

# Układ hormonalny

dr Magda Sobolewska-Bereza

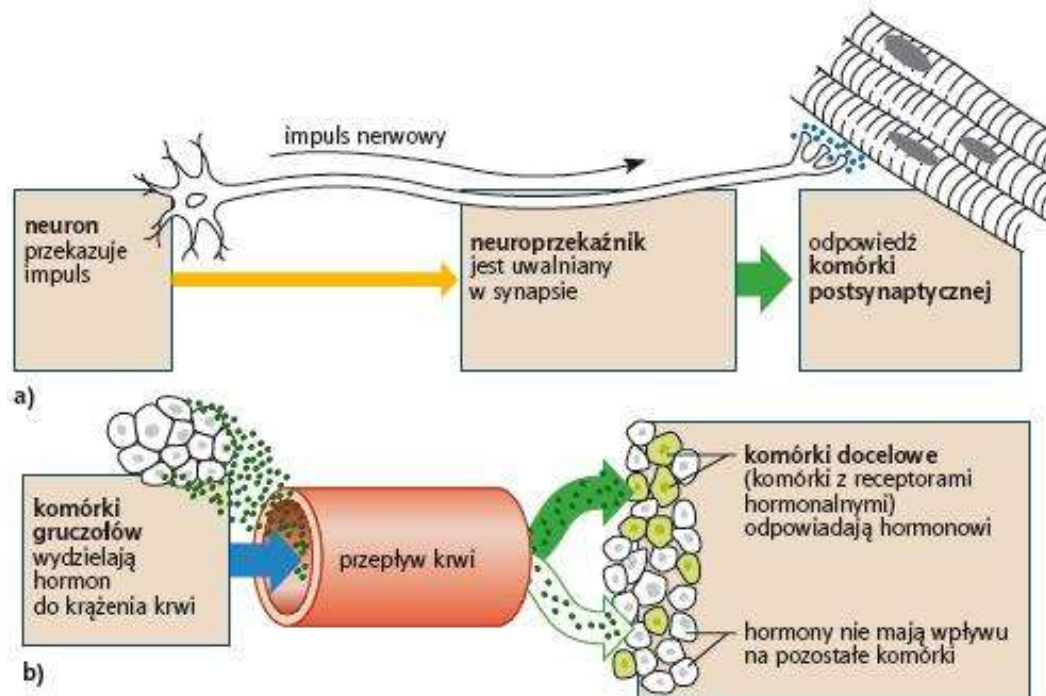
# Układ hormonalny

- Działanie układu hormonalnego
- Budowa hormonów, działanie hormonów na komórki;
- Przegląd wybranych gruczołów dokrewnych.
- Choroby związane z dysfunkcją ukł. hormonalnego.

# Współdziałanie układu nerwowego i hormonalnego

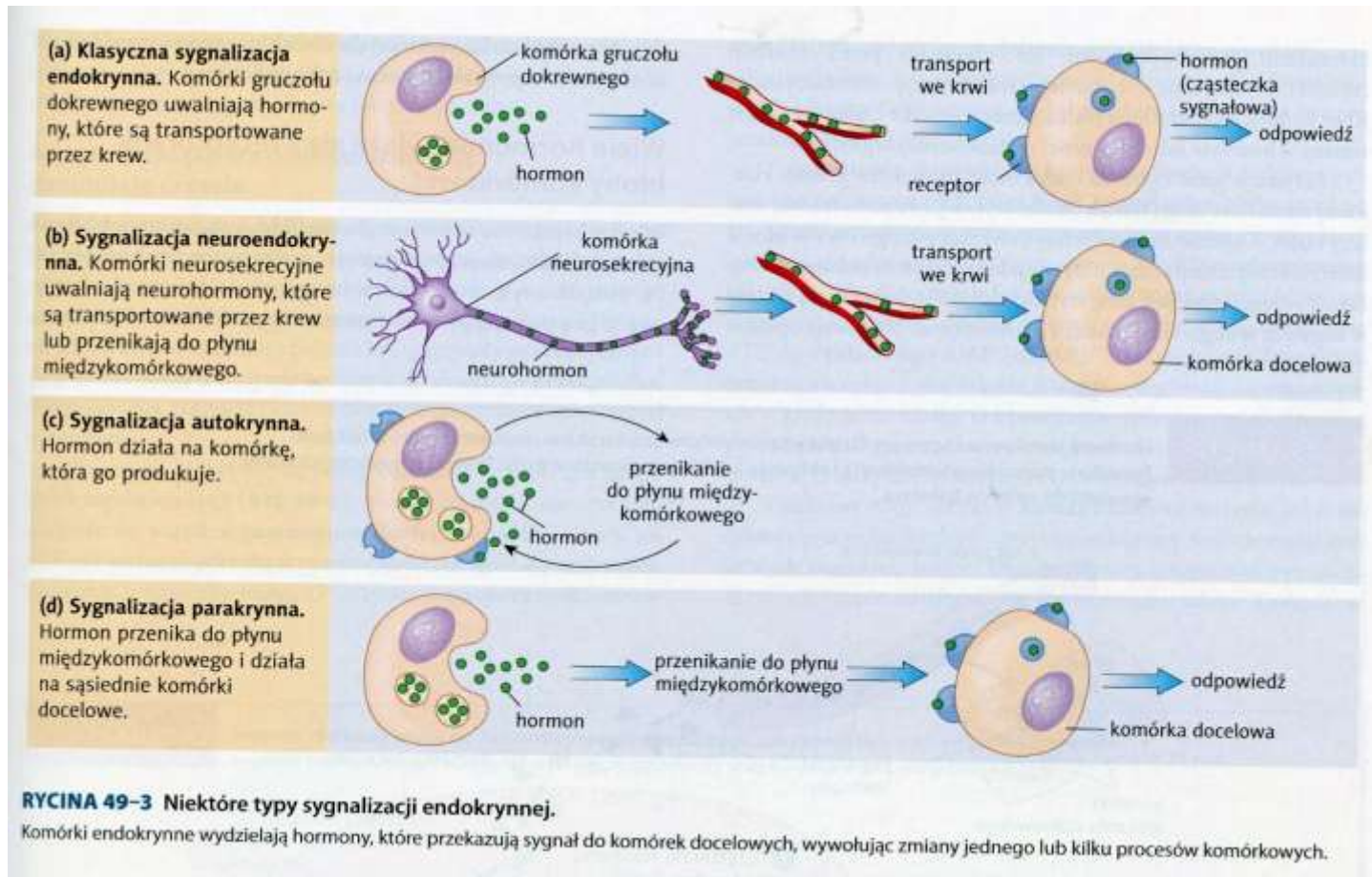
Układ nerwowy	Układ hormonalny
Działa szybko i krótko	Działa powoli a efekty są długotrwałe
Składa się z rozbudowanej sieci komórek nerwowych	Składa się z gruczołów dokrewnych wydzielających do krwi hormony
Językiem jest impuls elektryczny	Językiem jest związek chemiczny
Efektorem są mięśnie, w których prowadzi do skurczu	Efektorem są różne komórki, w których zmienia się poziom metabolizmu

## HORMONY – UKŁAD PRZEKAŹNICTWA



*Komunikacja natury chemicznej oraz komunikacja hormonalna. Komunikacja nerwowa (a) odbywa się poprzez uwolnienie neuroprekaźników przez neurony synaptyczne narządów, na jakie mają oddziaływać. Warunkuje to działanie komórek postsynaptycznych (a). W komunikacji hormonalnej (b) gruczoły uwalniają hormony do krążącej krwi. Cząsteczki hormonów, przenoszone wraz z krwią, są odbierane wyłącznie przez komórki docelowe, wyposażone w odpowiednie receptory*

# Rodzaje sygnalizacji



**RYCINA 49-3** Niektóre typy sygnalizacji endokrynną.

Komórki endokrynną wydzielają hormony, które przekazują sygnał do komórek docelowych, wywołując zmiany jednego lub kilku procesów komórkowych.

# Układ hormonalny

Hormony produkowane w gruczołach dokrewnych są wydzielane do światła naczyń krwionośnych, a następnie wraz z krwią opływają poszczególne narządy.

Komórki docelowe organizmu wychwytyją tylko te hormony, dla których mają dopasowane receptory.

