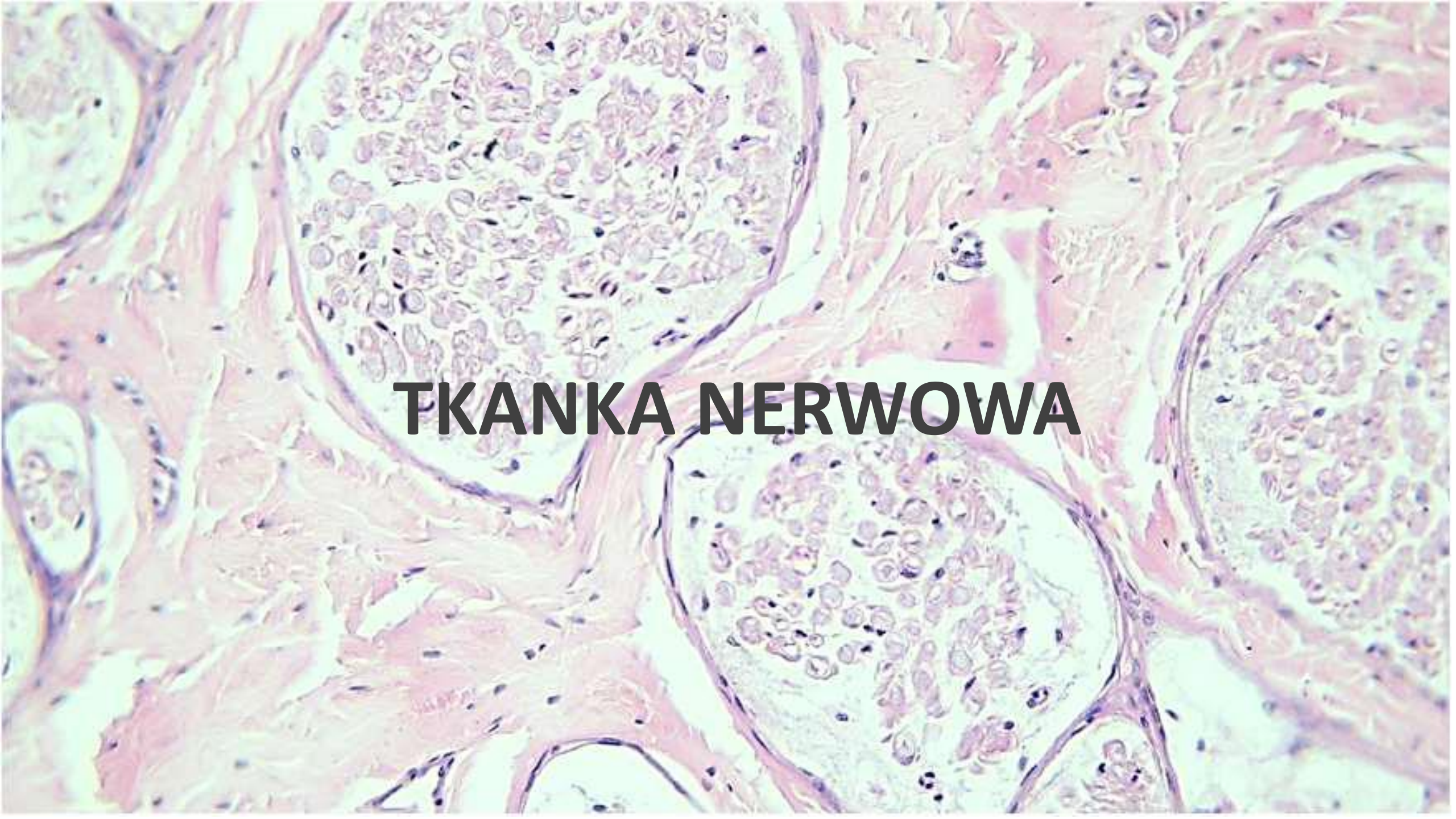




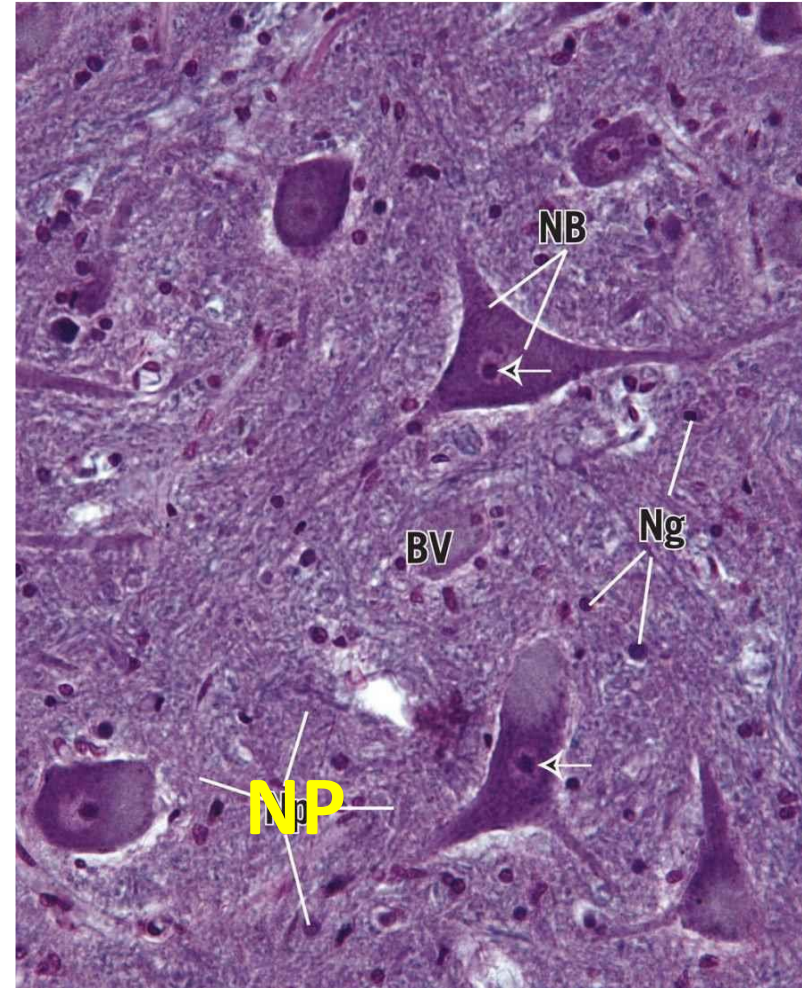
TKANKA NERWOWA

CHARAKTERYSTYKA TKANKI NERWOWEJ

Tkanka nerwowa zawiera bardzo małą ilość macierzy zewnątrzkomórkowej w stosunku do liczby komórek

Funkcje podporowe względem komórek pełnione są przez wypustki komórek tkanki nerwowej tworzące **neuropil** – wypełnia on przestrzeń pomiędzy komórkami tkanki nerwowej

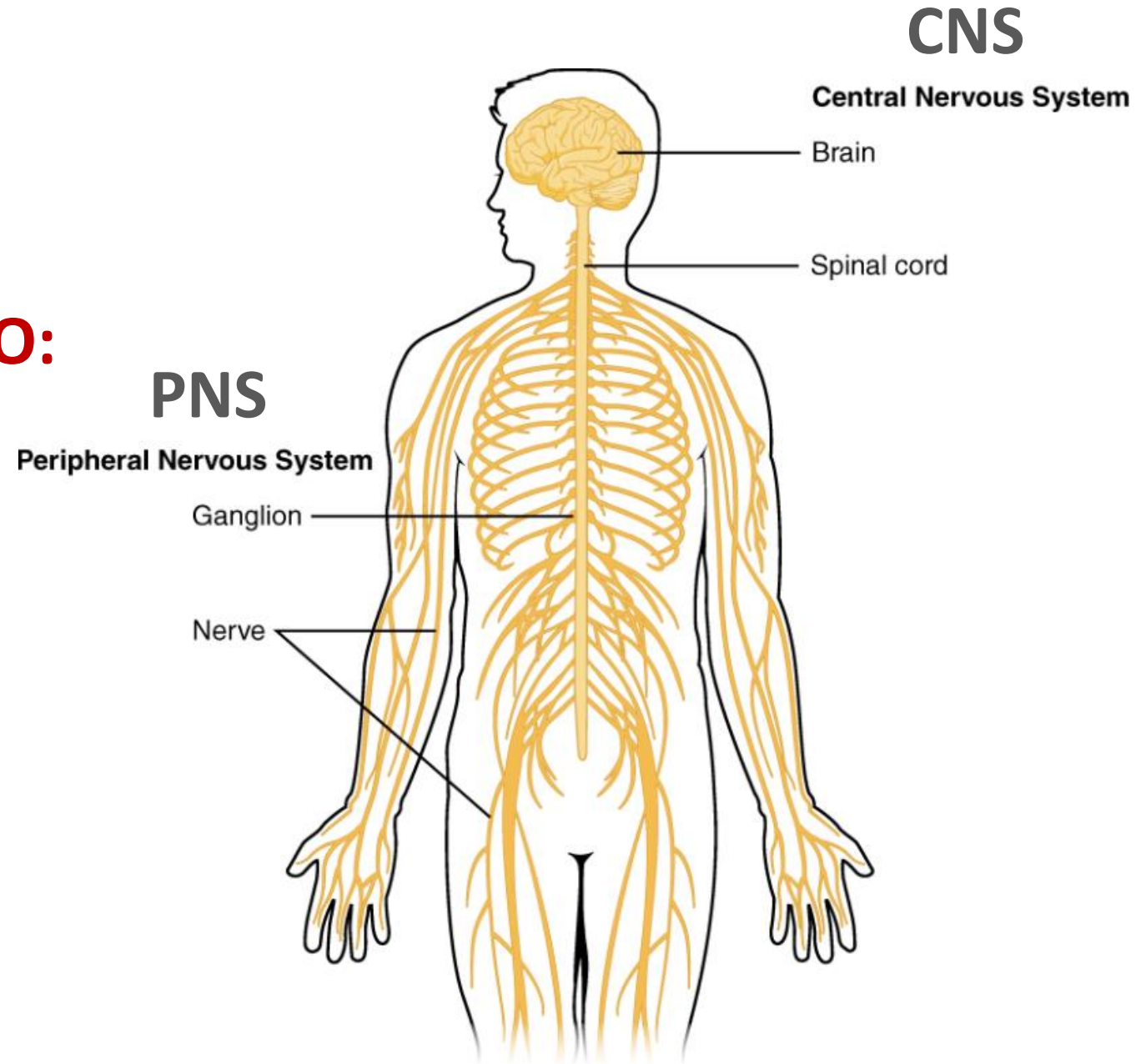
Ośrodkowy układ nerwowy – ochrona kości czaszki,
kręgosłupa i opony mózgowe,
Obwodowy - osłonki łącznotkankowe



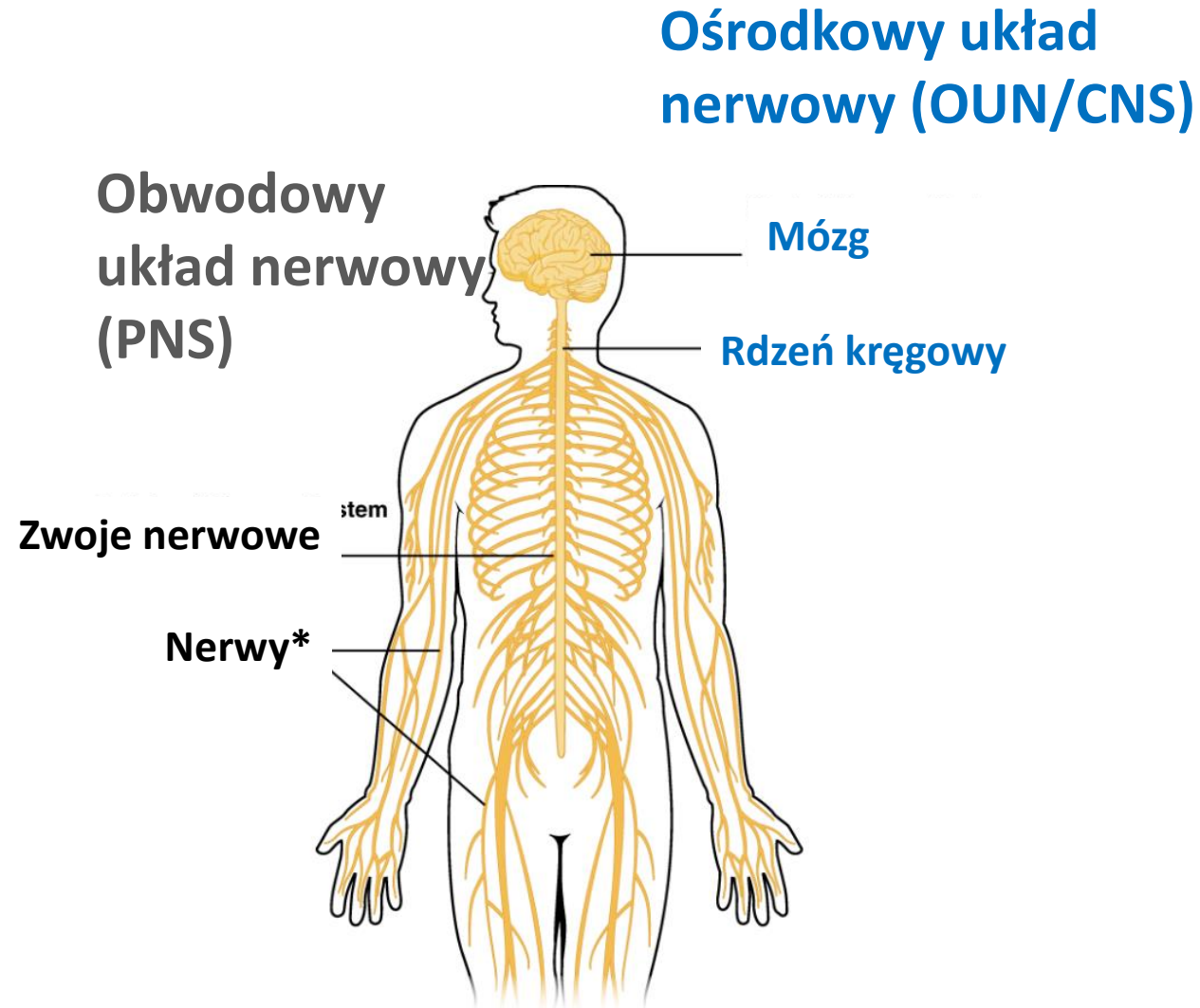
Gartner, Color Atlas and Text of Histology

FUNKCJE UKŁADU NERWOWEGO:

- Koordynacja działania całego organizmu
- Odbieranie i analiza bodźców ze środowiska
- Przetwarzanie i przechowywanie informacji



PODZIAŁ UKŁADU NERWOWEGO - ANATOMICZNY



* czaszkowe, rdzeniowe i obwodowe

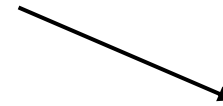
PODZIAŁ UKŁADU NERWOWEGO - FUNKCJONALNY

UKŁAD NERWOWY



Część czuciowa (aferentna)

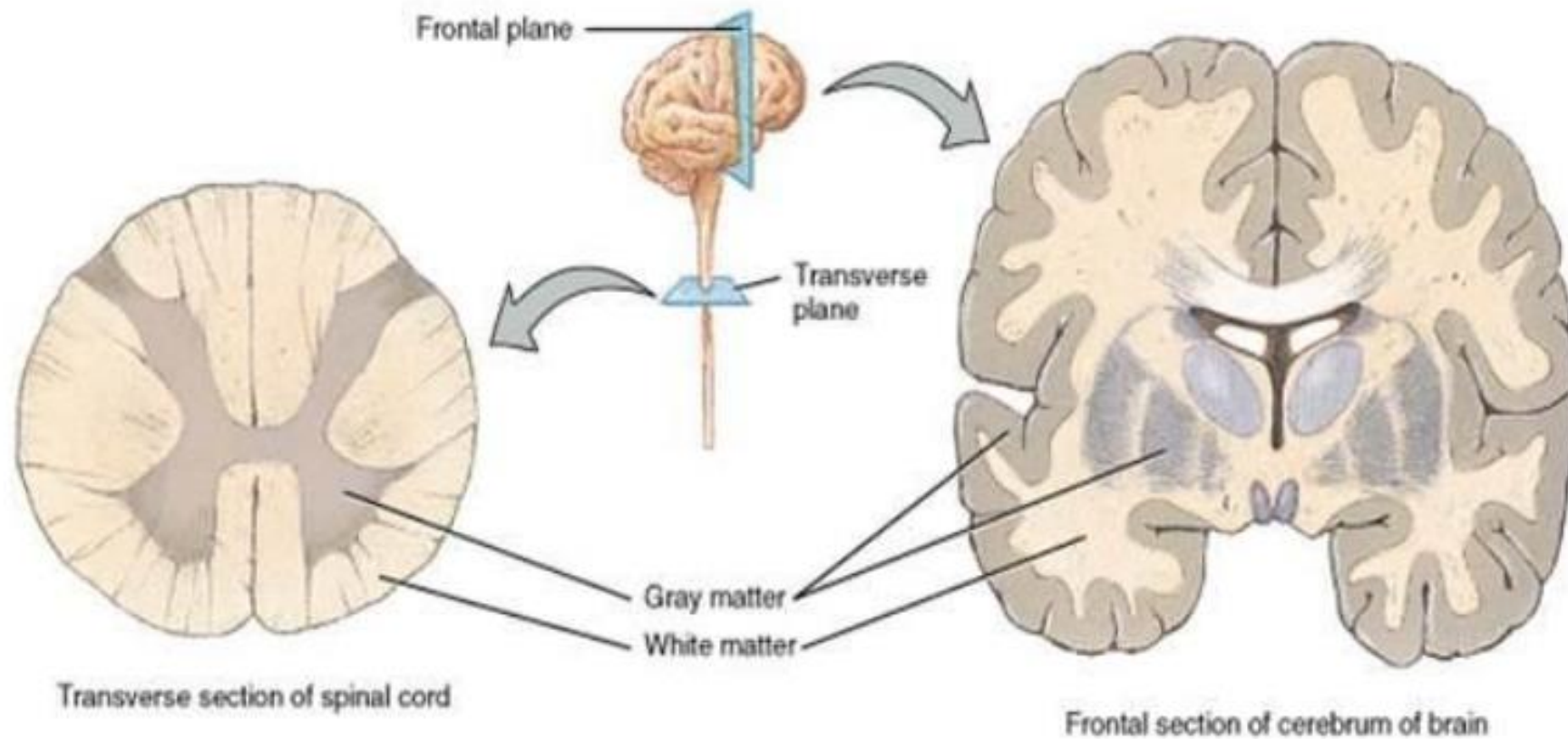
- Somatyczna
(narządy zmysłów)
- Trzewna
(Czucie trzewne)



Część ruchowa (eferentna)

- Somatyczna
(Mięśnie szkieletowe)
- Autonomiczna
(Mięśnie gładkie, mięsień sercowy,
gruczoły)

CENTRALNY UKŁAD NERWOWY



W rdzeniu kręgowym istota biała znajduje się na zewnątrz, a istota szara w środku

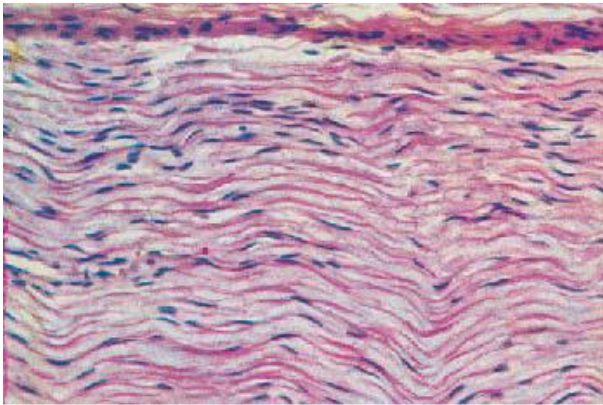
W mózgu istota biała znajduje się w środku, a istota szara na zewnątrz

Istota biała – brak ciał komórek nerwowych, włókna nerwowe zmielinizowane i niezmielinizowane, oligodendrocyty i astrocyty włókniste

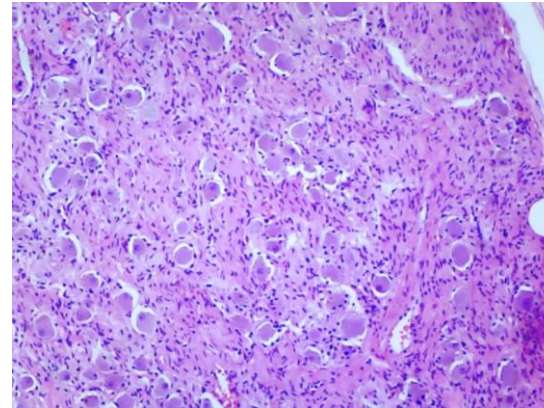
Istota szara – ciała komórek nerwowych, dendryty, astrocyty protoplazmatyczne

