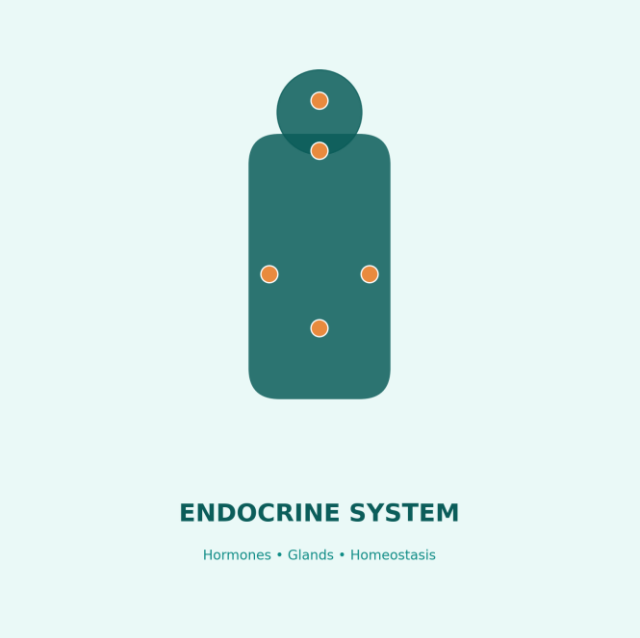
سلسلة الأحياء التعليمية

# جهاز الغدد الصمّاء

## Endocrine System

*الهرمونات، الغدد، وآليّة التحكّم في اتزان الجسم الداخلي*




**كتاب رقمي تفاعلي — الصف الحادي عشر**

# حقوق النشر

جميع الحقوق محفوظة © ٢٠٢٦

هذا الكتاب الرقمي أُعدّ لأغراض تعليمية بحتة، اعتمادًا على منهاج الأحياء للصف الحادي عشر (الجزء الأول)، وتمت إعادة صياغته وتنظيمه وإثراؤه علميًا بما يخدم الأهداف التعليمية دون الإخلال بمحتوى المنهاج الرسمي.

لا يجوز إعادة طباعة هذا الكتاب أو أي جزء منه أو توزيعه تجاريًا دون إذن خطي مسبق من الجهة المُعدّة، وتبقى الاستخدامات التعليمية والشخصية غير التجارية مسموحًا بها.

المصادر العلمية الإضافية المعتمدة عند الإثراء: منظمة الصحة العالمية (WHO)، المعاهد الوطنية للصحة الأمريكية (NIH)، المركز الوطني لمعلومات التقانة الحيوية (NCBI)، إلى جانب دوريات علمية محكّمة.

# مقدمة الكتاب

يشكّل جهاز الغدد الصمّاء، إلى جانب الجهاز العصبي، الجهازين الرئيسين اللذين يتوليان تنظيم وظائف جسم الإنسان والتنسيق بينها. فبينما تُرسِل الخلايا العصبية إشارات كهربائية سريعة الاستجابة، تُفرز الغدد الصمّاء رسائل كيميائية بطيئة نسبيًا لكنها أكثر شمولًا وامتدادًا في الزمن، تُعرف بالهرمونات.

يتناول هذا الكتاب الرقمي جهاز الغدد الصمّاء بأسلوب علمي مبسّط، يبدأ من تركيب الجهاز وتصنيف هرموناته، مرورًا بآليّة عمل كل نوع منها، وصولًا إلى استعراض أهم الغدد الصمّاء في جسم الإنسان ووظائفها، والاختلالات الصحية الناتجة عن خللها، وانتهاءً بالتكامل الدقيق بين هذا الجهاز والجهاز العصبي.

صُمِّم الكتاب وفق أحدث أسس التصميم التعليمي الرقمي، بحيث يجمع بين الشرح العلمي الدقيق، والرسوم التوضيحية، والجداول المقارنة، والأنشطة التطبيقية، وأسئلة التقويم المتدرجة، بما يتيح للمتعلم بناء فهم متكامل ومترابط لموضوع الغدد الصمّاء.

# أهداف التعلّم

بعد الانتهاء من دراسة هذا الكتاب، ستكون قادرًا على أن:

١. توضيح المقصود بالمفاهيم الآتية: الغدد القنوية، الغدد الصمّاء، والهرمون.

٢. التعرّف إلى الغدد الرئيسة في جسم الإنسان، وبعض الهرمونات التي تفرزها، وأهميّتها، وآليّة عملها والتحكم في إفرازها.

٣. استنتاج بعض المشكلات الصحية الناتجة عن الاختلالات في عمل النظام الهرموني.

٤. التعرّف إلى بعض استخدامات الهرمونات في العلاج والطب الحديث.

٥. تبيّن التكامل بين عمل الجهاز العصبي وجهاز الغدد الصمّاء في المحافظة على اتزان الجسم الداخلي.

# كيفية استخدام الكتاب

- اقرأ أهداف التعلّم في بداية كل فصل لتحديد ما يُتوقّع منك تحقيقه.
- تأمّل الأشكال التوضيحية جيدًا، فهي جزء أساسي من الشرح وليست عنصرًا زخرفيًا.
- توقّف عند صناديق «المصطلحات» لحفظ المفهوم بمصطلحيه العربي والإنجليزي معًا.
- ناقش الأسئلة المرافقة للأشكال والأنشطة مع زملائك أو معلمك لتعميق الفهم.
- استعن بصندوقي «هل تعلم؟» و«نصيحة صحية» لربط المحتوى بالحياة اليومية.
- أجب عن أسئلة نهاية الفصل تدريجيًا من السهل إلى الصعب، ثم راجع الخريطة المفاهيمية والملخص قبل الانتقال للاختبار الشامل.

# جدول المحتويات

**حقوق النشر** ..... ٣

**مقدمة الكتاب** ..... ٤

**أهداف التعلّم** ..... ٥

**كيفية استخدام الكتاب** ..... ٦

**الفصل: جهاز الغدد الصمّاء (Endocrine System)** ..... ٨

١. تركيب جهاز الغدد الصمّاء ..... ٨

٢. تصنيف الهرمونات ..... ١٠

٣. آليّة عمل الهرمونات والتحكّم في إفرازها ..... ١١

٤. آليّة التغذية الراجعة المثبّطة ..... ١١

٥. الغدد الرئيسة في جسم الإنسان وهرموناتها ..... ١٣

٥,١ الغدة النخامية ..... ١٣

٥,٢ غدة البنكرياس ..... ١٥

٥,٣ الغدة الدرقية ..... ١٥

٥,٤ الغدد جارات الدرقية ..... ١٧

٥,٥ الغدد الكظرية ..... ١٧

٦. التكامل بين الجهاز العصبي وجهاز الغدد الصمّاء ..... ١٩

٧. المشكلات الصحية الناتجة عن اختلالات النظام الهرموني ..... ٢٠

٨. التطبيقات الحياتية والصناعية والطبية ..... ٢١

الخريطة المفاهيمية وملخص الفصل ..... ٢٢

أسئلة تقويم الفصل ..... ٢٣

الاختبار الشامل (٣٠ سؤالًا) ..... ٢٥

مفتاح الإجابات ..... ٢٧

المراجع ..... ٢٨

# الفصل: جهاز الغدد الصمّاء (Endocrine System)

## مقدمة الفصل

لماذا يتوقف نمو بعض الأطفال بشكل غير طبيعي بينما يستمر نمو غيرهم بمعدل مضطرد؟ ولماذا تشعر بالتوتر وتسارع نبضات القلب قبل امتحان مهم؟ ولماذا يحتاج بعض الأشخاص إلى حقن الإنسولين يوميًا؟ الإجابة عن هذه الأسئلة وغيرها الكثير تكمن في عمل جهاز صغير الحجم عظيم الأثر، يعمل بصمت داخل الجسم: جهاز الغدد الصمّاء.