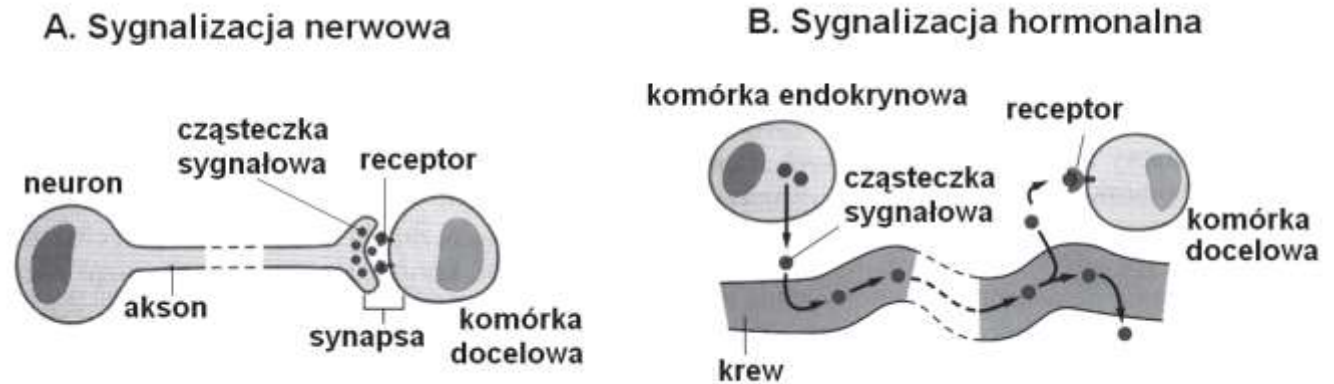
Hormony docierają do wszystkich komórek ciała, ale działają tylko na wybrane komórki docelowe.

Niewykorzystane hormony trafiają do **wątroby** gdzie są rozkładane.

Na zasadzie sprzężenia zwrotnego ujemnego **podwzgórze i przysadka** regulują działanie obwodowych narządów dokrewnych.

# Zadanie 1

Zdolność odbioru sygnałów z otoczenia i odpowiedzi na te sygnały jest cechą organizmów. W organizmach wielokomórkowych istnieją złożone mechanizmy służące do tworzenia, przesyłania i odbioru sygnałów umożliwiających kontrolę nad powstawaniem i pracą wszystkich komórek. Na schematach A i B przedstawiono dwa mechanizmy przekazywania sygnałów w organizmie wielokomórkowym.



Na podstawie schematów podaj jedną różnicę i jedno podobieństwo między nerwowym a hormonalnym mechanizmem pobudzania komórek docelowych.

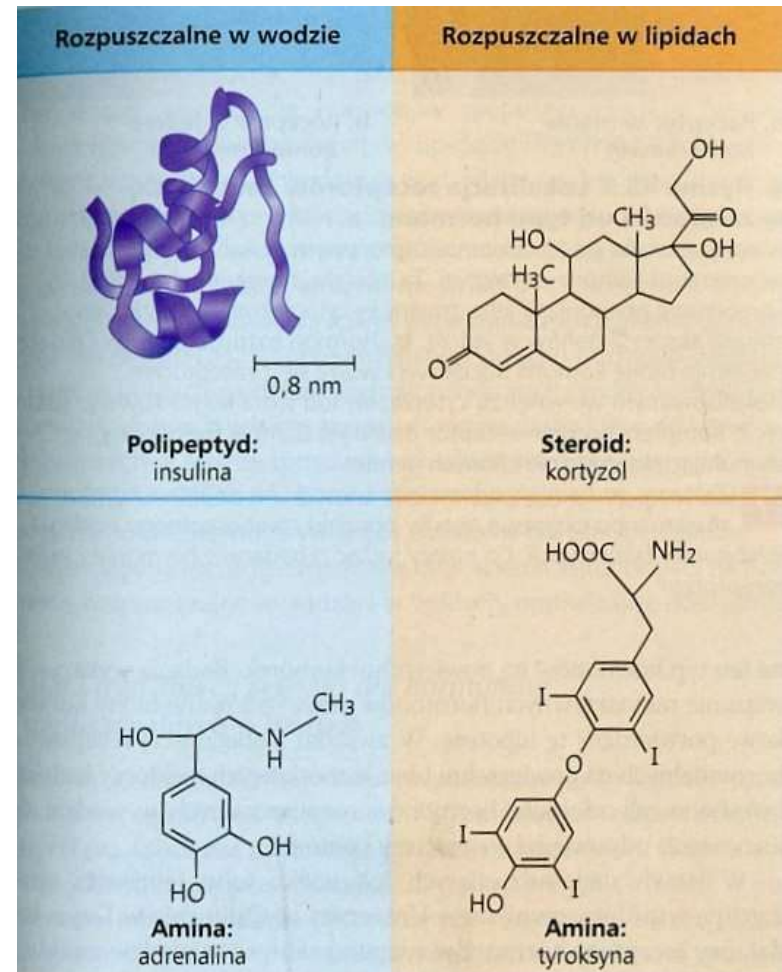
Różnica:.....

Podobieństwo:.....

# Budowa hormonów

Hormony:

- steroidowe
- polipeptydowe (białka i peptydy)
- pochodne aminokwasów





# Hormony sterydowe (steroidowe)

Mają budowę chemiczną zbliżoną do cząsteczki cholesterolu, dzięki czemu są rozpuszczalne w tłuszczach i przenikają przez błonę komórkową.

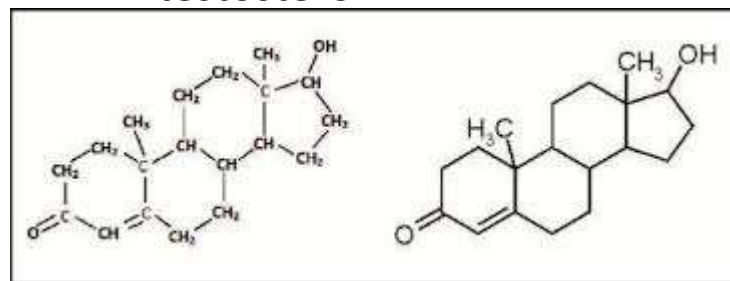
W komórce docelowej prowadzą do syntezy nowych cząsteczek białka, co zajmuje kilka minut-kilka godzin.

Są pochodnymi cholesterolu.

## Przykłady:

- hormony płciowe: androgeny (testosteron), estrogeny i progesteron;
- kortykosteroidy (kortyzon, kortyzol i kortykosteron);
- aldosteron;
- ekdyzon.

testosteron



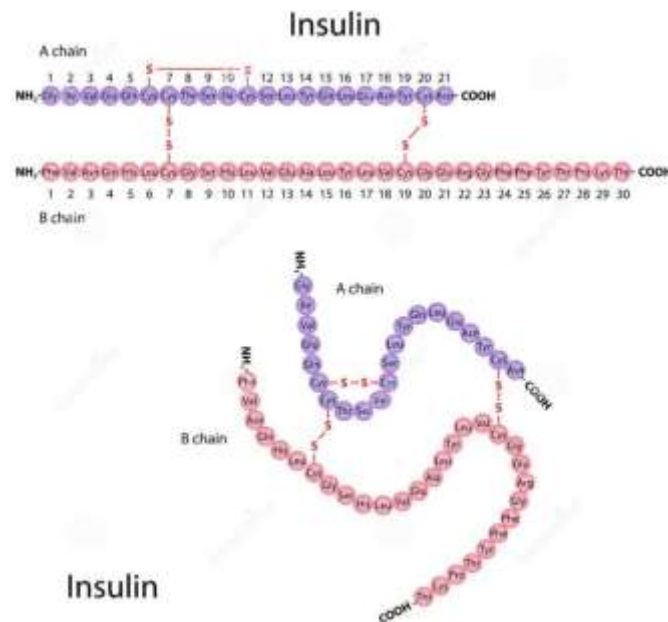
# Hormony peptydowe (białkowe)

Budowa cząsteczki nie pozwala na swobodne wnikanie przez błonę komórkową, więc wymagają receptora. Nieliczne bezpośrednio otwierają kanały białkowe, inne aktywują kolejną cząsteczkę: tzw. **wtórny przekaźnik**. Wtórny przekaźnik zmienia aktywność kolejnych enzymów w kaskadzie przekazywania sygnału wewnątrz komórki. Następuje amplifikacja sygnału prowadząca do zmiany aktywności enzymów w komórce.

Są to łańcuchy peptydowe lub białkowe, zbudowane z aminokwasów.

## Przykłady:

- hormony tropowe;
- insulina i glukagon;
- oksytocyna i wazopresyna;
- hormony tkankowe układu pokarmowego;
- angiotensyna, erytropoetyna.

