



## Układ dokrewny – na straży homeostazy

---

**Dominika Kalinowska**

**Koło Naukowe Biologii Molekularnej**

Układ dokrewny obejmuje gruczoły wewnątrzwydzielnicze oraz specjalne komórki innych narządów ciała. Wraz z układem nerwowym i immunologicznym stoi na straży utrzymania homeostazy w organizmie. W tym artykule skupimy się na najważniejszych gruczołach, hormonach i regulowanych przez nie mechanizmach.

Na samym początku warto wspomnieć o trzech pojęciach, których pod żadnym pozorem nie wolno ze sobą mylić. Wydalanie, Wypróżnianie, Wydzielanie – czyli WWW. **Wydalanie (ekskrecja)** to pozbywanie się zbędnych produktów przemiany materii, takich jak mocznik. **Wypróżnianie (defekacja)** to usuwanie niestrawionych resztek pokarmu w formie kału. **Wydzielanie (sekrecja)** to uwalnianie substancji pełniących konkretne funkcje. W artykule skupimy się na ostatnim spośród trzech W, czyli na wydzielaniu, którym zajmują się gruczoły oraz specjalne tkanki i komórki wydzielnicze. Występują dwa zasadnicze rodzaje gruczołów – **egzokrynowe** (zewnątrzwydzielnicze) i **endokrynowe** (wewnątrzwydzielnicze, dokrewne). Gruczoły egzokrynowe uwalniają substancje do przestrzeni wyprowadzających ciała (do przewodu pokarmowego lub na powierzchnię skóry). Gruczoły endokrynowe natomiast uwalniają substancje do krwiobiegu lub przestrzeni międzykomórkowej. Substancje wydzielane przez gruczoły endokrynowe nazywamy hormonami. **Hormony** to cząsteczki, które służą do przekazywania sygnałów w organizmie. Wyróżnia się cztery sposoby sygnalizacji międzykomórkowej, w zależności od odległości między komórką wydzielającą a komórką docelową.

- **Autokrynia** – komórka wydziela substancję, która następnie działa na nią samą (reakcja zwrotna)

- **Parakrynia** – komórka wydziela substancję, która oddziałuje na pobliskie komórki
- **Neurokrynia** – komórka nerwowa przekazuje substancję wzdłuż aksonu i uwalnia ją do przestrzeni międzykomórkowej.

Wyróżnia się dwa podtypy sygnalizacji neurokrynej:

- Sygnalizacja synaptyczna – neuroprzekaźniki dyfundują w szczelinie synaptycznej i wywołują odpowiedź w komórce postsynaptycznej (neuronie, komórce mięśniowej bądź gruczołowej)
  - Neurosekrecja – neurohormony dyfundują do krwiobiegu, mogą zostać dostarczone i oddziaływać gdziekolwiek w organizmie
- **Endokrynia** – komórka uwalnia do krwiobiegu substancję, która po przetransportowaniu oddziałuje na komórki docelowe gdziekolwiek w organizmie.

Hormony należą do czterech grup związków chemicznych:

- **Eikozanoidy** – pochodne NNKT (niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych) o dwudziestu atomach węgla w cząsteczce
  - Pochodne kwasu arachidonowego: prostaglandyny, hormon juvenilny (u owadów)
- **Hormony steroidowe** – pochodne cholesterolu syntetyzowane na SER.
  - Męskie hormony płciowe (androgeny): testosteron, androsteron
  - Żeńskie hormony płciowe: estrogeny (estradiol) i gestageny (progesteron)
  - Kortykosteroidy: kortyzol, aldosteron
- **Pochodne aminokwasów** – powstają w wyniku modyfikacji pojedynczego aminokwasu, często są jednocześnie neurotransmiterami.
  - Pochodne tyrozyny:
    - Katecholaminy: adrenalina (epinefryna), noradrenalina (norepinefryna) i dopamina (prolaktostatyna)
    - Hormony tarczycy: trijodotyronina ( $T_3$ ) i tyroksyna (tetrajodotyronina,  $T_4$ )

- Pochodne tryptofanu: melatonina (tzw. hormon snu, wytwarzany przez pinealocyty szyszynki; jej stężenie wzrasta wieczorem, co umożliwia zaśnięcie; ekspozycja na dzienne światło niebieskie hamuje jej syntezę) i serotonina (5-hydroksytryptamina)
- **Hormony białkowe (peptydowe)** – hormony o najbardziej skomplikowanej budowie, syntetyzowane na RER.
  - W wyniku pocięcia polipeptydu proopiomelanokortyny (POMC) powstają następujące hormony peptydowe: adrenokortykotropina (ACTH), melanotropina (MSH),  $\beta$ -endorfiny