يتآزر الجهاز العصبي وجهاز الغدد الصمّاء في التحكّم بعمل الأنسجة والأعضاء؛ ليؤديا وظائفهما بشكل منظّم ومتكامل. فما المقصود بالغدة الصمّاء؟ وما الهرمون ووظيفته؟ وكيف ينتقل الهرمون إلى الخلية الهدف؟ وما آليّة عمله داخل الخلايا؟ وما أثر الخلل في إفراز الهرمون على صحة الإنسان؟ هذه الأسئلة، وغيرها، ستتمكن من الإجابة عنها بعد دراستك هذا الفصل.

## ١. تركيب جهاز الغدد الصمّاء

يتكوّن جهاز الغدد الصمّاء من مجموعة من الغدد اللاقنوية (Ductless Glands)، أي الغدد التي لا تمتلك قنوات لنقل إفرازاتها، فهي تُفرز موادّ كيميائية بكميات قليلة جدًا مباشرة في الدم، تُسمّى هذه الموادّ الهرمونات (Hormones). وتنتقل الهرمونات عبر الدم إلى جميع أنحاء الجسم، إلا أنها لا تؤثر إلا في الخلايا التي تمتلك مستقبلات نوعية لها، وتُسمّى هذه الخلايا الخلايا الهدف (Target Cells).

وكلمة «هرمون» ذات أصل يوناني، وتعني المُنشِّط أو المُثير أو حامل الرسالة؛ لأن الهرمون ينقل «رسالة كيميائية» من الغدة التي أفرزته إلى خلايا بعيدة عنها قد تكون في طرف الجسم الآخر.

*شكل (١): مواقع أهم الغدد الصمّاء في جسم الإنسان*

**الغدد القنوية (Exocrine Glands)**
غدد تفرز موادّها عبر قنوات خاصة إلى سطح الجسم أو تجويف عضو، مثل الغدد اللعابية والعرقية.

**الغدد الصمّاء (Endocrine Glands)**
غدد لا قنوية تُفرز الهرمونات مباشرة في الدم لتصل إلى الخلايا الهدف في أنحاء الجسم كافة.

**الهرمون (Hormone)**
مادة كيميائية تُفرز بكميات قليلة من غدة صمّاء، وتنتقل عبر الدم لتؤثر في خلايا هدف محددة.

**الخلايا الهدف (Target Cells)**
خلايا تمتلك مستقبلات نوعية قادرة على الارتباط بهرمون معيّن والاستجابة له.

*سؤال للمناقشة: يتكوّن أيّ جهاز من أجهزة الجسم من أعضاء متصلة مع بعضها البعض، بينما تنتشر الغدد الصمّاء في أنحاء الجسم دون اتصال عضوي مباشر بينها. فلماذا سُمّيت مع ذلك «جهازًا»؟ ولماذا سُمّيت «صمّاء»؟*

## ٢. تصنيف الهرمونات

تُصنَّف الهرمونات، حسب طبيعتها الكيميائية، إلى مجموعتين رئيستين تختلفان في تركيبهما، وطرق نقلهما في الدم، وآليّة عملهما في الخلية الهدف:

### أ. الهرمونات الستيرويدية (Steroid Hormones)

هرمونات دهنية الطبيعة، تُشتقّ من الكوليسترول، وتذوب في الدهون؛ لذا تنتقل في الدم مرتبطة ببروتينات ناقلة، مثل هرمونات قشرة الغدة الكظرية والهرمونات الجنسية.

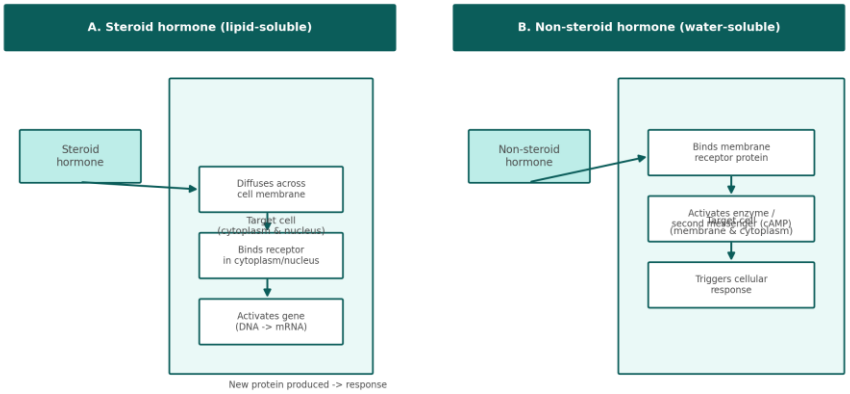
### ب. الهرمونات غير الستيرويدية (Non-Steroid Hormones)

تشمل الهرمونات البروتينية والببتيدية والمشتقة من الأحماض الأمينية، وهي قابلة للذوبان في الماء، فتنتقل ذائبة في بلازما الدم دون الحاجة إلى بروتين ناقل، مثل الإنسولين والأدرينالين.

| وجه المقارنة | الهرمونات الستيرويدية | الهرمونات غير الستيرويدية |
|---|---|---|
| الأصل الكيميائي | مشتقة من الكوليسترول (دهنية) | بروتينات أو ببتيدات أو مشتقة من أحماض أمينية |
| الذوبان | تذوب في الدهون | تذوب في الماء |
| طريقة النقل في الدم | مرتبطة ببروتينات ناقلة | ذائبة حرة في بلازما الدم |
| موقع المستقبل | داخل الخلية (السيتوبلازم أو النواة) | على سطح الغشاء الخلوي |
| أمثلة | الكورتيزول، الألدوستيرون، الإستروجين، التستوستيرون | الإنسولين، الغلوكاغون، الأدرينالين، هرمون النمو |

## ٣. آليّة عمل الهرمونات والتحكّم في إفرازها

تؤثر الهرمونات في الخلايا الهدف عن طريق ارتباطها بمستقبلات بروتينية نوعية، إمّا أن تكون على سطح الغشاء الخلوي للخلية، أو داخل الخلية في السيتوبلازم أو النواة، وذلك تبعًا لنوع الهرمون:




*شكل (٢): آليّة عمل الهرمونات الستيرويدية وغير الستيرويدية*

### أ. آليّة عمل الهرمونات الستيرويدية

تذوب الهرمونات الستيرويدية في دهون الغشاء الخلوي، فتنفذ عبره بحرّية إلى سيتوسول الخلية، ثم إلى النواة لترتبط بالمستقبل. تؤثر هذه المستقبلات، بعد ارتباطها بالهرمون، في جينات محددة؛ فتُنشّطها أو تُثبّطها، ما يؤدي إلى إحداث استجابة فسيولوجية عن طريق التأثير في إنتاج البروتينات من هذه الجينات.

### ب. آليّة عمل الهرمونات غير الستيرويدية

ترتبط الهرمونات غير الستيرويدية بمستقبل بروتيني موجود على سطح الغشاء الخلوي، وينشّط هذا الارتباط إنزيمات خاصة موجودة في الأغشية الخلوية، أو تكون جزءًا من المستقبل الهرموني نفسه؛ ما يؤدي إلى تنشيط رسول كيميائي ثانٍ، مثل الرسول الحلقي (cAMP) الناتج من تفكّك ATP، وهذا بدوره ينشّط إنزيمات وبروتينات أخرى في سيتوسول الخلية تعمل على إحداث تغيّرات وظيفية في الخلية الهدف.

> **الرسول الثاني (Second Messenger)**
> جزيء داخل الخلية (مثل cAMP) ينقل إشارة الهرمون غير الستيرويدي من المستقبل السطحي إلى داخل الخلية لإحداث الاستجابة.