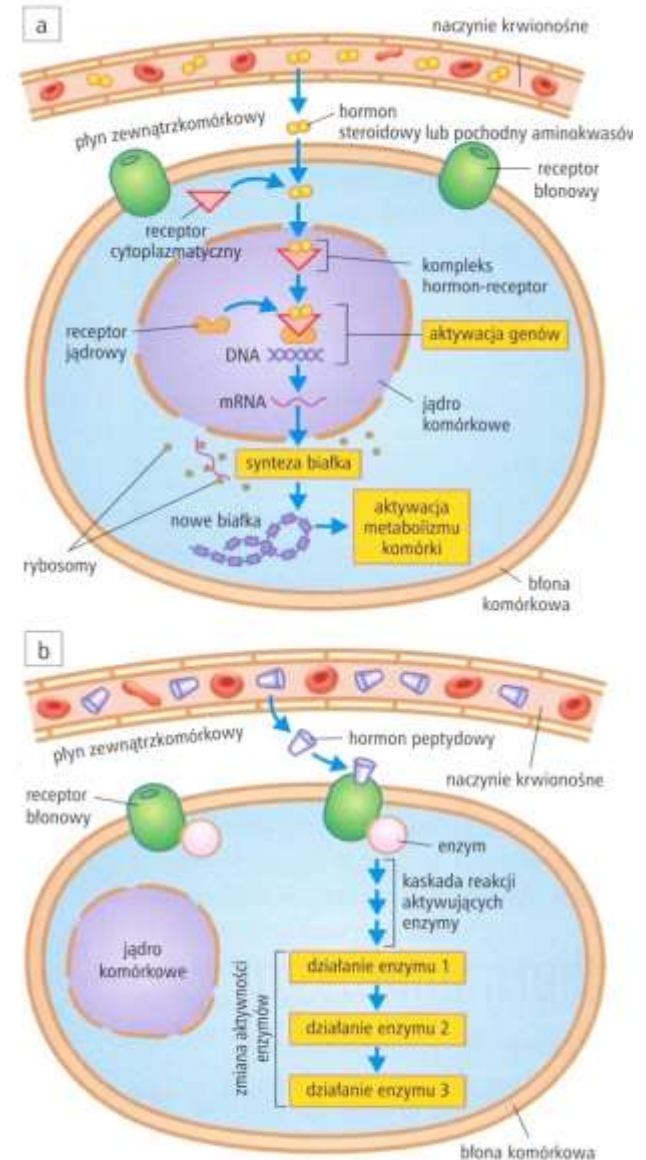


# Działanie hormonów na komórki

Komórki docelowe reagują na określony hormon jeśli zawierają, właściwy i specyficzny dla danego hormonu rodzaj receptora.

Rodzaje hormonów:

- sterydowe
- peptydowe.



Ryc. 45.1. Działanie na komórkę docelową: a – hormonu sterydowego lub pochodnego aminokwasów; b – hormonu peptydowego

# Kontrola wydzielania hormonów

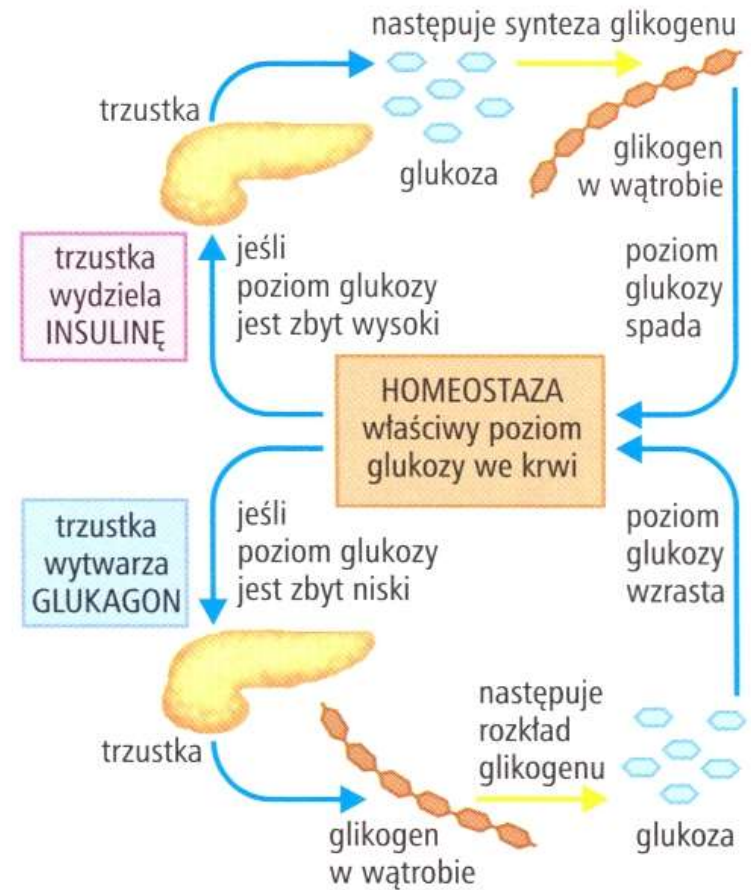
Układ hormonalny kontroluje działanie narządów wewnętrznych. Wydzielanie hormonów jest ściśle regulowane.

1. Kontrola metaboliczna
2. Kontrola nerwowo-hormonalna

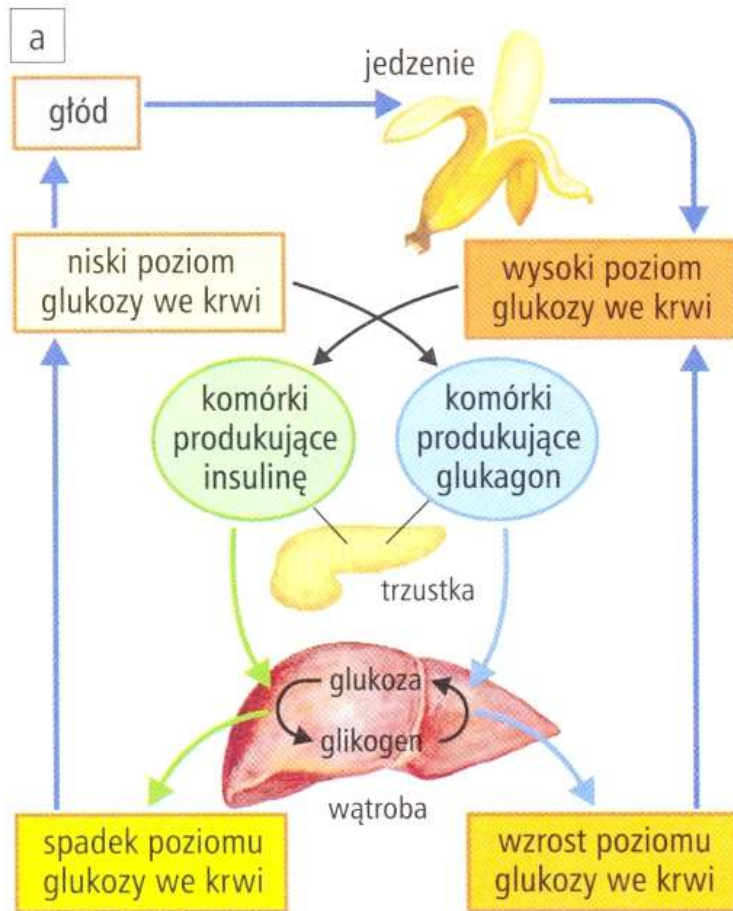
## Kontrola metaboliczna – regulacja poziomu glukozy we krwi.

- Insulina: obniża poziom glukozy we krwi
- Glukagon: podwyższa poziom glukozy we krwi

