

Fizjologia sem. II wykład 3 – 08.05.2026

Spis zagadnień

1. Budowa kory mózgowej – warstwy i lokalizacja ośrodków
2. Ośrodki mowy i ich uszkodzenia – afazje
3. Regulacja czynności ruchowych – układ piramidowy i pozapiramidowy
4. Układ autonomiczny – budowa, neuroprzekaźniki i odruchy
5. Układ limbiczny – emocje, pamięć i reakcje fizjologiczne
6. Drogi swoiste i nieswoiste – odbiór czucia
7. Podstawy fizjologii układu hormonalnego – mechanizmy działania hormonów
8. Regulacja wydzielania hormonów – sprzężenia zwrotne i oś podwzgórzowo-przysadkowa
9. Hormony kory nadnerczy – kortyzol, androgeny i mineralokortykoidy
10. Regulacja dojrzewania płciowego – gonadotropiny i hormony płciowe

1. Budowa kory mózgowej – warstwy i lokalizacja ośrodków

Sześciowarstwowa budowa kory mózgowej

Kora mózgowa, oglądana pod mikroskopem histologicznym, wykazuje w większości swoich obszarów charakterystyczną **budowę sześciowarstwową**. Poszczególne warstwy różnią się zarówno rodzajem i kształtem komórek nerwowych, jak i pełnionymi funkcjami. Znajomość tej architektury jest kluczowa dla zrozumienia, dlaczego różne obszary kory mózgowej specjalizują się w odmiennych czynnościach.

Warstwa I – warstwa drobinowa (najbardziej powierzchniowa): zawiera stosunkowo mało ciał komórek nerwowych, natomiast jest bogata we włókna nerwowe. Pełni przede wszystkim funkcję łączącą – tworzy połączenia pomiędzy różnymi warstwami kory mózgowej. Można ją traktować jako warstwę integracyjną o charakterze asocjacyjnym.

Warstwa II – warstwa ziarnista zewnętrzna: jest warstwą stosunkowo wąską, zawiera drobne komórki o krótkich wypustkach, w cytoplazmie których widoczne są charakterystyczne ziarnistości – stąd nazwa. W tej warstwie kończą się drogi układu siatkowatego, czyli tak zwane **drogi nieswoiste**. Pojęcie dróg nieswoistych zostanie szczegółowo omówione w dalszej części notatek.

Warstwa III – warstwa piramidowa zewnętrzna: zawiera średnie i duże komórki piramidowe, czyli neurony o charakterystycznym kształcie stożka zwróconego wierzchołkiem ku powierzchni kory mózgowej. W tej warstwie następuje tworzenie połączeń pomiędzy poszczególnymi warstwami kory.

Warstwa IV – warstwa ziarnista wewnętrzna: tutaj docierają **drogi swoiste**, czyli drogi przekazujące precyzyjne, specyficzne informacje czuciowe. Warstwa ta jest szczególnie dobrze rozwinięta w okolicach sensorycznych kory, takich jak kora wzrokowa, słuchowa czy somatosensoryczna.

Warstwa V – warstwa piramidowa wewnętrzna: składa się z dużych komórek piramidowych zwanych **komórkami Beca** (Betza). To właśnie w tej warstwie rozpoczynają się **wielkie drogi piramidowe**, które sterują ruchami dowolnymi, czyli ruchami uświadamianymi. Jest to warstwa szczególnie dobrze rozwinięta w okolicach ruchowych kory mózgowej.

Warstwa VI – warstwa komórek różnokształtnych: zawiera komórki o rozmaitych kształtach – okrągłe, wrzecionowate, trójkątne, wielokształtne. Tworzy połączenia pomiędzy różnymi obszarami kory mózgowej, a jej włókna mogą docierać do odległych okolic kory.

Zróznicowanie regionalne kory mózgowej

Kora mózgowa nie jest jednorodna w całym swoim obszarze. Można wyróżnić trzy zasadnicze typy obszarów korowych, które różnią się dominującymi warstwami:

- **Kora ruchowa** (zakręt przedśrodkowy, przed bruzdą Rolanda): dominują warstwy piramidowe – zewnętrzna (III) i wewnętrzna (V). Stąd wychodzą drogi piramidowe sterujące ruchami dowolnymi.
- **Kora czuciowa** (zakręt zaśrodkowy, za bruzdą Rolanda): dominują warstwy ziarniste (II i IV), co odpowiada funkcji odbierania i przetwarzania bodźców czuciowych.
- **Kora kojarzeniowa:** dominują warstwy III, V i VI, które wytwarzają połączenia asocjacyjne pomiędzy poszczególnymi obszarami kory mózgowej. Kora kojarzeniowa odpowiada za integrację informacji, planowanie, myślenie abstrakcyjne i złożone zachowania.

Podział kory na płaty i lokalizacja ośrodków

Kora mózgowa podzielona jest na pięć płatów:

- **płat czołowy** – ośrodki ruchowe, planowanie, kontrola zachowania, mowa ruchowa
- **płat ciemieniowy** – ośrodki czuciowe, integracja sensoryczna
- **płat skroniowy** – przetwarzanie dźwięku, mowa czuciowa, pamięć
- **płat potyliczny** – przetwarzanie informacji wzrokowych
- **wyspa** – piąty płat, związany m.in. z interocepcją i emocjami

Kluczową granicą anatomiczną jest **bruzda Rolanda** (bruzda środkowa), oddzielająca płat czołowy od ciemieniowego. Bezpośrednio przed nią leży **zakręt przedśrodkowy** z pierwotnymi ośrodkami ruchowymi, a bezpośrednio za nią **zakręt zaśrodkowy** z pierwotnymi ośrodkami czuciowymi.

Reprezentacja somatotopowa – homunkulus

Zarówno kora czuciowa, jak i ruchowa wykazują **reprezentację somatotopową**, co oznacza, że każda część ciała ma ściśle określoną lokalizację w obrębie kory mózgowej. Pojęcie to jest kluczowe dla zrozumienia objawów uszkodzeń neurologicznych.

Ważna zasada: **duża reprezentacja korowa dotyczy tych części ciała, które charakteryzują się znaczną różnorodnością i precyzją wykonywanych ruchów lub odbieranych bodźców czuciowych**. Dlatego dłonie, usta i stopy mają nieproporcjonalnie dużą reprezentację w korze w stosunku do swojej rzeczywistej wielkości. Ilustruje to karykaturalna figura zwana **homunkulusem** – człowiek z nieproporcjonalnie dużymi dłońmi, ustami i stopami.

Objawy uszkodzenia kory czuciowej

Uszkodzenie zakrętu zaśrodkowego (kory czuciowej) prowadzi do charakterystycznych zaburzeń:

1. **Zaburzenie zdolności rozpoznawania miejsca zadziałania bodźca** – pacjent może wskazywać na całą kończynę zamiast na konkretne miejsce zranienia.
2. **Niemожność oceny siły nacisku na skórę ani ciężaru trzymanego przedmiotu** – chory nie jest w stanie porównać intensywności bodźców.
3. **Zniesienie dermoleksji** – niemożność odczytywania cyfr lub liter pisanych tępym przedmiotem na skórze (tzw. widzenie skórne). Osoby zdrowe potrafią rozpoznawać litery pisane na skórze bez kontroli wzrokowej.
4. **Astereognozja** – niezdolność rozpoznawania przedmiotów obejmowanych palcami bez kontroli wzrokowej. W normalnych warunkach jesteśmy w stanie rozpoznać znany przedmiot w torebce czy kieszeni wyłącznie dotykiem.
5. **Zaburzenie odczuwania schematu własnego ciała** – brak wrażenia posiadania jakiejś części ciała, niekiedy całej połowy ciała, lub niemożność oceny wzajemnego położenia części ciała względem siebie.
6. **Niemожność oceny cech przedmiotu badanego przez przesuwanie palcem po jego powierzchni** – chory nie rozpoznaje konsystencji, faktury ani temperatury przedmiotu.

