرياضيّ في منطقة الخليج. يقدّم المستشفى أعلى علاج طبي ممكن للإصابات الرياضيّة، ولديه ممارسون وباحثون في الطبّ الرياضيّ على مستوًى عالميّ.

نشاط b2-2 مفاصل صحيّة مدى الحياة

صمّم لوحة حائط بعنوان «مفاصل صحيّة مدى الحياة». يجب أن تحتوي اللوحة على:

1. عرض لمفصل زلاليّ عادي ومفصل زلالي يعاني التهاب المفاصل.

مفصل زلالي عادي	مفصل زلالي يعاني التهاب المفاصل

2. تحذيرات حول مخاطر:
   - التدريب المفرط
   - جري الطرقات
   - السمنة
3. طرائق لحماية المفاصل عند ممارسة الرياضة.

الأسئلة:

a. ما هي الأنشطة التي ثبت أنها أكثر ضررًا للمفاصل؟

b. كيف يحمي الرياضيّون مفاصلهم في أثناء المنافسة؟

c. اذكر أسماء ثلاثة رياضيّين اضطروا إلى ترك المنافسة مؤقتًا على الأقل بسبب إصابة في المفصل. حدِّد المفصل المصاب لكلّ رياضيّ.

d. كيف يحمي العمّال والتجار مفاصلهم في أثناء العمل؟

تقويم الدّرس 2-2

1. ما الفرق بين الأربطة والأوتار؟
   a. الأربطة هي التركيب الذي يربط العضلات بمقلة العين.
   b. تربط الأوتار العظام بالعظام وتربط الأربطة العضلة بالعظم.
   c. تربط الأوتار العضلات بالعظام وتربط الأربطة العظم بالعظم.
   d. تتمدّد الأوتار عندما يتمّ خلع المفصل، ويجب أن يعاد بسرعة لمنع الضرر الدائم.

2. كيف تزيد التمارين من قوّة العظام (اختر اثنين)؟
   a. يستجيب التعظّم لزيادة الأكسجين.
   b. يستجيب التعظّم لزيادة الكالسيوم.
   c. يستجيب التعظّم لزيادة الحمولة المطلوبة.
   d. يستجيب التعظّم لتكرار أكبرَ للحركة.

3. أيُّ جزء من رافعة الدرجة الثالثة تنتج الجهد؟
   a. اليد
   b. العضلة ثنائية الرؤوس
   c. المرفق
   d. الساعد

4. ما نوع المفصل الموجود في المرفق؟
   a. المفصل المحوريّ
   b. المفصل الرزّيّ
   c. المفصل المنزلق
   d. المفصل الكروي الحُقّيّ

5. بماذا تمتاز الفقاريّات عن اللافقاريّات؟

6. كيف تنتج رافعة الدرجة الثالثة سرعة أكبر؟

7. لماذا يُعدُّ شرب الحليب وتناول الطعام الغني بالكالسيوم أكثر أهمية لدى الشباب؟

8. اذكر طريقتين تساعدان على نموّ العظام من خلال رفع الأثقال.

الدرس 2-3

تحسين الأداء الرياضي غير المشروع

Illegal Athletic Peformance Enhancement

نسب قول مشهور إلى عمر بن الخطاب (رضي الله عنه) يسلّط فيه الضوء على الرياضة التي تمارس من قبل المسلمين الأوائل. قال: «علّموا أولادكم السباحة والرماية وركوب الخيل». كانت الرياضة تاريخيًّا وسيلة لإعداد الشباب لتحديات الحياة كأشخاص بالغين. حيث يتمّ اختبار مهارات القوة ومكافحة الصعوبات في المنافسات الرياضية. وقد تطوّرت الرياضة اليوم بحيث أصبحنا نُقدِّر مهاراتٍ مثل ركوب الخيل فقط لجانبها الرياضي (**الشكل 2-28**). ومع ذلك، فإنَّ الرياضة هي أيضًا مجال تجارة كبيرة، ولا تزال المنافسة هي محورها الأساسيّ. إلاّ أنّ الدافع للفوز والحوافز الماديّة تشجّع بعض الرياضيين على السعي لتحقيق ميزة غير عادلة.

أصبح الغش في عالم الرياضة نشاطًا عالي التقنية.

الشكل 2-28 فارس قطري في دورة الألعاب الآسيوية كوريا إنتشون28- سبتمبر 2014.

مخرجات التّعلُّم

GC1201.1 يذكر الأنواع المختلفة من الأدوية المحسنة للأداء (PED).

GC1201.2 يصف التأثيرات المختلفة في الأداء لكل نوع من أنواع الأدوية المحسنة للأداء (PED)، وأي تأثيرات سلبية قد تنتج منها.

GC1202.1 يصف كيفية إجراء الفحص، وكيف يمكن تمييز مادة كيميائية اصطناعية عن مادة كيميائية منتجة بشكل طبيعي في الجسم.

GC1202.2 يدرك الحاجة إلى قوانين دولية تكون مرجعيتها الوكالة العالمية لمكافحة المنشطات (WADA).

المفردات

الأدوية المحسنة للأداء (PED)	Performance enhancing drugs (PED)
الوكالة العالمية لمكافحة المنشطات (WADA)	World Anti-doping Agency (WADA)
الستيرويدات المنشطة	Anabolic steroids
التستوستيرون	Testosterone
مسكن	Analgesic
مخدر	Narcotic
مدرات للبول	Diuretic
هرمون النمو البشري (HGH)	Human growth hormone (HGH)
حاصرات بيتا	Beta Blockers

تحسين الأداء

ماذا لو كنت تستطيع أن تأكل أو تشرب شيئًا يجعلك على الفور أسرع أو أقوى أو أذكى؟

ماذا لو لم يكن لدى أيّ شخص آخر الميزة نفسها؟

ماذا لو أنّ تناولك هذه المادة الساحرة سيتسبب في إيذائك؟ هل ستُصر على تناولها؟

الشكل 2-29 الكافيين.

الأدوية المحسّنة للأداء (PED) هي موادّ تعطي الرياضي أفضلية بدنية أو نفسية لتحسين الاداء المطلوب.

يُعدُّ الكافيين من أكثر الأدوية المستخدمة في تحسين الأداء (**الشكل 2-29**). تمّ حظر هذه المادة الكيميائية من قبل الجمعية العالمية لمكافحة المنشّطات (WADA) حتى العام 2004. ومع ذلك، فقد تمّ العثور عليها في 75 % من الرياضيين الذين تمّ اختبارهم. هذا الدواء شائع جدًا إلى درجة لم يعد فيها محظورًا، باستثناء تعاطي الجرعات العالية جدًا. يتم تناول الكافيين كمشروب أو على شكل حبوب، وأصبح جزءًا من التمرين والروتين التنافسي لمعظم الرياضيين في العالم.

الآثار الإيجابية لمادة الكافيين على الجسم
ينشّط مناطق الدماغ والجهاز العصبي المركزي لتحسين الطاقة والتركيز ويُقلّل التعب.
قد يؤثر الكافيين في قدرة الدماغ على تنشيط العضلات.
يساعد على تحرير الأبينفرين (الأدرينالين) وزيادة الأداء.
يعزّز القدرة على التحمّل عن طريق زيادة استهلاك الدهون.

للكافيين أيضًا آثار جانبية سلبية، منها: عدم القدرة على النوم ،وعدم انتظام ضربات القلب وارتفاع معدّلها، والقلق العصبي. ولهذا، فإنّ الحدّ الأقصى الموصى بتناوله للشخص السليم هو 400 ملغ في اليوم - أي 4 أكواب من القهوة.

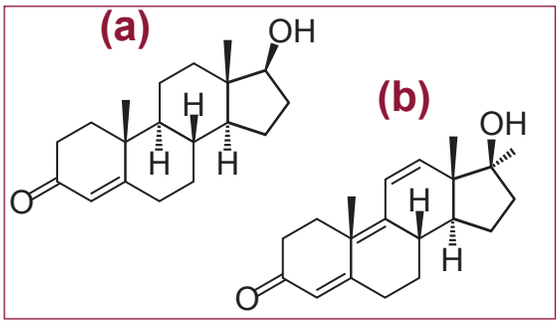
قد تؤدّي الجينات دورًا في تأثير الكافيين. وقد وجد الباحثون أن الجين CYP1A2 (السيتوكروم P450 1A2) يؤثر في طريقة أيض الكافيين في الجسم. يبدو أنّ الأشكال المختلفة لهذا الجين تعطي مزيدًا من الأداء النشط مقارنة بغيرها.

من الصعب القيام بتجارب على الأداء البشري، لأنّ السلوك العقلي يكون له في الغالب تأثير أكبر من الدواء. على سبيل المثال، في أحد التجارب تمّ قياس زيادة في أداء رياضيين بنسبة 3.1% حيث قيل لهم إنهم تناولوا الكافيين مقارنة بآخرين قيل لهم إنهم لم يتناولوا الكافيين. الجزء المثير للاهتمام من التجربة أنه لم يتمّ إعطاء الكافيين في الواقع لأيّ من المجموعتين! هم ببساطة قد أُبلغوا ذلك.

الستيرويدات المنشّطة

التستوستيرون Testosterone هو هرمون ذكري يؤثّر في نموّ العضلات.

- ينتج الجسم هرمون التستوستيرون طبيعيًّا. تنتج الذكور والإناث هرمون التستوستيرون، لكنّ المستوى أقلّ عند النساء منه عند الذكور.
- **الستيرويدات المنشطة Anabolic steroids** هي شكل اصطناعي من هرمون التستوستيرون، يستخدم لتنشيط نموّ العضلات الهيكلية.



الشكل 2-30 (a) التستوستيرون و(b) التستوستيرون الاصطناعي (إثرائي).

الستيرويدات المنشّطة لها استخدامات في الطبّ الشرعي، ولكنْ يحظر استخدامها من قبل الرياضيين.

- الرياضيّون الذين يرغبون في الحصول على أفضلية غير عادلة قد يأخذون جرعات من هرمون التستوستيرون الاصطناعي (**الشكل 2-30**) مثل رباعي هيدروجيسترينون.

ما هي فوائد تناول الستيرويدات؟

تشمل هذه الفوائد النموّ السريع للعضلات وتقليل تلف العضلات نتيجة التمرين. حتى الأشخاص العاديّون غير المشاركين في المنافسات الرياضية فإنّهم قد يستخدمون الستيرويدات لتحقيق النمو السريع للعضلات.

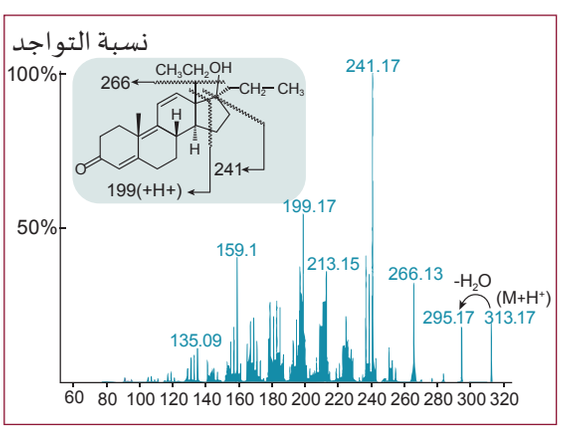
ما هي مخاطر تناول الستيرويدات ؟

يمكن أن يؤدّي سوء استخدام الستيرويدات إلى نمو زائد للثديين، وتضخّم في غدّة البروستات، وظهور حبّ الشباب بكثافة، وزيادة خطر تمزّق الأوتار، وأورام الكبد، وارتفاع ضغط الدم، ومشاكل في القلب، وتلف الكلى، والسلوك العدواني، والاكتئاب، وتوقّف النموّ والتطوّر. ويحدث الإدمان نتيجة استخدام الرياضيين ذكورًا وإناثًا، تلك المنشّطات.

على الرغم من المخاطر، يتناول كثير من الرياضيين أشكالًا مختلفة من الستيرويدات المنشّطة. تشير البيانات إلى أن 10-30 % من الرياضيين المحترفين يتناولون المنشّطات، وتصل النسبة إلى 80 % من لاعبي كمال الأجسام. لذلك سيبقى اختبار الغشّ أمرًا روتينيًّا ومعقّدًا.

هل يمكننا الكشف عن الستيرويدات المنشّطة في الجسم؟

يؤثّر تغيّر الهرمون في وظائف أخرى في الجسم، ويمكن الكشف عن ذلك عن طريق اختبارات الدم والبول. الكشف عن الأدوية المصنعة يتطلّب اختبارات أكثر تعقيدًا. يمكن لاستخدام أجهزة كروماتوجرافي الغاز ومطياف الكتلة (GCMS) المحمولة الكشف عن الاختلافات الصغيرة بين هرمون التستوستيرون الطبيعي والموادّ التركيبية (**الشكل 2-31**) واستخدام هذه الأجهزة بشكل قياسي في الأحداث التنافسية.



الشكل 2-31 قراءات GCMS الكشف عن رباعي هيدروجيسترينون.

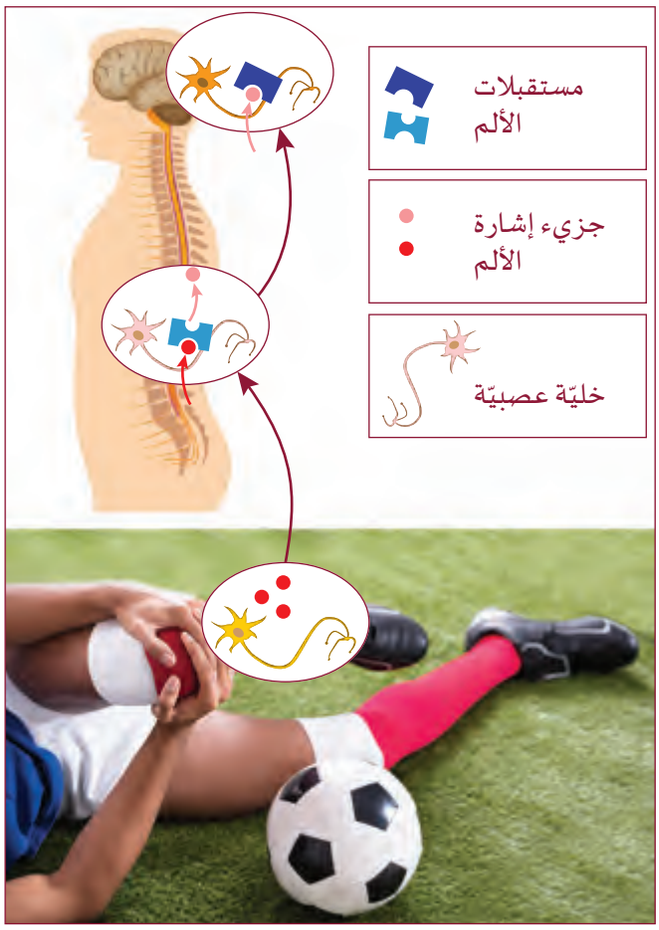
المسكّنات المخدّرة

الألم إشارة طبيعية تُبلغ الدماغ أنَّ هناك خطأ ما. المراحل الآتية توجز مراحل الشعور بالألم:

1. تُطلِق الأعصاب في المنطقة المصابة جزيئات تؤشّر للألم.
2. تستجيب مستقبلات الأعصاب في العمود الفقري وترسل جزيئًا مختلفًا إلى الدماغ.
3. تستقبل المستقبلات في الدماغ جزيئات الألم وتولّد إحساسًا بالألم.

ويمكن الإقلال من قدرة الدماغ على الشعور بالألم بالتدخّل في أيٍّ من المراحل الثلاث السابقة باستخدام أيّ من الأدوية التي تمنع الإشارات الكيميائية:

- **المسكّن Analgesic** هو أيّ دواء يعمل على تخفيف الألم.
- **المسكنات المخدرة Narcotic** هي من عائلة المسكّنات المشتقّة من الأفيون.



الشكل 2-32 كيف يشعر الجسم بالألم.

يشمل مصطلح «الأفيوني» كلًّا من المسكّنات المخدّرة الطبيعية والاصطناعية، بما في ذلك الأدوية الصيدلانية مثل المورفين morphine والفينتانيل fentanyl.

لماذا يستخدم الرياضيون المسكّنات المخدّرة؟

يستخدم الرياضيون المسكّنات المخدّرة للمساعدة في التغلب على الألم الناتج عن التدريب والمنافسة. غالبًا ما يكون الألم مؤشّرًا على الإصابة. قد يسمح إزالة الألم للرياضي أو كتبه بالتنافس أو التدريب، في الوقت الذي يجب أن يرتاح فيه. يكون «اللعب مع الألم المكبوت» في الغالب فكرة سيئة، فقد يؤدّي ذلك إلى إصابة أكبر.

ما هي مخاطر استخدام المسكّنات المخدّرة؟

يُعدُّ الإدمان من المخاطر الرئيسة لاستخدام الموادّ الأفيونية. يمكن أن يؤدّي استخدام مسكّنات الألم إلى الشعور بالنشوة، فيُساء استخدام الدواء. معظم الناس لا يملك الاستعداد الوراثي لإدمان الموادّ الأفيونية. ولكنْ، بالاعتياد على تناول المسكّنات المخدّرة ، يلجأ الشخص إلى تناول جرعات أكبر للشعور بأثر هذا الدواء. أدّى ذلك إلى ما يقرب من 200,000 حالة وفاة بجرعات زائدة في جميع أنحاء العالم في العام 2017.

تشمل الآثار الجانبية لاستخدام المواد الأفيونية التخدير والدوخة والغثيان والقيء والإمساك والاكتئاب التنفّسي. يتمّ الكشف عن استخدام الموادّ الأفيونية عن طريق اختبار البول أو اللعاب أو الدم أو الشعر.

مدرّات البول

مدرّ البول هو دواء يزيد من طرد الماء والملح من الجسم في البول، وهي مشروعة قانونيًّا للحدّ من ارتفاع ضغط الدم والأستسقاء.

- يمكن إساءة استخدام مدرّات البول في الرياضة للتقيّد بشروط الوزن. على سبيل المثال، قد يتناول المصارع مدرًا للبول ليفقد جزءًا من الماء قبل قياس «الأوزان» للمباراة (**الشكل 2-33**).
- ويشمل أساءة تعاطي مدرّات البول استخدامها للتخفيف من تركيز الموادّ المحظورة في البول. (**الشكل 2-34**).
- يمكن لمدرّات البول أيضًا تغيير درجة الحموضة في الجهاز البولي التي يمكن أن تمنع إخراج المخدّرات الحمضية والقاعدية في البول والكشف عنها.

الشكل 2-33 يوزن المتبارون لتحديد فئة الوزن للمصارعة.

الشكل 2-34 تحجب مدرات البول وجود الأدوية المحسنة للأداء في اختبارات البول.

تشمل الآثار الجانبية لأستخدام مدرّات البول ما يأتي:

- الدوخة
- عدم انتظام ضربات القلب
- زيادة نسبة السكّر في الدم
- احتمال حدوث فشل كلوي
- نقص البوتاسيوم في الدم
- زيادة الكوليسترول
- الصداع
- طفح جلدي وإسهال

طرائق الكشف عن مدرّات البول

أدرجت الوكالة العالمية لمكافحة المنشّطات (WADA) مدرّات للبول في قائمة الموادّ المحظورة في المنافسة وفي خارجها ومن طرائق الكشف عن مدرّات البول ما يأتي:

- تقدّمت التكنولوجيا إلى درجة يمكن معها إجراء اختبار المنشّطات باستخدام طرائق الفصل اللونيّ السائل الآلية (الروبوتية).
- يمكن أيضًا أن يكشف تحليل مطياف الكتلة للعيّنات (LCMS) عن كميات ضئيلة من مدرّات البول والمواد المحظورة الأخرى في عيّنة بيولوجية.

يمكن أن تظهر نتائج الاختبار الحديث في أقلّ من 15 دقيقة. هذا يسمح بالاختبار قبل المنافسة أو بعدها مباشرة.

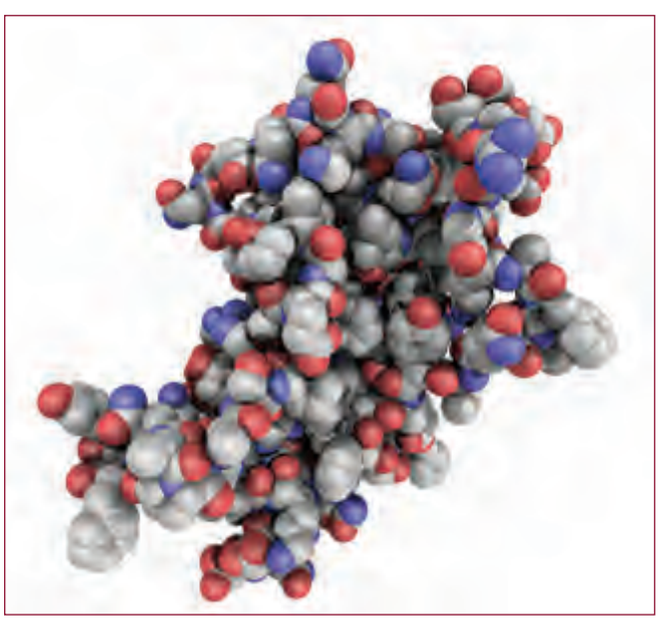
الهرمونات البيبتيدية

بالإضافة إلى الإرثروبويتين (EPO)، هناك مجموعة من الهرمونات الببتيدية التي تستخدم لإعطاء الرياضيين أفضلية غير عادلة في التدريب والمنافسة. ومن وظائف هذه الهرمونات:

- عامل نقص الأكسجة(HIF) الذي يعزّز تكوين خلايا الدم الحمراء عند التدريب في بيئة تتضاءل فيها كميّة الأكسجين.
- يتصرف الهرمون موجه الغدد التناسلية gonadotropin مثل الستيرويدات التي تساعد على إنتاج التستوستيرون عندما يتمّ إيقاف الستيرويدات.
- تتصرّف الستيرويدات القشريّة Corticotrophins مثل الستيرويدات التي يتمّ إعطاؤها بعد فترة طويلة من الإرهاق الجسدي.
- **هرمون النموّ البشري (HGH)** (**الشكل 2-35**) يمكن أن يزيد حجم العضلات، ويُقلّل الدهون في الجسم بشكل مصطنع، ويرفع مستويات السكر في الدم كيميائيًّا.

ما أهميّة هرمون النموّ في داخل الجسم؟

يتمّ إنتاج هرمون النموّ بشكل طبيعي، وتفرزه الغدّة النخامية القريبة من قاعدة الدماغ. يساعد في تكاثر الخلية ويعزّز النموّ البدني عن طريق حفز الكبد لتكوين عامل النمو البروتيني الشبيه بالأنسولين (IGF-1). يسبّب IGF-1 نموّ العظام ويؤدّي دورًا في نموّ العضلات والأعضاء. في العام 1981، تم صنع هرمون النموّ من البكتيريا المعدلة وراثيًّا، ولكن لم تثبت فعاليّته في الأداء الرياضي.



الشكل 2-35 النموذج الجزيئي لهرمون النمو البشري (HGH).

على الرغم من أن بعض هذه الهرمونات يتمّ إنتاجها بشكل طبيعي في الجسم، إلّا أن هذه المواد محظورة من قبل (WADA) في التدريب والمنافسة.

لماذا؟

يتمّ حظرها لأنها بروتينات تحفز بشكل مصطنع إنتاج الهرمونات في الجسم. يمكن للحفز الاصطناعي أن يتجاوز الكمية الطبيعية من الهرمون، ما يُعرّض الأعضاء الداخلية للتلف مباشرة. يمكن أن يكون هناك تأثير ثنائي حيث تقلّ الوظيفة في عضو واحد، ثم تتلف الأعضاء الأخرى بمرور الوقت. يمكن أن تصبح الأنشطة الإضافية التي يحرّكها الهرمون في الجسم غير متوازنة، مع نتائج مدمّرة ومميتة في بعض الأحيان.

حاصرات بيتا

حاصرات بيتا هي الأدوية التي تخفض ضغط الدم عن طريق منع تأثير هرمون الأيبينفرين، المعروف أيضًا باسم «الأدرينالين». يُنتَج الأدرينالين في جسمك بتأثير من الإجهاد، وتمنع حاصرات بيتا الهرمون من رفع معدّل ضربات القلب، وبالتالي تمنع أرتفاع معدّل ضغط الدم.

لماذا تُعدُّ حاصرات بيتا مهمّة؟

تمّ إنتاج حاصرات بيتا لعلاج عدم انتظام ضربات القلب. يتمّ استخدامها أيضًا لعلاج الصداع النصفي، والمياه الزرقاء وحالات القلق الاجتماعي. حاصرات بيتا مثل البروبرانولول propranolol، والميتوبرولول metoprolol، والأتينولول atenolol كان ينظر إليها في الأصل على أنها الأدوية المعجزة. فاز مخترع البروبرانولول propranolol بجائزة نوبل في الطب في العام 1988.

لماذا تمّ حظر حاصرات بيتا في ألعاب القوى؟

في بعض الرياضات يمكن أن تُعتمد دقّة النتائج على تقلّب طفيف في معدّل ضربات القلب. الرماية التنافسية وإطلاق النار (**الشكل 2-36**) هما من الرياضات التي يجب فيها على الرياضي التحكّم في التنفّس وتشنجات العضلات ونبض القلب. في المنافسات التي يكون لجزء من المليمتر أن يُكوّن الفَرق بين النصر والهزيمة، اكتشف الرياضيّون أنّ حاصرات بيتا منحتهم أفضلية تفوّقٍ. وبسبب هذه الأفضلية غير العادلة، تمّ حظر استخدامها في العام 2010 من قبل WADA في رياضات الرماية والقوس.

تمّ حظر حاصرات بيتا أيضًا في سباقات السيارات والبلياردو ورشق السهام والجولف وبعض رياضات التزلج على الجليد، مثل القفز على الجليد أو في الهواء. إنّ القدرة على التحكّم في الإجهاد النَفَسي وإثارة المنافسة جزء من جميع الرياضات، وحاصرات بيتا تعطي أفضلية اصطناعية في تلك القدرة.

الشكل 2-36 تتطلّب الرماية والرماية التنافسية دقّة بالغة.

ما هي الآثار الجانبية لحاصرات بيتا؟

الآثار الجانبية لحاصرات بيتا هي النعاس والدوخة والتعب والضعف، ويمكن أن تؤدّي أيضًا إلى نوبات الربو.

اختبار المنشّطات وتحسين أداء الرياضيين غير المشروع

تاريخ المنظّمات التي أُسّسَت لمكافحة الغش والتقدّم في تطوير المنشّطات مثير للاهتمام إلى حدّ كبير مثل المنافسات الرياضية نفسها. منذ تسجيل أوّل حالة من المنشّطات في الألعاب الأولمبية الصيفية في العام 1904 والسباق بين التقدّم في هرمون التستوستيرون الاصطناعي وغيرها من الأدوية المحسّنة للأداء والقدرة على الكشف عن وجود هذه الأدوية مستمرّ بكثافة متزايدة (**الشكل 2-37**).

الشكل 2-37 السباق بين الرياضيين الغشّاشين والكشف عن المنشطات في المختبرات.

ومن أسباب اختبار المنشطات وفاة راكب درّاجة يستخدم المنشّطات بعد انهياره في دورة الألعاب الأولمبية الصيفية في العام 1960، وآخر في أثناء سباق فرنسا للدرّاجات في العام 1967. ما دفع إلى اعتماد الاختبار الرسمي للمنشّطات في محاولة لوقف استخدام الأدوية المحسّنة للأداء PEDs.

اختبار المنشّطات في قطر

من بين 33 مختبرًا معتمدًا من قبل WADA، أحدها مختبر تحليل المنشّطات في الدوحة، قطر (ADLQ)، حيث يتمّ استخدام بعض المعدّات الأكثر تعقيدًا، وهي أجهزة الفصل اللوني الغازي وأجهزة قياس الطيف الكتلي، بما في ذلك تحليل نسبة احتراق النظائر. تقوم هذه المختبرات بتحليل العيّنات على مدار السنة وتحديد المستويات الأساسية لجوازات الرياضيين البيولوجية والبحث عن المواد المستهدفة.

ما هي تحديات اختبار المنشّطات؟

1. يوجد كثير من مركّبات المنشّطات بشكل طبيعي في الجسم. تبحث الاختبارات عن الاختلافات في نسبة المواد المنشطة الطبيعية على مدار السنة، ويقارن ذلك مع النسبة الموجودة أثناء المسابقات. قد تُعزى التغييرات في هذه النسب إلى المنشّطات غير القانونية.
2. يتمّ دائمًا إنتاج أدوية جديدة. على سبيل المثال، كانت WADA على علم بتركيب الدواء الجديد رابع -هيدرو جيسترينون tetrahydrogestrinone، إلّا أنها لم تكن قادرة على تطوير اختبار له، إلى أن أُعطيت عيّنة من هذا الدواء سمحت للمختبرات باختبار النسبة المحدّدة للعناصر وما يليها من المؤشرات الحيوية المرتبطة باستخدام هذه المادّة المحظورة.

نشاط a3-2 الأدوية المحسّنة للأداء

أختر أحد الخيارين الآتيين:

ورقة بحثيّة

1. اكتب ورقة من صفحة واحدة عن جانب واحد للأدوية المحسّنة للأداء.

- قد تتضمّن بعض الموضوعات المقترحة ما يأتي:
- قم بمسح عن أنواع وأمثلة مختلفة من الأدوية المحسّنة للأداء (PEDs) واستخدامها في ألعاب القوى.
- طابق بين منشّطات محدّدة والآثار الإيجابية والسلبية لها في جسمٍ رياضيّ. أعطِ مثالاً على حالة رياضيٍّ يستخدم المنشّطات.
- استخدم وسائل الإعلام لتحديد الرياضيين الذين ثبتت إدانتهم بسبب استخدام كلّ فئة من فئات المنشّطات، وحدّد الميداليات أو الأوسمة التي تمّ تجريد الرياضيّ منها بعد إثبات حالة «الغش عليه».

جدول دراسة مسحيّة عن المنشّطات:

2. أنشئ جدول دراسة مسحيّة مع طالب آخر أو مع مجموعة من الطلاب. استعمل النموذج الآتي لتنظيم المعلومات.

نوع الأدوية المحسّنة للأداء	أمثلة	التأثير الإيجابي	سبب استخدامه من قبل الرياضيين	التأثير السلبي
المنبّهات				
المسكّنات المخدّرة				
مدرّات البول				
الهرمونات الببتيديّة				
منشّطات الدم				
حاصرات بيتا				
الستيرويدات المنشّطة				
الستيرويدات غير المنشّطة				

نشاط b3-2 مناقشة اختبار المنشّطات

المطوية:

1. ابحث وأصدر مطويّة تستهدف الرياضيين لإجراء اختبار المنشّطات، من جمع العيّنة إلى تحليل كلّ من البول والدم. يجب أن تجيب المطوية عن الأسئلة الآتية:

   a. على أيّ مستوًى من المنافسة سوف تكون هناك حاجة لاختبار منتظم للمنشّطات؟

   b. ما هي الرياضات الأكثر عرضة لاختبار روتيني للمنشّطات؟

   c. ما هي العواقب إذا كانت نتيجة الاختبار إيجابية بوجود المنشّطات المحظورة؟

2. أوضح كيفية فحص البول باستخدام الفصل اللوني الغازي ومطياف الكتلة (الفحص المناعي غير مطلوب).

   - مراجعة المفاهيم التشغيليّة الأساسية للفصل اللوني، بما في ذلك الطور المتحرّك والطور الثابت.
   - مراجعة المفاهيم التشغيلية الأساسية لمطياف الكتلة.
   - التعليق على خطوات المختبر المطلوبة للاختبار.

