

Układ hormonalny: budowa, hormony i mechanizmy działania

Organizm człowieka (poziom rozszerzony) · edubiologia.pl

MODUŁ 11 · LEKCJA 11.10 · ORGANIZM CZŁOWIEKA – POZIOM ROZSZERZONY

W tej lekcji poznasz **zadania układu hormonalnego u zwierząt**, feromony i **hormonalną regulację przeobrażenia owadów**. Dalej są **podziały hormonów**, **hormony tkankowe** i cztery sposoby działania hormonów, a po nich **gruczoły dokrewne i ich hormony**. Lekcję zamykają: regulacja **rytmu dobowego**, **tempa metabolizmu i wzrostu** oraz **mechanizmy działania hormonów białkowych i steroidowych**.

Do czego zwierzętom służy układ hormonalny

Funkcjonowanie organizmu zwierzęcia regulują razem dwa układy: nerwowy i **hormonalny**, nazywany też **układem dokrewnym**. Układ hormonalny wydziela specyficzne substancje – **hormony**. Za ich pomocą kontroluje pracę różnych narządów ciała i koordynuje ich działanie.

Produkcją i wydzielaniem hormonów zajmują się **gruczoły endokrynne** lub **komórki endokrynne**. „Endokrynne” znaczy tyle, co „dokrewne”.

Układ hormonalny, tak samo jak nerwowy, pozwala organizmowi na **adaptację**, kiedy zmieniają się warunki zewnętrzne i wewnętrzne.

🔑 Oba układy różnią się zasięgiem: **impulsy nerwowe trafiają TYLKO do określonego narządu**, a **hormony są rozprawdane PO CAŁYM CIELE** – przez układ krwionośny.

Procesy, które reguluje układ hormonalny, zachodzą **zazwyczaj powoli**. Dlatego reakcje organizmu na zmiany środowiska też są powolne. **Skutki działania hormonów trwają za to długo**.

Pod kontrolą hormonów jest u zwierząt **wiele procesów metabolicznych** (np. rozkład i synteza glikogenu), a ponadto **wzrost i rozmnażanie się**. Hormony odpowiadają też za **linienie** bezkręgowców oraz za **przeobrażenie**, czyli przemianę postaci larwalnych w postaci dorosłe. Przeobrażenie dotyczy zarówno bezkręgowców (np. owadów), jak i kręgowców (np. płazów bezogonowych).

Regulacja nerwowa i hormonalna – zestawienie

Cecha	Układ nerwowy	Układ hormonalny
Czym reguluje pracę narządów	impulsami nerwowymi	związkami chemicznymi – hormonami
Regulacja – tempo	szybka	powolna
Regulacja – czas trwania	krótkotrwała	długotrwała
Zasięg	impulsy docierają tylko do określonego narządu	hormony są rozprowadzane po całym ciele
Jak przebiega regulacja	komórka nerwowa → impuls nerwowy → neuroprzekaźnik → komórka docelowa lub kolejna komórka nerwowa	komórka endokrynną → hormon → naczynie krwionośne → komórka docelowa

Feromony – hormony wydzielane na zewnątrz ciała

Niektóre hormony zwierzęce są wydzielane **NA ZEWNĄTRZ** ciała – to **feromony**. Wydzielają je **gruczoły egzokrynne**.

Gruczoły egzokrynne leżą m.in. w błonach śluzowych narządów rozrodczych i w skórze.

Feromony są **lotne**. Ich działanie jest skierowane na **inne osobniki tego samego gatunku**.

🔑 Pierwszy feromon, jaki opisano, to **bombikol**. Jest wydzielany przez dojrzałe płciowo samice **jedwabnika**, a jego funkcja to **przywabianie samców**. Samiec wyczuwa zapach tego feromonu nawet przy stężeniu **jednej cząsteczki na trylion cząsteczek powietrza**.

Jak hormony kierują przeobrażeniem owada

Przeobrażenie owadów kontrolują substancje wydzielane przez następujące struktury:

Struktura	Położenie	Wydzielana substancja
Ciała sercowate	bezpośrednio za mózgiem	hormon protorakotropowy (PTTH)
Ciała przyległe	za ciałami sercowatymi	hormon juwenilny
Gruczoł protorakalny	w segmentach tułowiowych	ekdyzon – hormon linienia

W mózgu owada są ponadto **komórki neurohormonalne**.