Schemat ciała i zespół fantomowy

Kodowanie schematu ciała opiera się na integracji impulsów dochodzących z receptorów zarówno skórnych, jak i głębokich (proprioceptorów). Schemat ciała jest bardzo silnie utrwalony w korze mózgowej – tak silnie, że nawet po amputacji kończyny pacjent może ją odczuwać przez wiele miesięcy po operacji. Zjawisko to nosi nazwę **zespołu fantomowego**. Podobnie pacjenci z niedowładem połowicznym wskutek uszkodzenia kory ruchowej mogą nie zdawać sobie sprawy z porażenia kończyn i subiektywnie odczuwać, że mogą nimi poruszać.

Kora kojarzeniowa – lokalizacja i funkcje

Kora kojarzeniowa, choć obecna w każdym płacie, jest szczególnie silnie rozwinięta w trzech obszarach:

- **Pola kojarzeniowe czołowe** – związane z planowaniem ruchów i tworzeniem mowy.
- **Pole kojarzeniowe ciemieniowo-skroniowo-potyliczne** – integracja czynności czuciowych, a także lokalizacja **nadrzędnego ośrodka mowy** w dominującej półkuli mózgowej (zwykle lewa półkula u praworęcznych, prawa u leworęcznych).
- **Pole kojarzeniowe skroniowe** – połączone z układem limbicznym, odpowiada za konsolidację śladów pamięciowych i regulację emocji.

2. Ośrodki mowy i ich uszkodzenia – afazje

Złożoność pojęcia mowy

Mowa to nie tylko artykulacja dźwięków. Obejmuje ona również rozumienie wypowiedzi innych osób, czytanie znaków pisańskich, pisanie oraz rozpoznawanie liczb. Każda z tych funkcji ma odrębną lokalizację w korze mózgowej, co oznacza, że uszkodzenia różnych obszarów prowadzą do różnych typów zaburzeń mowy.

Ośrodek ruchowy mowy – ośrodek Broki

Ośrodek Broki zlokalizowany jest w dolnym zakręcie czołowym płata czołowego dominującej półkuli. Jest odpowiedzialny za **prawidłową artykulację dźwięków**. Uszkodzenie tego ośrodka prowadzi do **afazji Broki** (afazji ruchowej), której cechy to:

- bardzo zła wymowa, mowa jest niezrozumiała lub mocno zniekształcona
- chory posługuje się głównie rzeczownikami i czasownikami, pomijając przyimki i łączniki gramatyczne (tzw. mowa telegraficzna)
- rozumienie mowy jest zachowane – chory rozumie, co się do niego mówi, ale nie potrafi odpowiedzieć w sposób płynny

Ośrodek czuciowy mowy – ośrodek Wernickiego

Ośrodek Wernickiego zlokalizowany jest w tylnej części górnego zakrętu skroniowego, w pobliżu ośrodka słuchu. Stąd bywa nazywany **ośrodkiem słuchowym mowy**. Odpowiada za zdolność rozróżniania i rozumienia wypowiadanych słów. Uszkodzenie prowadzi do **afazji Wernickiego** (afazji czuciowej):

- wymowa jest zachowana, mowa brzmi płynnie i gramatycznie poprawnie
- treść wypowiedzi jest bezsensowna, mija się z rzeczywistością
- chory nie rozumie, co się do niego mówi

Pęczek łukowaty i afazja przewodzeniowa

Pomiędzy ośrodkiem Broki a ośrodkiem Wernickiego przebiega **pęczek łukowaty** – wiązka włókien nerwowych łącząca te dwa ośrodki. Uszkodzenie pęczka łukowatego prowadzi do **afazji przewodzeniowej**:

- chory rozumie dokładnie informacje przekazywane przez badającego
- nie umie ich powtórzyć
- ma trudności z prawidłowym wypowiadaniem zdań

Tabela porównawcza afazji Broki i Wernickiego

Cecha	Afazja Broki	Afazja Wernickiego
Wymowa	Bardzo zła, zniekształcona	Zachowana, płynna
Treść wypowiedzi	Rzeczowniki i czasowniki, brak łączników	Gramatycznie poprawna, ale bezsensowna
Rozumienie mowy	Zachowane	Zaburzone
Lokalizacja uszkodzenia	Dolny zakręt czołowy (płat czołowy)	Tylna część górnego zakrętu skroniowego

Pozostałe ośrodki mowy

- **Ośrodek wzrokowy mowy (ośrodek Dejerina)** – zlokalizowany w płacie potylicznym, w okolicy ośrodka wzroku. Odpowiada za **czytanie**, czyli rozpoznawanie znaków pisańskich. Uszkodzenie powoduje **aleksję** (utrata zdolności czytania).
- **Ośrodek rozpoznawania liczb** – zlokalizowany w dolnym zakręcie nadbrzeżnym. Uszkodzenie powoduje **akalkulię** (niemożność rozpoznawania liczb i wykonywania obliczeń).
- **Ośrodek pisania** – zlokalizowany w płacie czołowym, powyżej ośrodka Broki. Ponieważ pisanie jest czynnością ruchową, ośrodek ten leży w okolicach ruchowych. Uszkodzenie powoduje **agrafię** (niemożność pisania).
- **Nadrzędny ośrodek mowy** – zlokalizowany na styku płatów skroniowego, czołowego i ciemieniowego. Wiąże mowę z myśleniem. Uszkodzenie powoduje niemożność kojarzenia słów z przedmiotami – chory nie umie nazywać przedmiotów, dopiero po podpowiedzi jest w stanie sobie to przypomnieć.

3. Regulacja czynności ruchowych – układ piramidowy i pozapiramidowy

Hierarchia ośrodków ruchowych

Regulacja czynności ruchowych odbywa się na wielu poziomach ośrodkowego układu nerwowego. Wyróżniamy:

- **Nadrzędne ośrodki ruchowe:** kora mózgowa (zakręt przedśrodkowy), jądra kresomózgowia (jądra podstawy), mózdzek
- **Podrzędne ośrodki ruchowe:** motoneurony w rogach przednich (brzusznym) rdzenia kręgowego

Ważna uwaga dotycząca mózdzku: **mózdzek nie inicjuje ruchu**, lecz pełni funkcję **komparatora** – porównuje ruch zadany przez ośrodki ruchowe kory mózgowej z ruchem faktycznie wykonanym na obwodzie. Jest to mechanizm kontroli i korekty ruchu.

Pola ruchowe kory mózgowej

W obrębie płata czołowego wyróżniamy trzy główne pola ruchowe:

Pierwotne pole ruchowe (pole 4 wg Brodmana) – zlokalizowane bezpośrednio przed bruzdą Rolanda, w zakręcie przedśrodkowym. Zajmuje się sterowaniem elementarnymi ruchami dowolnymi, czyli ruchami uświadamianymi.

Pole przedruchowe (pole 6 wg Brodmana) – leży ku przodowi od pierwotnego pola ruchowego. Tutaj następuje **kodowanie wzorców ruchów złożonych**, czyli tzw. sprawności. Sprawność to raz wyuczony wzorzec ruchowy, który pozostaje zakodowany na całe życie. Przykłady: zawiązywanie sznurowadła, pisanie, gra na instrumencie. Kora przedruchowa odpowiada za tworzenie sprawności manualnej.