Eikozanoidy i hormony steroidowe dzięki hydrofobowemu charakterowi bez problemu przenikają przez błonę komórkową. Wewnątrz komórki łączą się z odpowiednimi receptorami cytozolowymi bądź jądrowymi, które wywołują zmiany w transkrypcji genów. Hormony peptydowe i pochodne aminokwasów mają przeważnie charakter hydrofilowy, co uniemożliwia im łatwy transport przez błonę, bądź co bądź jest to nieopłacalne energetycznie. W związku z tym przyłączają się do receptorów znajdujących się na powierzchni komórki docelowej i uruchamiają szlak transdukcji sygnałów, w którym uczestniczą przekaźniki wtórne, takie jak cAMP (cykliczny adenylosinomonofosforan), jony wapnia czy pochodne fosfatydyloinozytolu. Przekaźniki wtórne są to substancje występujące w komórce w niewielkim stężeniu, które zwiększa się w reakcji na bodziec, taki jak przyłączenie hormonu do jego receptora. Umożliwiają one rozpoczęcie kaskady fosforylacji kolejnych białek, a dopiero ostatnie aktywowane białko indukuje zmiany w metabolizmie lub transkrypcji.

### Układ podwzgórzowo-przysadkowy

Układ endokryny jest ściśle powiązany z układem nerwowym. Układ nerwowy zajmuje się odbieraniem i przetwarzaniem informacji z zewnątrz oraz generowaniem na nie odpowiedzi. Wydzielaniem neurohormonów oraz kontrolą pracy gruczołów zajmuje się **podwzgórze** (hypothalamus). Z podwzgórzem silnie związana jest **przysadka mózgowa** (glandula pituitaria) – gruczoł składający się z trzech płatów: tylnego, środkowego i przedniego. Płat tylny jest przedłużeniem podwzgórza, a płaty środkowy i przedni powstały z nabłonka wyściełającego podniebienie wtórne. Podwzgórze jest częścią układu limbicznego, składa się z różnych jąder, czyli

zgrupowań neuronów o podobnej funkcji. Konkretnie jądra syntetyzują hormony podwzgórza – liberyny i statyny oraz wazopresynę i oksytocynę. **Wazopresyna** (hormon antydiuretyczny, ADH) oraz **oksytocyna** są wydzielane przez neurony podwzgórza o długich aksonach. Magazynowane są w tylnym płacie przysadki mózgowej, skąd mogą być uwalniane do krwiobiegu. Wazopresyna pobudza syntezę akwaporyn w ścianie kanalik dystalnego, co zwiększa resorpcję wody do krwiobiegu i zagęszcza mocz ostateczny, a oprócz tego zwęża ściany naczyń włosowatych. Niedobór ADH uwarunkowany zaburzeniami podwzgórza powoduje moczówkę prostą, chorobę objawiającą się oddawaniem silnie rozcieńczonego moczu. Oksytocyna nazywana jest hormonem miłości, pełni bardzo ważne funkcje w kobiecym ciele. Powoduje skurcze mięśni gładkich macicy w trakcie porodu. Spowodowane oksytocyną skurcze macicy powodują przesuwanie się noworodka w dół ku waginie. Noworodek silniej naciska swoim ciałem na ściany macicy, a to powoduje zwiększenie wydzielania oksytocyny. Oba te mechanizmy napędzają siebie nawzajem. Taką sytuację nazywamy dodatnim sprzężeniem zwrotnym. Z dodatnim sprzężeniem zwrotnym mamy do czynienia również podczas karmienia piersią. Oksytocyna pobudza skurcze mięśni otaczających gruczoły mlekowe, co stymuluje mechaniczne wypychanie mleka matki na zewnątrz. Ssanie brodawki sutkowej przez niemowlę stymuluje wydzielanie oksytocyny, dzięki czemu mleko jest efektywniej wydzielane z gruczołów. Oksytocyna również odgrywa ważną rolę podczas seksu i orgazmu. Wspomaga erekcję i wzmacnia uczucie przywiązania do partnera. Powróćmy do podwzgórza, które wydziela również **liberyny i statyny**. Są to hormony wydzielane przez neurony o krótkich aksonach do naczyń włosowatych podwzgórza, które następnie przechodzą w układ wrotny przysadki, gdzie żyły wrotne przechodzą we wtórną sieć naczyń włosowatych, a te w żyłę wyprowadzającą. Układ wrotny słusznie kojarzy się z wątrobą, gdyż tam występuje ta sama sytuacja. Taki układ wrotny pełni bardzo ważną funkcję w przysadce, bowiem umożliwia szybki kontakt liberyn i statyn z komórkami endokrynnymi przedniego płata przysadki. Przedni płat przysadki zajmuje się syntezą głównie hormonów tropowych, czyli kontrolujących wydzielanie innych hormonów. Liberyny (RH, releasing hormones) stymulują wydzielanie hormonów tropowych, hormonu wzrostu i prolaktyny, a statyny (IH, inhibiting hormones) hamują sekrecję prolaktyny i hormonu wzrostu, które klasycznie nie są zaliczane do hormonów tropowych. W następnej części artykułu omówimy działanie najważniejszych hormonów, w tym osie uwzględniające podwzgórze i przysadkę mózgową.

