

## جهاز الغدد الصم

## The Endocrine System

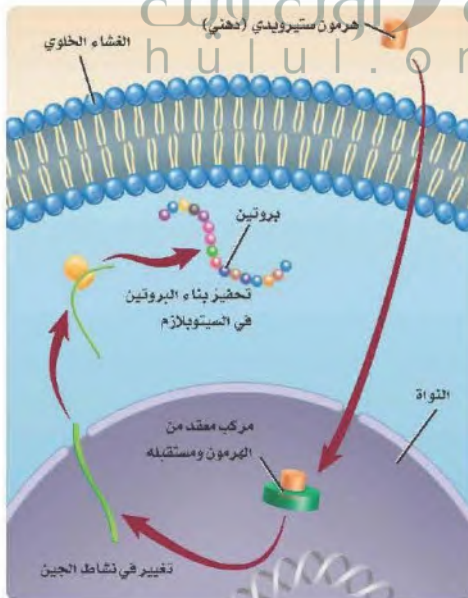
تُنظِّم آليات التغذية الراجعة الهرمونية أجهزة جسم الإنسان.

**التربط مع الحياة** يضغط الشخص على زر إرسال ليرسل رسالة إلكترونية، فتُنقل الرسالة إلكترونياً من الحاسوب عبر نظام حاسوبي مركزي لتصل إلى الحاسوب الآخر خلال ثوان. وهذا يشبه آلية عمل جهاز الغدد الصم في الجسم.

### آلية عمل الهرمونات Action of Hormones

يتكون جهاز الغدد الصم من غدد تعمل عمل نظام اتصال. ويُنتج جهاز الغدد الصم endocrine glands الهرمونات التي تُطلق إلى مجرى الدم، ويتم توزيعها إلى خلايا الجسم. الهرمون hormone مادة كيميائية تؤثر في خلايا وأنسجة مستهدفة معينة؛ لتعطي استجابة محددة. وتُصنّف الهرمونات إلى هرمونات ستيرويدية (دهنية)، وهرمونات غير ستيرويدية أو هرمونات الأحماض الأمينية، بناءً على تركيبها وآلية عملها.

**الهرمونات الستيرويدية Steroid Hormones** هرمونات الإستروجين والبروجستيرون والتستوستيرون من الهرمونات الستيرويدية. ويؤثر كل منهما في أجهزة التكاثر في الإنسان. وجميع الهرمونات الستيرويدية تؤثر في الخلايا المستهدفة لبدء عملية بناء البروتين، كما في الشكل 7-12.



### مراجعة المفردات

الاتزان الداخلي Homeostasis، تنظيم الظروف البيئية الداخلية للمخلوق الحي لاستمرار حياته.

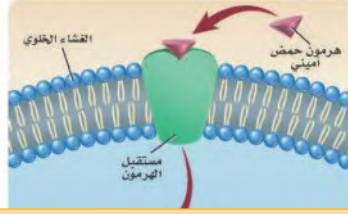
### المضردات الجديدة

الغدد الصم  
الهرمون  
الغدة النخامية  
الثيوكسين  
الكالسيتونين  
الهرمون الجار درقي (باراثايرويد)  
الأنسولين  
الجلوكاجون  
الألدوستيرون  
الكورتيزول  
الهرمون المانع لإدرار البول

■ الشكل 7-12 ينتقل الهرمون الستيرويدي عبر الغشاء الخلوي، ويرتبط مع مستقبل داخل الخلية، فيحفز عملية بناء البروتين.

■ الشكل 13 - 7 يرتبط الهرمون الأميني مع مستقبل على الغشاء البلازمي قبل دخوله الخلية.

وضح الفرق بين هرمونات الأحماض الأمينية والهرمونات الستيرويدية.



تذوب الهرمونات الستيرويدية في الدهون؛ ويمكنها الانتقال عبر الغشاء البلازمي لتصل إلى مستقبلات داخل الخلية، في حين لا تستطيع هرمونات الأحماض الأمينية أن تنتقل عبر الغشاء البلازمي؛ بل عليها الارتباط مع المستقبلات الموجودة على الغشاء البلازمي للخلية

تذوب الهرمونات الستيرويدية في الدهون؛ ويمكنها الانتقال عبر الغشاء البلازمي لتصل إلى مستقبلات داخل الخلية، في حين لا تستطيع هرمونات الأحماض الأمينية أن تنتقل عبر الغشاء البلازمي؛ بل عليها الارتباط مع المستقبلات الموجودة على الغشاء البلازمي للخلية

الوراثية DNA في النواة، مما يحفز جينات محددة لبناء بروتينات معينة.