Etap	Przebieg
1	PTTH, czyli hormon protorakotropowy, jest wydzielany przez ciała sercowate.
2	PTTH pobudza gruczoł protorakalny. Gruczoł wytwarza wtedy ekdyzon – hormon linienia.
3	Hormon juwenilny jest wydzielany przez ciała przyległe.
4	Stężenie hormonu juwenilnego jest stale WYSOKIE : larwa przechodzi kolejne linienia .
5	Stężenie hormonu juwenilnego obniża się poniżej wartości progowej : larwa przemienia się w poczwarkę .
6	Stężenie hormonu juwenilnego jest stale NISKIE : poczwarka przeobraża się w postać imago .

Kolejne stadia to: **larwa → (linienie) → larwa → poczwarka → imago**. Ekdyzon działa na każdym z etapów 4–6. Etapy te różni stężenie hormonu juwenilnego.

Z czego składa się układ hormonalny i jakie ma funkcje

Układ hormonalny działa poprzez **hormony**. Są to **substancje organiczne**, a ich rola to modyfikowanie czynności komórek docelowych: **stymulowanie lub hamowanie**.

W skład układu wchodzi **gruczoły dokrewne** oraz **wyspecjalizowane komórki wydzielnicze**. Komórki te są rozsiane w innych narządach i tkankach.

Wydzielanie wewnętrzne bada nauka zwana **endokrynologią**.

Poza gruczołami dokrewnymi organizm ma gruczoły **zewnętrznydzielnicze**. Do układu hormonalnego one **NIE** należą.

Cecha	Gruzoły wewnątrzwydzielnicze (dokrewne)	Gruzoły zewnątrzwydzielnicze
Przewody wyprowadzające	 brak — te gruczoły NIE mają przewodów, które wyprowadzałyby wydzielinę	są — specjalne przewody wyprowadzające
Droga wydzieliny	substancje, które gruczoł sam wytwarza (hormony), przechodzą bezpośrednio do krwi (do naczynia krwionośnego) lub do innych płynów ustrojowych; dzieje się to na drodze egzocytozy	wydzielane substancje wydostają się z gruczołu przewodem wyprowadzającym
Przykłady	np. nadnercza	m.in. gruczoły potowe, ślinianki i gruczoły łojowe

Główne funkcje układu hormonalnego:

Co podlega regulacji	Opis
Praca narządów	układ ją reguluje i koordynuje; dzięki temu organizm może adaptować się do zmian w środowisku i utrzymywać homeostazę
Rozmnazanie	regulacja procesów, które są z nim związane
Wzrost i rozwój	regulacja procesów wzrostu oraz rozwoju
Metabolizm	regulacja procesów metabolicznych

Według czego dzieli się hormony

Hormony dzieli się na kilka sposobów. **Budowa chemiczna** to jedno z kryteriów. Pozostałe opisane tutaj to: **miejsce i zakres działania**, **mechanizm działania** oraz **kierunek regulowanych procesów metabolicznych**.

Kryterium	Grupa i jej cechy	Przykłady
budowa chemiczna	Hormony steroidowe — są syntetyzowane z cholesterolu	np. testosteron
budowa chemiczna	Hormony niesteroidowe — zalicza się do nich m.in. hormony białkowe, pochodne aminokwasów oraz pochodne kwasów tłuszczowych	hormon białkowy: np. insulina; pochodna aminokwasów: np. tyroksyna; pochodne kwasów tłuszczowych: np. prostaglandyny

miejsce i zakres działania	Hormony o działaniu ogólnym – wydzielają je gruczoły dokrewne ; na komórki docelowe działają za pośrednictwem układu krwionośnego	m.in. adrenalina czy hormon wzrostu
miejsce i zakres działania	Hormony tkankowe – uwalniają je komórki wydzielnicze, które osobnego narządu nie tworzą , tylko leżą w obrębie innych narządów (np. nerek, żołądka czy jelit). Hormony te mogą działać na komórki sąsiadujące z komórkami wydzielniczymi albo trafiać do komórek docelowych z krwią	m.in. erytropoetyna, histamina i gastryna
mechanizm działania	hormony, których stężenie we krwi znacznie się waha – zależnie od aktualnego stanu organizmu	np. adrenalina
mechanizm działania	hormony, których stężenie we krwi organizm utrzymuje na poziomie względnie stałym	np. tyroksyna
kierunek regulowanych procesów metabolicznych	Hormony anaboliczne – nasilają procesy syntezy	np. insulina lub testosteron
kierunek regulowanych procesów metabolicznych	Hormony kataboliczne – nasilają procesy rozkładu ; wiążą się one m.in. z uwalnianiem energii	np. glukagon lub tyroksyna

🔑 Hormony tkankowe to grupa związków **bardzo duża i zróżnicowana**. **Współcześnie zalicza się do niej również cytokiny** – związki, które uczestniczą m.in. w procesach odpornościowych.