Pole przedczołowe – kontroluje złożone formy zachowania, planowanie aktywności ruchowej, rozumienie upływu czasu, zdolność przewidywania konsekwencji zdarzeń oraz prawidłowe zarządzanie emocjami. Generalnie odpowiada za kontrolę zachowania.

Układ piramidowy – drogi i funkcje

Układ piramidowy steruje **ruchami dowolnymi** (uświadamianymi). Włókna dróg piramidowych biorą początek w warstwie V kory mózgowej (komórki Beca) i podążają do niższych pięter ośrodkowego układu nerwowego.

Przykłady ruchów sterowanych przez układ piramidowy:

- pisanie długopisem lub na klawiaturze
- zapinanie guzików, sznurowanie butów
- mówienie (precyzyjna praca mięśni twarzy, języka, krtani)
- świadome sięganie po przedmioty
- gra na instrumencie muzycznym

Układ piramidowy dzieli się na dwie główne drogi:

Droga korowo-rdzeniowa – główna droga piramidowa, steruje mięśniami tułowia i kończyn. Składa się z dwóch neuronów:

- **Neuron ruchowy górny** – ciało w korze mózgowej, akson biegnie przez struktury wyższych pięter OUN do rdzenia kręgowego
- **Neuron ruchowy dolny** – ciało w rogach przednich rdzenia kręgowego, akson dociera do mięśni szkieletowych

W miejscu zwanym **skrzyżowaniem piramid** (w rdzeniu przedłużonym) około 80–90% włókien przechodzi na przeciwną stronę. Pozostałe 10–20% włókien biegnie nieskrzyżowanych, ale i one ulegają skrzyżowaniu przy wejściu do konkretnych segmentów rdzenia. Konsekwencja: **prawa półkula steruje lewą stroną ciała i odwrotnie**.

Droga korowo-jądrowa (korowo-opuszkowa) – dedykowana mięśniom głowy i szyi. Prowadzi z kory mózgowej do jąder ruchowych nerwów czaszkowych. Umożliwia świadomą, dowolną kontrolę mięśni twarzy, języka, gardła, krtani i mięśni gałkoruchowych. Reguluje ruchy żucia, połykania, artykulacji mowy i mimiki twarzy.

Objawy uszkodzenia dróg piramidowych

- trudność z wykonywaniem ruchów celowych
- brak koordynacji ruchów
- sztywność ruchów
- **objaw Babińskiego** – po przejechaniu tępym przedmiotem po podeszwie stopy następuje odgięcie palucha w kierunku grzbietu stopy (zamiast w kierunku podeszwy). U noworodków i niemowląt jest to odruch fizjologiczny (niedojrzałość dróg piramidowych), u dorosłych jest objawem patologicznym świadczącym o uszkodzeniu dróg piramidowych.

Apraksje – zaburzenia czynności ruchowych dowolnych na poziomie korowym:

- **apraksja ruchowa** – przy zachowanym planie czynności ruchowej istnieje niezgrawność ruchów, jakby były wykonywane po raz pierwszy (uszkodzenie okolicy przedruchowej)

- **apraksja wyobrażeniowa** – chory nie rozumie planu czynności, może dochodzić do pomieszczenia kolejności aktów ruchowych; chory może wykonać poszczególne elementy złożonej czynności, ale nie potrafi samodzielnie stworzyć planu
- **apraksja wyobrażeniowo-ruchowa** – mieszana postać łącząca cechy obu powyższych

Układ pozapiramidowy

Układ pozapiramidowy steruje **ruchami mimowolnymi** (nieautomatyzowanymi, nieświadomymi). Odpowiada za:

- utrzymanie postawy ciała
- automatyzmy ruchowe
- koordynację ruchową
- napięcie mięśniowe
- płynność ruchów

Elementy układu pozapiramidowego:

- jądra podstawy (kresomózgowie): ciało prążkowane (jądro ogoniaste, skorupa, gałka biała), ciało migdałowe, przedmurze
- istota czarna (śródmózgowie)
- jądro czerwienne (śródmózgowie)
- jądro niskowzgórzowe (międzymózgowie)
- wybrane jądra wzgórza (jądra brzuszne przednie)

Budowa ciała prążkowanego

Ciało prążkowane jest strukturą złożoną. Można je rozumieć na dwa sposoby:

- **prążkowie** (jądro ogoniaste + skorupa) + gałka biała
- **jądro soczewkowate** (skorupa + gałka biała) + jądro ogoniaste

Objawy uszkodzenia jąder podstawnych

Zespoły hipokinetyczne (zmniejszona ruchliwość):

- **Choroba Parkinsona** – związana z uszkodzeniem szlaku nigrostriatalnego (od istoty czarnej do prążkowie). Przyczyną jest prawdopodobnie miażdżycza naczyń krwionośnych mózgu powodująca nieprawidłową interakcję między istotą czarną a prążkowie.
- Objawy: wzmożone napięcie mięśniowe, drżenie mięśni, akinezja (niemożność zapoczątkowania ruchu), **mikrografia** (litery w piśmie stają się coraz mniejsze), maskowata twarz

Zespoły hiperkinetyczne (nadmierna ruchliwość):

- **Choroba Huntingtona** – spowodowana zanikiem neuronów w prążkowie
- **Hemibalizm** – związany z uszkodzeniem jądra niskowzgórzowego

Część zstępująca układu siatkowatego a regulacja ruchu

Część zstępująca układu siatkowatego (tworu siatkowatego pnia mózgu) kontroluje czynność ruchową rdzenia kręgowego poprzez **drogi siatkowato-rdzeniowe**. Informacja do tej części dociera z: ośrodków czuciowych i ruchowych kory mózgowej, jąder kresomózgowia, podwzgórza, układu limbicznego i mózdzku.

Funkcje:

- regulacja napięcia mięśniowego (np. automatyczne utrzymywanie napięcia mięśni podczas stania w kolejce)
- korekta postawy ciała (np. odruchowe napinanie mięśni po niespodziewanym pchnięciu)
- regulacja aktywności mięśni antygrawitacyjnych
- współpraca z mózdzkiem w utrzymaniu równowagi

Ważna zasada: **most zawiaduje mięśniami prostownikami, natomiast część brzuszno-przysrodkowa rdzenia przedłużonego mięśniami zginaczami.**

4. Układ autonomiczny – budowa, neuroprzebiegi i odruchy

Podział układu nerwowego – przypomnienie

Układ nerwowy dzieli się czynnościowo na:

- **układ nerwowy somatyczny** (część piramidowa i pozapiramidowa) – efekторы: mięśnie poprzecznie prążkowane

- **układ nerwowy autonomiczny** (część współczulna i przywspółczulna) – efekторы: mięśnie gładkie, mięsień sercowy, gruczoły

Łuk odruchowy autonomiczny

Łuk odruchowy autonomiczny różni się od somatycznego przede wszystkim budową drogi eferentnej (odśrodkowej). Składa się z następujących elementów:

1. **Receptor** – unerwiony przez włókno czuciowe
2. **Droga aferentna** – włókno dośrodkowe ze zwojem rdzeniowym (ciała neuronów czuciowych pierwszego rzędu)
3. **Ośrodek** – rogi boczne rdzenia kręgowego (ośrodki autonomiczne)
4. **Droga eferentna** – składa się z **dwóch neuronów**:
 - **neuron przedzwojowy** – od ośrodka do zwoju autonomicznego
 - **neuron zazwojowy** – od zwoju do efektor
5. **Efektor** – mięśnie gładkie, mięsień sercowy lub gruczoły

Kluczowa różnica w porównaniu z łukiem somatycznym: **droga eferentna składa się z dwóch neuronów** (przedzwojowego i zazwojowego), a nie z jednego.

