



Gruczoły dokrewne i ich hormony

- Wprowadzenie
- Przeczytaj
- Grafika interaktywna
- Sprawdź się
- Dla nauczyciela



Gruczoły dokrewne i ich hormony

Tarczycza to gruczoł wytwarzający tyroksynę (T_4), trójiodotyroninę (T_3) i kalcytoninę.
Źródło: Scientific Animations, licencja: CC BY-SA 4.0.

Układ dokrewny (hormonalny), koordynując pracę narządów wewnętrznych, odgrywa podstawową rolę w procesach związanych z regulacją parametrów środowiska wewnętrznego organizmu. Gruczoły składające się na układ hormonalny wytwarzają specyficzne związki chemiczne zwane hormonami – przenoszone za pośrednictwem układu krwionośnego oddziałują na poszczególne tkanki całego organizmu.

Twoje cele

- Zdefiniujesz pojęcie hormonu.
- Poznasz cechy charakteryzujące gruczoły dokrewne.
- Wymienisz hormony wydzielane przez poszczególne gruczoły dokrewne.
- Określisz działanie wybranych hormonów w organizmie człowieka.

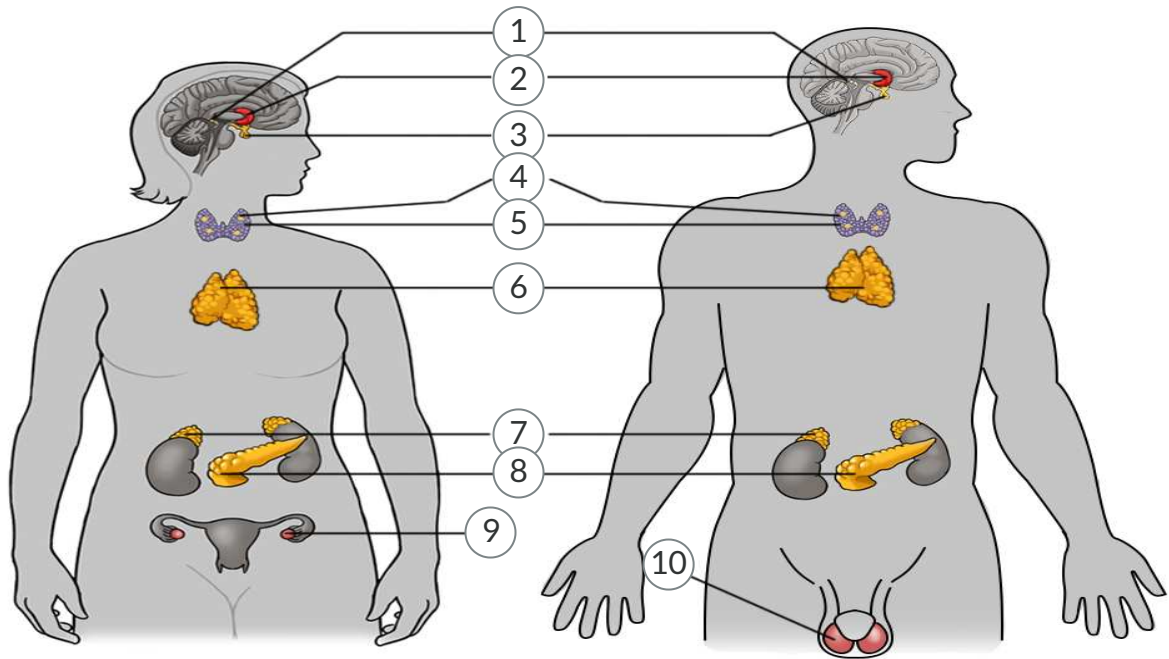
Przeczytaj

Gruczoły dokrewne i ich hormony

Układ dokrewny (inne nazwy: układ hormonalny, wewnątrzwydzielniczy, endokryny) to zespół gruczołów, tkanek oraz komórek wytwarzających związki chemiczne zwane [hormonami](#). Hormony są następnie przenoszone do innych narządów, gdzie wywierają swoje działanie pobudzające lub hamujące. Chociaż większość procesów biologicznych może przebiegać w komórkach bez udziału hormonów, są one potrzebne do utrzymania metabolizmu na odpowiednim poziomie i modulowania jego przebiegu w reakcji na zmiany środowiskowe.

[Gruczoły dokrewne](#) (wewnątrzwydzielnicze) mają zwykle budowę zbliżoną do pozostałych gruczołów wydzielniczych organizmu, jednak nie występują w nich przewody wyprowadzające. Dlatego w takich gruczołach hormony uwalniane są do krwi, chłonki lub płynu zwnętrzkomórkowego. W przypadku większości gruczołów dokrewnych funkcję nośnika rozprowadzającego hormony do poszczególnych narządów pełni krew, stąd ich bogate unaczynienie.