🔑 Hormony anaboliczne i kataboliczne działają **CZĘSTO antagonistycznie**, czyli przeciwstawnie.

Gastryna, erytropoetyna, histamina – przykłady hormonów tkankowych

Hormon	Gdzie jest wydzielany	Jak działa
Gastryna	błona śluzowa dwunastnicy i żołądka	Pobudza przewód pokarmowy do pracy. W żołądku zwiększa wydzielanie pepsyny i kwasu solnego. Sprawia też, że szybciej regeneruje się błona śluzowa jelita grubego, dwunastnicy i żołądka

Erytropoetyna	wątroba, nerki	W szpiku kostnym czerwonym pobudza powstawanie erytrocytów oraz syntezę hemoglobiny. Sama erytropoetyna jest syntetyzowana w odpowiedzi na bodziec, którym jest m.in. niedotlenienie organizmu
Histamina	różne tkanki i komórki organizmu, m.in. błona śluzowa przewodu pokarmowego oraz leukocyty	Uczestniczy w reakcjach alergicznych i w powstawaniu stanu zapalnego. Pod jej wpływem naczynia krwionośne się rozszerzają , a kurczą się mięśnie gładkie oskrzeli oraz mięśnie przewodu pokarmowego

Czy wiesz, że...

- **Leptyna** to także **hormon tkankowy**. Powstaje **głównie w tkance tłuszczowej żółtej**, a skutkiem jej działania jest **zmniejszenie apetytu**.
- Masa tkanki tłuszczowej i stężenie leptyny we krwi są do siebie **proporcjonalne**. Leptyna przekazuje mózgowi informację o zasobach energetycznych organizmu.
- Gdy wytwarzanie leptyny jest zaburzone, **często** dochodzi do nadwagi i otyłości.

Działanie autokrynnе, parakrynnе, endokrynnе i neurokrynnе

Są cztery sposoby działania hormonów: autokrynnы, parakrynnы, endokrynnы i neurokrynnы.  **Niektóre hormony działają na wszystkie cztery sposoby, inne — tylko na kilka albo na jeden.**

Sposób działania	Na co wpływa hormon i jak tam dociera	Przykład
Autokrynnы	hormon wpływa na czynność tych samych komórek, które go wydzieliły ; komórka wydzielnicza jest tu zarazem komórką docelową	Insulinopodobny czynnik wzrostu I (jedna z cytokin). Produkują go i wydzielają m.in. chondrocyty, a działa on na te same chondrocyty: pobudza je do namnażania się i hamuje ich obumieranie. W ten sposób wpływa na wzrost całego ciała i szkieletu
Parakrynnы	hormon wpływa na czynność komórek sąsiednich ; dociera do nich przez przestrzeń międzykomórkową, dyfundując	Cytokiny limfocytów . Limfocyty wytwarzają je i wydzielają, a cytokiny działają na makrofagi, które z limfocytami sąsiadują. Skutkiem jest stymulacja fagocytozy drobnoustrojów chorobotwórczych

Endokrynnny	hormon wpływa na komórki odległych tkanek i narządów ; z komórki wydzielniczej trafia do naczynia krwionośnego i dociera do celu z krwią	Kalcytonina . Wytwarza ją i wydziela tarczyca. Hormon ten wpływa na tkankę kostną: blokuje uwalnianie z niej wapnia
Neurokrynnny	hormonami są tu neurohormony ; wydzielają je aksony neuronów. Neurohormony bezpośrednio wpływają na inne neurony , a poprzez układ krążenia (naczynie krwionośne) także na odległe komórki docelowe	Somatostatyna . Wytwarzają ją neurony podwzgórza, a wpływa ona na komórki przysadki

Komórka docelowa ma **receptor**, z którym hormon się łączy.

Gruczoły dokrewne — który co wydziela

Gruczoły dokrewne leżą w różnych miejscach ciała i **NIE** mają ze sobą **bezpośredniego** połączenia. Łączy je **układ krwionośny**: to on przenosi ich hormony po całym organizmie.

🔑 Pracę układu hormonalnego reguluje układ nerwowy, a pośredniczy w tym podwzgórze.

