

ANATOMIA I FIZJOLOGIA UKŁADU NERWOWEGO

PROGRAM I TEMATYKA WYKŁADÓW

- Podstawy rozwoju układu nerwowego. Podstawy organizacji ośrodkowego i obwodowego układu nerwowego.
- Struktura, organizacja neuronalna i rola rdzenia kręgowego. Drogi wstępujące i zstępujące rdzenia kręgowego.
- Zwoje nerwowe. Nerwy rdzeniowe.
- Struktura, organizacja neuronalna i rola pnia mózgu. Rola tworu siatkowatego. Nerwy czaszkowe.
- Struktura, organizacja neuronalna i połączenia mózdzku. Rola mózdzku w procesach ruchowych.
- Struktura, organizacja neuronalna i połączenia międzymózgowia. Rola wzgórza i podwzgórza.
- Struktura, organizacja neuronalna i połączenia kresomózgowia. Rola jąder podstawnych.
- Struktura, cytoarchitektonika i połączenia kory mózgu. Pola projekcyjne. Organizacja czynnościowa kory mózgu. Układ limbiczny.
- Morfologia i czynność neuronu, potencjał spoczynkowy i czynnościowy, przewodnictwo we włóknach nerwowych.
- Tkanka glejowa i osłonki mielinowe.
- Struktura i czynność synapsy. Receptory błonowe i neurotransmitery.
- Sieci neuronalne i kod nerwowy.
- Czucie proprioceptywne (receptory mięśniowe, stawowe i narząd równowagi).
- Przekazywanie wrażeń czuciowych do ośrodków korowych, wybrane drogi wstępujące i ośrodki związane z przekazywaniem informacji czuciowej.
- Odruchy rdzeniowe. Struktura łuku odruchowego.
- Motoneurony i interneurony rdzenia kręgowego. Udział ośrodkowego układu nerwowego w programowaniu ruchów dowolnych

PROGRAM ĆWICZEŃ I ZAKRES TEMATYCZNY ZALICZENIA

ćw. 1. Podstawy organizacji ośrodkowego i obwodowego układu nerwowego

- rozwój układu nerwowego
- pozycja anatomiczna, płaszczyzny, osie, kierunki
- podział anatomiczny układu nerwowego
- podział czynnościowy układu nerwowego

modele anatomiczne

- rozpoznawanie poszczególnych części OUN
- porównanie mózgowia różnych gatunków ssaków (szczur, królik, kot): proporcje półkul mózgu, mózdzku, pnia mózgu i rdzenia kręgowego, wielkość i pofałdowanie kory mózgu, nerwy rdzeniowe

ćw. 2. Budowa i zróżnicowanie morfologiczne neuronów w różnych strukturach ośrodkowego układu nerwowego, obserwacje mikroskopowe.

- budowa komórki nerwowej, ze szczególnym uwzględnieniem błony komórkowej
- typy neuronów
- komórki glejowe

preparaty mikroskopowe

- rozpoznawanie komórek nerwowych

- rozpoznawanie istoty szarej i białej
- zróżnicowanie wielkości i kształtu neuronów
- perikarion i dendryty
- struktury neuronu
- skupiska neuronów: jądra ruchowe, jądra pnia mózgu
- ułożenie warstwowe neuronów w korze mózdzku i korze mózgu

ćw. 3. Obwodowy i autonomiczny układ nerwowy

- budowa nerwu
- podział włókien nerwowych
- zwoje nerwowe
- sploty nerwowe
- nerwy rdzeniowe
- nerwy czaszkowe
- podział i organizacja autonomicznego układu nerwowego
- część współczulna autonomicznego układu nerwowego
- część przywspółczulna autonomicznego układu nerwowego
- układ enteryczny
- działanie antagonistyczne części współczulnej i przywspółczulnej autonomicznego układu nerwowego

preparaty mikroskopowe

- nerw obwodowy – przekrój podłużny i poprzeczny
- nerw wzrokowy
- zwój współczulny
- zwój rdzeniowy