Do najważniejszych gruczołów wydzielania wewnętrznego u człowieka należą podwzgórze, przysadka mózgowa, tarczyca, przytarczyce, trzustka, nadnercza, gonady (jajniki u kobiet i jądra u mężczyzn), szyszynka oraz grasicca.



1

szyszynka

2

podwzgórze

3

przysadka mózgowa

4

przysadki

5

tarczyca

6

grasica

7

nadnercza

8

trzustka

9

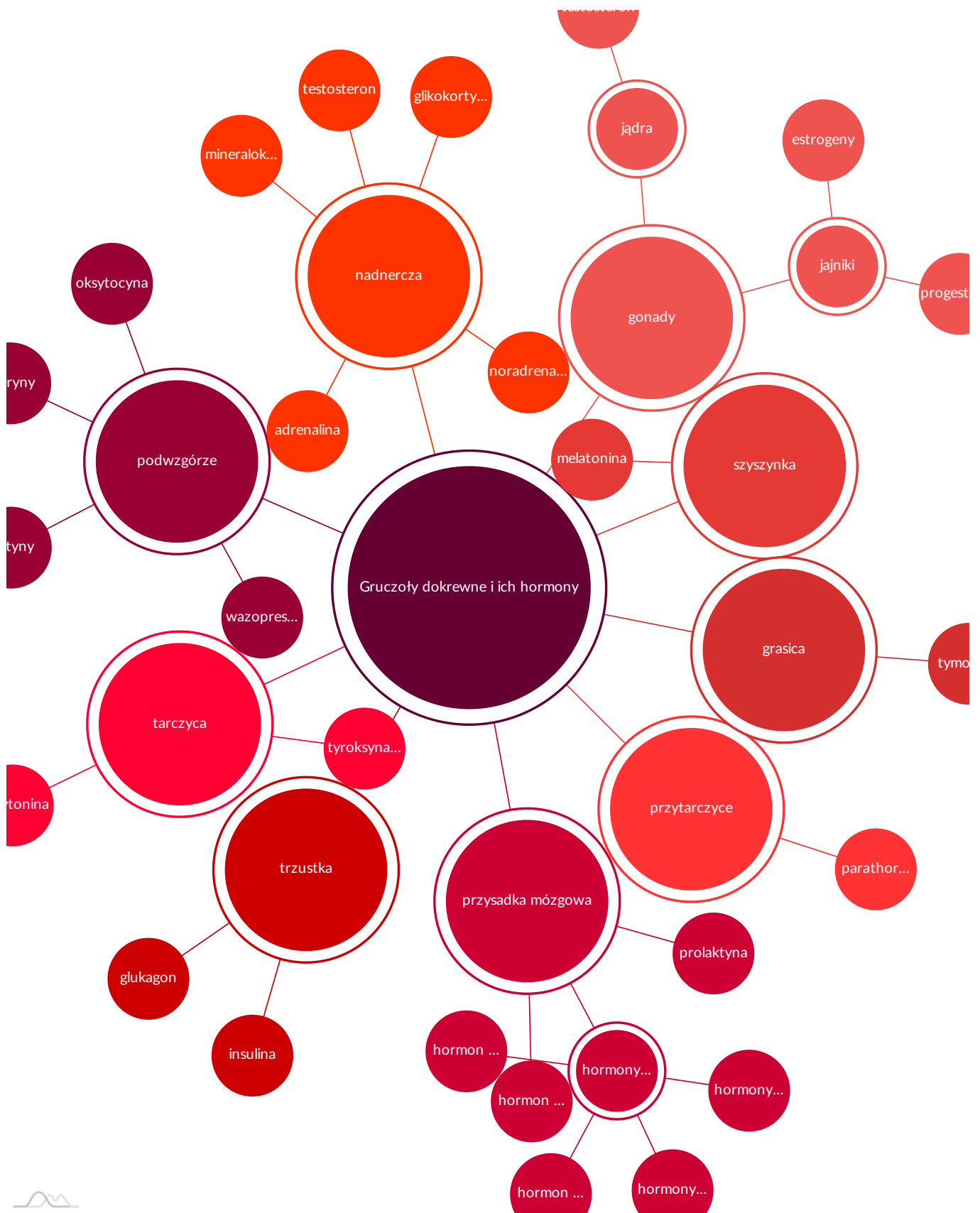
jajnik

10

jądro

Gruzoły dokrewne człowieka.