OBWODOWY UKŁAD NERWOWY

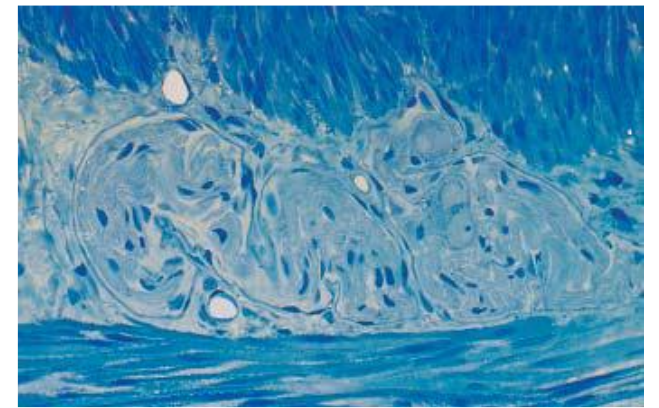
NERWY = wiązki włókien nerwowych (aksonów)



ZWOJE NERWOWE = zgrupowanie ciał komórek nerwowych

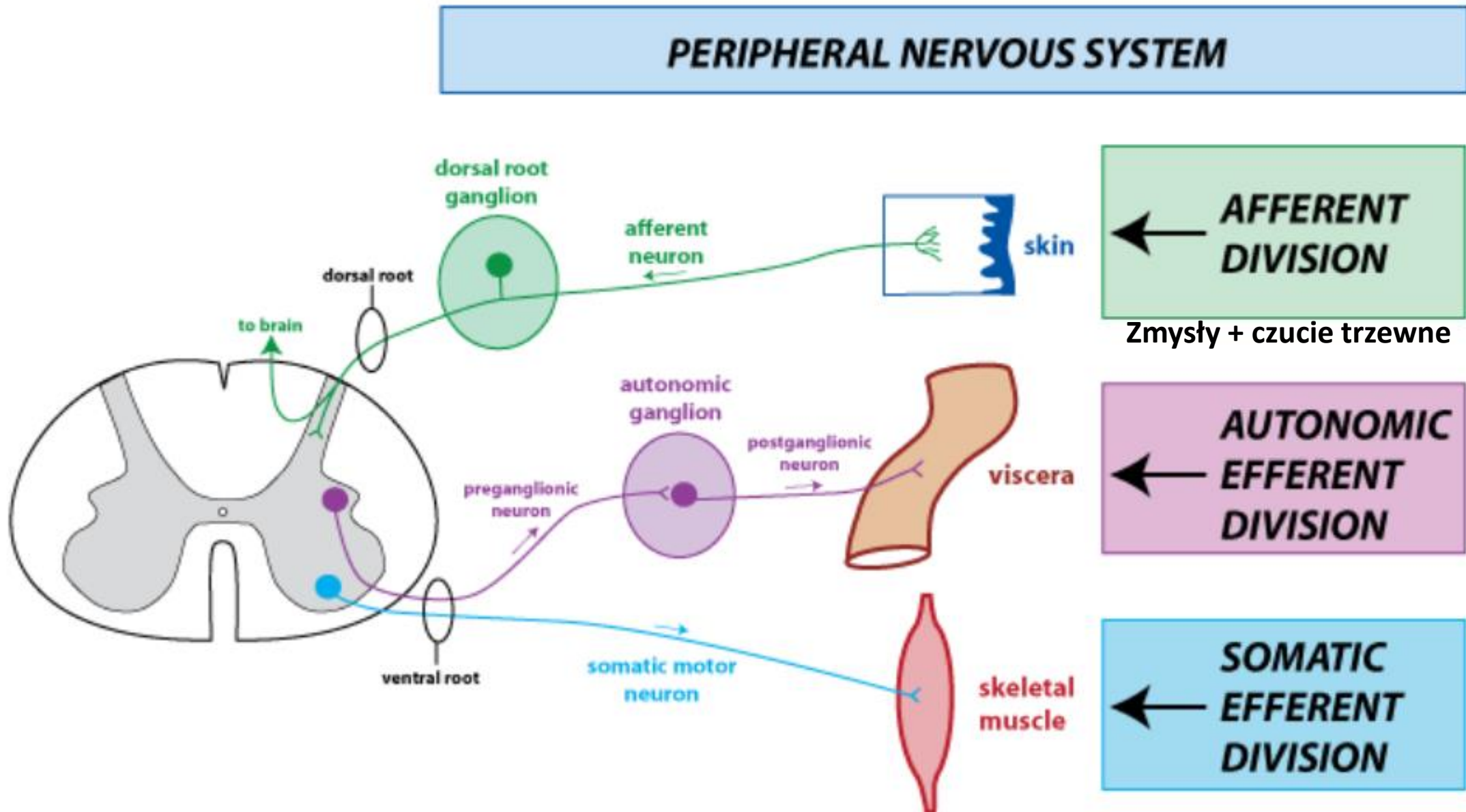


DRG – zwój czuciowy



Splot Auerbacha

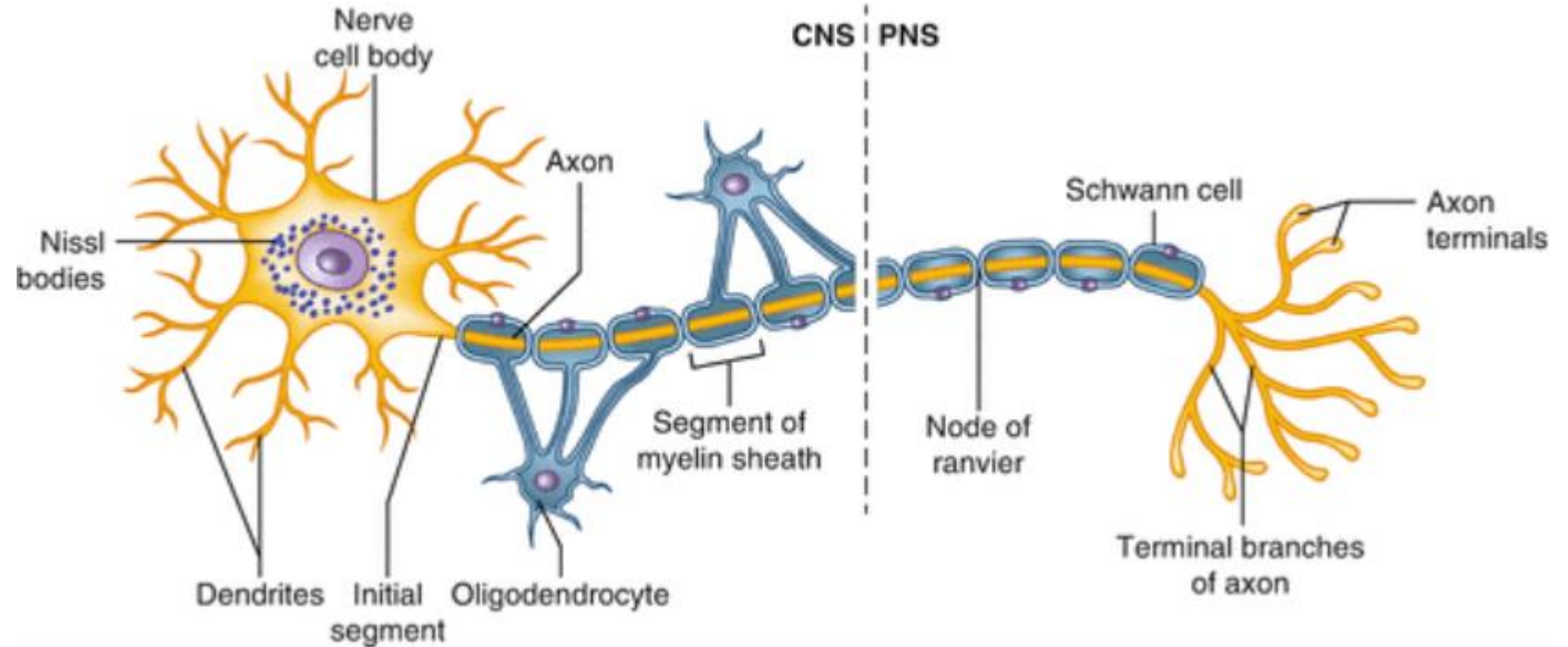
OBWODOWY UKŁAD NERWOWY



KOMÓRKI UKŁADU NERWOWEGO

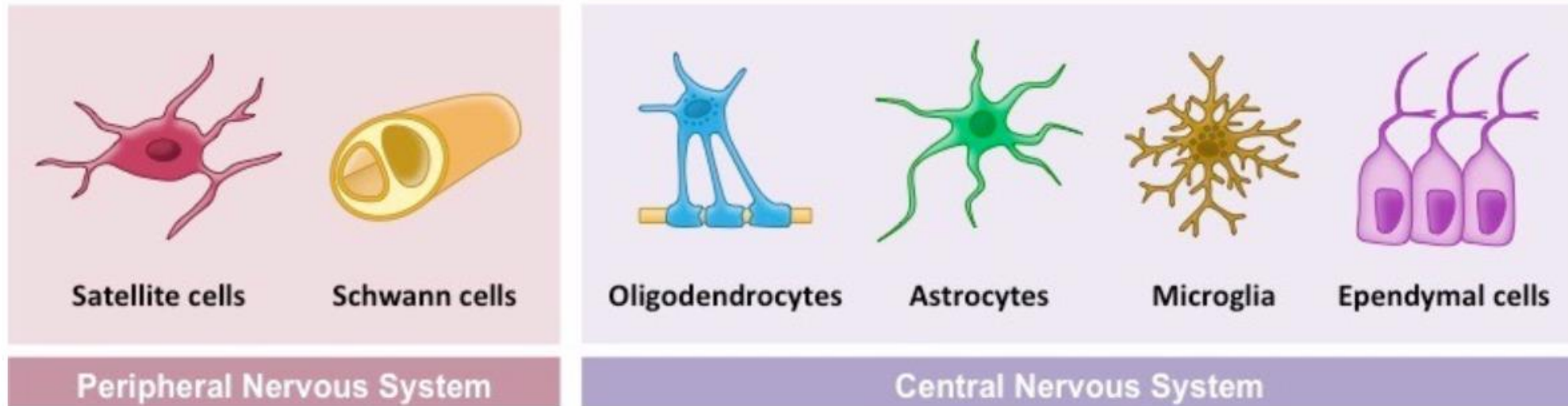
NEURONY

- Transmisja sygnału
- Przetwarzanie informacji
- Przechowywanie informacji

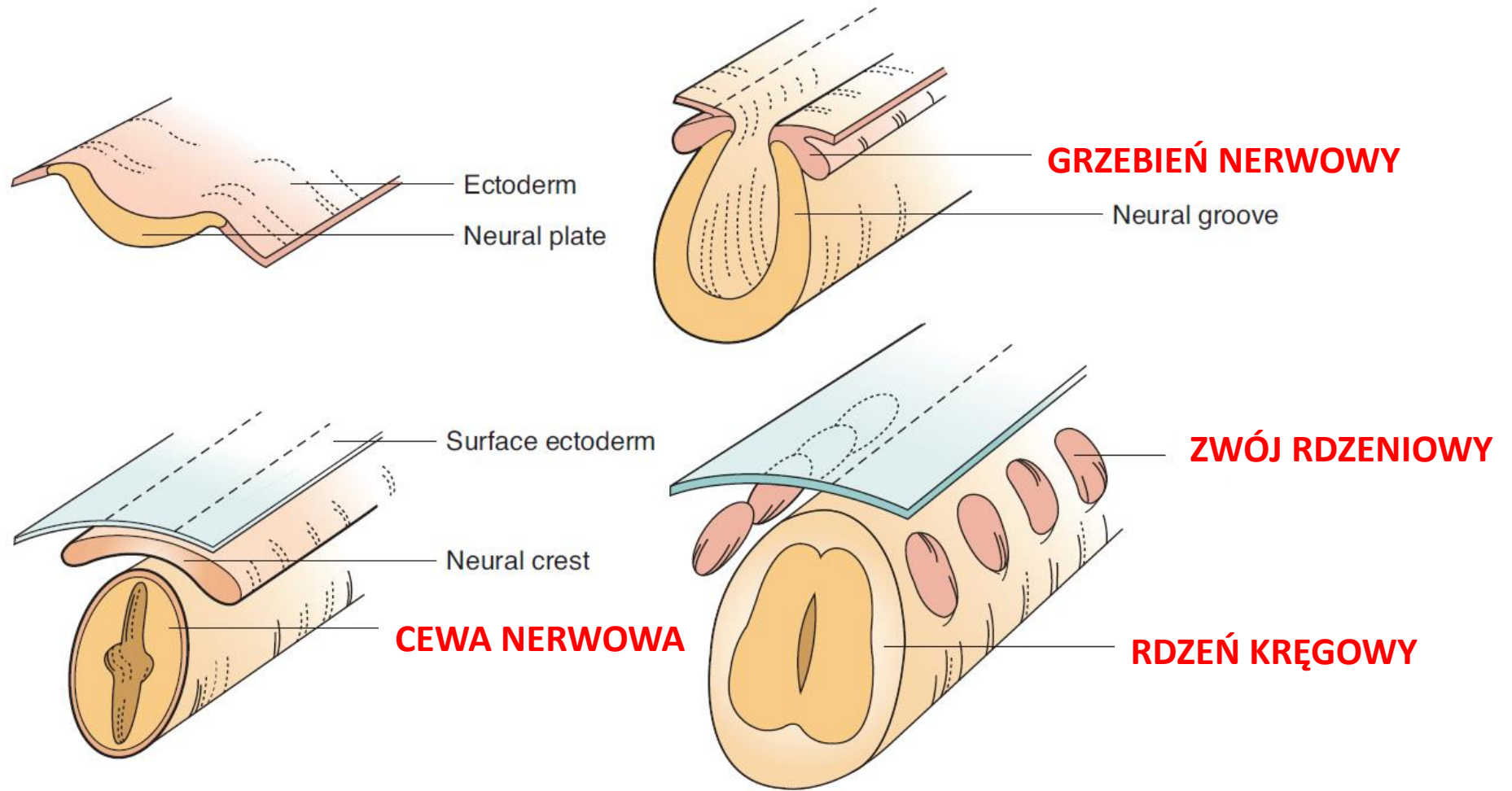


KOMÓRKI GLEJOWE

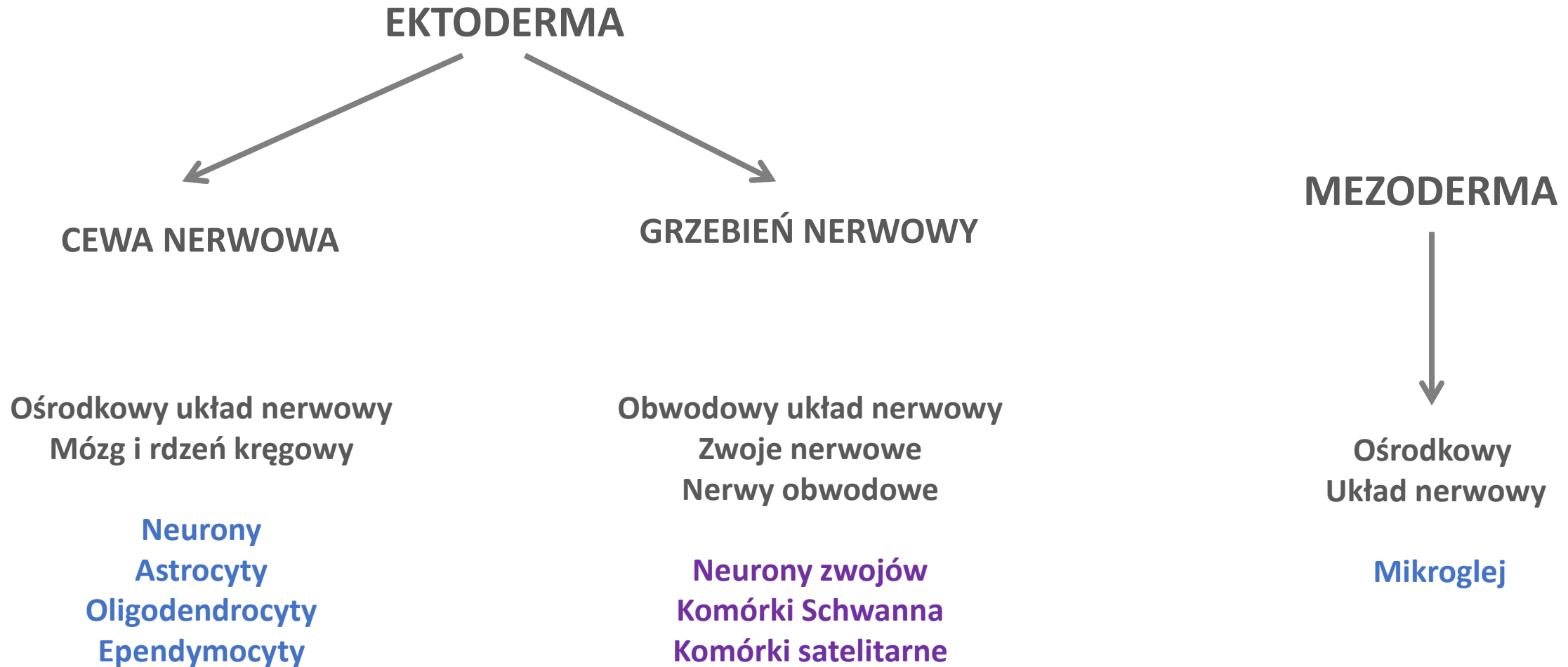
- Wspieranie i ochrona neuronów
- Udział w transmisji sygnału



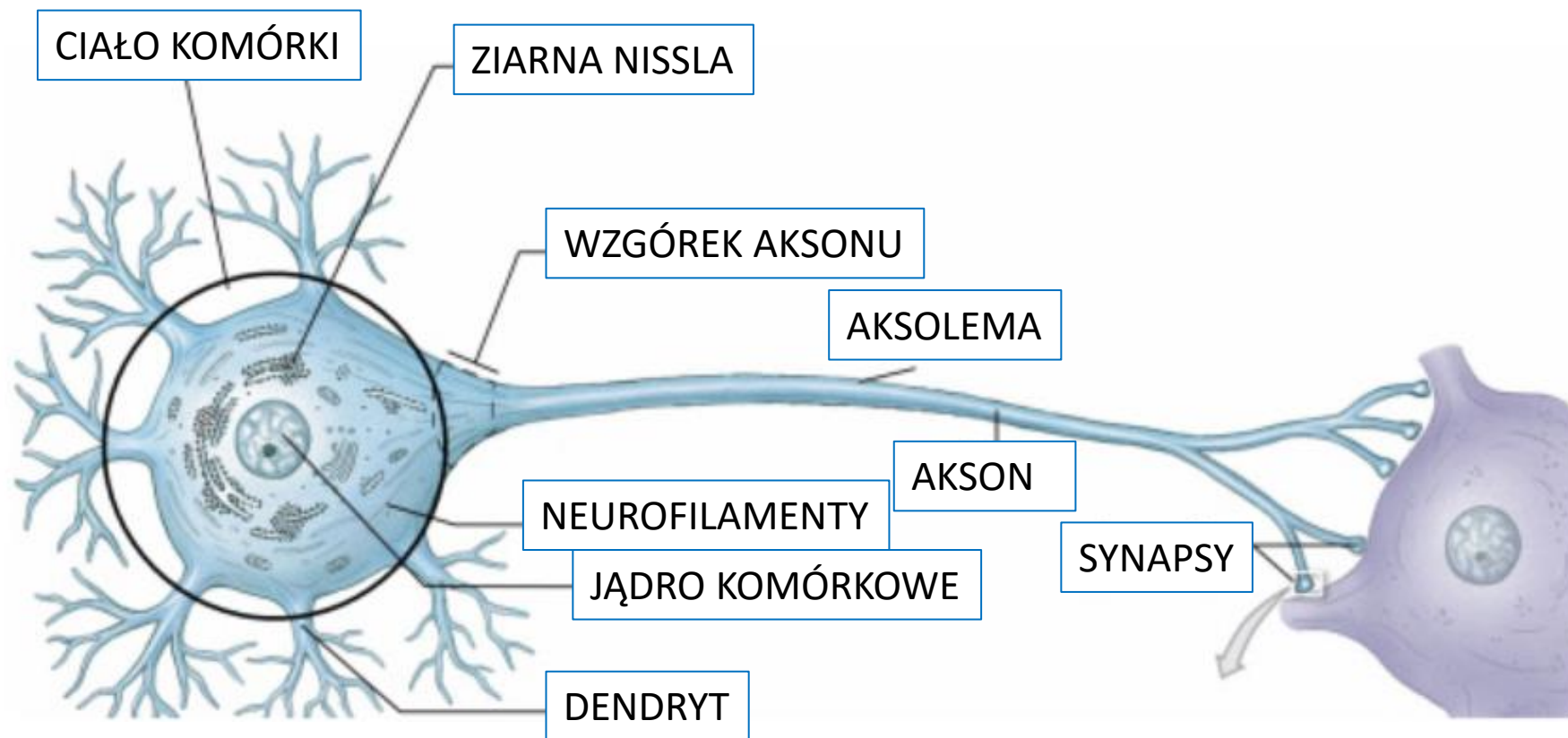
POWSTAWANIE UKŁADU NERWOWEGO



POCHODZENIE POSZCZEGÓLNYCH CZĘŚCI I KOMÓREK UKŁADU NERWOWEGO



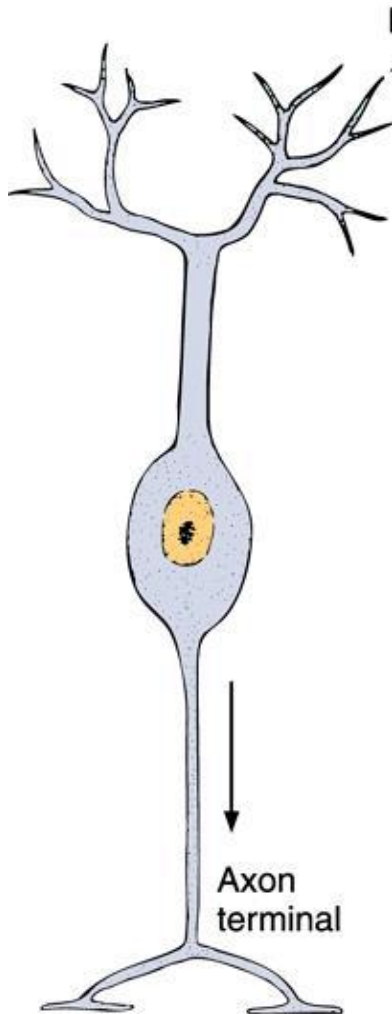
NEURONY



GŁÓWNE TYPY NEURONÓW (PODZIAŁ MORFOLOGICZNY)