ćw. 4. Rdzeń kręgowy

- położenie i budowa zewnętrzna rdzenia kręgowego
- opony rdzenia kręgowego
- płyn mózgowo-rdzeniowy
- budowa wewnętrzna rdzenia kręgowego
- istota biała i istota szara
- komórki nerwowe rogu tylnego, istoty pośredniej i rogu przedniego
- ośrodki autonomiczne w rdzeniu kręgowym
- wybrane drogi wstępujące (czuciowe) rdzenia kręgowego: droga rdzeniowo-wzgórzowa boczna i przednia, droga rdzeniowo-opuszkowa (pęczek smukły i klinowaty), droga rdzeniowo-mózdkowa przednia i tylna
- wybrane drogi zstępujące (ruchowe) rdzenia kręgowego: droga korowo-rdzeniowa, droga czerwienno-rdzeniowa, droga przedsionkowo-rdzeniowa przyśrodkowa i boczna
- znaczenie rdzenia kręgowego dla ruchu

preparaty mikroskopowe:

- kształt rdzenia na przekroju poprzecznym: szczeliny i bruzdy, pola korzeniowe, kanał środkowy rdzenia
- istota szara: rogi przednie, rogi tylne, istota szara pośrednia
- istota biała: sznury przednie, boczne i tylne
- rozpoznawanie komórek nerwowych w rogach przednich: jądra ruchowe, motoneurony – wielkość, kształt, organelle wewnątrzkomórkowe
- rozpoznawanie komórek nerwowych w rogach tylnych: warstwowe ułożenie komórek, komórki informacyjne – wielkość, kształt
- rozpoznawanie komórek nerwowych w istocie szarej pośredniej: interneurony
- porównanie wielkości i kształtu poszczególnych części istoty szarej i białej w różnych odcinkach rdzenia
- obserwacja włókien w istocie białej: sznury przednie, boczne i tylne, pęczek smukły i

klinowaty, drogi nerwowe wstępujące i zstępujące, przekrój włókna nerwowego, osłonki mielinowe

ćw. 5. Pień mózgu i twór siatkowaty

- budowa zewnętrzna i wewnętrzna pnia mózgu (rdzeń przedłużony, most, śródmózgowie)
- nerwy czaszkowe i ich jądra ruchowe, czuciowe i autonomiczne
- jądro smukłe i klinowate, jądro dolne oliwki, jądro czerwienne oraz ich połączenia aferentne i eferentne
- twór siatkowaty pnia mózgu
- rola pnia mózgu w sterowaniu ruchem

preparaty mikroskopowe:

- rdzeń przedłużony: kształt rdzenia przedłużonego na przekroju poprzecznym, dno komory czwartej, piramidy, jądro grzbietowe n. błędnego (X), jądro n. podjęzykowego (XII), jądro klinowate, jądro siatkowate boczne, jądro dolne oliwki
- most: kształt mostu na przekroju poprzecznym, dno komory czwartej, konary środkowe mózdzku, drogi wstępujące i zstępujące, ciało czworoboczne i wstęga boczna, jądro n. odwodzącego (VI), jądra przedsionkowe (VIII), jądra mostu
- śródmózgowie: kształt śródmózgowia na przekroju poprzecznym, konary mózgu, wzgórki dolne, wodociąg mózgu, jądro n. okoruchowego (III), jądro czerwienne, istota czarna, twór siatkowaty, jądra szwu, istota szara okołowodociągowa

ćw. 6. Mózdzek

- budowa makroskopowa mózdzku
- budowa mikroskopowa mózdzku (struktura warstwowa kory, istota biała, włókna nerwowe, jądra mózdzku)
- połączenia mózdzku (drogi doprowadzające i odprowadzające związane z ruchem, szczególne znaczenie połączeń z narządem równowagi)
- funkcje i czynność mózdzku
- zaburzenia czynności motorycznych wynikające z uszkodzeń mózdzku

preparaty mikroskopowe:

- pofałdowanie powierzchni kory mózdzku – bruzdy i zakręty
- rozpoznawanie budowy warstwowej kory mózdzku
- zróżnicowanie wielkości, kształtu i ułożenia neuronów w korze mózdzku: warstwa drobinowa (komórki gwiaździste i koszyczkowe), warstwa zwojowa (komórki Purkiniego), warstwa ziarnista (komórki ziarniste i Golgiego)
- istota biała i jądra mózdzku
- rozpoznawanie komórek Purkiniego w korze mózdzku: ułożenie szeregowe, wielkość i kształt ciał komórkowych, rozgałęzienia drzewa dendrytycznego

ćw. 7. Międzymózgowie i kresomózgowie

- wzgórze: położenie i rola
- podwzgórze: położenie i rola
- budowa zewnętrzna półkul mózgu
- organizacja wewnętrzna półkul (kora mózgu, jądra podkorowe, istota biała, rodzaje włókien)
- budowa mikroskopowa kory nowej (neocortex)
- cytoarchitektonika kory ruchowej
- lokalizacja czynności w korze mózgu (pola rzutowania)
- korowe ośrodki ruchowe i programowanie ruchów dowolnych
- położenie i rola jąder podstawnych
- układ limbiczny
- kora kojarzeniowa i wyższe czynności nerwowe

model mózgowia

- obserwacja symetrycznej budowy OUN

- podział kory mózgu na płaty: płaty na powierzchniach zewnętrznych półkul, wyspa i płat limbiczny, szczeliny, bruzdy i zakręty półkul mózgu, rozpoznawanie pierwotnych pól ruchowych i czuciowych w korze mózgu
- rozpoznawanie jąder podstawnych
- istota biała półkul mózgu: włókna spoidłowe (ciało modelowate), włókna kojarzeniowe, włókna rzutowe
- komory mózgowia

preparaty mikroskopowe

- pofałdowanie powierzchni kory mózgu – bruzdy i zakręty
- zróżnicowanie wielkości, kształtu i ułożenia neuronów w korze mózgu: warstwa drobinowa (I), warstwy komórek ziarnistych (II i IV), warstwy komórek piramidowych (III i V), warstwa komórek wielokształtnych (VI)
- rozpoznawanie specyfiki budowy warstwowej kory ruchowej: kora bezzziarnista, komórki piramidowe olbrzymie (Betza)
- rozpoznawanie komórek piramidowych w korze mózgu: równoległe ułożenie, wielkość i kształt ciał komórkowych, dendryt szczytowy, rozgałęzienia drzewa dendrytycznego
- rozpoznawanie komórek ziarnistych i różnokształtnych w korze mózgu: wielkość i kształt ciał komórkowych, rozgałęzienia drzewa dendrytycznego

ćw. 8. KOLOKWIUM I

ćw. 9. Morfologiczne metody badania połączeń w układzie nerwowym.

- znaczniki enzymatyczne i ich zastosowanie w badaniu połączeń nerwowych
- znaczniki fluorescencyjne i ich zastosowanie w badaniu połączeń nerwowych
- metoda podwójnego znakowania neuronów
- mikroskopowa analiza miejsca podania znacznika i identyfikacja znakowanych neuronów w pniu mózgu

preparaty mikroskopowe:

- rozpoznawanie miejsca wstrzyknięcia znacznika w pniu mózgu
- identyfikacja znakowanych neuronów w korze mózdzku
- identyfikacja znakowanych neuronów w pniu mózgu
- identyfikacja znakowanych motoneuronów w rdzeniu kręgowym

ćw. 10. Zjawiska elektryczne w neuronie, obserwacje i pomiary zapisów potencjałów elektrycznych. Przewodnictwo we włóknach nerwowych, metody pomiaru prędkości przewodzenia.