Źródło: Englishsquare.pl Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.



Hormony podwzgórza

Neurohormony

- **Wazopresyna (ADH)** to hormon antydiuretyczny, peptydowy. Zmniejsza ilość wody wydalanej przez nerki.
- **Oksytocyna (OT)** to hormon peptydowy. Zwiększa produkcję mleka w gruczołach mlecznych oraz pobudza skurcze macicy. Rola tego hormonu u mężczyzn nie została wyjaśniona.

Hormony uwalniające i hamujące uwalnianie hormonów przysadki mózgowej

- **Liberyny** to podwzgórzowe hormony zwiększające uwalnianie hormonów tropowych przysadki.
- **Statyny** to podwzgórzowe hormony hamujące uwalnianie hormonów tropowych przysadki.

Hormony przysadki mózgowej

Hormony tropowe

- **Hormon tyreotropowy (TSH)** pobudza czynność wydzielniczą tarczycy. Uczestniczy w regulacji przebudowy kości.
- **Hormon adrenokortykotropowy (ACTH)** pobudza czynność wydzielniczą kory nadnerczy.
- **Hormony gonadotropowe (FSH – folikulotropina, LH – lutropina)** regulują cykl płciowy oraz produkcję estrogenów u kobiet i testosteronu u mężczyzn.

– **Hormony melanotropowe (MSH)** pobudzają komórki barwnikowe skóry do syntezy i uwalniania melaniny.

Hormon wzrostu (somatotropina)

to **hormon polipeptydowy**, który przyspiesza wzrost organizmu. Ma wpływ na przyrost masy mięśniowej i kostnej, bierze udział w syntezie białek, metabolizmie tłuszczów i węglowodanów.

Prolaktyna

– **Hormon peptydowy**, który kontroluje i reguluje proces laktogenezy (tworzenia się mleka w gruczołach mleknych). Hamuje proces owulacji.

Hormony tarczycy

Tyroksyna (T₄) i trójjodotyronina (T₃)

– Są **pochodnymi aminokwasu tyrozyny**. Przyspieszają metabolizm komórkowy, powodują wzmożoną syntezę białek i zwiększenie zapotrzebowania organizmu na tlen.

Kalcytonina

– **Hormon peptydowy**, który reguluje (wraz z parathormonem z przytarczyc) gospodarkę wapniowo-fosforanową organizmu, blokuje uwalnianie jonów wapnia z kości – obniża w ten sposób ich stężenie w osoczu krwi.

Hormony trzustki

Insulina

– **Hormon peptydowy**, produkowany w komórkach beta (B) wysp trzustkowych. Obniża stężenie glukozy we krwi, zwiększa metabolizm węglowodanów oraz syntezę białek i odkładanie tłuszczów w komórkach tłuszczowych.

Glukagon

– **Hormon peptydowy**, produkowany w komórkach alfa (A) wysp trzustkowych, szybko podnosi stężenie glukozy we krwi.

Hormony nadnerczy

Hormony rdzenia nadnerczy

– **Adrenalina i noradrenalina** (pochodne aminokwasów) są wydzielane, gdy organizm znajduje się w stanie niezwykle dużego wysiłku. Nazywane są hormonami walki i ucieczki. Podnoszą ciśnienie krwi, przyspieszają akcję serca, tempo oddechów, uwalnianie glukozy do krwi i przemianę materii, opóźniają wystąpienie zmęczenia mięśni szkieletowych.

Hormony kory nadnerczy

– **Kortyzol** (zaliczany do glikokortykoidów) to hormon steroidowy. Jest wydzielany, gdy organizm znajduje się w stanie stresu. Zwiększa stężenie glukozy w osoczu, podnosi ciśnienie krwi, przyspiesza metabolizm białek, tłuszczów i węglowodanów, powoduje spadek odporności.

– **Aldosteron i dezoksykortykosteron** (zaliczane do mineralokortykoidów) to hormony steroidowe. Uczestniczą w regulacji gospodarki wodno-elektrolitowej organizmu, zwiększają wchłanianie jonów sodowych, chlorkowych i wody oraz wydalanie przez nerki jonów potasowych.

– **Testosteron** (zaliczany do androgenów) to hormon steroidowy, wydzielany przez jądra oraz w małych ilościach przez korę nadnerczy. Przyspiesza przemiany białkowe, odpowiada za kształtowanie się drugorzędowych cech płciowych i popęd seksualny.