Gruczoł	Budowa, rola i hormony
Podwzgórze	Część mózgowia. Steruje funkcją wydzielniczą przysadki i jest łącznikiem układu nerwowego z hormonalnym . Wytwarza także oksytocynę i wazopresynę ; oba hormony trafiają do przysadki i dopiero z niej są uwalniane
Przysadka	Ma dwie części. Przysadka gruczołowa (płat przedni) wydziela hormony przysadki. Przysadka nerwowa (płat tylny) magazynuje hormony podwzgórza i je uwalnia
Szyszynka	wydziela melatoninę
Tarczyca	wydziela kalcytoninę, tyroksynę i trójjodotyroninę
Przytarczycy	wydzielają parathormon
Grasica	wytwarza m.in. tymozynę
Nadnercza	Mają korę i rdzeń. Rdzeń nadnerczy wydziela adrenalinę , a kora nadnerczy — m.in. kortyzol
Trzustka	wytwarza glukagon i insulinę
Jądra	wytwarzają testosteron

Jajniki	wytwarzają progesteron i estrogeny
----------------	---

Oś podwzgórze – przysadka – tkanka docelowa

W tylnym płacie przysadki są **przejściowo magazynowane** niektóre hormony podwzgórza. Inne regulują czynność wydzielniczą **płata przedniego**.

Przedni płat przysadki wydziela m.in. **hormony tropowe**. Stymulują one działanie gonad, kory nadnerczy i tarczycy.

Hormon	Grupa	Działanie
Hormon wzrostu (GH)	hormon przysadki; na tkanki docelowe działa BEZPOŚREDNIO	Stymuluje wzrost organizmu. We wszystkich komórkach pobudza przemiany sacharydów, lipidów i białek
Prolaktyna (PRL)	hormon przysadki; na tkanki docelowe działa BEZPOŚREDNIO	Hamuje owulację. Po porodzie pobudza u kobiet gruczoły mlekowe, żeby wytwarzały mleko
Wazopresyna (ADH)	hormon podwzgórza ; przysadka go magazynuje i uwalnia	Steruje procesem zagęszczania moczu i w ten sposób reguluje gospodarkę wodną: pod jej wpływem organizm zatrzymuje wodę
Oksytocyna	hormon podwzgórza ; przysadka go magazynuje i uwalnia	Wywołuje skurcze: macicy u kobiet i nasieniowodów u mężczyzn. U kobiet wywołuje też wydzielanie mleka
Gonadotropiny (FSH i LH), kortykotropina (ACTH), tyreotropina (TSH)	hormony przysadki; na tkanki docelowe działają POŚREDNIO – to hormony tropowe	stymulują działanie gruczołów wymienionych niżej

Hormony tropowe i ich narządy docelowe:

Hormon tropowy	Narząd docelowy	Hormony tego narządu i ich działanie
TSH	tarczyca	Tyroksyna i trójiodotyronina: ułatwiają wchłanianie glukozy z przewodu pokarmowego, a także pobudzają metabolizm. Kalcitonina: blokuje uwalnianie wapnia z kości i w ten sposób zmniejsza jego stężenie we krwi

ACTH	kora nadnerczy	Kortyzol: działa przeciwzapalnie, podnosi stężenie glukozy we krwi i obniża odporność organizmu
FSH, LH	jądro	Testosteron: pod jego wpływem rozwijają się męskie narządy rozrodcze. Odpowiada też za męską budowę ciała, rozrost krtani oraz wzrost kości i mięśni szkieletowych
FSH, LH	jajnik	Estrogeny: pod ich wpływem rozwijają się żeńskie narządy rozrodcze; wpływają też na cykl miesięczkowy, typ owłosienia, barwę głosu i proporcje ciała. Progesteron: umożliwia rozwój zarodka i płodu, wpływa na cykl miesięczkowy

Gruczoły dokrewne poza kontrolą hormonów tropowych

Hormony tropowe przysadki **NIE** regulują niektórych gruczołów dokrewnych. Są to m.in.: trzustka, rdzeń nadnerczy, grasicca, przytarczycy i szyszynka.

Gruczoł	Hormon	Działanie
Szyszynka	melatonina	Jest wydzielana głównie w nocy . Reguluje rytm dobowy: wywołuje uczucie senności i wprowadza organizm w stan snu
Przytarczycy	parathormon	Podnosi stężenie wapnia we krwi: uwalnia wapń z kości i wzmacnia jego wchłanianie z przewodu pokarmowego
Grasica	hormony grasicy, m.in. tymozyna	U dzieci stymulują rozwój układu odpornościowego. Przyspieszają dojrzewanie limfocytów T
Rdzeń nadnerczy	adrenalina i noradrenalina	Powstają głównie w warunkach stresu . Pod ich wpływem rosną: częstość oddechów, częstość skurczów serca, ciśnienie krwi i stężenie glukozy we krwi
Trzustka	insulina	Obniża stężenie glukozy we krwi. Sprawia, że glukoza gromadzi się w wątrobie jako glikogen — to glikogenogeneza
Trzustka	glukagon	Podwyższa poziom glukozy we krwi: stymuluje rozkład glikogenu, który znajduje się w wątrobie — to glikogenoliza

🔑 Wapń we krwi: **parathormon jego stężenie ZWIĘKSZA, a kalcytonina ZMNIEJSZA.**

Podwzgórze i przysadka a homeostaza

Podwzgórze należy do **międzymózgowia**. Kieruje czynnością autonomicznego układu nerwowego. Wpływa też na to, jak funkcjonują ośrodki w rdzeniu kręgowym, pniu mózgu i korze mózgowej.