- elektryczna polaryzacja błony komórkowej
- rozkład jonów wewnątrz i na zewnątrz komórki
- pojęcie, mechanizm działania i typy kanałów jonowych
- transport przez błonę komórkową
- pompa sodowo-potasowa
- potencjał czynnościowy: mechanizm powstawania, fazy, amplituda, czas trwania
- budowa osłonki mielinowej
- podział włókien nerwowych ze względu na grubość i osłonki
- przewodnictwo skokowe i ciągłe
- przewodnictwo antydromowe i ortodromowe
- rodzaje i budowa synaps
- mechanizm przewodnictwa synaptycznego
- opóźnienie synaptyczne
- neurotransmitery
- postsynaptyczne potencjały pobudzające (EPSP) i hamujące (IPSP)
- powstawanie potencjału czynnościowego w neuronie, rola wzgórka aksonu
- sumowanie czasowe i przestrzenne

- hamowanie i torowanie presynaptyczne
- dywergencja i konwergencja
- synapsy elektryczne

ćwiczenia

- obserwacje i pomiary z zapisów potencjałów czynnościowych: amplituda i czas trwania iglicy, parametry hiperpolaryzacyjnego potencjału następczego
- obserwacje i pomiary zapisów potencjałów postsynaptycznych z motoneuronów: amplituda i czas trwania EPSP, próg generowania potencjału czynnościowego
- obserwacje i pomiary rytmicznej aktywności motoneuronów: reobaza, minimalna i maksymalna częstotliwość wyładowań rytmicznych, dublety

ćw. 11. Zasady oceny funkcji narządów zmysłów: wyznaczanie pola recepcyjnego i progu pobudliwości receptorów. Budowa i czynność proprioceptorów.

- rodzaje receptorów i kodowanie informacji czuciowej
- czucie skórne
- budowa i czynność wrzeciona mięśniowego
- budowa i czynność receptora ścięgnistego
- narząd przedsionkowy: podstawy morfologiczne, znaczenie dla zachowania równowagi

preparaty mikroskopowe:

- wrzeciono mięśniowe

ćwiczenia

- wyznaczanie progu pobudliwości receptorów
- wyznaczanie pola recepcyjnego różnych obszarów skóry
- badanie czucia proprioceptywnego
- badanie czynności narządu równowagi

ćw. 12. Badanie odruchów rdzeniowych. Odruch miotatyczny. Odwrócony odruch na rozciąganie. Odruch zginania.

- struktura łuku odruchowego
- motoneurony i interneurony
- połączenia ośrodkowe włókien aferentnych Ia i II
- interneurony Ia hamujące
- odruch na rozciąganie
- połączenia ośrodkowe włókien aferentnych Ib
- interneurony Ib hamujące
- odwrócony odruch na rozciąganie
- odruch zginania
- udział odruchów rdzeniowych w ruchach dowolnych

ćwiczenia

- platforma wibracyjna
- badanie odruchów na rozciąganie, odwróconego odruchu na rozciąganie, odruchu cofania

ćw. 13. Struktura mięśni. Obserwacje mikroskopowe. Jednostki ruchowe: obserwacja zapisów sił skurczu, klasyfikacja.

- unerwienie motoryczne mięśni szkieletowych
- motoneurony
- synapsa nerwowo-mięśniowa (płytki motoryczne)
- morfologia włókien mięśniowych i ich zróżnicowanie
- ultrastruktura włókna mięśniowego, budowa sarkomeru
- molekularny mechanizm skurczu włókna mięśniowego
- przewodnictwo we włóknach mięśniowych
- fizjologia komórki mięśniowej

- dane morfologiczne o strukturze jednostek ruchowych
- podział jednostek ruchowych
- charakterystyka różnych typów jednostek
- test zmęczenia
- objaw ugięcia
- czynność jednostek w skurczu dowolnym, rekrutacja i dekrutacja
- zależność siły jednostek ruchowych od częstotliwości i wzoru pobudzeń

preparaty mikroskopowe:

- poprzeczne prążkowanie włókien mięśniowych, zróżnicowanie metaboliczne włókien mięśniowych, zróżnicowanie wielkości włókien mięśniowych, identyfikacja przedziałów mięśniowych

ćwiczenia

- metodyka badań izolowanych jednostek ruchowych
- zapoznanie się z funkcjami programu BIOLAB
- program BIOLAB: identyfikacja typów jednostek i obliczanie cech skurczu jednostek ruchowych S, FR i FF, wykreślanie krzywej siła-częstotliwość dla poszczególnych typów jednostek ruchowych, wyznaczanie optymalnego skurczu jednostki ruchowej, porównanie cech skurczu jednostek ruchowych tego samego mięśnia u różnych gatunków, porównanie efektów różnych wzorców pobudzenia jednostek ruchowych

ćw. 14. Elektromiografia. Rejestracja elektromiogramu podczas skurczu dowolnego.

Obserwacja drżenia fizjologicznego.

- zasady rekrutacji jednostek ruchowych
- potencjał czynnościowy pojedynczego włókna i jednostki ruchowej (MUAP): kształt, amplituda, czas trwania
- rodzaje elektrod stosowanych w EMG
- zasady przeprowadzenia badania EMG
- patologiczne potencjały czynnościowe
- zapis prosty i interferencyjny
- prawidłowy zapis elektromiograficzny
- uszkodzenie miogenne jednostek ruchowych: mechanizm uszkodzenia i obraz EMG
- uszkodzenie neurogenne jednostek ruchowych: mechanizm uszkodzenia i obraz EMG
- prawidłowy zapis elektromiograficzny
- zjawisko drżenia fizjologicznego

ćwiczenia

- program BIOLAB: korelacja cech skurczu i potencjałów czynnościowych jednostek ruchowych FF, FR i S
- wykonanie badania EMG
- obserwacja drżenia fizjologicznego mięśni zginaczy palców

ćw. 15. KOŁOKWIUM II

REGULAMIN ĆWICZEŃ

- Ćwiczenia odbywają się w **podgrupach**, w salach ćwiczeń **Zakładu Neurobiologii**, w kolejności ustalonej przed rozpoczęciem zajęć.
- **Obecność na ćwiczeniach jest obowiązkowa.** Limit dozwolonych nieobecności lub możliwość indywidualnych zasad zaliczenia przedmiotu określa Regulamin Studiów. Nie ma możliwości odrabiania ćwiczeń.
- Podstawą zaliczenia ćwiczeń w I terminie jest suma punktów uzyskana z dwóch kolokwίων. Z każdego kolokwium można uzyskać maksymalnie 10 punktów.

KOLOKWIUM I – 10 punktów

KOLOKWIUM II – 10 punktów

Suma punktów z dwóch kolokwίων przeliczana jest na ocenę końcową według zasad oceniania zawartych w Regulaminie Studiów:

< 50%	< 10 punktów - niedostateczny
50-59%	10 - 11 punktów - dostateczny
60-69%	12 – 13 punktów - dostateczny+
70-79%	14 – 15 punktów - dobry
80-89%	16 – 17 punktów - dobry+
90-100%	≥ 18 punktów bardzo dobry

- Przedmiot kończy się **egzaminem pisemnym**, którego zakres obejmuje treści wykładów i ćwiczeń.