Hormony gonad

Hormony jajników

- **Estrogeny** to hormony steroidowe, które powodują kształtowanie się trzeciorzędowych cech płciowych u kobiet w okresie dojrzewania. Uczestniczą w regulacji cyklu płciowego (miesiączkowego), prowadzą do wzrostu błony śluzowej macicy i dojrzewania pęcherzyków jajnikowych (Graafa).
- **Progesteron** to hormon steroidowy, który uczestniczy w regulacji cyklu płciowego. Hamuje proces owulacji podczas ciąży, wpływa na rozwój zarodka i płodu, powoduje rozrost gruczołów mlecznych.

Hormony jąder

- **Testosteron** (zaliczany do androgenów) to hormon steroidowy. Powoduje kształtowanie się pierwszo- i drugorzędowych cech płciowych męskich w życiu płodowym i cech trzeciorzędowych w okresie dojrzewania. Reguluje proces spermatogenezy (powstawanie plemników) i występowanie popędu seksualnego.

Hormony przytarczyc

Parathormon

Hormon peptydowy. Uczestniczy w regulacji gospodarki wapniowo-fosforanowej organizmu, działa antagonistycznie do kalcytoniny wydzielanej przez komórki C tarczycy, zwiększa stężenie jonów wapniowych w osoczu przez uwalnianie ich z kości, zmniejsza stężenie fosforanów we krwi.

Hormony szyszynki

Melatonina

Pochodna aminokwasu – tryptofanu. Uczestniczy w procesie regulacji zegara biologicznego organizmu, bierze udział w kontroli procesów snu i czuwania, hamuje czynność gonad.

Hormony grasicy

Tymozyna

Uczestniczy w kontroli dojrzewania limfocytów T.

Słownik

drugorzędowe cechy płciowe

wykształcenie narządów związanych z procesem rozmnażania: pochwy, jajowodów i macicy u kobiet oraz nasieniowodów, prącia i moszny u mężczyzn

androgenizacja

objaw występujący u kobiet; polega na wykształceniu trzeciorzędowych cech płciowych męskich

gruczoł dokrewny (wewnątrzwydzielniczy)

bogato unaczyniony gruczoł, w którym brak jest przewodów wyprowadzających, a który wydziela syntezowane związki bezpośrednio do krwi, limfy lub płynu zewnątrzkomórkowego

hormon

związek chemiczny syntetyzowany i wydzielany przez gruczoł wydzielania wewnętrznego, a następnie przenoszony z krwią do innego narządu, gdzie wywiera swoiste działanie pobudzające lub hamujące

hormony tropowe

hormony przedniego płata przysadki regulujące czynność wydzielniczą podległych gruczołów wydzielania wewnętrznego (tarczycy, nadnerczy, gonad)

limfocyty T

komórki układu odpornościowego; biorą udział w reakcjach obronnych organizmu oraz niszczeniu patogenów

pierwszorzędowe cechy płciowe

obecność gonad: jajników u kobiet i jąder u mężczyzn

receptory adrenergiczne typu alfa

receptory amin katecholowych (adrenalina, noradrenalina, dopamina) znajdujące się głównie w błonach komórkowych komórek tkanki mięśniowej gładkiej