Podwzgórze reguluje m.in.:
termoregulację
pobieranie pokarmu
gospodarkę wodną organizmu
funkcjonowanie układu krążenia
reakcje obronne, np. agresję, wściekłość
procesy płciowe, m.in. popęd płciowy

W podwzgórzu leżą też **jądra nerwowe**. Są to skupiska **komórek neurowydzielniczych**. Komórki te wytwarzają i wydzielają **neurohormony**.

🔑 Niektóre neurohormony regulują czynności wydzielnicze **PRZEDNIEGO** płata przysadki. Inne są transportowane do płata **TYLNEGO** i tam magazynowane.

Neurohormony regulujące wydzielanie hormonów tropowych docierają do przysadki żyłami. Są to **żyły wrotne podwzgórzowo-przysadkowe**. Prowadzą one od podwzgórza, gdzie leżą komórki neurowydzielnicze, do przedniego płata przysadki.

Podwzgórze oddziałuje więc na układ nerwowy i na układ hormonalny. Dzięki temu organizm może **utrzymać homeostazę** i **adaptować się do warunków środowiska zewnętrznego**.

Trzustka — narząd zewnętrz- i wewnętrzwydzielniczy

🔑 Trzustka jest zarazem narządem zewnątrzwydzielniczym i wewnętrzwydzielniczym. W pierwszej roli wydziela **enzymy trawienne**, w drugiej — **hormony: glukagon i insulinę**.

W komórkach trzustki silnie rozwinięta jest **siateczka śródplazmatyczna szorstka**. Na jej rybosomach powstają białka enzymatyczne i hormonalne. Komórki te mają też liczne **aparaty Golgiego**. W aparatach Golgiego gotowe wydzieliny są modyfikowane i sortowane, a stamtąd wysyłane poza komórki gruczołowe.

Część trzustki	Budowa	Co wytwarza	Dokąd trafia wydzielina
----------------	--------	-------------	-------------------------

Zewnątrzwydzielnicza	To główna masa trzustki. W jej skład wchodzi m.in. pęcherzyki wydzielnicze	Enzymy trawienne. Komórki pęcherzyków wytwarzają je często jako nieaktywne proenzymy ; w komórkach tych są ziarna proenzymu	Pęcherzyki mają przewody wyprowadzające. Uchodzą one do przewodu trzustkowego , a ten prowadzi do dwunastnicy
Wewnątrzwydzielnicza	Skupienia komórek gruczołowych, czyli wyspy trzustkowe (wyspy Langerhansa)	Komórki A (alfa, α): glukagon – stymuluje on glikogenolizę. Komórki B (beta, β): insulina – stymuluje ona glikogenogenezę; w komórkach tych są pęcherzyki z insuliną	Insulina i glukagon są uwalniane z komórek do krwi

Hormony a rytm dobowy, tempo metabolizmu i wzrost

Hormony regulują wiele ważnych procesów w organizmie. Mają wpływ m.in. na wzrost, metabolizm i rytm dobowy.

Rytm dobowy. Aktywność dobową organizmu reguluje **szyszynka**. Jej hormon, **melatonina**, kontroluje stany czuwania i snu.  **Wydzielanie melatoniny jest regulowane przez światło.** Pobudza ono specjalne receptory, które leżą w **siatkówce oka**.

Warunki	Receptory w siatkówce	Melatonina	Aktywność organizmu
Światło	pobudzone	jej produkcja jest ZAHAMOWANA	wzmoczona
Ciemność	niepobudzone	szyszynka ją wydziela	wysokie stężenie melatoniny umożliwia spowolnienie aktywności i zasypianie

Tempo metabolizmu. Reguluje je **przede wszystkim tarczyca**. Wydziela ona tyroksynę i trójjodotyroninę. Oba hormony pobudzają wiele procesów fizjologicznych i przemian metabolicznych, m.in.:

Czego dotyczy	Procesy pobudzane przez hormony tarczycy
ATP i ciepło	produkcja ciepła w tkankach oraz rozkład ATP
Tłuszcze	utlenianie kwasów tłuszczowych, a także rozkład tłuszczów
Glukoza	jej transport do wnętrza komórek
Serce i przepływ krwi	przyspieszanie czynności serca; zwiększanie przepływu krwi przez narządy ciała

Odpowiednie stężenie hormonów tarczycy jest ponadto niezbędne, żeby prawidłowo pracowały **układ rozrodczy i układ nerwowy**.