**هرمونات الأحماض الأمينية Amino Acid Hormones** هرمون الأنسولين وهرمونات النمو من الهرمونات غير الستيرويدية أو هرمونات الأحماض الأمينية. وتتكون هذه الهرمونات من أحماض أمينية. لذا يتعين على هرمونات الأحماض الأمينية أن ترتبط مع مستقبلات موجودة على سطح الغشاء البلازمي للخلية الهدف؛ بسبب عدم قدرتها على الانتشار من خلاله. وبمجرد ارتباط الهرمون مع المستقبل يعمل المستقبل على تنشيط إنزيم موجود داخل الغشاء، مما يؤدي إلى بدء مسار كيميائي حيوي يؤدي في النهاية إلى الاستجابة المرغوبة للخلية.

الشكل 13-7.



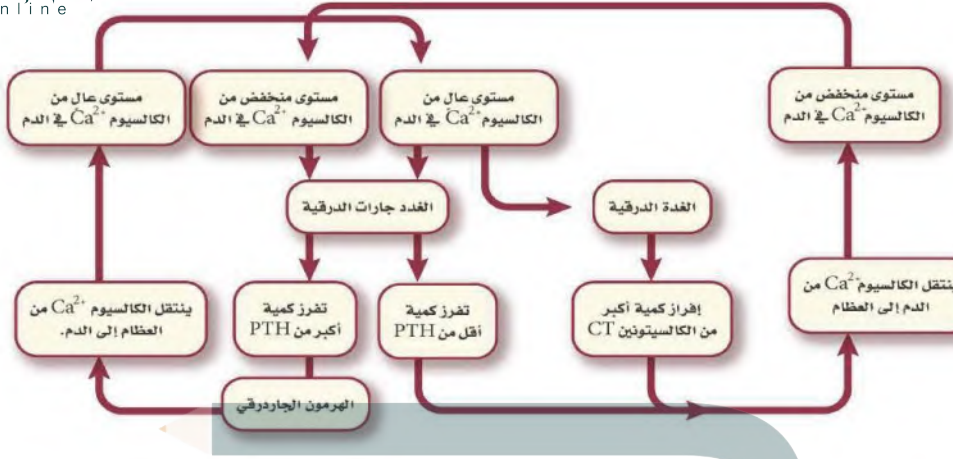
### التغذية الراجعة السلبية Negative Feedback

يتم الحفاظ على اتزان الجسم بواسطة آلية تغذية راجعة تُسمى التغذية الراجعة السلبية؛ حيث تعيد التغذية الراجعة النظام إلى نقطة البداية (النقطة المرجعية set point) بمجرد انحرافه عن هذه النقطة، لذلك يتغير النظام ضمن مدى معين. وقد تكون على دراية بالتغذية الراجعة السلبية من خلال ما تشاهده في بعض الأجهزة الكهربائية في البيت، كما في الشكل 14 - 7. فعلى سبيل المثال، يمكن الحفاظ على درجة حرارة نظام التدفئة المركزية عند درجة 21 °C مثلاً؛ إذ يستشعر منظم الحرارة في هذا النظام الحرارة. فعندما تنخفض دون 21 °C يرسل المنظم إشارة إلى مصدر الحرارة لبدء الاشتعال وإنتاج حرارة أكثر. وعندما ترتفع الحرارة أعلى من 21 °C يرسل منظم الحرارة إشارة إلى مصدر الحرارة ليتوقف عن العمل، ولن يعمل مصدر الحرارة مرة أخرى إلا عند انخفاض درجة الحرارة دون 21 °C، عندما يتم استشعارها بواسطة منظم الحرارة. وتُشبه هذه العملية التغذية الراجعة السلبية.

■ الشكل 14-7 ينظف نظام التدفئة المركزية أو يستعمل بناءً على العلاقة بين درجة الحرارة التي يتم رصدها ودرجة الحرارة المرجعية (التي تم ضبطها).