Długość włókien przedzwojowych i zazwojowych

Długość włókien zależy od lokalizacji zwojów autonomicznych:

Część układu	Lokalizacja zwojów	Włókna przedzwojowe	Włókna zazwojowe
Współczulna	W pobliżu rdzenia kręgowego (zwoje kręgowe)	Krótkie	Długie
Przywspółczulna	W pobliżu unerwianych narządów	Długie	Krótkie

Neuroprzekazniki układu autonomicznego

Na zakończeniach **neuronów przedzwojowych** zarówno części współczulnej, jak i przywspółczulnej wydzielana jest **acetylocholina** – tu nie ma różnic między obiema częściami.

Różnice pojawiają się na poziomie **neuronów zazwojowych**:

- część **przywspółczulna**: wydziela **acetylocholiny**
- część **współczulna**: wydziela **noradrenalinę**

Ponieważ acetylocholina i noradrenalina działają **antagonistycznie** na unerwianych komórkach, obie części układu autonomicznego działają przeciwstawnie na większość narządów. Przykład: noradrenalina (część współczulna) przyspiesza i wzmacnia pracę serca, acetylocholina (część przywspółczulna) zwalnia i osłabia pracę serca.

Narządy unerwione wyłącznie przez układ współczulny

Większość narządów jest unerwiona przez obie części układu autonomicznego, jednak istnieją struktury unerwiane **prawie wyłącznie przez układ współczulny**:

- **naczynia krwionośne** – regulacja skurczu mięśniówki naczyń, ciśnienia tętniczego, redystrybucji krwi, termoregulacji
- **gruczoły potowe** – unerwienie współczulne
- **mięśnie przywłosne skóry** – powodują tzw. gęsia skórę. Ciekawostka: gęsia skórka pojawia się nie tylko przy zimnie, ale też w sytuacjach stresowych (mobilizacja układu współczulnego zgodnie z zasadą „walcz lub uciekaj”). U kotów nastroszona sierść sprawia, że wydają się na większe i groźniejsze – u człowieka ten mechanizm jest szczątkowy.
- **rdzeń nadnerczy** – działa jak zmodyfikowany zwój współczulny, pobudzany bezpośrednio przez włókna przedzwojowe, wydziela adrenalinę i noradrenalinę
- **tkanka tłuszczowa** – unerwienie głównie współczulne; pobudzenie powoduje **lipolizę** (rozkład tłuszczu do kwasów tłuszczowych i glicerolu)

Narządy z dominującym unerwieniem przywspółczulnym

Nie istnieją narządy unerwione **wyłącznie** przywspółczulnie, ale są takie, w których to unerwienie dominuje:

- **mięsień zwieracz źrenicy** – unerwiony przywspółczulnie, powoduje zwężenie źrenicy (miozę). Mięsień rozszerzacz źrenicy jest unerwiony współczulnie.
- **mięsień rzęskowy** – unerwiony przywspółczulnie, jego skurcz powoduje akomodację do blizy

- **część ślinianek** – w większym stopniu pod kontrolą przywspółczulną

Typy odruchów autonomicznych

Odruchy trzewno-trzewne – receptor i efektor leżą w narządach wewnętrznych (np. kontrola ciśnienia krwi przez baroreceptory i hemoreceptory).

Odruchy trzewno-somatyczne – receptor w narządach wewnętrznych, efektor w mięśniach szkieletowych. Przykład: odruchowe napinanie mięśni powłok brzusznych przy podrażnieniu bólowym otrzewnej (np. przy zapaleniu wyrostka robaczkowego).

Odruchy somatyczno-trzewne – droga dośrodkowa obejmuje włókna czuciowe z powierzchniowych warstw skóry lub receptorów mięśniowych, droga odśrodkowa obejmuje włókna przedzwojowe i zazwojowe układu autonomicznego. Umożliwiają automatyczne przystosowywanie czynności narządów wewnętrznych do aktywności fizycznej (np. zwiększenie przepływu krwi podczas wysiłku, nasilenie pracy gruczołów potowych).

Odruch źreniczny

Odruch źreniczny reguluje ilość światła wpadającego do oka:

- przy dużym natężeniu światła: zwężenie źrenic
- przy małym natężeniu światła: rozszerzenie źrenic

Droga aferentna: receptory (czopki i pręciki w siatkówce) → komórki dwubiegunowe → komórki zwojowe → nerw wzrokowy → skrzyżowanie wzrokowe (częściowe skrzyżowanie) → jądro Westphal-Edingera (w śródmózgowiu)

Droga eferentna: włókna przedzwojowe → zwój rzęskowy → włókna zazwojowe → mięsień zwieracz źrenicy

Ponieważ jądro Westphal-Edingera jest parzyste i istnieje połączenie między jego obiema częściami, reakcja jednej źrenicy przenosi się na drugą. Dlatego podświetlenie jednego oka powoduje zwężenie obu źrenic.

Część współczulna i przywspółczulna – podsumowanie anatomiczne

Część współczulna – jądro pośrednio-boczne w rogach bocznych rdzenia kręgowego od segmentu Th1 do L3. Zwoje kręgowe (pnia współczulnego) podzielone na część szyjną, piersiową, brzuszną i miedniczą.

Część przywspółczulna – dzieli się na:

- **część głowową** – jądra przywspółczulne nerwów: okoruchowego (III), twarzowego (VII), językowo-gardłowego (IX) i błędnego (X)
- **część krzyżową** – jądro pośrednio-przyśrodkowe w rogach bocznych segmentów krzyżowych rdzenia kręgowego

5. Układ limbiczny – emocje, pamięć i reakcje fizjologiczne

Definicja i ogólna charakterystyka

Układ limbiczny jest określany jako **emocjonalne centrum mózgu** – centrum, które pozwala nam odczuwać, pamiętać i reagować emocjonalnie. Jest to zbiór struktur mózgowych, które łączą emocje, pamięć i reakcje fizjologiczne w jedną spójną całość.

Do najważniejszych struktur układu limbicznego należą: **ciało migdałowe**, **hipokamp**, jądra przegrody, zakręt obręczy, kora śródmęchowa, podwzgórze (częściowo) oraz pole czołowe.

Funkcje układu limbicznego

1. Reakcje emocjonalne – strach, radość, złość

Podstawowe emocje, takie jak strach, radość czy złość, są związane przede wszystkim z **ciałem migdałowym**. Ciało migdałowe włącza alarm w sytuacjach zagrożenia i odpowiada za szybkie reakcje obronne. Wyróżnia się trzy typy reakcji na zagrożenie:

- ucieczka
- walka
- zamrożenie (niemożność wykonania żadnego ruchu)

Ciało migdałowe jest jednym z jąder podkorowych, pokazywanym przy omawianiu prądkowia.

2. Pamięć emocjonalna

Hipokamp łącznie z ciałem migdałowym współpracują w tworzeniu pamięci emocjonalnej. Emocje pomagają utrwalac wspomnienia – dlatego lepiej zapamiętujemy rzeczy, które były dla nas ważne emocjonalnie (zarówno

pozytywne, jak i negatywne). Przykład: zapach ciasta z dzieciństwa natychmiast wywołuje pozytywne emocje i poczucie relaksu.