3. انظر في كيفية اختبار المنشّطات عن طريق فحص الموادّ الكيميائية الطبيعيّة والعمل في مجموعات صغيرة لإعداد دراسات عن حالة الدم عند تعاطي المنشّطات، استخدام التستوستيرون، استخدام الارثروبويتن EPO، إلخ.

   قد تكون المصطلحات الآتية مفيدة للبحث:

   - داخلي endogenous
   - خارجي exogenous
   - إقران التأيّن الكهربائي المزدوج paired ion electro-spray ionization

4. انظر في الأسباب التي تدعو إلى وضع قواعد دولية لاستخدام المنشّطات.

   - النظر في الاهتمامات الأخلاقية التي ترعاها الدولة عن المنشّطات.
   - شارك في مناقشة حول الموضوع في الصف.

تقويم الدّرس 2-3

1. ما هو التأثير البيولوجي للمسكّنات المخدّرة؟
   a. تعزيز نموّ العضلات الهيكلية
   b. منع آثار هرمون ايبينيفرين
   c. زيادة طرد الماء من الجسم
   d. تقليل قدرة مستقبلات الألم على نقل إشارات الموادّ الكيميائية الحيوية
2. ما الدور الذي تؤدّيه الجينات في فعاليّة الكافيين على الرياضيين؟
   a. لا شيء، تأثير الكافيين كلّه نفسي.
   b. يؤثّر الكافيين في الحمض النووي ويمكن أن يغيّر جينات الشخص.
   c. يحصل الأشخاص الذين لديهم نمط جيني معيّن على حفز إضافيّ من الكافيين مقارنة بالأشخاص من نوع جيني مختلف.
   d. لا يوجد تأثير جيني، ولكنّ الكافيين له تأثير فسيولوجي يختلف وفقًا للنظام الغذائي ومستوى نشاط الناس.
3. مع أيّ من المنشّطات الأتية يصنّف هرمون النمو البشري (HGH)؟
   a. الكافيين
   b. المورفين
   c. هرمون التستوستيرون
   d. الإرثروبويتين
4. كيف يمكن للقاضي استخدام جواز سفر الرياضي البيولوجي لتحديد ارتكاب فعل الغش؟
5. لماذا تُمنح جائزة نوبل لمخترع الدواء المستخدم كمحسّن للأداء؟
6. لماذا حُذف الكافيين من قائمة المخدّرات المحظورة في WADA؟
7. الستيرويدات المنشّطة هي أدوية شائعة لتحسين الأداء.
   a. ضع فائدتين رياضيتين محتملتين لتناول الستيرويدات المنشّطة.
   b. ابحث وحدّد اثنين من مخاطر تناول الستيرويدات المنشّطة.

إضاءة على عالم

جيمس بلاك: 1924-2010

وُضعت معظم الأدوية المحسّنة للأداء في البداية للاستخدامات الطبية، وليس الرياضية. على سبيل المثال، يمنع البروبرانولول مستقبلات الأدرينالين ويقلّل من ضغط الدم والقلق. يُساء استخدام هذا الدواء في الألعاب الرياضية التي تتطلّب دقّة عالية مثل الرماية والجولف. طوّر العالم الاسكتلندي الصيدلي جيمس وايت بلاك البروبرانولول (**الشكل 2-38**). كان هدفه تخفيف الألم والأعراض المرتبطة بالنوبات القلبية. حصل بلاك على جائزة نوبل للطب في العام 1988. يستخدم أكثر من 100 مليون شخص البروبرانولول لعلاج أمراض القلب.

الشكل 2-38 جايمس بلاك.

يتمّ استخدام المورفين والموادّ الأفيونية الأخرى طبيًّا لتخفيف الألم في أثناء الجراحة وبعدها أو عند الإصابة، ولتعافي المرضى بشكل أسرع. استخدم الرياضيّون هذه الأدوية نفسها بشكل غير قانوني لزيادة قدرة أجسادهم على التحمّل ومتابعة التنافس عند الإصابة. كان عزل المورفين من الأفيون نتيجة سنوات من البحث والاختبار بين الأعوام 1803 و1817.

الشكل 2-39 فريدريك سيرتونر.

صيدلي لامع يدعى فريدريش ويلهلم آدم سيرتورنر (1783–1841) كان له الفضل في إنشاء العلم الحديث للكيمياء الصيدلانية. عرف سيرتورنر أنّ الأطباء محبطون بسبب النتائج غير المتناسقة من مسكّن الألم النباتي، الأفيون. رأى سيرتورنر أن هناك مكوّنًا أساسيًّا من الأفيون هو المسؤول عن التأثير. وفي نهاية المطاف كان قادرًا على عزل ما أصبح يُسمّى «المورفين».

من المهمّ أن نتذكّر أن جميع الأدوية المحسّنة للأداء تمّ تركيبها لمساعدة الأشخاص الذين يعانون حالات طبّية صعبة. تمّ استخدام هذه العقاقير في وقت لاحق بشكل غير قانوني من قبل بعض الرياضيين لإعطاء أفضلية تنافسية غير عادلة.

الوحدة 2

مراجعة الوحدة

الدرس 2-1 الرياضة والرئتان والدم والقلب

- **الحويصلات الهوائية Alveoli** عبارة عن أكياس هوائية صغيرة في الرئتين يتمّ فيها تبادل الغازات.
- **الشرايين Arteries** هي أوعية دموية تحمل الدم الغني بالأوكسجين بعيدًا عن القلب إلى الجسم.
- **الأوردة Veins** هي الأوعية الدموية التي تحمل الدم ذا الأكسجين المخفض من الجسم إلى القلب.
- يتمّ نقل الأكسجين بوساطة خلايا الدم الحمراء عن طريق بروتين **الهيموجلوبين**.
- **نقص الأكسجة Hypoxia** هو نقص الأكسجين الذي يتسبّب في تكوين الجسم **للإرثروبويتين Erythropoietin** وهو هرمون يحفز تكوين خلايا الدم الحمراء.
- **نقل الدم الذاتي Autologous transfusion** هو نوع من **تنشيط الدم Blood doping** حيث يسحب الرياضيون دماءهم ليعاد إدخالها في وقت لاحق.
- يحتوي **جواز السفر البيولوجي الرياضي Athlete Biological Passport** على سجلٍّ لتاريخ القياسات الحيوية للرياضي.

الدرس 2-2 الرياضة والهيكل العظميّ

- **التعظّم Ossification** هو عملية بناء العظام حيث تسمح بنمو عظام أقوى تحت الإجهاد
- تُمسِك **الأربطة Ligaments** العظام معًا لتشكّل المفاصل وتربط **الأوتار Tendons** العضلات بالعظام.
- تسمح المفاصل **الزلالية Synovial** بحركة العظام.

الدرس 2-3 تحسين الأداء الرياضي غير المشروع

- **الأدوية المحسّنة للأداء Performance enhancing drugs** هي أدوية يُساء استخدامها لتقديم أفضليّة غير عادلة للرياضيين على منافسيهم.
- **الستيرويدات المنشطة Anabolic steroids** هي شكل اصطناعي من **التستوستيرون Testosterone** الذي يؤدّي إلى نموّ العضلات.
- **مسكّنات الألم Analgesic** هي الأدوية التي تخفّف الألم. وتُستمدّ **المسكّنات المخدّرة Narcotics** من الأفيون.
- **الأدوية المدرّة للبول Diuretic** تساعد الجسم على التخلّص من الماء والملح في البول، وتُستخدم لإخفاء استخدام الأدوية المحسّنة للأداء بحسب الوكالة العالمية لمكافحة المنشّطات، **WADA**.
- **هرمون النموّ البشري Human growth hormone** هو هرمون ببتيدي يمكن إنتاجه بشكل طبيعي في الجسم وهو يحفز نموّ العضلات.
- تقلّل **حاصرات بيتا Beta blockers** من تأثير الأدرينالين للسماح بمزيد من الدقّة للسيطرة على العضلات.

أسئلة متعدّدة الاختيارات

1. ما هو الدور الذي تؤدّيه التمارين في زيادة وظائف الرئة؟
   a. تنتج المزيد من الشعيبات الهوائية.
   b. تقوّي الحساسية لثاني أكسيد الكربون.
   c. تقوّي عضلة الحجاب الحاجز.
   d. تنتج مساحة سطحية أكبر في الرئتين.

2. ما أفضل وصف لدور الشرايين التي تربط عضلات الجسم وأنسجته بالقلب؟
   a. تحمل CO_2 إلى القلب والجسم.
   b. تحمل CO_2 إلى الرئتين.
   c. تحمل O_2 إلى القلب والجسم.
   d. تحمل O_2 إلى الرئتين.

3. أيُّ جزء من القلب يمكن أن يصبح أكبر نتيجة لممارسة الرياضة؟
   a. الأذين الأيسر.
   b. الأذين الأيمن.
   c. البطين الأيسر.
   d. البطين الأيمن.

4. ما هو التأثير المباشر لنقص الأكسجة؟
   a. يتمّ إنشاء الميتوكوندريا.
   b. تتطلّب عمليات نقل ذاتي.
   c. وصول الأكسجين غير الكافي إلى أنسجة الجسم.
   d. زيادة نتائج التدريب على ارتفاعات منخفضة.

5. ما هو تأثير الإرثروبويتين في وظيفة الجسم؟
   a. يقلّل من ضغط الدم في أثناء نقص الأكسجة.
   b. يجعل خلايا الدم الحمراء تحتفظ بالمزيد من الأكسجين.
   c. يتسبّب في تكوين الجسم لعدد أكبر من خلايا الدم الحمراء.
   d. يسبّب ضربات القلب بشكل أسرع، ويحُرّك المزيد من خلايا الدم.

6. أيٌّ من المحلات الآتية تُعدُّ مؤشرًا على عمليات النقل الذاتي في أثناء اختبار الدم الروتيني للرياضي؟
   a. الحمض النوويّ الغريب
   b. ارتفاع نسبة الهيموجلوبين
   c. ارتفاع مستويات إرثروبويتين
   d. خلايا الدم الحمراء التي تحتوي على مستويات مرتفعة من الأكسجين

7. أيٌّ من هذه التمارين هو الأقل تأثيرًا في نموّ العظام؟
   a. المشي
   b. كرة القدم
   c. السباحة
   d. صعود الدرج

8. ما نوع المفصل الذي لا يحتوي على غضروف؟
   a. الزلالي Synovial
   b. الزليلي Diathrosis
   c. الليفي Synathrosis
   d. الارتفاقي Amphiathrosis

9. أيٌّ من المحلات الآتية لا تُعدُّ من فوائد السائل الزلالي؟
   a. يثير الالتهام الذاتي
   b. يحمي الجسم من العدوى
   c. يمنع الغضروف من الجفاف
   d. يزيد من نطاق الحركة للمفصل

10. لماذا يُعدُّ الكافيين دواء يحسّن الأداء؟
   a. يمكن أن يخفّف الألم.
   b. يعزّز مستويات إرثروبويتين.
   c. يمنع تأثيرات الأدرينالين.
   d. ينشّط مناطق الدماغ لتحسين التركيز.

11. ما الفرق بين هرمون التستوستيرون والستيرويدات المنشّطة؟
   a. التستوستيرون هو الشكل الاصطناعي للستيرويدات المنشّطة.
   b. الستيرويدات المنشّطة هي الشكل الاصطناعي من هرمون التستوستيرون.
   c. تعزّز الستيرويدات المنشّطة تكوين العضلات الهيكلية وينتج التستوستيرون الأدرينالين.
   d. يعزّز التستوستيرون تكوين العضلات الهيكلية وتنتج الستيرويدات المنشطة الأدرينالين.

12. ما هي الأسباب الأخرى لاستخدام الرياضيين لمدرّات البول غير إخفاء الأدوية المحسّنة للأداء؟
   a. يبحث الرماة عن انخفاض ضغط الدم.
   b. يبحث لاعبو كرة القدم عن تحسين وقت التفاعل.
   c. يبحث عدّاؤو المسافات عن قدرة تحمّل إضافية.
   d. يتطلّع المصارعون إلى تلبية متطلّبات الوزن.

الدرس 2-1 الرياضة والرئتان والدم والقلب

13. صف عملية تبادل الغازات في الرئتين في جملة أو جملتين. يجب عليك استخدام غازيّ CO_2 و O_2.
14. ما هو دور الحجاب الحاجز في التنفّس؟
15. لماذا يكون ضغط الدم في الشرايين أكبر من الأوردة؟
16. ضع قائمة بطريقتين لتخفيف ضغط الدم؟
17. صف أحد الآثار الإيجابية للتمرين على «الكرّ و الفرّ» لاستجابة الجهاز العصبي اللاإرادي.
18. * صف واشرح حالة يؤدي فيها حرمان الجسم من الأكسجين الزائد إلى ميزة تنافسية في الرياضة.
19. كيف يتفاعل جسمك مع نقص الأكسجة بعد أيام قليلة؟
20. ما هي ميزة وجود المزيد من خلايا الدم الحمراء عند ممارسة الرياضة على المرتفعات العالية؟
21. ما هو الغرض الأساسي من جواز السفر البيولوجي الرياضي؟
22. * صف كيف يمكن لعمليات نقل الدم ذاتيًا أن تمنح مميّزات رياضية؟
23. اذكر اثنين من المخاطر الصحية المرتبطة باستخدام الأدوية المحسّنة للأداء.
24. أعطِ ميزتين صحّيتَيْن للعيش على المرتفعات العالية.

الدّرس 2-2 الرياضة والهيكل العظميّ

25. أعطِ سببين لتمدّد لاعب الجمباز قبل أي تمرين أو أداء تنافسي.
26. فيمَ تتشابه الأوتار والعظام؟
27. ما وظيفة الغضروف؟
28. ما الوظيفة الأساسية للسائل الزلالي؟
29. ما الطريقتان التي يمكن أن تساعد بهما التمارين السائل الزلالي على القيام بوظيفته؟
30. ما التمارين التي يجب على النخبة من راكبي الدرّاجات تضمينها في تمرينهم لتأمين كثافة كتلية كافية للعظم؟

31. ما الفرق بين إصابة المفاصل الحادّة والتنكّسيّة؟

32. اذكر ثلاث طرائق للوقاية من إصابات المفاصل المزمنة.

33.* إذا كانت ممارسة رفع الأثقال جيّدة لنموّ العظام وصحّة المفاصل ، فلماذا تكون السمنة مشكلة؟

الدّرس 2-3 تحسين الأداء الرياضي غير المشروع

34. لماذا لم يعد الكافيين محظورًا في قائمة المنشطّات لدى WADA ؟

35. اذكر على الأقل فائدتين رياضيتين لاستخدام الكافيين.

36. اذكر على الأقل فائدتين رياضيتين حقيقيتين أو مُتَصوّرتين لاستخدام المسكّنات المخدّرة.

37. اذكر ثلاثة مخاطر صحية معروفة لاستخدام المسكّنات المخدّرة.

38. اذكر اثنتين من الفوائد الرياضية الحقيقية أو المُتَصوَّرة لاستخدام مدرّات البول؟

39. كيف تخفي مدرّات البول استخدام الأدوية الأخرى المحسّنة للأداء؟

40. ما هي الوظيفة الطبيعية لهرمون النموّ البشري في جسم الإنسان؟

41. ما الهرمون الذي يتأثر بحاصرات بيتا؟

42. لماذا لا يستخدم المتنافسون على رفع الأثقال حاصرات بيتا إلاّ نادرًا ؟

43.* اكتب فقرة تصف سبب رغبة كثير من الرياضيين في استخدام الأدوية المحسّنة للأداء مع معرفتهم بمخاطرها الطبية.

44. صف اثنتين من المشكلات التي تواجه المختبرات التي تحاول الكشف عن الأدوية المحسّنة للأداء في عيّنات الدم والبول.

45.** اشرح كيف يمكن استخدام نسب الجزيئات في المختبر لتحديد ما إذا كان الرياضي يستخدم أدوية صناعية محسّنة للأداء، أو إذا كان لديه ببساطة مستوًى عالٍ من هذه المادّة طبيعيًّا.

46.** بعض الناس لديهم، بشكل طبيعي، مستوًى من هرمون التستوستيرون أعلى من الآخرين. ابحث واقترح حلًّا لضمان العدالة في المنافسة، وعدم معاقبة الرياضيين ذوي المستوى العالي من هرمون التستوستيرون طبيعيًّا من دون استخدام الأدوية المحسّنة للأداء.

الوحدة 3
القوى في الألعاب الرياضيّة المختلفة
Forces in Sports

في هذه الوحدة

الدرس 3-1: قوانين نيوتن — GP1203

الدرس 3-2: المقذوفات — GP1204

الدرس 3-3: الاحتكاك

الوحدة 3

مقدّمة الوحدة

القوى هي المؤثّرات التي تغيّر الحركة. كلّ تغيير في الحركة يكون بسبب قوّة ما. في الحقيقة، يجب أن يكون هناك قوّتان على الأقلّ (تكون القوى دائمًا على شكل أزواج). عند ركل كرة مثلًا، تؤثّر القدم بقوّة في الكرة، وتؤثّر الكرة أيضًا بقوّة مُعاكسة في القدم.

تصف قوانين نيوتن في الحركة العلاقة بين الحركة والقوى. يشير القانون الأوّل على أنه «في غياب القوّة، تستمرّ الحركة من دون تغيير». يشير القانون الثالث على أنّ القوى تكون دائمًا أزواجًا. أما القانون الثاني فهو المعادلة الأكثر استخدامًا في الفيزياء، ويربط التسارع بالقوّة والكتلة.

يكون اتجاه التسارع لجسم هو نفسه اتجاه محصّلة القوى. يساعد القانون الثاني على فهم التسارع في الأنظمة الحياتية، كحركة المقذوف مثلًا. سوف نتطرّق في هذه الوحدة أيضًا إلى قوّة الاحتكاك، بالإضافة إلى مفاهيم على صلة بالقوى.

الأنشطة والتّجارب

3-1 عرض قوانين نيوتن

3-3 الاحتكاك في أنواع الرياضة

الدرس 3-1

قوانين نيوتن
Newton's Laws

من سباق الجمال في صحاري دولة قطر إلى لعبة الكرلنج على الجليد في النرويج، يتنافس الناس في كثير من الألعاب الرياضيّة. بعض هذه الألعاب تختص بمناطق محدّدة، وبعضها الآخر يُمارس في مختلف أنحاء العالم (**الشكل 3-1**). يهتمّ الناس من خلال مشاهداتهم للألعاب الأولمبية، بألعاب رياضيّة لم يسبق لهم أن شاهدوها من قبل. قد تهتمُّ بواحدة من الألعاب الرياضيّة الغريبة حتى من دون أن تفهم هدف تلك اللعبة أو قواعدها. تخضع كل الألعاب الرياضيّة لقوانين الفيزياء نفسها. بعد عدّة دقائق من المتابعة، يمكنك أن تتوقّع ما سيحدث لاحقًا، لأنّ القوانين الثلاثة المعروفة في الفيزياء هي نفسها التي تمارسها و اعتدت عليها طوال حياتك.

الشكل 3-1 الكرلنج على الجليد.

تذكّر أنّ قوانين نيوتن لها علاقة بالرياضيّات والمتّجهات، وهي أيضًا تصف القوى والحركة التي تستخدمها في كلّ يوم.

مخرجات التّعلُّم

GP1203.1 يذكر نص قوانين نيوتن الثلاثة للحركة.

GP1203.2 يطبّق قوانين نيوتن للحركة على مجموعة من الأنشطة والأشياء المتضمنة في الرياضة، على سبيل المثال: كرة المضرب تحلّق فوق شبكة.

المفردات

Force	القوة
Newton	نيوتن
Weight	الوزن
Free body diagram	مخطّط الجسم الحر
Newton’s first law	القانون الأول لنيوتن
Inertia	القصور الذاتي
Newton’s second law	القانون الثاني لنيوتن
Net force	محصّلة القوى
Newton’s third law	القانون الثالث لنيوتن

القوى المؤثّرة في صاروخ بسيط

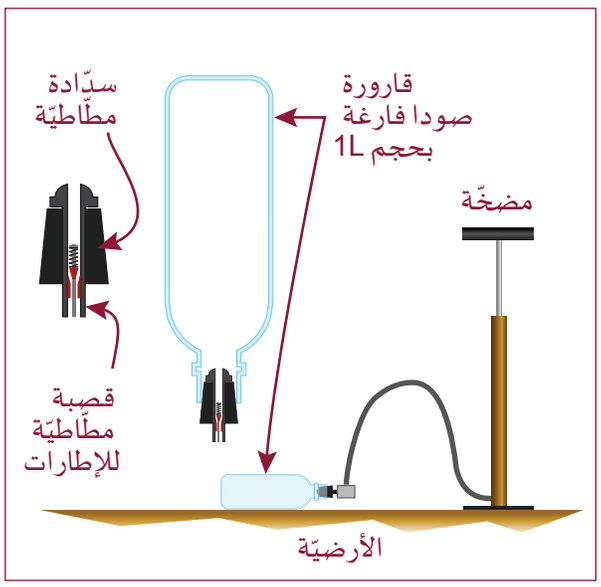
كيف يمكن أن نصف بدقّة الرابط بين القوى والحركة؟

ما هي القوى المؤثّرة في نموذج صاروخ بسيط؟

تتغيّر الحركة فقط بسبب تأثير القوى غير المتوازنة.

القوى تسبّب التسارع.

تتكوّن القوى دائمًا من ثنائيات تؤثّر في جسمَيْن مختلفَيْن .



الشكل 3-2 نموذج صاروخ بسيط.

وضعت قارورة على طاولة في حالة ساكنة. يجب عليك أن تؤثّر في القارورة بمؤثّر يستطيع تحريكها. «والمؤثّر» في الفيزياء يعني تطبيق قوّة. إذا أردت تحريك القارورة بتسارع أكبر، عليك أن تطبّق قوّة أكبر. عندما تُطبّق القوّة، ستشعر بأنّ القارورة تؤثر في يدك. وهذا يعني أن هناك قوّتَيْن: القوّة الأولى تحرّك القارورة، والثانية هي قوّة القارورة التي تدفع يدك. يحدث الأمر نفسه عند ركل كرة حيث تتولّد قوّتان بين الكرة وقدمك.

يجب أن تُركَل الكرة لتغيير حركتها، أما الصاروخ فيولّد قوّة من دون أن يخضع لدفع بوساطة قوّة خارجيّة. يمثّل **الشكل 3-2** نموذج صاروخ بسيط. يزداد الضغط في القارورة بشكل بطيء بفعل المضخّة:

1. في المرحلة الأولى، تكون قوّة الضغط في داخل القارورة متوازنة مع قوّة الاحتكاك للسدّادة الملتصقة في عنقها، فلا تتحرك القارورة (**الشكل 3-a3**).
2. في المرحلة التالية، تصبح قوّة الضغط أكبر بما يكفي لدفع السدّادة إلى الخارج، فتتحرّر القارورة.
3. يولّد الهواء المندفع خارج القارورة قوّة تؤدّي إلى تسارع القارورة إلى الأمام وقوّة معاكسة تسرّع صمّام المضخّة إلى الخلف (**الشكل 3-b3**).

الشكل 3-3 القوى والتّسارع قبل الانطلاق وبعده.

القوى

أحد المبادئ الأساسيّة في العلم هو مبدأ السببيّة: أيّ تغيير أو تأثير نلاحظه يَفترض وجود سبب أدّى إلى حدوثه.

ما التعريف العلمي للقوّة؟

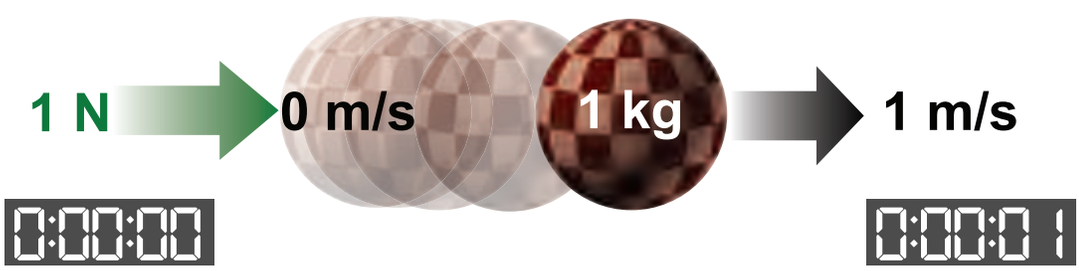
القوّة Force هي السبّب في تغيّرات الحركة. جميع التغيّرات في الحالة الحركيّة تحدث بسبب تأثير القوّة. لذلك، فإنّنا نحتاج إلى فهم القوى من أجل فهم كيفيّة تغيّر الحركة وكيفية إيجاد تقنيّة لتحريك الأجسام كالسيّارات والطائرات.

كيف تُقاس القوّة؟

جميعنا يعرف مفهوم القوّة من خلال الدفع أو السحب (**الشكل 3-4**). من المرجّح أن تكون قد قمت اليوم بتطبيق قوى سحب ودفع من دون الانتباه إلى ذلك. من أجل استخدام مفهوم القوّة في الفيزياء علينا أن نَصِفها بشكل دقيق، ونقترح وحدات معيّنة لقياسها.

الشكل 3-4 التعريف المفهوميّ للقوّة هو الدفع أو السحب.

تُقاس القوّة في النظام الدوليّ للوحدات بوحدة النيوتن Newton. يكافئ نيوتن واحد (1 N) وزن هاتف محمول، وهي قوّة صغيرة إلى حدّ ما. تستطيع بسهولة تطبيق قوّة مقدارها 100 N أو أكثر مستخدمًا يدًا واحدة. نيوتن واحد هو القوّة اللازمة لتغيير سرعة جسم كتلته 1 kg بمعدّل متر واحد في الثانيّة لكلّ ثانيّة (**الشكل 3-5**)، وبذلك يحصل النيوتن عل وحدته الأساسيّة، وهي $kg.m/s^2$.



الشكل 3-5 تعريف وحدة نيوتن لقياس القوّة.

القوّة هي المؤثّر الذي يستطيع تغيير الحركة.

جميع القوى تستطيع تغيير الحالة الحركيّة للأجسام، لكن ليس بالضرورة أن تغيّر هذه القوى من الحركة: يمكن أن يكون لدينا جسم ساكن يخضع لعدد من القوى المؤثّرة فيه. ومع ذلك، يبقى الجسم في حالة السكون إذا كانت محصّلة هذه القوى صفرًا. إلاّ أنّ الصحيح دائمًا هو أنّ أيّ تغيير يطرأ على الحركة يحدث بسبب تأثير القوى فقط.

الوزن ومخطّط الجسم الحرّ

الوزن Weight هو قوّة تنتج عن تأثير الجاذبيّة في الكتلة. يؤثّر الوزن في مختلف الألعاب الرياضيّة. على سطح الأرض تقوم الجاذبيّة الأرضيّة بجذب جميع الكتل نحو مركزها بشدّةِ مجالٍ (9.8 N/kg). يكون لجسم كتلته 10 kg وزن مقداره (10 kg × 9.8 N/kg) أي 98 N.

هل الكتلة والوزن هما الشيء نفسه؟

فيمَ تختلف الكتلة عن الوزن؟

الوزن

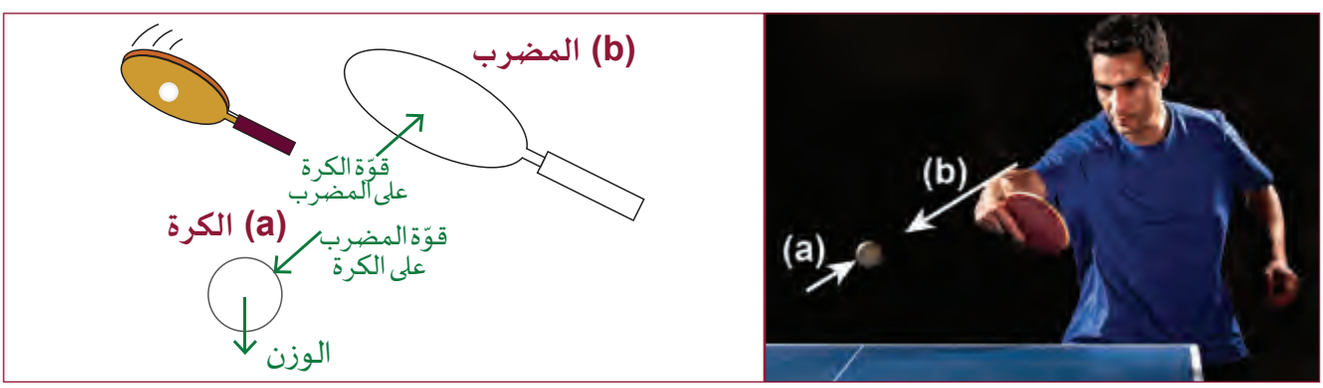
$$F_w = mg$$

F	القوّة (N)
m	الكتلة(kg)
g	شدّة مجال الجاذبيّة (N/kg)

تُعدّ الكتلة خاصيّة أساسيّة للمادّة، وتُقاس بوحدة الكيلو جرام (kg) أو الجرام (g) وهي مقدار ما يحتويه الجسم من مادة. الوزن هو قوّة تقاس بوحدة النيوتن، ويعتمد مقدارها على المكان الذي توجد فيه الكتلة. يمتلك جسم كتلته 100 kg وزنًا مقداره 980 N على سطح الأرض. أما على سطح القمر، فإنّ للكتلة نفسها وزنًا مقداره 162 N حيث شدّة مجال الجاذبية 1.62 N/kg .

للقيمة 9.8 N/kg رمز خاص بها هو (g). يتمّ تعويض هذا الرمز في المعادلة بقيمة مقدارها 9.8 N/kg كما في المعادلة $F_w = mg$ مثلًا. يمكن أيضًا أن يُعبّر عن تسارع الجاذبية الأرضية (g) بوحدة m/s^2، وتكون الوحدتان متكافئتين.

يُظهر مخطّط الجسم الحرّ جميع القوى المؤثّرة في جسم واحد معزول عن باقي الأجسام.



الشكل 3-6 مخطّطات الجسم الحرّ.

مخطّط الجسم الحرّ Free body diagram (**الشكل 3-6**) هو رسم لجسم معزول عن كل شيء باستثناء القوى المؤثّرة فيه. يتمّ استبدال كلّ تفاعل مع المُحيط بقوّة. على سبيل المثال، عند لحظة تصادم كرة الطاولة مع المضرب ستتأثر الكرة ووزنها بالمضرب تأثُّرًا قويًّا.

لاحظ أنَّ لكلّ جسم مخطّطًا للجسم الحرّ الخاص به. يؤثّر المضرب في الكرة بقوّة عند لحظة التصادم. وتؤثّر الكرة بقوّة مُعاكسة في المضرب عند اللحظة نفسها.

القانون الأوّل لنيوتن في الحركة

ينصّ **القانون الأول لنيوتن Newton's First law** على أنّ أيّ جسم يبقى في حالة السكون، أو يستمرّ في حركته المنتظمة نفسها، إلّا إذا أثّرت فيه محصّلة قوى غير متوازنة. يُطلق على القانون الأوّل قانون **القصور الذاتي Inertia** لأنّ القصور الذاتي هو خاصيّة الكتلة التي تقاوم التغيير في الحركة.

يُعدّ مثال ركلة الجزاء في لعبة كرة القدم مثالًا جيدًا على أثر القصور الذاتي؛ يحاول حارس المرمى توقّع الاتجاه الذي ستسلكه الكرة؛ وبمجرد أن تنطلق، يصعب جدًا أن تغيّر من مسارها.

يُستخدم القصور الذاتي لوصف مَيل الجسم لمقاومة أي تغير في حالته الحركية.

الجسم الساكن يبقى ساكنًا، والجسم المتحرّك يبقى متحركًا في خطّ مستقيم وبمقدار سرعة ثابتة مالم تؤثّر فيه قوّة خارجيّة تغيّر من حالته الحركية.