## ٤. آليّة التغذية الراجعة المثبّطة (Negative Feedback)

تتحكّم آليّات التغذية الراجعة في إفراز الهرمونات ضمن مدى محدد، بما يحافظ على الاتزان الداخلي؛ إذ تعمل هذه الآليّة على تثبيط إنتاج الغدة للمادة الأوّليّة المحفِّزة عندما يرتفع تركيز المادة الثانوية الناتجة عن تأثيرها فوق الحدّ الطبيعي.

مثال تطبيقي: تثبط التراكيز العالية من هرمونات الغدة الدرقية (T3 وT4) إفراز الهرمون المحرّر (TRH) من تحت المهاد، وإفراز الهرمون المنشِّط للغدة الدرقية (TSH) من الفلقة الأمامية للغدة النخامية؛ فتتوقف الغدة الدرقية عن إفراز مزيد من هرموناتها حتى تعود إلى حالة الثبات.

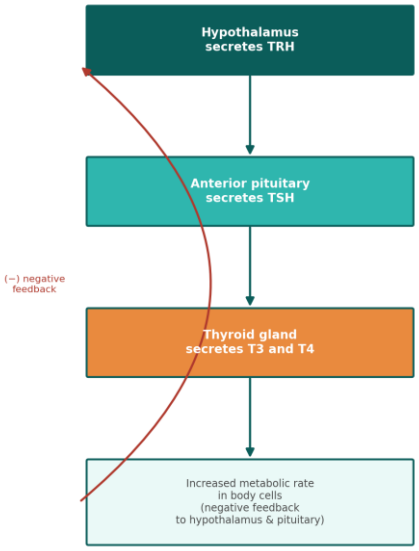



Figure 5. Hypothalamus-pituitary-thyroid feedback axis

***شكل (٣): آليّة التغذية الراجعة بين تحت المهاد والغدة النخامية والغدة الدرقية***

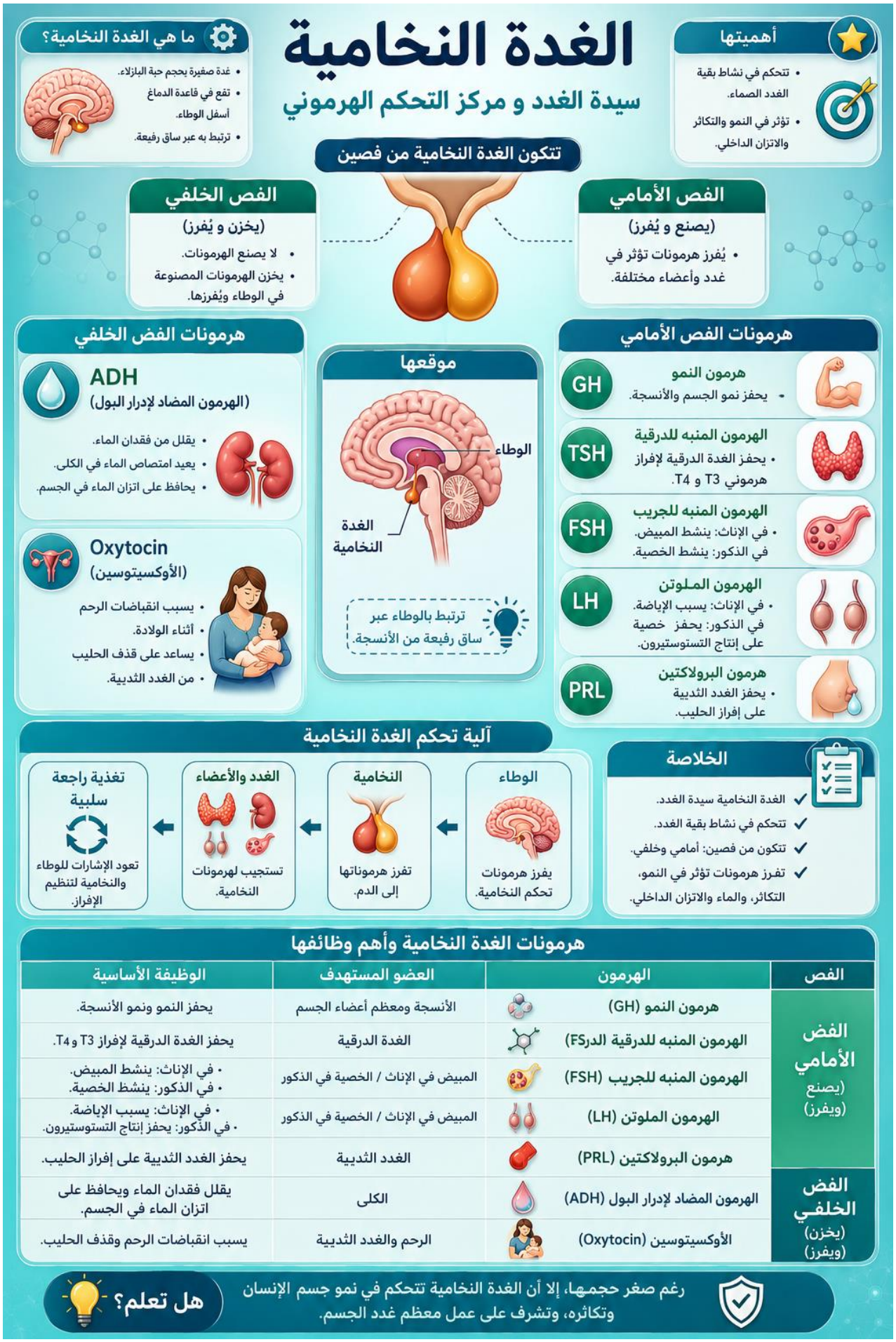
**هل تعلم؟**

تعمل معظم هرمونات الجسم بآليّة التغذية الراجعة السالبة (المثبّطة)، إلا أن بعض الهرمونات، مثل هرمون الأوكسيتوسين أثناء الولادة، تعمل بآليّة تغذية راجعة موجبة (معزّزة) تزيد من شدّة الاستجابة حتى تحقيق الهدف الفسيولوجي (مثل ولادة الجنين)، ثم تتوقف الاستجابة تمامًا بعد ذلك.

## ٥. الغدد الرئيسة في جسم الإنسان وهرموناتها

### ٥٫١ الغدة النخامية (Pituitary Gland)

غدة صغيرة الحجم، يبلغ قطرها نحو ١ سم، وكتلتها نصف غرام تقريبًا، تقع أسفل تحت المهاد (Hypothalamus) في قاعدة الدماغ. وتُسمّى الغدة النخامية «سيّدة الغدد» (Master Gland)؛ لأنّ هرموناتها تنظّم عمل معظم الغدد الصمّاء الأخرى في الجسم. تتكوّن الغدة النخامية من فلقتين رئيستين:




*شكل (٤): فلقتا الغدة النخامية وأهم الهرمونات التي تفرزها*

### أ. الفلقة الأمامية (Anterior Lobe)

تتكوّن من خلايا غُدّية متخصصة، تُنتج وتُفرز عددًا من الهرمونات المؤثرة في تنظيم إفرازات غدد أخرى، من أهمّها:

- هرمون النمو (GH – Growth Hormone): يُحفِّز انقسام الخلايا ونموّها، وخاصة خلايا العظام والعضلات، ويُنظّم عمليات الأيض. ويؤدي زيادة إفرازه بعد سنّ البلوغ إلى تضخّم نهايات العظام (العملقة أو ضخامة الأطراف)، بينما يؤدي نقصه في الطفولة إلى القزامة.
- الهرمون المحفِّز للغدة الدرقية (TSH): ينظّم إفراز هرمونات الغدة الدرقية.
- الهرمون الموجِّه لقشرة الكظرية (ACTH): ينظّم إفراز هرمونات قشرة الغدة الكظرية.
- هرمون الحليب (Prolactin – PRL): يحفِّز إنتاج حليب الرضاعة لدى الأمهات بعد الولادة.
- الهرمون المنشِّط للحويصلة (FSH): ينشِّط نمو حويصلات غراف في المبيض، ويساعد على إنضاج البويضات عند الأنثى، ويحفِّز إنتاج الحيوانات المنوية عند الذكر.
- الهرمون المنشِّط للجسم الأصفر (LH): يحفِّز انفجار الحويصلة وخروج البويضة الثانوية منها (الإباضة)، ويؤثر في إفراز الهرمونات الجنسية الذكرية والأنثوية.