3. Uczenie się emocjonalne

Układ limbiczny łączy emocje z doświadczeniem, aby w przyszłości reagować mądrzej. Przykład: jeśli raz się oparzymy, na zawsze będziemy ostrożniejsi przy gorących przedmiotach.

4. Motywacja i nagroda

Szczególną rolę odgrywają jądra przegrody i kora czołowa. Układ nagrody układu limbicznego pobudza do dalszego działania, gdy osiągamy cel lub otrzymujemy komplement.

5. Regulacja funkcji autonomicznych

Układ limbiczny bardzo ściśle współdziała z układem autonomicznym. Przykład: przed wystąpieniami publicznymi serce bije szybciej, dłonie się pocą – to układ limbiczny mobilizuje ciało do działania w sytuacji stresu. W skrajnych przypadkach silnego stresu może dojść nawet do utraty przytomności (omdlenia).

Hormony jako filtry rzeczywistości

Hormony wpływają na to, jak mózg interpretuje otaczającą rzeczywistość – działają jak filtry. Ten sam bodziec może być odebrany jako neutralny, przyjemny lub stresujący w zależności od aktualnego poziomu hormonów.

Kortyzol – podstawowy hormon stresu. Zawęża pole uwagi, sprawia, że mózg skupia się głównie na zagrożeniach, utrudnia logiczne myślenie i kreatywność. Przy wysokim poziomie kortyzolu mózg lepiej zapamiętuje informacje negatywne, a gorzej pozytywne. Stres sprawia, że świat wydaje się gorszy niż jest w rzeczywistości.

Estradiol – wpływa na sposób przetwarzania emocji i interpretowania bodźców społecznych poprzez oddziaływanie na poziom neuroprzekazników:

- **serotonina** – stabilizuje emocje, wpływa na poczucie spokoju, lepszą samoocenę i pozytywną interpretację relacji społecznych. Estrogeny mogą obniżać poziom serotoniny.
- **dopamina** – hormon motywacji i sensu, wpływa na to, co uznajemy za interesujące i jak bardzo coś nas motywuje. Ważna uwaga: nie sama nagroda podnosi dopaminę, ale **oczekiwanie na nagrodę** – dlatego planowanie, marzenia i wyznaczanie celów realnie zmieniają sposób postrzegania codzienności.
- **noradrenalina** – warunkuje odpowiednie pobudzenie organizmu i skupianie uwagi.

Wyższy poziom estrogenów sprzyja optymizmowi, otwartości i poczuciu energii. Spadek estrogenów (przed miesiączką lub w menopauzie) zwiększa drażliwość, powoduje smutek i większą reaktywność emocjonalną.

Oksytocyna – wzmacnia poczucie bliskości, empatię i zaufanie do innych. Kojarzona z laktacją i akcją porodową, ale pełni też ważną rolę społeczną.

Burza hormonalna w okresie dojrzewania – gwałtowna zmiana gospodarki hormonalnej sprawia, że młodzież może być poddawana bardzo silnym, zmiennym nastrojom i intensywnie przeżywać różne wydarzenia.

6. Drogi swoiste i nieswoiste – odbiór czucia

Charakterystyka układów swoistych

Układy swoiste charakteryzują się:

- **bardzo szybkim** przetwarzaniem i przekazywaniem informacji
- **małą liczbą neuronów o długich wypustkach** – droga swoista składa się zaledwie z kilku neuronów (np. 4 neurony dla bólu i dotyku, 5 neuronów dla drogi wzrokowej)
- **precyzyjną lokalizacją bodźca** – układ swoisty dokładnie określa, gdzie zadziałał bodziec
- **przekazem konkretnych, specyficznych informacji** o rodzaju bodźca

Analogia: układ swoisty działa jak kurier, który dostarcza paczkę dokładnie pod wskazany adres.

Drogi swoiste dla różnych rodzajów czucia

Ból i temperatura – droga rdzeniowo-wzgórzowo-boczna (w powrózku bocznym rdzenia kręgowego):

1. Receptor bólowy → pobudzenie
2. Neuron czuciowy I rzędu (ciało w zwoju rdzeniowym) → wejście do rogów tylnych rdzenia kręgowego
3. Neuron czuciowy II rzędu (ciało w rogach tylnych) → akson przechodzi na drugą stronę rdzenia i wstępuje w powrózek boczny do wzgórza
4. Neuron czuciowy III rzędu (ciało we wzgórzu) → akson do kory czuciowej

5. Neuron korowy (IV neuron)

Łącznie: **4 neurony** w drodze swoistej dla bólu.

Dotyk nieprecyzyjny i ucisk – droga rdzeniowo-wzgórzowo-przednia (w powroźku przednim), również biegnie do wzgórza.

Dotyk precyzyjny i propriocepcja – nie wchodzi do rogów tylnych rdzenia kręgowego, lecz biegnie przez **pęczek smukły** lub **pęczek klinowaty** bezpośrednio do rdzenia przedłużonego, gdzie przełącza się w jądrze smukłym lub klinowatym, a następnie wstępuje w **stęgę przyśrodkową** do wzgórza.

Wzgórze jako stacja przekaźnikowa – wszystkie drogi swoiste prowadzą do wzgórza. Wzgórze jest stacją przesiadkową dla różnych rodzajów czucia, skąd informacja jest przekazywana do odpowiednich obszarów kory mózgowej.

Droga wzrokowa – 5 neuronów

Droga wzrokowa jest przykładem drogi swoistej składającej się z 5 neuronów:

1. **Neuron I** – czopki i pręciki (receptory w siatkówce)
2. **Neuron II** – komórki dwubiegunowe (w siatkówce)
3. **Neuron III** – komórki zwojowe (w siatkówce); ich aksony tworzą nerw wzrokowy
4. **Neuron IV** – ciało w ciałach kolankowatych bocznych (międzymózgowie)
5. **Neuron V** – ciało w korze potylicznej

Trzy pierwsze neurony mieszczą się na terenie samej siatkówki. W miejscu zwanym **skrzyżowaniem wzrokowym** następuje częściowe skrzyżowanie włókien nerwu wzrokowego.

Analiza obrazu nie kończy się na korze potylicznej (pierwszorzędowa kora wzrokowa). Dalsze, bardziej szczegółowe przetwarzanie odbywa się w:

- **okolicy ciemieniowej** – integracja ruchu z widzeniem, lokalizacja przedmiotów w otoczeniu
- **okolicy skroniowej** – percepcja ruchu, barwy, jasności, analiza złożonych kształtów

Charakterystyka układów nieswoistych

Układy nieswoiste to przede wszystkim **układ siatkowaty** (twór siatkowaty pnia mózgu). Charakteryzują się:

- **dużą liczbą neuronów** – setki neuronów przekazujących informacje z jednego na drugi
- **niespecyficznym charakterem** – nie lokalizują precyzyjnie bodźca, nie rozpoznają jego rodzaju
- **ogólnym pobudzeniem kory mózgowej** – odpowiadają za stan czuwania, czujność, uwagę
- **zachowaniem przekazu nawet we śnie i w głębokiej narkozie** – drogi swoiste działają, ale przekaz przez drogi nieswoiste jest zniesiony

Analogia: układ nieswoisty działa jak megafon, który przekazuje ogólne informacje o stanie pobudzenia organizmu.