عندما يكون حجر الكيرلنج ساكنًا عند نقطة من دائرة مرسومة على الأرضيّة (**الشكل 3-7**)، ستتوقّع بقاءه في مكانه إلى أن يضربه أحد أفراد الفريقين بعصاه. للحجر قصور ذاتيّ، أي إنّه يميل الى أن يكون ساكنًا ما لم تؤدِّ أيّة قوّة أخرى إلى تحريكه.

الشكل 3-7 حجر كيرلنج ساكن.

وكذلك، عندما تمارس لعبة كرة القدم، فإنك تعلم أنّ الكرة المتحرّكة تمتلك قصورًا ذاتيًا أو ميلًا للاستمرار في حركتها (**الشكل 3-8**). وتعلم أيضًا أنّك تحتاج إلى أن تطبّق قوّة لإيقافها أو لتغيير اتجاهها. يمكنك استخدام هذه المعلومات للإبقاء على الكرة بعيدًا عن مسار الخصم بسرعة من دون إعطائه الوقت ليستفيد من وضعيّته أو أيّة وضعيّة جديدة. يمكنك أيضًا أن تموّه حركتك في اتجاه معين، فتُجبر بذلك خصمك على الحركة في ذلك الاتجاه، ويصعب عليه تعديل وضعه واتجاهه بسبب القصور الذاتي.

الشكل 3-8 التمويه مقابل حركة الخصم.

يُقاس القصور الذاتي بوحدة الكتلة أي الكيلو جرام. لحجر الكرلنج كتلة تتراوح بين 17 kg و20 kg. لاعبو كرة القدم متفاوتو الكتلة، لكنك تلاحظ أنّ اللاعبين الأكثر رشاقةً هم الأقلّ كتلة: كلما كانت كتلة اللاعب أكبر، أصبح توقّفه أو تغيير اتجاه حركته أكثر صعوبة.

القانون الثاني لنيوتن

ينصّ **القانون الثاني لنيوتن Newton's second law** على أن التسارع ينتج عن تأثير قوّة غير متّزنة في جسم ما، إنَّ تغيّر مقدار السرعة أو اتجاهها أو كليهما معًا يسبّب التسارع. يتناسب تسارع الجسم طرديًا مع القوّة المؤثّرة فيه (F) وعكسيًا مع كتلته (m).

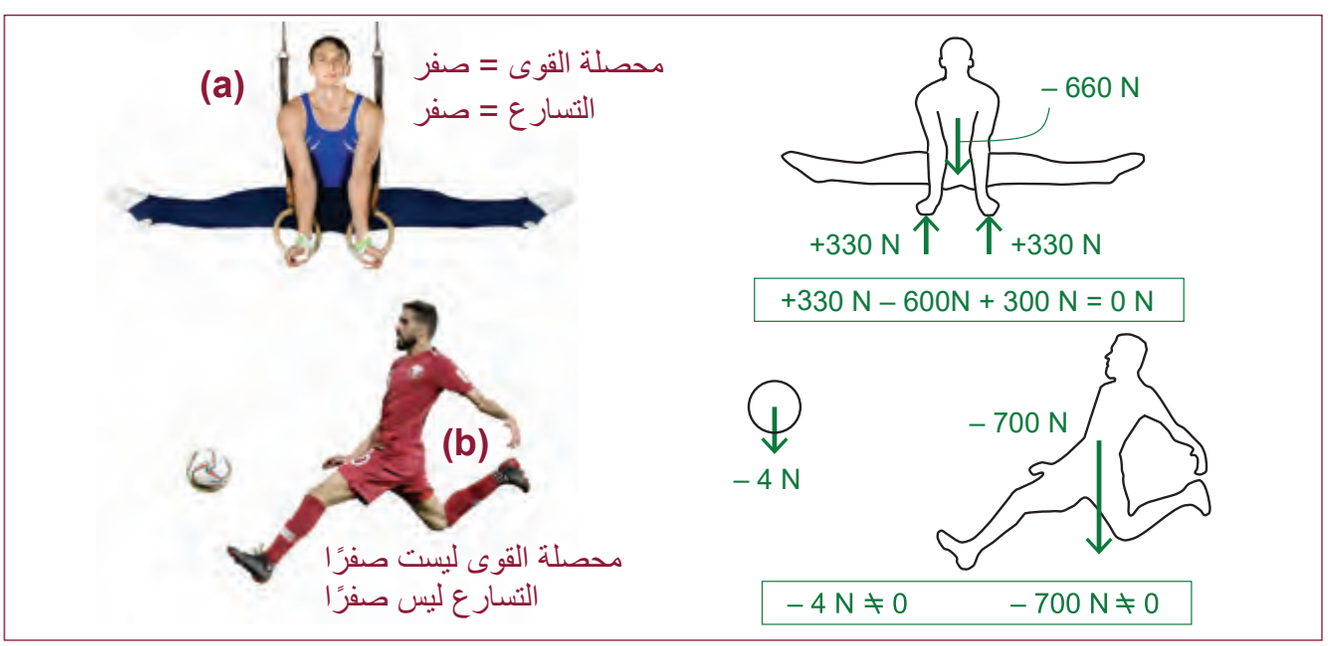
القانون الثاني لنيوتن

$$F = ma \quad \leftrightarrow \quad a = \frac{F}{m}$$

F	القوّة (N)
m	الكتلة (kg)
a	التّسارع (m/s^2)

القوّة الظاهرة في القانون الثاني لنيوتن هي محصّلة القوى، أي مجموع كلّ القوى المؤثرة في الجسم. يمكن للقوى التي تؤثر في الجسم نفسه باتجاهات متعاكسة أن يلغي بعضها البعض الآخر. لذلك، فإنَّ القوى تكون متوازنة عندما تكون محصّلتها صفرًا. عندما تكون محصّلة القوى صفرًا، يكون التسارع أيضًا صفرًا، وهذا واضح عند اتزان لاعب الجمباز في تمرينه الروتيني (**الشكل 3-9a**). عندها تبقى الأجسام في حالة سكون أو تتحرّك بسرعة واتجاه ثابتين وفقًا للقانون الأوّل لنيوتن.

ينصّ القانون الثاني لنيوتن على أنّ تسارع الجسم يُساوي حاصل قسمة محصّلة القوى المؤثّرة فيه في كتلة ذلك الجسم.

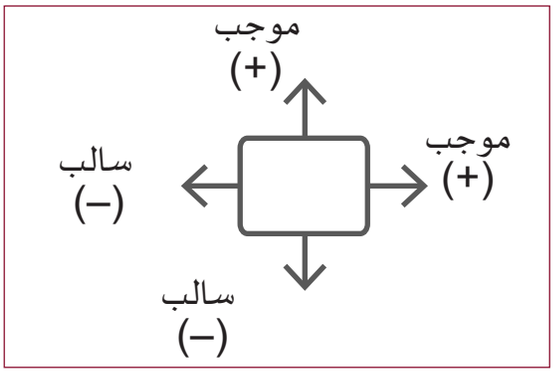


الشكل 3-9 أمثلة على محصّلة قوى تساوي صفرًا ومحصّلة قوى لا تساوي صفرًا.

يؤدّي لاعب كرة قدم ضربة مِقَصيّة كما هو موضّح في **الشكل 3-9b**. القوى الوحيدة المؤثّرة في الكرة وفي اللاعب هي وزن الكرة ووزن اللاعب، وهي قوى غير متّزنة. وبمعنى آخر، فإنّ محصّلة القوى ليست صفرًا. لذلك، يكتسب كلٌّ من الكرة واللاعب تسارعًا وفقًا للقانون الثاني لنيوتن. اتجاه هذا التسارع هو نفسه اتجاه محصّلة القوى. وبالتالي، فإنَّه يكون نحو الأسفل، بغضّ النظر عن المسار الذي يسلكه كلّ منهما.

تطبيق القانون الثاني لنيوتن

عند حلّ المسائل التي تشمل القوى ومخطّطات الجسم الحرّ، يجب أن تحدّد الاتجاهات الموجبة. وسيكون الاتجاه المعاكس هو الاتجاه السالب. يتمّ في الغالب اختيار اليمين على أنه اتجاه موجب في مخطّط الجسم الحرّ. وبالتالي، فإنَّ اليسار هو الاتجاه السالب (**الشكل 3-10**). ويتمّ في الغالب اختيار الأعلى للاتجاه الموجب والأسفل للاتجاه السالب.



الشكل 3-10 الإشارة الموجبة المُتَّفق عليها.

مثال 1

تنطلق سيّارة سباق من السكون لتبلغ سرعة 50 m/s في خلال خمس ثوانٍ (بتسارع $a = 10\ m/s^2$). احسب القوّة التي يطبّقها المحرّك إذا كانت الكتلة الكلية للسيّارة مع السائق هي 1800 kg.

المطلوب إيجاد القوّة F التي يبذلها المحرّك

المُعطى الكتلة $m = 1800\ kg$

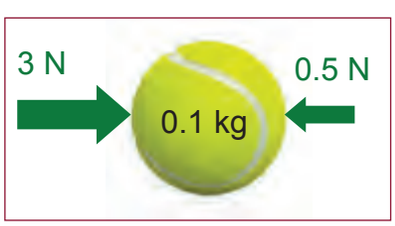
الحلّ

$$F = ma = (1800\ kg)(10\ m/s^2) = 18000N$$

مقدار القوّة المطلوبة هو 18000 N

مثال 2

تؤثّر قوّتان في كرةٍ كتلتها 0.1 kg كما هو مبيّن في المخطّط المجاور. تكون الكرة في البداية في حالة سكون. احسب التسارع الناتج وحدّد اتجاه حركة الكرة.



المطلوب إيجاد التسارع *(a)* واتجاه الحركة

المُعطى قوّتان: *+3 N* و *-0.5 N*، تؤثّران في كرة كتلتها *0.1 kg*

الحلّ يجب علينا أوّلًا إيجاد محصّلة القوى. اتجاه القوّة التي قيمتها 20 N هو إلى اليسار، لذلك، فإنَّ مقدارها يكون سالبًا.

$$F_{net} = +3\ N - 0.5\ N = +2.5\ N$$

ثمّ نقوم بحساب التسارع:

$$a = \frac{F}{m} = \left(\frac{2.5N}{0.1\ kg}\right) = 25\ m/s^2$$ واتجاهها إلى اليمين

القانون الثالث لنيوتن في الحركة

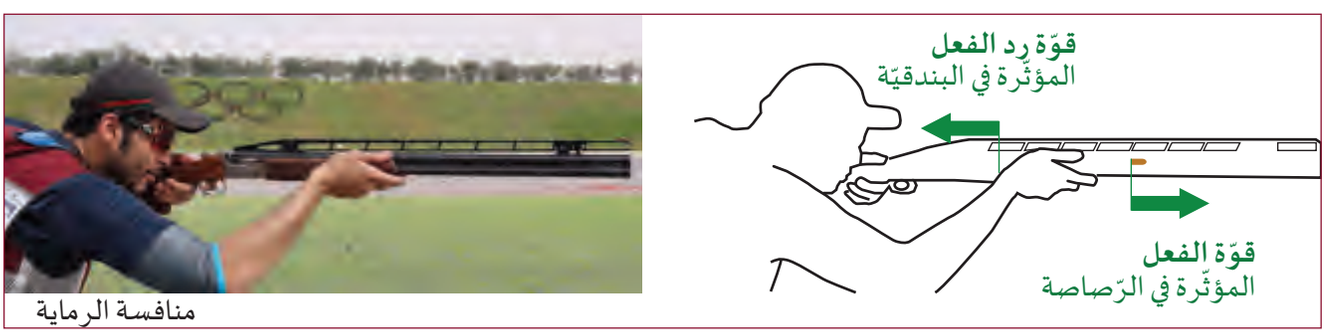
ينصّ **القانون الثالث لنيوتن Newton's third law** على أنّ لكلّ فعلٍ ردَّ فعل يساويه في المقدار، ويُعاكسه في الاتجاه.

يمكن توضيح قانون الفعل وردّ الفعل من خلال حركة الصواريخ النموذجيّة التي تمتلك محرّكات خاصة. عندما يشتعل الوقود في داخل المحرّك، فإنّه يطلق الغاز الساخن بسرعة كبيرة نحو الأسفل. ردّ الفعل على هذه القوّة سيكون قوّة، اتجاهها نحو الأعلى، ترفع الصاروخ عبر الهواء (**الشكل 3-11**). يتعرَّض الصاروخ ذو الكتلة الأصغر لتسارع أكبر، فيرتفع بسرعة إلى مسافة أعلى.

الشكل 3-11 نموذج الصاروخ (a) الفعل، (b) ردّ الفعل.

يتمّ تحديد أزواج الفعل وردّ الفعل عن طريق عكس العلاقة بينهما.

- عندما يتفاعل جسمان تكون القوّة F_{12} المؤثّرة من الجسم 1 في الجسم 2 مساوية في القيمة ومعاكسة لاتجاه القوّة F_{21} المؤثّرة من الجسم 2 في الجسم 1.
- على سبيل المثال، عندما تدفع طرف لوح القفز في المسبح بقدمك إلى الأسفل، يكون ردّ الفعل هو قوّة الدفع التي تتلقّاها قدمك من طرف اللوح، لكنْ في الاتجاه المعاكس للأعلى.



الشكل 3-12 يُستخدم في رياضة الرماية بندقية ذات كتلة كبيرة ورصاصة ذات كتلة صغيرة.

في رياضة الرماية، تتسارع الرصاصة نتيجة لقوة مؤثّرة في الرصاصة، ينتج عنها قوّة رد فعل تؤثر في البندقية. للبندقية كتلة كبيرة ومحمولة بإحكام عند كتف الرامي (**الشكل 3-12**)، فيكون تسارعها نحو الخلف أقلّ بكثير من تسارع الرصاصة نحو الأمام، فتكون سرعة الرصاصة أكبر.

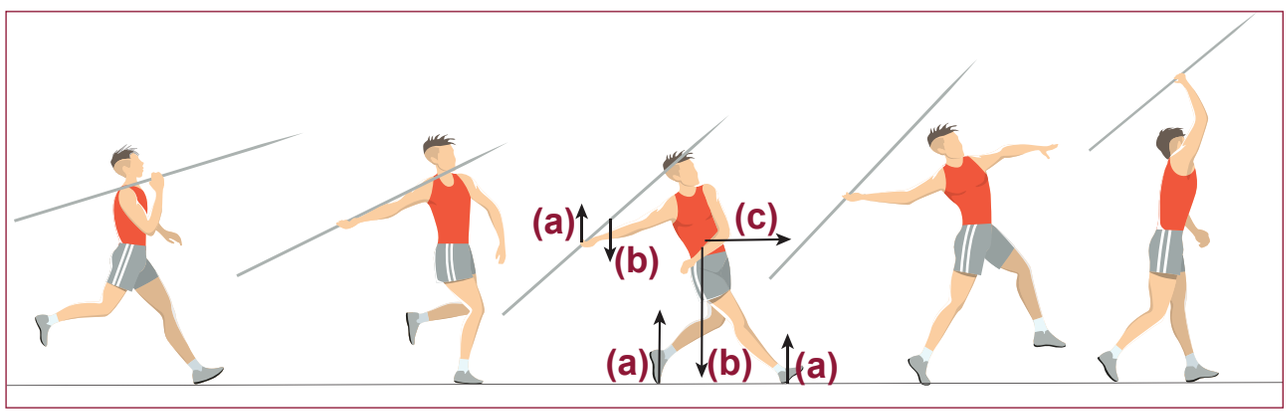
كيف يؤّثر القانون الثالث في تصميم أدوات الألعاب الرياضيّة؟

نشاط 3-1 عرض قوانين نيوتن

الخطوات:

ضمن مجموعات صغيرة:

1. اختيار نشاط رياضيّ.
   a. استفد من هذه الفرصة لاختيار رياضة غير مألوفة لديك.
2. إجراء بحث وتحليل الرياضة.
   a. عليك إجراء بحث حول التقنيّات والحركات المستخدمة.
   b. عليك تحليل القوى والكميّات المتّجهة الأخرى التي تتضمّنها.
3. تنفيذ عرض يُظهر كيفية تطبيق قوانين نيوتن.
   a. يمكن أن يتضمّن العرض: فيديو، أو محاكاة حاسوبية، أو توضيحًا واقعيًّا.
   b. وضّح تأثير المتغيّرات، كالقوّة والكتلة والسرعة والزمن، في هذه الرياضة بشكل خاص.
   c. كيف يمكن أن تؤثّر المتغيّرات المختلفة في تحسين الأداء؟
4. أرسم مخطّطًا للجسم الحرّ في أثناء أداء رياضيّ في مراحل مختلفة. يعرض **الشكل 3-13** أحد الأمثلة. وضّح كلّ مرحلة.



الشكل 3-13 المراحل المختلفة للعبة رمي الرمح. حُدّد على الشكل في المنتصف (a) متّجه رد الفعل للسطح، (b) متّجه الوزن، (c) متّجه السرعة.

الأسئلة:

a. ما هي المتغيّرات المتشابهة، بغضّ النظر عن الرياضة المُختارة؟

b. كيف تتوزّع القوى بين القوى الداعمة والقوى المطلوبة لأداء الرياضة؟

تقويم الدّرس 3-1

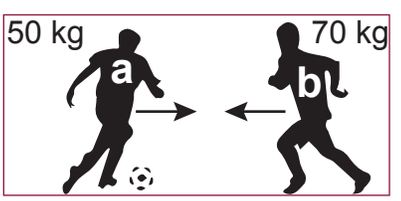
1. ماذا يسمى القانون الأول لنيوتن؟
   a. قانون القصور الذاتي
   b. قانون الدفع
   c. قانون الفعل وردّ الفعل
   d. قانون حفظ الزخم الحركي.

2. أيٌّ من الوحدات الآتية هي وحدة القوّة؟
   a. N
   b. kg
   c. *m/s*
   d. m/s^2

3. ما هو ردّ الفعل الناجم عن فعل قوّة ركلك للكرة مقدارها 8 N؟
   a. تؤثّر الكرة بقوّة 8 N في قدمك.
   b. تتحرّك الكرة بتسارع 8 N.
   c. تبقى قدمك على تماس مع الكرة لفترة أطول.
   d. تقطع الكرة مسافة تبتعد فيها عن قدمك بزخم حركيّ 8 N.

4. وفقًا لقانون نيوتن الأوّل، ماذا يحدث عندما تكون محصّلة القوى المؤثّرة في جسم متحرّك صفرًا؟
   a. سيتوقّف الجسم مباشرةً.
   b. سيتباطأ الجسم إلى أن يتوقّف.
   c. سيستمرّ الجسم بحركته بسرعة ثابتة.
   d. سيتباطأ الجسم، لكنّه لن يتوقّف بشكل تام.

5. يتصادم لاعبا كرة قدم (a) و(b). أحد اللاعبين ذو كتلة أكبر من اللاعب الآخر. أيٌّ من الجمل الآتية خاطئ؟ يمكن أن يكون هناك أكثر من جملة خاطئة.



   a. يؤثّر اللاعب (a) بقوّة أكبر في اللاعب (b).
   b. يؤثّر اللاعب (b) بقوّة أكبر في اللاعب (a).
   c. كِلا اللاعبين يؤثر في الآخر بالقوّة نفسها.
   d. يكون تسارع اللاعب (a) أكبر من تسارع اللاعب (b).

6. تبلغ قيمة القوى المؤثّرة في رمح 100N. احسب تسارع الرمح إذا كانت كتلته 0.8 kg .

7. إذا كان اتجاه محصّلة مجموعة من القوى المؤثّرة في لاعب نحو الشرق ومقدارها 300 N، فكم يكون ردّ فعل هذه المحصّلة واتجاهها؟

8. ارسم مخطّط الجسم الحرّ لرصاصة تنطلق من بندقية وقبل خروجها من الماسورة.

الدرس 3-2
المقذوفات
Projectiles

يتطلّب تسجيل النقاط في لعبة كرة السلّة رمي الكرة بحيث تمرّ عبر حلقة على ارتفاع 3.05 m فوق أرض الملعب، وغالبًا ما تكون على مسافة 4-5 m من اللاعب. يبلغ قطر الحلقة الداخلي 46 cm أي إنّه أقلّ من ضعف قطر الكرة نفسها (24 cm). بمجرّد أن تنطلق الكرة من يدك، فلن يكون بإمكانك التحكّم في مسارها (**الشكل 3-14**).

الشكل 3-14 لعبة كرة السلّة.

يمكن للاعب ماهر أن يقوم برمي الكرة بقوّة مناسبة وبزاوية ملائمة لتحقيق الهدف. هذا يعني أنَّ الكرة تتحرّك في مسار يمكن توقّعه، إلا إذا كان اللاعب لم يطوّر مهارته في التسديد.

لعبة كرة السلّة هي مثال على المقذوفات. المقذوف هو جسم يتحرّك بحريّة، بحيث تكون القوّة الوحيدة المؤثّرة فيه بعد إطلاقه هي وزنه فقط. فهو يتعرّض لتسارع ثابت نحو الأسفل، ويخضع للقانون الثاني لنيوتن.

مخرجات التّعلُّم

GP1203.2 يطبّق قوانين نيوتن للحركة على مجموعة من الأنشطة والأشياء المتضمّنة في الرياضة، على سبيل المثال: كرة المضرب تحلّق فوق الشبكة.

المفردات

Projectile motion	حركة المقذوفات
Equilibrium	الاتزان
Horizontal velocity	السرعة الأفقية
Vertical velocity	السرعة الرأسية
Range	المدى
parabola	القطع المكافئ

صنع مقذوف

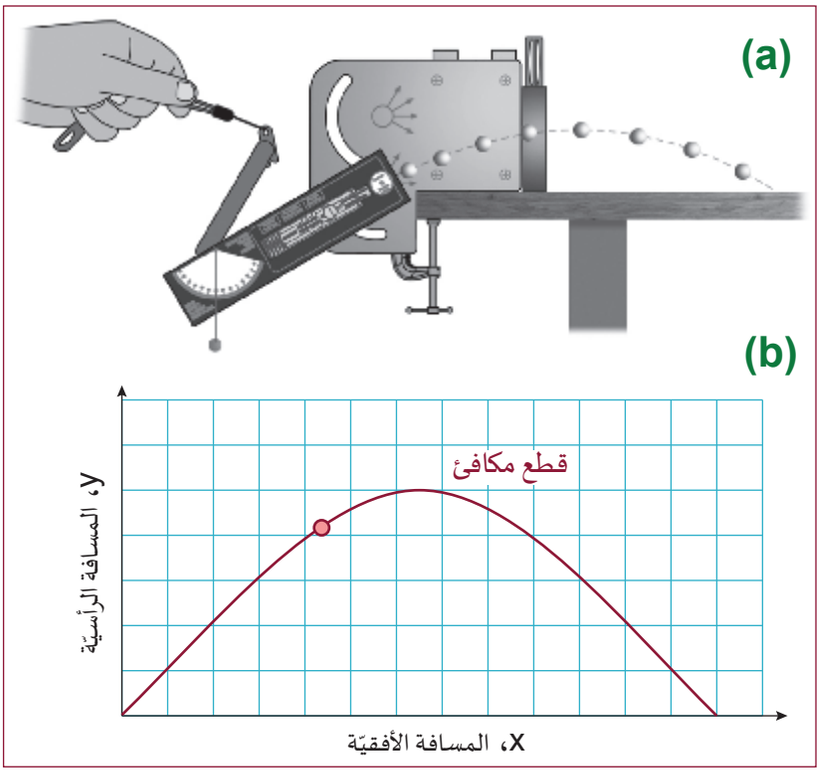
ما المسار الذي تتّبعه كرة عند ركلها؟

كيف يمكننا أن نصف الحركة المنحنية؟

ما العوامل التي تؤثّر في المسافة الأفقيّة التي تقطعها الكرة؟

تسحب الجاذبية الأجسام دائمًا نحو الأسفل. هذا الأمر يساعد على فهم حركة المقذوفات.

تتناقص السرعة الرأسيّة في أثناء الصعود بالمقدار نفسه في كلّ ثانية.



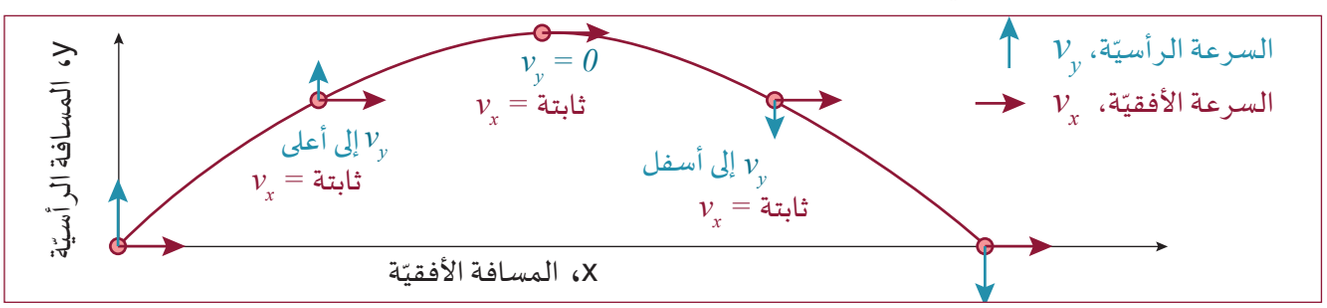
الشكل 3-15 إطلاق مقذوف (a) والرسم البياني (b).

الجاذبيّة قوّة تسحب الأشياء نحو مركز الأرض، وهو ما يُصطلح على أنه إلى الأسفل. يخضع المقذوف بعد إطلاقه إلى قوّة الجاذبية التي تسحبه نحو مركز الأرض.

يُظهر **الشكل 3-15a** جهازًا لقذف الكرات يقوم بإطلاق كرات صغيرة بزواية وسرعة محدّدتين مسبقًا. يعرض المخطّط (**الشكل 3-15b**) المسار الفعليّ الذي تتّبعه الكرة. يُسمّى هذا المسار «القطع المكافئ». إذا كانت كلٌّ من السرعة الابتدائية للكرة وزاوية انطلاقها هي نفسها في كلّ مرة، فإنَّ الكرة ستسلك المسار نفسه ولن تغيّر موضع هبوطها.

يمكن أن نفهم الحركة المنحنية بدراسة الاتجاهين المُتعامدَيْن:

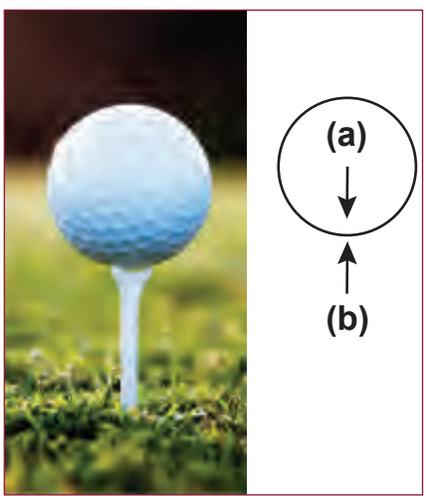
- الاتجاه الأفقيّ: لا تتأثر الكرة بأية قوّة في هذا الاتجاه (أي لا تتسارع الكرة في هذا الاتجاه)، لتبقى سرعتها الأفقية ثابتة، فتقطع الكرة المسافة الأفقيّة نفسها في كلّ ثانية.
- الاتجاه الرأسيّ: تتأثّر الكرة بقوة الوزن، فتتسارع نحو الأسفل، وتتناقص السرعة الرأسيّة في أثناء الصعود بالمقدار نفسه في كلّ ثانية.



الشكل 3-16 كيفية تغيّر السرعة الأفقيّة والسرعة الرأسيّة للمقذوف.

حركة المقذوفات

تهتمّ **حركة المقذوفات Projectile motion** بدراسة حركة الأجسام التي يكون فيها الوزن هو القوّة الوحيدة المؤثّرة. في الواقع، تكون هناك قوًى أخرى مؤثّرة في الجسم، مثل قوّة احتكاك الهواء. لكنها تكون قوًى صغيرة مقارنة بقوّة الوزن، فيمكن إهمالها باستثناء قوّة الجاذبيّة.



الشكل 3-17 (a) التوازن بين قوة الجاذبية و القوة العمودية.

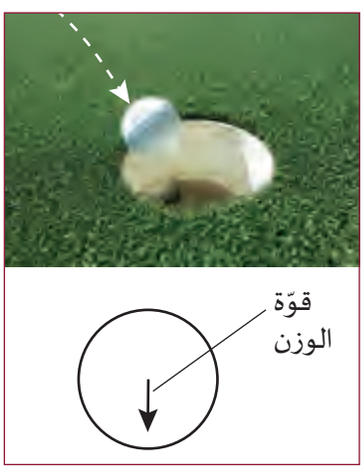
ولكن ليس بالضرورة أن تتحرك الأجسام المتأثرة بقوة الوزن دومًا. كرة الجولف في الشكل المجاور في وضع **اتزان Equilibrium**، لأنّ قوّة الوزن mg المؤثِّرة في الكرة تتساوى في المقدار مع القوة العمودية N وتعاكسها في الاتجاه عند نقطة التأثير الموضّح في **الشكل 3-17**. يعني الاتزان أن محصّلة القوى على الكرة تساوي صفرًا. عندها يكون التسارع يساوي صفرًا أيضًا بحسب القانون الثاني لنيوتن ($F = ma$). وبالتالي، فإنّ الكرة تبقى ساكنة لأنّ انعدام التسارع يعني عدم تغيّر السرعة.

عند قذف الكرة في الهواء تتلاشى قوّة ردّ الفعل، فتصبح الكرة غير متّزنة وتتأثّر بقوّة الوزن فقط (**الشكل 3-17**) .

- تتسارع المقذوفات دائمًا لأنّ القوّة الوحيدة المؤثّرة في أثناء حركتها هي الوزن.
- تكون المقذوفات غير متّزنة لأنّ محصّلة القوى تكون مساوية للوزن فقط (**الشكل 3-17**).

يَنتُج اتّزان جسم ما عندما تكون محصّلة القوى المؤثرة فيه صفرًا، ويكون تسارعه صفرًا أيضًا.

لكي تربح في لعبة الجولف، عليك أن تضرب الكرة بالسرعة والزاوية الصحيحتين لتهبط بالقرب من حفرة صغيرة أو في داخلها وتقع على بعد 100 m أو أكثر. يطوّر لاعبو الجولف الماهرون من تقديرهم الحسيّ حول مسار القطع المكافئ للكرة، من دون الحاجة إلى تنفيذ عمليّات حسابيّة.



الشكل 3-18 قوّة الوزن المؤثّرة في كرة الغولف في خلال طيرانها.

من هذا الدرس ، يجب أن تكون قادرًا على الإجابة عن السؤالين الآتيين:

1. هل يمكن قذف كرة بزاويتين مختلفتين مثل (50, 40) واسقاطها بنفس المكان؟
2. إذا تضاعفت السرعة الابتدائية للكرة، فكم تبلغ المسافة التي ستقطعها ؟

لا يُمكن للمقذوفات أن تكون في وضع اتزان لأنّها تكون دائمًا في حالة تسارع .