Dwubiegunowe

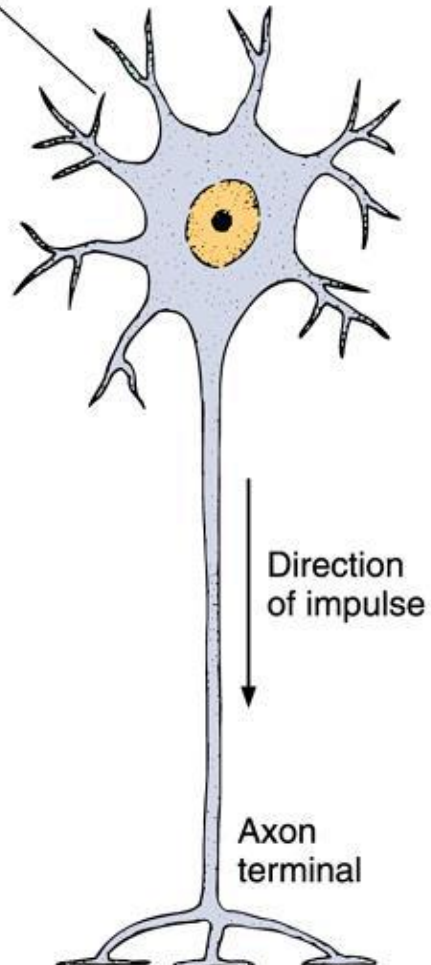
Bipolar



Wielobiegunowe

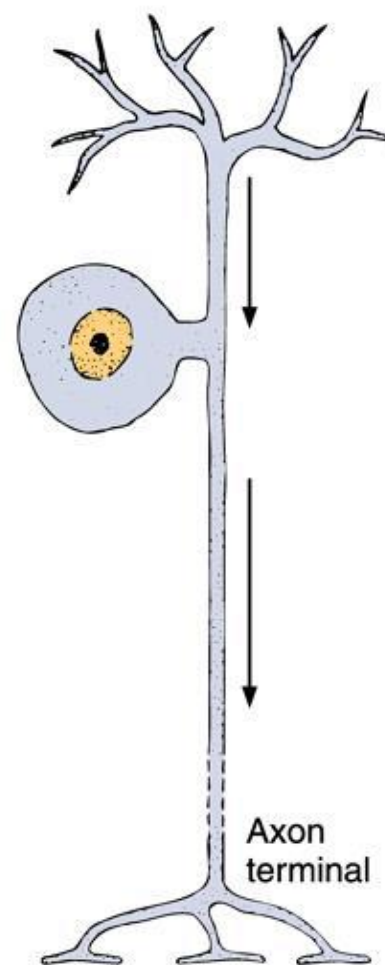
Multipolar

Dendrites



Rzekomojednobiegunowe

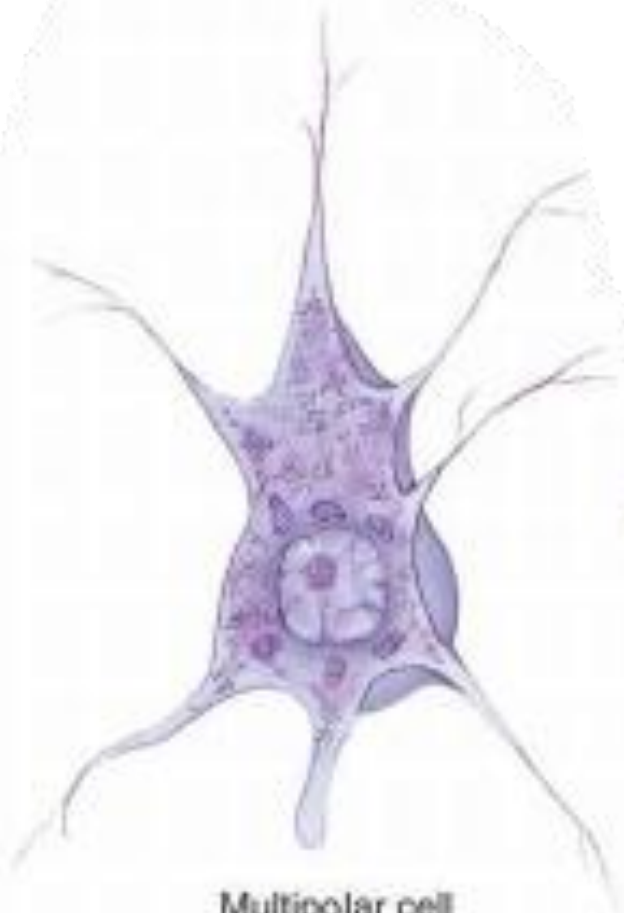
Pseudounipolar



Czwarty typ neuronu:

Neuron bezaksonowy –
nie może wyzwolić i
przekazać potencjału
czynnościowego*

Najczęściej spotykane są neurony wielobiegunowe – dominują w ośrodkowym układzie nerwowym, obecne są w zwojach współczulnych; dla zwojów czuciowych charakterystyczne są neurony rzekomojednobiegunowe.



Multipolar cell
(spinal cord)



Multipolar cell
(cerebellar cortex)



Multipolar cell
(autonomic ganglia)

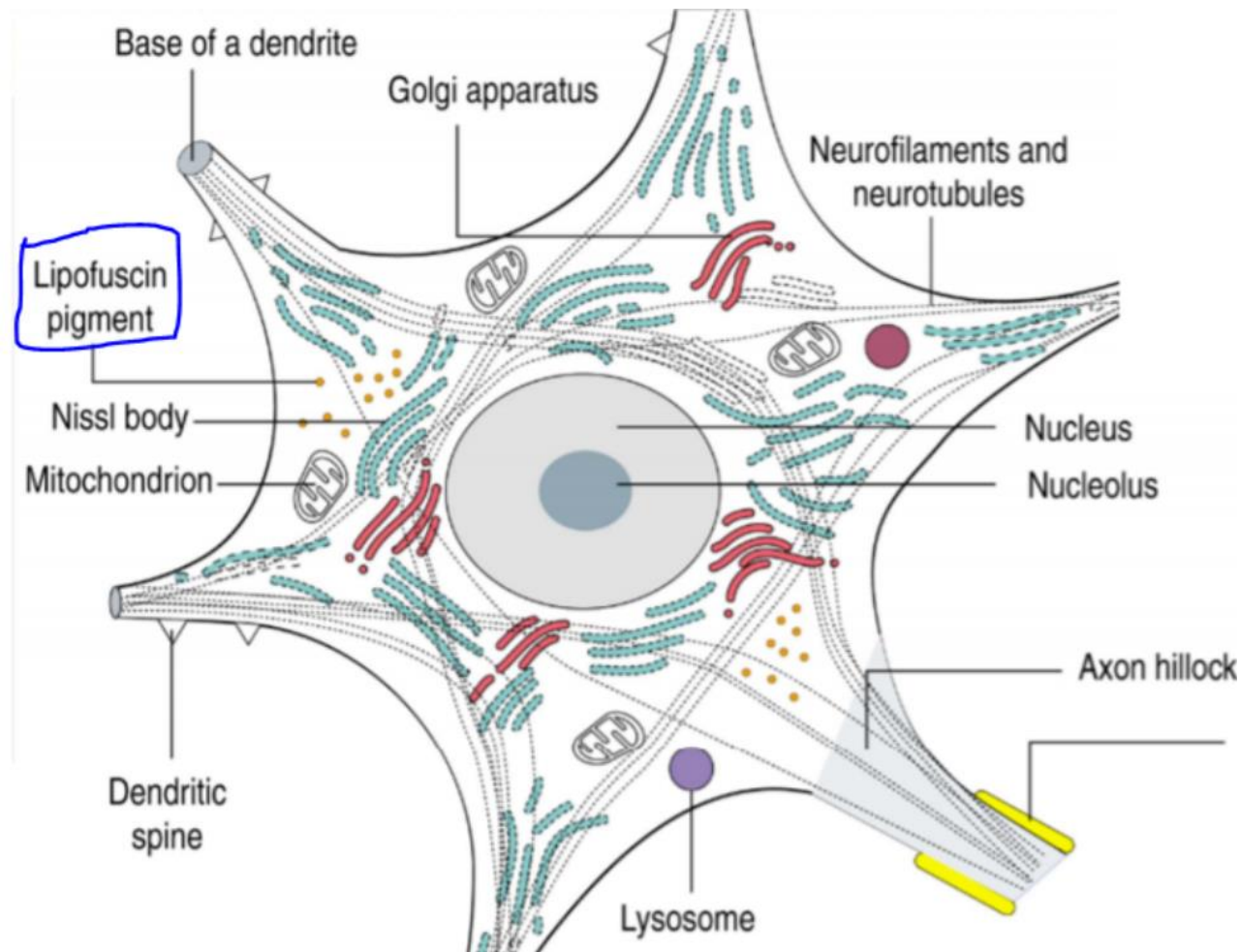
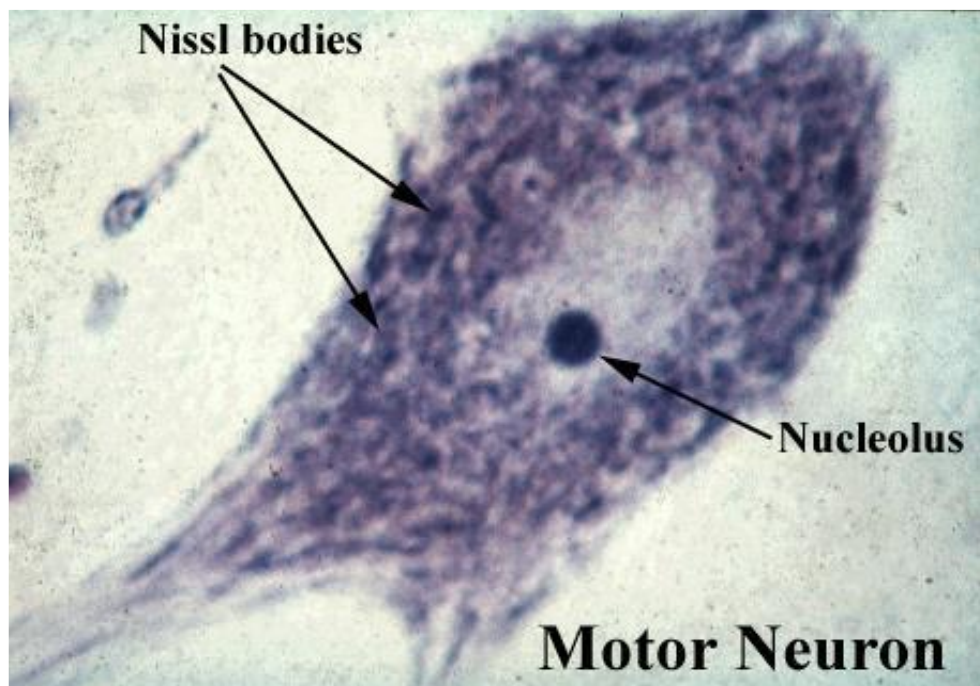


Unipolar cell
(cerebrospinal ganglia)

PERIKARION (SOMA, CIAŁO KOMÓRKI)

Funkcje perikarionu:

- Integracja i modulacja sygnałów przekazywanych od dendrytów do aksonu
- Synteza makrocząsteczek (aktywna chromatyna i rozbudowany RER – **ziarna Nissla/ tigroid**)

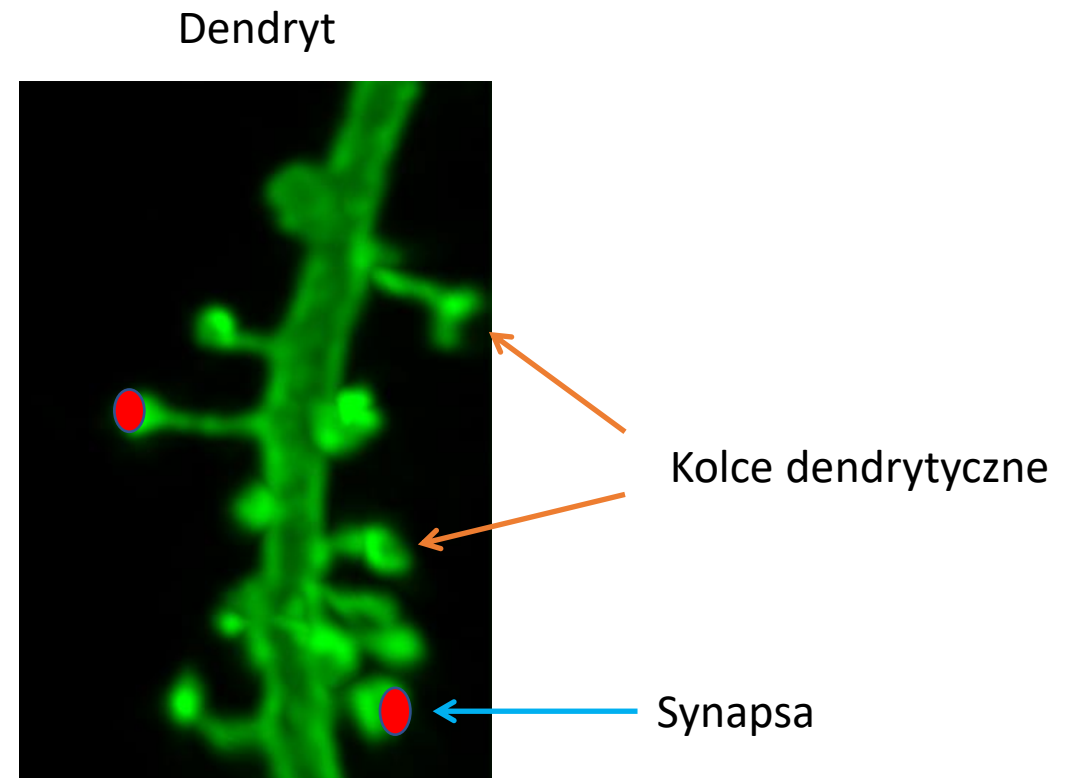


DENDRYTY

Charakterystyczny cytoszkielelet: neurofilamenty + mikrotubule + MAP2

Funkcje dendrytów:

- Przewodzenie impulsów nerwowych ku ciału komórki
- Zapewnienie specyficzności i zwiększenia rozdzielczości komunikacji pomiędzy neuronami
- Transport makrocząsteczek i organelli wzdłuż dendrytów w obu kierunkach



AKSONY

Błona aksonu – aksolema, cytoplazma aksonu – aksoplazma

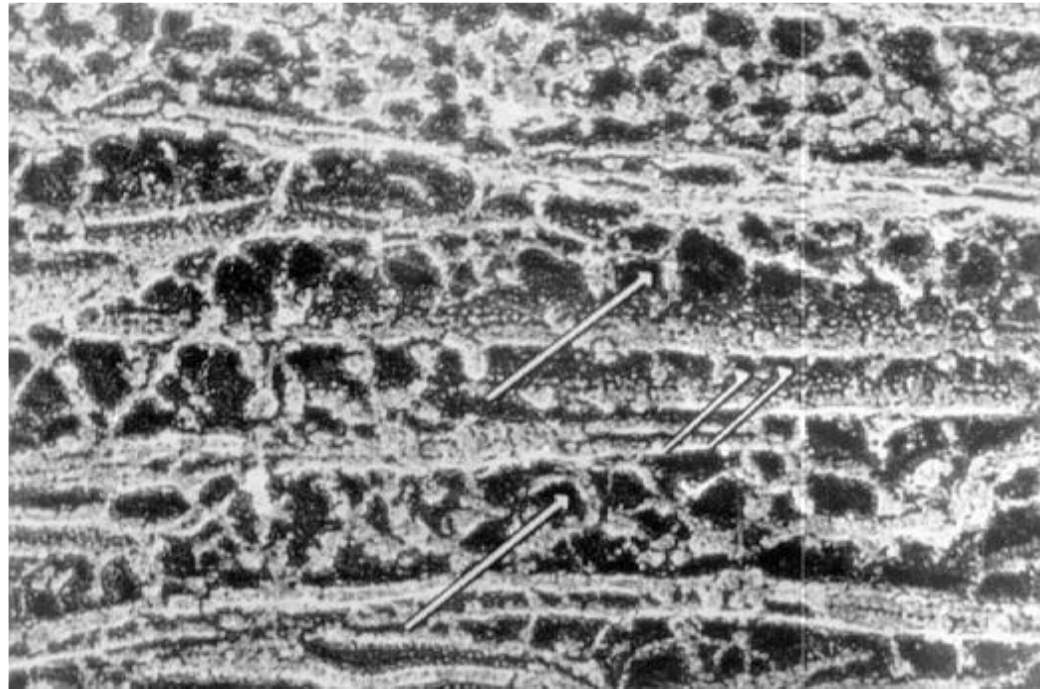
Charakterystyczny cytoszkielet: neurofilamenty + mikrotubule + białko **tau**

Mikrotubule ułożone końcem *minus* do perikarionu

Funkcje aksonu:

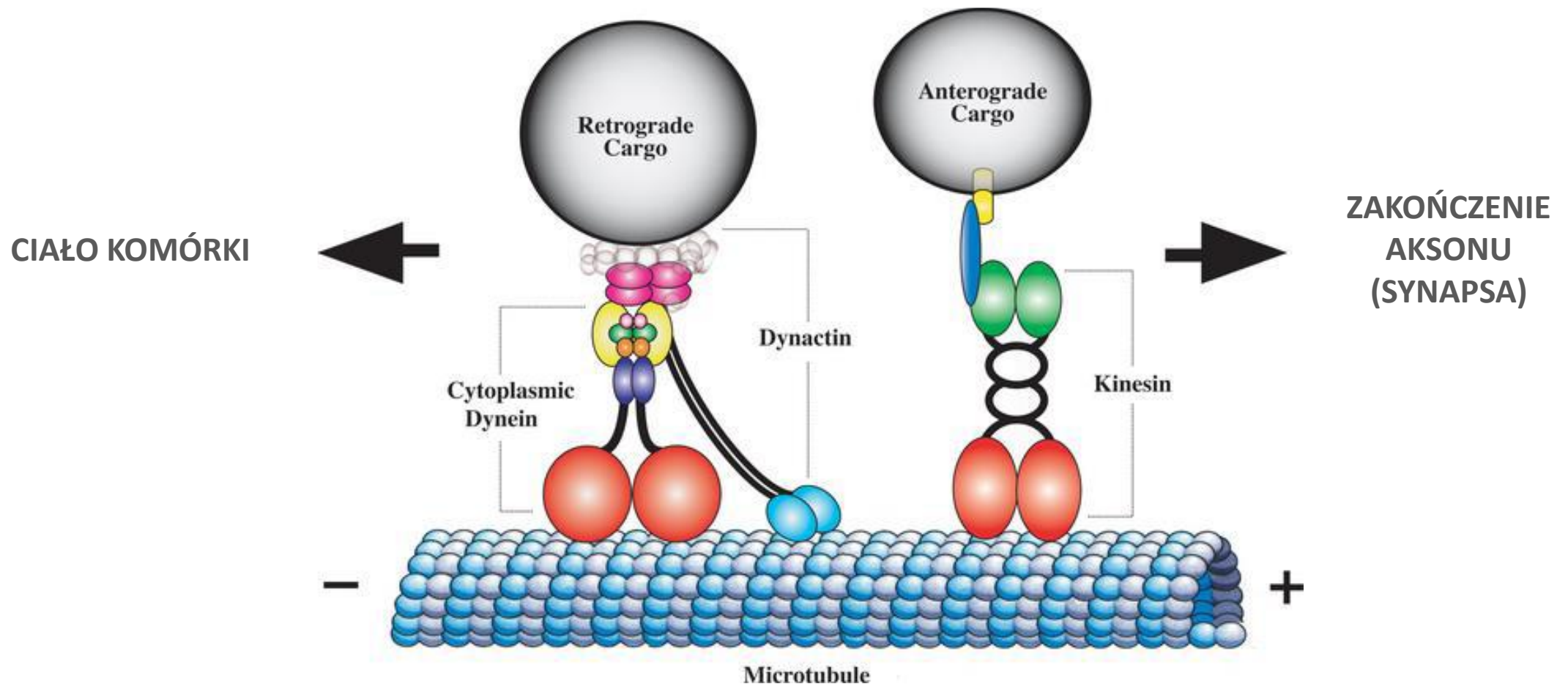
- Generowanie potencjału czynnościowego (wzgórek aksonu)
- Przewodzenie impulsów od ciała komórki ku obwodowi
- Transport związków chemicznych i organelli w obu kierunkach

Aksoplazma z włókna z nerwu kulszowego szczura
Strzałki pokazują mostki z białka tau

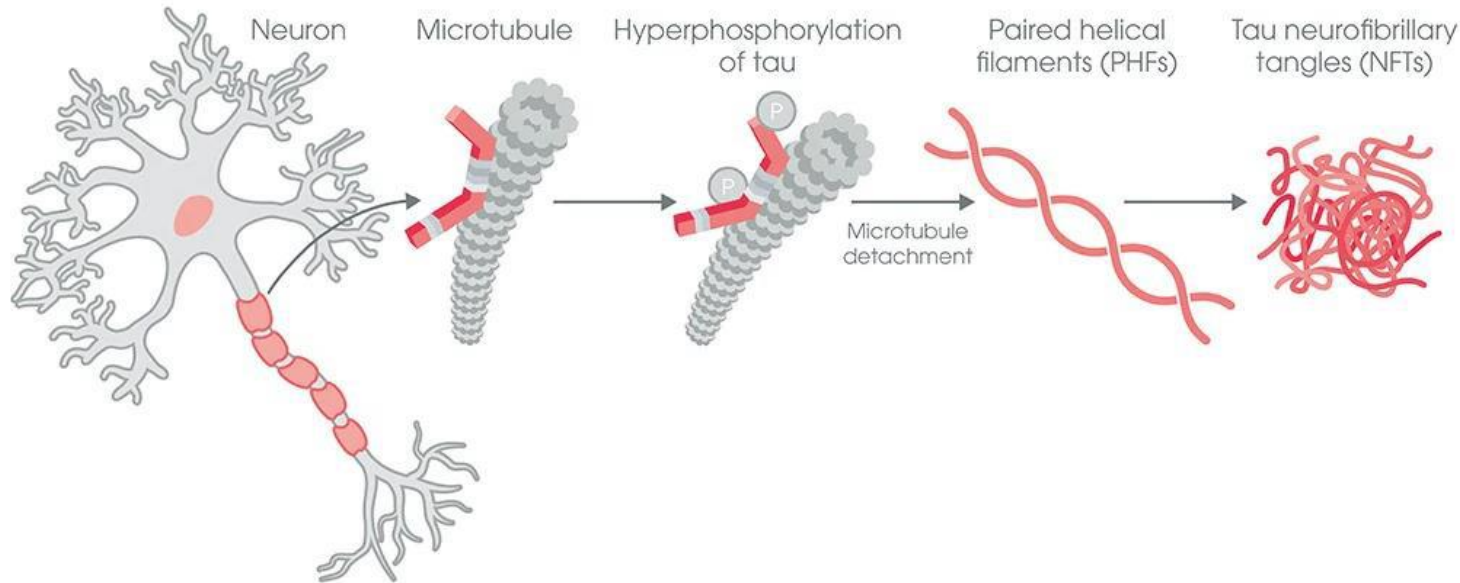


TRANSPORT AKSONALNY

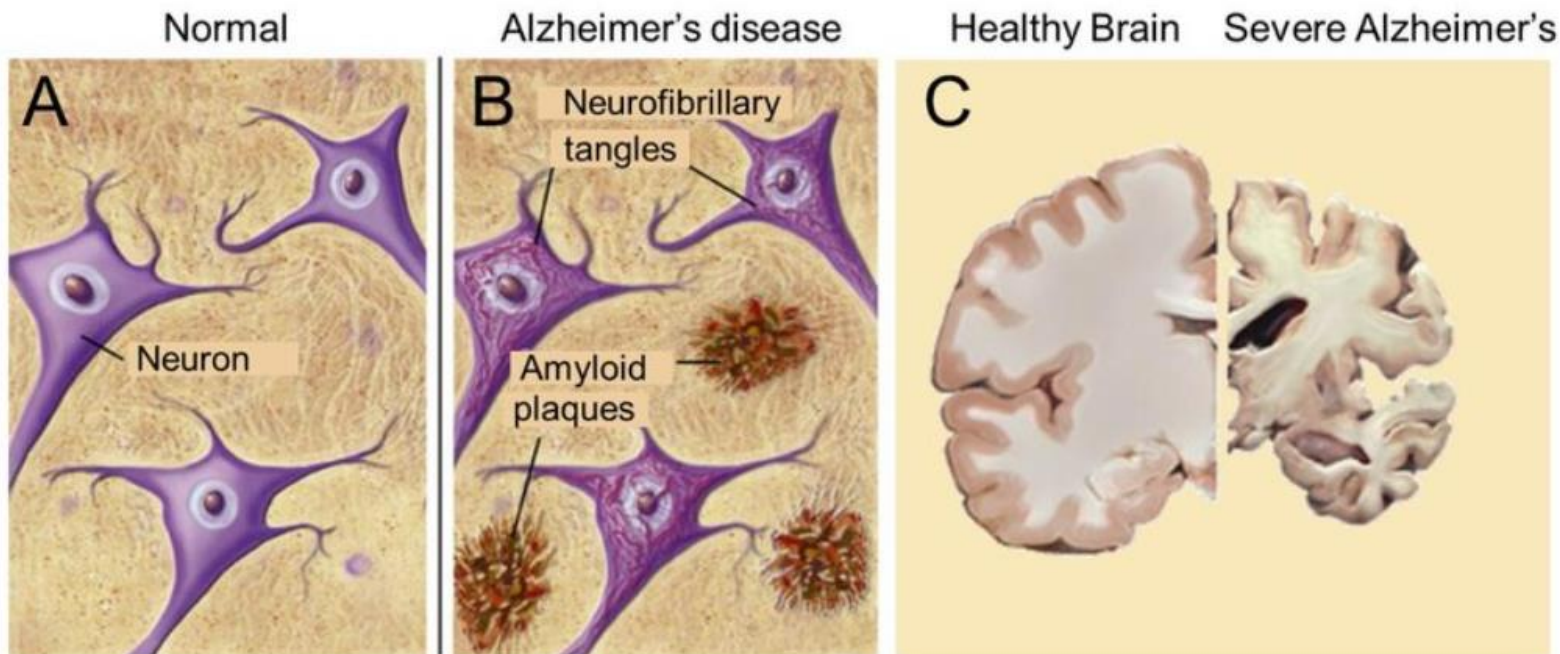
- Do synapsy (anterogadowy)–organelle, pęcherzyki, makromolekuły- **kinezyne**
- Do ciała komórki (retrogradowy) -element neurofilamentów, mikrotubul, makromolekuły, pęcherzyki– **dyneina**



ROLA BIAŁKA TAU I AMYLOIDU BETA W ROZWOJU CHOROBY ALZHEIMERA



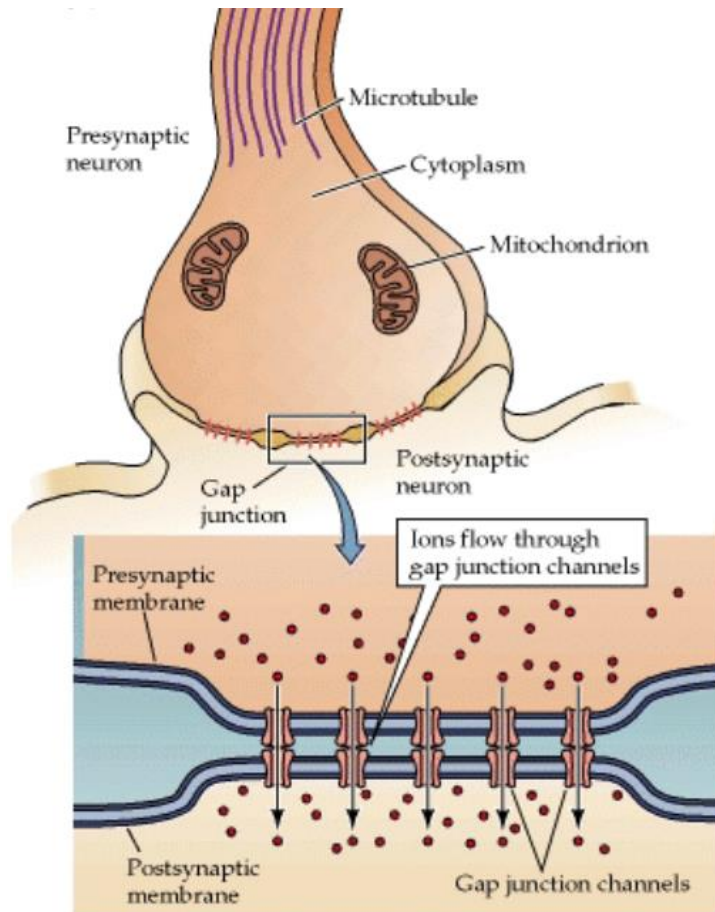
- Tworzenie wewnątrzkomórkowych złogów białka tau
- Dysfunkcja mikrotubul i transportu aksonalnego



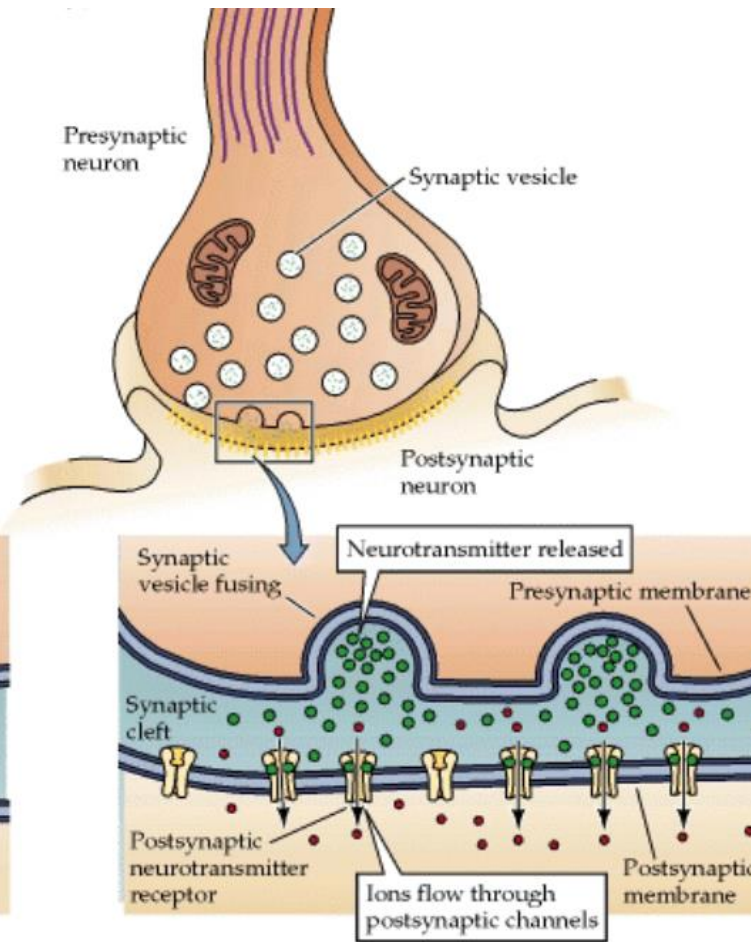
- Tworzenie zewnątrzkomórkowych złogów beta amyloidu
- Osłabienie synaps
- Śmierć neuronów
- Postępujące upośledzenie funkcji poznawczych

POŁĄCZENIA MIĘDZY KOMÓRKAMI - SYNAPSY

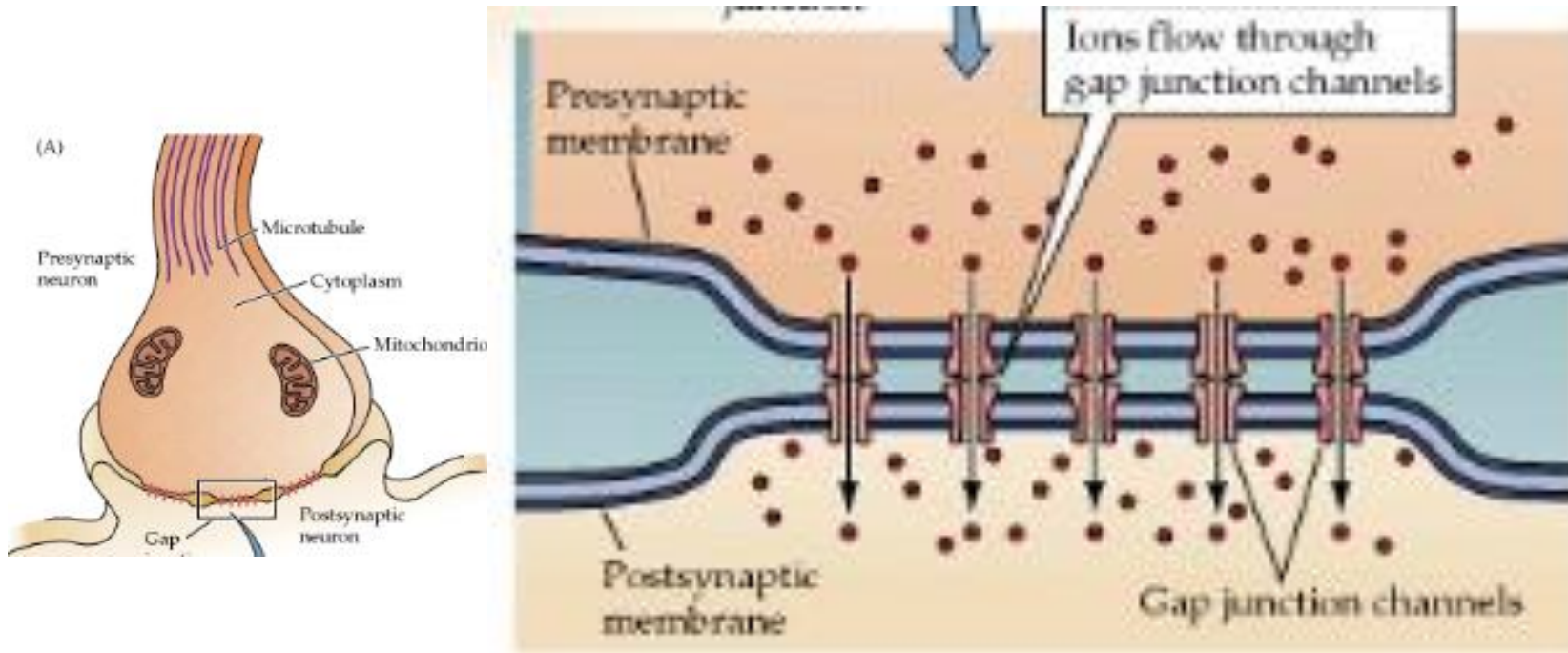
ELEKTRYCZNE



CHEMICZNE

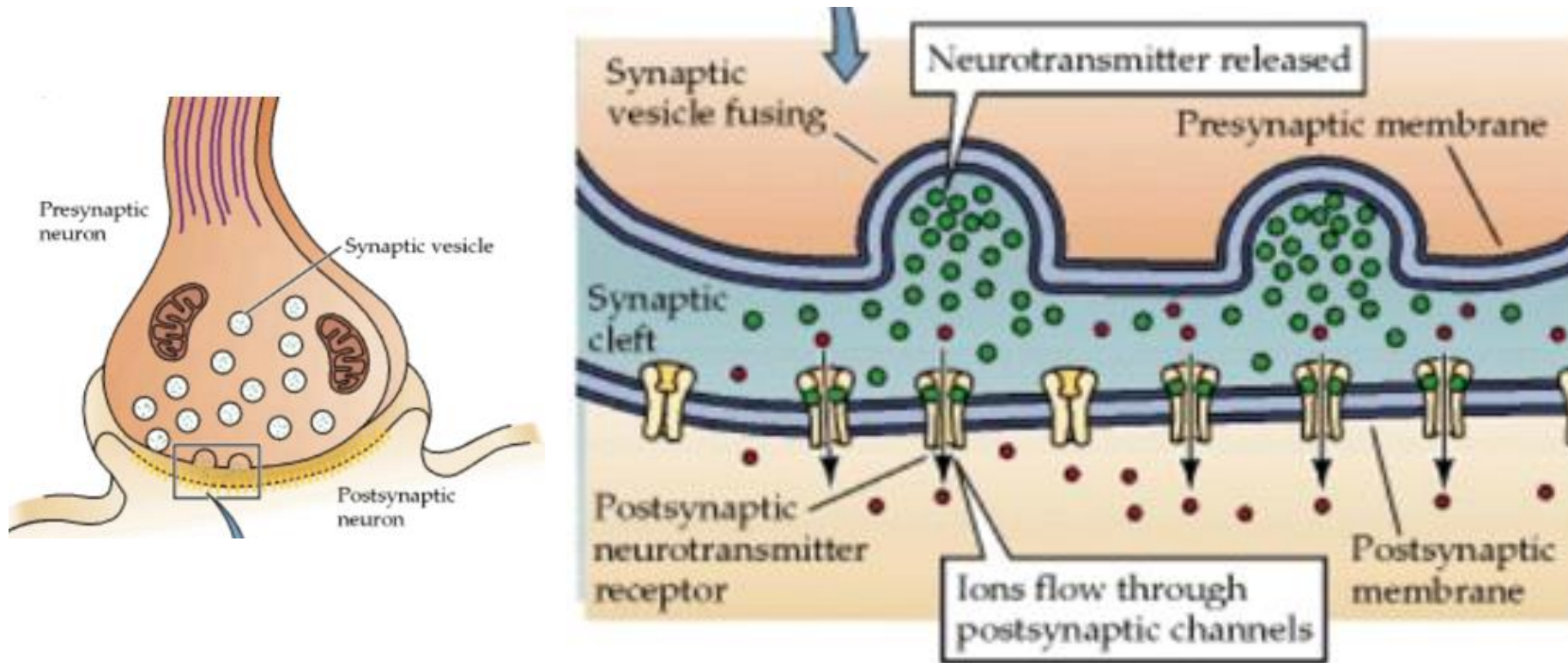


BUDOWA I DZIAŁANIE SYNAPSY ELEKTRYCZNEJ



- Połączenie typu nexus
- Przepływ jonów
- Szybsze przekazanie sygnału niż w synapsie chemicznej
- Najczęściej powodują depolaryzację błony komórki docelowej (są to więc synapsy pobudzające)
- Rzadszy typ połączenia niż s. chemiczna
- Obecne też w astrocytach protoplazmatycznych – przekazują falę wapniową