Współdziałanie układów swoistych i nieswoistych

Prawidłowy odbiór bodźców (np. bólu) wymaga współdziałania obu układów:

- **układ swoisty** – precyzyjnie lokalizuje ból (np. „boli mnie palec wskazujący prawej ręki”), rozpoznaje rodzaj bodźca
- **układ nieswoisty** – sygnalizuje, że dzieje się coś ważnego i należy reagować, utrzymuje czujność

Jeśli układ siatkowaty jest aktywny, ból jest silny i trudny do zignorowania. Jeśli zostanie zahamowany (np. przez narkozę), ból może nadal być przewodzony drogami swoistymi, ale nie trafia do świadomości, nie budzi ze snu, nie wywołuje reakcji obronnej.

7. Podstawy fizjologii układu hormonalnego – mechanizmy działania hormonów

Porównanie układu nerwowego i hormonalnego

Cecha	Układ nerwowy	Układ hormonalny
Szybkość działania	Milisekundy	Sekundy, minuty, godziny, dni
Zasięg działania	Konkretne komórki	Wszystkie komórki (z receptorami)
Czas trwania efektu	Jak długo trwa pobudzenie	Długo, po ustaniu bodźca
Charakter przekazu	Elektryczny (potencjał czynnościowy)	Chemiczny (hormon we krwi)

Definicja i cechy hormonów

Hormony to związki chemiczne wydzielane przez gruczoły lub tkanki układu hormonalnego, pełniące funkcję regulacyjną. Charakteryzują się:

- **okresem utajonego pobudzenia** – brak natychmiastowej reakcji (od sekund do dni)
- **działaniem przy bardzo niskich stężeniach** – nawet do 10 do potęgi minus 12 mola na liter
- **zapewnianiem homeostazy** – poprzez procesy regulowane na zasadzie sprzężeń zwrotnych (zwykle ujemnych)
- **kontrolą procesów metabolicznych** – głównie poprzez zmianę aktywności enzymów lub zwiększenie ich stężenia

Ważna zasada: **jeden proces może być regulowany przez wiele różnych hormonów, a jeden hormon może wpływać na wiele różnych procesów.**

Przykład 1 (wiele hormonów → jeden proces): lipoliza tkanki tłuszczowej jest regulowana przez aminy katecholowe (adrenalina, noradrenalina), glukagon, prolaktynę, beta-lipotropinę i sekretynę.

Przykład 2 (jeden hormon → wiele procesów): estradiol wpływa na jajniki, macicę, gruczoł sutkowy, spermatogenezę i oś podwzgórzowo-przysadkowo-gonadalną.

Mechanizmy działania hormonów

Mechanizm endokrynnny – klasyczny mechanizm: komórki gruczołów wydzielania wewnętrznego wydzielają hormon do krwi, skąd dociera do komórek docelowych w całym organizmie. Warunek działania: komórka musi posiadać receptor dla danego hormonu.

Mechanizm autokrynnny – hormon działa na tę samą komórkę, która go wyprodukowała. Przykład: insulina wiąże się z receptorami insulinowymi na powierzchni tej samej komórki beta trzustki, która ją wydzieliła. Efekty: regulacja dalszego wydzielania insuliny, wpływ na przeżycie komórki, metabolizm glukozy, syntezę insuliny. Jest to lokalny mechanizm sprzężenia zwrotnego.

Mechanizm parakrynnny – substancja sygnałowa działa na komórki sąsiednie w tej samej tkance. Brak wydzielania do krwi, działanie lokalne i szybkie. Przykłady: hormony żołądkowo-jelitowe:

- **gastryna** – regulacja wydzielania kwasu solnego
- **sekretyna** – produkowana przez komórki S dwunastnicy, pobudzana przez kwaśną treść pokarmową; pobudza wydzielanie wodorowęglanów przez trzustkę, zwiększa wydzielanie żółci bogatej w wodorowęglany, hamuje wydzielanie kwasu solnego w żołądku
- **cholecystokinina** – produkowana w komórkach dwunastnicy i jelita czczego, pobudzana przez tłuszcze i produkty trawienia białek; pobudza wydzielanie enzymów trzustkowych, ułatwia trawienie i wchłanianie tłuszczu

Mechanizm neurokrynnny – neuron produkuje związki aktywne o charakterze hormonalnym i wydziela je do krwi. Przykłady: hormony produkowane przez podwzgórze (wazopresyna, oksytocyna) wydzielane do krwi przez tylny płat przysadki mózgowej.

Mechanizm mezokrynnny – substancja sygnałowa działa lokalnie w obrębie tego samego narządu lub układu, ale na większą odległość niż w mechanizmie parakrynnnym, bez udziału krążenia ogólnego. Odbywa się przez płyny tkankowe lub krążenie wrotne. Przykład: interakcja między podwzgórzem a przysadką mózgową – **liberyny** (pobudzające) i **statyny** (hamujące) wydzielane przez podwzgórze docierają krwią wrotną do przedniego płata przysadki i działają tylko w obrębie tego układu.

Podział hormonów ze względu na miejsce i zakres działania

Hormony miejscowe (autokoidy) – działają lokalnie: prostaglandyny, histamina, serotonina, acetylocholina.

Hormony tkankowe – produkowane w różnych układach, niekoniecznie związanych z układem hormonalnym:

- hormony żołądkowo-jelitowe: gastryna, cholecystokinina, sekretyna
- hormony układu wydalniczego: renina, erytropoetyna
- **przedsionkowy czynnik natriuretyczny (ANP)** – produkowany przez przedsionki serca
- **renina** – produkowana przez aparat przykłębuszkowy nerek; aktywuje angiotensynogen (produkowany w wątrobie) → angiotensyna I → angiotensyna II (w płucach) → stymulacja kory nadnerczy do produkcji aldosteronu → zwiększona resorpcja sodu i wody → wzrost objętości i ciśnienia krwi

Hormony o działaniu ogólnym – klasyczne hormony gruczołów wydzielania wewnętrznego: hormony przysadki, nadnerczy, tarczycy, trzustki, jajników, jąder, łożyska.

Podział hormonów ze względu na budowę chemiczną

Hormony białkowe i aminokwasowe:

- oligopeptydy (do 10 aminokwasów): wazopresyna, oksytocyna
- polipeptydy (11–100 aminokwasów): ACTH (39 aminokwasów)
- białka (powyżej 100 aminokwasów): prolaktyna (199 aa), hormon wzrostu (191 aa), FSH (207 aa)
- pochodne aminokwasów: adrenalina, noradrenalina, dopamina, T3 (trójiodotyronina), T4 (tyroksyna)

Hormony sterydowe – pochodne cholesterolu: estradiol, progesteron, testosteron, aldosteron, kortyzol.

Mechanizm działania hormonów białkowych – drugi przekaźnik

Hormony białkowe **nie mogą wnikać do wnętrza komórki** (błona komórkowa jest barierą dla związków hydrofilnych). Dlatego ich receptor znajduje się na **powierzchni błony komórkowej**. Mechanizm działania:

1. Hormon wiąże się z receptorem błonowym → powstaje kompleks hormon-receptor
2. Aktywacja **białek G** w błonie komórkowej (podjednostka alfa)
3. Aktywacja enzymu **cyklazy adenylowej**
4. Cyklaza adenylowa katalizuje przekształcenie ATP w **cykliczny AMP (cAMP)** – drugi przekaźnik
5. cAMP aktywuje **kinazy białkowe** i inne enzymy
6. Enzymy wywołują efekty fizjologiczne w komórce

Innymi drugimi przekaźnikami mogą być: jony wapniowe (Ca²⁺), cGMP (cykliczny guanozynomonofosforan).