الحركة في اتجاهين

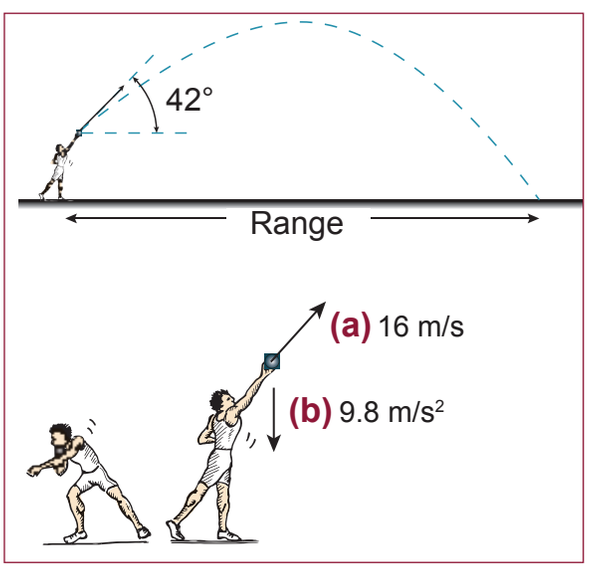
في الحقل المخصّص لرمي الكرة الحديديّة (**الشكل 3-19**)، يكون الهدف رمي كرة كتلتها 7.26 kg لأطول مسافة. يتمّ فقط قياس المسافة من نقطة الانطلاق حتى نقطة الارتطام الأوّل للكرة مع الأرض بغض النظر عن ارتفاعها عن الأرض والوقت الذي ستقضيه الكرة في الهواء.

يقوم المشارك في المسابقة أوّلًا بعدّة وَثبات، ليرمي بعد ذلك الكرة الحديدية مزوّدًا إيّاها بأكبر سرعة ممكنة، آخذًا في الحسبان أنّ الجاذبيّة سوف تبدأ بسحب الكرة نحو الأرض فور إطلاقها، وآملًا في أن تقطع الكرة أطول مسافة أفقيّة قبل ارتطامها بالأرض.

الشكل 3-19 لحظة رمي الكرة الحديديّة.

تمتلك الكرة أقصى **سرعة أفقيّة Horizontal velocity**، V_x. عند إطلاقها بزاوية 0°. لكنَّ ذلك يجعل الكرة تهبط بسرعة إلى الأرض لأنَّ حركتها بدأت من نقطة قريبة من الأرض.

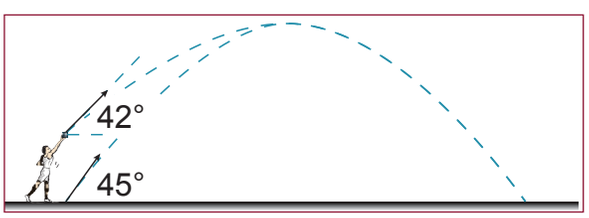
يمكن للرياضيّ أن يُطلق الكرة بشكل رأسيّ نحو الأعلى، فتعطي **السرعة الرأسيّة Vertical velocity**، V_y، وقتًا أطول للكرة في الهواء. تُنقِص الجاذبية من سرعة الكرة باستمرار في أثناء الصعود. وتعود الكرة لتهبط بعد بلوغها أعلى ارتفاع. لكنْ، عند انعدام V_x، يكون موضع هبوط الكرة هو مكان الانطلاق نفسه.



الشكل 3-20 (a) السرعة والاتجاه التي تنطلق بهما الكرة و(b) التسارع الذي تتاثر به الكرة نتيجة الجاذبية الأرضية.

المدى Range، أو المسافة الأفقية التي يقطعها المقذوف تتطلّب وجود مركبتَيْ السرعة الإبتدائية V_x و V_y. عند إطلاق الأجسام من على سطح الأرض، يتمّ بلوغ المدى الأقصى عند زاوية 45°.

أما الكرة الحديديّة فيتم إطلاقها في موضع مرتفع من الأرض، وبالتالي يتم تحقيق المدى الأقصى بزاوية إطلاق تبلغ 42° (**الشكل 3-21**).

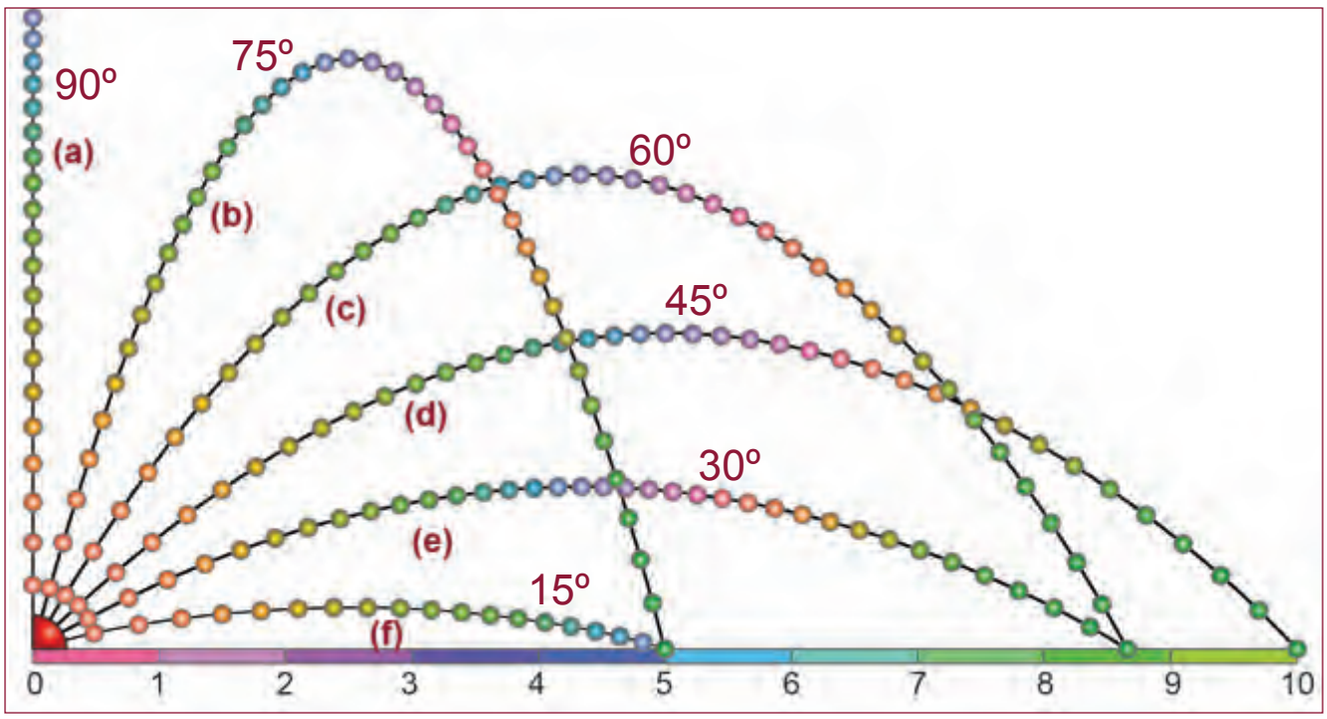


الشكل 3-21 تكون زاوية الإطلاق للمدى الأقصى 45° عادة. وفي حالة الكرة الحديدية تكون 42 درجة لأنه يتم اطلاقها من ارتفاع الكتف.

إذا أُهملت قوى الاحتكاك، أو الرياح، يمكن حساب أقصى مدى تصل إليه الكرة باستخدام علاقات «القطع المكافئ».

لكنّ قوى الاحتكاك موجودة دائمًا، ما يعني أنّ المدى المثاليّ المحسوب من خلال القطع المكافئ يكون دائمًا أكبر من المدى الحقيقي.

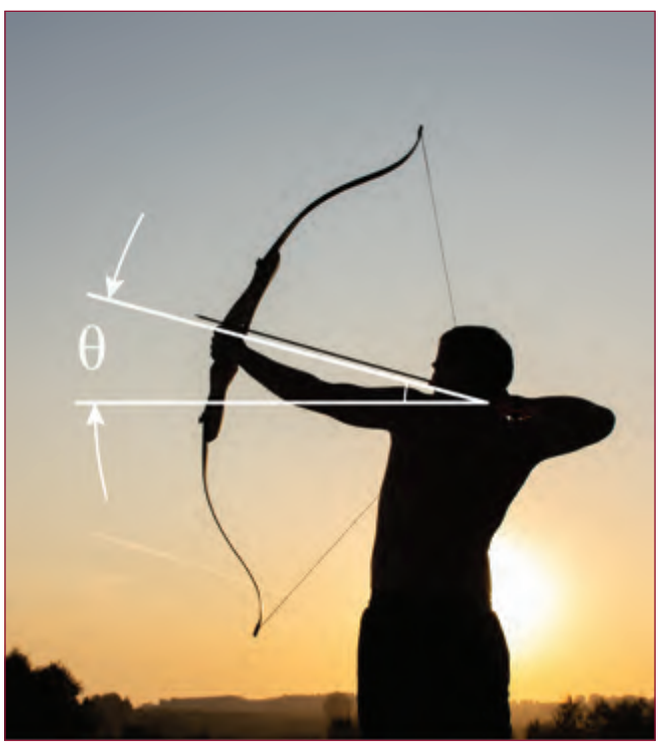
زاوية الانطلاق



الشكل 3-22 إطلاق المقذوفات بزوايا انطلاق مختلفة وسرعة ثابتة.

يعتمد مدى المقذوفات على سرعة الانطلاق وزاويته. هناك زوايا تُعطي المدى نفسه. يظهر **الشكل 3-22** مقذوفات ذات سرعات انطلاق متساوية وزوايا مختلفة. ويظهر أيضًا أنّ للمقذوف في المسارين (b) و (f) المدى نفسه، وكذلك في المسارين (c) و (e). و نحصل على أقصى مدى في المسار (d) عند زاوية انطلاق 45°، أمّا في المسار (a)، حيث زاوية الإطلاق هي 90°، فيكون مدى المقذوف صفرًا.

- تتطلّب لعبة رماية القوس (**الشكل 3-23**) فهمًا لزاوية الانطلاق. يحتاج الرامي في بعض المنافسات إلى أن يرمي على الهدف من مسافات مختلفة. لذلك، يكون على الرامي ضبط زاوية الانطلاق بحسب الحاجة.
- في لعبة الجولف، تختلف زاوية الانطلاق باختلاف المضارب المستخدمة. يختار لاعب الجولف الزاوية المناسبة لضرب الكرة اعتمادًا على المسافة إلى الحفرة. ويكون ذلك أسهل من ضبط سرعة الضربة.
- تتطلّب لعبة كرة القدم في أغلب الأحيان أن يرسل اللاعب الكرة من فوق لاعبي الفريق الخصم لتمريرها إلى زملائه في الفريق.

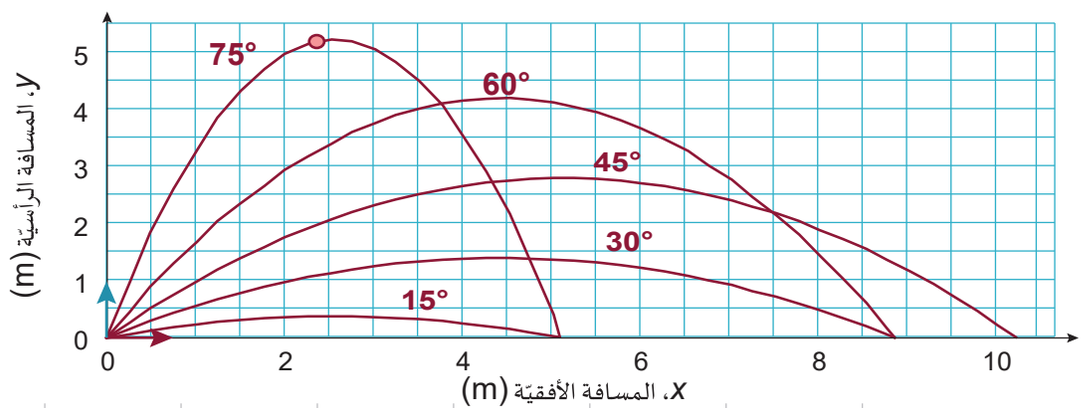


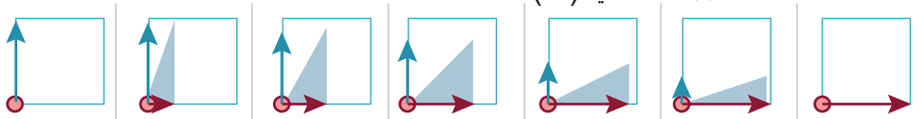
الشكل 3-23 يختار الرامي الزاوية الأنسب لإصابة الهدف.

التوازن بين الحركة الأفقيّة والحركة الرأسيّة

يعرض **الشكل 3-24** المسار الذي تسلكه مقذوفات أُطلقت من زوايا مختلفة وسرعة متساوية. وحيث إنَّ الجسم يتحرّك بزاوية مع الأفق، فسيكون له سرعتان: أفقيّة ورأسيّة. تمتلك المقذوفة عند الزوايا الصغيرة سرعة أفقيّة أكبر وسرعة رأسيّة أقلّ.

1. زيادة سرعة الإطلاق الأفقيّة تُعطي مدى أطول لزمن معيّن في الهواء.
2. زيادة سرعة الإطلاق الرأسية تُعطي المزيد من الوقت في الهواء.
3. يكون المدى الأقصى عند 45° بحيث تقسم هذه الزاوية السرعتَيْن الأفقيّة والرأسيّة بشكل متساوٍ.

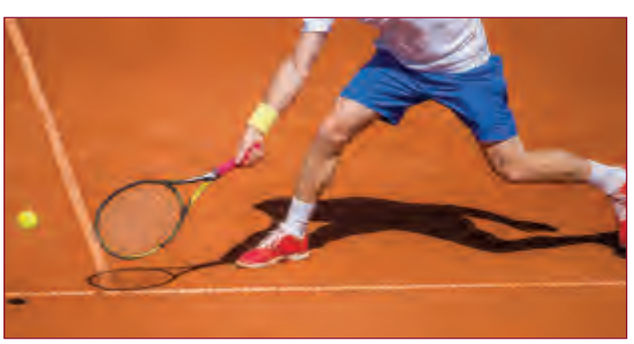


المسافة الرأسيّة / المسافة الأفقيّة							
زاوية الانطلاق	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°
السرعة الكليّة (m/s)	10	10	10	10	10	10	10
السرعة الرأسيّة (m/s)	0	2.6	5.0	7.1	8.7	9.7	10
السرعة الأفقيّة (m/s)	10	9.7	8.7	7.1	5.0	2.6	0
المدى (m)	0	5.1	8.8	10.2	8.8	5.1	0

الشكل 3-24 نموذج حسابيّ لزوايا مختلفة.

لعبة التنس ومسار القطع المكافئ

ربّما تتطلّب رياضة التنس القدرة على توقّع «القطع المكافئ» الذي يشكّل مسار الكرة. على اللاعب توقّع الزاوية التي ستضرب الكرة بها الأرض، إضافة الى الارتداد الناتج ليتمكّن من صدّ الكرة، (**الشكل 3-25**). على اللاعب ضرب الكرة بالزاوية والسرعة المناسبتين حتى تتجاوز الكرة الشبكة. يضرب اللاعب الماهر الكرة بشكل يكسبها التفافًا حول محورها، ما يؤثّر في مسار الكرة في أثناء احتكاكها بالهواء.



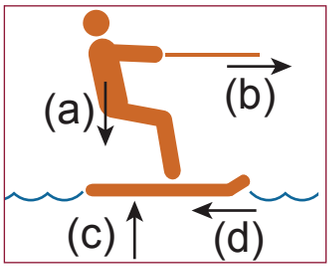
الشكل 3-25 يستفيد لاعب التّنس من مسار القطع المكافئ ليتوقّع ارتداد الكرة.

تقويم الدّرس 3-2

1. كيف تصف الحالة الحركيّة لكرة موضوعة عند علامة منتصف ملعب كرة القدم في بداية المباراة؟
   - **a.** تمتلك الكرة زخمًا حركيًّا.
   - **b.** الكرة في وضع اتزان.
   - **c.** تتبع الكرة مسار قطع مكافئ.
   - **d.** تتسارع الكرة في ملعب كرة القدم.

2. أي من الحالات التالية تصل فيه الكرة المقذوفة الى اقصى ارتفاع؟
   - **a.** $Vy = 2\ Vx$.
   - **b.** قيم متساوية لكلّ من V_x و V_y
   - **c.** قيمة عُظمى للسرعة V_x وقيمة صُغرى للسرعة V_y.
   - **d.** قيمة صُغرى للسرعة V_x وقيمة عُظمى للسرعة V_y.

3. حدّد من خلال المخطّط المجاور (**الشكل 3-26**) المتّجه الذي يمثّل وزن الرياضيّ.



الشكل 3-26

   - **a.** a
   - **b.** b
   - **c.** c
   - **d.** d

4. هل يمكن لجسم يسير في مسار مستقيم، وبسرعة ثابتة، أن يكون في وضع اتزان؟ اشرح ذلك.

5. في العام 1971، قام رائد الفضاء الأمريكيّ آلان شيبرد بضرب كرة جولف من على سطح القمر. هل سلكت الكرة مسار «قطع مكافئ»؟ اشرح إجابتك.

6. كيف يمكن قذف جسم بزاويتين مختلفتين والحصول على المدى الأفقي نفسه؟

7. لماذا لا يتمّ في لعبة رمي الكرة الحديديّة إطلاق الكرة عند زاوية 45^{o} لبلوغ أعظم مدى؟

8. ما المتغيّرات التي تحدث عندما يزيد رامي السهام زاوية الإطلاق من 0^{o} الى 90^{o}؟

الدرس 3-3
الاحتكاك
Friction

يستخدم عداؤو المسافات القصيرة «مساند القدم» (**الشكل 3-27**) للاستفادة من القانون الثالث لنيوتن. إنّ دفعهم للمسند بقوّة يمنحهم قوّة ردّ الفعل التي تدفعهم عند بداية السباق. تكون مساند القدم «مثبّتة» على المسار لتمنع العدّائين من الحركة. وبدون ذلك، سينزلق العدّاؤون إلى الخلف ولن يكتسبوا أيّة فائدة.

الشكل 3-27 مسند القدم عند نقطة الانطلاق.

على العدّاء الذي لم يزوّد مساره «بمسند القدم» البدء بالدفع إلى الخلف عكس المسار ليتمكّن من التحرّك إلى الأمام.القوّة التي تدفع قدم العدّاء إلى الخلف عكس المسار يقابلها قوّة ردّ الفعل تدفع العدّاء إلى الأمام على المسار. تُسمّى هذه القوة «الاحتكاك».

الاحتكاك Friction قوّة تعاكس الحركة. يحاول العدّاء من خلال حذائه التحرّك بدفع الحذاء إلى الخلف، فيُعاكس الاحتكاكُ هذه الحركةَ، ما يسمح للعدّاء بالتحرّك إلى الأمام. ويواجه العدّاء أيضًا قوّة احتكاك في أثناء حركته إلى الأمام. إنّ فهم الاحتكاك مهمّ جدًا في الألعاب الرياضيّة.

مخرجات التّعلُّم

GP1204.1 يصف التأثيرات السلبية لقوى الاحتكاك في الرياضات المختلفة، على سبيل المثال: مقاومة الهواء في رياضة ركوب الدراجات. ويقترح طرقًا للحد منها لتحقيق أقصى قدر من الأداء.

GP1204.2 يصف المعدات الرياضية والظروف التي يكون فيها الاحتكاك المتزايد أمرًا مرغوبًا فيه، ويقترح طرقًا لتحسينه، على سبيل المثال: سطح قفازات حارس المرمي.

المفردات

الاحتكاك	Friction
احتكاك انزلاقيّ	Sliding friction
القوة العموديّة	Normal force
معامل الاحتكاك	Coefficient of friction
احتكاك الموائع	Fluid friction
الديناميكا الهوائيّة	Aerodynamics
السَحب	Drafting

الاحتكاك

ما هو الاحتكاك؟

كيف يمكننا التحكّم في الاحتكاك؟

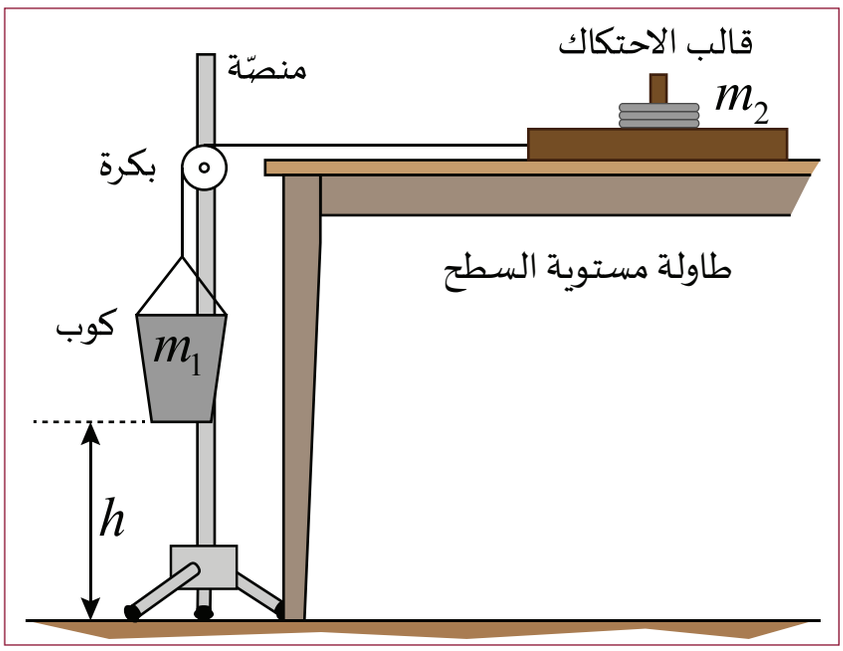
ما فوائد الاحتكاك؟ وما مساوئه؟

كيف يغيّر الاحتكاك من الحركة؟

كيف يتغيّر الاحتكاك بتغيّر نوع المادة؟

كيف يتغيّر الاحتكاك بتغيّر الوزن؟

كيف يمكننا التنبّؤ بالاحتكاك؟



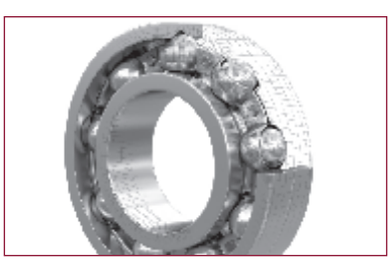
الشكل 3-28 تجربة الاحتكاك.

الاحتكاك هو القوّة التي تنشأ بين سطحين متلامسين وتكون معاكسة لاتجاه الحركة. تحوّل قوى الاحتكاك طاقة الحركة إلى حرارة وتسبّب تآكلًا للموادّ.

الشكل 3-29 قوّة الاحتكاك معاكسة لاتجاه الحركة.

- لا يوجد مسبّب وحيد للاحتكاك. الاحتكاك يأتي من عدة عوامل، مثل خدش الأسطح، والسحب الناتج عن الهواء والماء.
- يوصف الاحتكاك على أنه قوّة مؤثّرة في الاتجاه المعاكس للحركة.
- يعتمد احتكاك الانزلاق بشكل كبير على طبيعة الأسطح، والتي ينزلق بعضها فوق بعض، مثل: درجة الخشونة.

يكون الاحتكاك مفيدًا أحيانًا. فلا يمكنك مثلًاالسير على قدميك أو قيادة الدرّاجة من دون وجود الاحتكاك. تصمّم الأحذية بشكل خاص لزيادة الاحتكاك بين قدمك والأرض. يهدف تصميم الإطارات إلى الأمر نفسه بين العجلات والطريق.

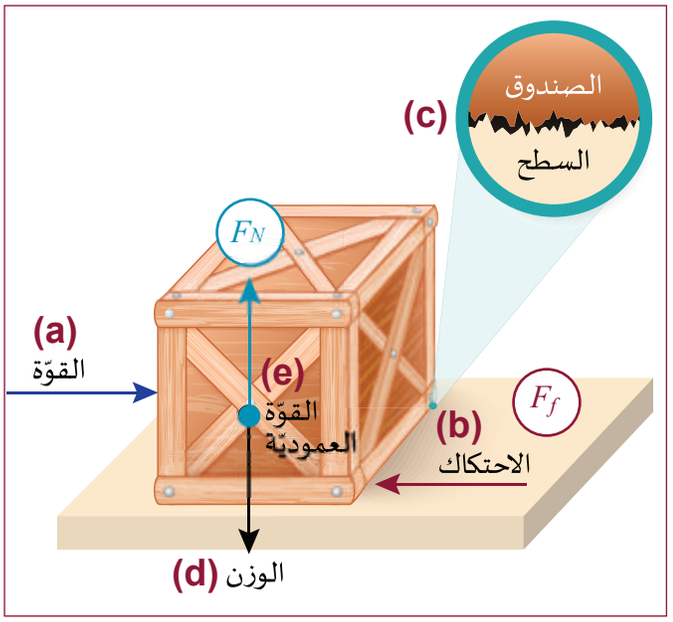


الشكل 3-30 محمل الكريات.

يؤديّ الاحتكاك في كثير من الأحيان إلى إضاعة جزء كبير من الطاقة: على سبيل المثال، تحوّل الأجزاء المحرّكة في السيّارة أكثر من 80 % من طاقة الوقود إلى طاقة حرارية ضائعة. معظم هذه الطاقة الضائعة هي بسبب الاحتكاك الناجم عن انزلاق تلك الأجزاء. تُستخدم تقنيّات خاصة كالزيت ومحمل الكريات (**الشكل 3-30**) لخفض الاحتكاك.

الاحتكاك الانزلاقي

الاحتكاك الانزلاقي Sliding friction هو مقاومة حركة جسم متحرّك على سطح ما. إنّ دفع زلّاجة تدريب أو صندوق على الأرض يواجه باحتكاك انزلاقي لكلّ منهما.



الشكل 3-31 قوّة تحرّك الصندوق (a) يخضع لقوة احتكاك (b). يوضح تكبير جزء من السطحين المتلاصقين (c) .

يوضّح **الشكل 3-31** القوى المؤثّرة في صندوق مُتحرّك. في أثناء تطبيق قوّة الدفع (a) على الصندوق يتعرّض الصندوق لقوّة احتكاك (b). يُظهر تكبير جزء من السطحين المتلامسين (c) أن قوّة الاحتكاك تنتج عن نتوءات صغيرة غير منتظمة للسطحين المتلاصقين. هذه النتوءات هي أساس «الاحتكاك الانزلاقي» والذي يُعرف أيضًا باسم «الاحتكاك الحركي». ويُمكن للتفاعل بين النتوءات غير المنتظمة أن يولّد الحرارة.

إن قوّة الوزن (d) للصندوق ناتجة عن الجاذبيّة، تُعاكسها قوّة ردّ الفعل العمودية من السطح، والتي تُسمّى **القوّة العمودية Normal force**، F_N (**الشكل 3-31e**).

تؤثّر القوى المتعاكسة للوزن والقوة العموديّة في الأسطح المتلامسة، ما يُنتج قوّة احتكاك تزداد مع الوزن.

أمّا المتغيّر الأخير والأكثر أهميّة بالنسبة إلى الرياضيين فهو ما يسمّى «معامل الاحتكاك».

معامل الاحتكاك

$$\mu = \frac{F_f}{F_N}$$

μ	معامل الاحتكاك
F_f	قوّة الاحتكاك (N)
F_N	القوّة العموديّة(N)

معامل الاحتكاك Friction coefficient هو نسبة مقدار قوّة الاحتكاك الحركيّ إلى مقدار القوّة العموديّة. عمليًا، كلّما كان معامل الاحتكاك كبيرًا، كان مقدار قوّة الاحتكاك أكبر. وانخفاض معامل الاحتكاك يقابله انخفاض في قوّة الاحتكاك.

يقوم فريق سباقات الفورمولا 1 في الغالب بتغيير إطارات سيّارات السباق وفقًا لسطح المسار وحالة الطقس. يعرض **الجدول 3-1** كيف يتغيّر معامل الاحتكاك بحسب المادّة. يتغيّر تصميم الإطارات وفقًا لسطح الطريق الذي تسلكه السيّارات .

الجدول 3-1 قيم μ لإطارات مطّاطيّة.

سطح الطريق	μ جافّ	μ رطب
إسمنت	0.70	0.40
أسفلت	0.65	0.45
حصى	0.50	0.40
جليد	0.07	0.05

مثال 3

ينزلق شخص وزنه 500 N على الرمل فيتعرّض لقوّة مقدارها 125 N تعمل على إبطائه. احسب معامل الاحتكاك.

الحلّ

$$\mu = \frac{F_f}{F_N} = \frac{125\ \text{N}}{500\ \text{N}} = 0.25$$

إضافة الاحتكاك

في بعض سباقات السرعة، يقوم السائقون بجعل عجلات سيّاراتهم تدور في مكانها قبل السباق (**الشكل 3-32**). ليصهر الاحتكاك قليلًا من إطارات العجلات (وهو ما يُسمّى «الحرق») الأمر الذي يجعل أسطح الإطارات أكثر نعومة. ينغمس المطاط الناعم في النتوءات الصغيرة على الطريق مما يزيد بشكل كبير من الاحتكاك بالطريق. كما أنها تتلف الإطارات بسرعة كبيرة.

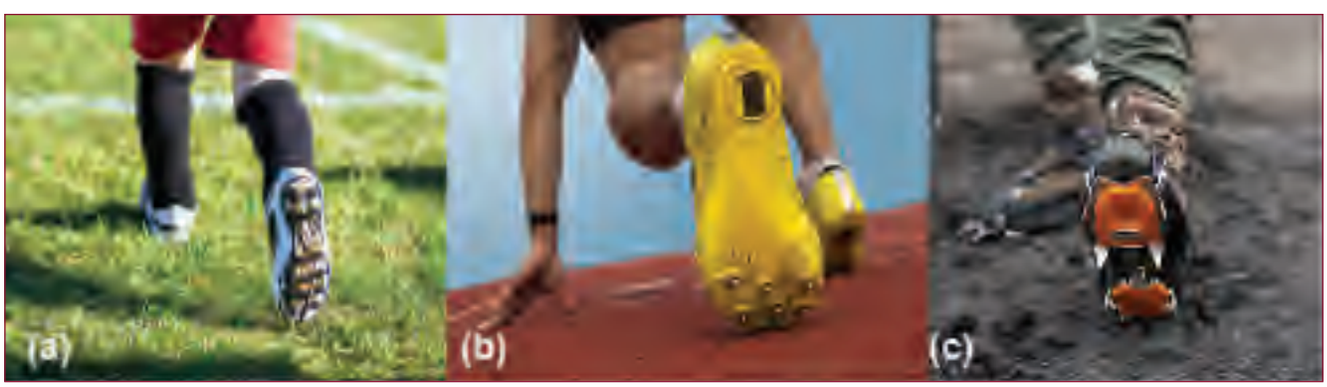
الشكل 3-32 (a) حرق الإطارات (b) توليد المزيد من الاحتكاك لانطلاقة سريعة.

إنّ زيادة مقدار الاحتكاك بين قدم الرياضيّ والأرض مهمّ جدًا في كثير من الألعاب الرياضيّة التي تتطلّب انطلاقات سريعة وتغيّرات مفاجئة في الاتجاه. يُمكن لأحذية خاصّة أن تزيد من الاحتكاك بالأرض (**الشكل 3-33**).

a. البراغي الموجودة في أحذية لاعبي كرة القدم تسمح لهم بتغيير اتجاه حركتهم و انطلاقتهم وتوقّفهم بسرعة من دون الانزلاق على الطين أو العشب الطبيعيّ.

b. تساعد مسامير المسار في أحذية العدّائين على تزويدهم بسيطرة جيّدة عند كلّ خطوة في السباق.

c. لا يمكن ممارسة رياضة تسلّق الجبال الجليديّة من دون البراغي الحادّة الموجودة في أحذية المتسلّقين لزيادة الاحتكاك. يستخدم كثير من المستكشفين أيضًا ذلك النوع من الأحذية عند السير على البحيرات المتجمّدة.