### ب. الفلقة الخلفية (Posterior Lobe)

تتركّب أساسًا من ألياف عصبية، تقع أجسامها الخلوية في تحت المهاد، وتُعدّ مخزنًا للهرمونات التي تُنتجها الخلايا العصبية تحت المهاد، ثم تُفرزها عند الحاجة، وهرموناتها هي:

- الهرمون المانع لإدرار البول (ADH): يُفرز استجابة لانخفاض حجم الدم أو ارتفاع أسموزيّته، وينشِّط إعادة امتصاص الماء في الوحدة الأنبوبية الكلوية؛ ما يزيد حجم الدم، ويرفع ضغط الدم عن طريق تضييق الأوعية الدموية.
- هرمون الأوكسيتوسين (Oxytocin): يُنبِّه عضلات الرحم الملساء للانقباض أثناء الولادة، ويساعد على إدرار الحليب من الثدي عن طريق انقباض العضلات الملساء المحيطة بقنوات الغدد اللبنية أثناء الرضاعة، دون أن يكون له تأثير في إنتاج الحليب نفسه.

> **سيّدة الغدد (Master Gland)**
> لقب يُطلق على الغدة النخامية لأن هرموناتها تتحكم في نشاط عدد كبير من الغدد الصمّاء الأخرى.

## ٥,٢ غدة البنكرياس (Pancreas)

البنكرياس غدة مزدوجة الوظيفة؛ فهي غدة قنوية تُنتج الإنزيمات الهاضمة، وغدة صمّاء في الوقت نفسه تُنتج الهرمونات من خلايا خاصة تُدعى جزر لانغرهانز، نسبة إلى العالم الذي اكتشفها عام ١٨٦٩م. وتفرز هذه الجزر هرمونين رئيسين متعاكسين في التأثير:

شكل (٥): خلايا البنكرياس وافرازاتها الهرمونية

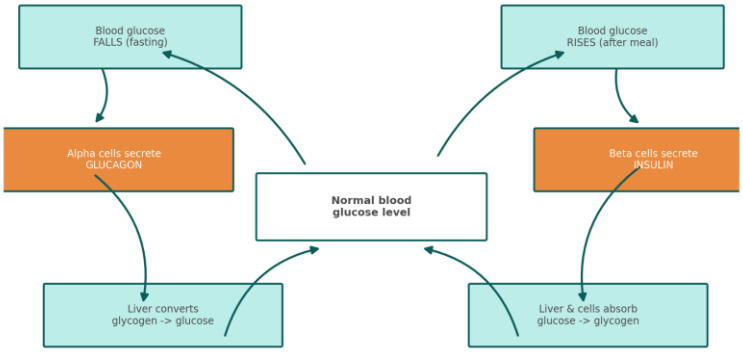



Figure 4. Homeostatic regulation of blood glucose by insulin and glucagon

***آليّة تنظيم مستوى الغلوكوز في الدم بواسطة الإنسولين والغلوكاغون :***

- هرمون الإنسولين (Insulin): تُفرزه خلايا بيتا (β) استجابة لارتفاع تركيز سكر الغلوكوز في الدم، ويعمل على خفض مستوى السكر عن طريق تحفيز امتصاص الخلايا للغلوكوز وتخزينه على هيئة غلايكوجين في الكبد والعضلات.
- هرمون الغلوكاغون (Glucagon): تُفرزه خلايا ألفا (α) استجابة لانخفاض مستوى سكر الغلوكوز في الدم، ويعمل على رفعه عن طريق تحفيز تحويل الغلايكوجين المخزَّن في الكبد إلى غلوكوز وإطلاقه في الدم.

**جزر لانغرهانز (Islets of Langerhans)**
تجمّعات خلوية متخصصة داخل نسيج البنكرياس، تحتوي على خلايا ألفا وبيتا المسؤولة عن إفراز الغلوكاغون والإنسولين.

## ٥,٣ الغدة الدرقية (Thyroid Gland)

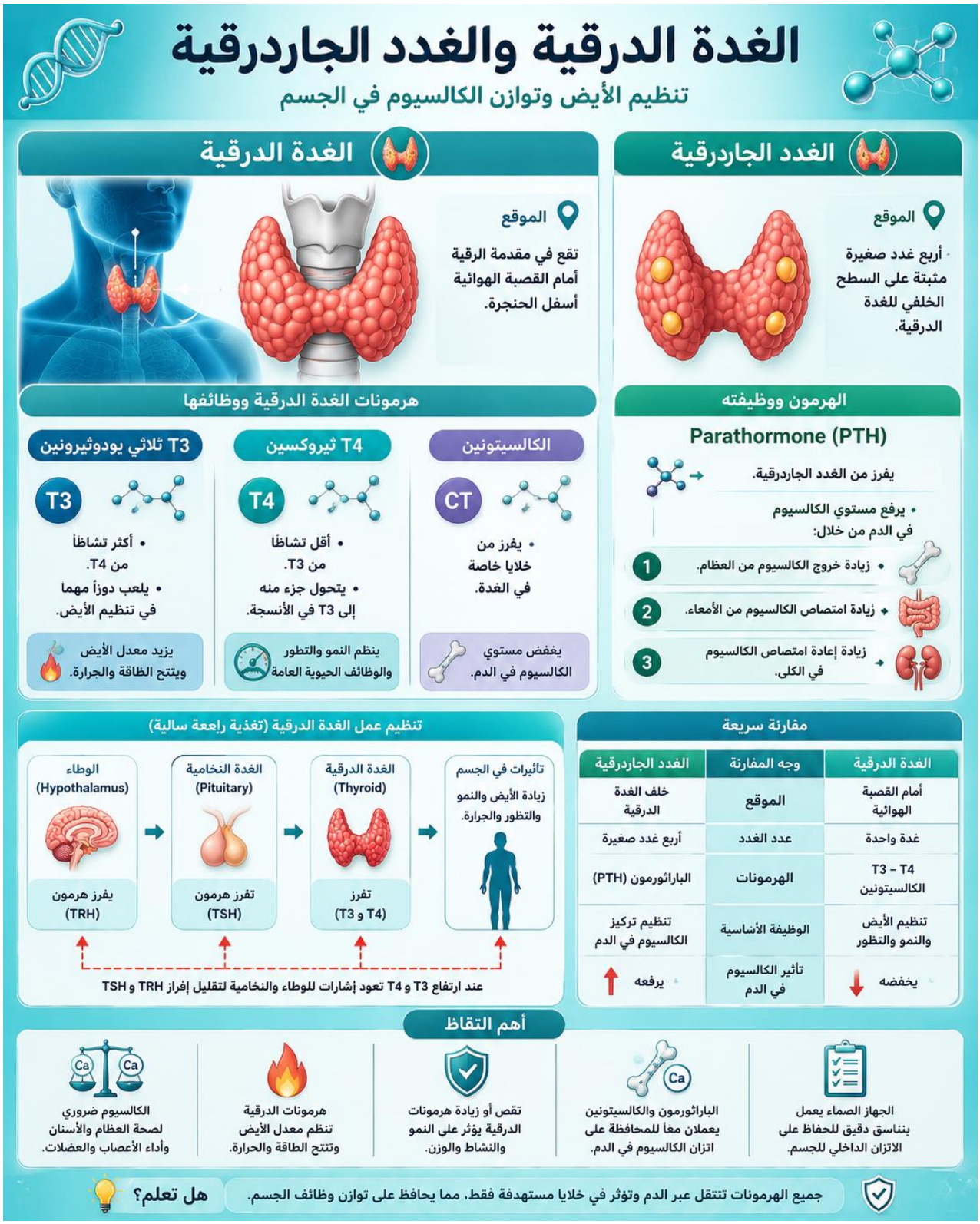
تقع الغدة الدرقية أسفل الحنجرة، مكوّنة من فصّين يحيطان بالقصبة الهوائية، وتحتوي على خلايا خاصة تُفرز الهرمونات في بطانتها. تفرز الغدة الدرقية:

- الثيروكسين (T4 – رباعي يود الثيرونين): الهرمون الرئيس من ناحية الكمية، وإن كان أقلّ فاعلية من T3، ويُعدّ مصدرًا احتياطيًا سريعًا لإنتاج هرمون T3.
- ثلاثي يود الثيرونين (T3): الهرمون الفعّال في الجسم، ويُفرز استجابة لتحفيز TSH من الغدة النخامية، ويؤثر بشكل مباشر في عمليات الأيض وإنتاج الطاقة داخل الخلايا.
- هرمون الكالسيتونين (Calcitonin): يعمل على خفض تركيز أيونات الكالسيوم في الدم عندما يرتفع عن الحدّ الطبيعي.

**نصيحة صحية**
يُنصح بتناول الأغذية الغنية بأملاح اليود (كالأسماك البحرية والملح المُيوَّد) للوقاية من اضطرابات الغدة الدرقية؛ لأن اليود عنصر أساسي وضروري لإنتاج هرموني T3 وT4.

## ٥,٤ الغدد جارات الدرقية (Parathyroid Glands)

أربع غدد صغيرة بحجم حبة البازلاء تقريبًا، تقع على السطح الخلفي للغدة الدرقية، وتفرز هرمون باراثورمون (Parathormon) الذي يُسهم في تنظيم نسبة الكالسيوم في الدم والعظام، ويعمل بشكل معاكس لهرمون الكالسيتونين؛ إذ يرفع مستوى أيونات الكالسيوم في الدم عن طريق تنشيط إطلاقها من العظام، وزيادة امتصاصها في الأمعاء والكلية.




شكل (٧) الغدة الدرقية والجار درقية

**باراثورمون (Parathormone (PTH))**
هرمون تفرزه الغدد جارات الدرقية، يرفع تركيز الكالسيوم في الدم، ويعاكس عمل هرمون الكالسيتونين.

## ٥,٥ الغدد الكظرية / فوق الكلوية (Adrenal Glands)

تقع الغدتان الكظريتان فوق الكليتين مباشرة، وتتكوّن كل غدة من منطقتين متمايزتين في التركيب والوظيفة:

*شكل(٨) : الغدة الكظرية*

### أ. القشرة (Cortex)

تعمل على إنتاج مجموعة من الهرمونات الستيرويدية وإفرازها، من أهمّها:

- هرمون الكورتيزول (Cortisol): ينظّم عمليات أيض السكريات والدهون والبروتينات داخل الخلايا، ويثبّط عمل خلايا الجهاز المناعي، وله تأثير على نمو العظام.
- هرمون الألدوستيرون (Aldosterone): يُسهم في تنظيم أسموزيّة بلازما الدم، ويعمل على زيادة امتصاص أيونات الصوديوم من السائل الراشح في الوحدة الأنبوبية الكلوية مقابل إخراج أيونات البوتاسيوم.

### ب. اللبّ (Medulla)

يقوم لبّ الغدة الكظرية بإنتاج وإفراز هرموني الأدرينالين والنورأدرينالين في حالات الانفعال (كالخوف والحزن والفرح)، وحالة الضغط النفسي والجسمي، واللذين يؤثران بشكل مباشر وسريع في وظائف بعض الأعضاء (تسارع نبض القلب، اتساع حدقة العين، زيادة تدفق الدم إلى العضلات).

| طبيعة التأثير | الهرمونات | منطقة الغدة الكظرية |
|---|---|---|
| استجابة بطيئة نسبيًا وطويلة الأمد (تأثير أيضي مستدام) | كورتيزول، ألدوستيرون | القشرة (Cortex) |
| استجابة سريعة وفورية (تنبيه عصبي مباشر) | أدرينالين، نورأدرينالين | اللبّ (Medulla) |

## ٦. التكامل بين عمل الجهاز العصبي وجهاز الغدد الصمّاء

يتّصل الجهازان العصبي والصمّاء في منطقة تحت المهاد، حيث يعمل الجهازان معًا على:

- تنظيم وظائف أعضاء الجسم المختلفة.
- التحكّم في علاقة الإنسان بالبيئة المحيطة به والاستجابة السريعة للمؤثرات.

تُفرز خلايا تحت المهاد الهرمونات التي تُنبِّه، أو تُثبِّط، إنتاج وإفراز هرمونات الغدة النخامية التي تُنظِّم بدورها عمل الغدد الصمّاء الأخرى؛ فتتكامل استجابة الجسم القصيرة المدى (عبر الجهاز العصبي والألياف الودّية إلى لبّ الكظرية) مع استجابته الطويلة المدى (عبر محور تحت المهاد – الغدة النخامية – قشرة الكظرية) لمواجهة عوامل التوتر والضغط النفسي والجسمي.

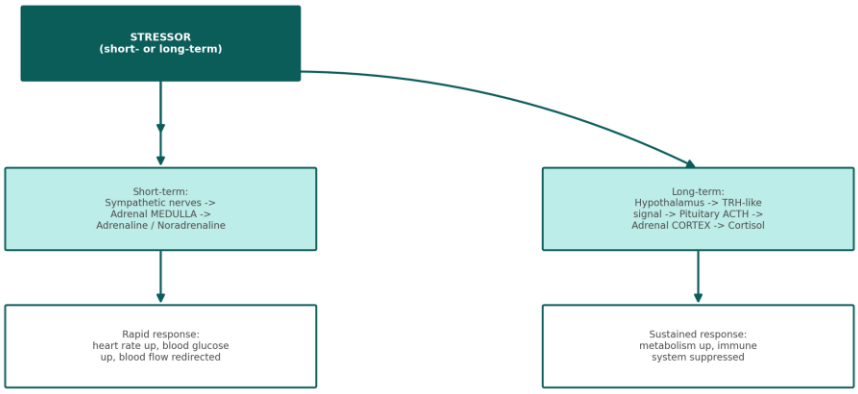



Figure 7. Integration of the nervous and endocrine systems in the stress response

***شكل (٩): التكامل بين الجهاز العصبي والغدد الصمّاء في الاستجابة لعوامل التوتر***

*سؤال للمناقشة: أيّ الجملة العصبية (الودّية أم نظيرة الودّية) تعمل على تحفيز إفراز هرمون الأدرينالين؟ وما أثر ذلك في تغيّر نشاط الأجهزة في الجسم؟*

## ٧. المشكلات الصحية الناتجة عن اختلالات النظام الهرموني

تحدث اختلالات في عمل الغدد الصمّاء لأسباب عدة، أهمّها:

١. نقص أو زيادة في إنتاج الهرمون.

٢. إنتاج هرمون غير طبيعي نتيجة حدوث طفرات.

٣. اختلال في مستقبلات الهرمون، أو في نقله.

٤. التهابات مزمنة، أو حدوث أورام حميدة أو خبيثة في الغدة.