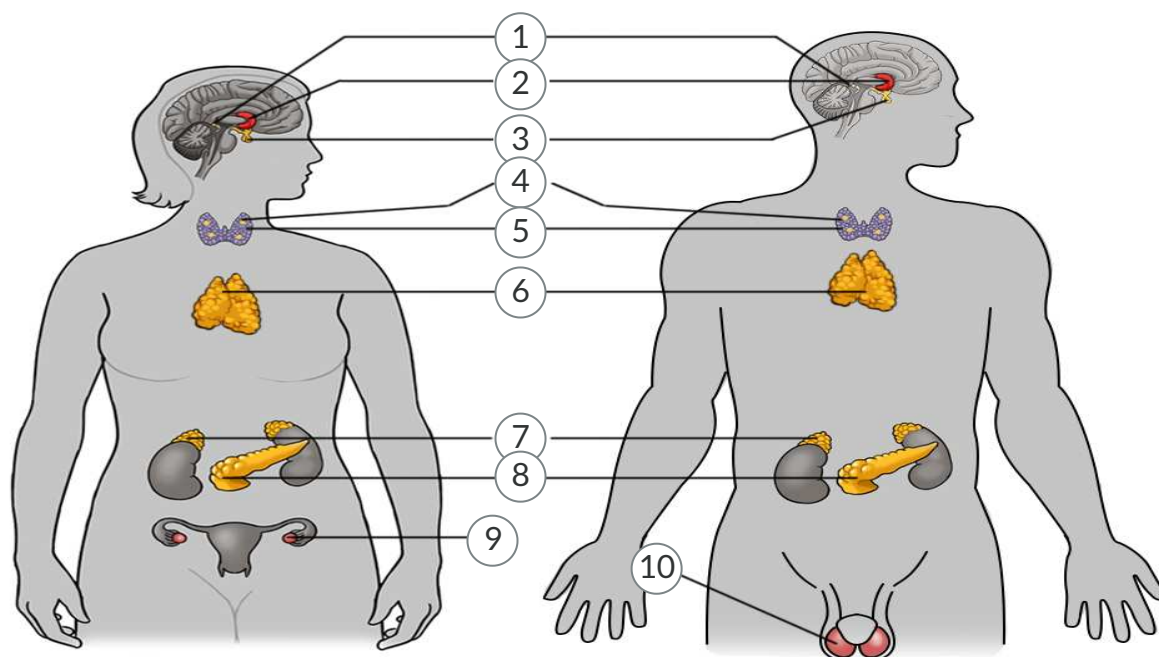
receptory adrenergiczne typu beta

receptory amin katecholowych (adrenalina, noradrenalina, dopamina) znajdujące się głównie w błonach komórkowych komórek tkanki mięśniowej poprzecznie prążkowanej serca, tkanki mięśniowej gładkiej oraz tkanki tłuszczowej

trzeciorzędowe cechy płciowe

charakterystyczna dla płci budowa ciała – u mężczyzn męski typ owłosienia (intensywniejszy, zarost na twarzy), szeroka obręcz barkowa, wzrost masy mięśniowej, niski głos, u kobiet żeński typ owłosienia (słabszy niż męski, brak zarostu na twarzy), pojawienie się biustu, szeroka obręcz miednicowa, kobieca sylwetka (rozłożenie masy mięśniowej i tłuszczu)

Grafika interaktywna



1

Szyszynka

Melatonina – wydzielanie melatoniny wykazuje silny rytm dobowy: największe jej ilości są uwalniane w nocy (prawdopodobnie jest to sygnał dla organizmu o konieczności nocnego spoczynku), melatonina stanowi więc rodzaj wewnętrznego zegara regulującego rytm sen-czuwanie, dostosowującego go do pór dnia i roku. Odgrywa także rolę w regulacji dojrzewania płciowego (u ssaków i człowieka wywiera hamujący wpływ na wydzielanie hormonów gonadotropowych, zapobiegając przedwczesnemu dojrzewaniu płciowemu).

2

Podwzgórze

Wazopresyna (hormon antydiuretyczny) – jest wytwarzana w podwzgórz, a magazynowana w tylnym płacie przysadki mózgowej. Wzmagając wchłanianie zwrotne wody w kanalikach nerkowych, powoduje zmniejszenie wydalania wody przez nerki. Pobudza skurcz mięśni gładkich, głównie naczyń krwionośnych.

Oksytocyna – to neurohormon wytwarzany w podwzgórz i magazynowany w tylnym płacie przysadki, skąd jest uwalniany do układu krążenia. Uczestniczy w laktacji, pobudzając do skurczu mięśnie gładkie przewodów gruczołów mlecznych. W dawkach farmakologicznych wywołuje skurcze mięśni gładkich macicy, uczestnicząc w akcji porodowej (ten wpływ jest wykorzystywany w położnictwie). Razem z wazopresyną uczestniczy w utrzymaniu homeostazy gospodarki

wodnej.

Podwzgórze wydziela także **liberyny** i **statyny**. Te pierwsze pobudzają, natomiast te drugie hamują wydzielanie hormonów tropowych przysadki.

3

Przysadka mózgowa

Hormon wzrostu (somatotropina) – pobudza wzrost całego organizmu (główne miejsce działania somatotropiny to chrząstki nasadowe kości długich), wzmacnia syntezę białek ustrojowych, przyspiesza spalanie tłuszczów i rozpad glikogenu w wątrobie (podnosi poziom cukru we krwi), wpływa na gospodarkę mineralną i wodną ustroju. Nadmiar somatotropiny prowadzi do akromegalii lub gigantyzmu, niedobór – do karłowatości lub chęłactwa (wyniszczenie organizmu, związane ze spadkiem masy ciała, zmniejszeniem masy mięśniowej).

Prolaktyna – wpływa na procesy rozrodcze i czynności związane z opieką nad potomstwem. U ssaków wzmacnia rozwój gruczołów mlecznych, ich czynność wydzielniczą i przejaw instynktu macierzyńskiego. Reguluje też wzrost organów wewnętrznych. Wpływa ponadto na produkcję progesteronu przez ciało żółte.

Przysadka wydziela także **hormony tropowe**. Odpowiadają one za pobudzanie i hamowanie wydzielania hormonów innych gruczołów dokrewnych.