BUDOWA I DZIAŁANIE SYNAPSY CHEMICZNEJ



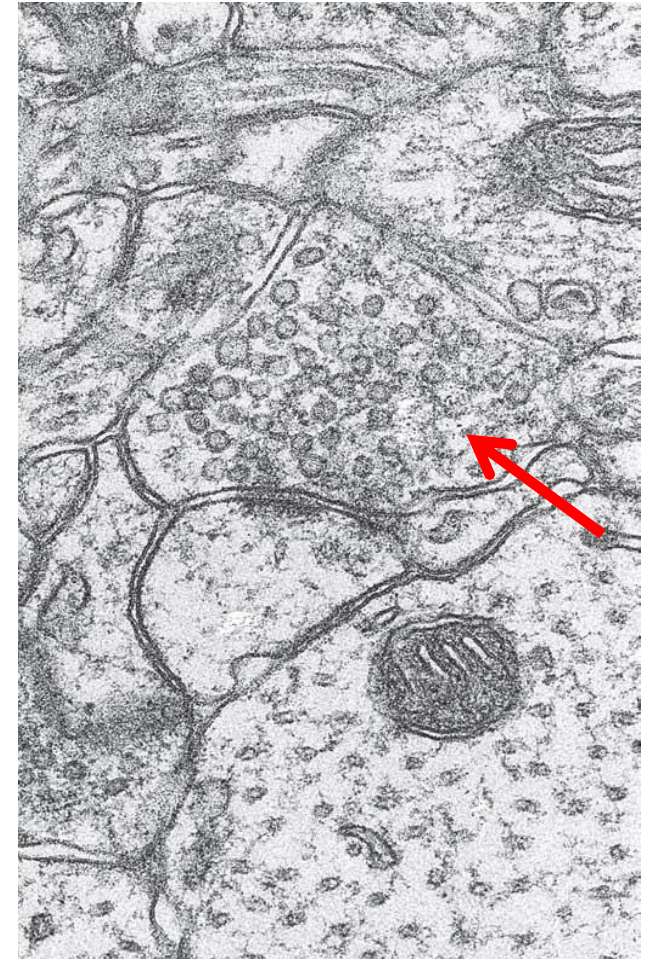
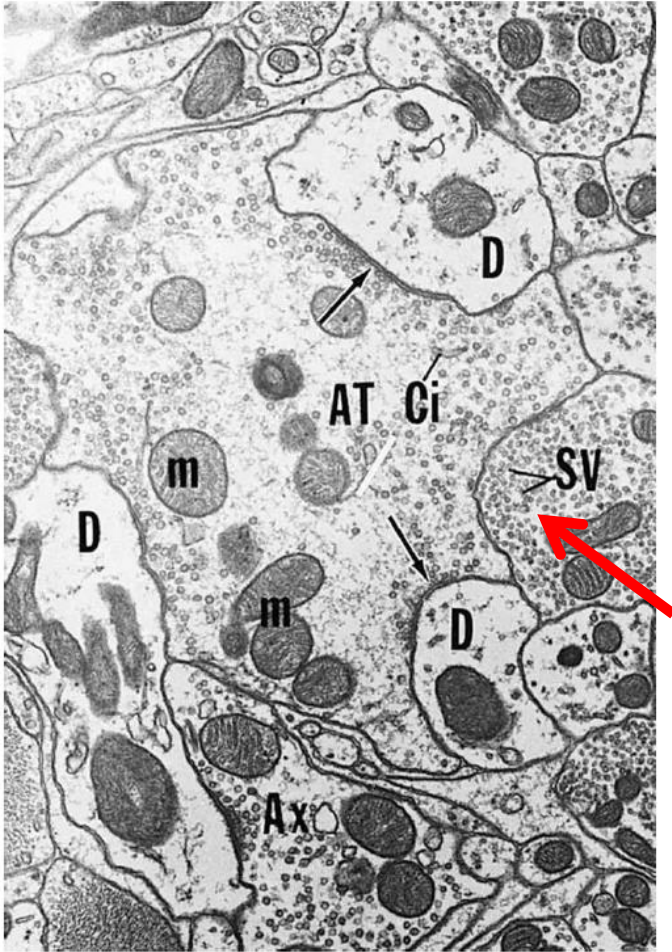
Błona presynaptyczna

Szczelina synaptyczna

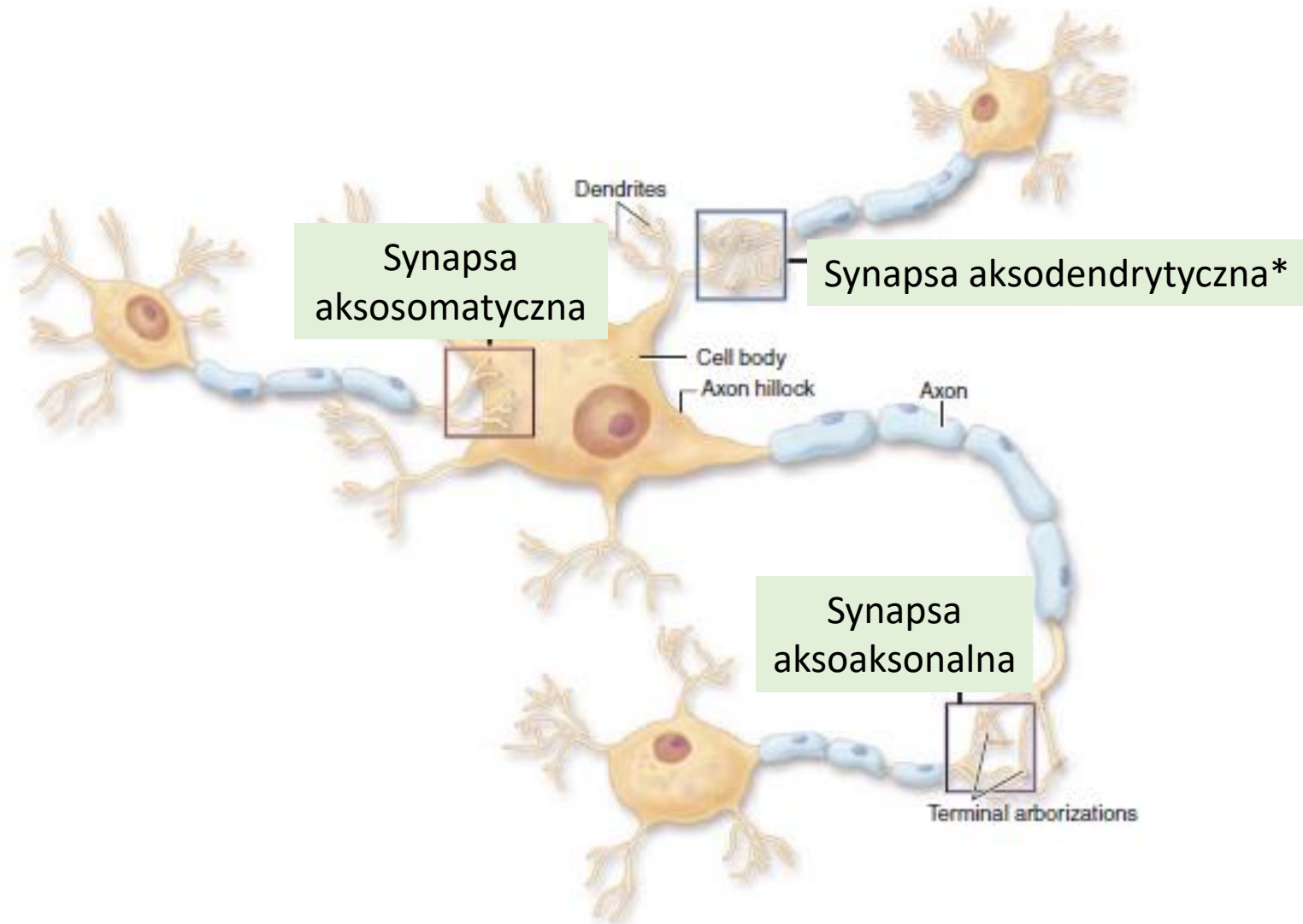
Błona postsynaptyczna

- Działają wolniej niż synapsy elektryczne
- Mogą być hamujące lub pobudzające
- Konieczne jest uwolnienie **neuroprzekaźnika** (neurotransmitera) z błony presynaptycznej (zakończenie aksonu) do szczeliny synaptycznej i związanie z receptorem na błonie postsynaptycznej (różna lokalizacja)

PĘCHERZYKI SYNAPTYCZNE W CZĘŚCI PRESYNAPTYCZNEJ



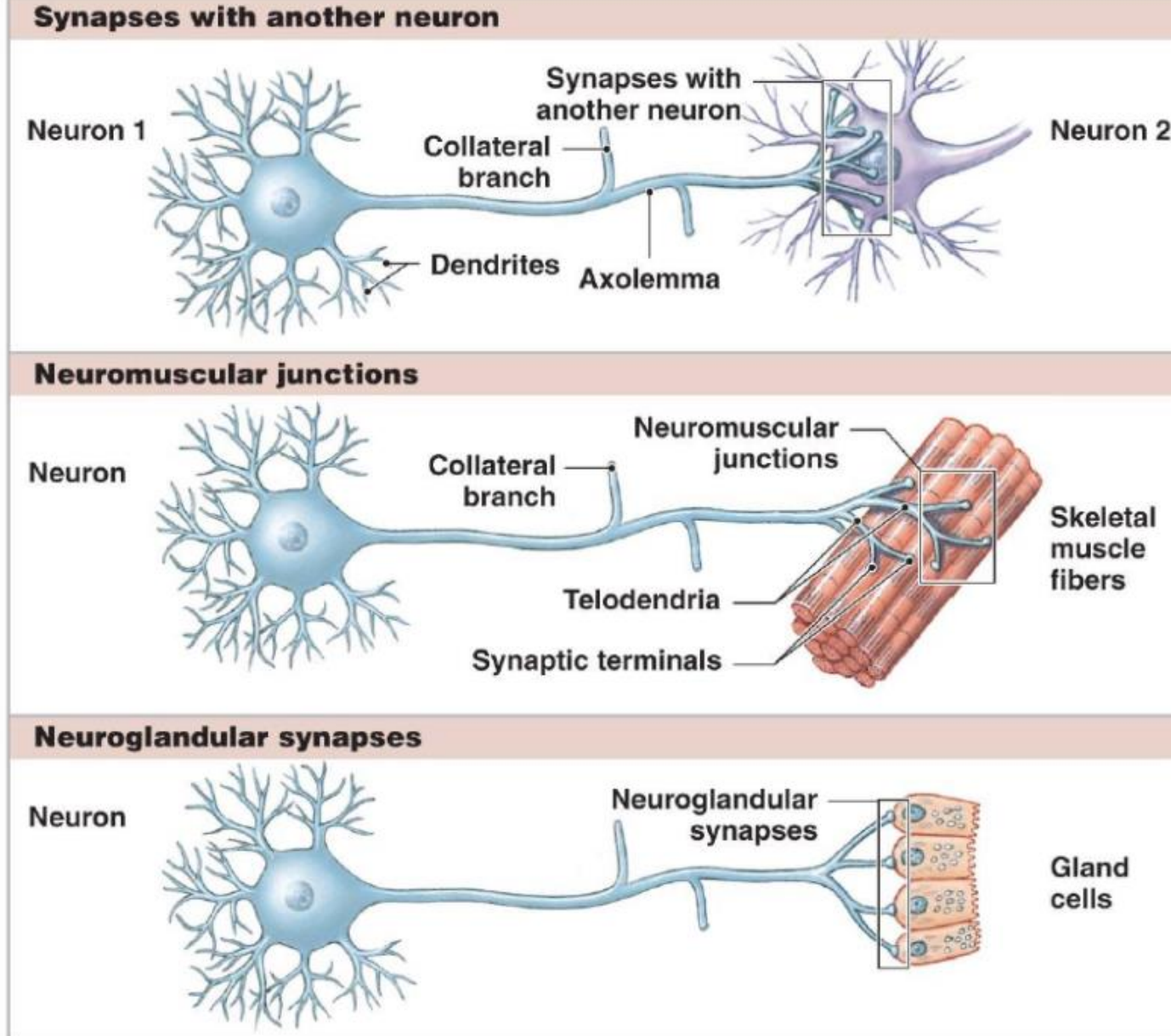
TYPY SYNAPS W ZALEŻNOŚCI OD LOKALIZACJI



*może być
zlokalizowana na kolcu
dendrytycznym lub
wprost na dendrycie

TYPY SYNAPS W ZALEŻNOŚCI OD KOMÓRKI EFEKTOROWEJ

The types of synapses



Neurony, które mają kontakt tylko z innymi neuronami to **interneurony** – najliczniejsze w układzie nerwowym

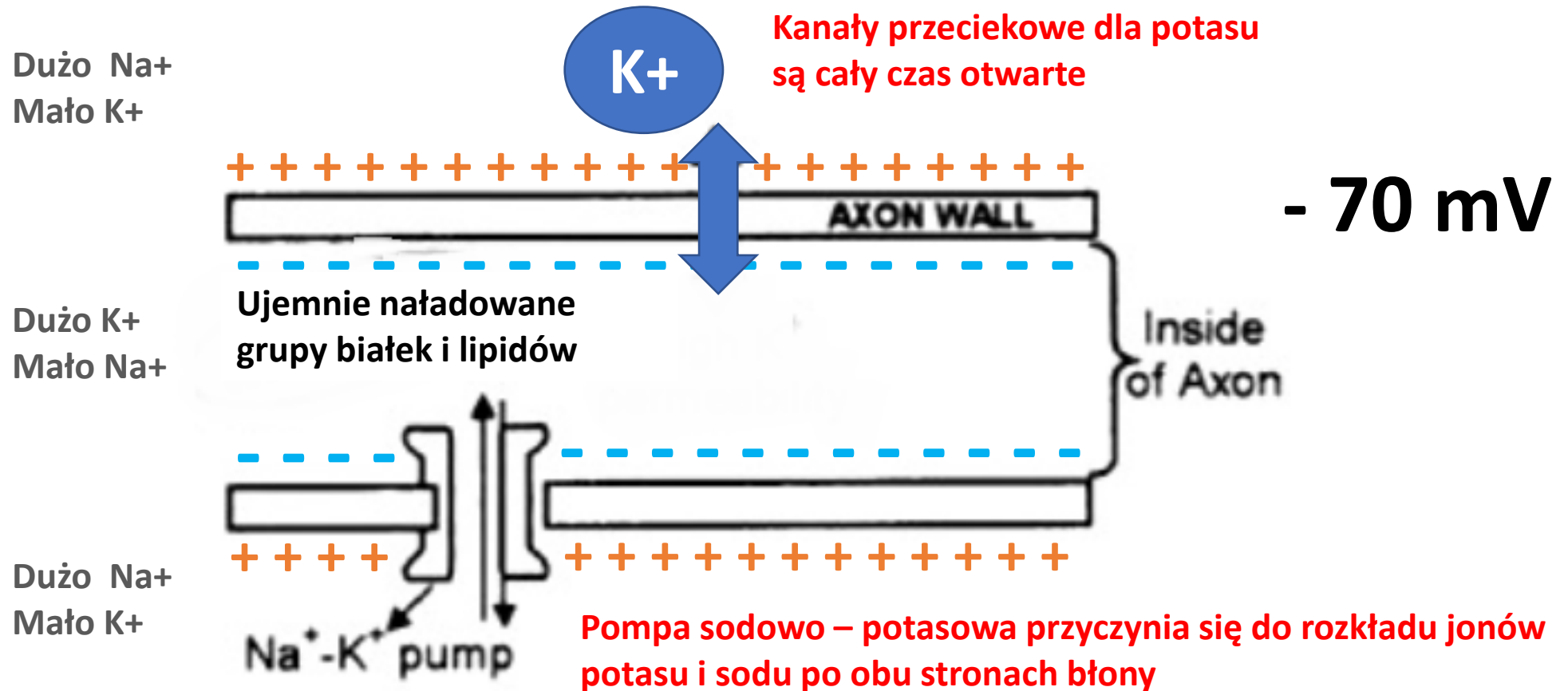
NEUROTRANSMITERY



TRZECI SPOSÓB PODZIAŁU SYNAPS: POBUDZAJĄCE LUB HAMUJĄCE, W ZALEŻNOŚCI OD TYPU NEUTROTRANSMITERA I RECEPTORA

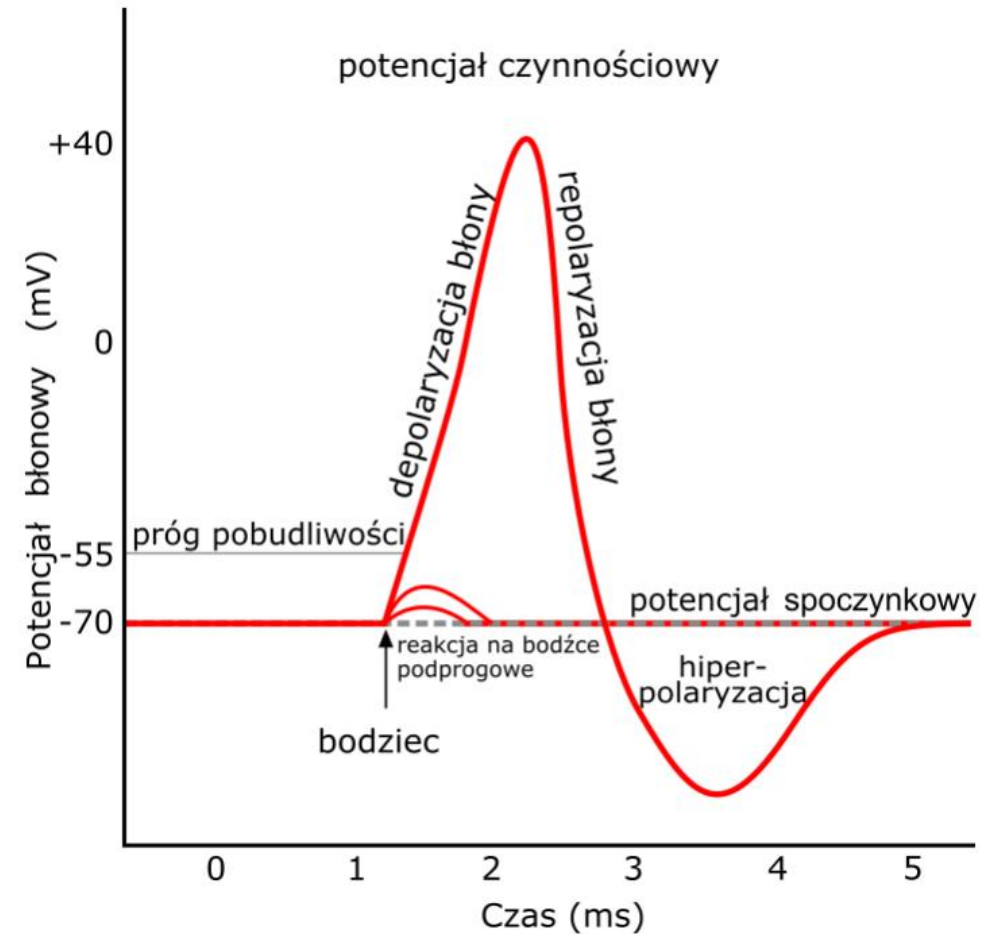
POTENCJAŁ SPOCZYNKOWY KOMÓRKI NERWOWEJ

- Błona komórkowa neuronu **selektywnie** przepuszcza jony (obecność kanałów i pomp jonowych)
- Błona komórkowa neuronu **jest spolaryzowana**, tzn. charakteryzuje się różnicą w rozkładzie ładunków po stronie wewnętrznej (cytoplazmatycznej) i zewnętrznej
- **Potencjał błonowy** to różnica napięcia pomiędzy obiema stronami błony komórkowej neuronu – w warunkach spoczynkowych wynosi on -70mV