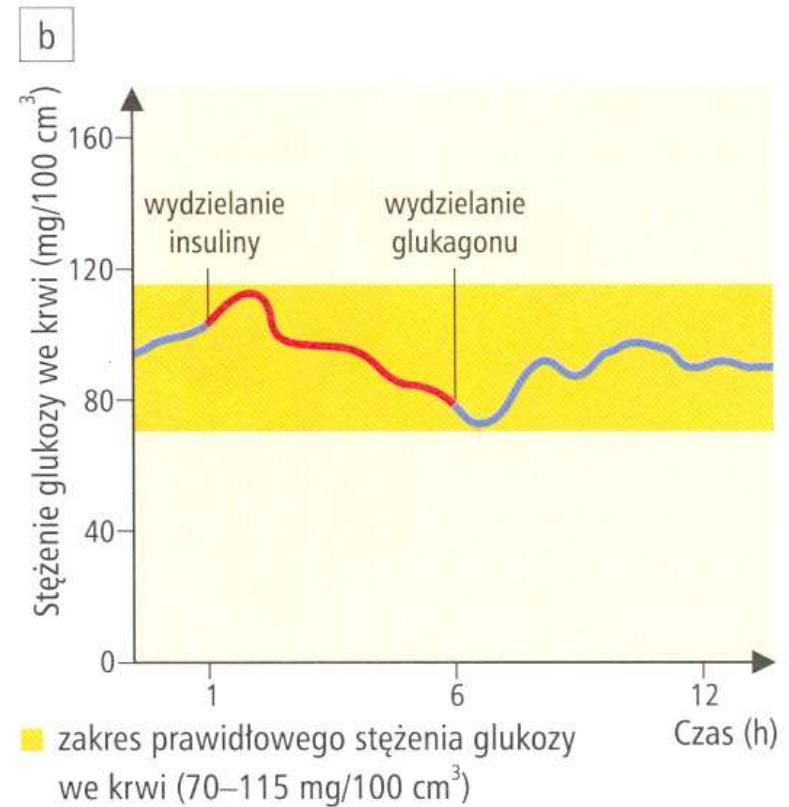
Prawidłowe stężenie:  
70-115mg/100 ml



↑ Ryc. 45.2. Kontrola poziomu cukru we krwi

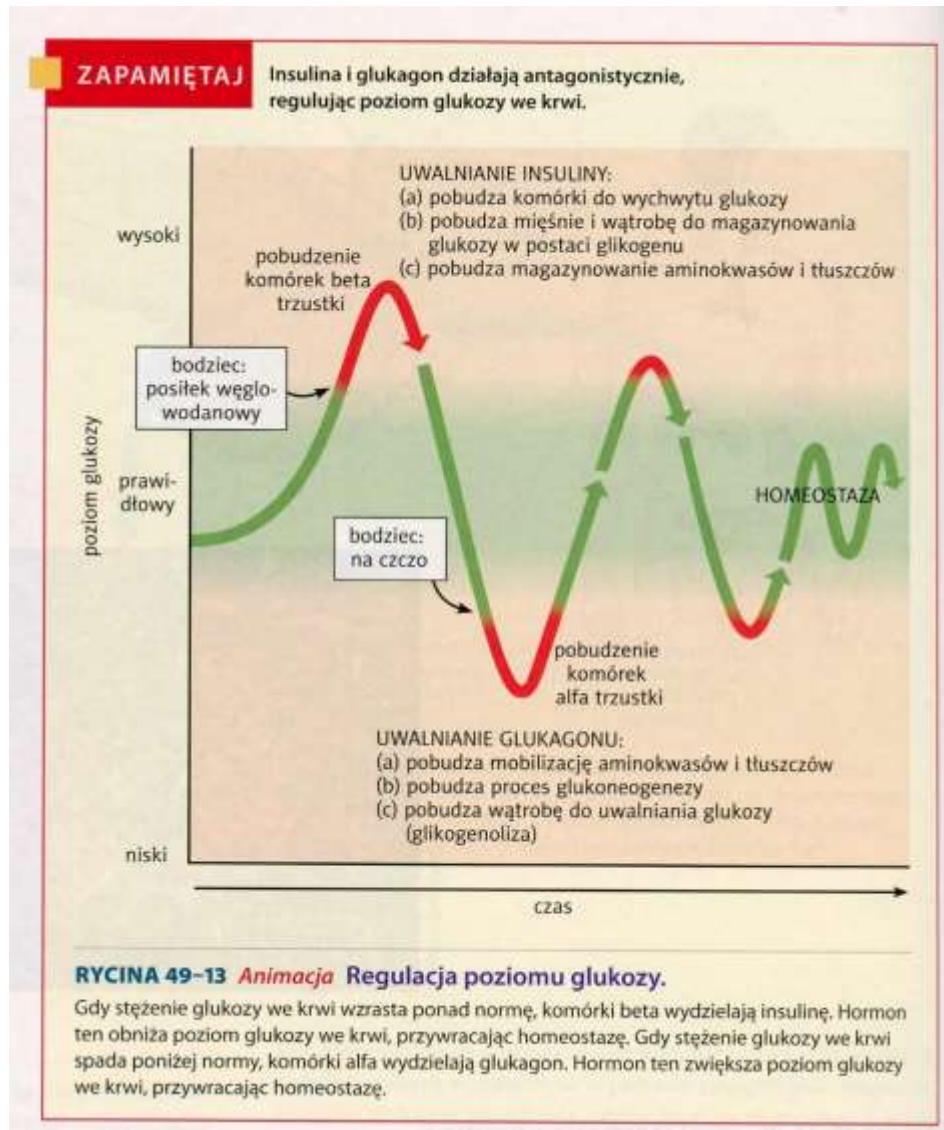


- ➡ zmiana poziomu glukozy we krwi
- ➡ działanie glukagonu
- ➡ działanie insuliny



**↑ Ryc. 46.1.** Działanie insuliny i glukagonu: a – regulacja przemiany glukozy w glikogen; b – zmiana poziomu glukozy we krwi

# Homeostaza – poziom glukozy we krwi



# Zadanie 2

Zdefiniuj znaczenie pojęć: hipoglikemia, hiperglikemia, podaj ich możliwe skutki oraz przyczyny

Pojęcie	Znaczenie pojęcia	Przyczyna	Skutek
<b>hipoglikemia</b>			
<b>hiperglikemia</b>			



# Zadanie 3

W utrzymaniu stabilnego poziomu różnych składników płynów ustrojowych czasem uczestniczy wiele różnych hormonów. Wyjaśnij biologiczne znaczenie wzmożonego wydzielania insuliny przez trzustkę po spożyciu pokarmów wysokowęglowodanowych.

# Zadanie 4

Wydzielanie do krwi tego hormonu jest wynikiem wzrostu stężenia glukozy we krwi. Ten hormon stymuluje transport glukozy z krwi do mięśni szkieletowych (glukoza jest tu przekształcana w glikogen) i do tkanki tłuszczowej (glukoza jest tu przekształcana w tłuszcz), a tym samym powoduje spadek poziomu glukozy we krwi. Podaj nazwę tego hormonu:.....

# Zadanie 5

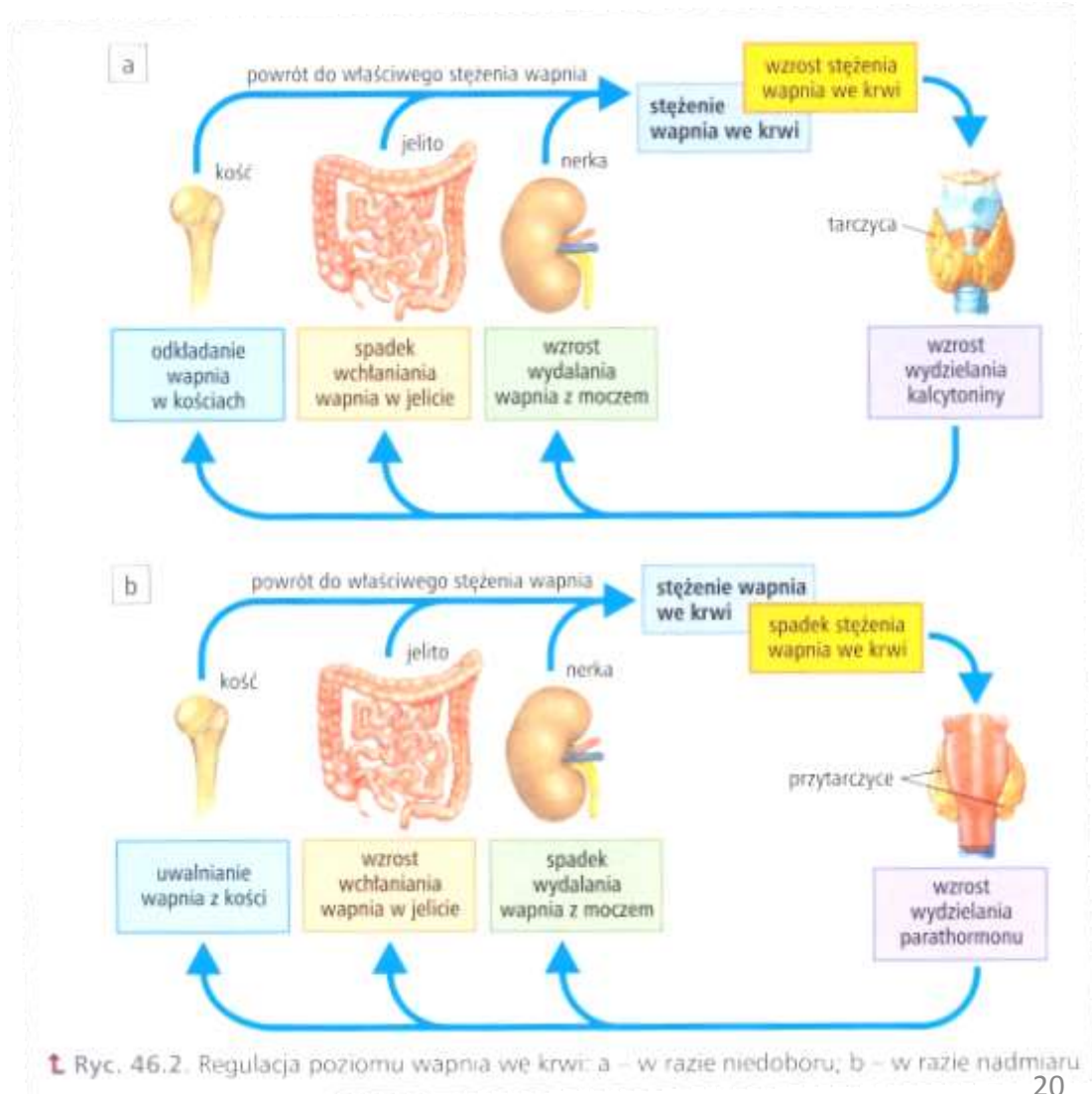
Uporządkuj etapy reakcji organizmu na wzrost poziomu glukozy we krwi, podając w drugiej kolumnie ich właściwą kolejność.