الشكل 17-7 هرمون الجاردرقي (PTH) وهرمون الكالسيتونين (CT) ينظمان مستوى الكالسيوم في الدم. **وضح.** كيف يمثل عمل كل من الهرمون الجاردرقي PTH وهرمون الكالسيتونين CT آلية التغذية الراجعة السلبية؟

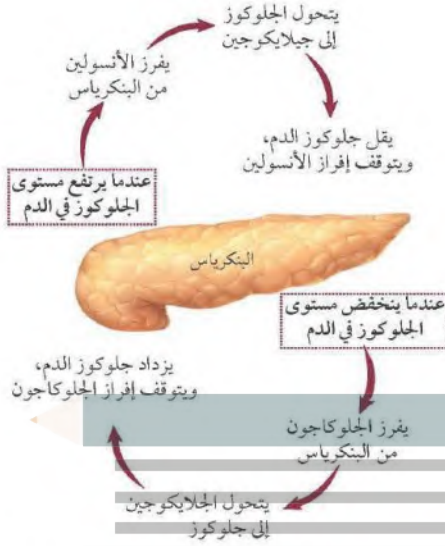
**الغدة الدرقية والغدة جارات الدرقية** Thyroid and Parathyroid Glands تعرف على آلية عمل الغدة الدرقية وجارات الدرقية في الشكل 17-7. تفرز الغدة الدرقية هرموناً يسمى الثيروكسين، وكما في هرمون النمو، لا يقتصر عمل **الثيروكسين** thyroxine على أعضاء محددة، بل يؤدي إلى زيادة معدل الأيض في خلايا الجسم. كما تفرز الغدة الدرقية هرمون **الكالسيتونين** calcitonin (CT) الذي ينقل الكالسيوم من الدم إلى العظام.

عندما ينخفض مستوى الكالسيوم في الدم تفرز الغدة جارات الدرقية الهرمون الجاردرقي لتنشيط المؤثرات التي ترفع من مستوى الكالسيوم في الدم، وعندما يرتفع مستوى الكالسيوم في الدم تفرز الغدة جارات الدرقية كمية أقل من الهرمون الجاردرقي، وتفرز الغدة الدرقية كمية أكبر من هرمون كالسيتونين لإزالة الكالسيوم من الدم



مستوى الكالسيوم، عن طريق تحفيز العظام على إطلاقه. كما يحفز الكليتين على إعادة امتصاص كميات أكبر من الكالسيوم، وكذلك يزيد من امتصاص الأمعاء للكالسيوم من الغذاء. وللغدة الدرقية وجارات الدرقية تأثيرات متضادة في مستوى الكالسيوم في الدم، ويعملهما معاً يحافظان على اتزان الجسم الداخلي، انظر الشكل 18-7. **ماذا قرأت؟** وضح أهمية التغذية الراجعة السلبية في المحافظة على اتزان

استجابة للتغذية الراجعة، عندما يرتفع مستوى مادة معينة في الجسم؛ تفرز الغدة هرمونا منظما يسبب انخفاض مستوى هذه المادة، ويحدث العكس تماما ينخفض مستو هذه المادة؛ إذ يؤدي الهرمون المنظم إلى زيادة إفرازها ويطلق على هذه العملية حلقة التغذية الراجعة وتستمر هذه العملية التي تحافظ على الاتزان الداخلي للجسم



■ الشكل 19-7 الجلوكاجون والأنسولين  
يعملان معاً للحفاظ على مستوى السكر في الدم.

**البنكرياس Pancreas** للبنكرياس دور مهم في إنتاج الإنزيمات التي تهضم الكربوهيدرات والبروتينات والدهون. كما يفرز البنكرياس هرموني الأنسولين والجلوكاجون اللذين يعملان معاً للحفاظ على اتزان الجسم، كما في الشكل 19-7. فعندما يرتفع مستوى الجلوكوز في الدم يفرز البنكرياس هرمون **الأنسولين insulin** الذي يرسل إشارة إلى خلايا الجسم، وخصوصاً في الكبد والعضلات لتسريع عملية تحويل الجلوكوز إلى جلايكوجين الذي يخزن في الكبد. وعندما ينخفض مستوى الجلوكوز في الدم يفرز هرمون الجلوكاجون من البنكرياس. يرتبط **الجلوكاجون glucagon** بخلايا الكبد، فيرسل إليها إشارة ببدء تحويل الجلايكوجين إلى جلوكوز وإطلاقه في الدم.