4

Przytarczyce

Parathormon – uczestniczy w regulacji gospodarki wapniowo-fosforanowej organizmu, działa antagonistycznie do kalcytoniny wydzielanej przez komórki C tarczycy, zwiększa stężenie jonów wapniowych w osoczu przez uwalnianie ich z kości, zmniejsza stężenie fosforanów we krwi.

5

Tarczyca

Tyroksyna (T₄) – wpływa na ogólną przemianę materii (m.in. pobudza syntezę białek, przyspiesza utlenianie komórkowe, aktywuje wiele enzymów) oraz na wzrost i rozwój młodych organizmów. Zaburzenia wydzielania tyroksyny mogą skutkować:

- nadczynnością tarczycy (np.: choroba Gravesa-Basedowa), która objawia się przyspieszeniem metabolizmu (spadek masy ciała, przyspieszona akcja serca, kołatanie serca, wzmożona potliwość, nietolerancja ciepła, nerwowość, drżenia mięśniowe);
- niedoczynnością tarczycy – spowolnienie metabolizmu, niedorozwój płciowy, zahamowanie wzrostu i rozwoju psychicznego.

Kalcytonina – uczestniczy w regulacji gospodarki wapniowo-fosforanowej organizmu, działa

antagonistycznie do parathormonu wydzielanego przez przytarczycę. Zmniejsza stężenie jonów wapniowych w osoczu przez hamowanie procesu uwalniania ich z kości.

6

Grasica

Tymozyna – uczestniczy w kontroli dojrzewania limfocytów T.

7

Nadnercza

Adrenalina – pobudzając glikogenolizę w wątrobie i w mięśniach, wpływa na podwyższenie poziomu glukozy we krwi (działa antagonistycznie do insuliny). Pośredniczy także w przenoszeniu impulsów ze współczulnego układu nerwowego do tkanek, zwęża obwodowe naczynia krwionośne, rozszerza źrenice, a w większych stężeniach powoduje podniesienie ciśnienia krwi.

Noradrenalina – przez działanie na receptory adrenergiczne α (α_1) wywołuje skurcz mięśni gładkich, szczególnie naczyń krwionośnych, zwiększając w ten sposób (krótkotrwale) ciśnienie tętnicze krwi, oraz skurcz mięśni zwieraczy przewodu pokarmowego, oddechowych i pęcherza moczowego. Nasila też czynność wydzielniczą gruczołów ślinowych i łzowych. Przez receptory β wpływa stymulująco na czynność serca, zwiotcza mięśnie gładkie dróg oddechowych, osłabia perystaltykę przewodu pokarmowego oraz nasila wydzielanie reniny.

8

Trzustka

Insulina – reguluje w organizmie szybkość zużywania glukozy przez tkanki (umożliwia magazynowanie glikogenu w wątrobie i mięśniach), bierze udział w przetwarzaniu węglowodanów w tłuszcze, wzmacnia syntezę białka przez przyspieszanie dostarczania aminokwasów. Brak lub niedobór insuliny prowadzi do zwiększenia we krwi poziomu glukozy, która następnie przechodzi do moczu (np.: w cukrzycy).

Glukagon – działa antagonistycznie do insuliny, czyli powoduje wzrost stężenia glukozy we krwi – przez zmniejszenie jej zużycia przez tkanki. Między innymi pobudza rozkład glikogenu do glukozy w wątrobie i zwiększa jej powstawanie z różnych prekursorów (np. aminokwasów).

9

Jajniki

Estrogeny (u kobiet) – powodują kształtowanie się trzeciorzędowych cech płciowych w okresie dojrzewania, uczestniczą w kontroli cyklu płciowego (miesiączkowego), prowadzą do wzrostu błony śluzowej macicy i dojrzewania pęcherzyków jajnikowych (Graafa).

Progesteron – reguluje cykle miesięczne, ma znaczenie dla utrzymania ciąży.

Jądra

Testosteron – jest wytwarzany przez gruczoł śródmiąższowy jąder (komórki Leydiga). Wykazuje działanie androgenne i anaboliczne (np. przyspiesza syntezę białek).

Gruczoły dokrewne i ich hormony.

Źródło: Englishsquare.pl Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Polecenie 1

Przeanalizuj grafikę interaktywną i wyjaśnij, dlaczego osoby starsze mają mniejsze zapotrzebowanie na sen i częste problemy z bezsennością. Który z hormonów odpowiada za ten stan i przez który gruczoł dokrewny jest produkowany?

Polecenie 2

Wymień hormony odpowiedzialne za syntezę białek.