Reakcja organizmu na wzrost poziomu glukozy we krwi	Lp.
Wnikanie glukozy do komórek $\beta$ w trzustce.	
Aktywacja pęcherzyków wydzielniczych w komórkach $\beta$ w trzustce przez produkty metabolizmu glukozy.	
Egzocytoza insuliny z komórek $\beta$ trzustki do krwioobiegu.	
Wzrost poziomu glukozy we krwi.	
Metabolizm glukozy w komórkach $\beta$ trzustki.	
Spadek poziomu glukozy we krwi.	
Związanie insuliny z receptorami w komórkach mięśni, tkanki tłuszczowej i wątroby.	
Metabolizm glukozy w komórkach docelowych.	
Kaskada reakcji umożliwiających transport glukozy do komórek mięśni i tkanki tłuszczowej oraz syntezę glikogenu w komórkach wątroby.	

# Kontrola metaboliczna – poziom $\text{Ca}^{2+}$

Hormony tarczycy i przytarczyc

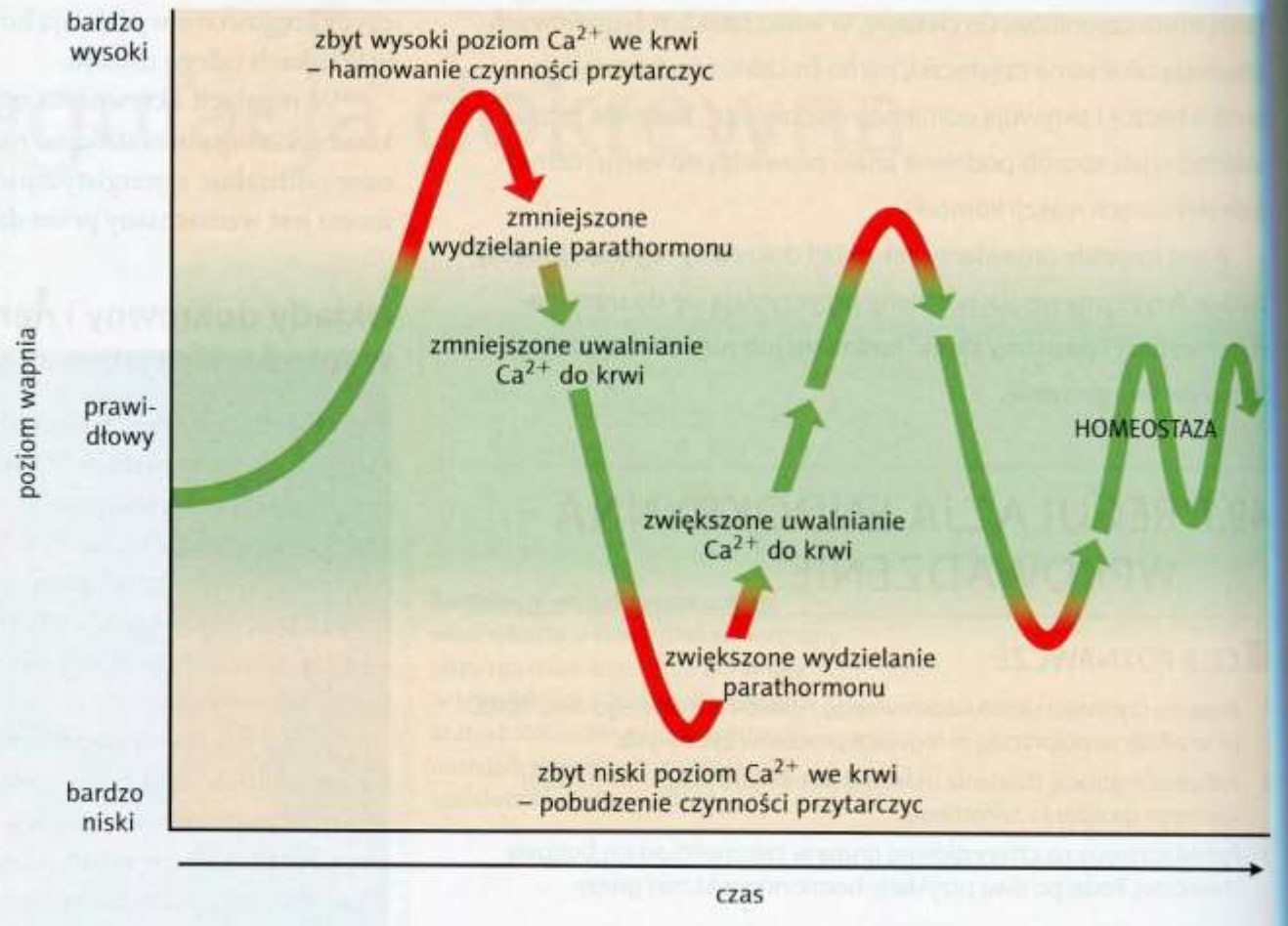
Prawidłowe stężenie wapnia we krwi dorosłego człowieka:  
8,6-10,2 mg/100ml.



# Homeostaza – poziom wapnia we krwi

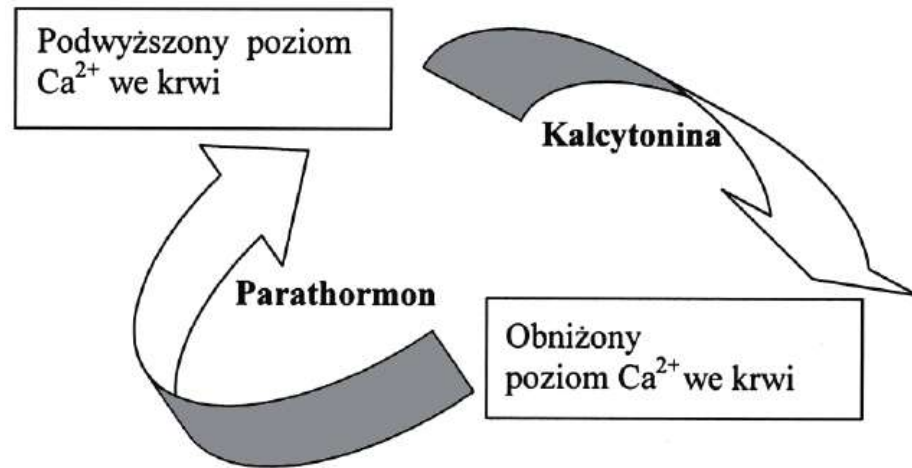
## RYCINA 49-1 Regulacja wydzielania hormonów na zasadzie ujemnego sprzężenia zwrotnego. ▶

Gdy stężenie wapnia we krwi jest za wysokie lub za niskie, mechanizmy ujemnego sprzężenia zwrotnego przywracają homeostazę. Parathormon zwiększa stężenie wapnia, stymulując uwalnianie tego pierwiastka z kości i jego resorpcję w kanalikach nerkowych. (Na rycinie 49-11 przedstawiono działanie parathormonu bardziej szczegółowo).



# Zadanie 6

Na schemacie przedstawiono rolę kalcytoniny i parathormonu w utrzymaniu odpowiedniego poziomu jonów wapnia w osoczu krwi.

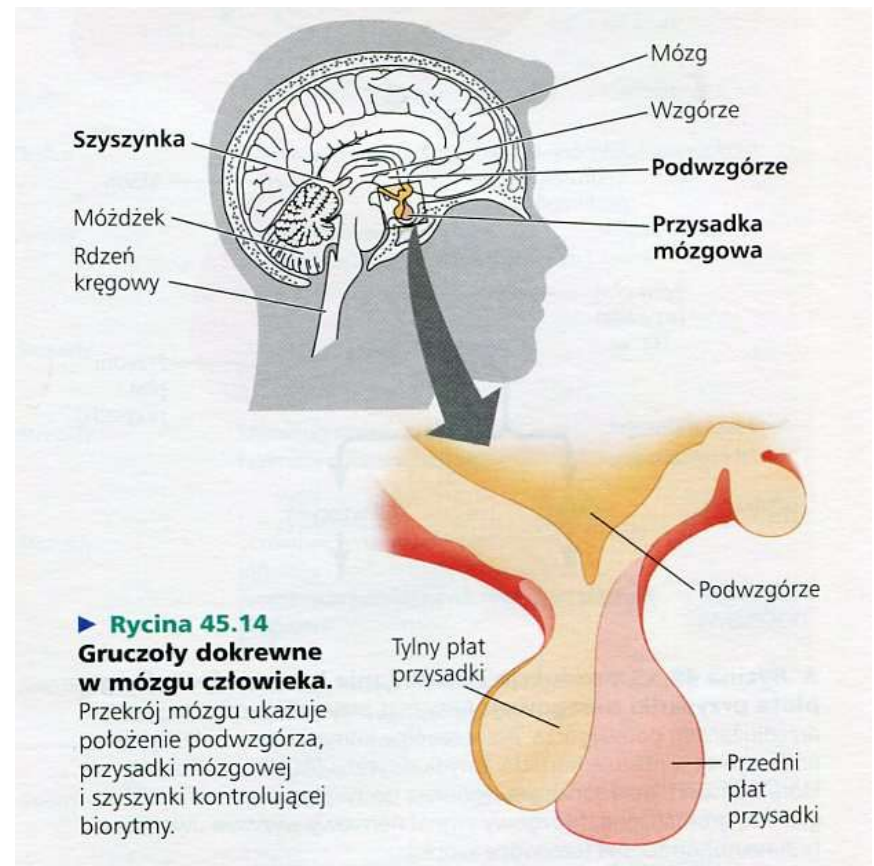


Poniżej podano przykłady procesów, które regulowane są przez hormony przedstawione na schemacie. Zaznacz ten, który jest przykładem działania kalcytoniny.