ينتج مرض السكري عن عدم إنتاج الجسم لكميات كافية من الأنسولين، أو لعدم استعمال الأنسولين على نحو صحيح. وينتج النوع الأول من السكري - الذي يظهر عادة عند الأشخاص في سن العشرين - عن عدم إفراز الجسم للأنسولين. أما النوع الثاني من السكري فيصيب نحو 80-70% من الناس، وعادة ما يحدث بعد سن 40، وينتج عن عدم حساسية خلايا الجسم للأنسولين.

تشمل المضاعفات الناتجة عن مرض السكري أمراض القلب التاجية، وتلف شبكية العين والخلايا العصبية والحموضة أو انخفاض درجة حموضة الدم. وفي نوعي السكري يجب مراقبة مستوى الجلوكوز في الدم، والحفاظ عليه لمنع حدوث المضاعفات الناتجة عن هذا المرض.

مهن مرتبطة مع علم الأحياء

اختصاصي الغدد الصم

Endocrinologist يدرس

اختصاصي الغدد الصم الغدد

التي تفرز الهرمونات، والأمراض

المرتبطة معها.

**الغدد الكظرية (فوق الكلوية) Adrenal Glands** تقع الغدد الكظرية في أعلى الكليتين - ارجع إلى الشكل 15-7. ويسمى الجزء الخارجي من الغدد الكظرية القشرة، وهي التي تقوم ببناء الهرمون الستيرويدي ألدوستيرون، ومجموعة أخرى من الهرمونات تُسمى الهرمونات القشرية السكرية، ومنها: الكورتيزول. ويؤثر هرمون **ألدوستيرون** aldosterone في الكليتين، وهو ضروري جداً لإعادة امتصاص أيونات الصوديوم. أما **الكورتيزول** cortisol فيساعد على زيادة مستوى الجلوكوز في الدم، ويقلل من الالتهابات. وللجسم آليات مختلفة في الاستجابة للضغوطات النفسية، مثل "استجابة المواجهة أو الهروب" في الجهاز العصبي. ويرتبط جهاز الغدد الصم أيضاً بهذه الأنواع من الاستجابات (ردود الفعل)، "إفراز الأدرينالين" يحدث عندما تنطلق كمية من الطاقة في موقف يدعو إلى التوتر. ويفرز الجزء الداخلي من الغدد الكظرية إبينفرين (أدرينالين)، ونورإبينفرين (نور أدرينالين)، ويعمل هذان الهرمونان معاً على زيادة معدل نبض القلب، وضغط الدم ومعدل التنفس ومستوى السكر في الدم. وجميع هذه العوامل مهمة في زيادة نشاط خلايا الجسم في أثناء المواقف العصبية.

#### المطلوبات

ضمن مطوبتك معلومات من هذا القسم.