Polecenie 3

Przeanalizuj objawy nadczynności tarczycy (wymienione na grafice) i na ich podstawie opisz, jakie mogą być objawy spowolnionego metabolizmu w niedoczynności tego gruczołu.

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Związek ten jest pochodną tryptofanu, a jego synteza wyhamowuje pod wpływem bodźca odbieranego przez receptory siatkówki. Odpowiada on za regulację rytmu dobowego. Z wiekiem organizm człowieka produkuje coraz mniej tego hormonu.

Ćwiczenie 2



Ćwiczenie 3



Źródło: Englishsquare.pl Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Ćwiczenie 4

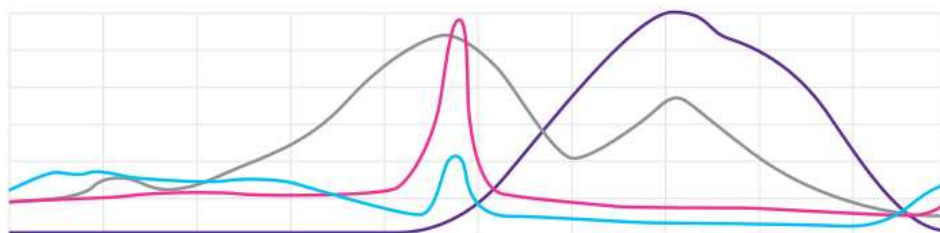


Źródło: wikipedia.org, domena publiczna.

Ćwiczenie 5



FSH
LH
ESTROGEN
PROGESTERON



Poziomy czterech hormonów (FSH, LH, estrogenu i progesteronu) w cyklu menstruacyjnym kobiet.

Źródło: Isometrik, Wikimedia Commons, licencja: CC BY-SA 3.0.

Ćwiczenie 6



Wrodzony przerost nadnerczy to genetyczna choroba recesywna występująca co 10–20 tys. urodzeń. Jedną z kilku form tej choroby objawia się brakiem ekspresji genu *CYP21*, czego skutkiem jest niedobór enzymu 21-hydrolazy, biorącego udział w syntezie kortyzolu i aldosteronu. 21-hydrolaza nie jest jednak niezbędna do syntezy testosteronu w korze nadnerczy. Niedobór kortyzolu powoduje (na zasadzie sprzężenia zwrotnego ujemnego) pobudzenie wydzielania ACTH (hormonu adrenokortykotropowego) przez przysadkę mózgową. ACTH z kolei pobudza wszystkie aktywne szlaki syntezy steroidów kory nadnerczy.

Na podstawie: Sandra Markmann i wsp., *Biology of the Adrenal Gland Cortex Obviates Effective Use of Adeno-Associated Virus Vectors to Treat Hereditary Adrenal Disorders*, Human Gene Therapy, 2018.

Ćwiczenie 7



Przeprowadzono badania dotyczące wpływu kontaktu ze zwierzętami domowymi na poziom kortyzolu u osób dorosłych. W tym celu pobrano próbkę krwi od 20 osób bezpośrednio przed kontaktem z kotem i zaraz po godzinnym przebywaniu ze zwierzęciem (próba I). W tej samej grupie osób pobrano również krew bezpośrednio przed godzinnym przebywaniem z psem i po tym kontakcie (próba II). U wszystkich badanych krew była pobierana o tej samej porze dnia. Następnie oceniono poziom kortyzolu w wybranych próbkach krwi i na podstawie wyników wyciągnięto wnioski.

Ćwiczenie 8



Dla nauczyciela

Autor: Agnieszka Pieszalska

Przedmiot: biologia

Temat: Gruczoły dokrewne i ich hormony

Grupa docelowa: uczniowie III etapu edukacyjnego – kształcenie w zakresie podstawowym i rozszerzonym

Podstawa programowa:

Zakres podstawowy

Treści nauczania – wymagania szczegółowe

V. Budowa i fizjologia człowieka.

6. Regulacja hormonalna. Uczeń:

2) podaje lokalizacje gruczołów dokrewnych i wymienia hormony przez nie produkowane;

Zakres rozszerzony

Treści nauczania – wymagania szczegółowe

XI. Funkcjonowanie zwierząt.

2. Porównanie poszczególnych czynności życiowych zwierząt, z uwzględnieniem struktur odpowiedzialnych za ich przeprowadzanie.

5) Regulacja hormonalna. Uczeń:

c) podaje lokalizacje gruczołów dokrewnych człowieka i wymienia hormony przez nie produkowane,

Kształowane kompetencje kluczowe:

- kompetencje w zakresie rozumienia i tworzenia informacji;
- kompetencje matematyczne oraz kompetencje w zakresie nauk przyrodniczych, technologii i inżynierii;
- kompetencje osobiste, społeczne i w zakresie umiejętności uczenia się;
- kompetencje cyfrowe.