## Oś podwzgórze-przysadka-tarczyca

Hormony tarczycy pobudzają metabolizm, utrzymują prawidłowe ciśnienie krwi, tętno, napięcie mięśniowe, regulują funkcje rozrodcze i trawienne. Kiedy stężenie hormonów tarczycy spada, odpowiedni neuron czuciowy pobudza podwzgórze do rozpoczęcia kaskady hormonalnej. Podwzgórze wydziela **hormon uwalniający tyreotropinę** (TRH), który pobudza przedni płat przysadki do sekrecji **tyreotropiny** (TSH). Tyreotropina stymuluje tarczycę do wydzielania **T<sub>3</sub>** i **T<sub>4</sub>**. Zwiększone stężenie tych hormonów hamuje kaskadę na wszystkich poziomach, co zapobiega ich nadprodukcji. Takie zjawisko nazywamy ujemnym sprzężeniem zwrotnym, które w świecie hormonów występuje znacznie częściej niż dodatnie. Zaburzenia w regulacji i funkcjonowaniu tarczycy prowadzą do poważnych schorzeń: hipo- lub hipertyreozy, czyli odpowiednio niedoczynności bądź nadczynności tarczycy. Niedoczynność objawia się m.in. zwiększoną masą ciała i odczuwaniem zimna, a nadczynność – m.in. wytrzeszczem oczu. Najczęstszą postacią nadczynności tarczycy jest autoimmunizacyjna **choroba Gravesa-Basedowa**, w której przeciwciała skierowane przeciw receptorom TSH ciągle stymulują gruczoł tarczowy do syntezy T<sub>3</sub> i T<sub>4</sub>.

## Rdzeń nadnerczy i oś podwzgórze-przysadka-kora nadnerczy

Nadnercza to gruczoły złożone w rzeczywistości z dwóch gruczołów o różnym pochodzeniu embrionalnym. Składają się na nie **kora nadnerczy** (właściwy gruczoł endokrynowy o pochodzeniu mezodermalnym) i **rdzeń nadnerczy** (gruczoł neurosekrecyjny o pochodzeniu ektodermalnym). Nadnercza pełnią bardzo ważną funkcję w reakcji na stres. Rdzeń nadnerczy przede wszystkim odpowiada na stres krótkotrwały poprzez **adrenalinę** i **noradrenalinę**, a kora nadnerczy na stres długotrwały poprzez mineralokortykoidy i glikokortykoidy. Rdzeń nadnerczy pobudzany jest do wydzielania adrenaliny i noradrenaliny przez układ współczulny, uruchamiając reakcję „walcz lub uciekaj” (fight or flight). Hormony te powodują przede wszystkim wzrost tempa metabolizmu, na co składają się m.in.:

- Rozkład glikogenu i wzrost stężenia glukozy we krwi
- Wzrost ciśnienia tętniczego

- Wzrost tempa zachodzenia oddychania komórkowego w celu pozyskania energii
- Zahamowanie aktywności układu pokarmowego, wydalniczego i rozrodczego
- Przesunięcie strumienia krwi ze skóry, narządów trawiennych i nerek do mięśni szkieletowych, serca i mózgu