ومن أبرز الأمراض الناتجة عن اختلال في إنتاج أو عمل الهرمونات: مرض السكري، وتضخّم الغدة الدرقية.

### ٧,١ مرض السكري (Diabetes)

يُعدّ مرض السكري من الأمراض الشائعة على مستوى العالم، ويكون نتيجة اختلال في تنظيم مستوى سكر الغلوكوز في الدم. ووفق تقرير وزارة الصحة الفلسطينية لعام ٢٠١٥، بلغت حالات الإصابة الجديدة بمرض السكري المُبلَّغ عنها في مراكز السكري الحكومية في الضفة الغربية نحو ٥٧٦١ حالة، ما يعكس أهمية الوعي بهذا المرض وطرق الوقاية منه.

#### أنواع مرض السكري

- مرض السكري نوع أول (Type I Diabetes): يُعرف بسكري الأطفال؛ لشيوعه بينهم، وإن كان يصيب البالغين بنسبة أقل. يعتمد فيه المريض على الإنسولين الخارجي اعتمادًا كاملًا؛ بسبب خلل في إنتاج الإنسولين نتيجة تلف أو تحطّم خلايا بيتا في البنكرياس.
- مرض السكري نوع ثانٍ (Type II Diabetes): يصيب الكبار غالبًا، ويُفرز فيه الإنسولين بشكل طبيعي، إلا أن الاستجابة لا تتم بفتح قنوات الغلوكوز في الخلايا؛ بسبب خلل يرتبط بمستقبلاته على أسطح الخلايا، فترتفع نسبة السكر في الدم. وتلعب الوراثة دورًا في الإصابة به، لكن الزيادة في الوزن وقلّة التمارين الرياضية تزيد من احتمالية الإصابة، ويظهر بشكل أكبر بعد سنّ الأربعين.

شكل (١٠) أنواع مرض السكري

| وجه المقارنة | السكري نوع أول | السكري نوع ثانٍ |
|---|---|---|
| سبب المرض | خلل في إنتاج الإنسولين (تلف خلايا بيتا) | خلل في استجابة مستقبلات الخلايا للإنسولين |
| الفئة الأكثر إصابة | الأطفال غالبًا | البالغون بعد سنّ الأربعين غالبًا |
| مستوى الإنسولين | منخفض أو منعدم | طبيعي أو مرتفع في البداية |
| العلاقة بالوزن والنشاط | غير مرتبطة بشكل مباشر | ترتبط بزيادة الوزن وقلّة النشاط البدني |
| العلاج الأساسي | الاعتماد الكامل على الإنسولين الخارجي | تعديل نمط الحياة، وأحيانًا أدوية أو إنسولين |

**هل تعلم؟**

يُستخدم فحص السكر التراكمي (Glyco. Hb A1c) لتقييم متوسط مستوى سكر الغلوكوز في الدم خلال ثلاثة أشهر تقريبًا، وهي المدة التي تمثل متوسط عمر خلايا الدم الحمراء الناضجة؛ إذ يرتبط الغلوكوز بجزيئات الهيموغلوبين ليتحوّل إلى مادة الغلايكيت.

## ٧,٢ تضخّم الغدة الدرقية (Goiter)

يحدث تضخّم الغدة الدرقية نتيجة زيادة في حجمها، بسبب خلل في نشاطها، ويُعدّ هذا المرض من أكثر الأمراض شيوعًا بين النساء. وللوقاية منه، يُنصح بتناول الأغذية الغنية بأملاح اليود الضروري لإنتاج هرمونات الغدة الدرقية، وعادة ما يُضاف اليود إلى ملح الطعام في كثير من الدول للوقاية من هذا الاضطراب.

**تضخم الغدة الدرقية (Goiter)**

زيادة غير طبيعية في حجم الغدة الدرقية، غالبًا نتيجة نقص اليود أو خلل في إفراز هرموناتها.

## ٨. التطبيقات الحياتية

- مراقبة الرياضيين لمستوى هرمون الكورتيزول لتفادي الإرهاق المزمن والتوتر المستمر الذي قد يؤثر في الأداء الرياضي.
- انتباه الأمهات المرضعات إلى دور هرموني الأوكسيتوسين والبرولاكتين في تحفيز إدرار الحليب الطبيعي بعد الولادة.
- متابعة مرضى السكري لمستوى الغلوكوز يوميًا، وربطه بمواعيد الوجبات والنشاط البدني لتفادي حالات الهبوط أو الارتفاع الحادّ في السكر.
- استخدام الملح المُيوَّد في الطبخ اليومي وقاية من اضطرابات الغدة الدرقية، خاصة في المناطق البعيدة عن السواحل.
- مراقبة الأطفال في مراحل النمو المبكرة؛ للكشف المبكّر عن أي خلل في إفراز هرمون النمو.

## ٩. التطبيقات الصناعية والطبية والتقنية

### أ. في الطب

يُستخدم الإنسولين المُصنَّع حيويًا (عبر هندسة البكتيريا وراثيًا) في علاج مرضى السكري نوع أول، كما تُستخدم هرمونات الغدة الدرقية الصناعية لعلاج قصور الغدة الدرقية، وهرمون النمو الصناعي لعلاج حالات القزامة الناتجة عن نقص إفرازه.

### ب. في التقانة الحيوية والهندسة الوراثية

سمحت تقنيات الهندسة الوراثية بإدخال الجين المسؤول عن إنتاج الإنسولين البشري إلى بكتيريا الإشريكية القولونية (E. coli)، لتُنتج كمّيات كبيرة من الإنسولين النقي بتكلفة أقل من استخلاصه من البنكرياس الحيواني، وهو ما أحدث نقلة نوعية في علاج مرضى السكري حول العالم.

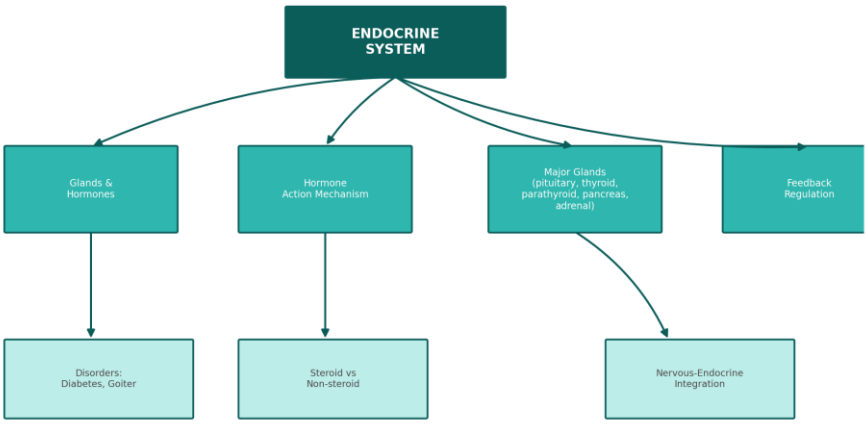
### ج. في الصناعات الدوائية والغذائية والزراعية

- إنتاج هرمونات النمو الصناعية المستخدمة أحيانًا في تربية بعض الماشية والأسماك (ضمن الضوابط الصحية والقانونية) لزيادة الإنتاجية.
- تصنيع أدوية مثبّطات إنزيم السلفونيل يوريا (محفِّزات البنكرياس) المستخدمة في علاج مرضى السكري نوع ثانٍ.
- تطوير بدائل السكر (المُحلِّيات الصناعية) لمرضى السكري، مع ضرورة دراسة آثارها الجانبية المحتملة.

### د. في البيئة والتقنيات الحديثة

تُستخدم فحوص الهرمونات المخبرية (مثل فحص TSH وT3 وT4) على نطاق واسع في التشخيص المبكّر للاختلالات الهرمونية قبل ظهور الأعراض السريرية الواضحة، وهو ما يُسهم في تحسين جودة الرعاية الصحية الوقائية.