- A. Uwalnianie wapnia z kości.
- B. Zmniejszenie wchłaniania wapnia w jelicie.
- C. Wzrost absorpcji wapnia w nerkach.
- D. Zwiększenie wchłaniania wapnia w jelicie.

# Kontrola nerwowo-hormonalna

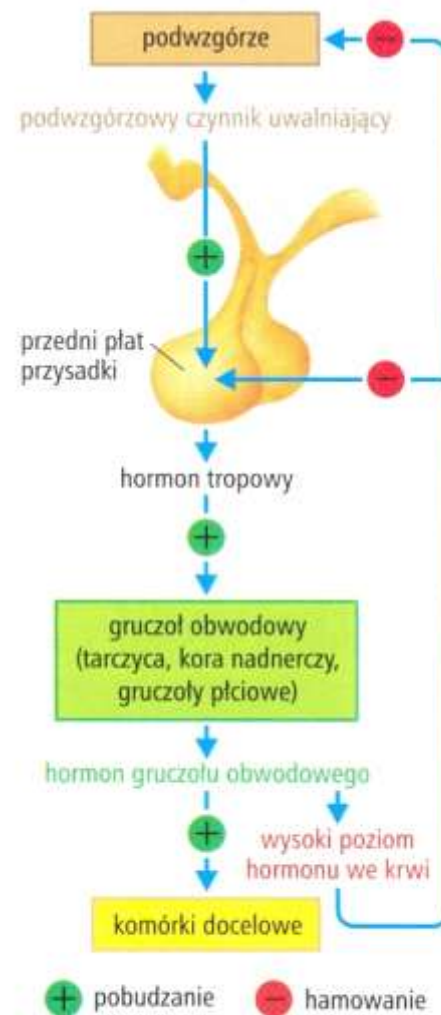
Kontrola sprawowana przez podwzgórze i przysadkę (przedni płat) za pomocą hormonów regulujących pracę innych gruczołów.



# Nadrzędna rola podwzgórza

Podwzgórze pełni rolę pośrednika między układem nerwowym a hormonalnym.

Produkcja właściwej ilości hormonów przez gruczoły obwodowe opiera się na sprzężeniu zwrotnym.



↑ Ryc. 45.3. Mechanizm sprzężenia zwrotnego: podwzgórze-przysadka-gruczoł obwodowy



# Gruczoły dokrewne obwodowe

Podlegają kontroli podwzgórza:

1. Tarczyca
2. Kora nadnerczy
3. Gruczoły płciowe (jądra, jajniki)

Podwzgórze wydziela też hormony działające bezpośrednio. Są uwalniane w tylnym płacie przysadki.

# Tarczycyca

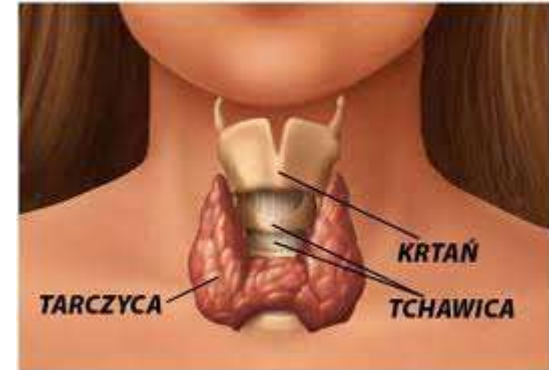
Hormony:

Tyrosyna, trójiodotyronina,

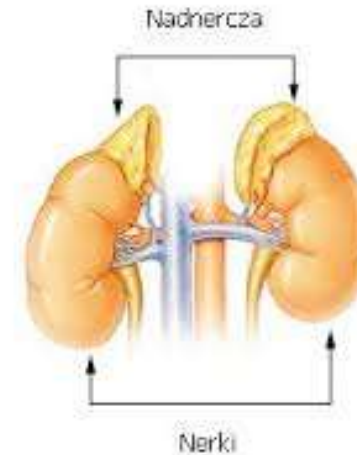
Pobudzają tempo przemiany materii, aktywność,  
wpływają na produkcję ciepła.

Umożliwiają dojrzewanie płciowe i dojrzałość umysłową.

Kalcytonina → regulacja metaboliczna!



# Kora nadnerczy



Hormony:

**Mineralokortykoidy (np. aldosteron)**

Regulują gospodarkę sodowo-potasową i wodną

**Glikokortykoidy (np. kortyzol)**

Pobudzają przemianę aminokwasów w glukozę, hamują reakcje odpornościowe

# Rdzeń nadnerczy

Pochodzi z neuroektodermy, ma budowę jak zwój nerwowy

Hormony:

adrenalina, noradrenalina

Przyspiesza reakcję organizmu na stres i mobilizację, podnosi ciśnienie krwi, podwyższa poziom cukru we krwi, hamuje trawienie.

# Jądra

Hormony:

Androgeny: testosteron

Kształtuje cechy płciowe podczas rozwoju,

Pobudza rozwój drugorzędowych i

trzeciorzędowych cech płciowych męskich,

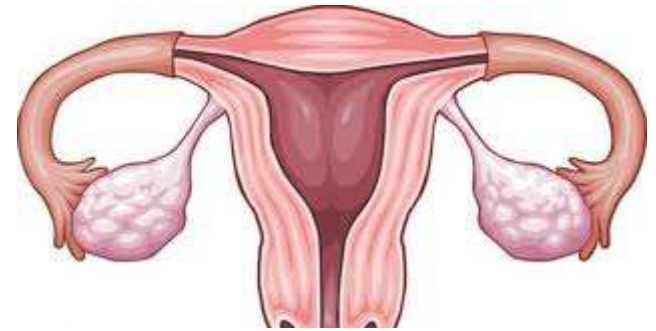
Pobudza syntezę białek,

Przyspiesza wzrost organizmu i przyrost masy mięśni.

Uwaga! Podwyższa poziom cholesterolu we krwi (estrogeny obniżają)



# Jajniki



Hormony:

Estrogeny: estradiol, estron, estriol.

Kształtują rozwój płci żeńskiej,

Pobudzają rozwój drugorzędowych i trzeciorzędowych cech płciowych żeńskich,

Zwiększenie produkcji białek, zatrzymanie wapnia w kościach,

Regulują cykl miesięczkowy.

Progesteron (ciałko żółte i łożysko)

Kontroluje cykl miesięczkowy – ułatwia owulację, wzrost endometrium,

Hamuje poród, hamuje odpowiedź immunologiczną matki na płód,

Zatrzymuje wodę, zwalnia przepływ krwi,

Kontroluje przebieg ciąży i przygotowanie produkcji mleka.

# Przedni płat przysadki

Pod wpływem stymulacji z podwzgórza, wydziela bezpośrednio **hormon wzrostu**.

Wydzielanie pulsacyjne, różnie w różnych okresach życia.

**Hormon wzrostu (somatotropina)** działa na różne tkanki powodując wzrost i zwiększenie masy ciała. Pobudza wydłużanie kości, przyspiesza metabolizm w tkance tłuszczowej.