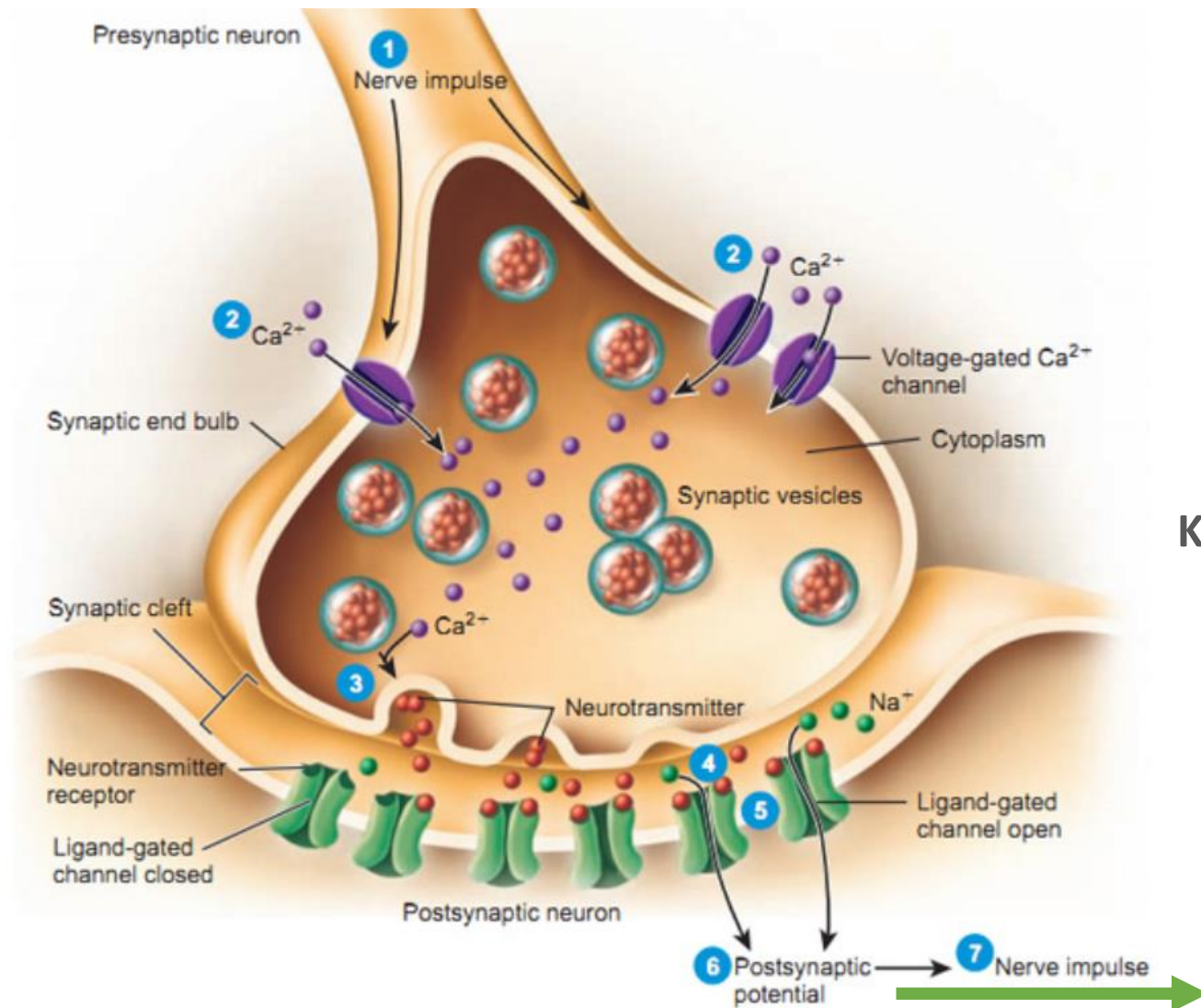
POTENCJAŁ CZYNNOŚCIOWY KOMÓRKI NERWOWEJ

- W odpowiedzi na pobudzenie (np. połączenie neurotransmitera pobudzającego z receptorem jonotropowym) błona komórkowa neuronu zmienia swój potencjał
- Jeśli pobudzenie jest wystarczająco silne i osiągnie wzgórek aksonu (miejsce generowania potencjałów czynnościowych), dochodzi do wzrostu potencjału błonowego do wartości progowej i wyzwolenia **potencjału czynnościowego** (odwrócenia rozkładu ładunków po obu stronach błony)
- Potencjał czynnościowy przemieszcza się po błonie aksonu w kierunku od ciała komórki do zakończenia aksonu
- Pobudzenie może zostać przekazane na kolejny neuron lub inną komórkę efektorową

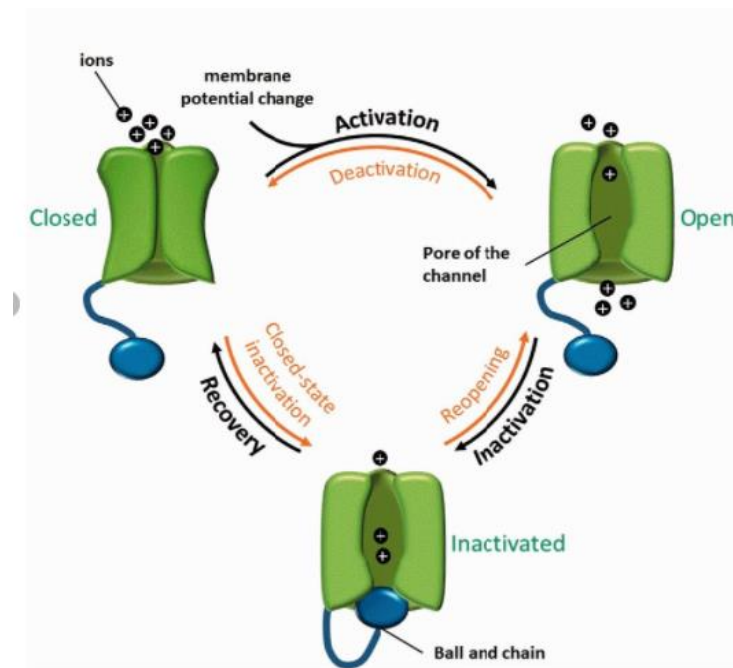


TYPY KANAŁÓW JONOWYCH

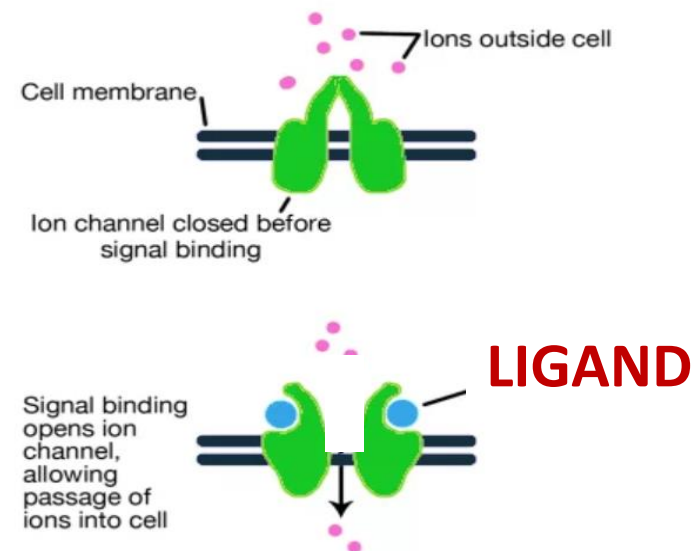
(na przykładzie obecnych w synapsie chemicznej)



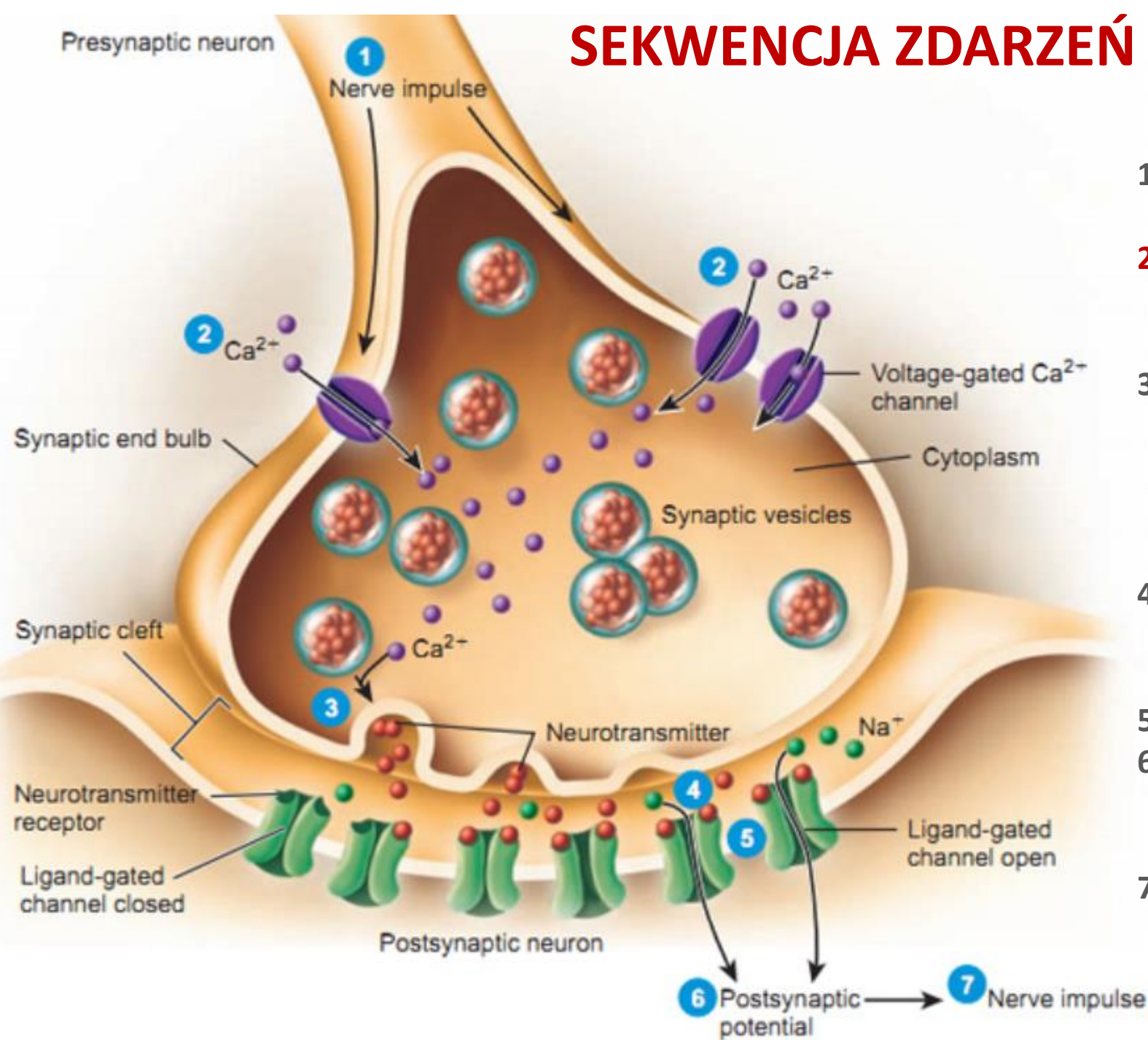
KANAŁ JONOWY BRAMKOWANY NAPIĘCIEM



KANAŁ JONOWY BRAMKOWANY LIGANDEM



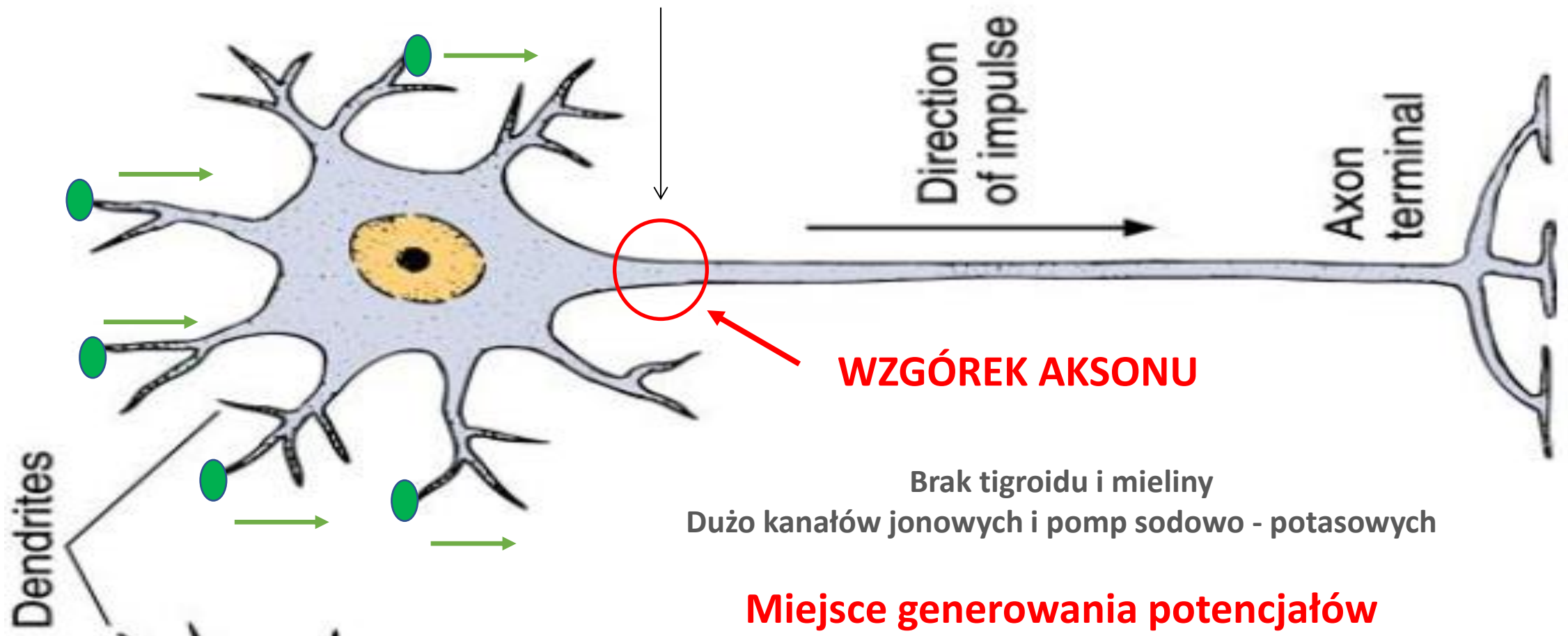
SEKWENCJA ZDARZEŃ W SYNAPSIE CHEMICZNEJ



1. Do zakończenia presynaptycznego dociera impuls nerwowy
2. **Bramkowane napięciem kanały jonowe dla wapnia** otwierają się, napływają jony wapnia
3. Pod wpływem wzrostu jonów wapnia pęcherzyki z neuroprzekaźnikiem dokują do błony presynaptycznej i uwalniają zawartość do szczeliny synaptycznej
4. Neuroprzekaźnik łączy się z receptorem – **kanałem jonowym dla sodu bramkowanym ligandem**
5. Kanał otwiera się, napływają jony sodu
6. Błona postsynaptyczna ulega depolaryzacji wskutek napływu kationów sodowych
7. Fala depolaryzacji rozprzestrzenia się po błonie, w stronę ciała komórki



SUMOWANIE W CZASIE I PRZESTRZENI

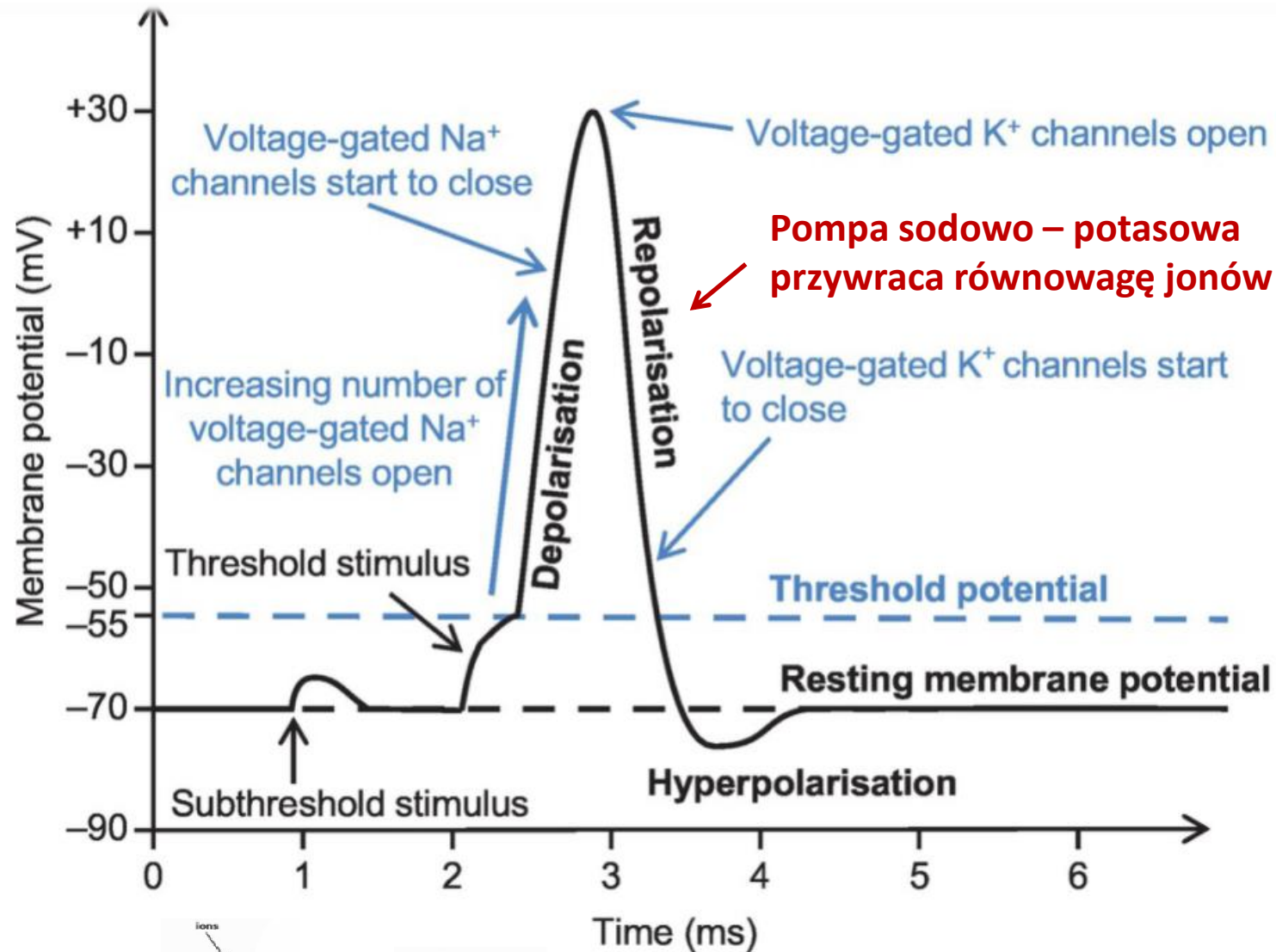


WZGÓREK AKSONU

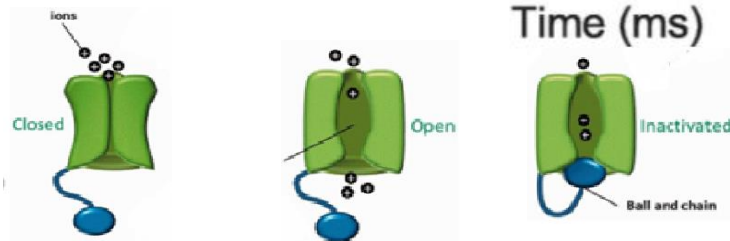
Brak tigroidu i mieliny
Dużo kanałów jonowych i pomp sodowo - potasowych

**Miejsce generowania potencjałów
czynnościowych**

POTENCJAŁ CZYNNOŚCIOWY – „WSZYSTKO ALBO NIC”