## الخريطة المفاهيمية للفصل




*خريطة مفاهيمية توضح العلاقات بين أهم موضوعات الفصل*

## ملخّص الفصل

### أهم الأفكار

- يتكوّن جهاز الغدد الصمّاء من غدد لا قنوية تفرز الهرمونات مباشرة في الدم لتصل إلى خلايا هدف نوعية.
- تُصنَّف الهرمونات إلى ستيرويدية (تعمل داخل الخلية عبر تنشيط الجينات) وغير ستيرويدية (تعمل عبر مستقبلات سطحية ورسول ثانٍ مثل cAMP).
- تشمل أهم الغدد الصمّاء: النخامية (سيّدة الغدد)، البنكرياس (إنسولين وغلوكاغون)، الدرقية (T4، T3)، كالسيتونين)، جارات الدرقية (باراثورمون)، والكظرية (كورتيزول، ألدوستيرون، أدرينالين، نورأدرينالين).
- تتحكّم آليّة التغذية الراجعة المثبّطة في الحفاظ على مستوى إفراز الهرمونات ضمن الحدود الطبيعية.
- يؤدي اختلال عمل الهرمونات إلى أمراض مثل السكري بنوعيه وتضخّم الغدة الدرقية.
- يتكامل الجهاز العصبي مع جهاز الغدد الصمّاء عبر منطقة تحت المهاد في الاستجابة السريعة والبطيئة لعوامل التوتر.

### أهم المصطلحات

الغدد القنوية، الغدد الصمّاء، الهرمون، الخلايا الهدف، الرسول الثاني، سيّدة الغدد، جزر لانغرهانز، باراثورمون، تضخّم الغدة الدرقية.

### أهم النقاط الواجب حفظها

١. الفرق بين آليّة عمل الهرمونات الستيرويدية وغير الستيرويدية.

٢. وظائف هرمونات الفلقتين الأمامية والخلفية للغدة النخامية.

٣. دور الإنسولين والغلوكاغون في تنظيم سكر الدم، والفرق بين نوعي مرض السكري.

٤. مبدأ آليّة التغذية الراجعة المثبّطة، ومثال تطبيقي عليها في محور الغدة الدرقية.

# أسئلة تقويم الفصل

*تتدرّج الأسئلة الآتية من المستوى المعرفي السهل إلى المتوسط فالصعب، وفق مستويات بلوم المعرفية.*

## أولًا: صح أو خطأ

١. تُعدّ الغدة النخامية أكبر الغدد الصمّاء في جسم الإنسان حجمًا. ( )

٢. تنتقل الهرمونات الستيرويدية في الدم مرتبطة ببروتينات ناقلة. ( )

٣. يعمل هرمون الغلوكاغون على خفض مستوى سكر الغلوكوز في الدم. ( )

٤. تعمل الفلقة الخلفية للغدة النخامية على تصنيع هرمونيها بنفسها. ( )

## ثانيًا: أكمل الفراغات الآتية

١. يُطلق على الغدة النخامية اسم ..... لأن هرموناتها تنظّم عمل معظم الغدد الصمّاء الأخرى.

٢. تُفرز خلايا ..... في جزر لانغرهانز هرمون الإنسولين، بينما تُفرز خلايا ..... هرمون الغلوكاغون.

٣. يُسمّى الجزء الخارجي من الغدة الكظرية ..... بينما يُسمّى الجزء الداخلي ..... .

## ثالثًا: اختيار من متعدد

١. أيّ الهرمونات الآتية تنتج من خلايا عصبية؟ أ) هرمون النمو والثيروكسين ب) الهرمون المانع لإدرار البول والأوكسيتوسين ج) الإنسولين والغلوكاغون د) الأدرينالين والنورأدرينالين

٢. أيّ الهرمونات الآتية له طبيعة كيميائية ستيرويدية؟ أ) الإنسولين ب) الأدرينالين ج) الكورتيزول د) الثيروكسين

٣. أيّ الغدد الآتية لا تتحكّم بها الغدة النخامية في إفرازاتها؟ أ) قشرة الكظرية ب) الدرقية ج) نخاع الكظرية د) المبيض

## رابعًا: علّل لكلٍّ ممّا يأتي

١. تُفرز الهرمونات بكميات قليلة جدًا في الدم.

٢. يتفاقم ضعف بنية جسم مريض السكري المعتمد على الإنسولين مع تفاقم الحالة.

٣. لا يُعدّ إفراز الفلقة الخلفية للغدة النخامية دليلًا على أنها المُصنِّعة لهرمونيها.

٤. يزداد وزن الأشخاص الذين يُستأصل لديهم الغدة الدرقية أحيانًا بعد العملية.

## خامسًا: قارن / صل / رتّب

١. قارن بين هرمون النمو وهرمون الكورتيزول من حيث: الغدة المُفرزة، الأهمية، الطبيعة الكيميائية، آليّة العمل.

٢. صِل كل هرمون في العمود الأول بالغدة المناسبة له في العمود الثاني: (الإنسولين، الثيروكسين، الكورتيزول، الأوكسيتوسين) ↔ (الغدة النخامية، الغدة الدرقية، البنكرياس، الغدة الكظرية).

٣. رتّب الخطوات الآتية وفق تسلسلها الصحيح في آليّة عمل الهرمون غير الستيرويدي: (تنشيط الرسول الثاني cAMP – ارتباط الهرمون بالمستقبل السطحي – حدوث الاستجابة الخلوية – تنشيط الإنزيمات داخل الخلية).

## سادسًا: فسّر / استنتج / حلّل الرسوم

١. فسّر سبب استخدام هذا الهرمون (الإنسولين) في الطلق الصناعي في حالات الولادة المتعسّرة، مستعينًا بدور الأوكسيتوسين.

٢. استنتج ما يحدث إن نقص تركيز هرمون T3 في مرحلة النمو عند الأطفال.

٣. حلّل الشكل الذي يوضح آليّة التغذية الراجعة بين تحت المهاد والغدة النخامية والغدة الدرقية، ثم بيّن ماذا يحدث لو تعطّلت آليّة التغذية الراجعة المثبّطة تمامًا.

## سابعًا: أسئلة تطبيقية وأسئلة التفكير الناقد وحلّ المشكلات

١. شخص يعاني من عطش شديد وكثرة التبوّل وفقدان غير مبرر في الوزن؛ اقترح التشخيص المحتمل، والفحص المخبري الذي تقترحه لتأكيده.

٢. لماذا تنصح بعض المدارس بتوعية الطلبة بأعراض هبوط السكر التصرف السليم حال حدوثها أثناء اليوم الدراسي؟

٣. ناقش العلاقة بين ارتفاع هرمون الألدوستيرون وارتفاع ضغط الدم، مقترحًا كيف يمكن لدواء يُثبِّط عمل هذا الهرمون أن يُستخدم في علاج ارتفاع ضغط الدم.

## ثامنًا: أسئلة مقالية قصيرة

١. اشرح آليّة عمل الهرمونات غير الستيرويدية في الخلية الهدف، مستعينًا برسم توضيحي إن أمكن.

٢. وضّح دور التكامل بين الجهاز العصبي وجهاز الغدد الصمّاء في مواجهة عامل ضغط نفسي مفاجئ.

## تاسعًا: سؤال مفتوح (دون إجابة محددة)

١. ابحث: ما مصير الهرمونات في جسم الإنسان بعد أداء وظيفتها؟ وكيف يتخلّص الجسم منها؟

٢. ابحث عن أنواع أخرى من مرض السكري غير النوعين الأول والثاني، واعرض ما توصّلت إليه على زملائك.