Mechanizm działania hormonów sterydowych – receptor jądrowy

Hormony sterydowe są **lipofilne** (tłuszczowe), dlatego **łatwo przenikają przez błonę komórkową** do wnętrza komórki. Ich receptor znajduje się w **cytoplaźmie lub jądrze komórkowym**. Mechanizm działania:

1. Hormon wnika do komórki
2. Łączy się z receptorem jądrowym → kompleks hormon-receptor
3. Kompleks wpływa na proces **transkrypcji** – przepisywanie informacji genetycznej z DNA na mRNA
4. mRNA przechodzi do rybosomów
5. Synteza białek enzymatycznych
6. Enzymy wywołują efekty fizjologiczne

Wyjątek: hormony tarczycy

Trójiodotyronina (T3) i tyroksyna (T4), pomimo swojej aminokwasowej natury chemicznej, **mają zdolność przenikania do wnętrza komórki** i działają według mechanizmu hormonów sterydowych (receptor jądrowy). Tyroksyna po dejodynacji przekształca się w trójiodotyroninę.

Efekty wewnątrzkomórkowe hormonów tarczycy:

- podniesienie liczby mitochondriów
- zwiększenie aktywności enzymów łańcucha oddechowego
- zwiększenie aktywności pompy sodowo-potasowej (ATPazy Na⁺/K⁺)
- wzrost aktywności enzymów metabolizmu wewnątrzkomórkowego

Efekty ogólnoustrojowe: prawidłowy wzrost i rozwój organizmu, wpływ na układ kostny, OUN, wentylację, pracę serca (zwiększenie objętości wyrzutowej i pojemności minutowej), produkcję moczu.

8. Regulacja wydzielania hormonów – sprzężenia zwrotne i oś podwzgórzowo-przysadkowa

Trzy typy regulacji wydzielania hormonów

Wydzielanie gruczołów wydzielania wewnętrznego jest kontrolowane przez trzy mechanizmy: regulację nerwową, regulację hormonalną i regulację metaboliczną.

Regulacja nerwowa

Odbywa się za pośrednictwem układu autonomicznego. Najważniejszy przykład: **rdzeń nadnerczy** – unerwiony wyłącznie przez układ współczulny, działa jak zmodyfikowany zwój współczulny. Pod wpływem pobudzenia współczulnego wydziela **adrenalinę** (w większej ilości) i **noradrenalinę**.

Porównanie efektów adrenaliny i noradrenaliny:

- na serce: silniejszy efekt adrenaliny
- na naczynia krwionośne i ciśnienie krwi: silniejszy efekt noradrenaliny

- na podstawową przemianę materii: podobny efekt obu hormonów
- na układ oddechowy, jelita, wątrobę, układ nerwowy, lipolizę, nerki: oba hormony działają pobudzająco, ale z różną intensywnością

Inny przykład regulacji nerwowej: **podwzgórze** jako narząd neurosekrecji. Jądro przykomorowe i jądro nadwzrokowe produkują oksytocynę, wazopresynę, liberyny i statyny.

Oksytocyna – mechanizm wydzielania mleka

Oksytocyna jest produkowana w podwzgórzu i wydzielana przez tylny płat przysadki mózgowej. Mechanizm opróżniania gruczołów mleknych:

1. Drażnienie receptorów brodawki sutkowej
2. Informacja drogą aferentną (przez rdzeń kręgowy) do podwzgórza
3. Wydzielanie oksytocyny z jądra przykomorowego
4. Transport aksonalny do tylnego płata przysadki mózgowej
5. Uwolnienie do sieci kapilar przysadki
6. Transport krwią do gruczołu mlekowego
7. Skurcz elementów mioepitelialnych otaczających pęcherzyki sekrecyjne i przewody wyprowadzające → wydalanie mleka

Ważne: oksytocyna **nie wpływa na produkcję mleka** (to zadanie prolaktyny), tylko na **wydalanie mleka**.

Wazopresyna (hormon antydiuretyczny, ADH)

Wazopresyna jest produkowana w podwzgórzu i wydzielana przez tylny płat przysadki mózgowej. Działa na **kanaliki zbiorcze nefronu**, hamując usuwanie wody z organizmu.

Czynniki pobudzające wydzielanie wazopresyny:

- wzrost osmolarności płynów ustrojowych
- zmniejszenie objętości krwi
- zmniejszenie ciśnienia tętniczego
- angiotensyna II
- ból, stres, wymioty

Czynniki hamujące wydzielanie wazopresyny:

- zmniejszona osmolarność płynów ustrojowych
- zwiększona objętość krwi
- zwiększone ciśnienie tętnicze
- przedsionkowy peptyd natriuretyczny (ANP)
- alkohol

Regulacja hormonalna – hormony tropowe przysadki mózgowej

Hormony tropowe to hormony, które oddziałują na inne gruczoły wydzielania wewnętrznego, stymulując je do produkcji hormonów docelowych.

Hormony produkowane w **przednim płacie przysadki mózgowej**:

- **TSH** (hormon tyreotropowy) → stymuluje tarczycę → produkcja T3 i T4
- **ACTH** (hormon adrenokortykotropowy) → stymuluje korę nadnerczy → produkcja kortyzolu, aldosteronu, androgenów
- **FSH** (hormon folikulotropowy) i **LH** (hormon luteinizujący) → gonadotropiny → stymulują jajniki (estrogeny, progesteron) lub jądra (testosteron)
- **Prolaktyna** → gruczoł mlekowy → produkcja mleka
- **Hormon wzrostu (GH)** → różne tkanki (kostne, mięśniowe, tłuszczowa) → wzrost i rozwój organizmu

Oś podwzgórzowo-przysadkowa i regulacja mezoakryna

Podwzgórze produkuje **liberyny** (pobudzające) i **statyny** (hamujące), które docierają krwią wrotną do przedniego płata przysadki i regulują wydzielanie hormonów tropowych:

- **tyreoliberyna (TRH)** → stymuluje wydzielanie TSH
- **adrenokortykoliberyna (CRH)** → stymuluje wydzielanie ACTH
- **gonadoliberyna (GnRH)** → stymuluje wydzielanie FSH i LH

Regulacja na zasadzie ujemnych sprzężeń zwrotnych

Mechanizm regulacji:

1. Podwzgórze wydziela liberyny → stymulacja przysadki
2. Przysadka wydziela hormony tropowe → stymulacja gruczołów docelowych
3. Gruczoły docelowe wydzielają hormony docelowe → wzrost ich stężenia we krwi
4. Wysokie stężenie hormonów docelowych → **hamowanie podwzgórza** (zmniejszenie wydzielania liberyn)
5. Zmniejszenie wydzielania hormonów tropowych → zmniejszenie produkcji hormonów docelowych
6. Spadek stężenia hormonów docelowych → ponowna stymulacja podwzgórza

Ten mechanizm ujemnego sprzężenia zwrotnego zapewnia utrzymanie stałego poziomu hormonów we krwi.

Hormon wzrostu – dodatkowe informacje

Stężenie hormonu wzrostu osiąga szczyt w nocy, podczas snu. Działa na tkanki bezpośrednio lub pośrednio poprzez **somatomedyny** produkowane w wątrobie. Wpływa na syntezę białek, metabolizm tłuszczu i węglowodanów oraz gospodarkę minerałami. Działa **antagonistycznie względem insuliny** – warto zapamiętać.