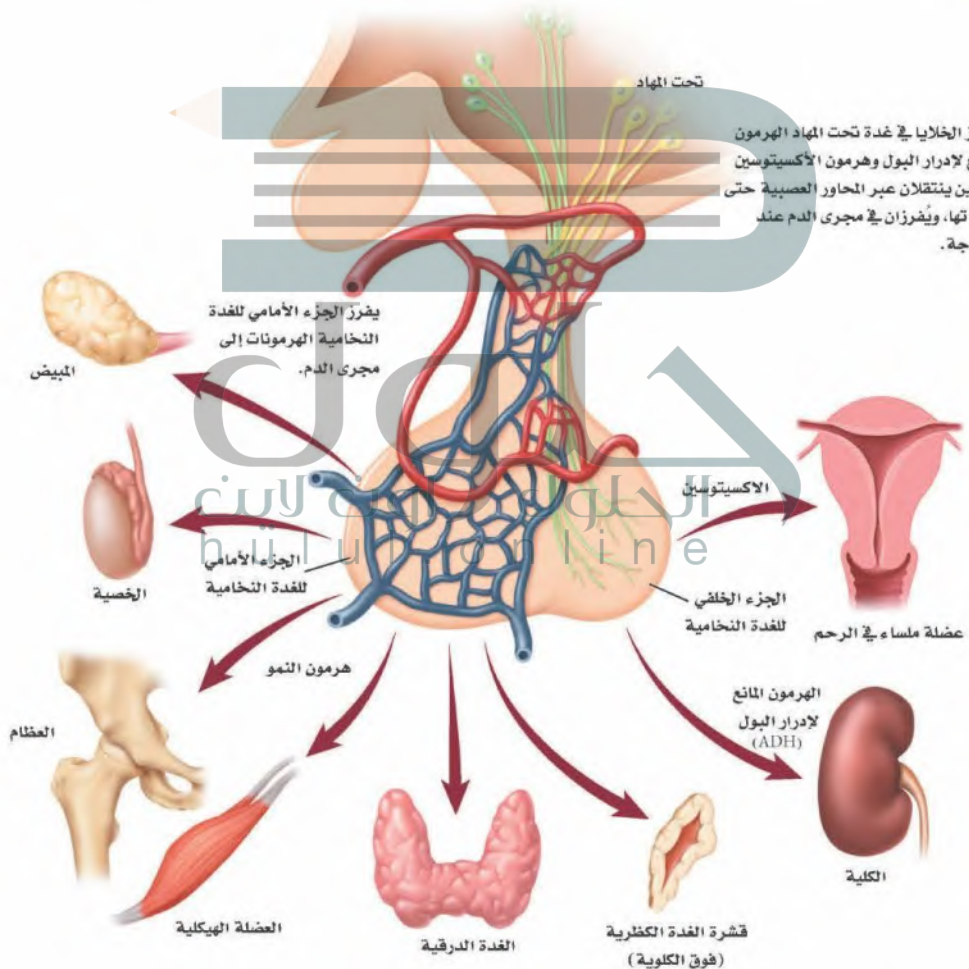
ج ١: قد يذكر الطلاب الهرمونات التالية: الهرمون المانع لإدرار البول؛ الأنسولين، الجلوكاجون، الألدوستيرون؛ الإبينفرين؛ النورإبينفرين؛ الثيروكسين، الكالسيتونين؛ والهرمون الجاردرقي، تتطلب العديد من الأنشطة المتنوعة استجابة جسدية مشابهة؛ يتحكم فيها عدد قليل من الهرمونات

ج ٢: قد تشتمل أجهزة الجسم التي تظهر في النشاطات: الجهاز العصبي وجهاز الدوران، الهيكل، العضلي التنفسي والجهاز الإخراجي، ويؤدي جهاز الغدد دوراً مهماً في وظائف جميع أجهزة الجسم

1. حدد نشاطاً معيناً. ماذا يحدث للجسم في أثناء التحضير للنشاط، ثم عند القيام به، وبعد الانتهاء منه.
2. التفكير الناقد. هل تكرر ظهور الهرمونات نفسها في معظم البرامج التي درستها في الخطوة ١؟ ولماذا؟
3. تحليل أنك تكتب برنامجاً حاسوبياً، وأن جسمك سيتابع النشاط إلى حين انتهائه. تتبع الخطوات التي تحدث كما في الخطوة 2.
4. استخلص النتائج. اعمل قائمة بأجهزة الجسم الرئيسة التي مثلتها في برنامجك. علام يدل هذا بالنسبة لعدد وظائف الجسم التي يتحكم فيها جهاز الغدد الصم؟



الشكل 20 - 7 يحافظ تحت المهاد Hypothalamus على الإتزان الداخلي للجسم؛ بوصفه حلقة وصل بين الجهاز العصبي وجهاز الغدد الصم. تتصل منطقة تحت المهاد من خلال تركيب خاص بالغدة النخامية التي تتكون من جزأين (أمامي وخلفي يتصلان معاً بواسطة جزء وسطي). ويغزن الجزء الخلفي من الغدة النخامية هرمونين هما: المانع لإدرار البول، والأكستوسين اللذان تفرزهما منطقة تحت المهاد لحين الحاجة إليها وتعمل الغدة النخامية أيضاً على إنتاج وإفراز الهرمونات التي تنظم عمل الخصيتين والمبيضين والغدة الدرقية والغدد الكظرية.