# الاختبار الشامل

*يتكوّن هذا الاختبار من ٣٠ سؤالًا من نوع الاختيار من متعدد، لكل سؤال أربعة بدائل وإجابة صحيحة واحدة فقط، موزّعة بشكل متوازن على موضوعات الفصل جميعها. اقرأ كل سؤال جيدًا قبل اختيار الإجابة.*

١. الغدد التي تفرز موادها مباشرة في الدم دون قنوات تُسمّى: أ) الغدد القنوية ب) الغدد الصمّاء ج) الغدد اللعابية د) الغدد العرقية

٢. كلمة «هرمون» يونانية الأصل، ومعناها: أ) الغذاء ب) المُثير أو المُنشِّط ج) الوقود د) الحاجز

٣. الخلايا التي تمتلك مستقبلات نوعية لهرمون معيّن تُسمّى: أ) الخلايا الجذعية ب) الخلايا الهدف ج) الخلايا الليمفاوية د) الخلايا الجلدية

٤. أيّ ممّا يأتي مثال على غدة قنوية (خارجية الإفراز)؟ أ) الغدة الدرقية ب) الغدة النخامية ج) الغدة اللعابية د) الغدة الكظرية

٥. الهرمونات المشتقة من الكوليسترول وتذوب في الدهون تُسمّى: أ) هرمونات ببتيدية ب) هرمونات ستيرويدية ج) هرمونات بروتينية د) هرمونات أمينية

٦. أيّ الهرمونات الآتية غير ستيرويدي؟ أ) الكورتيزول ب) الألدوستيرون ج) الإنسولين د) الإستروجين

٧. تنتقل الهرمونات غير الستيرويدية في الدم: أ) مرتبطة ببروتين ناقل ب) ذائبة حرة في بلازما الدم ج) داخل خلايا الدم الحمراء د) لا تنتقل في الدم

٨. يقع مستقبل الهرمون الستيرويدي عادة في: أ) سطح الغشاء الخلوي ب) السيتوبلازم أو النواة ج) الميتوكندريا فقط د) خارج الخلية

٩. الرسول الكيميائي الثاني الناتج من تفكك ATP والمرتبط بعمل الهرمونات غير الستيرويدية هو: أ) cAMP ب) DNA ج) mRNA د) ADH

١٠. تؤثر الهرمونات الستيرويدية في الخلية الهدف بشكل رئيس عن طريق: أ) تنشيط أو تثبيط جينات محددة ب) تكسير الغشاء الخلوي ج) تنشيط الرسول الثاني فقط د) منع دخول الماء للخلية

١١. تُلقّب الغدة النخامية بـ: أ) الغدة الأم ب) سيّدة الغدد ج) الغدة الحارسة د) الغدة الصغرى

١٢. أيّ هرمونات الغدة النخامية يُحفّز نمو حويصلات غراف في المبيض؟ أ) LH ب) FSH ج) TSH د) ACTH

١٣. هرمون الحليب الذي يُحفّز إنتاج حليب الرضاعة بعد الولادة هو: أ) الأوكسيتوسين ب) البرولاكتين ج) الإستروجين د) ADH

١٤. أيّ هرمونات الفلقة الخلفية للغدة النخامية يعمل على تقليل حجم البول المُدرَر؟ أ) الأوكسيتوسين ب) TSH ج) ADH د) GH

١٥. تتكوّن الفلقة الخلفية للغدة النخامية أساسًا من: أ) خلايا غدية متخصصة ب) ألياف عصبية ج) نسيج دهني د) نسيج عظمي

١٦. خلايا بيتا في جزر لانغرهانز تفرز: أ) الغلوكاغون ب) الإنسولين ج) الكالسيتونين د) الأدرينالين

١٧. يعمل هرمون الغلوكاغون على: أ) خفض سكر الدم ب) رفع سكر الدم ج) خفض ضغط الدم د) زيادة إفراز اللعاب

١٨. اكتُشفت جزر لانغرهانز عام: أ) ١٨٦٩م ب) ١٩٠٠م ج) ١٩٥٣م د) ١٩٩٠م

١٩. الهرمون الفعّال بشكل رئيس داخل خلايا الجسم من بين هرموني الغدة الدرقية هو: أ) T4 ب) T3 ج) TSH د) TRH

٢٠. يعمل هرمون الكالسيتونين على: أ) رفع كالسيوم الدم ب) خفض كالسيوم الدم ج) رفع سكر الدم د) خفض ضغط الدم

٢١. هرمون باراثورمون تفرزه: أ) الغدة الدرقية ب) الغدد جارات الدرقية ج) الغدة الكظرية د) الغدة النخامية

٢٢. يعمل باراثورمون على أيونات الكالسيوم في الدم بشكل: أ) يرفعها ب) يخفضها ج) لا يؤثر فيها د) يحوّلها إلى فوسفات

٢٣. من هرمونات قشرة الغدة الكظرية: أ) الأدرينالين ب) الكورتيزول ج) الأوكسيتوسين د) الإنسولين

٢٤. يُفرز هرموني الأدرينالين والنورأدرينالين من: أ) قشرة الغدة الكظرية ب) لبّ الغدة الكظرية ج) الغدة الدرقية د) البنكرياس

٢٥. هرمون الألدوستيرون يعمل على زيادة امتصاص أيونات: أ) البوتاسيوم ب) الصوديوم ج) الكالسيوم د) الكلور فقط

٢٦. التغذية الراجعة المثبّطة تعني أن ارتفاع المادة الثانوية: أ) يزيد إفراز المادة الأولية ب) يثبّط إفراز المادة الأولية ج) لا علاقة له بالمادة الأولية د) يوقف عمل الغدة نهائيًا

٢٧. في محور الغدة الدرقية، ترتفع T3 وT4 فتُثبّطان إفراز: أ) الإنسولين فقط ب) TRH وTSH ج) الغلوكاغون د) الأدرينالين

٢٨. سكري الأطفال المعتمد كليًا على الإنسولين الخارجي يُعرف بـ: أ) السكري نوع أول ب) السكري نوع ثانٍ ج) سكري الحمل د) السكري الكاذب

٢٩. السكري نوع ثانٍ يرتبط غالبًا بـ: أ) نقص تام في إفراز الإنسولين منذ الطفولة ب) خلل في استجابة مستقبلات الخلايا للإنسولين ج) زيادة إفراز الغلوكاغون فقط دون سبب آخر د) نقص اليود في الغذاء

٣٠. تضخّم الغدة الدرقية (Goiter) يُمكن الوقاية منه غالبًا بتناول: أ) أملاح اليود ب) فيتامين C بكميات كبيرة ج) الحديد فقط د) الكالسيوم فقط

# مفتاح الإجابات — الاختبار الشامل

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| س١: ب | س٢: ب | س٣: ب | س٤: ج | س٥: ب |
| س٦: ج | س٧: ب | س٨: ب | س٩: أ | س١٠: أ |
| س١١: ب | س١٢: ب | س١٣: ب | س١٤: ج | س١٥: ب |
| س١٦: ب | س١٧: ب | س١٨: أ | س١٩: ب | س٢٠: ب |
| س٢١: ب | س٢٢: أ | س٢٣: ب | س٢٤: ب | س٢٥: ب |
| س٢٦: ب | س٢٧: ب | س٢٨: أ | س٢٩: ب | س٣٠: أ |

# المراجع


- منهاج الأحياء للصف الحادي عشر (الجزء الأول) — الفصل: جهاز الغدد الصمّاء، المصدر الأساسي لهذا الكتاب.
- National Institutes of Health (NIH) — Endocrine System resources.
- World Health Organization (WHO) — Diabetes fact sheets.
- National Center for Biotechnology Information (NCBI) — PubMed articles on hormone mechanisms.
- تقرير وزارة الصحة الفلسطينية السنوي حول انتشار مرض السكري، ٢٠١٥.