Długotrwały stres powoduje wzrost produkcji **kortykoliberyny** (CRH) przez podwzgórze. W odpowiedzi na to przedni płat przysadki wydziela do krwiobiegu **hormon adrenokortykotropowy** (ACTH, kortykotropina). Kortykotropina pobudza korę nadnerczy do syntezy **glikokortykoidów (kortyzol)**, które kontrolują metabolizm glukozy i mineralokortykoidów (aldosteron), które kontrolują gospodarkę mineralną. Skutkami ich działania są:

- Wytwarzanie glukozy z białek i lipidów
- Hydroliza białek mięśniowych
- Supresja układu odpornościowego, hamowanie reakcji zapalnych
- Zatrzymanie sodu w organizmie
- Zwiększona resorpcja wody w nerkach
- Wzrost objętości i ciśnienia krwi

Hamujące działanie na układ odpornościowy potwierdza słuszność stwierdzenia, że długotrwały stres ma wpływ na rozwój chorób (więc z troski o Wasze zdrowie, nie stresujcie się zbyt długo przez maturę). Działanie przeciwzapalne glikokortykoidów wykorzystywane jest w leczeniu ostrych stanów zapalnych. Jednak w związku z ich działaniem metabolicznym i poważnymi skutkami ubocznymi, w przewlekłych stanach zapalnych i doraźnie stosuje się przeważnie niesteroidowe leki przeciwzapalne (NLPZ), takie jak ibuprofen.

## Hormony płciowe

Hormony płciowe syntetyzowane są przez **gonady** (jajniki i jądra) i w niewielkiej ilości przez nadnercza. Jądra odpowiedzialne są za syntezę androgenów, czyli męskich hormonów płciowych, przede wszystkim testosteronu. Testosteron odgrywa kluczową rolę już w rozwoju zarodkowym. W pierwszych tygodniach rozwoju, zawiązki męskich i żeńskich narządów płciowych są zbudowane tak samo.

Określenie płci gonadalnej, czyli pierwszorzędowej cechy płciowej, następuje po 6 tygodniu od zapłodnienia. Dotychczas bipotencjalne gonady zarodka płci męskiej (XY), dzięki TDF (testis-determining factor) stają się jądrami i zaczynają wydzielać **testosteron** i hormon anty-müllerowski (AMH). Testosteron warunkuje tworzenie nasieniowodów i pęcherzyków nasiennych z przewodów męskich Wolffa, a AMH powoduje zanik przewodów żeńskich Müllera. Zarodek żeński nie wydziela androgenów, bipotencjalne gonady przekształcają się w jajniki, przewody Müllera w jajowody, a przewody Wolffa zanikają. Testosteron warunkuje również dojrzewanie płciowe chłopców, czyli uwidocznienie drugo- i trzeciorzędowych cech płciowych. Powoduje powiększenie penisa i jąder, obniżenie głosu, pojawienie się zarostu i owłosienia łonowego, wzrost masy mięśniowej i kostnej. Ma również wpływ na częstsze podejmowanie ryzyka i większy poziom agresji. Długotrwała suplementacja testosteronu (np. przez sportowców) może powodować niebezpieczne skutki uboczne, takie jak zmniejszenie wielkości jąder (testosteron już nie musi być produkowany przez komórki Leydiga) i jakości nasienia, uszkodzenia wątroby i trądzik. Za determinację płci i ukształtowanie drugo- i trzeciorzędowych cech płciowych u kobiet odpowiadają **estrogeny (estradiol)**. W okresie dojrzewania stymulują rozwój gruczołów mlekowych, wzrost owłosienia w okolicach wzgórka łonowego oraz odkładanie tkanki tłuszczowej w okolicach piersi i bioder, a także za regulację cyklu menstruacyjnego, o czym później. Inną klasą hormonów płciowych kobiet są gestageny, w tym progesteron. Progesteron jest odpowiedzialny za przygotowanie endometrium (błony śluzowej macicy) do implantacji zarodka i tym samym utrzymanie ciąży.