ZAGADNIENIA EGZAMINACYJNE

1. Podstawowe etapy rozwoju układu nerwowego

- neurogeneza
- migracja
- apoptoza
- synaptogeneza i eliminacja synaps
- mielinizacja

2. Podział anatomiczny i czynnościowy układu nerwowego

3. Struktura rdzenia kręgowego

- podział ośrodkowego układu nerwowego
- budowa zewnętrzna rdzenia kręgowego, podział na odcinki i segmenty (neuromery)
- budowa wewnętrzna rdzenia kręgowego (ukształtowanie istoty szarej i białej)
- organizacja czynnościowa rdzenia kręgowego (transmisja informacji ruchowych i czuciowych, rola interneuronów)
- drogi wstępujące rdzenia (droga wstępująca sznura tylnego, droga rdzeniowo-wzgórzowa, drogi rdzeniowo-mózdkowe)
- drogi zstępujące rdzenia kręgowego drogi korowo-rdzeniowe (piramidowe), drogi z pnia mózgu do rdzenia (przedsionkowo-rdzeniowe, siatkowo-rdzeniowe, pokrywowo-rdzeniowe, czerwienno rdzeniowe)
- funkcje rdzenia kręgowego
- uszkodzenia rdzenia kręgowego oraz ich objawy

4. Struktura pnia mózgu. Nerwy czaszkowe

- budowa zewnętrzna i organizacja wewnętrzna rdzenia przedłużonego, mostu i śródmózgowia
- jądra czuciowe, ruchowe i autonomiczne nerwów czaszkowych w rdzeniu przedłużonym, moście i śródmózgowiu, przebieg i rola nerwów czaszkowych (I-XII)
- twór siatkowaty - budowa i funkcje
- znaczenie pnia mózgu w zachowaniu funkcji życiowych

5. Mózdżek: organizacja neuronalna i rola. Następstwa uszkodzeń mózdku

- położenie i budowa zewnętrzna mózdku: konary mózdku, robak i półkule, podział na płaty
- istota szara i biała mózdku: organizacja neuronalna kory mózdku, jądra mózdku
- drogi doprowadzające do mózdku, włókna pnące i włókna mszyste
- drogi odprowadzające z mózdku
- organizacja czynnościowa mózdku: mózdek przedsionkowy, rdzeniowy, korowy (mózgowy)
- funkcje mózdku: udział w kontroli postawy ciała, napięcia mięśniowego, precyzji i płynności ruchów, rola w powstawaniu pamięci ruchowej
- objawy kliniczne uszkodzeń mózdku: astazja, abazja, hypotonia, dysdiadochokineza, dysmetria, drżenie zamiarowe, mowa skandowana

6. Międzymózgowie

- wzgórzomózgowie, nadwzgórze, podwzgórze, niskowzgórze
- położenie i struktura wzgórza, organizacja funkcjonalna jąder wzgórza, rola wzgórza w przesyłaniu informacji do kory mózgu
- organizacja neuronalna podwzgórza (okolica wzrokowa, guzowa i suteczkowa)
- połączenia i rola podwzgórza
- funkcja hormonalna podwzgórza

7. Kresomózgowie. Jądra podstawne

- opony mózgowia
- struktura zewnętrzna półkul mózgu: powierzchnie, brzegi i bieguny
- istota szara półkul: bruzdy i zakręty
- istota biała półkul: włókna spoidłowe, kojarzeniowe i rzutowe; torebka wewnętrzna, torebka zewnętrzna i torebka ostatnia; promienistość wzgórza, promienistość wzrokowa, promienistość słuchowa
- jądra podstawne - podział, położenie, połączenia i rola
- następstwa uszkodzeń jąder podstawnych

8. Struktura i podział kory mózgu

- podział kory mózgu na płaty (czołowy, ciemieniowy, skroniowy, potyliczny, limbiczny i wyspa)

- pierwotne pola rzutowania w korze mózgu
- somatotopowa organizacja kory ruchowej i czuciowej (czucia somatycznego, wzrokowej i słuchowej)
- kora kojarzeniowa (pola kojarzeniowe kory mózgu), pole ruchowe i czuciowe mowy
- budowa warstwowa kory mózgu (kora nowa - neocortex, kora stara - archicortex i kora dawna - paleocortex), podział cytoarchitektoniczny kory mózgu
- struktura mikroskopowa i rodzaje komórek w korze mózgu
- układ limbiczny: struktura, połączenia i rola