Wzrost organizmu. Wiąże się on z funkcjonowaniem **przysadki**. Wytwarza ona m.in. hormon wzrostu, czyli **somatotropinę**. Hormon ten pobudza komórki, żeby przeprowadzały procesy niezbędne do zwiększania rozmiarów ciała, np.:

Czego dotyczy	Procesy pobudzane przez hormon wzrostu
Kości	ich rozrost
Kwasy tłuszczowe	ich utlenianie i pozyskiwanie z nich energii
Białka	ich synteza w tkankach, głównie w tkance mięśniowej i tkance kostnej

Receptory i mechanizm działania hormonów

🔑 Hormon wydzielony do płynów ustrojowych działa **WYŁĄCZNIE na komórki docelowe**. Są to komórki, które mają **receptory charakterystyczne dla tego hormonu**. Stąd bierze się wybiórcze i specyficzne działanie hormonów: pobudzają lub hamują aktywność określonych tkanek i narządów.

O położeniu receptorów decyduje **budowa chemiczna hormonu**. Receptory mogą leżeć na powierzchni komórki docelowej albo w jej wnętrzu.

Typ hormonu	Czy wnika do komórki	Receptory	Co dalej
-------------	----------------------	-----------	----------

Hormony białkowe	NIE — przez błony do wnętrza komórki nie dyfundują	w błonie komórkowej; to receptory błonowe	Hormon wiąże się z receptorem, a wywołany tym sygnał jest przekazywany z udziałem substancji pośredniczących . Hormon białkowy może aktywować związki, które w komórce już istnieją (głównie białka enzymatyczne), albo stymulować syntezę białek nowych
Hormony steroidowe	tak — rozpuszczają się w tłuszczach, więc przez błony dyfundują	receptory cytozolowe (leżą w cytozolu) lub receptory jądrowe (leżą w jądrze komórkowym). Niektóre hormony korzystają z obu typów receptorów	Stymulują syntezę nowych białek; białka te zmieniają aktywność komórki
Hormony będące pochodnymi aminokwasów	zazwyczaj nie	receptory błonowe — tak jak u hormonów białkowych	Uruchamiają ciąg reakcji, które prowadzą do zmiany aktywności komórki
Wyjątek: hormony tarczycy	tak — tyroksyna i trójiodotyronina (pochodne aminokwasu tyrozyny) przechodzą przez błony dzięki błonowym białkom przENOśnikowym	receptory jądrowe — tak jak u niektórych hormonów steroidowych	Uruchamiają ciąg reakcji, które prowadzą do zmiany aktywności komórki

Działanie hormonu białkowego krok po kroku

Hormon białkowy zostaje na zewnątrz komórki i wiąże się z receptorem w błonie komórkowej. Kinaza białkowa i białko, które ona fosforyluje, znajdują się w cytozolu. Po etapie 6 droga się rozgałęzia: w etapie 7a działa białko już istniejące, a etapy 7b–9 prowadzą do syntezy nowego białka.

Etap	Przebieg
1	Hormon przyłącza się do receptora błonowego . Tak powstaje kompleks hormon–receptor .

2	Kompleks aktywuje białko G , czyli białko regulacyjne.
3	Białko G aktywuje enzym o nazwie cyklaza adenylanowa . Enzym ten przekształca ATP w cAMP ; powstaje przy tym PP_i ($cAMP + PP_i$).
4	Pod wpływem cAMP nieaktywna kinaza białkowa staje się aktywna. Kinaza ta katalizuje reakcje fosforylacji, w których bierze udział ATP.
5	Kinaza białkowa fosforyluje białko nieaktywne ; ATP przechodzi przy tym w ADP.
6	Skutkiem fosforylacji jest białko aktywne (ufosforylowane) .
7a	Białko w formie aktywnej, np. białko enzymatyczne, wpływa na metabolizm komórki. Aktywność komórki się zmienia.
7b	Białko w formie aktywnej przechodzi do jądra komórkowego . Stymuluje tam transkrypcję określonego genu ($DNA \rightarrow mRNA$).
8	Powstało mRNA. W czasie translacji zostaje zsyntetyzowane określone białko, np. enzymatyczne.
9	Nowe białko wpływa na metabolizm komórki. Aktywność komórki się zmienia.