### Regulacja hormonalna układu rozrodczego

Regulacją działania narządów płciowych również zajmują się podwzgórze i przysadka. Podwzgórze wydziela **gonadoliberynę** (GnRH), która stymuluje uwalnianie dwóch gonadotropin – **lutropiny** (LH, hormon luteinizujący) i **folikulotropiny** (FSH, hormon stymulujący pęcherzyki, folikulotropowy). U mężczyzny LH stymuluje komórki śródmiąższowe Leydiga do produkcji testosteronu, a FSH pobudza komórki Sertolego wspomagające spermatogenezę (powstawanie plemników). Komórki Sertolego wydzielają także inhibinę, która hamuje przedni płat przysadki i tym samym tworzy pętlę ujemnego sprzężenia zwrotnego. Testosteron również wykazuje takie działanie. Spermatogeneza zachodzi ciągle, codziennie

powstają miliony plemników. Inaczej wygląda działanie układu rozrodczego u kobiet. Oogeneza (powstawanie komórek jajowych) zachodzi w sposób cykliczny, w wyniku czego powstaje tylko jedna dojrzała komórka jajowa (a dokładniej oocyt II rzędu; komórka jajowa jest komórką jajową wyłącznie, gdy dojdzie do zapłodnienia). Do owulacji (uwolnienia oocytu) dochodzi tylko wtedy, gdy endometrium jest odpowiednio grube i unaczynione. Te warunki wymagają skoordynowania ze sobą dwóch cykli – cyklu jajnikowego i cyklu macicznego (menstruacyjnego). Cykl jajnikowy rozpoczyna się fazą folikularną, gdy podwzgórze zaczyna wydzielać gonadoliberynę, która pobudza przedni płat przysadki do wydzielania niewielkiej ilości FSH i LH. FSH (wspomagane przez LH) powoduje wzrost pęcherzyka jajnikowego. Pęcherzyk jajnikowy zaczyna wydzielać niewielkie ilości estradiolu, co utrzymuje równie niski poziom LH i FSH (hamuje przysadkę). Około 14. dnia dwudziestoosmiodniowego cyklu następuje gwałtowny wyrzut **estradiolu**. Wysokie stężenie estradiolu silnie pobudza podwzgórze do wydzielania GnRH, co ostatecznie skutkuje gwałtownym wzrostem stężenia LH i FSH. Szczyt wydzielania LH skutkuje pęknięciem pęcherzyka jajnikowego i uwolnieniem oocytu – **owulacją**. Po owulacji następuje faza lutealna, w której pęknięty pęcherzyk jajnikowy przekształca się w ciało żółte (corpus luteum). Ciało żółte wydziela **progesteron** i estradiol, przygotowując organizm do ciąży. Wysokie stężenie obu tych hormonów hamuje wydzielanie LH i FSH (zapobiega dojrzewaniu kolejnego pęcherzyka jajnikowego). Jeżeli nie dojdzie do zapłodnienia, ciało żółte ulega degeneracji, poziom progesteronu i estradiolu maleje, a podwzgórze uwalnia się z pętli ujemnego sprzężenia zwrotnego, dzięki czemu można rozpocząć nowy cykl jajnikowy. Równoległe z nim występuje cykl menstruacyjny, obejmujący zmiany w grubości i unaczynieniu endometrium. Cykl maciczny rozpoczyna się fazą menstruacji (miesiączką), czyli złuszczeniem grubej, pofałdowanej i unaczynionej śluzówki, która jest usuwana na zewnątrz w postaci krwawienia miesięcznego. Złuszczenie determinowane jest spadkiem stężenia progesteronu i estradiolu, które powoduje obkurczanie tętniczek. Faza menstruacji kończy się około 5. dnia cyklu i zaczyna się faza proliferacyjna, w której wzrost poziomu estradiolu stymuluje wzrost endometrium. Faza ta kończy się wraz z owulacją poprzez wzrost poziomu estradiolu i progesteronu, zaczyna się faza wydzielnicza, która pokrywa się z fazą lutealną cyklu jajnikowego. Gdy obumiera ciało żółte, poziom hormonów jajnikowych maleje i cykl zaczyna się od początku. To wszystko powtarza się aż do okresu menopauzy. W tym czasie jajniki tracą czułość na LH i FSH. Warto wspomnieć, że u większości ssaków występuje cykl rujowy (estralny). Jeżeli nie dojdzie do zapłodnienia, endometrium nie złuszcza się, a jest resorbowane,



więc nie występuje krwawienie. Ssaki, u których występuje cykl rujowy, są zdolne do kopulacji wyłącznie w trakcie owulacji – okres szafu seksualnego tych zwierząt nazywany jest rują.