## الربط مع الجهاز العصبي

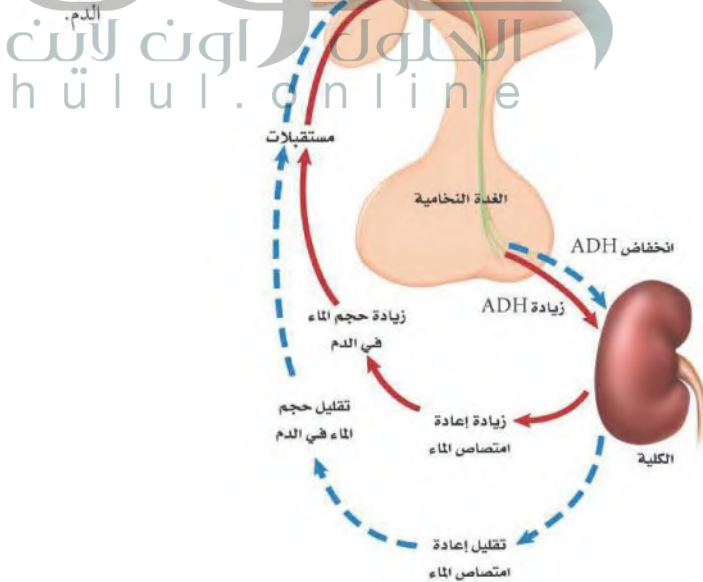
### Link to the Nervous System

ينظم كل من الجهاز العصبي وجهاز الغدد الصم نشاطات الجسم، ويحافظان على اتزانه. ارجع إلى الشكل 20-7 لدراسة دور تحت المهاد في اتزان الجسم. تُنتج تحت المهاد هرمونين، هما هرمون الأكسيتوسين، والهرمون المانع لإدرار البول. وينتقل هذان الهرمونان عبر المحاور العصبية، ويتم تخزينهما في نهايات المحاور التي تقع في الغدة النخامية.

تتمثل وظيفة الهرمون المانع لإدرار البول ADH antidiuretic hormone في الحفاظ على اتزان الجسم عن طريق تنظيم اتزان الماء.

ويؤثر هرمون ADH جزئياً في الأنابيب الجامعة في الكليتين. فعندما تعمل خارج المنزل في أيام الصيف الحارقة، وينتج جسمك كميات كبيرة من العرق قد يجعلك عرضة للإصابة بالجفاف، فعندها تستشعر الخلايا الموجودة تحت المهاد تعرضك للجفاف وانخفاض مستوى الماء في الدم، فتستجيب الخلايا بإفراز الهرمون المانع لإدرار البول من المحاور العصبية في الغدة النخامية التي اختزن هذا الهرمون. ويبين الشكل 21-7 انتقال الهرمون المانع لإدرار البول مع الدم ليصل إلى الكلية.

■ الشكل 21-7 يتحكم الهرمون المانع لإدرار البول ADH في تركيز الماء في الدم.





ج٣: كلا النظامين يحافظ على الاتزان الداخلي للجسم؛ فمثلاً منطقة تحت المهاد جزء

من الدماغ وتفرز الهرمون المانع لإدرار البول الذي ينظم اتزان الماء في الجسم

ج٤: تنظم الغدة النخامية العديد من وظائف الجسم؛ وكذلك تنظم عمل الغدد الصم الأخرى، وتزيد هرمونات الدرقية من عملية الأيض وتنظم مستوى الكالسيوم، كما ترفع الهرمونات الجاردرقية من مستوى الكالسيوم في الدم، ويساعد البنكرياس على عملية الهضم ويفرز هرمونات تنظم مستوى السكر في الدم، كما تساعد هرمونات القشرة الكظرية (فوق الكلى) على إعادة امتصاص الصوديوم ورفع مستوى السكر في الدم وتقلل من حدوث الالتهاب

ج٥: يبطئ نقص هرمون الثيروكسين الناتج عن نقص اليود من عملية الأيض في الخلايا العصبية في الدماغ، في حين اليود الموجود في ملح الطعام من هذه المشكلة

ج١: تعمل الهرمونات في اتجاه معاكس للمؤثر، ولذا توصف التغذية الراجعة بالسلبية

ستيرويديه وهرمونات الاحماض  
الأمية

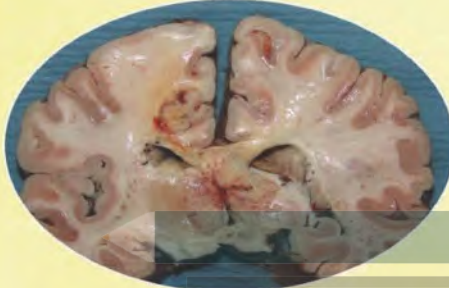
ج٢: يفرز الأنسولين عندما يرتفع مستوى سكر الجلوكوز في الدم ويفرز الجلوكاجون عندما ينخفض مستوى الجلوكوز في الدم