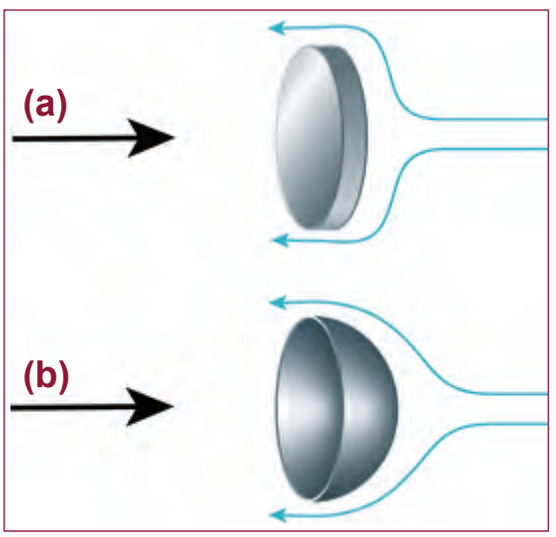


الشكل 3-33 (a) براغي حذاء كرة القدم، (b) مسامير المسار، (c) براغي حذاء تسلّق الجبال الجليديّة.

احتكاك المائع

احتكاك المائع Fluid friction هو احتكاك ينتج عن تحرّك جسم في الماء أو الهواء. لكلٍّ من الماء والهواء كتلته، ولجزيئات الماء والهواء قصور ذاتيّ يُمانِع أيّ تغيير في الحركة (من الأسهل ملاحظة ذلك في الماء). يتطلّب مرور الأجسام الصلبة في المائع وجود قوّة لإزاحة المائع. هذه القوّة هي «للتغلّب على احتكاك المائع».

يعرض **الشكل 3-34** جسمين مختلفين يتحرّكان في مائع. يحتاج كلٌ من الجسمين إلى إزاحة كتلة المائع نفسها عن طريقه، لكنّ الجسم (a) يتيح فترة زمنية قصيرة لحركة المائع، الأمر الذي يتطلّب تسارعًا كبيرًا وينتج بسبب ذلك قوّة احتكاك كبيرة. شكّل الجسم (b) مزيدًا من الوقت لإزاحة المائع، فيسمح ذلك بتسارع أقلّ للمائع وبالتالي ينتج قوّة احتكاك أقلّ.



الشكل 3-34 جسمان يتحرّكان عبر مائع بالسرعة نفسها.

الديناميكا الهوائية Aerodynamics هي دراسة الأشياء المتحرّكة في مائع. ولها أهمّية كبيرة في الكثير من الألعاب الرياضيّة.

الشكل 3-35 ديناميكا هوائيّة مشابهة لكثير من ألعاب السرعة الرياضيّة.

إنّ الحدّ من احتكاك المائع مهمّ في كثير من الألعاب الرياضيّة حيث الديناميكا الهوائية متشابهة (**الشكل 3-35**).

- ينحني المتنافسون إلى الأسفل لتكون المساحة السطحيّة لأجسامهم قليلة إلى حدّها الأدنى؛ وبالتالي، فإنّهم يزيحون أقلّ كمّية من الهواء (أو الماء).
- يتمّ تصميم الخوذ والأدوات الأخرى بشكل يسمح للمائع بالمرور عبر الرياضيّ بسلاسة.
- تُستخدم الألبسة الخاصّة أو الأسطح ذات معامل الاحتكاك ذات الأسعار المقبولة.

السَّحب

السَّحب Drafting تقنيّة تُستخدم لخفض احتكاك المائع. يتطلّب التغلّب على احتكاك المائع طاقة. إذا كنت في مقدّمة سباق درّاجات، فإنّك أوّل من يواجه الهواء ويستخدم معظم طاقته للتحرّك عبره.

الشكل 3-36 السحب في سباق الدرّاجات وسباق السيّارات.

في الوقت الذي يحاول فيه المتسابق الأول التغلّب على احتكاك المائع في المقدّمة، يمكن للمتنافسين الآخرين التحرّك بسهولة خلفه وتوفير جهدهم. يحافظ المتسابق الأول على سرعته في أثناء مواجهته احتكاك الهواء، ويستطيع المتسابقون الآخرون الموجودون خلفه مباشرة الحركة بنفس سرعة المتسابق الاول ولكن ببذل طاقة أقلّ. إذا كانوا قريبين بما فيه الكفاية، يستمرّ الهواء في تجاوزهم من دون أن يتعرّضوا للكثير من الاحتكاك (**الشكل 3-36**). قوّة السحب مفيدة في الكثير من الألعاب الرياضيّة.

الشكل 3-37 سحب التزلّج السّريع.

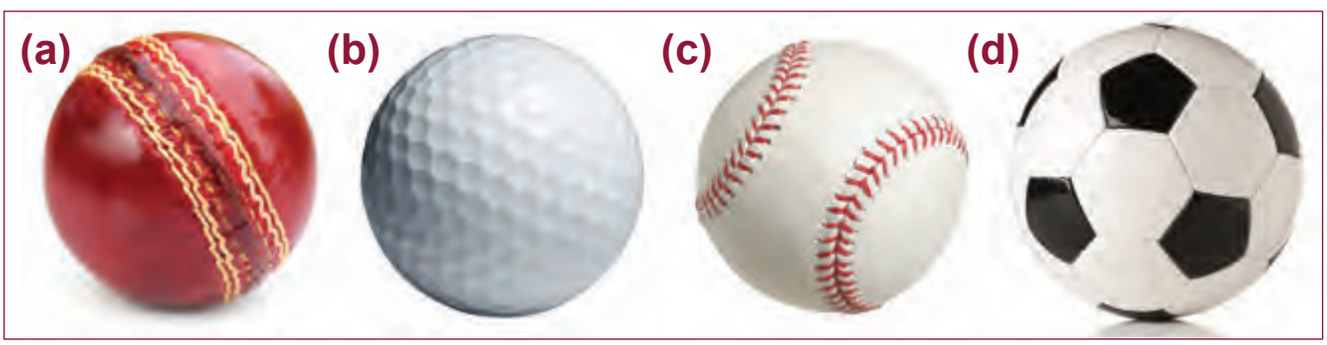
- في سباقات التزلّج السريع (**الشكل 3-37**)، تُبذل كل الجهود من اللاعبين لتقليل الاحتكاك. خوذ الديناميكا الهوائية، والبدلات ذات معامل الاحتكاك المنخفضة، وقوّة السحب في السباق، جميعها تُسهم في خفض التأثيرات السلبية لاحتكاك المائع.
- يتبادل اللاعبون في الغالب أدوار القيادة في سباقات الدرّاجات والتزلّج، وذلك للسماح لباقي أفراد الفريق الواحد أخذ استراحة خلف المجموعة. تعمل فرق سباق السيّارات بعضها مع بعض أحيانًا لأنَّ تعرّض أحدى السيّارات لقوّة السحب يساعد قائد الفريق على التحرّك بسرعة أكبر قليلًا.
- يكمن خطر قوّة السحب في السرعات العالية حيث يصعب تجنّب حادث مفاجيء. تكون هذه فرصة للمتنافسين الأبطأ للفوز بالسباق، لأنّ جميع من في مقدمة السباق أصبحوا خارجه.

استخدام احتكاك المائع

الشكل 3-38 أحد الأنماط التي يشكّلها المظليّون.

يُعدّ احتكاك المائع جزءًا مهمًا في رياضة القفز بالمظلّة. في أثناء الهبوط يبدّل المظليّون الانتظام بين أقدامهم وأذرعهم، لكي يتمكّنوا من التحرّك عبر الهواء لصنع أشكال معيّنة (**الشكل 3-38**). بمجرّد نشرهم المظلّة، يستطيعون تغيير شكلها لتسمح لهم بالحركة إلى مواقع تسمح لهم بالهبوط في الهدف المحدّد. إنّ احتكاك المائع يسمح لهم أيضًا بالإبطاء في أثناء الهبوط لتحقيق الهبوط الآمن.

عند انتقال مقذوف في الهواء، فإنّ مساره يتغيّر عند خضوعه لاحتكاك المائع. يبقى هذا الأمر متوقَّعًا ويمكن تجنّبه. تمتلك بعض المقذوفات أسطحًا ذات أشكال محدّدة، تشتمل على تجويفات أو أخاديد تسبّب تدفقًا غير منتظم للهواء على سطحها. ومع إضافة الدوران للكرة قد يصبح توقّع مسار الكرة صعبًا (**الشكل 3-39**).



الشكل 3-39 كرات مع خصائص لأسطحها تؤثّر في تدفّق الهواء.

a. كرة الكريكت: أحد الأطراف أكثر نعومة من الآخر، ودورانها بالشكل الصحيح يمكن أن يؤدّي إلى نقطة ارتداد غير متوقّعة.

b. كرة الجولف: عندما تدور، يمكن أن تسبّب الأخاديد فيها مزيدًا من احتكاك المائع في أسفل الكرة، الأمر الذي لا يسمح لها بالسقوط بسرعة. هذا الأمر يحدث عند زوايا الانطلاق المنخفضة، ليعطي سرعة V_x أكبر ومدى أكبر.

c. كرة البيسبول: يمكن أن يغيّر رَمْيُ الكرة بشكل دوّار المسار المتوقّع بشكل يشمل الارتفاع أوالتقوّس، فتصبح إصابة الهدف أكثر صعوبة.

d. كرة القدم: لدى بعض اللاعبين المقدرة على ركل الكرة ليصبح مسارها منحنيًا, أو يتقوّس بطريقة غير متوقّعة.

نشاط 3-3 الاحتكاك في أنواع الرياضة

الخطوات:

ضمن مجموعات صغيرة:

1. اختر نشاطًا رياضيًّا.
2. أجرِ بحثًا وتحليلًا حول هذه الرياضة.
3. صمّم ملابس أو معدّات تقلّل من الاحتكاك وتحسّن أداء الرياضيين أو المعدّات في الرياضة التي اخترتها.
   a. ابحث في تاريخ التطوّرات التي طرأت على هذه الرياضة.
   b. حدّد أبرز الرياضيين أو المعدّات التي حطّمت الأرقام القياسيّة.

إضافة الاحتكاك:

1. اختر مظهرًا آخر لهذه الرياضة.
2. بيّن كيف أنّ إضافة الاحتكاك يؤدّي إلى تحسين الأداء في هذه الرياضة.
3. حدّد كيف يمكن لقوانين نيوتن أن تُستخدم في هذه الرياضة.
   a. أرسم مخطّط الجسم الحرّ لتوضيح القوى المشمولة في هذه الحالة.

الأسئلة:

a. لماذا يصبح احتكاك المائع أكثر أهميّة عند السرعات العالية؟
b. كيف يمكن التوفيق بين زيادة الكفاءة وتقليل احتكاك المائع؟
c. ما هي التقنيّة المستخدمة لقياس الاحتكاك في معدّات التدريبات الرياضيّة؟

تقويم الدّرس 3-3

1. كيف يؤثّر سطح الزلاّجة الأملس في مقدار الاحتكاك الانزلاقي الذي تتعرّض له؟
   a. تقلّل من القوّة العموديّة.
   b. تقلّل بشكل كبير من وزن الزلّاجة.
   c. تقلّل من التشابكات بين سطح الزلّاجة والمسار.
   d. تسخّن المادّة المصنوعة منها الزلّاجة وتقلّل الاحتكاك.

2. ما المتغيّرات التي تتأثر عند استخدام حذاء يحتوي على براغي في لعبة كرة القدم؟
   a. تزداد القوّة العموديّة
   b. وزن اللاعب يصبح كبيرًا جدًا.
   c. يزداد عدم الانتظام بين الأسطح.
   d. يزداد طول اللاعب بشكل كبير

3. يتعرّض درّاج لقوّة احتكاك مائع مقدارها 90 N، ويبلغ مقدار القوّة العموديّة للمسار 600 N. ما هو معامل الاحتكاك لهذا الدرّاج؟
   a. 0.15
   b. 0.30
   c. 0.45
   d. 0.60

4. أيٌّ من المقذوفات الآتية لا يستطيع أن يغيّر مساره نتيجة لميزات سطحه؟
   a. كرة القدم.
   b. البيسبول.
   c. الجولف.
   d. رمي الكرة الحديديّة

5. نظّمت دولة قطر في العام 2019 الألعاب الشاطئيّة لاتحاد اللجان الأوليمبية الوطنيّة. ما هي الاختلافات بين النشاطات التي تُجرى على الرمال وتلك المشابهة لها، والتي تُجرى على الأسطح القاسية.

6. لمذا يتطلّب سباق السيّارات الكثير من الاحتكاك عند بداية السباق؟

7. ما المبدأ الذي تستند إليه قوّة السحب في سباقات السيّارات ؟

8. كيف يمكن للزيت أن يقلّل من الاحتكاك بين جسمين؟

إضاءة على عالم

اسحق نيوتن: 1642-1726

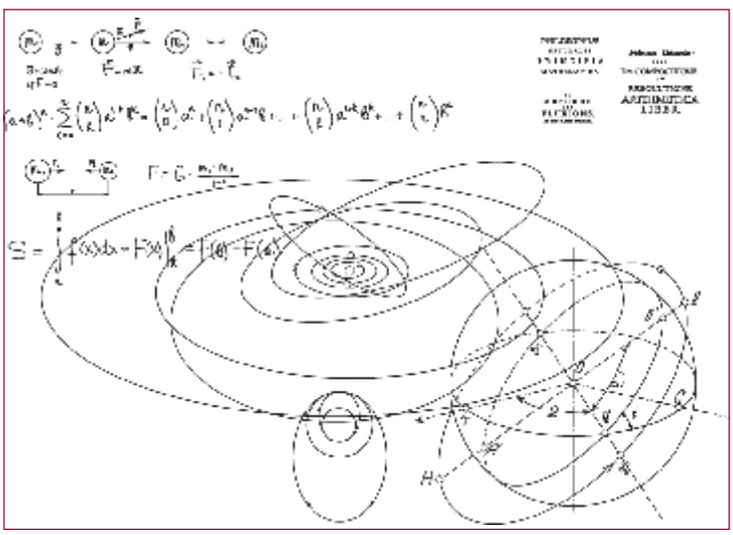
الشكل 3-40 اسحق نيوتن.

يُعدُّ اسحق نيوتن (**الشكل 3-40**) أكثر العلماء أهميةً وتأثيرًا في تاريخ العلوم، ولم يتقدّم عليه في السنوات الأخيرة إلّا أينشتاين. قانون نيوتن الأوّل في الحركة، «قانون القصور الذاتي»، بُني على قضيّة يعود الفضل فيها إلى أرسطو، وتمّ تعديلها لتشمل الكواكب. كان الجدل قائمًا حتى ذلك الوقت حول ما اذا كانت القوى المتحكّمة في الأجسام العاديّة أو الأرضيّة هي نفسها المتحكّمة في الأجسام السماوية. عرّف نيوتن بشكل رياضيّ أيضًا القوى التي تسرّع الكتلة وطبيعة تفاعل القوى.

كان لنيوتن نظرة ثاقبة في الرياضيات عندما كان شابًا، على الرغم من عدم تميّزه في الجامعة حينها. اضطر للعمل لعدم وجود تمويل كاف لتعليمه، إلى أن اكتُشفت عبقريَّته، فنال منحة دراسية.

اهتمّ نيوتن بالضوء إلى جانب الرياضيات، فمن خلال تجارب دقيقة اقتنع أنَّ الضوء الأبيض هو مزيج من جميع الألوان. يمكن فصل الضوء الأبيض الى مكوّناته عن طريق تمريره عبر «منشور». أدرك نيوتن أن ذلك أدّى إلى عيب في التلسكوبات المزوّدة بعدسات زجاجيّة، فقام بتصميم وبناء أوّل تلسكوب عاكس.

أدّى تصميم هذا التلسكوب إلى تقدير وتواصل من قِبَل علماء الفلك المشهورين لنيوتن. وقد شكّل تفسير حركة الكواكب (**الشكل 3-41**) وتأثير الجاذبيّة أساس أعماله العظيمة.



الشكل 3-41 عمل نيوتن في الجاذبيّة.

الوحدة 3

مراجعة الوحدة

الدرس 3-1 قوانين نيوتن

- **القانون الأول لنيوتن** يُسمّى «قانون القصور الذاتي»، وينصّ على أنّ الجسم الساكن، أو المتحرّك بسرعة ثابتة، يبقى في حالة السكون أو الحركة نفسها ما لم يتأثّر بقوّة غير متّزنة.
- تُقاس **القوّة بالنيوتن**.
- **مخطّط الجسم الحرّ** هو طريقة لعرض القوى المؤثّرة في جسم ما.
- محصّلة القوى هي جمع القوى الكليّة المؤثّرة في جسم ما، مع الأخذ بعين الاعتبار اتجاه تلك القوى.
- ينصّ **القانون الثاني لنيوتن** على أن تسارع جسم ما يساوي محصّلة القوى المؤثّرة في الجسم مقسومة على كتلة الجسم.
- **القانون الثالث لنيوتن** يُسمّى أيضًا قانون «الفعل ورد الفعل» وينصّ على أنّ القوى توجد كأزواج متساوية في المقدار ومُتعاكسة في الاتجاه و تؤثر في جسمَيْن مختلفَيْن.

الدرس 3-2 المقذوفات

- **المقذوف** هو جسم يتحرّك تحت تأثير الجاذبيّة فقط.
- **حركة المقذوفات** هي المسارات المنحنية للمقذوفات.
- **الاتزان** هو حالة تكون فيها محصّلة القوى على جسم ما صفرًا.
- **السرعة الأفقيّة** v_x تصف الحركة على المحور الأفقي x فقط، أما **السرعة الرأسيّة** v_y فهي تصف السرعات الحركيّة على المحور الرأسي y فقط.
- **المدى** هو المسافة المقطوعة على المحور الأفقي x.

الدرس 3-3 الاحتكاك

- **الاحتكاك** يشتمل على كثير من القوى المعاكسة للحركة، بما فيها احتكاك المائع، والاحتكاك الانزلاقيّ، وقوىً أخرى.
- **القوّة العموديّة** هي قوّة رأسيّة ناتجة من الأسطح الداعمة.
- **معامل الاحتكاك** هو نسبة قوّة الاحتكاك إلى القوّة العموديّة.
- **احتكاك المائع** هو احتكاك يمانع حركة الأجسام عبر السوائل أو الغازات.
- **السحب** هو تقنيّة للتقليل من الاحتكاك ضمن المجموعات.

أسئلة الاختيار من متعدّد

1. أيٌّ من الأجسام الآتية لديه أكبر قصور ذاتي؟
   a. جسم كتلته 20 kg وسرعته 0 m/s.
   b. جسم كتلته 10 kg وسرعته 5 m/s.
   c. جسم كتلته 5 kg وسرعته 15 m/s.
   d. جسم كتلته 1 kg وسرعته 100 m/s.

2. يضرب لاعب التنس الكرة بالمضرب. اذا كانت قوّة الفعل تؤثّر في الكرة، فما هي قوّة ردّ الفعل؟
   a. القصور الذاتيّ للكرة يمانع التسارع.
   b. قوّة الكرة التي تؤثّر في المضرب.
   c. قوّة لاعب التنس وهو يلوّح بالمضرب.
   d. القوّة التي تعاكس اتجاه الكرة عندما تُضرب الكرة من اللاعب الخصم.

3. ما القوّة اللازمة لتسارع كرة كتلتها 2 kg بمعدّل $12\ m/s^2$؟
   a. 6 N.
   b. 10 N.
   c. 14 N.
   d. 24 N.

4. ما اسم قانون نيوتن الثالث؟
   a. الاندفاع.
   b. الزخم الخطيّ.
   c. الفعل، وردّ الفعل.
   d. القصور الذاتيّ.

5. ما هي القوى المؤثّرة في حركة المقذوفات؟
   a. قوّة الجاذبيّة فقط.
   b. قوّة الاحتكاك فقط.
   c. قوّة الجاذبية وقوّة الاحتكاك.
   d. قوّة الجاذبية، وقوّة الاحتكاك, والقوّة العموديّة.

6. أيٌّ من الجمل الآتية تعبّر بشكل صحيح عن تأثّر كرتين مختلفتين في الكتلة بالقوى نفسها؟
   a. الكرة ذات الكتلة الأقلّ لها تسارع أكبر.
   b. الكرة ذات الكتلة الأكبر لها تسارع أكبر.
   c. كلٌّ من الكرتَيْن سيكون تسارعها صفرًا، لأنّ القوى المتساوية يلغي بعضُها بعضًا.
   d. كلٌّ من الكرتَيْن سيكون لهما التسارع نفسه لأنّهما تتعرّضان لقوى متساوية.

7. لماذا يمكن توقّع مسار الكرة؟

a. السرعة V_x تكون بالمقدار نفسه دائمًا.

b. زاوية الإطلاق هي دائمًا نفسها.

c. تأثير الجاذبيّة في الكرة هو دائمًا نفسه.

d. يمكن للكتلة أن تتغيّر عندما تنتقل الكرة عبر الهواء.

8. إذا كانت كتلة دراج و دراجته معًا 60 kg. ما هي أقلّ قوّة لازمة لإكسابهما تسارعًا مقداره $6\ m/s^2$؟

a. 10 N

b. 36 N

c. 360 N

d. 588 N

9. ما المقصود بالقوّة العمودية ؟

a. هي كتلة الجسم.

b. هي وزن الجسم.

c. هي سرعة الجسم.

d. هي قوّة الداعم الرأسيّة على الجسم.

10. أيٌّ ممّا يأتي يزيد من احتكاك المائع؟

a. الشكل الديناميكيّ الهوائيّ.

b. زيادة سرعة التحرّك عبر المائع.

c. الحركة عبر المائع بمساحة سطح أقلّ.

d. معامل احتكاك أقلّ للأسطح.

11. لماذا تكون أشكال الأسطح الديناميكيّة الهوائيّة في أغلب الأحيان منحنية؟

a. لأنّ ذلك يحرّك هواءً أقلّ.

b. لأن ذلك يزيد من مساحة السطح.

c. لأنه يعطي للهواء وقتًا إضافيًّا للمرور حول الجسم.

d. لأنّ ذلك أسهل وأرخص من بناء أسطح مستوية.

12. كيف يقوم المظليّون بإبطاء سرعتهم في أثناء السقوط (من دون استخدام مظلّاتهم)؟

a. زيادة كتلتهم.

b. زيادة مساحة السطح.

c. إنقاص معامل الاحتكاك.

d. زيادة الزمن اللازم لتدفّق الهواء حولهم.

الدرس 3-1 قوانين نيوتن

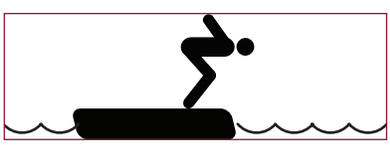
13. ما الذي يحدّد كمّية القصور الذاتيّ لجسم ما؟

14. عند انفجار سفينة فضاء بعيدًا عن مجال الجاذبية، صف حركة قطعة صغيره منها بعد الانفجار.

15. لماذا تستخدم الألعاب الرياضيّة في العالم كُتلًا معياريّة لكرات القدم؟

16. ما الحماية التي تؤمّنها حشوات الملابس التي يرتديها الرياضيّون في الألعاب التي تتطلّب تلاحمًا؟ استخدم القانون الثاني لنيوتن لتوضيح إجابتك.

17. ما هي قوّة رد الفعل عندما تقفز في الهواء من عوّامة تطفو على الماء.



18. قوّتا الفعل ورد الفعل متساويتان دائمًا في الشدّة ومتعاكستان في الاتجاه. لماذا لا تلغي القوّتان إحداهما الأخرى؟

19. تتوقّف الأجسام تدريجيًّا اذا لم تتأثّر بقوة دفع ثابتة.
تستمرّ الأجسام في حركتها بسرعة واتجاه ثابتين عند غياب القوّة المؤثّرة فيها.
اشرح كيف يمكن أن تكون الجملتان صحيحتين؟

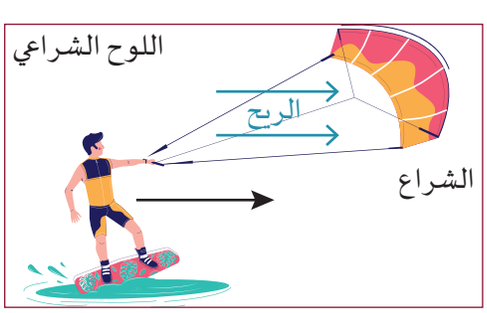
20. سيّارة سباق كتلتها 1200 kg يبلغ تسارعها $9.0\ m/s^2$. احسب محصّلة القوّة المؤثّرة في السيّارة.

21. ارسم مخطّط الجسم الحرّ لسيّارة سباق عند استخدام المكابح لإبطاء السرعة.

الدّرس 3-2 حركة المقذوفات

22. لماذا لا يصوّب رامي القوس بشكل مستقيم على الهدف البعيد؟

23. اذكر ثلاث ألعاب رياضيّة لا تكون حركة المقذوفات فيها جزءًا من اللعبة. اذكر ثلاث ألعاب رياضيّة مختلفة تكون حركة المقذوفات فيها جزءًا من اللعبة.



24. اللوح الشراعيّ هو إحدى ألعاب ركوب الأمواج، حيث يُسحب فيها المتسابقون على سطح الماء بمظلّة. بإمكانهم القيام ببعض الحركات في الهواء في أثناء ركوبهم إحدى الموجات. هل يشكل راكبو الأمواج مقذوفات في حركتهم عبر الهواء؟ اشرح إجابتك.

25. هل يتحرّك المشاركون في قفزات التزلّج على الماء في مسار قطع مكافئ؟ اشرح إجابتك.

الدّرس 3-3 الاحتكاك

26. ما أهمية تغيير نوع إطار العجلات المستخدمة في سباقات سيّارات الفورمولا 1؟

27. ما مدلول معامل الاحتكاك الكبير بالنسبة إلى الأسطح؟

28. لماذا تُستخدم إطارات كثيرة العقد لدرّاجات الطرقات الوعرة وتُستخدم الإطارات الناعمة لدرّاجات الطرقات العاديّة ؟

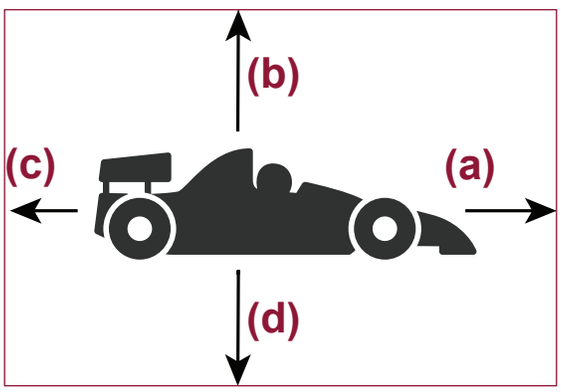
29. يعرض **الشكل 3-42** مخطّطًا لسيّارة متحرّكة في الاتجاه (a). حدّد كلًا من القوى (b) و(c) و (d).

a. اتجاه الحركة.

b. .....

c. .....

d. .....



الشكل 3-42 سيّارة متحرّكة.

30. عند تصميم درّاجة سباق، ما التعديلات التي تقترحها على درّاجة سباق للتقليل من قوى الاحتكاك بالهواء؟

31. لماذا يكون السحب في سباق الدرّاجات الطويل أهمّ من السحب في سباقات السرعة؟

32. كيف تؤثّر الأخاديد الموجودة في كرة الغولف في مسار الكرة؟

33. ما الميزة المُكتسبة من حركة كرة القدم او البيسبول في مسار منحنى؟

34. ما الضّرر الرئيس للسحب في سباقات التزلّج السريع؟

35. ما الشكل الذي يسمح للمظليّ بالسقوط بسرعة قصوى.

36. معامل الاحتكاك ليس له وحدة قياس. فسّر ذلك.

37. الصحن الطائر (فريسبي) هو إحدى الألعاب البلاستيكيّة الشائعة (**الشكل 3-43**). اشرح كيف يصل الصحن إلى مدى طويل حتى وإنْ كانت زاوية الإنطلاق صغيرة جدًا.

الشكل 3-43 فريسبي.

الوحدة 4
المواد في تكنولوجيا الرياضة
Materials in Sports Technology

في هذه الوحدة

الدرس 4-1: أدوات الألعاب الرياضيّة — GC1203

الدرس 4-2: المواد المُركّبة في الألعاب الرياضيّة — GC1204

الوحدة 4

مقدّمة الوحدة

غالبًا ما تؤدّي المنافسة في الألعاب الرياضية إلى تطوير ابتكارات جديدة في علوم المواد. فبفضل المواد القوية المدعمة والمرنة أصبح قوس الصيد الحديث أكثر تفوّقًا من نظيره المصنوع من الخشب الذي استُخدم قبل 200 سنة. كذلك فإن وضع طبقات مختلفة من البوليمرات لتشكيل مساند ارتدادية لأحذية العدّائين جعلها تتقدم بأشواط على الأحذية التي كانت معروفة قبل 50 سنة. إنّ ارتفاع شدّة المنافسة يؤدّي الى الاستمرار في تحسين الأدوات المستخدمة في الألعاب الرياضية.

تُطَوِّر الألعاب الرياضية الباهظة التمويل، مثل سباقات الفورمولا 1، تكنولوجيّات متقدّمة جدًا يُستفاد منها في سيارات السباق، كما في السيارات العادية أيضًا. فعندما يستخدم رياضيّ معروف عالميًا سترات ومعدات واقية جديدة، سنجد أن رياضيّين آخرين حول العالم سيحاولون فورًا الحصول على مثيلاتها.

سنتطرّق في هذا الدرس إلى الموادّ والتطبيقات التكنولوجية الجديدة في الألعاب الرياضية.

الأنشطة والتّجارب

a1-4 خصائص المادة

b1-4 الموادّ الجديدة في الألعاب الرياضية

a2-4 صنع مادة مُركّبة بسيطة

b2-4 تجارة بيع المواد المُركّبة

الدرس 4-1
أدوات الألعاب الرياضيّة
The Tools of Sports

تم استخدام القوس والسهم لأكثر من 7000 سنة للصيد والحرب. اليوم، يستمتع العديد من الرياضيين برياضة الرماية (**الشكل 4-1**). يفضل العديد من الصيادين مزاولة تحدي الصيد باستخدام القوس. والمبادئ هي نفسها ولكن تقنية القوس الحديث تختلف عن الأقواس القديمة كمثل سيارة فورمولا 1 مقارنة بعربة الخيل.

الشكل 4-1 تستخدم رياضة الرماية الحديثة مواد متطوّرة في كل من الأقواس والسهام.

إنّ فهم وظيفة الأدوات في الألعاب الرياضية هو الخطوة الأولى في تحسين أدائها. ومبادئ الفيزياء والكيمياء هي أساس تطوير الابتكارات التي تقود الى ذلك التحسين.

سيعرض هذا الدرس أدوات الألعاب الرياضية، ووظائفها الرئيسة، وتطويرها، والتقدّم الذي نشهده اليوم في هذا المجال.

مخرجات التّعلُّم

GC1203.1 يبحث في تطبيقات المواد الجديدة في مجموعة من الألعاب الرياضية، ويحدد العامل الرئيس الذي يساهم في استخدامها.

المفردات

معامل الارتداد	Coefficient of restitution

نشاط a1-4 خصائص المادّة

سؤال الاستقصاء	لماذا تُصنّع كرات الألعاب الرياضية المختلفة من موادّ مختلفة؟
الموادّ المطلوبة	مسطرة متريّة، مجموعة متنوّعة من الكرات المصنّعة من العديد من الموادّ المختلفة التي تستطيع إيجادها.