### Regulacja poziomu glukozy we krwi

Nadrzędną rolę w utrzymywaniu prawidłowego poziomu glukozy we krwi odgrywa trzustka. **Trzustka** jest gruczołem zarówno wewnątrz-, jak i zewnątrzwydzielniczym, jako gruczoł przewodu pokarmowego. Do światła dwunastnicy wydziela zasadowy sok trzustkowy, a w nim enzymy trawienne takie jak amylaza trzustkowa, lipaza trzustkowa oraz nieaktywne formy enzymów proteolitycznych – trypsynogen i chymotrypsynogen, które aktywują się w jelicie. Funkcję wewnątrzwydzielniczą trzustki sprawują wyspy Langerhansa. Zbudowane są z trzech zasadniczych typów komórek –  $\alpha$ ,  $\beta$  i  $\delta$ . Komórki  $\alpha$  trzustki wydzielają glukagon, komórki  $\beta$  – insulinę, a komórki  $\delta$  – somatostatynę. W tym momencie warto zdefiniować kilka ważnych pojęć, dzięki czemu cykl regulacji poziomu glukozy we krwi będzie bardziej zrozumiały.

- **Glikogen** – polisacharyd magazynujący glukozę w wątrobie (i mięśniach szkieletowych).
- **Glukagon** – hormon trzustki stymulujący glikogenogenezę.
- **Glukogenogeneza** – powstawanie glikogenu z glukozy pod wpływem glukagonu.
- **Insulina** – hormon trzustkowy stymulujący glikogenezę.
- **Glikogenoliza** – rozpad glikogenu do glukozy pod wpływem insuliny.
- **Glikemia** – poziom glukozy we krwi.
- **Glikoliza** – utlenienie glukozy do pirogronianu.

Po spożyciu posiłku zawierającego glukozę (bądź inne węglowodany), wzrasta jej poziom we krwi. Trzustka zaczyna wydzielać insulinę, która umożliwia upakowanie glukozy do głodnych komórek, by te mogły przeprowadzać glikolizę. Pozostałą nadwyżkę glukozy insulina pakuje do wątroby, by ją tam zmagazynować na później. W wątrobie następuje glikogenogeneza. Gdy glikemia spada i nie zostają dostarczone cukry wraz z pożywieniem, trzustka zaczyna wydzielać glukagon. Glukagon powoduje glikogenolizę, uwalnianie zmagazynowanej glukozy do krwi,

a tym samym wzrost glikemii. Insulina i glukagon są hormonami antagonistycznymi – przeprowadzają przeciwstawne procesy, aby utrzymać homeostazę.

### Regulacja poziomu wapnia we krwi

Odpowiedni poziom jonów wapnia we krwi jest bardzo istotny w utrzymaniu homeostazy. Zbyt niskie stężenie wapnia powoduje tężyczkę, a zbyt wysokie – formowanie się kryształów fosforanu wapnia, które mogą uszkadzać tkanki. Za regulację poziomu wapnia we krwi odpowiadają tarczycy i gruczoły przytarczyczne. **Przytarczycy** tworzą cztery niewielkie struktury znajdujące się na tylnej tarczycy. Wydzielają **parathormon** (PTH), gdy stężenie wapnia we krwi spadnie poniżej normy. PTH stymuluje uwalnianie wapnia z kości, resorpcję wapnia w kanalikach nerkowych, a także aktywację **witaminy D** kolejno w wątrobie i nerkach (do 1,25-dihydroksycholekalcyferolu), która zwiększa resorpcję wapnia z pożywienia w jelitach. Działanie odwrotne ma wydzielana przez wątrobę **kalcytonina**, która przy zbyt wysokim poziomie wapnia pakuje go do kości i zwiększa jego usuwanie z moczem.

### Regulacja hormonalna wzrostu

**Hormon wzrostu** (GH) stymuluje wzrost komórek i tkanek organizmu. Wykazuje działanie tropowe, jak i nietropowe, bezpośrednio. GH przede wszystkim oddziałuje na wątrobę, która w reakcji na bodziec wydziela do krwi **insulinopodobne czynniki wzrostu** (IGF, somatomedyny). IGF stymulują wzrost tkanki kostnej i tkanki łącznej. Niedobory GH w okresie dzieciństwa skutkują zaprzestaniem wzrostu szkieletu, a w związku z tym karłowatością. Nadmiar hormonu wzrostu w okresie dzieciństwa powoduje gigantyzm, a w okresie dorosłości (po zahamowaniu wzrostu kości długich) akromegalię, czyli nadmierny wzrost peryferycznych części ciała, wciąż wrażliwych na działanie hormonu (rąk, stóp i części twarzy, np. nosa).