Cele operacyjne:

Uczeń:

- definiuje pojęcie hormonu;
- poznaje cechy charakteryzujące gruczoły dokrewne;
- wymienia hormony wydzielane przez poszczególne gruczoły dokrewne;
- określa działanie wybranych hormonów w organizmie człowieka.

Strategie nauczania:

- konstruktywizm;
- konektywizm.

Metody i techniki nauczania:

- analiza tekstu źródłowego;
- SZS;
- rozmowa kierowana;
- ćwiczenia interaktywne.

Formy pracy:

- praca indywidualna;
- praca w grupach;
- praca całego zespołu klasowego.

Środki dydaktyczne:

- komputery z dostępem do internetu;
- zasoby multimedialne zawarte w e-materiale;
- zagadnienia do opracowania.

Przebieg zajęć

Faza wstępna:

1. Nauczyciel prosi uczniów o zapoznanie się ze wstępem do e-materiału.
2. Nauczyciel zadaje pytania:
 - Jaką funkcję pełni układ dokrewny?
 - Co składa się na układ hormonalny?
 - Co to są hormony?
 - Jakie znaczenie gruczoły wydzielania wewnętrznych?
3. Nauczyciel podaje cele lekcji i formułuje jej temat.

Faza realizacyjna:

1. Nauczyciel prosi uczniów o zapoznanie się z tematem *Gruczoły dokrewne i ich hormony* w sekcji „Przeczytaj” e-materiału.
2. Praca samodzielna (S): studiowanie literatury, pozyskiwanie informacji.
3. Praca zespołowa (Z): Nauczyciel dzieli uczniów na siedem grup i wyjaśnia im zasady pracy. Zaznacza, że czas pracy przy każdym stanowisku wynosi 4 min. Każda z grup podchodzi do swojego stanowiska pracy i z przygotowanej koperty wyjmuje zagadnienie do opracowania:

- stanowisko 1 – „Wymień hormony podwzgórza oraz określ ich działanie w organizmie człowieka”;
- stanowisko 2 – „Wymień hormony przysadki mózgowej oraz określ ich działanie w organizmie człowieka”;
- stanowisko 3 – „Wymień hormony tarczycy oraz określ ich działanie w organizmie człowieka”;
- stanowisko 4 – „Wymień hormony przytarczyc oraz określ ich działanie w organizmie człowieka”;
- stanowisko 5 – „Wymień hormony nadnerczy oraz określ ich działanie w organizmie człowieka”;
- stanowisko 6 – „Wymień hormony gonad oraz określ ich działanie w organizmie człowieka”;
- stanowisko 7 – „Wymień hormony trzustki, szyszynki, grasicy oraz określ ich działanie w organizmie człowieka”.

Uczniowie, opracowując zagadnienia, korzystają z e-materiału. Po upływie wyznaczonego czasu grupy przechodzą na kolejne stanowiska i opracowują zagadnienia z następnych kopert. Nauczyciel kontroluje pracę grup, wyjaśnia ewentualne wątpliwości. Uczniowie przy każdym stanowisku zapisują najistotniejsze informacje: wypisują hormony wydzielane przez poszczególne gruczoły dokrewne oraz opisują ich działanie w organizmie człowieka.

4. Praca samodzielna (S) – uczniowie zapoznają się z grafiką interaktywną i wykonują do niej polecenia. Nauczyciel sprawdza poprawność wykonanych poleceń.

Faza podsumowująca:

1. Nauczyciel podsumowuje pracę grup.
2. Nauczyciel zadaje uczniom pytania:
 - Co na zajęciach wydało wam się ważne i ciekawe?
 - Co było łatwe, a co trudne?
 - Jak możecie wykorzystać wiadomości i umiejętności, które dziś zdobyliście?

3. Chętni/wybrani uczniowie podsumowują zajęcia.

Praca domowa:

Uczniowie wykonują ćwiczenia interaktywne zawarte w e-materiale.

Materiały pomocnicze:

- *Encyklopedia szkolna. Biologia*, red. Marta Stęplewska, Robert Mitoraj, Wydawnictwo Zielona Sowa, Kraków 2006.
- Neil A. Campbell i in., *Biologia Campbella*, tłum. K. Stobrawa i in., Rebis, Poznań 2019.

Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania grafiki interaktywnej:

Grafika interaktywna powinna zostać wykorzystana w fazie realizacyjnej lekcji. Może mieć również zastosowanie na lekcji powtórzeniowej.