9. Morfologia neuronu

- neuron jako podstawowa jednostka strukturalna i funkcjonalna układu nerwowego: morfologia (perikarion, dendryty, akson), ultrastruktura organelli komórkowych, struktura i rola błony komórkowej
- zróżnicowanie neuronów ze względu na budowę i funkcje

10. Elektrofizjologia neuronu

- pobudliwość i pobudzenie
- potencjał spoczynkowy i czynnościowy
- przewodnictwo nerwowe; budowa i rola osłonki mielinowej.

11. Typy i rola komórek glejowych

12. Synapsy

- struktura, zróżnicowanie i czynność synaps
- neurotransmitery i potencjały postsynaptyczne (EPSP i IPSP)
- integracja sygnałów nerwowych. Sumowanie czasowe i przestrzenne.
- sieci neuronalne; kod nerwowy

13. Receptory i odruchy rdzeniowe

- doktryna retikularna i neuronalna budowy układu nerwowego
- definicja i rodzaje receptorów
- transdukcja bodźca i kodowanie informacji czuciowej
- korowa reprezentacja czucia (czucia somatyczne, wzrok, słuch, węch, smak)
- nocyceptory i specyfika czucia bólu
- proprioceptory – położenie i rola (wrzeciona mięśniowe, receptory ścięgna Golgiego, receptory stawowe, receptor równowagi)
- łuk odruchowy
- przykłady i rola odruchów rdzeniowych

14. Struktura mięśni i jednostki ruchowe

- synapsa nerwowo-mięśniowa
- morfologia i zróżnicowanie włókien mięśniowych
- typy i zróżnicowanie jednostek ruchowych
- rekrutacja jednostek ruchowych

15. Programowanie ruchów

- motoneurony i interneurony rdzenia kręgowego
- lokomocja – rdzeniowy generator wzorca lokomocji
- rola kory mózgu, mózdzku i jąder podstawnych w programowaniu ruchów dowolnych

ZALECANE PODRĘCZNIKI

- J. Górski (red.) „Fizjologiczne podstawy wysiłku fizycznego”, PZWL 2021
Rozdział 1 - Piotr Krutki, Jan Celichowski „Układ nerwowy”
Rozdział 2 - Jan Celichowski „Układ mięśniowy”
- J. Górski (Red.) „Fizjologia człowieka”, PZWL 2015
- W.F. Ganong „Fizjologia”, PZWL 2017
- Konturek. „Fizjologia człowieka”, red. T. Brzozowski, Edra Urban & Partner, 2019
- K. Grottel, J. Celichowski „Organizacja mięśnia i sterowanie ruchem. Cz. I. Organizacja mięśnia”, AWF Poznań, 2000
- K. Grottel, P. Krutki „Organizacja mięśnia i sterowanie ruchem. Cz. II. Sterowanie ruchem”, PWN 1996
- A. Bochenek, M. Reicher „Anatomia człowieka. t.IV - Układ nerwowy ośrodkowy”, PZWL 2014
- O. Narkiewicz, J. Moryś „Neuroanatomia czynnościowa i kliniczna”, PZWL 2014
- F.H. Netter (J. Moryś, red.) „Atlas anatomii człowieka”, Edra Urban & Partner, Wrocław 2019
- Sobotta „Atlas anatomii człowieka”, Urban & Partner Wrocław 2012
- Longstaff „Krótkie wykłady. Neurobiologia” PWN 2013
- G.G. Matthews „Neurobiologia. Od cząsteczek i komórek do układów”, PZWL 2000
- Żołądź J.A. (red) “Muscle and Exercise Physiology”, Academic Press, Elsevier, 2019
Chapter 4 - Celichowski J., Krutki P. „Motor Units and Muscle Receptors”