Przedsionkowy peptyd natriuretyczny (ANP) – regulacja ciśnienia krwi

ANP jest produkowany przez przedsionki serca w odpowiedzi na podrażnienie baro- i mechanoreceptorów serca (np. przy podwyższonym ciśnieniu tętniczym lub zwiększonej objętości krwi). Efekty:

- zmniejszenie wydzielania reniny
- obniżenie poziomu aldosteronu
- zwiększone wydalenie wody i chlorku sodu przez nerki
- obniżenie objętości i ciśnienia krwi

9. Hormony kory nadnerczy – kortyzol, androgeny i mineralokortykoidy

Trzy grupy hormonów kory nadnerczy

Kora nadnerczy, stymulowana przez ACTH, produkuje trzy grupy hormonów sterydowych:

1. **Glikokortykoidy** – główny przedstawiciel: **kortyzol**
2. **Androgeny nadnerczowe** – działanie podobne do testosteronu; prekursor estrogenów u kobiet po menopauzie
3. **Mineralokortykoidy** – główny przedstawiciel: **aldosteron**

Kortyzol – fizjologiczne działanie

Kortyzol jest podstawowym hormonem stresu, wydzielanym pod wpływem ACTH. Jego wydzielanie jest stymulowane przez stres, strach i inne sytuacje stresowe poprzez oś: podwzgórze (kortykoliberyna) → przysadka (ACTH) → kora nadnerczy (kortyzol).

Efekty metaboliczne kortyzolu:

- nasila glukoneogenezę (produkcję glukozy z nieglukozowych substratów)
- może powodować spadek masy mięśniowej
- wywołuje hiperglikemię
- zmniejsza wrażliwość komórek na działanie insuliny
- może powodować osteoporozę przy długotrwałym nadmiarze

Działanie przeciwzapalne:

- zmniejsza produkcję interleukin
- zwiększa aktywność fagocytarną neutrofilów

Kortyzol a przewlekły stres – negatywne skutki

Krótkotrwałe działanie kortyzolu jest fizjologiczne i korzystne. Natomiast **długotrwałe wysokie stężenie kortyzolu** (przewlekły stres) wywiera bardzo niekorzystne skutki:

- **Wpływ na pamięć i emocje:** może powodować **atrofię hipokampa** (zanik struktury odpowiedzialnej za pamięć i uczenie się), co wyjaśnia, dlaczego przewlekły stres utrudnia koncentrację i zapamiętywanie nowych informacji
- **Odkładanie tłuszczu:** sprzyja odkładaniu tłuszczu w okolicy brzucha; otyłość brzuszna jest szczególnie groźna, bo tkanka tłuszczowa brzuszna uwalnia więcej czynników prozapalnych, zwiększając ryzyko chorób sercowo-naczyniowych i cukrzycy typu 2

- **Oslabienie odporności:** obniża aktywność limfocytów i produkcję cytokin, przez co organizm staje się podatny na infekcje, a gojenie ran jest wolniejsze
- **Wpływ na neuroprzekaźniki:** obniża poziom serotoniny, dopaminy i noradrenaliny, co może prowadzić do objawów depresyjnych i lękowych

DHEAS – antagonistą kortyzolu

Dehydroepiandrosteron siarczan (DHEAS) jest produkowany w korze nadnerczy i pełni rolę równoważącą działanie kortyzolu. Wykazuje:

- silne działanie neuroprotekcyjne
- działanie immunomodulujące
- działanie przeciwzapalne
- działanie antydepresyjne i przeciwłkowe
- poprawę funkcji poznawczych (koncentracja, pamięć)
- ochronę przed neurotoksycznym działaniem przewlekłego stresu i kortyzolu

Androgeny nadnerczowe

Androgeny nadnerczowe są produkowane w strefie siatkowatej kory nadnerczy pod wpływem ACTH. Ich działanie:

- pobudzają proliferację komórek i dojrzewanie tkanek
- stymulują biosyntezę białka (działanie anaboliczne)
- w okresie dojrzewania: obniżenie brzmienia głosu, owłosienie klatki piersiowej, pach i wzgórka łonowego, rozwój trądziku, zwiększenie aktywności gruczołów łojowych, łysienie

Proces ten nazywa się **adrenarchą** i zachodzi u obu płci, poprzedzając pełne dojrzewanie gonadalne.

U kobiet nadmierne wytwarzanie androgenów nadnerczowych (np. w menopauzie) może prowadzić do **wirylizmu** – pojawienia się cech męskich: zarostu na brodzie, pogłębienia głosu, łysienia.

Aldosteron – mineralokortykoid

Aldosteron jest produkowany w strefie kłębkowatej kory nadnerczy. Jego główna funkcja to regulacja gospodarki wodno-elektrolitowej:

- zwiększa resorpcję zwrotną sodu z moczu pierwotnego
- zwiększa wydalanie potasu
- zatrzymuje wodę w organizmie
- podnosi objętość i ciśnienie krwi

Wydzielanie aldosteronu jest stymulowane przez angiotenzynę II (w ramach układu renina-angiotensyna-aldosteron).

10. Regulacja dojrzewania płciowego – gonadotropiny i hormony płciowe

Oś podwzgórzowo-przysadkowo-gonadalną

Dojrzewanie płciowe jest inicjowane przez wyższe ośrodki mózgowe i przebiega według następującego schematu:

1. **Podwzgórze** wydziela **gonadoliberynę (GnRH)**
2. GnRH stymuluje **przedni płat przysadki** do wydzielania gonadotropin: **FSH i LH**
3. Równolegle przysadka wydziela **prolaktynę** (wpływ na rozwój gruczołów sutkowych) i **ACTH** (stymulacja kory nadnerczy)
4. ACTH stymuluje **strefę siatkowatą kory nadnerczy** do produkcji androgenów nadnerczowych (**adrenarcha**)
5. FSH i LH działają na gonady (jajniki lub jądra)

Dojrzewanie płciowe u kobiet

Rola FSH:

- stymuluje komórki warstwy ziarnistej pęcherzyka jajnikowego do przekształcania androgenów w estrogeny

Rola LH:

- pobudza komórki osłonki wewnętrznej pęcherzyka jajnikowego (teka interna) do produkcji androgenów

Efekty estrogenów:

- rozwój gruczołów sutkowych
- powiększenie macicy
- rogowacenie nabłonka pochwy
- zmiana sylwetki ciała (redystrybucja tkanki tłuszczowej)
- przyspieszenie wzrostu części przynasadowych kości długich

W dalszym etapie dojrzewania pojawia się **menarche** (pierwsza miesiączka), a cykliczna aktywność jajników prowadzi do produkcji progesteronu.

Dojrzewanie płciowe u mężczyzn**Rola LH:**

- działa na **komórki Leydiga** w jądrach → produkcja **testosteronu**

Rola FSH:

- wpływa na **komórki Sertoliego** → odpowiedzialne za produkcję plemników (spermatogeneza)
- testosteron (poprzez LH) pośrednio wpływa na produkcję plemników

Efekty testosteronu:

- rozwój narządów płciowych wewnętrznych i zewnętrznych
- powiększenie prącia, prostaty, pęcherzyków nasiennych
- rozwój mięśni szkieletowych
- obniżenie barwy głosu (zmiany w krtani)
- pojawienie się owłosienia na twarzy, w okolicach pach i łonowej
- łysienie androgenowe

Adrenarcha

Adrenarcha to proces produkcji androgenów przez korę nadnerczy, zachodzący u obu płci przed pełnym dojrzewaniem gonadalnym. Androgeny nadnerczowe odpowiadają za:

- pojawienie się owłosienia pachowego i łonowego
- rozwój trądziku
- zwiększenie aktywności gruczołów łojowych

— KONIEC —