1. الغدة: الرئيسة  
أدت إلى تسمية نظام التغذية الراجعة للهرمونات بالتغذية الراجعة السلبية.
2. توقع. متى تتوافر مستويات عالية من الأنسولين والجلوكاجون في دم الإنسان.
3. وضع. آلية عمل الجهاز العصبي وجهاز الغدد الصم معاً للحفاظ على الاتزان الداخلي للجسم.
4. حدد. صف وظيفة كل من: الغدة النخامية، والدرقية، وجارات الدرقية، والبنكرياس، والغدد الكظرية.
5. ابحث. اليود عنصر مهم جداً لوظيفة الغدة الدرقية. ويُعد نقص اليود عند الأجنة وفي مرحلة الطفولة سبباً رئيساً في حدوث الإعاقات العقلية التي يسهل الوقاية منها. توقع كيف يؤدي نقص اليود إلى الإعاقة العقلية أو أية مشاكل صحية أخرى. استخدم مكتبة مدرستك أو الشبكة الإلكترونية للبحث عن طرائق للتخفيف من هذه الآثار. واذكر بعض المصادر الغنية بعنصر اليود.
6. حلل. كيف يؤدي خلل في آلية التغذية الراجعة السلبية إلى وفاة المخلوق الحي؟

تتنوع الإجابات، مثال: يؤدي حدوث خلل في الهرمون المانع لإدرار البول المنظم لمستوى الماء في الجسم إلى جفاف خطير أو مميت

## مهنة في علم الأحياء: الاختصاصي في الطب الشرعي، والاختصاصي في علم السموم

إثراء علمي



قطاع عرضي في الدماغ يمكن أن يستعمل لبيان أسباب الوفاة.

### الأدوات والتقنيات التي يستعملها اختصاصي الطب الشرعي

هل يمكن للشخص المتوفى أن يتكلم؟ بطريقة ما، نعم؛ إذ يمكن لجسم الميت توضيح الظروف المحيطة بالوفاة؛ حيث يجمع اختصاصي الطب الشرعي البيانات من الجسم ويحللها؛ لتحديد كيف مات الشخص؟ وتساعد الأدوات والتقنيات والطرائق العلمية التي يستعملها اختصاصي الطب الشرعي المحققين على تتبع ما حدث خلال الساعات الأخيرة من حياة الشخص، وكذلك الأسباب التي أدت إلى وفاته.

في بعض الحالات، نعم. يُستخدم المجهر الإلكتروني الماسح لتحديد جزيئات الطعام. كما يمكن أن يساعد أخذ عينة من المعدة تتطابق مع الوجبة الأخيرة، المحققين على تحديد وقت الوفاة.

**محتويات المعدة تكشف عن حدوث التسمم** قد ترتبط المواد السامة - ومنها بعض المنتجات المنزلية والسموم والعقاقير - بالوفاة. واختصاصي الطب الشرعي متخصص في تعريف وتحديد المواد الكيميائية الغريبة التي قد تؤدي إلى الوفاة.

يتم تدريب اختصاصي الطب الشرعي على ملاحظة التفاصيل الدقيقة التي قد تضيف أحياناً معلومات جديدة تساعد على رواية قصة الساعات الأخيرة من حياة الشخص.

**الأدلة من التشريح** إن الهدف من التشريح هو عمل تسجيل قانوني وذاتهم لخصائص الجسم. خلال عملية التشريح يفحص الاختصاصي ويزن كلا من الرئتين والدماغ والقلب والكبد والمعدة، ويستعمل المشروط لأخذ مقاطع رقيقة جداً من هذه الأعضاء، مثل صورة شريحة الدماغ في الشكل العلوي، ثم تحفظ هذه الشرائح كيميائياً لمنعها من التعفن.