الخطوات

1. العمل ضمن مجموعات صغيرة.
2. اجمع عددًا من الكرات المصنّعة من موادّ مختلفة، والتي تتضمّن كرات بلاستيكية وزجاجية إن أمكن.
3. ضع الكرة بحيث يكون طرفها السفلي على ارتفاع متر واحد فوق سطح أرضيّة مستوية.
4. أفلِت الكرة وراقب بدقّة الارتفاع الذي سترتدّ إليه بعد ارتطامها بالأرضيّة. سجّل ما تشاهده باستخدام هاتفك الذكي لتحصل على قياس أكثر دقّة لارتفاع الارتداد.
5. كرّر الاختبار مرّاتٍ عديدة للحصول على متوسّط مقبول.
6. سجّل البيانات التي حصلت عليها في الجدول المرفق الآتي:

المادّة	(a) الارتفاع الأصلي (cm)	(b) الارتفاع بعد الارتداد (cm)	النسبة (b)/(a)
البلاستيك	100	24	0.24
المطّاط الناعم	100	74	0.74

7. ارتفاع الكرة بعد ارتدادها يشير إلى سرعتها بعد ارتطامها بالأرض. يمكننا استخدام النسبة بين الارتفاعين للحصول على ما يشير إلى معامل الارتداد لكلّ نوع من الكرات.
8. احسب هذه النسبة لكلّ كرة.
9. أنشئ مخطّطًا عموديًا للكرات بدءًا من القيم الأعلى وصولًا إلى الأدنى.

الأسئلة

a. ماذا سيحدث اذا أجرَيْت هذا النشاط على أرضية مفروشة بالسجاد؟

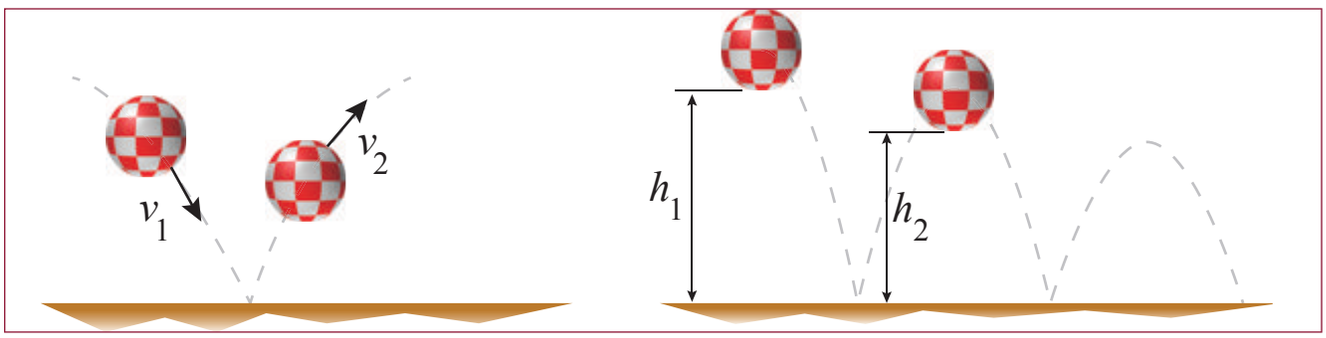
b. ما الذي يجب عمله لكي ترتد الكرة إلى ارتفاعها الأصلي؟

c. هل يمكنك إيجاد مادة لصنع كرة ليس لها أي أرتداد على الإطلاق فسر ذلك.

d. كيف يمكن استخدام المادّة نفسها في تصاميم مختلفة لكي ترتد أو لا ترتد.

معامل الارتداد

تختزن المادّة طاقة عند التمدّد أو الانضغاط. يقيس **معامل الارتداد Coefficient of restitution** (C_R) نسبة الطاقة المنطلقة عند عودة المادّة إلى حالتها الأصلية. وعلى سبيل المثال، ترتطم كرة مطّاطية بالجدار بسرعة v_1 لترتّد بسرعة v_2. تكون سرعة ارتدادها (v_2) دائمًا أقلّ من سرعتها (v_1)، حيث إنّ بعضًا من الطاقة يفقد دائمًا خلال الارتداد. يمكن لمعامل الارتداد أن يُحدّد أيضًا من خلال ارتفاع صعود الكرة (h_2) بعد إلقائها من على ارتفاع h_1.



الشكل 4-2 تجارب لتحديد معامل الارتداد.

تُستخدم المعادلة الآتية لحساب معامل الارتداد من خلال البيانات التجريبية للسرعة أو الارتفاع.

معامل الارتداد

$$C_R = \sqrt{\frac{v_2}{v_1}} = \frac{h_2}{h_1}$$

C_R	معامل الارتداد		
v_1	السرعة قبل التصادم	h_1	ارتفاع السقوط قبل التصادم
v_2	السرعة بعد التصادم	h_2	ارتفاع الارتداد بعد التصادم

مثال (1)

لدينا كرة مصنوعة من نوع من المطّاط معامل ارتداده 0.75. ارتدّت الكرة إلى ارتفاع 1.5 m. كم يبلغ الارتفاع الذي أُلقيت منه الكرة؟

الحل

معادلة معامل الارتداد هي:

$$C_R = \frac{h_2}{h_1}$$

نقوم بحساب الارتفاع الابتدائي (h_1) لنحصل على 2 m.

$$h_1 = \frac{h_2}{C_R} = \frac{1.5\ \text{m}}{0.75} = 2\ \text{m}$$

قوس الرماية

يختزن قوس الرماية طاقةً كما في النابض. تنتقل هذه الطاقة إلى السهم بوساطة خيط القوس. كلّما كان انحناء القوس أكثر، ازدادت الطاقة التي يختزنها وينقلها إلى السهم. كانت الأقواس الطويلة البدائية تصنع من الخشب، واستُخدمت فيها الأسهم الطويلة (**الشكل 4-a3**).

الشكل 4-3 (a) القوس الطويل، (b) القوس المنحني، (c) القوس المُركّب.

التصميم الأفضل يكون بانحناء القوس في الاتجاه المعاكس للخيط، ما يعطي السهم قوّة أكبر بمسافة شدّ أقلّ (**الشكل 4-b3**) يتطلّب التصميم المنحني قوة أكبر تؤمّنها مادة القوس. للحصول على توازن صحيح بين القوّة والمرونة، تُغطّى الأقواس المنحنية الحديثة بطبقات من موادّ ذات رقائق مختلفة (**الشكل 4-4**). تُستخدم مواد أقوى مثل ألياف الزجاج في صناعة القوس المُركّب (**الشكل 4-c3**) الذي يحتوي على بَكَرات للتقليل من جهد الرامي.

الشكل 4-4 عملية تغطية الأقواس.

طرأ تغيير على الموادّ المستخدمة في الأسهم أيضًا، فالأسهم الخشبية تلتوي وتنحني عند استخدامها في الأقواس القويّة. تستخدم ألياف الألمنيوم والزجاج والكربون في صناعة الأسهم الحديثة (**الشكل 4-5**).

الشكل 4-5 (a) تطوّر الأسهم، الخشب، (b) ألياف الزجاج، (c) الألومنيوم، (d) ألياف الكربون.

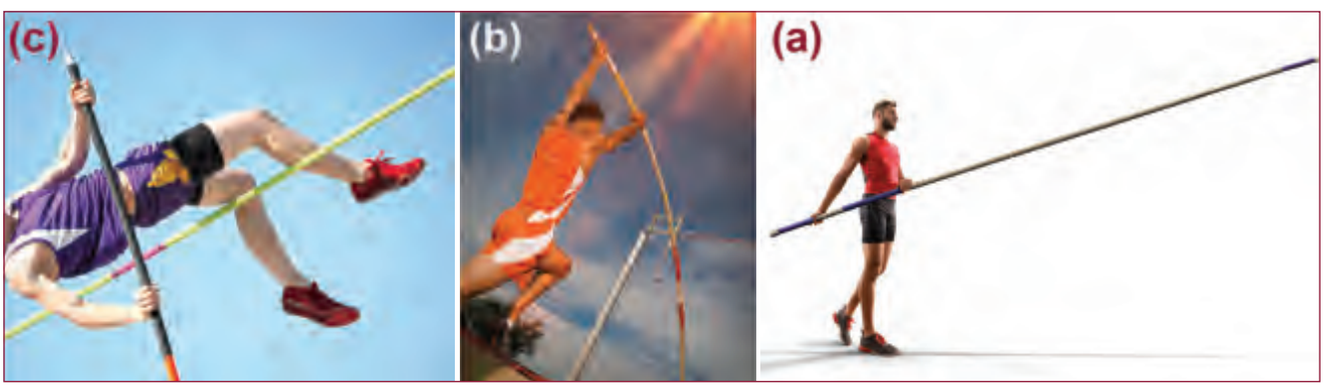
الجدول 4-1 مقارنة بين مواد الأسهم.

المادّة	المميّزات	العيوب
الخشب	تكلفة منخفضة، سهولة في الصنع	غير متّسق، يتشوّه بسهولة
الألومنيوم	متّسق جدًا، قويّ	ثقيل، ينحني بسهولة
ألياف الزجاج	تكلفة منخفضة، لا تتشوّه	ثقيل، يمكن أن يتشقّق
ألياف الكربون	خفيف، قويّ	تكلفة مرتفعة، يمكن أن يتشقّق
مُركّب الكربون والألومنيوم (كربيد الألومنيوم)	أقواها، وأكثرها استقامة	تكلفة باهظة جدًّا، يُستخدم في المنافسات فقط

القفز بالزانة

مسابقة القفز بالزانة على مسار في ميدان هو مثال جيّد على ما يمكن أن يسهم الاختيار الجيد للمواد في تطوير رياضة ما. كان الناس قديمًا يستخدمون الزانات الخشبية لتساعدهم على تجاوز الجداول الصغيرة أو للقفز فوق الحواجز.

الهدف من رياضة القفز بالزانة هو الوصول إلى أقصى ارتفاع. يجري اللاعب مسافة 40 m يضع بعدها إحدى نهايتي الزانة في حفرة عمقها 1 m. بمجرّد أن «تثبّت» الزانة في الحفرة، تسبّب الطاقة الحركية الناتجة عن جري اللاعب انحناءً في الزانة، لتختزن بذلك طاقة كامنة. يقفز اللاعب عندها على الزانة في الهواء إلى أن تصبح مستقيمة. عند أعلى ارتفاع يصل إليه، يترك اللاعب الزانة محاولًا تجاوز العارضة من دون أن يتسبب في سقوطها (**الشكل 4-6**).

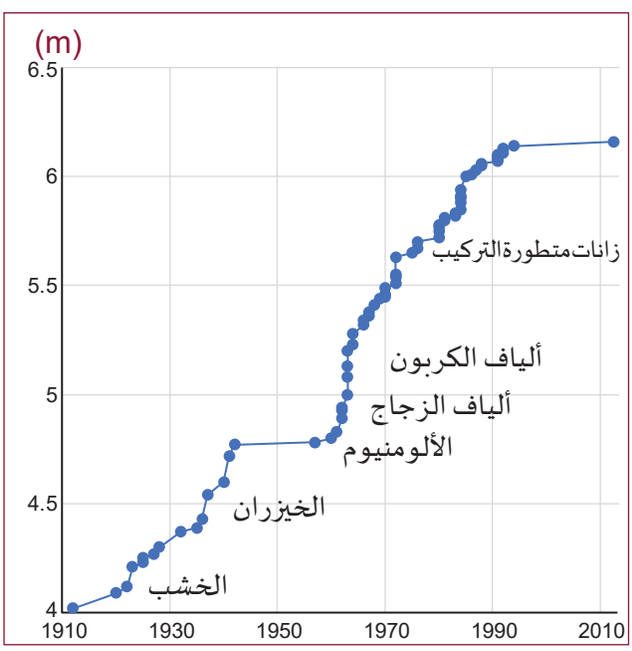


الشكل 4-6 (a) الجري قبل القفز بالزانة، (b) انحناء الزانة، (c) الصعود بالزانة نحو الأعلى في محاولة لتجاوز العارضة.

هناك بعض الشروط التي يجب أن تتوفر في نوع الزانة المستخدمة في المنافسات الأولمبية. يجب أن تكون الزانة ناعمة. وقد تكون الزانة مصنوعة من مادة واحدةأو مُركّبة من مواد متعدّدة، ويمكن أن يكون لها أي طول أو قطر.

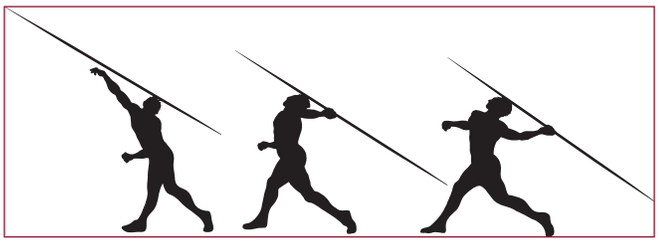
يعرض (**الشكل 4-7**) تأثير المواد المصنوع منها الزانة في الأرقام القياسية العالمية خلال الفترة الزمنية الموضحة بالشكل.

- أستُعيض عن الزانات الخشبية بزانات من الخيزران الأكثر مرونة.
- زانات الألومنيوم ذات الوزن الخفيف أُتبِعَت بزانات مرنة من الألياف الزجاجية.
- ألياف الكربون، ومن بعدها زانات من مواد مُركّبة، سمحت للرياضيّ بالوصول إلى أقصى ارتفاع في هذه اللعبة باستخدام الموادّ الجديدة.



الشكل 4-7 الأرقام القياسية العالمية في الارتفاع الذي بلغه القفز بالزانة منذ العام 1912 وحتى 2019.

الرمح



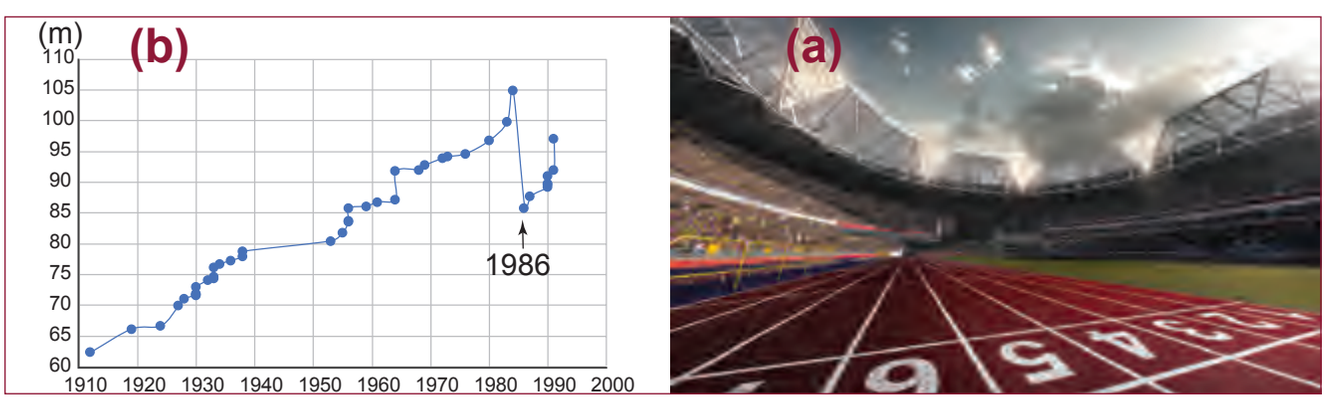
الشكل 4-8 المراحل الثلاثة لرمي الرمح.

لا تزال رياضة رَمْي الرمح جزءًا من المنافسات منذ الألعاب الأولمبية القديمة في العام 708 قبل الميلاد. تعرض الصورة (**الشكل 4-8**) الروح الرياضية العالية للّاعبين والتي يمكن أن تعكسها الطوابع والعملات المعدنية حول العالم.

أُدخلت لعبة رَمْي الرمح على الألعاب الأولمبية الحديثة في العام 1908. يجري اللاعب مسافة 40 m إلى نقطة يُطلق عندها الرمح. يُحلّق الرمح في الهواء حتى نقطة السقوط الأولى على الأرض. الرامي الفائز هو من يسقط رمحه عند أبعد مسافة. يتطلّب رَمْي الرمح سرعة وقوة وديناميكية هوائية سلسة للرمح نفسه. كانت الرماح في العام 1908 مصنوعة من الخشب الصلب ومزوّدة برأس فولاذي.

- اشتملت التحسينات الأولية للرماح على دقة أكبر في التصنيع وبنية ديناميكية هوائية أفضل.
- شهدت الرماح في ستينيّات القرن الماضي تطوّرًا غير متوقّع: أحد حاملي الرقم القياسي العالمي تقاعد عن الرياضة ليدير أعمالًا تجاريّة في تصنيع الأدوات الرياضية، وابتكر الرمح المعدني الأجوف. وأصبحت الرماح المعدنية الجديدة تنتقل لمسافات أبعد، مع مسار أكثر استقامة في التحليق، حتى إنّها في بعض الأحيان لا تسقط على رؤوسها إطلاقًا.
- في الملعب (**الشكل 4-9a**) تحدث المنافسات في وسط مضمار الجري. الرقم القياسي المحقّق لرمي الرمح في العام 1984 كان 104 m، وقد شكّل سقوطه خطرًا على أحد المتنافسين على المضمار. بحلول عام 1986 ، تطلبت اللوائح الجديدة لتصميم الرمح أن يكون سقوطه بشكل رأسي نحو الأسفل.
- خفّض التصميم الجديد متوسّط مسافات الرمي بعشرين مترًا. فرض هذا التصميم معايير جديدة «للأرقام القياسية العالمية» (**الشكل 4-9b**).

الرمح من الأمثلة التي أدّت فيها الأدوات والتصاميم الجديدة إلى نجاح فوق العادة كان على الرياضيين العمل على تقليله حفاظا على السلامة العامة.

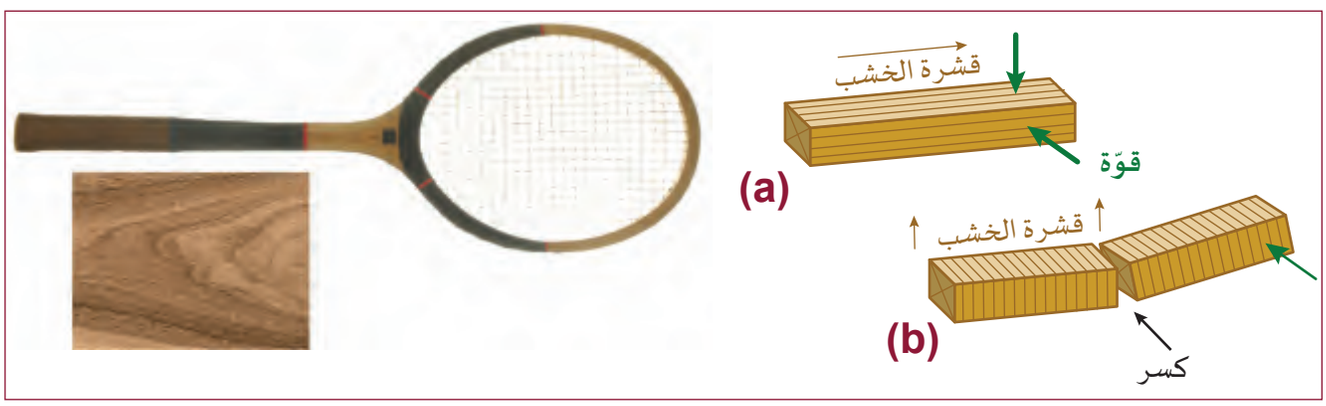


الشكل 4-9 مضمار وميدان السباق والأرقام القياسية العالمية لرمي الرمح.

مضارب التنس

شكّلت نشأة مضرب التنس وتطوّره مثالًا على استخدام الموادّ المختلفة للحصول على أداء أفضل.

صُنع أول مضرب تنس في العام 1874 من قطعة صلبة من الخشب. يُعدّ الخشب مادّة قوية، وخفيفة الوزن، ومرنة. إلا أن الخشب يكون قويًا فقط عندما تكون القوى المؤثّرة عمودية على القشرة (**الشكل a10-4**)، وهو ضعيف على امتداد سطح قشرته (**الشكل b10-4**). تختلف القشرة وقوّة الخشب من شجرة إلى أخرى.

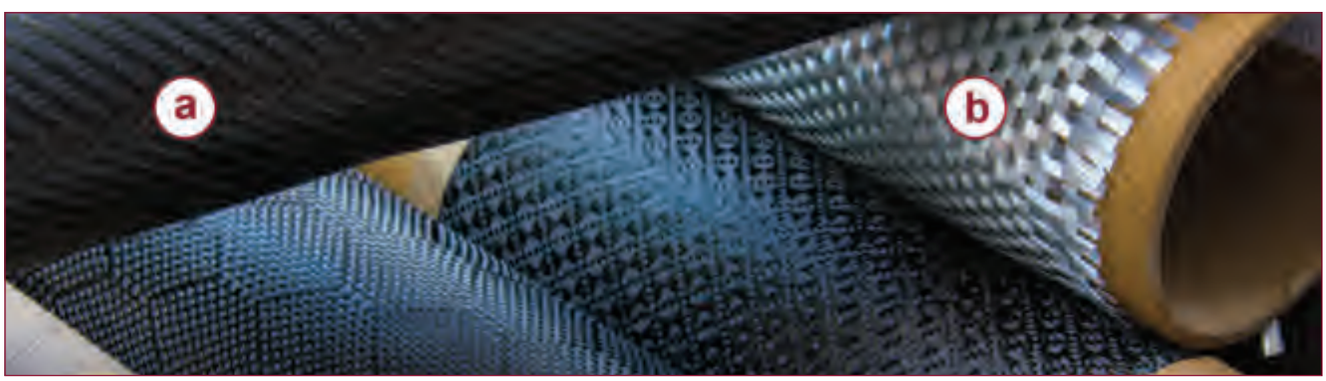


الشكل 4-10 اتجاه قوة قشرة الخشب (a) وضعفها (b).

من المهمّ عند استخدام الخشب في صناعة الأجسام، الانتباه إلى محاذاة قشرة الخشب. يمكن للخشب أن يتحمل وزنًا كبيرًا إذا كانت القوّة المؤثّرة عليه موجهة بشكل عمودي على القشرة. ويكون الخشب ضعيفًا جدًا عندما تكون القوّة المؤثرة عليه موازية للقشرة.

الفولاذ: صُنِعَ مضرب الفولاذ في العام 1968، وفي سبعينات القرن الماضي أستخدم مضرب من الألومنيوم ولاقى رواجًا كبيرًا، إلى أن حصل تقدم أساسي ومفاجئ في العام 1980 حيث صُنِعَ مضرب التنس بألياف الكربون.

ألياف الكربون: أقوى بخمس مرات من الفولاذ، فالمضارب المصنوعة من تلك الألياف هي أكثر إتساقًا وأقلّ وزنًا من مضارب الخشب. تنسج ألياف الكربون لتشكّل نسيجًا يمنح القوّة في اتجاهات عديدة (**الشكل 4-11**). توضع ألياف الكربون على شكل طبقات مع صمغ بلاستيكي لصنع مادة مُركّبة قوية للغاية. ألياف الزجاج شبيهة بألياف الكربون، ولكنّها ليست في قوّتها وخفّتها.



الشكل 4-11 (a)نسيج ألياف الكربون (b)ألياف الزجاج.

أحذية الرياضيين

ربما لم يتأثّر عالَم الرياضية بتقنيات الموادّ الجديدة كما تأثّرت بها صناعة الأحذية. طوّرت البحرية الملكية البريطانية تركيب النعال المطّاطية للأحذية في العام 1800، والمعروفة باسم «الأحذية المسطّحة»، والتي أصبحت شائعةً في الألعاب الرياضية.

في أربعينيّات القرن الماضي قامت شركة مطّاط أمريكية، والتي كانت أضخم شركة لإنتاج الأحذية الرياضية في ذلك الوقت، بصناعة أحذية مغطّاة بالقماش تُسمّى «كيدس» (**الشكل 4-12**). أمّنت النعال المطاطية احتكاكًا أكبر على الأرضيّات الخشبية الصلبة. ومع الوقت، استُبدل بالمطّاط عددٌ من البوليمرات الصناعية بخصائص مصممة بشكل فريد لمختلف الاستخدامات.

الشكل 4-12 أحذية الرياضيين (سنيكرز).

كم نوعًا من الأحذية الرياضيّة تمتلك؟

البلاستيك ومادة الفوم القابلة للتشكيل سمحا لمصانع الأحذية الرياضية بصنع كثير من الأحذية المتخصصة للغاية.

يعرض **الشكل 4-13** تصاميم لأحذية رياضية تناسب استخدامات متعددة.

a. أحذية برقبة عالية تمنح الحماية لكاحل القدم في رياضة كرة السلة. استُبدلت بالأنسجة القطنية أنسجة صناعية أقوى.

b. أحذية النعل العريض لثبات أفضل عند التمرين على أسطح غير مستوية. يُصنّع النعل من بوليمر الفوم الصلب والخفيف.

c. كعب إضافي داعم مصنوع من مواد ذات معامل ارتداد منخفض لتقليل تأثير القوّة في الجري الطويل.

الشكل 4-13 (a) الأحذية الرياضيّة العصريّة بتصاميم متنوّعة أحذية برقبة عالية (b) أحذية التدريب (c) أحذية بكعب داعم للجري لمسافات طويلة.

مع تميّزها بألوان زاهية للبلاستيك، وموادّ صناعية خفيفة الوزن، وتصاميم حاسوبية لدعائم مريحة، وتقنيّات تشكيل البوليمر المتطورّة، تجمع الأحذية العصرية بين جمال المظهر والحماية الإضافية للرياضيين. يعود سبب التحسّن في الأرقام الأولمبية لسباقات الجري إلى المواد الخفيفة المستخدمة في الأحذية بقدر ما يعود إلى لياقة الرياضيين.

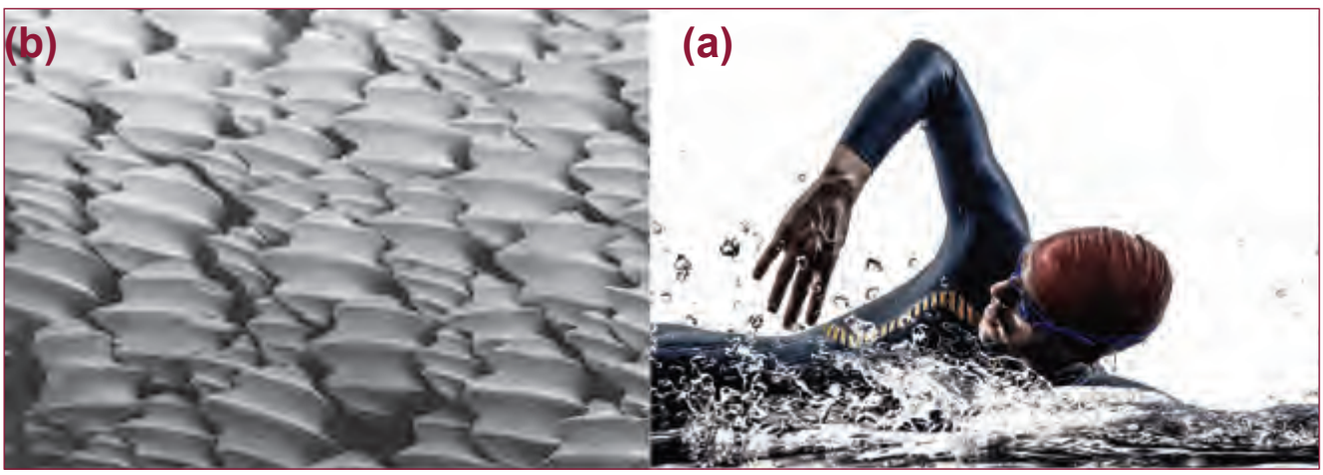
بدلات الألعاب الرياضية

حدث تطور ملحوظ لاستخدام المواد الجديدة في البدلات الرياضية الخاصة، والتي تُسمّى أحيانًا «بدلات الانضغاط». تساعد هذه البدلات على ضغط العضلات لتسريع الدورة الدموية. عند تسريع الدورة الدموية يرتفع مستوى الأكسجين، الأمر الذي يحسّن الأداء، ويخفِّض من تراكم حمض اللاكتيك،ما يؤدّي إلى خفض الجهد والألم.

تشمل الموادّ الشائعة المستخدمة:

- **النايلون:** يُستخدم لبدلات السحب والاحتكاك وبدلات التمرين. وهي أنسجة تُستخدم أيضًا في بدلات السباحة. تُمزج عادةً مع السباندكس، لإكسابها المرونة.
- **السباندكس:** يُستخدم لبدلات المنافسات الرياضية. حيث تحتوي بدلات السباحين المتنافسين على نسبة كبيرة من السباندكس. والمعروف أيضًا باسم «إليستين» أو باسم العلامة التجارية «ليكرا».
- **PBT**: بولي بيوتيلين تيريفثاليت (PBT)، هو نوع من البوليستر المرن (مطاطي). ويُستخدم لبدلات اللياقة والسباق.
- البولي استر (البوليستر): يُستخدم لبدلات المتنافسين. بديل دائم لسباندكس وبديل رائج لسباندكس في بدلات السباحين المتنافسين.

تصمّم بدلات الجسم لتوفير العزل للسباحين في المحيطات المفتوحة. ففي صيف 2008 تنافس السبّاحون في الألعاب الأولمبية مرتدين بدلات جسم كاملة، فأعطتهم ميزات إضافية.



الشكل 4-14 (a) بدلة لكامل الجسم، (b) صورة مكبّرة لجلد القرش.

لاحظ العلماء في شركة سبيدو أنّ لجلد سمك القرش الكثير من التدريجات المسنّنة. يسمح هذا السطح لأسماك القرش بأن تسبح بفعاليّة أكثر وبأن تزيد من سرعتها وتقلّل من الطاقة التي تستخدمها. صنع العلماء بدلات للسباحين مع أسطح مشابهة (**الشكل 4-14**). وقد حصد السبّاحون الذين لبسوا تلك البدلات معظم الميداليات، وفي العام 2009حطموا أكثر من 130 رقمًا قياسيًا عالميًا في السباحة. وقد تمّ لاحقًا وضع ضوابط شديدة لاستخدام هذه البدلات، لأنَّ المنافسات يجب أن تعتمد على الرياضيين أنفسهم أكثر من اعتمادها على الأدوات المُستخدَمة.

أدوات الحماية في الألعاب الرياضية

من الشائع أن تشاهد رياضيين محترفين وهواةً يستخدمون أجهزة حماية لأجسامهم أثناء التمارين أو المنافسات (**الشكل 4-15**). يمكن لأسطح الحماية أن تقلّل من الخدوش، أمّا الحشوات فتزيد من زمن التصادم وبالتالي تُقلّل من قوة التصادم وتأثيرها السلبيّ.

الشكل 4-15 (a) أداة حماية للهوكي، (b) للوح التزلّج، (c) لسباق الدرّاجات النارية، (d) ولأحذية التزلّج.

يمكنك أن تقلّل من تأثير قوّة التصادم بزيادة زمن التصادم.

تُعَد سباقات الدراجات النارية من الرياضات المثيرة والخطيرة في نفس الوقت، خاصة عندما تتجاوز سرعة راكب الدرّاجة 200 km/h (**الشكل 4-16b**). ظهرت أولى الخوذ في عشرينيّات وثلاثينيّات القرن الماضي، وكانت مصنّعة من الجلد وحشوات صوفية. كان وجه راكبي الدراجات النارية مكشوفاً ويرتدون نظارات واقية مصنوعة من الجلد والزجاج (**الشكل 4-16a**). كانت الحماية متدنية، وهو ما أدّى إلى حوادث خطيرة ومميتة في بعض الأحيان.

الشكل 4-16 التغيّرات التي طرأت على خوذة الدرّاجات.