Kanały sodowe
bramkowane napięciem
w aksonie

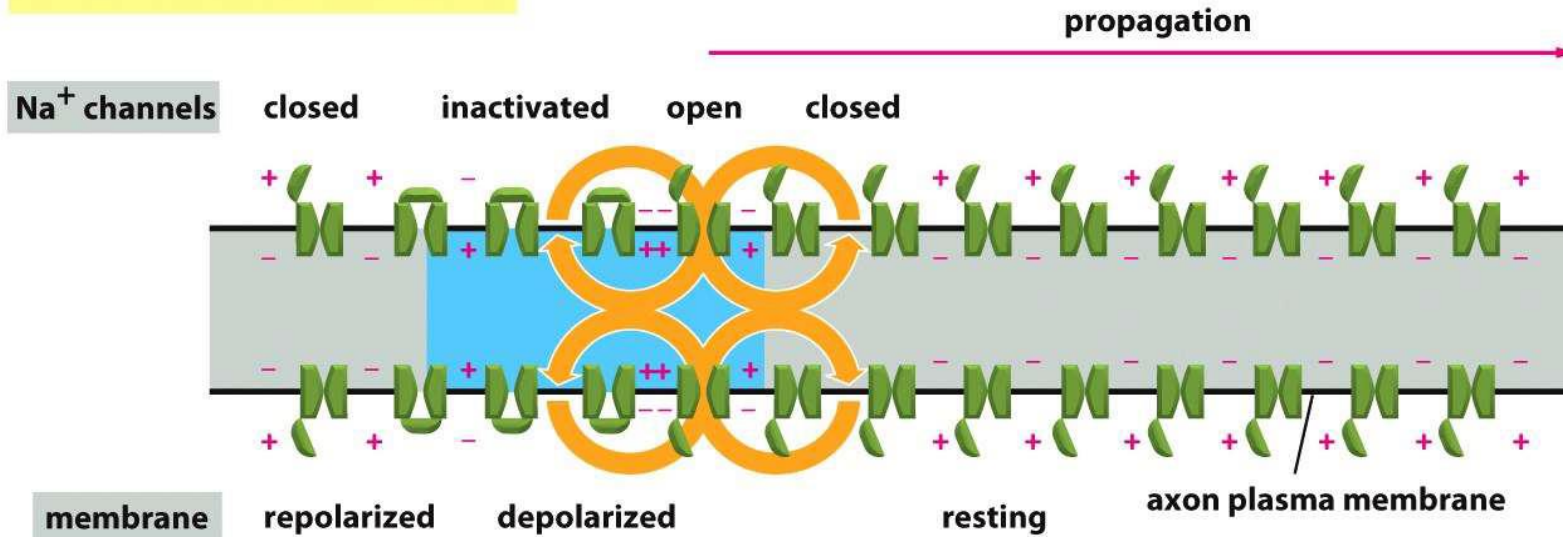


Kanały sodowe zablokowane =
okres refrakcji bezwzględnej

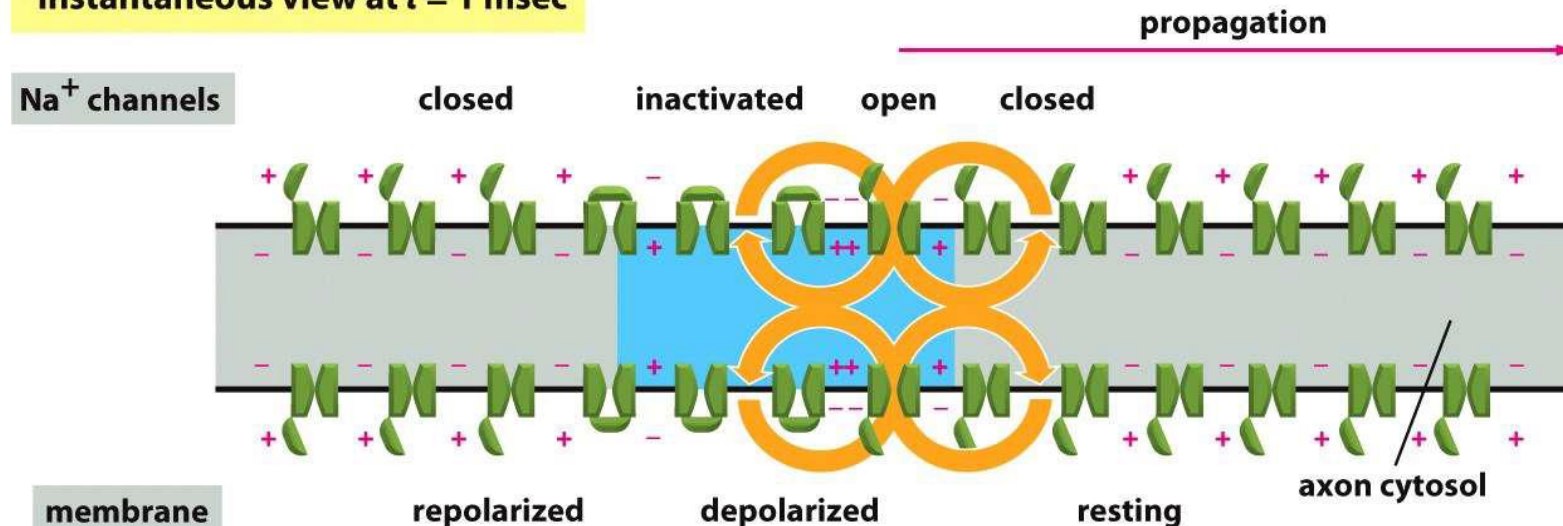
PROPAGACJA POTENCJAŁU CZYNNOŚCIOWEGO

Kanały sodowe bramkowane napięciem otwierają się w kolejnych odcinkach aksonu

instantaneous view at $t = 0$



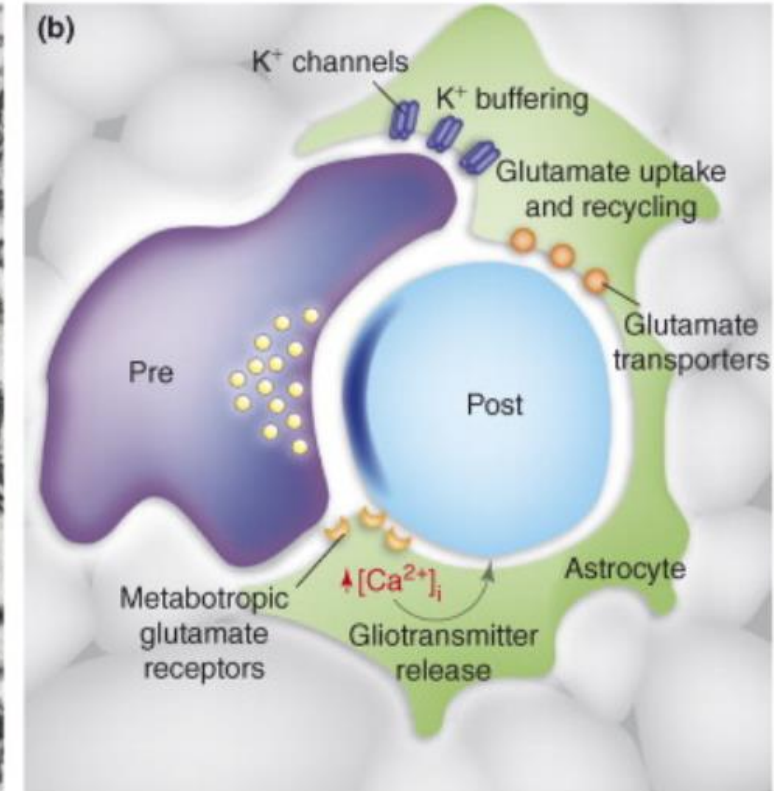
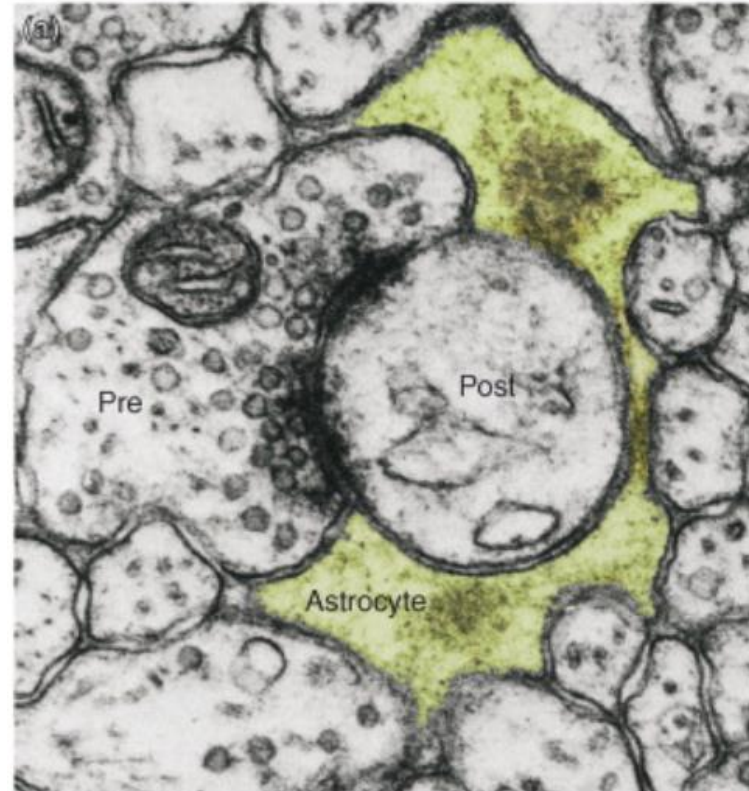
instantaneous view at $t = 1$ msec



Funkcje astrocytów:

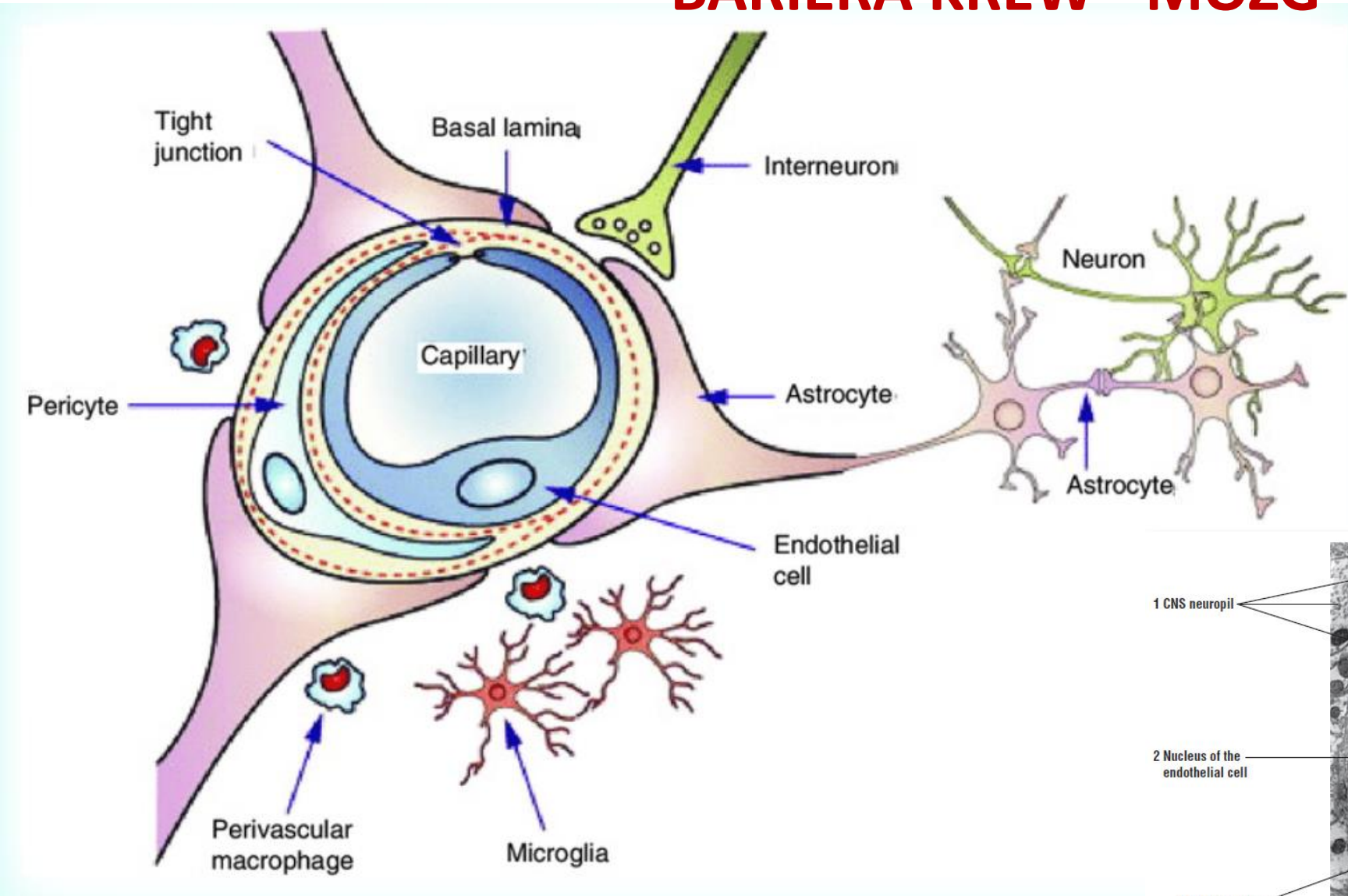
- Produkcja czynników odżywczych dla neuronów
- Usuwanie metabolitów
- Fagocytoza
- Wydzielanie czynników wzrostowych
- Usuwanie neurotransmiterów i jonów ze szczeliny synaptycznej
- Produkcja (prekursorów) neurotransmiterów
- Współtworzenie bariery krew - mózg

ASTROCYTY



TRENDS in Molecular Medicine

BARIERA KREW - MÓZG



Śródbłonek:

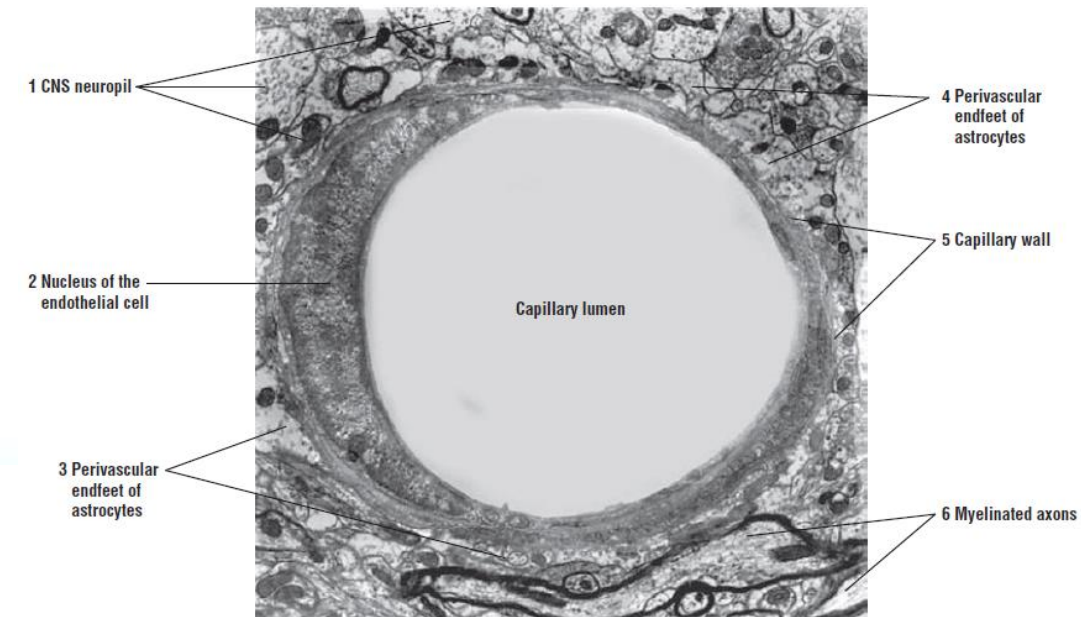
- Brak fenestracji
- Połączenia ściste
- Pompy lekooporności

Astrocyty:

- Wypustki uszczelniają barierę

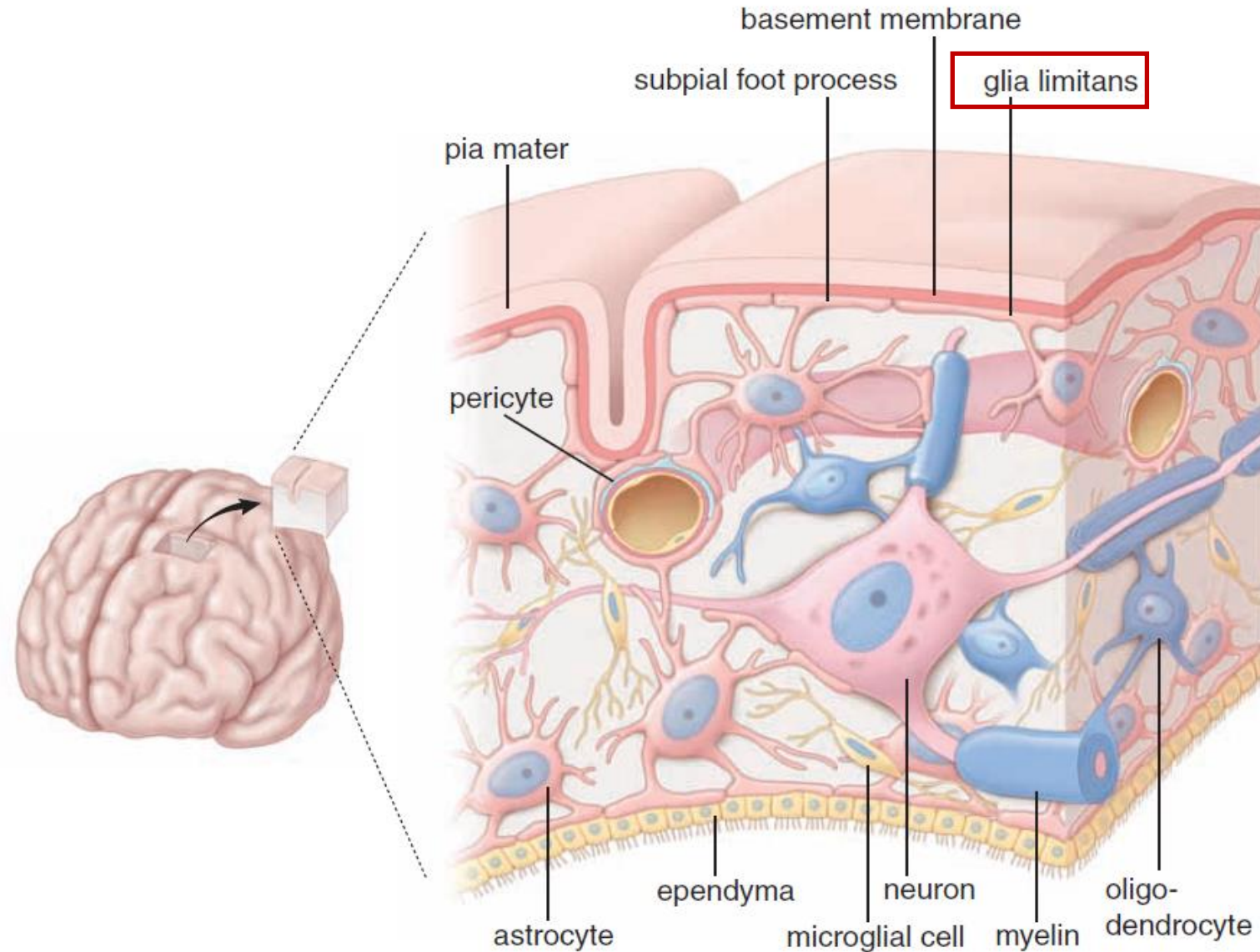
Perocyty:

- Komórki kurczliwe, regulują przepływ krwi przez naczynia



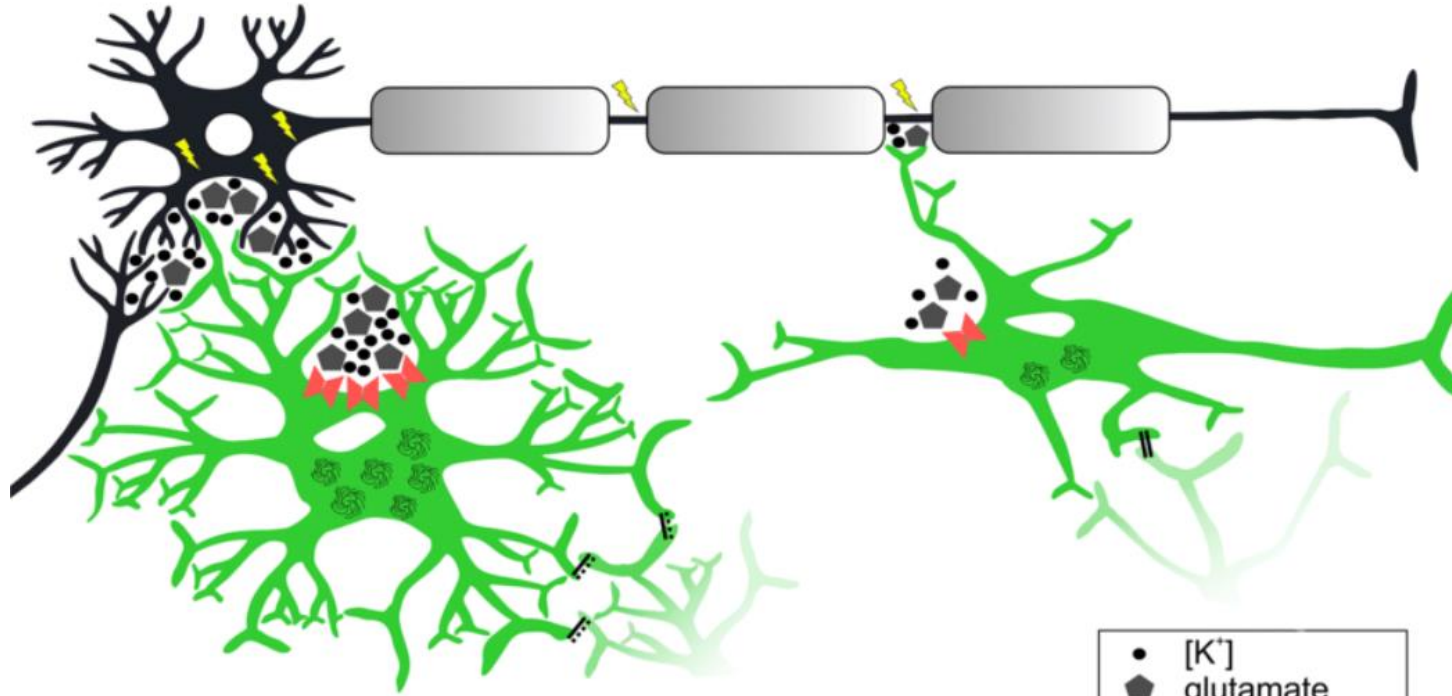
Wyjątki: przysadka, szyszynka, ośrodek wymiotny