**الهضم ووقت الوفاة** ما أهمية فحص اختصاصي الطب الشرعي محتويات معدة الضحية؟ يتوقف الهضم لحظة الوفاة، ويمكن للاختصاصي أن يفحص المعدة لتقدير الوقت؛ فإذا كانت المعدة فارغة تماماً يكون احتمال موت الضحية بعد ثلاث ساعات على الأقل من تناوله الطعام، وإذا كانت الأمعاء الدقيقة فارغة، فيحتمل حدوث الوفاة بعد 10 ساعات على الأقل بعد الوجبة الأخيرة. هل يمكن تحديد نوع الطعام في المعدة؟

**الكتابة في علم الأحياء** هناك وظيفة لاختصاصي علم الأمراض في مدينتك. أكتب إعلاناً عن هذه الوظيفة، وتأكد من اشتغال الإعلان على التقنيات والإجراءات التي يجب أن يُلمَّ بها المتقدمون لهذه الوظيفة، بالإضافة إلى المهارات العامة والخصائص التي يجب أن يمتلكوها.



## مختبر الأحياء

### كيف تُقارن بين معدل هضم النشا في أنواع مختلفة من البسكويت؟

خطتك كلما كان ذلك ضرورياً.

- أي العوامل ستبقى ثابتة؟
- هل وضعت عينة للمقارنة؟
- كيف تعرف أن هضم النشا اكتمل في كل عينة؟
- كيف تحافظ على ثبات الكمية التي سيتم اختبارها لكل نوع من أنواع البسكويت؟
- هل سילاثم المخطط بياناتك؟

5. تأكد من موافقة معلمك على خطتك قبل البدء في العمل.

6. قُم بإجراء التجربة.

7. التنظيف والتخلص من الفضلات تخلص من محتوى أنابيب الاختبار حسب الإجراءات المتبعة. ونظف الأواني الزجاجية والمعدات، وأعدّها إلى مكانها، ثم اغسل يديك جيداً بعد التعامل مع المواد الكيميائية والأواني الزجاجية.

#### حلل ثم استنتج

1. حلل. ما تأثير إنزيم الأميليز في النشا الموجود في قطع البسكويت؟
2. لاحظ واستنتج. أي أنواع البسكويت كان فيه هضم النشا أسرع؟ ولأم يشير هذا بشأن كمية النشا الموجودة في قطعة معينة مقارنة بالأنواع الأخرى؟
3. التفكير الناقد. ما الاختلافات بين مكونات أفواه الناس التي قد تؤثر في هضم الأميليز للنشا؟ فسر ذلك.
4. تحليل الخطأ. هل أظهرت أي خطوة من خطوات التجربة أي متغيرات لم تُضبط؟ فسر كيف يمكن إعادة تصحيح خطوات العمل للتحكم في هذه العوامل أو المتغيرات.

#### طبّق مهارتك

أعد تصميم تجربتك لتحديد تأثير الظروف المتغيرة ومنها درجة الحرارة أو الرقم الهيدروجيني pH في عملية هضم النشا بواسطة إنزيم الأميليز في واحدة من قطع البسكويت.

**الخلفية النظرية:** يبدأ هضم النشا في الفم، حيث يحطم إنزيم الأميليز الموجود في اللعاب النشا إلى جزيئات سكر أصغرهما الجلوكوز الذي يعد مصدراً مهماً للطاقة. وتختلف الأطعمة ومنها - البسكويت فيما تحتويه من النشا. تقارن في هذا المختبر بين سرعة هضم النشا في أنواع عدة من البسكويت؛ لتحديد الكمية النسبية في كل نوع.

**سؤال:** كيف تُقارن بين الأوقات اللازمة لهضم النشا بواسطة إنزيم الأميليز في الأنواع المختلفة من

ج ١: يؤدي الأميليز إلى تحليل النشا إلى سكريات بسيطة

ج ٢: تطلب قطع البسكويت المحتوية على كمية قليلة من النشا أقل زمن ممكن للهضم

ج ٣: تختلف درجة الحموضة ودرجة الحرارة والمواد الكيميائية الآخر من قم إلى آخر، ويتم التحكم بكل من درجة الحرارة ودرجة الحموضة بواسطة إذابة قطع البسكويت في محاليل تحت ظروف ثابتة، مع ذلك قد تحتوي قطع البسكويت المختلفة على مركبات مختلفة لها تأثير في هضم النشا مما يجعلها من المتغيرات غير المسيطر عليها