## **Dodatkowo:**

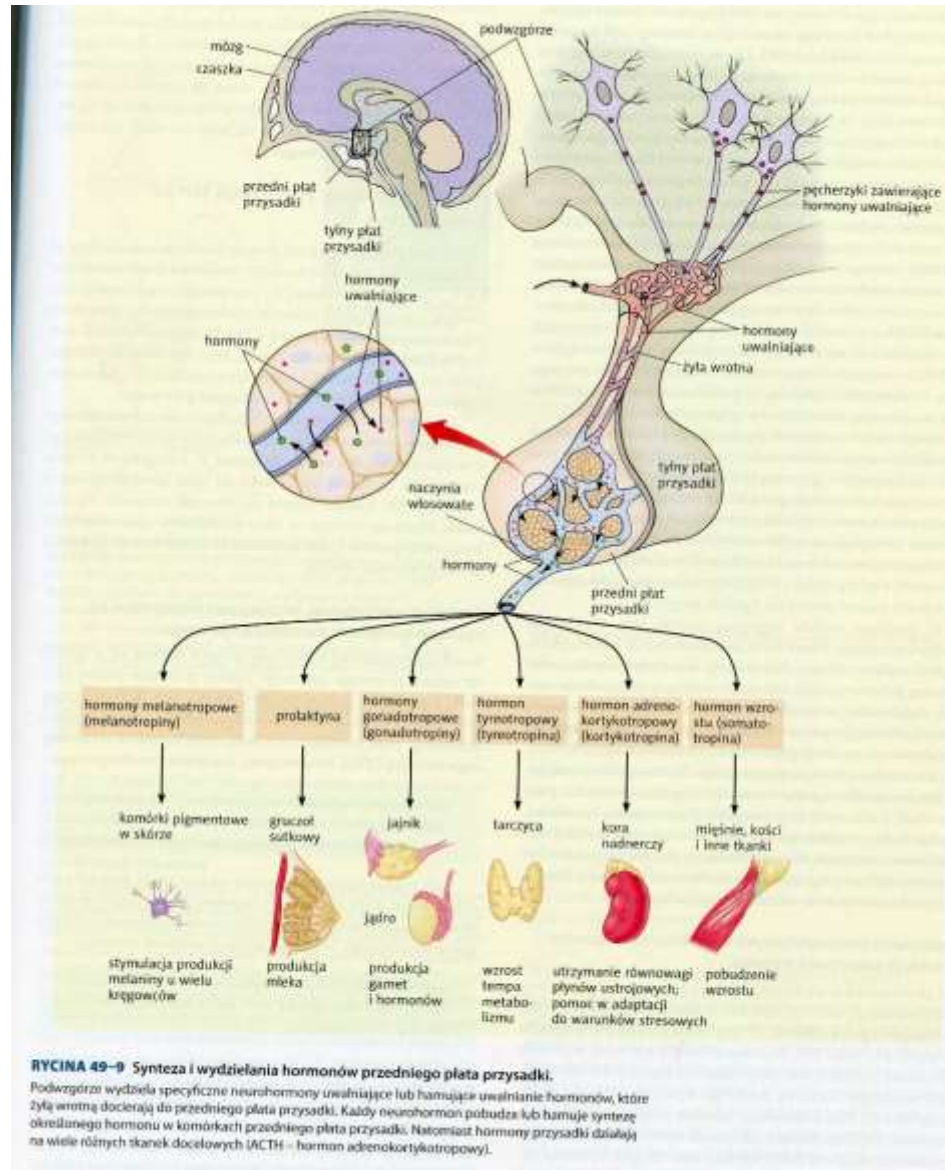
Przyspiesza wydzielanie insuliny,

Podwyższa stężenie lipidów osoczu,

Podwyższa poziom glukozy we krwi.

# Schemat

## Przedni płat przysadki





# Podwzgórze – tylny płat przysadki

Oprócz sterowania pracą innych gruczołów za pośrednictwem statyn i liberyn, **podwzgórze** wydziela swoje neuroprzekaźniki i hormony, które spływają do **tylnego płata przysadki**, gdzie są wydzielane do krwi.

Hormony:

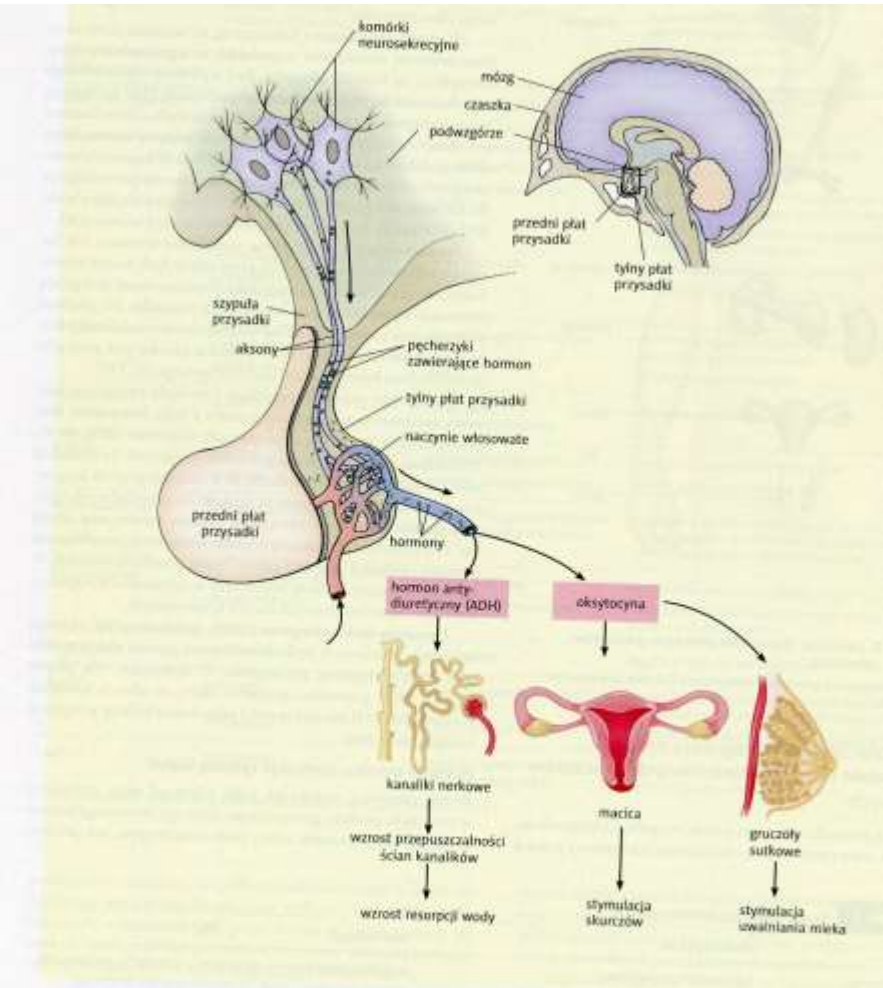
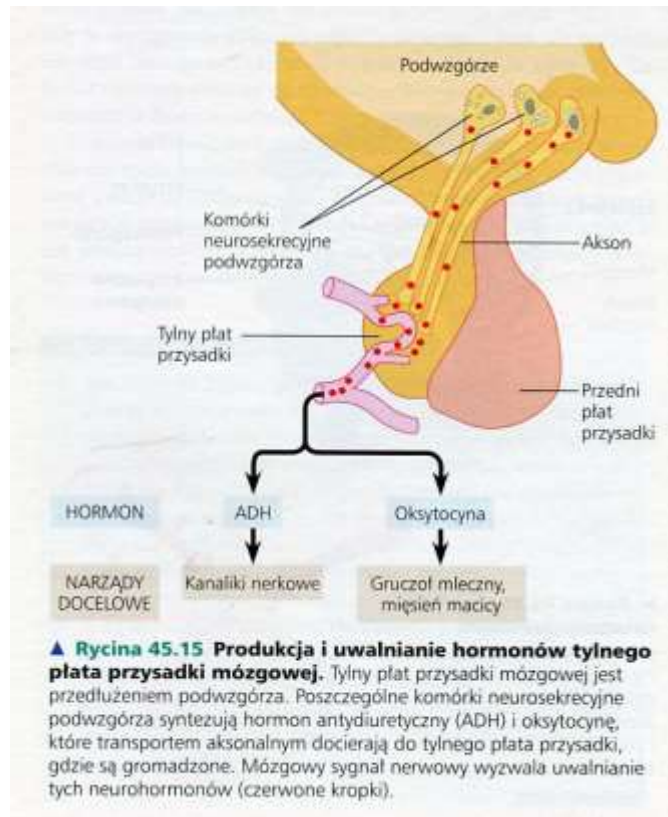
1. **Wazopresyna** (hormon antydiuretyczny)
2. **Oksytocyna** (poród!)

Oksytocyna pobudza skurcze macicy w czasie porodu, usunięcia łożyska, przyspiesza regenerację macicy po porodzie. Wzmaga czułość i opiekuńczość.

Prolaktyna stymuluje laktację, jednocześnie hamując następną owulację poprzez zablokowanie wydzielania FSH i LH.

# Schemat

## Tyłny płat przysadki



**RYCINA 49-B Synteza i wydzielanie hormonów tylnego płata przysadki.** Komórki neurosekrecyjne w podwzgórzu produkują hormony, które są później wydzielane przez tyłny płat przysadki. Aksony neuronów podwzgórza ciągną się aż do tylnego płata przysadki. Hormony są upakowane w pęcherzykach, transportowanych wzdłuż aksonów i magazynowanych w ich zakończeniach. W miarę potrzeby hormon jest uwalniany do płynu międzykomórkowego i transportowany dalej przez układ krwionośny.

# Inne hormony

Erytropoetyna – wątroba, nerki

Podwyższa produkcję erytrocytów oraz motywację do działania

Peptyd przedsionkowy natriuretyczny – przedsionek serca

Przyspiesza produkcję moczu, zwiększa wydalanie jonów,

Przeciwdziała mechanizmom nasilającym niewydolność krążenia

Aktywna postać witaminy D3 – kolejno: skóra, wątroba, nerki

Reguluje homeostazę wapnia i fosforanów,

Sprzyja rozwojowi i regeneracji neuronów,

Ma działanie bakteriobójcze – aktywuje naturalne antybiotyki

# Zadanie 7

W przypadku, gdy stopień dotlenienia nerki jest niski, w nerkach powstaje erytropoetyna, stymulująca produkcję erytrocytów. Wytwarzanie erytrocytów jest kontrolowane przez mechanizm ujemnego sprzężenia zwrotnego, przedstawiony na schemacie.