في العام 1935، أدّى موت ضابط الجيش البريطاني والدبلوماسي توماس إدوارد لورنس بحادث درّاجات نارية طفيف، إلى جذب الاهتمام العالمي لأهَمّية الخوذ. في العام 1953، أبتُكرت أولى الخوذ الماصّة للصدمات التي أُستخدم في صناعتها مادة الفوم. تستخدم الخوذ الحديثة الفوم مثل بولي يوريثان الذي يغيّر من مرونته بحسب قوّة الصدم.

يُصنَع هيكل الخوذ الحديثة من الألياف الزجاجية المتينة أو من ألياف الكربون. يمكن أن تصمد هذه المواد المُركّبة أمام قوى صدم هائلة. يحوّل الهيكل أية قوة تصادم إلى طاقة يمتصها الفوم في الداخل. إضافة إلى درع الوجه الذي يغطي الوجه كلّه بوجود مادة بولي كربونات المقاومة للصدمات.

نشاط b1-4 الموادّ الجديدة في الألعاب الرياضيّة

سؤال الاستقصاء	هل توجد موادّ مشتركة مُستخدمة في الألعاب الرياضيّة المختلفة؟
الموادّ المطلوبة	البحث عن مواد جديدة.

الخطوات

1. يعمل الطلاب ضمن مجموعات ثنائية.
2. حدّد الألعاب الرياضية التي تُستخدم فيها الموادّ الجديدة.
3. ضع قائمة بتلك الموادّ.
4. حدّد المميزات المُكتسبة عند استخدام المواد الجديدة.
   a. عند القيام ببحثك، إبحث عن بيانات علمية تدعم هذه «المميزات».
   b. هناك بيانات مقترحة بأن لبعض بدلات الانضغاط أثر نفسي فقط. تذكّر أن بعض المعلومات قد تكون لأغراض دعائية للمنتج وليست نتيجة لبحث علمي.
5. حلّل المواد المستخدمة للحماية في اللعبة الرياضية التي اخترتها.
6. اجمع نتائجك في الصف تحت عنوان أنواع المواد.
7. ابحث عن الفوائد المكتسبة المشتركة.

الأسئلة

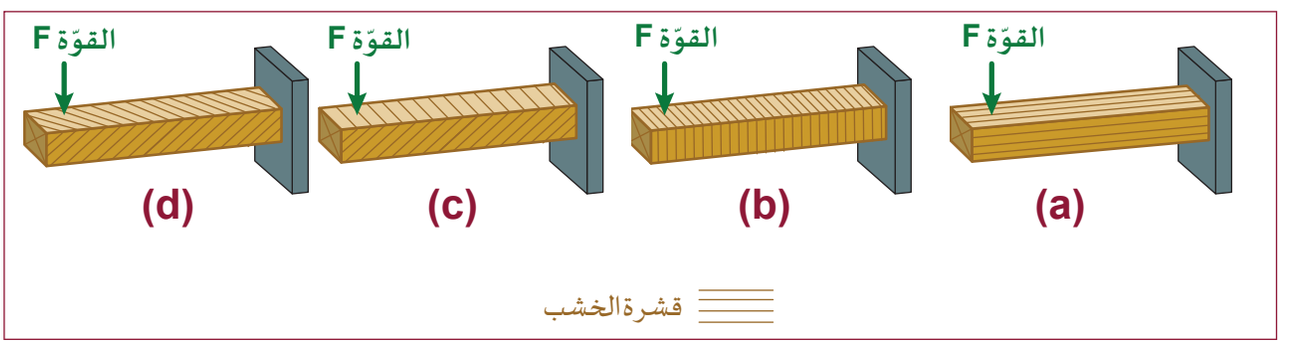
a. أي المواد الجديدة أكثر استخدامًا بشكل متكرّر؟
b. ما هي خصائص المواد المشتركة التي تستخدم بشكل متكرّر في الألعاب الرياضية؟
c. هل هناك حدود في الرياضات حيث لا تعود المنافسة تدور حول قدرة الرياضي بل حول التحسين التقني للأدوات؟
d. ناقش مشكلة الرمح حيث تصبح التقنية محصورة بأمور السلامة فقط. هل توافق على قرار الحدّ من استخدام التكنولوجيا في هذه الرياضة وغيرها؟
e. لماذا توجد ممانعة لاستخدام الخوذ في لعبة كرة القدم؟ هل تعرف لاعبًا رياضيًّا يستخدم حماية للرأس؟ وهل تعرف لاعبًا آخر ترك اللعب بسبب إصابة في الرأس؟

تقويم الدّرس 4-1

1. ماذا الذي يحدث لزانة القفز لكي تسمح باختزان الطاقة؟
   - a. تنحني.
   - b. تُغرس في حفرة.
   - c. تُحمل بشكل مستقيم في أثناء جري المتسابق.
   - d. تُترك الزانة عند أعلى ارتفاع للقفز وتقع على الأرض.

2. أيٌّ من الجمل الآتية تصف عيوبًا في الخشب عند استعماله في الأدوات الرياضية التي تتعرض لتصادمات متكرّرة، مثل مضرب التنس؟
   - a. الخشب أخفّ من ألياف الكربون.
   - b. مظهر الخشب أفضل بالمقارنة مع ألياف الكربون.
   - c. تختلف قوّة الخشب تبعًا لاختلاف اتجاهات القشرة.
   - d. نحصل على الخشب من الأشجار، وليست كل الأشجار متشابهة.

3. أيٌّ من الأشكال الآتية يتحمل قوة أكبر F، قبل أن ينكسر



4. اذكر فائدة مهمة لتغليف الموادّ في رياضة الرماية بالقوس.

5. أعطِ فائدتين تتميز فيهما أسهم ألياف الزجاج على الأسهم الخشبية.

6. ناقش بِجُمَل قليلة السبب الذي دفع إلى نسج ألياف الكربون مع الملابس؟ لماذا لا تُصنّع الأجسام من الكربون الصلب بدلًا من الألياف الرفيعة؟

7. كيف يحدد سطح مسار الجري المادّةَ الأفضل لأعقاب أحذية الجري؟ أعطِ مثالًا على ذلك.

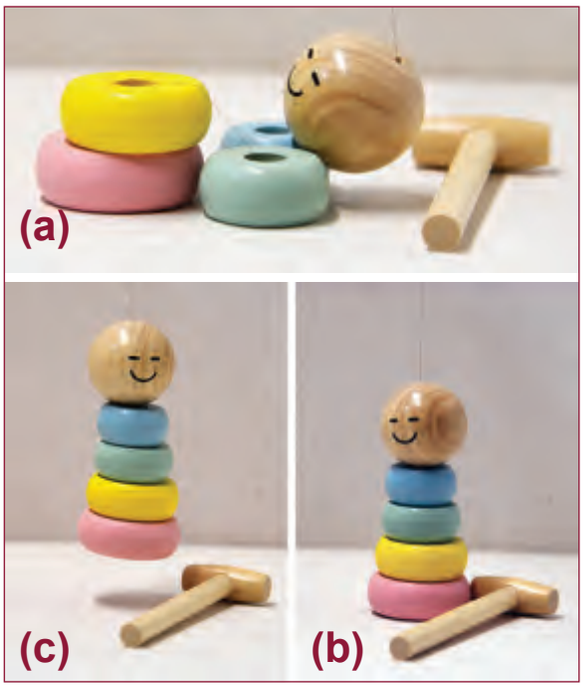
8. كيف تمنع الحشوات الإصابة عند التصادم؟

الدرس 4-2
المواد المُركّبة في الألعاب الرياضيّة
Composite Materials in Sports

في خدعة سحرية شائعة، تتم بعثرة مجموعة مرتبة من الحلقات الخشبية. يقوم الساحر بعدها بتحريك يديه فوق القطع، فتتلاصق مرّة أخرى، ثم ترتفع في الهواء. كيف يمكن أن يحدث ذلك؟

في الحقيقة، تكون القطع مربوطة ببعضها البعض بخيط رفيع من ألياف الكربون. يُمسك الساحر بأحد طرفي الخيط. هذا الخيط غير مرئيّ ولكنّه قادر على حمل وزن القطع (**الشكل 4-17**). كيف يمكن لخيط رفيع من الكربون أن يحمل هذا الوزن دون أن ينقطع؟ وكيف يمكن لألياف الكربون هذه أن تُستخدم مع مواد مختلفة في الألعاب الرياضية؟

سنتطرّق إلى هذه الأسئلة في الدرس الحالي.



الشكل 4-17 قطع اللعبة السحرية مبعثرة (a)، تُعِيد تركيب نفسها (b)، ثم تطفو في الهواء (c).

مخرجات التّعلُّم

GC1204.1 يفهم أسباب استخدام المواد المُركّبة مثل الكفلار وألياف الكربون في الرياضة، ويصف خصائصها المميزة في التركيب التي تجعلها ملائمة لاستخدام محدد.

المفردات

Composite material	مواد مُركّبة
Valence	تكافؤ
Aramid	أراميد
Resin	راتينج
Aromatic	أروماتي (عطري)
Cross-linking	التشابك
Thermoset	متصلّب حراريًا
Curing	معالجة
Graphene	جرافين
Carbon nanotube	أنابيب الكربون النانويّة

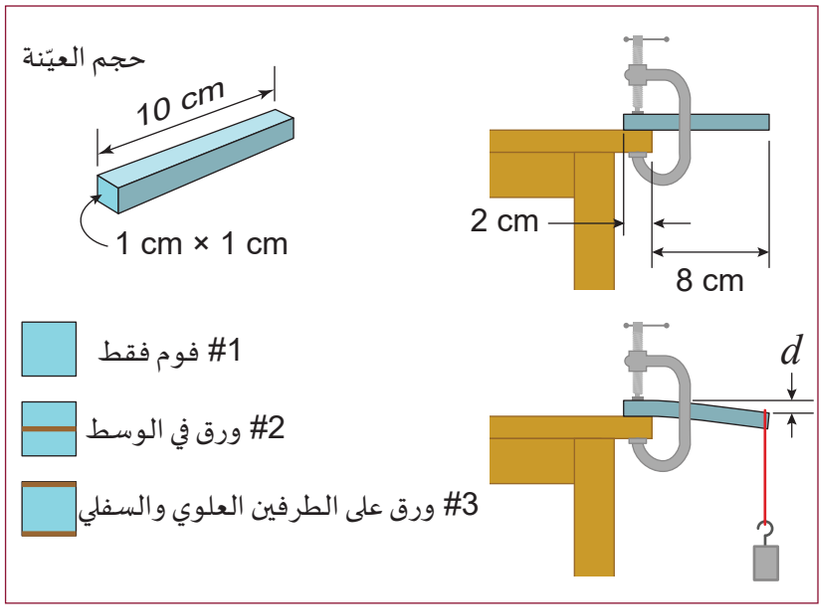
اصنعْ مادّة مُركّبة

ما هي الخصائص المهمة للمواد المستخدمة في الأدوات الرياضية؟

كيف يمكننا قياس متانة المادّة؟

ما هي فوائد المواد المُركّبة؟

كيف يؤثّر التصميم في متانة المادّة؟



الشكل 4-18 اختبار إنحناء المواد.

تتنوّع المواد التي تحتاج إليها التطبيقات المختلفة. فالمادة المُستخدَمة في غلاف خوذة يجب أن تكون متينة ومقاومة للصدمات. تُستخدم في الخوذة نفسها مادة توسيد (حماية بإضافة وسائد) ناعمة جدًّا في داخل هيكلها. تُغطّى مادة التوسيد بمادة قماش ثالثة لحمايتها وتكون ملاصقة للجلد. تحتاج كلّ من التطبيقات المختلفةإلى مواد ذات خصائص مختلفة، فلا توجد مادة واحدة مناسبة لجميع التطبيقات.

بعض الخصائص المهمّة للمواد:

- الصلادة (الصلابة) – مقاومة الانحناء.
- المرونة – القدرة على التمدّد من دون انكسار.
- القساوة – القدرة على تحمّل التصادمات المتتالية من دون انكسار.
- التوسيد – القُدرة على التخفيف من تأثير التصادمات بامتصاص الطاقة.

الشكل 4-19 هياكل القوارب مصنوعة من ألياف الزجاج.

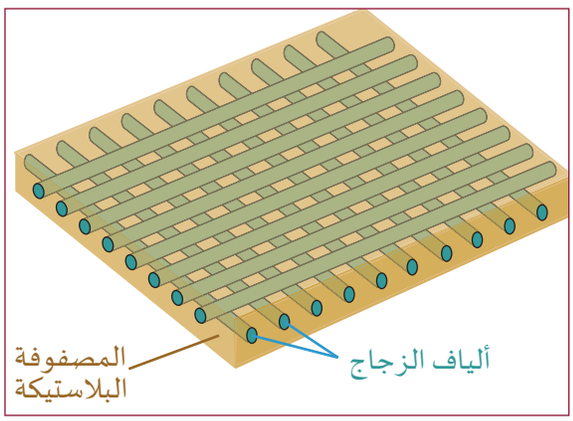
كثير من أدوات الألعاب الرياضية ذات الأداء العالي مصنوعة من مركّبات. تحتوي **المادة المُركّبة Composite material** على نوعين أو أكثر من المواد ذات الخصائص المختلفة. تكون خصائص المُركّب أفضل من خصائص كُلّ من المواد المكوّنة له.

ألياف الزجاج مثالٌ جيدٌ على ذلك. فهي قوية جدًّا لكنّها رقيقة أيضًا لتجنّب انكسارها. تحتوي الألياف الزجاجية على الكثير من الألياف في مصفوفة من الراتينج. يصعب كسر الألياف الزجاجية لأنها صلبة جدًا. إلا أنها مرنة أيضًا، لأن الألياف الرفيعة منها يمكن أن تنحني. لذلك، تُصنع هياكل الخوذ وهياكل القوارب في أغلب الأحيان من الألياف الزجاجية.

المواد المُركّبة

تَجمع المواد المُركّبة أفضل خصائص المواد المكوِّنة لها. عندما تُدمج المكوّنات، يتجاوزُ المُركّب في أدائه أداء أي من المواد المُكَوِّنة له. فمثلًا الألياف الزجاجية وهي مادة مُركّبة شائعة جدًا. تغرس الألياف الزجاجيّة في مصفوفة بلاستيكية كما هو مبيّن في **الشكل 4-20** ويلاحظ أنّ:

- للزجاج قوة شدّ عالية لكنه يتحطّم بسهولة، إلاّ إذا صُنِّعَ على شكل ألياف.
- البلاستيك مرن لكنّ قوة شدّه منخفضة.
- يمكن لنسبة القوة إلى الوزن لمادة مُركّبة من الزجاج والبلاستيك أن تكون خمسة أضعاف النسبة نفسها لكل من الخشب أو الفولاذ على حدة.
- يمكن لألياف الزجاج حمل الأثقال.
- يوزّع البلاستيك الثقل بين الألياف.



الشكل 4-20 تركيب ألياف الزجاج.

ألياف الزجاج هي أحد المواد المُركّبة الأسهل في التصنيع والاستخدام. تأتي ألياف الزجاج في شكل قوالب، أو ترش على قالب، وتطلى بعد ذلك بالراتنج البلاستيكي. والألياف الزجاجية متدنية التكلفة ومتعدّد الاستعمال وسهلة القطع والتشكيل (**الشكل 4-21**).

كم جسمًا مصنوعًا من ألياف الزجاج يمكنك أن تجد؟

لماذا تُعدّ ألياف الزجاج مادة جيّدة الاختيار لكل جسم؟

الشكل 4-21 (a) عمل قوالب ألياف الزجاج، (b) تغليفها بالراتينج البلاستيكي، (c) قصّها وتنسيقها.

ألياف الزجاج هي مواد مُركّبة شائعة الاستخدام في رياضة الإبحار. وتُستخدم أيضًا في الخوذ ووسادات الحماية الأخرى. يكمن ضعف ألياف الزجاج في تكسّرها إذا تعرّضت لصدمة شديدة. يجب استبدال خوذة راكب الدراجات النارية المصنوعة من الألياف الزجاجية بعد وقوع حادث، حتى وإنْ لم تظهر عليها علامات ضرر خارجي، فإنّ فصل طبقات هيكل الخوذة يقلل من فاعليتها في الحماية.

نشاط a2-4 صنع مادة مُركّبة بسيطة

سؤال الاستقصاء	كيف تُسهم المكوّنات في تشكيل المادة المُركّبة؟
الموادّ المطلوبة	ماء، طحين، وعاء مزج، أوراق صحيفة، شرائح من القماش، بالونات.

الخطوات

امزجْ المكوّنات

1. امزج كمية من الطحين بضعفيها من الماء. استمرّ في المزج حتى اختفاء التكتّلات.
2. أضف الماء للحصول على صمغ أبيض متجانس، أقرب إلى السائل منه إلى العجين.
3. ضع الصمغ (المخلوط) في الثلّاجة لحفظه.

قمْ ببناء المادة المُركّبة على قالب

4. استخدم بالونًا منفوخًا ليكون القالب
5. انقع شرائح الورق في المخلوط.
6. ضع الشرائح الرفيعة من الأوراق المبلّلة بالمخلوط على سطح البالون.
7. استمرّ حتى تغطية سطح البالون بالكامل.
8. استخدم بالونًا آخر مكرّرًا الطريقة نفسها باستخدام شرائح رقيقة من القماش.
9. اسمح للشرائح بأن تجفّ.

بمجرّد أن تجفّ الشرائح، قمْ بتفريغ البالونين من الهواء لتحصل على كرتين بمُركّبين مختلفين مصنوعين من المخلوط نفسه ولكن من مادّة مكوّنة ثانية مختلفة في كلٍّ منهما.

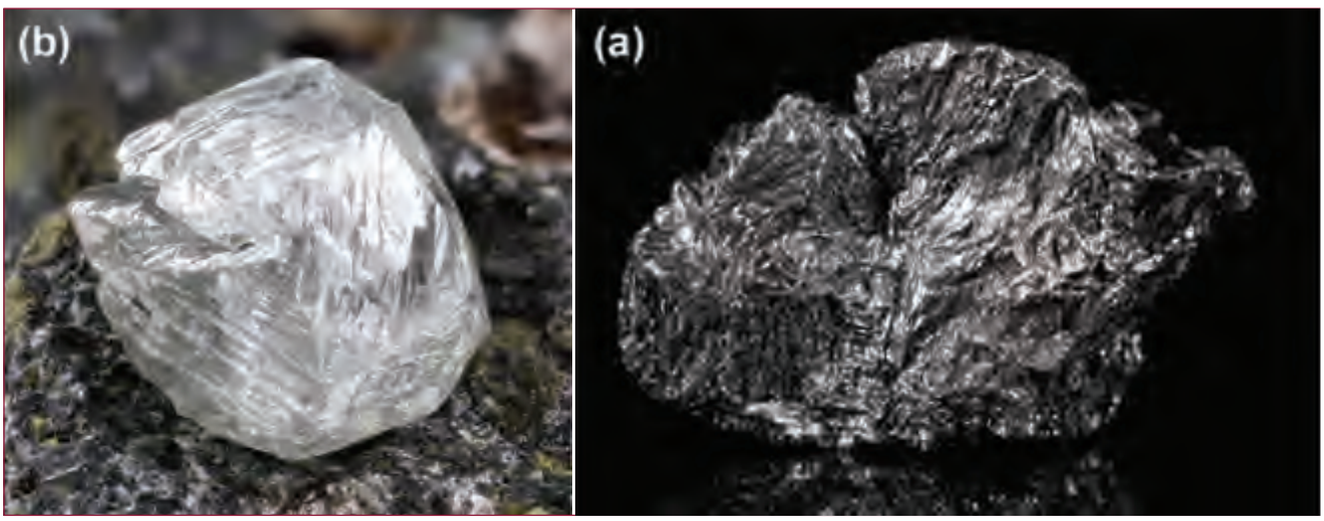
10. طوّر طريقة لاختبار خصائص كلّ مجسّم ومقارنة بعضها ببعض.
11. سجّل نتائجك. قارن بياناتك ببيانات باقي زملائك.

الأسئلة

a. ما الذي لاحظته حول كيفية تعزيز الورق أو القماش لخصائص مادتك المُركّبة؟ أيٌّ منهما كان الأكثر صلابة؟
b. كيفك استطاع خليط الصمغ والطحين، أن يغيّر من خصائص الورق والقماش؟
c. ما مدى أهمية تداخل المخلوط مع الورق أو القماش؟ كيف يمكن برأيك أن يتغيّر ذلك عند استخدام شرائح من أكياس البلاستيك التي لا تمتصّ المخلوط؟ جرّب ذلك.

الكربون وألياف الكربون

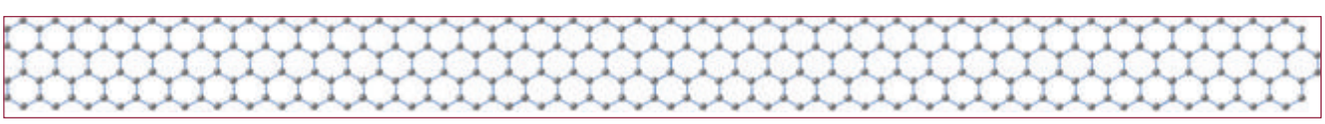
توجد ذرات الكربون في مختلف مواد الحياة. تكمن أهمية الكربون في إمكانية ارتباط كلّ ذرّة منه بأربع ذرّات أخرى. يمكن أن توجد بلّورات الكربون النقيّ في شكلين على الأرض وبخصائص مختلفة: الجرافيت والألماس (**الشكل 4-22**)



الشكل 4-22 البلّورات الطبيعيّة للجرافيت (a)، والألماس (b).

الجرافيت ناعم وينكسر بسهولة. وهو مفيد في التزييت لأنَّ جسيمات الجرافيت سهلة الانزلاق. أما الألماس فهو أقسى المواد الطبيعية. يُستخدم معظم الألماس في العالم في أدوات الثّقب والقطع.

تكمن صلابة ألياف الكربون في الروابط التساهميّة والمتشابكة للكربون والموازية لطول الألياف (**الشكل 4-23**) يمكنك أن تتخيل أنّ خيط الكربون هو ماسة طويلة جدًا ورفيعة.



الشكل 4-23 نموذج من روابط الكربون الموازية لطول ألياف الكربون.

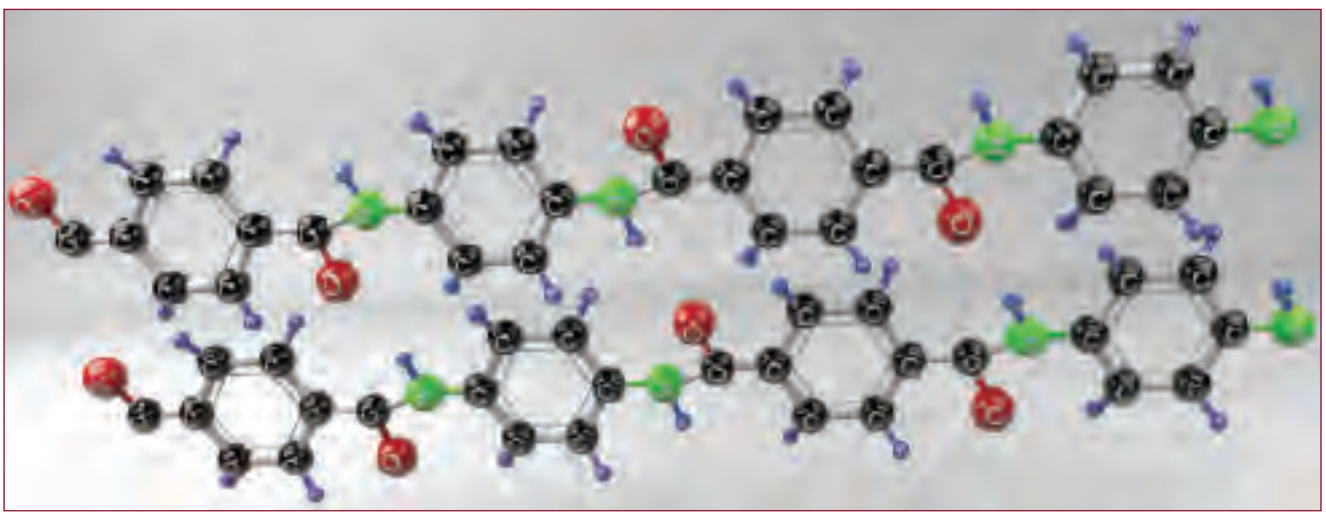
تطبيقات على ألياف الكربون

تُستخدم ألياف الكربون في الألعاب الرياضية، بخاصة عندما يكون الوزن الخفيف والصلابة العالية على درجة من الأهمية. بعض التطبيقات المتعدّدة لألياف الكربون تشمل ألواح التزلج ذات الأداء العالي وهياكل الدراجات، وهياكل سيارات السباق، ومضارب التنس، وقوارب السباق، والخوذ. في العام 1990 كانت كتلة إحدى درّاجات سباق النخبة 10 kg. والآن وحتى كتابة هذه الأسطر، بلغت كتلة أفضل دراجة هوائية أقلّ من 4.5 kg.

الشكل 4-24 تَستخدِم أفضل فرق سباق الدرّاجات الهوائيّة هياكل من ألياف الكربون.

الكفلار

الكفلار هو علامة تجارية لبولي بارا فينيلين تيرفثالميد، وهو جزء من عائلة الأراميدات التي تتضمّن النومكس أيضًا. ألياف الأراميد (**الشكل 4-25**) هي مجموعة من الألياف الصناعية التي تمتلك قوة شدّ عالية ومقاومة للحرارة. تأتي قوة السلاسل الطويلة للجزيئات من خلال الروابط الهيدروجينية بينها، ما يعطيها قوة أكبر من البوليمرات الصناعية الأخرى مثل النايلون. ثم إنّ إرتباط هذه السلاسل بالسلاسل المجاورة يجعلها على هيئة صفائح جزيئية متينة.



الشكل 4-25 نموذج لجزيئات الأراميد؛ السوداء هي الكربون، الزرقاء هي الهيدروجين، الخضراء هي النيتروجين، الحمراء هي الأكسيجين.

يمكن أن يُغزل الكفلار كخيوط ليصنّع على شكل منتجات. تشمل استخداماته:

- طبقة في بدلة التزلّج السريع تحمي من الخدوش.
- حشوات في سترات وسراويل متسابقي الدراجات النارية.
- أربطة أحذية تقاوم التمدّد والقطع.
- خيوط لقوس السهام ومضارب التنس.
- شريط الرياضيين اللاصق المقاوم للتمدّد.
- أشرعة عالية الأداء.
- سترات واقية من الرصاص ودروع للجسم.

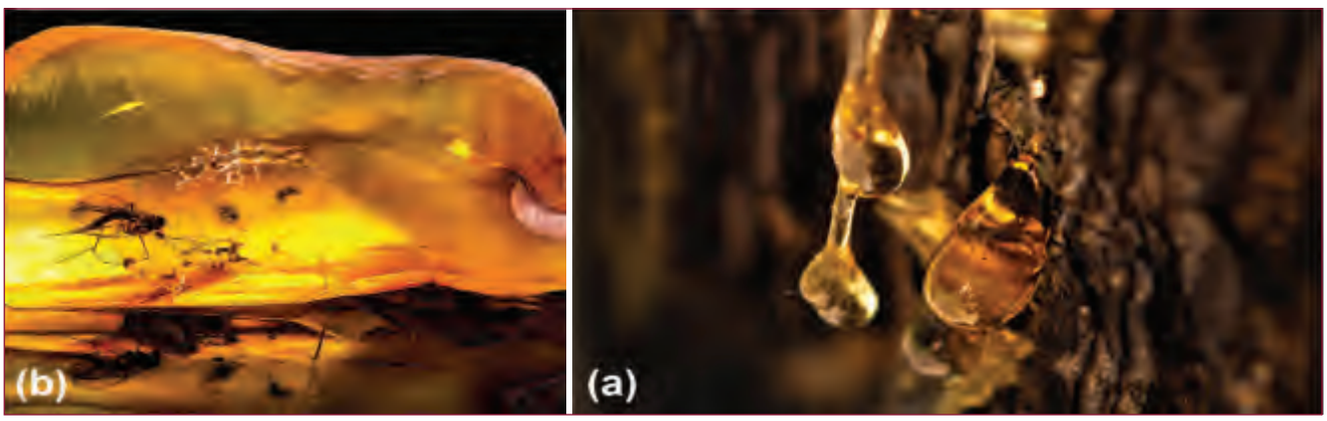
يمكن أن تستخدم ألياف الكفلار في المواد المُركّبة لتعطي منتجات أكثر متانة وأخفّ وزنًا. يسمح النمط الجزيئي بتوزيع القوى على طول الألياف مقلّلة بذلك من تأثير صدمة الارتطام.

وأظهرت الأبحاث أن استخدام الكفلار في النعل الداخلي للأحذية الرياضية يقلّل من إصابات القدم والكاحل (**الشكل 4-26**).

الشكل 4-26 نعل داخلي لحذاء من الكفلار.

الراتينج

الراتينج Resin هو مادة يمكن تحويلها إلى بوليمرات أو سلاسل طويلة من الجزيئات. استُخدم كثير من الراتينج الطبيعي لآلاف السنين بسبب رائحته اللطيفة، ولأنه لزج وجيّد في لصق الأشياء بعضها ببعض.



الشكل 4-27 (a) راتينج الصنوبر، (b) يتبلمر إلى العنبر بعد عدّة سنوات.

الراتينج مفيد جدًا لأنه يتشكّل بسهولة كسائل، ويتصلّب كيميائيًا فيصبح مادة صلبة قوية. الراتينج السائل، مثل الإيبوكسي، يصبح صلبًا عن طريق تكوين روابط كيميائيّة تسمّى الروابط المتشابكة. **التشابك Cross-linking** عمليّة ترتبط فيها جزيئات السلاسل الطويلة في الراتينج بعضها ببعض. ولذلك يمكن لسائل لزج مثل راتينج الصنوبر أن يصبح مادة صلبة مثل العنبر (كهرمان) (**الشكل 4-27**).

راتينج الأيبوكسي Epoxy resin هو مصفوفة من ألياف البلاستيك المقوّى، مثل الألياف الزجاجية. والأيبوكسي هو نظام من جزءين يتضمّن الراتينج والمادة التي تجعله صلبًا (المُصَلّب). يكون الراتينج سميكًا وسائلاً لزجًا، أمّا المصلِّب فهو وسيط كيميائي يسبب لسائل الراتينج تشابكًا ليصبح صلبًا. يُعدّ الأيبوكسي صمغًا ممتازًا، ويمكنك أن تجد الكثير من أنواع صمغ الأيبوكسي في محلّات الخردوات.

الشكل 4-28 هلام السيليكون في واقي الكعب (الجزء الأزرق).

يمكن أن يكون التشابك فيزيائيًا وليس كيميائيًا. التشابكات الفيزيائية أكثر ضعفًا من التشابكات الكيميائية. يحدث التشابك الفيزيائي عندما تتشابك سلسلة طويلة من الجزيئات من دون أن تشكّل روابط كيميائية. يشكّل هلام (جل) السيليكون تشابكات فيزيائية ليكوّن مادة مرنة جدًا تُستخدم لتوزيع القوى كما في حشوة الخوذ، ولتقليل تأثير قوى التصادم في الأحذية المختلفة (**الشكل 4-28**)

الراتينج ضروري ولكنه الجزء الأضعف في المادة المُركّبة. يلين الراتينج مثل الايبوكسي عند درجات الحرارة العالية. ويتحلّل عند تعرّضه للأشعاع «الفوق البنفسجي UV» من الشمس. ويمكن أن ينكسّر الراتينج تحت قوى أضعف من تلك التي تتحمّلها الألياف.

نشاط 4-b2 تجارة ترويج المواد المُركّبة

سؤال الاستقصاء	هل يمكنك تقديم عرض عن المواد المُركّبة وبيع بضائع رياضية مصنوعة منها؟
الموادّ المطلوبة	مواد بحث، فيديو أو معدات إنتاج رسوم محاكاة حاسوبية.