Działanie hormonu steroidowego krok po kroku

Hormon steroidowy przechodzi przez błonę komórkową do cytozolu.

Etap	Przebieg
1	W cytozolu hormon wiąże się z receptorem cytozolowym . Tak powstaje kompleks hormon-receptor .
2	Kompleks przechodzi do jądra komórkowego . Tam łączy się z receptorem jądrowym , a ten jest zlokalizowany na DNA .
3	Skutkiem tego połączenia jest stymulacja transkrypcji określonego genu. Powstaje mRNA.
4	W czasie translacji zostaje zsyntetyzowane określone białko, np. enzymatyczne. Białko to zmienia aktywność komórki .

Hormon, który już zadziałał, odłącza się od receptora cytozolowego i zostaje zmetabolizowany.



Pułapki konkursowe – układ hormonalny (część 1)

- Układ nerwowy reguluje szybko i krótkotrwale, a impulsy trafiają tylko do określonego narządu. Układ hormonalny reguluje powoli i długotrwale, a hormony są rozprowadzane po całym ciele.

- **Feromony są wydzielane przez gruczoły EGZOkrynne — na zewnątrz ciała.** Odbiorcami feromonów są **inne osobniki tego samego gatunku**. Pierwszy opisany feromon to **bombikol**, wydzielany przez samice **jedwabnika**.
- **Hormon juwenilny: stałe wysokie stężenie → kolejne linienia larwy; spadek poniżej wartości progowej → poczwarka; stałe niskie stężenie → imago.** Ekdyzon to **hormon linienia**. Wytwarza go **gruczoł protorakalny** pobudzony przez **PTTH z ciał sercowatych**. Hormon juwenilny pochodzi z **ciał przyległych**.
- **Gruczoł dokrewny nie ma przewodów wyprowadzających.** Jego hormony do krwi lub innych płynów ustrojowych trafiają **bezpośrednio, na drodze egzocytozy**. Ślinianki, gruczoły łojowe i gruczoły potowe **do układu hormonalnego nie należą**.
- **Hormony steroidowe są syntetyzowane z cholesterolu.** Grupa niesteroidowych obejmuje **m.in.** hormony białkowe, pochodne aminokwasów i pochodne kwasów tłuszczowych.
- **Syntezę nasilają hormony anaboliczne (np. insulina, testosteron). Rozkład nasilają hormony kataboliczne (np. glukagon, tyroksyna).** Działanie hormonów anabolicznych i katabolicznych jest **często antagonistyczne, czyli przeciwstawne**.
- **Stężenie adrenaliny we krwi znacznie się waha. Stężenie tyroksyny jest względnie stałe.**
- **Skąd pochodzą hormony tkankowe: erytropoetyna — z wątroby i nerek (bodziec do jej syntezy: m.in. niedotlenienie); gastryna — z błony śluzowej dwunastnicy i żołądka; histamina — m.in. z leukocytów oraz z błony śluzowej przewodu pokarmowego. Histamina kurczy mięśnie gładkie oskrzeli i mięśnie przewodu pokarmowego, a naczynia krwionośne ROZSZERZA.**
- **Autokrynnie — na komórkę, która sama wydzieliła hormon. Parakrynnie — na komórki sąsiednie, przez przestrzeń międzykomórkową. Endokrynnie — na komórki odległe, z krwią. Neurokrynnie — neurohormony wydzielane przez aksony neuronów.**
- **Płat przedni (przysadka gruczołowa) WYDZIELA hormony przysadki. Płat tylny (przysadka nerwowa) MAGAZYNUJE hormony podwzgórza i je UWALNIA.** Oksytocyna i wazopresyna powstają w **podwzgórz**; trafiają do przysadki i dopiero z niej są uwalniane.
- **GH i prolaktyna działają na tkanki docelowe BEZPOŚREDNIO. Hormony TROPOWE — TSH, ACTH, FSH i LH — działają POŚREDNIO.**
- **Mleko: prolaktyna pobudza gruczoły mlekowe do jego WYTWARZANIA (i hamuje owulację), a oksytocyna wywołuje jego WYDZIELANIE (oraz skurcze macicy).**
- **Parathormon ZWIĘKSZA stężenie wapnia we krwi: uwalnia wapń z kości i wzmacnia jego wchłanianie z przewodu pokarmowego. Kalcytonina je ZMNIEJSZA: blokuje uwalnianie wapnia z kości.**
- **Glikogenogeneza — insulina. Glikogenoliza — glukagon.** W wyspach trzustkowych **glukagon wytwarzają komórki A, a insulinę — komórki B**. Te same komórki oznacza się też literami greckimi: A = α (alfa), B = β (beta).
- **Trzustka to jednocześnie gruczoł zewnątrzwydzielniczy i wewnątrzwydzielniczy. Główną masę narządu stanowi część zewnątrzwydzielnicza.**
- **Hormony tropowe przysadki nie regulują niektórych gruczołów dokrewnych. Są to m.in. grasica, szyszynka, trzustka, przytarczyce i rdzeń nadnerczy.**