Uzupełnij schemat – do ramek oznaczonych cyframi 1.–4. wpisz litery oznaczające procesy wybrane spośród A–F w taki sposób, aby powstał opis mechanizmu regulującego liczbę wytwarzanych erytrocytów.

- A. Nerki zwiększają wydzielanie erytropoetyny.
- B. W szpiku kostnym zmniejsza się wytwarzanie erytrocytów.
- C. Nerki zmniejszają wydzielanie erytropoetyny.
- D. W szpiku kostnym zwiększa się wytwarzanie erytrocytów.
- E. W erytrocytach zwiększa się ilość hemoglobiny.
- F. W erytrocytach zmniejsza się ilość hemoglobiny.

# Tkanka tłuszczowa

Wydziela hormony:

1. Leptyna – hormon sytości, przechodzi bezpośrednio do mózgu, gdzie hamuje łaknienie;
2. Estrogeny – wspomagające działanie estrogenów wydzielanych przez jajniki;
3. Reguluje wrażliwość komórek na insulinę.

# Zadanie 8

Spośród wymienionych hormonów podkreśl dwa, które nie są uwalniane przez przedni płat przysadki mózgowej.

- Somatotropina, prolaktyna, oksytocyna, folikulotropina, tyreotropina, wazopresyna.

# Zadanie 9

Organizm człowieka reaguje na krótkotrwały stres wydzielaniem hormonów rdzenia nadnerczy (adrenaliny i noradrenaliny), natomiast na długotrwały stres odpowiada zwiększonym wydzielaniem hormonów kory nadnerczy (np. aldosteronu i kortyzolu). Jednak długotrwałe działanie kortyzolu skutkuje m.in. spadkiem liczby limfocytów oraz intensywnym wydzielaniem kwasu solnego w żołądku.

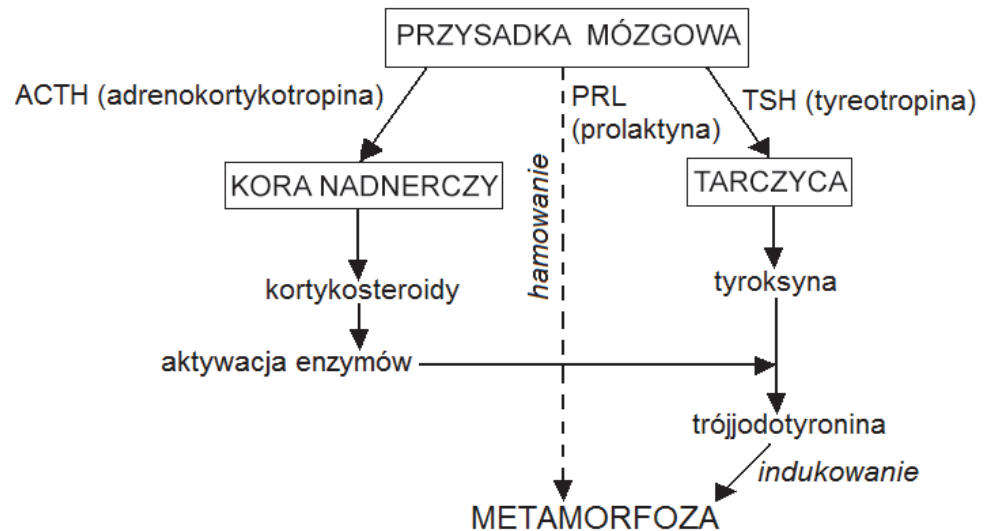
*Na podstawie: E.P. Solomon, L.R. Berg, D.W. Martin, Biologia, Warszawa 2003.*

Przedstaw skutki, jakie dla zdrowia człowieka będącego w stanie długotrwałego stresu może mieć obniżenie liczby limfocytów.

.....  
.....

# Zadanie 10

Podczas metamorfozy kijanki do postaci dorosłej płaza zachodzi wiele zmian fizjologicznych. W procesie tym ważną rolę odgrywa układ hormonalny. Na schemacie przedstawiono wpływ układu hormonalnego na proces metamorfozy kijanki.



Na podstawie schematu przedstaw, na czym polega współdziałanie nadnerczy i tarczycy w procesie metamorfozy kijanki.

.....



# Zaburzenia gospodarki hormonalnej

Cukrzyca – najczęstsza choroba układu dokrewnego

Zbyt wysoki poziom glukozy we krwi

w Polsce ok. 1,5 mln chorych

- I typu – brak możliwości wydzielania insuliny, objawy od wieku szkolnego, konieczność podawania insuliny dożylnie przez całe życie.
- II typu – spadek produkcji insuliny oraz oporność tkanek docelowych na insulinę, objawy w średnim wieku u osób otyłych, niskokaloryczna dieta regulująca poziom glukozy. Choroba cywilizacyjna.

# Zadanie 11

Uzasadnij, że chorzy na cukrzycę powinni unikać obfitych posiłków, jeść częściej, lecz w niewielkich ilościach oraz przyjmować odpowiednie dawki insuliny.

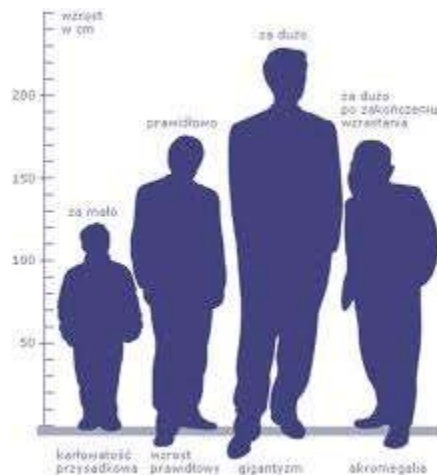
# Gigantyzm, karłowatość, akromegalia

Choroby związane z zaburzeniem poziomu hormonu wzrostu:

Gigantyzm- nadmiar w czasie wzrostu;

Karłowatość – brak w czasie wzrostu;

Akromegalia – nadmiar po okresie wzrostu (rosną kości dłoni, stóp i głowy).



# Zaburzenia pracy tarczycy

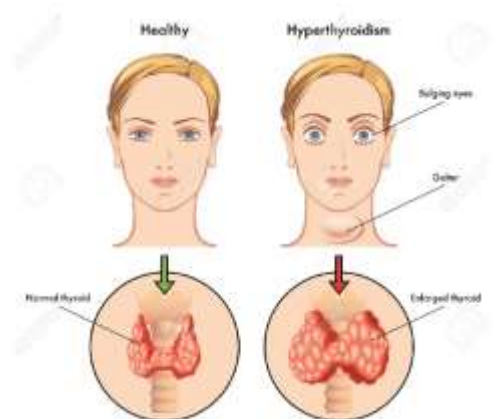
## Niedoczynność – obniżenie tempa metabolizmu

Uczucie zmęczenia, marznięcie, brak apetytu,  
zaburzenie masy ciała



## Nadczynność – choroba Gravesa-Basedowa - podwyższona przemiana materii

Pobudliwość nerwowa, wytrzeszcz gałek ocznych,  
powiększenie tarczycy (wole), przyspieszenie tętna



# Zaburzenia pracy nadnerczy

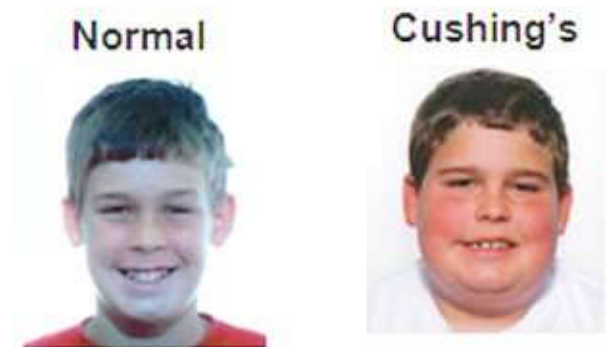
## Niedoczynność – choroba Addisona

anemia, senność, niskie ciśnienie krwi,  
ciemniejsze przebarwienia skóry



## Nadczynność – zespół Cushinga

efekt „twarzy księżycowej”, otyłość, wylewy i sińce,  
nadciśnienie tętnicze, osteoporoza



# Zadanie 12 - powtórzeniowe

Do nazwy hormonów przedstawionych w pierwszej kolumnie przyporządkuj gruczoły przedstawione w drugiej kolumnie:

- |               |              |
|---------------|--------------|
| • Melatonina  | tarczyca;    |
| • Tyroksyna   | nadnercza    |
| • Adrenalina  | szyszynka    |
| • Parathormon | przysadka    |
| • Testosteron | przYTarczyce |