الخطوات

مهمتك ستكون تقديم عرض لتسويق منتج مادة مُركّبة تُستخدم في الألعاب الرياضية. يمكنك أن تقترح مادة مُركّبة لم تُطرح للاستخدام بعد.

1. يعمل الطلاب في مجموعات ثنائية.
2. صف المواد المُركّبة وبيّن تكوينها.
3. استخدم رسوم المحاكاة أو الفيديو لوصف تشابك الرايتنج المتصلّب حراريًا.
4. اشرح السبب الذي يجعل إعادة تحويله إلى الشكل السائل أمرًا مستحيلًا.
5. حدّد الألياف المتنوّعة التي يمكن دمجها فيه.
6. استخدم الكفلار أو ألياف الكربون كنموذج.
7. استقصِ عن استخدامها في نوع محدد من الرياضة.
8. حدّد الميزات التي تُسهم فيها هذه المواد في تلك الرياضة مقارنة بتلك المستخدمة فيها سابقًا.
9. حدّد ميزات التركيب البنائي الأكثر أهمّية لهذا الغرض.
10. أعرض نتائجك ضمن إعلان تجاري للمنتج.

الأسئلة

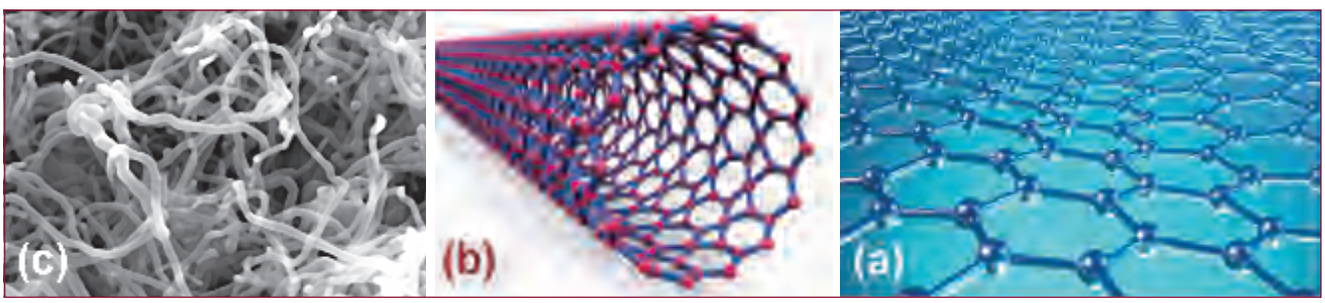
a. كيف تعزّزت الرياضة التي اخترتها نتيجة لاستخدامها هذه المادة المُركّبة؟
b. ما مساوئ استخدام الكفلار في الأدوات الرياضية؟
c. ما الاختلافات في التكلفة المرتبطة باستخدام المواد المُركّبة مع المواد التقليدية؟
d. ما أفضل ميزة تسويقيّة تتفوق فيها مادتك المُركّبة؟

مستقبل المواد المُركّبة

يستمرّ العلماء في تطوير مواد مُركّبة جديدة. وهذه بعض الخطوات الواعدة في تكنولوجيا الكربون (**الشكل 4-29**):

a. **الجرافين Graphene**، طبقة من ذرات الكربون المرتبطة على هيئة صفائح. وهي أقوى 150 مرة من الكمية نفسها من الفولاذ، وتستطيع توصيل كهرباءً 1000 مرة أكثر من النحاس.

b. **أنابيب الكربون النانوية Carbon nanotubes**، أنابيب طويلة من ذرات الكربون تقدّم أداءً أفضل من ألياف الكربون.



الشكل 4-29 (a) الجرافين، (b) أنابيب الكربون النانوية، (c) مشهد من مجهر الكتروني لأنابيب الكربون النانوية.

يتمّ تطوير مواد مُركّبة ذات الاستشعار الذاتي المستندة إلى الأيبوكسي لتسمح بالرقابة الفورية على التمدّد والإجهاد، وعلى تغييرات درجة الحرارة أيضًا.

تسمح موصلية مكوّنات الجرافين من نقل البيانات ومراقبتها من خلال ساعات اليد الذكية لدى مرتديها من المدربين أو المتدربين لمساعدتهم في الحفاظ على أداء أفضل (**الشكل 4-30**). يمكن أن يحدث ذلك من خلال قياس التغيرات في المقاومة الكهربائية لمكوّنات الكربون في المادة المُركّبة.

الشكل 4-30 المراقبة الفورية للقياسات الحيوية باستخدام الملابس المُركّبة التي تحتوي على الجرافين.

يمكن أن تتم تطبيقات أنابيب النانو لعمل مواد مُركّبة من الألياف الفائقة بأداء يتجاوز بكثير المواد المُركّبة المتوافرة حاليًا.

تعتمد خصائص الأنابيب النانوية على كلّ من تكوينها وشكلها الهندسي. على سبيل المثال، يمكن أن يتكون الأنبوب النانوي من طبقات بأقطار مختلفة من جدار واحد أو جدار مزدوج أو متعدِّد الجدران. يؤثر طول الجزيئات الفردية أيضًا على خصائص هذه الألياف الفائقة. ومن المحتمل جدًّا أن يساهم تركيب المواد في الأنابيب النانويّة في تسجيل رقم قياسي جديد في القفز بالزانة.

تقويم الدّرس 4-2

1. ما المادة المُركّبة؟
   a. بوليمر.
   b. مادة تتألّف من البلاستيك.
   c. مادة متينة مصنوعة من الراتينج.
   d. مادة مصنوعة من نوعين أو أكثر من المواد المختلفة.

2. ما الترتيب الذرّي لألياف الكربون؟
   a. مماثل للراتينج.
   b. مماثل للكفلار.
   c. مماثل للجرافيت.
   d. مماثل للألماس.

3. ما خصائص الراتينج التي تسمح باستخدامه في المواد المُركّبة؟
   a. الراتينج مادة طبيعية.
   b. الراتينج له تاريخ طويل من الاستخدام في التصميغ.
   c. يبدأ الراتينج ساخنًا, ثم يتحوّل إلى سائل، ثم يبرد ليشكّل مادة صلبة متينة.
   d. يبدأ الراتينج سائلًا ثمّ يُشكل تشابكًا كيميائيًّا ليصبح مادة صلبة متينة.

4. صف إحدى نقاط الضعف في مادة مُركّبة كالألياف الزجاجية مثلًا.

5. أذكر أربع تطبيقات للكفلار.

6. اذكر أربع معدّات رياضية مصنوعة من مواد مُركّبة، واذكر الأفضلية التي تقدّمها المادة المُركّبة لكلٍّ من هذه المعدات.

7. تخيّل أداة رياضية ترى أنَّ أداءها سيكون أفضل لو أنها كانت مصنوعة من ألياف الكربون. أعط سببًا واحدًا يؤكّد لك أنَّ الأداء سيتحسّن.

8. اشرح السبب الذي يجعلك تتوقع أن الألياف المصنوعة من أنابيب الكربون النانوية ستكون أكثر متانة من ألياف الكربون.

إضاءة على عالم

روجر بيكون: 1926 - 2007

الشكل 4-31 ألياف الكربون، اكتشف بالمصادفة.

عُرِفَت ألياف الكربون منذ العام 1860 تقريبًا، عند استخدام فتائل مصابيح الإنارة الكهربائية الجديدة. في العام 1958، كان روجر بيكون أول من أوضح قدرات الأداء العالية للألياف، وأسهم في إطلاق التقدّم الهائل في تكنولوجيا المواد خلال المئة سنة الماضية. بيّن بيكون أن البوليمر البترولي يتجاوز بمتانته الفولاذ، وبقوة شدّ ضغطها 20 جيجا باسكال (GPa) ومعامل يونج مقداره 700 GPa. وكان هذا الاكتشاف حَدَثًا علميا جديدًا.

وُظّف بيكون في الفريق البحثي في واحدة من الشركات الكبرى. تمّ انتداب الفريق من أجل «متابعة أيّ شيء يمكن أن يجدوه مثيرًا للانتباه». حاول بيكون أن يحدّد النقطة الثلاثية للكربون، درجة الحرارة والضغط التي يكون عندها الكربون في الحالة الصلبة، والسائلة، والغازية في الوقت ذاته. طوّرت أداته تراكمًا للكربون شبيهًا بالهوابط في الكهوف. وبفحص أدق لهذا التراكم، وجد بيكون أليافًا رفيعة ومرنة من الكربون النقي الشبيه بالشعيرات. وتوصّل الى أن تكلفة الإنتاج ستكون باهظة جدًا، فقام بنشر نتائجه وانتقل الى بحث آخر. وعلى الآخرين إكمال عمل بيكون وتطويره بطرائق أقلّ تكلفةً.

كان اكتشاف الكفلار أيضًا عن طريق المصادفة. في العام 1965، وفي أثناء محاولة لاكتشاف بوليمر صناعي لاستبداله بالفولاذ المستخدم في العجلات، أنشأت الكيميائية ستيفاني كووليك ما تبيّن حينها أنه عجينة سيئة لمحلول بولي أميد. وبدلًا من الاعتراف بالخطأ، أقنعت عاملًا بمعالجة المادة، لتتحول الى أقوى وأمتن الألياف التي لم يتمّ إنتاجها من قبل.

لا يزال العلم يهدف إلى متابعة الأسئلة حول طبيعة الكون. المنتجات كألياف الكربون (**الشكل 4-31**) والكفلار هي نواتج ثانوية لفضول العلماء العلمي.

الوحدة 4

مراجعة الوحدة

الدرس 4-1 أدوات الألعاب الرياضية

- **معامل الارتداد Coefficient of restitution** هو قياس لمقدار الطاقة التي يمكن للأجسام نقلها خلال التصادمات.
- **أقواس السهام Archery bows** تختزن الطاقة مثل النوابض وتنقلها إلى السهم. تُغلَّف المواد لتحسين قوتها ومرونتها.
- تحتاج الزانة في رياضة القفز بالزانة إلى قوة مشابهة ومرونة.
- الأرقام القياسية لرياضة رمي **الرمح Javelin** هبطت مع استخدام المواد الجديدة مثل المعدن واستبدال التصاميم التقليدية لمواد الخشب. تغيّرات مشابهة طرأت على **مضرب التنس Tennis rocket** اشتمل على استخدام الخشب، والألومنيوم وألياف الكربون.
- **الأحذية الرياضية Sport shoes** أيضًا حصلت على نصيبها من التغييرات في التصميم والمواد، مثل فوم الحشو الخاص للحماية من الإصابة وزيادة الفعالية.
- يقلّل السبّاحون من الاحتكاك باستخدامات **بدلات جسم Body suit** بغلاف يشبه جلد القرش.
- تطوّرت الخوذ لتقليل وزنها وتوفير حماية أكبر.

الدرس 4-2 المواد المُركّبة في الألعاب الرياضيّة

- تتألف **المواد المُركّبة Composite Materials** من مادتين مختلفتين أو أكثر. الشائع منها: ألياف الزجاج و ألياف الكربون.
- **ألياف الكربون Carbon fiber** طويلة وقوية جدًا، لكنها خيوط رفيعة من ذرات الكربون رُبط بعضها ببعض مثل الألماس. المواد المُركّبة المصنوعة من ألياف الكربون تكون أكثر متانة من الفولاذ وأخفّ منه. تُستخدم ألياف الكربون في كثير من الألعاب الرياضية مثل سباق الدرجات الهوائية والتنس والتزلّج وقوارب السباق.
- **الكفلار Kevlar** هو نوع من ألياف البوليمر المُقاوِمة للصدم والحرارة والتي تُستخدم في خيوط الأقواس، وتصنّع على شكل أنسجة لأشرعة القوارب والدروع.
- **الراتينج Resin** هو أنواع من السوائل التي تصبح صلبة بوساطة تشابك كيميائي أو فيزيائي.
- **التشابك Cross-linking** هو رابطة جزيئية بين سلاسل بوليمر طويلة. يمكن تشكيل روابط فيزيائية ضعيفة أو روابط كيميائية قوية.
- يمكن أن تُصنع المواد المُركّبة المستقبلية من **الجرافين Graphene** أو أنابيب الكربون النانوية. الجرافين هو ذرات كربون مغروسة ومترابطة بقوة، وبسُمك ذرة واحدة. **أنابيب الكربون النانوية Crabon nanotubes** هي أنابيب مصنوعة من ذرات الكربون تُشكّل حلقات متقاربة طويلة.

أسئلة متعددة الاختيارات

1. كرة مصنوعة من المطّاط معامل ارتدادها 0.6 تُلقى من على ارتفاع 10 m. كم سيكون ارتفاع ارتداد الكرة بعد ارتطامها بأرضيّة صلبة؟

a. 0.6 m
b. 6 m
c. 10 m
d. 16 m

2. ما الميزة التي تتفوّق فيها سهام الألياف الزجاجية على السهام الخشبية؟

a. ألياف الزجاج أكثر كلفة من الخشب.
b. ألياف الزجاج متّسقة من سهم إلى آخر.
c. ألياف الزجاج أثقل من الخشب.
d. ألياف الزجاج مادة طبيعية، وكذلك الخشب.

3. أيٌّ من المجموعات الآتية تصنِّف السهام المصنّعة من الأرخص ثمنًا إلى الأغلى؟

a. مادة مركّبة من الألومنيوم، ألياف الزجاج، ألياف الكربون، مادة مُركّبة.
b. مادة مركّبة من ألياف الزجاج، الألومنيوم، ألياف الكربون، مادة مُركّبة.
c. مادة مركّبة من ألياف الكربون، ألياف الزجاج، الألومنيوم، مادة مُركّبة.
d. مادة مركّبة من ألياف الكربون، ألياف الزجاج، الألومنيوم.

4. ما هي الخصائص التي تجعل كُلًّا من ألياف الكربون والألياف الزجاجية مفيدة في الزانة المستخدمة في رياضة القفز بالزانة؟

a. يمكن للألياف أن تلتفّ على شكل أنبوب.
b. يمكن أن تدمج الألياف في الراتينج لصنع جسم صلب.
c. يمكن إعادة تشكيل الألياف بكثير من الأشكال الأخرى.
d. يمكن غزل الألياف مع الملابس لإكسابها القوة على طول محاور متعدّدة.

5. ما هي التقنية المستخدمة لتحديد معامل الارتداد؟

a. تحديد مدى تغيّر شكل الكرة نتيجة للتصادم.
b. مقارنة الكتلة قبل التصادم مع الكتلة بعد التصادم.
c. مقارنة الوزن قبل التصادم مع الوزن بعد التصادم.
d. مقارنة الارتفاع الابتدائي فوق الأرضية مع ارتفاع الكرة عند ارتدادها بعد التصادم مع الأرضيّة.

6. أيٌّ من الجمل الآتية ليست ميزة لارتداء بدلات الجسم في المنافسات؟

a. تقليل التعب.
b. تحسين الأداء.
c. زيادة الدورة الدموية.
d. تقليل احتكاك الهواء في أثناء الجري.

7. ما نوع الألعاب الرياضية التي تستفيد أكثر من ملابس الحماية؟
   a. الجري.
   b. كرة القدم.
   c. السباحة.
   d. رمي الرمح.

8. ما الدور الذي يؤديه البلاستيك في الألياف الزجاجية؟
   a. يمنع الانكماش.
   b. يمتلك قيمة شدّ عالية.
   c. يسمح للمواد بمقاومة مستويات عالية من الحرارة.
   d. توزّع القوى المطبّقة بين الألياف الزجاجية.

9. ما المثالان على ألياف الأراميد مما يلي؟
   a. الراتينج والكفلار.
   b. الكفلار والنوميكس.
   c. النوميكس والجرافيت.
   d. الجرافيت والألماس.

10. ما الغاية من الوسيط الكيميائي في راتينج الأيبوكسي؟
   a. يحطّم التشابك الفيزيائي.
   b. يحطّم التشابك الكيميائي.
   c. يسرّع تشكيل التشابك الفيزيائي.
   d. يسرّع تشكيل التشابك الكيميائي.

11. لماذا يُعدّ تصلب الأيبوكسي عملية غير إنعكاسية؟
   a. راتينج البلاستيك لا ينصهر.
   b. تَكوُّن التشابك الكيميائي.
   c. المركبّان ينصهران معًا.
   d. تسبّب الحرارة لذرات الكربون تشكيل روابط مشابهة لتلك الموجودة في الألماس.

12. لماذا يمكن للألومنيوم أن يكون أفضل من مُركّب ألياف الكربون/أيبوكسي في المنافسات التي تتضمّن درجات حرارة مرتفعة؟
   a. الألومينوم أخفّ من مُركّب ألياف الكربون.
   b. يمتلك الألومينوم قوة شدّ أعلى من ألياف الكربون.
   c. مُركّب ألياف الكربون أمتن وأكثر مرونة من الألومنيوم.
   d. يمكن أن يلين الأيبوكسي بالحرارة، ما يقلّل من متانة مُركّب ألياف الكربون.

الدرس 4-1 أدوات الألعاب الرياضية

13. اذكر ثُلاث خصائص فيزيائية مطلوبة في المواد المستخدمة لصنع أقواس السهام.

14. أعطِ سببين يجعلان من سهام المواد المُركّبة النوع المختار في المنافسات.

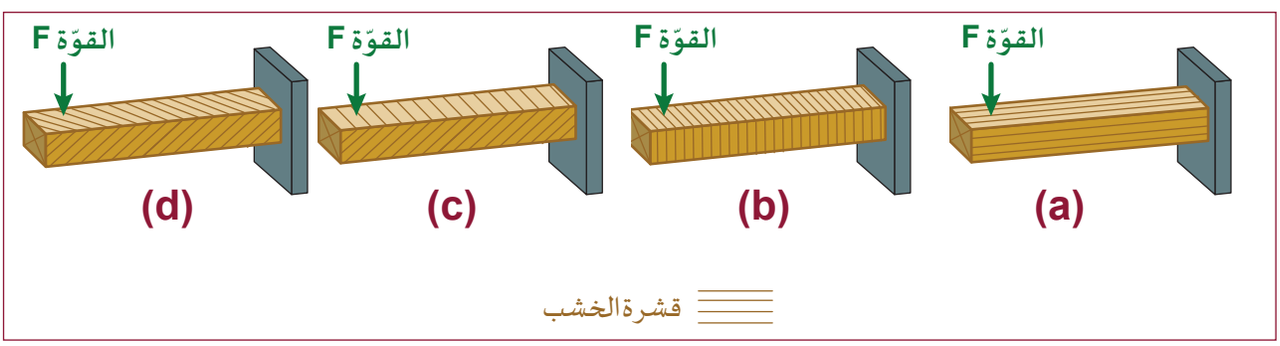
15. ما فائدة الزانة الخفيفة في رياضة القفز بالزانة؟

16. فكّر في تحسينات يمكن إدخالها على الرمح ليكون قادرًا على الارتفاع إلى مستوى عالٍ قبل أن يسقط على الأرض.

17. ما المشكلات الناجمة عن تحسين المواد المستخدمة في الرمح؟

18. صف المعوقات التي يسببها التركيب البنائي للقشرة في الأجسام المصنوعة من الخشب الصلب.

19. تعرض المخطّطات الأربعة الآتية لوح خشب مثبّتًا من إحدى نهايتيه. أي من الألواح الأربعة يصعب تحطيمه أكثر إذا طُبّقت القوة ذاتها على طرفه الحر؟ ولماذا؟



20. أعطِ سببًا لكون الأجسام المصنوعة من ألياف الكربون أكثر تكلفة من الأجسام المشابهة المصنوعة من المعدن؟

21. أحسب معامل الارتداد لكرة تبدأ من ارتفاع 50 cm، لترتطم بالأرضيّة، ثمّ ترتدّ إلى الأعلى حتى تبلغ ارتفاع 34 cm.

22. كم سيبلغ ارتفاع ارتداد الكرة اذا كان معامل ارتدادها 0.24 وأُلقيت على أرضيّة قاسية من على ارتفاع 120 cm.

23. لماذا لا يمكن أن يكون معامل الارتداد أكبر من واحد؟

24. كيف يمكنك أن تحدّد مادة يكون معامل ارتدادها يساوي صفرًا؟

25. عند تصميم جهاز حماية الكعب لأحذية الجري، لماذا يكون من الأفضل استخدام مواد ذات معامل ارتداد منخفض؟

26. ما هي الفائدة من النسيج الخاص فوق بدلات السباحة؟

الدّرس 4-2 المواد المُركّبة في الألعاب الرياضية

27. أكتب تعريف المادة المُركّبة بجملة واحدة.

28. اذكر أربع ألعاب رياضية تُستخدم فيها مواد مُركّبة في المنافسات، ثمّ حدّد الطريقة التي تُستخدم فيها تلك المواد.

29. ما هو دور الزجاج في مادة مُركّبة من الألياف الزجاجية؟

30. لماذا يجب أن يتكرّر استبدال بعض معدات الحماية المصنوعة من ألياف الزجاج؟

31. ما الخاصية الأساسية لألياف الأراميد؟

32. ما خاصّية الكفلار التي تساعد في تقليل إصابات القدم والكاحل عندما تستخدم في نعل الأحذية الرياضية؟

33. ما الخاصّية الكيميائية للكفلار التي تعطيها قيمة شدّ عالية؟

34. ما الخاصّية الكيميائية لجل السليكون التي تسمح ببقائه مرنًا؟

35. ما المعنى الشائع لمصطلح «الراتينج»؟

36. ما هو الأيبوكسي؟

37. أعطِ نقطتي ضعف للمواد المُركّبة.

38. ما الاختلاف بين الجرافيت والجرافين؟

الشكر والتقدير

جميع الرسوم الفنّية الواردة في هذا العمل صمَّمتها شركة تطوير العلوم والتكنولوجيا والهندسة والرياضيات (STEM) في الولايات المتَّحدة الأميركية. وهي وحدها تملك الحق القانوني لإجازة استخدام تلك الرسوم.

يشكر المؤلفون والناشرون المصادر الآتية على السماح لهم باستخدام ملكياتهم الفكرية كما أنهم ممتنون لهم لموافقتهم على نشر الصور.

RonnieChua/Shutterstock; Shyrochenko Aleksandr/Shutterstock; chrisdorney/Shutterstock; Bobx-73/Shutterstock; Lipskiy/Shutterstock; Naskky/Shutterstock; SoleilC/Shutterstock; AlexandrN/Shutterstock; Martin Bergsma/ Shutterstock; Toa55/Shutterstock; ShadeDesign/Shutterstock; Caterina Belova/Shutterstock; Pavol Kmeto/ Shutterstock; A7880S/Shutterstock; Corund/Shutterstock; Shannon Serpette/Shutterstock; agsandrew/Shutterstock; tankist276/Shutterstock; VectorPot/Shutterstock; Vector Tradition/Shutterstock; J10/Shutterstock; RomanVanur/ Shutterstock; Garen Takessian/Shutterstock; Aldona Griskeviciene/Shutterstock; Fouad A Saad/Shutterstock; hlphoto/ Shutterstock; stockcreations/Shutterstock; MAHATHIR MOHD YASIN/Shutterstock; Konoplytska/Shutterstock; Eric Isselee/Shutterstock; Maksim Safaniuk/Shutterstock; LuYago/Shutterstock; Daniele Pietrobelli/Shutterstock; Tichr/ Shutterstock; Vladislav Havrilov/Shutterstock; Olga Zinovskaya/Shutterstock; Tatiana Foxy/Shutterstock; 3DSculptor/ Shutterstock; Merlin74/Shutterstock; Eduard Kim/Shutterstock; Vadim Sadovsky/Shutterstock; Janaka Dharmasena / Shutterstock; Nasky/ Shutterstock; adike/ Shutterstock; Richard Peterson/ Shutterstock; stihii/ Shutterstock; NoPainNoGain/ Shutterstock; Teguh Mujiono/ shutterstock; Improvisor/ Shutterstock; Jose Luis Calvo/ Shutterstock; Rattiya Thongdumhyu/ Shutterstock; Peter Hermes Furian/ Shutterstock; Sebastian Kaulitzki/ Shutterstock; VectorMine/ Shutterstock; bsd/ Shutterstock; Blamb/ Shutterstock; MikeMartin / Shutterstock; Photographee.eu/ Shutterstock; Jason Boyce/ Shutterstock; Maridav Eugene Onischenko/ Shutterstock; CI Photos/ Shutterstock; Sergey Nivens, Vasyl Shulga/ Shutterstock; Sea Wave, Tanya Sid/ Shutterstock; belushi/ Shutterstock; Birger Olovson, Dionisvera/ Shutterstock; sportpoint / Shutterstock; ChrisVanLennepPhoto, Jacob Lund, sattahipbeach,/Shutterstock; Catalin Grigoriu/ Shutterstock; Designua/Shutterstock; Andres Garcia Martin/Shutterstock; Cagla Acikgoz/ Victor Moussa/ photoworld; Aleksey Gusev/Shutterstock; Designua/Shutterstock; Fouad A. Saad/Shutterstock; mapichai/Shutterstock; Kitnha/ Elena11 /Shutterstock; dlhca/Shutterstock; ShotStalker/Shutterstock; Sketchart/Shutterstock; tel52/Robert Adrian Hillman/Shutterstock; rzarek/Imagine Photographer; Tomas Ragina/Shutterstock; Rainer Lesniewski/ Shutterstock; Vixit/Shutterstock; Fedor Selivanov/Shutterstock; Phil Emmerson /Shutterstock; stihii/Shutterstock; Fouad A. Saad/Shutterstock; NASA images/Shutterstock; NickJulia/Shutterstock; ch123/Shutterstock; Cozine/ Suzanne Tucker/ Ayman Haykal /Shutterstock; Robert Adrian Hillman/Shutterstock; Sigur/ SUNISA DAENGAM/Shutterstock; Jeroen Mikkers/ Manamana /Shutterstock; duckeesue /Shutterstock; Thomas C. Altman /Shutterstock; Sara Winter / Shutterstock; MaraZe /Shutterstock; Adwo/ Tomowen Shutterstock; Rosalie Kreulen /Shutterstock; Daniel Carlson / Shutterstock; Filip Fuxa/ Fulcanelli/ Shutterstock; lembi /Shutterstock; stihii /Shutterstock; GracePhotos /Shutterstock; Mega Pixel Shutterstock; Justek16 /Shutterstock; Scottish Traveller /Shutterstock; Lori Bonati /Shutterstock; anek.soowannaphoom /Shutterstock; Lost_in_the_Midwest /Shutterstock; B Calkins /Shutterstock; AlexussK / Shutterstock; pablofdezr /Shutterstock; fischers /Shutterstock; corbac40 /Shutterstock; CROX /Shutterstock; Africa Studio /Shutterstock; Emre Terim /shutterstock; Volodymyr Goinyk /shutterstock; Johann Helgason /shutterstock; OSweetNature /shutterstock; Kathryn Snoek/ /shutterstock; Thomas C. Altman; MateusandOlivia /shutterstock; Designua /shutterstock; Rainer Lesniewski /shutterstock; Praveen Menon /shutterstock; Mark Hall /shutterstock; Konoplytska /shutterstock; Igor Alexsander /shutterstock; Zoom Team /shutterstock; Turkey Photo /shutterstock; Dexpixel /shutterstock; Dennis O&#39:Hara /shutterstock; Tetyana Dotsenko /shutterstock; Vadim Nefedoff / shutterstock; Designua /shutterstock; Sabelskaya /shutterstock; Rich Carey /shutterstock; Bill McKelvie/shutterstock; Andrey Burmakin/ kuruneko/ ZoranOrcik/shutterstock; Imagesines/shutterstock; Diagram/shutterstock; HelloRF Zcool/ Andrey Burmakin/shutterstock; Alex Kravtsov/shutterstock; sirtravelalot/shutterstock; Suzanna Tucker/shutterstock; Graph/shutterstock; Gwoeii/shutterstock; Graph/ Oleksii Sidorov/shutterstock; sizov/ LUKinMEDIA/shutterstock; BUY THIS/shutterstock; Stock image/shutterstock; TLaoPhotography/shutterstock; TASER/shutterstock; Roger costa morera/shutterstock; Preto Perola/ HomeArt; topimages/NDT/KKulikov/shutterstock; OSTILL is Franck Camhi/ Wikipedia; Ljupco Smokovski/Alexander Kirch/Stefan Schurr/ Jonah_H/shutterstock; Brocreative/ Motion Arts; Dan Thornberg/shutterstock; faboi/TASER; Miriam Doerr/shutterstock; Martin Frommherz/shutterstock; Bjoern Wylezich/ shutterstock; Inna Bigun/shutterstock; Steven_Mol/shutterstock; goffkein.pro/shutterstock; EugenePut/shutterstock; fotoliza/shutterstock; IDKFA/shutterstock; Yosanon Y/ VarnakovR/shutterstock; Rost9/shutterstock; Tyler Boyes/ shutterstock; Dimarion/shutterstock; Maridav/shutterstock; Dmitry Markov152/shutterstock; Charobnica/Shutterstock; Rvkamalov/Shutterstock; Peter Hermes Furian/Shutterstock; Konstantinks/Shutterstock; Extender_01/Shutterstock; Bjoern Wylezich/Shutterstock; Miriam Doerr/Shutterstock; Martin Frommherz/Shutterstock; LuYago/Shutterstock; Orange Deer studio/Shutterstock; Bob Morse/Morse Scientific Inc.;Olga Popova/Shutterstock; Pavel Sapozhnikov/ Shutterstock; VectorMine/Shutterstock; Paramonov Alexander/Shutterstock;OSweetNature/Shutterstock; Danielz1/ Shutterstock; Dafinchi/Shutterstock; Fen Deneyim/Shutterstock; Artskvortsova/Shutterstock; Nasky/Shutterstock; Adam J/Shutterstock; Bjoern Wylezich/Shutterstock; Denis Radovanovic/Shutterstock; Ipek Morel/Shutterstock; Nito/Shutterstock; Geza Farkas/Shutterstock; Albert Russ/Shutterstock; Orange Deer studio/Shutterstock; Everett Collection/Shutterstock; Mega Pixel/Shutterstock; Ihor Matsiievskyi/Shutterstock; Mahathir Mohd Yasin/Shutterstock; Liveshot/Shutterstock; MTKang/Shutterstock; Andrey Kozyntsev/Shutterstock; Gab90/Shutterstock; Olga Hofman/ Shutterstock; Breck P. Kent/Shutterstock; Beker/Shutterstock; Bob Morse/Morse Scientific Inc.; Frees/Shutterstock; Concept W/Shutterstock; Volha_A./Shutterstock; Aliona Ursu/Shutterstock; StudioMolekuul/Shutterstock; John James/Shutterstock; Photo-World/Shutterstock; Bob Morse/Morse Scientific Inc.; LeysanI/Shutterstock; ADA Photo/ Shutterstock; Elena Zolotukhina/Shutterstock; Bukhta Yurii/Shutterstock; Edward Olive/Shutterstock; Maxx-Studio/ Shutterstock; Peter Sobolev/Shutterstock; LuYago/Shutterstock; Eduardo Estellez/Shutterstock; Shishir Gautam/ Shutterstock; Josep Suria/Shutterstock; Designua/Shutterstock; Izzmain/Shutterstock; Kiran Paul/Shutterstock; Bob Morse/Morse Scientific Inc.; Sansanorth/Shutterstock; Bjoern Wylezich/Shutterstock; Henri Koskinen/Shutterstock; StudioMolekuul/Shutterstock; Humdan/Shutterstock; ibreakstock/Shutterstock; Magnetix/Shutterstock; Fouad A. Saad/Shutterstock; EDU WATANABE/Shutterstock; Kristina Vor/Shutterstock; Wantanddo/Shutterstock;