- **Nadnercza:** kora wydziela m.in. kortyzol, a rdzeń — adrenalinę. Kortyzol zwiększa stężenie glukozy we krwi, działa przeciwzapalnie i **OBNIŻA** odporność.
- **Światło HAMUJE** produkcję melatoniny. W ciemności szyszynka melatoninę wydziela. Receptory, które światło pobudza, leżą w **siatkówce oka**. Melatonina jest wydzielana **głównie w nocy**.
- **Żyłami wrotnymi podwzgórzowo-przysadkowymi** są transportowane do przysadki te neurohormony z podwzgórza, **KTÓRE REGULUJĄ WYDZIELANIE HORMONÓW TROPOWYCH**.
- **Hormony białkowe:** receptory **BŁONOWE** i substancje pośredniczące. **Hormony steroidowe:** receptory cytozolowe lub jądrowe. Wyjątek wśród pochodnych aminokwasów: tyroksyna i trójiodotyronina. Przez błony przenoszą je **błonowe białka przenośnikowe**, a łączą się one z receptorami jądrowymi.
- **Kolejność w kaskadzie hormonu białkowego:** hormon + receptor → białko G → cyklaza adenylanowa → ATP w cAMP → kinaza białkowa → fosforylacja białka.
- **Hormon steroidowy:** receptor jądrowy jest zlokalizowany **NA DNA**. Efekt końcowy to **białko zsintetyzowane w czasie translacji**; to ono zmienia aktywność komórki.

To najważniejsze!

1. Funkcjonowanie organizmu regulują razem układ nerwowy i układ hormonalny (dokrewny). Nerwowy reguluje impulsami nerwowymi: szybko i krótkotrwale, a impulsy docierają tylko do określonego narządu. Hormonalny reguluje hormonami: powoli i długotrwale, a hormony układ krwionośny rozprowadza po całym ciele.
2. Feromony to hormony, które gruczoły egzokrynne wydzielają na zewnątrz ciała. Ich adresatem są inne osobniki tego samego gatunku. Przykład: bombikol jedwabnika.
3. Przeobrażenie owada: PTTH z ciał sercowatych pobudza gruczoł protorakalny do wytwarzania ekdyzonu. Hormon juwenilny jest wydzielany przez ciała przyległe. Przy jego stałym wysokim stężeniu larwa linieje, po spadku poniżej wartości progowej przemienia się w poczwarkę, a przy stałym niskim poczwarka przeobraża się w imago.
4. Układ hormonalny tworzą gruczoły dokrewne i wyspecjalizowane komórki wydzielnicze. Gruczoły dokrewne nie mają przewodów wyprowadzających; do krwi lub innych płynów ustrojowych ich hormony trafiają bezpośrednio.
5. Hormony dzieli się m.in. na steroidowe i niesteroidowe, o działaniu ogólnym i tkankowe (np. gastryna, erytropoetyna, histamina), anaboliczne i kataboliczne. Hormon może działać autokrynnie, parakrynnie, endokrynnie lub neurokrynnie.
6. Podwzgórze łączy układ nerwowy z hormonalnym i steruje funkcją wydzielniczą przysadki. Płat przedni przysadki wydziela m.in. hormony tropowe (TSH, ACTH, FSH i LH). Płat tylny magazynuje i uwalnia hormony podwzgórza: wazopresynę i oksytocynę.

7. Hormony tropowe przysadki nie regulują m.in. szyszynki, przytarczyc, grasicy, rdzenia nadnerczy i trzustki. Rytm dobowy reguluje melatonina z szyszynki. Za tempo metabolizmu odpowiada przede wszystkim tarczyca (tyroksyna i trójjodotyronina). Wzrost organizmu wiąże się z przysadką, która wytwarza m.in. hormon wzrostu.
8. Hormon działa wyłącznie na komórki docelowe, czyli takie, które mają charakterystyczne dla niego receptory. Hormony białkowe wiążą się z receptorami błonowymi (białko G → cyklaza adenylanowa → cAMP → kinaza białkowa). Hormony steroidowe wnikają do komórki, wiążą się z receptorami cytozolowymi lub jądrowymi i stymulują transkrypcję genu.