BŁONA GRANICZNA MÓZGU TWORZONA PRZEZ WYPUSTKI ASTROCYTÓW - GLIA LIMITANS

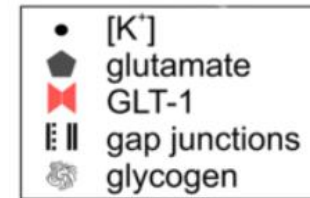


TYPY ASTROCYTÓW

ASTROCYTY PROTOPLAZMATYCZNE



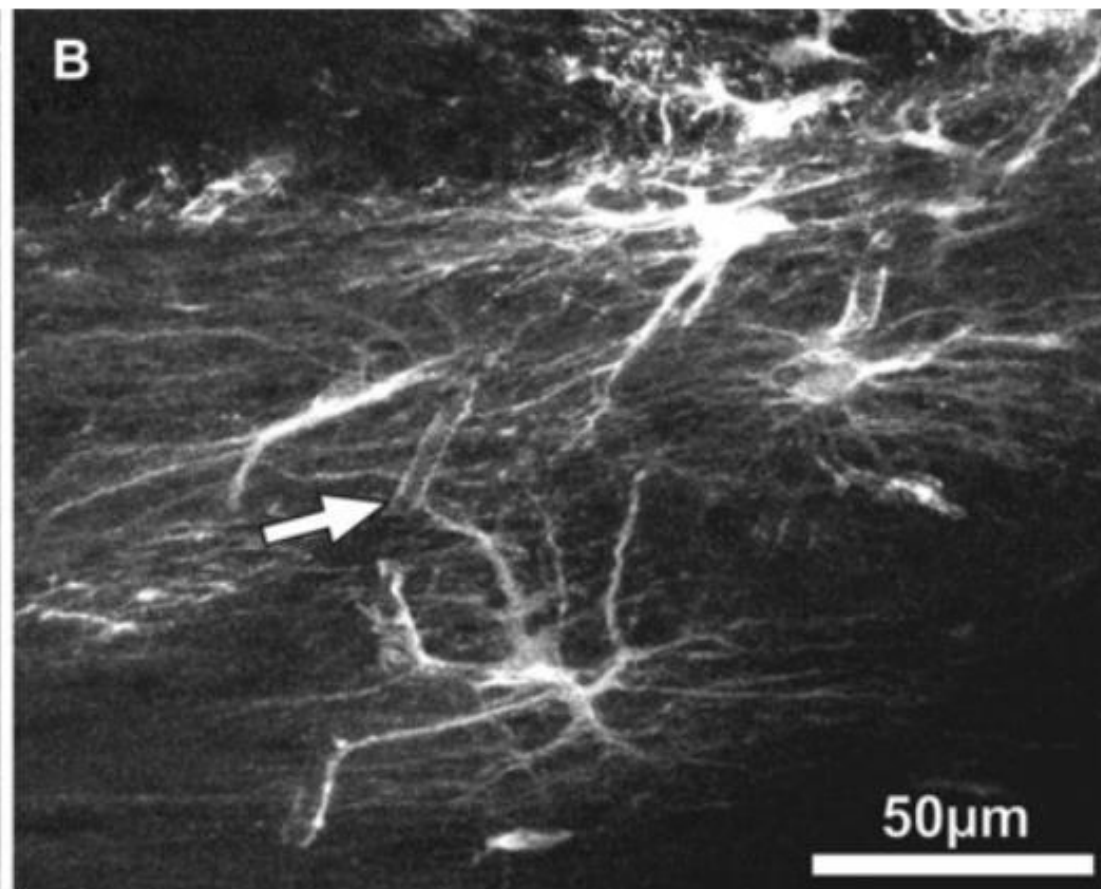
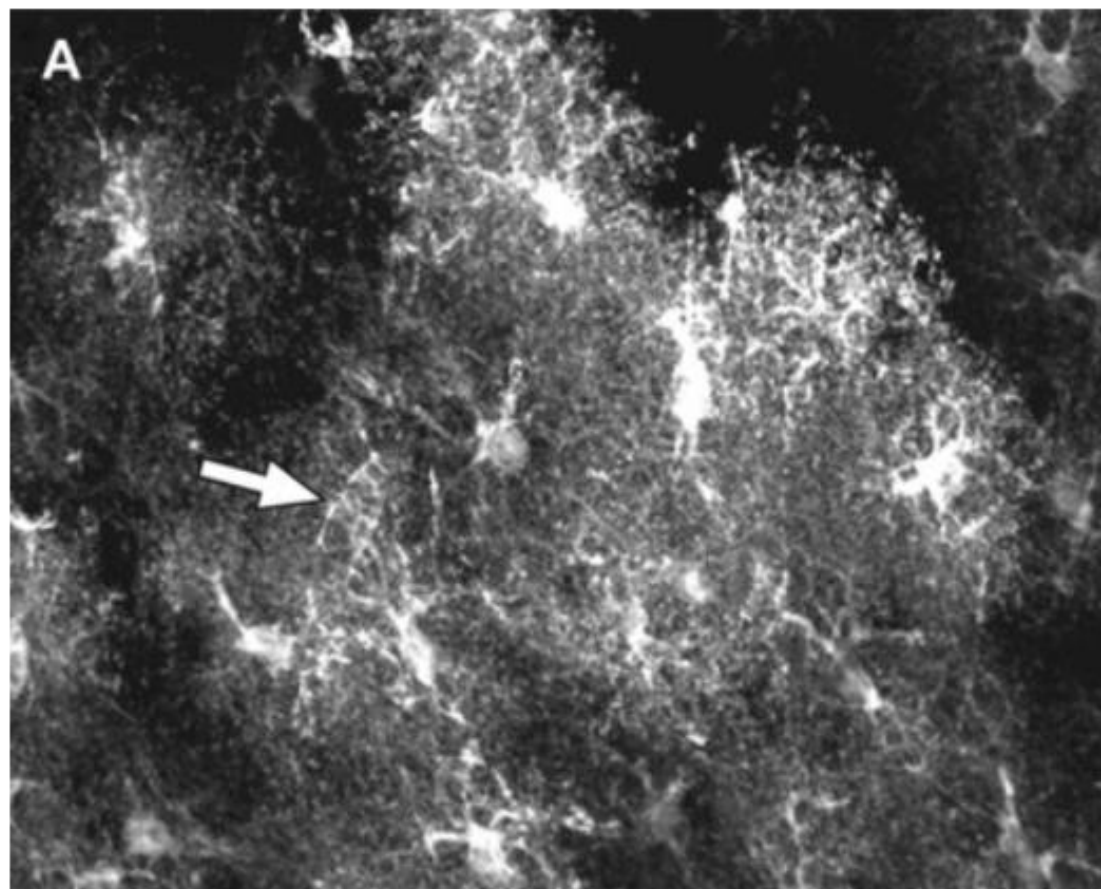
ASTROCYTY WŁÓKNISTE



- Istota szara
- Delikatniejsze wypustki
- Produkują dużo glikogenu
- Liczne przy synapsach – usuwają neurotransmitery i jony

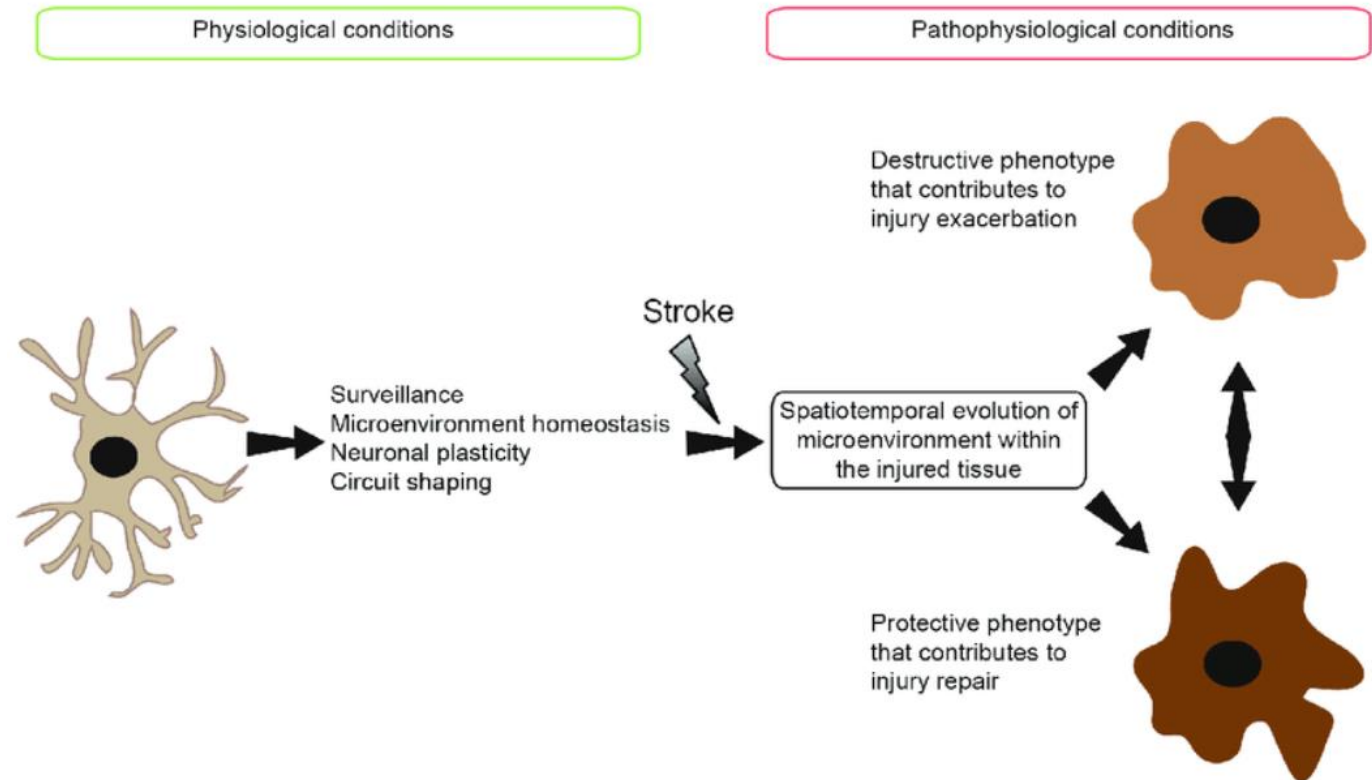
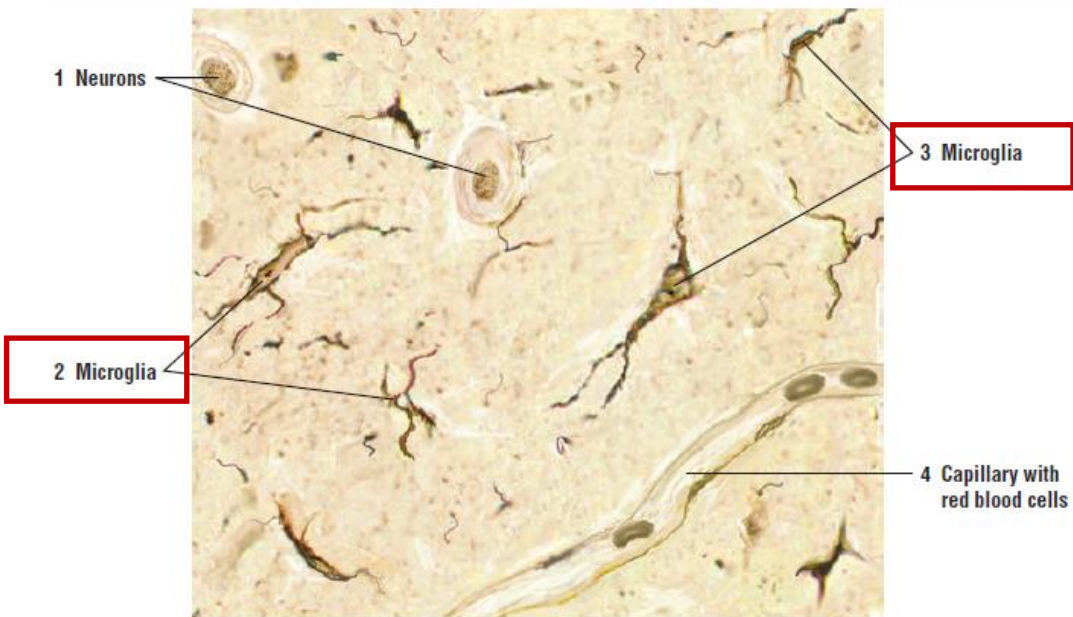
RÓŻNICE

- Istota biała
- Grubsze wypustki
- Liczne przy węzłach ranviera – usuwają jony

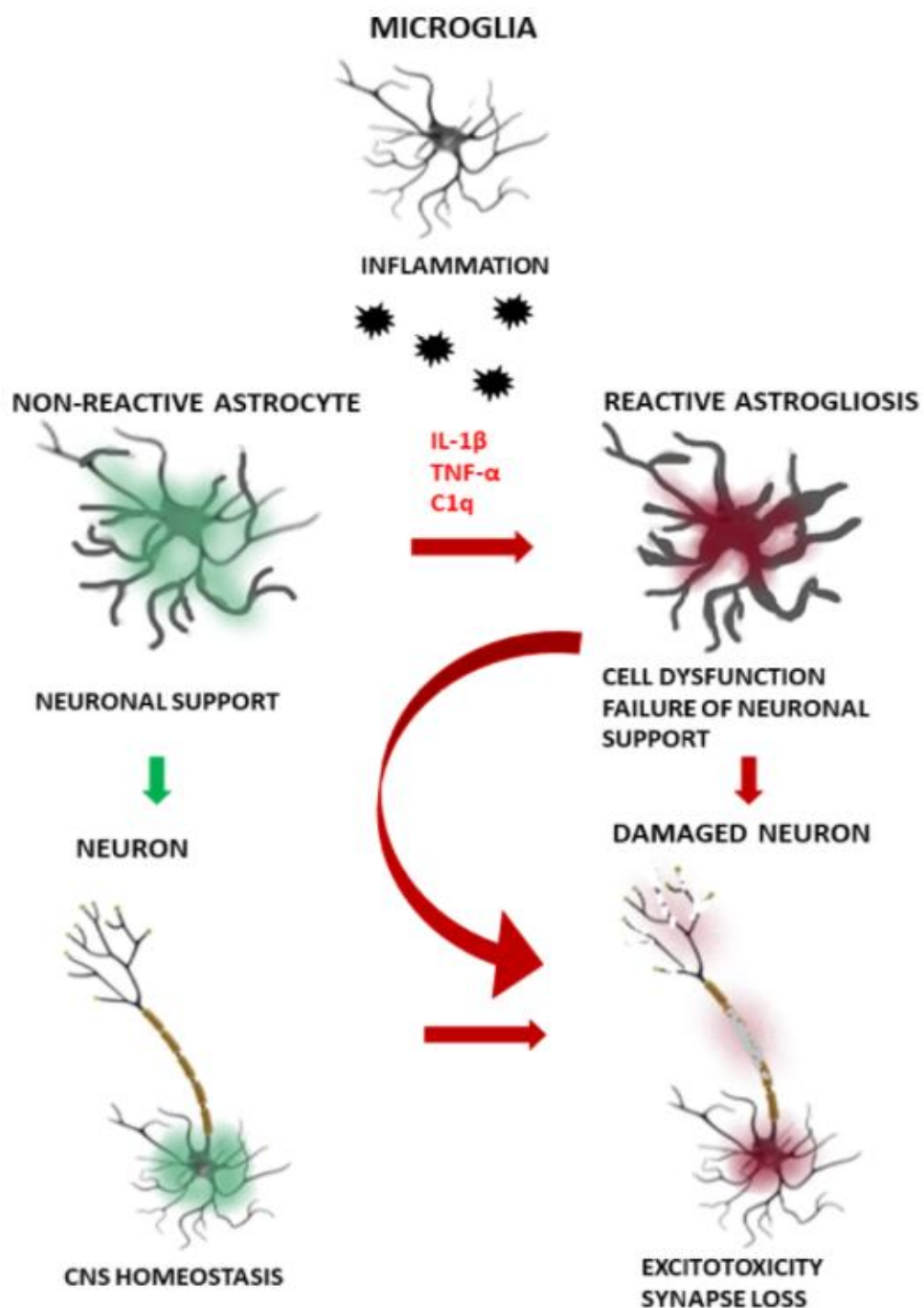


MIKROGLEJ

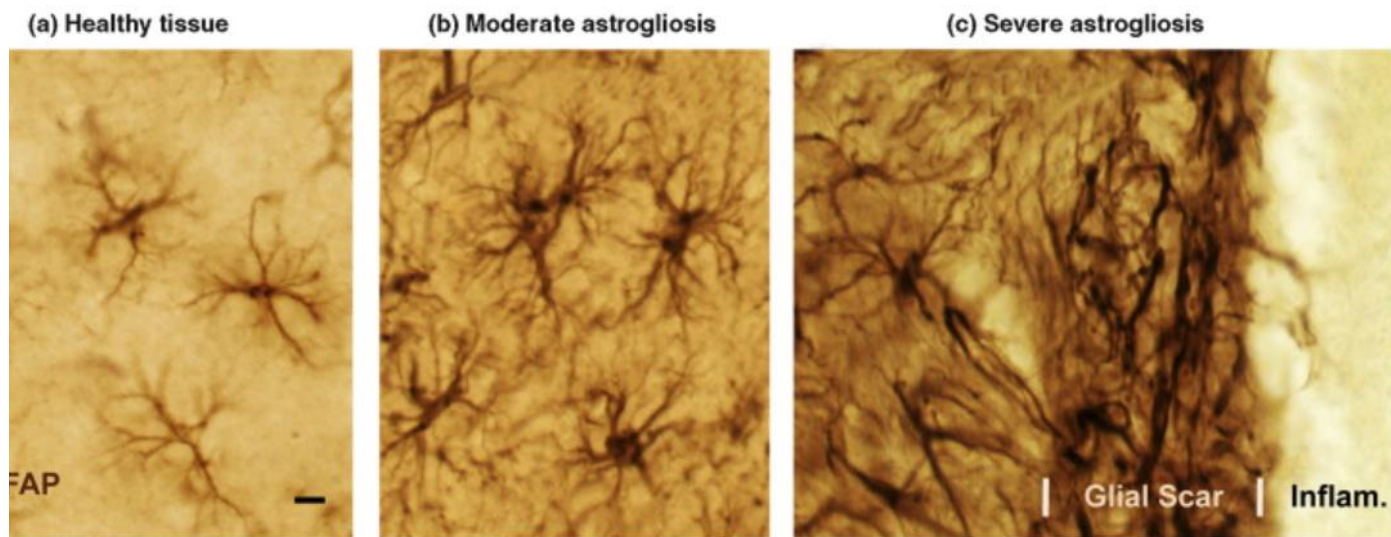
- Pochodzi z mezodermy (mezoglej)
- Zasiedla układ nerwowy w życiu płodowym
- Pełni funkcję makrofagów w ośrodkowym układzie nerwowym (np. fagocytoza obumarłych komórek, złogów białkowych)
- Może brać udział w remodelowaniu synaps
- „Pierwsza linia” reagowania na uszkodzenie komórek cns



URAZY, ZAKAŻENIA I CHOROBY NEURODEGENERACYJNE AKTYWACJA MIKROGLEJU I ASTROCYTÓW



GFAP – filament pośredni astrocytów



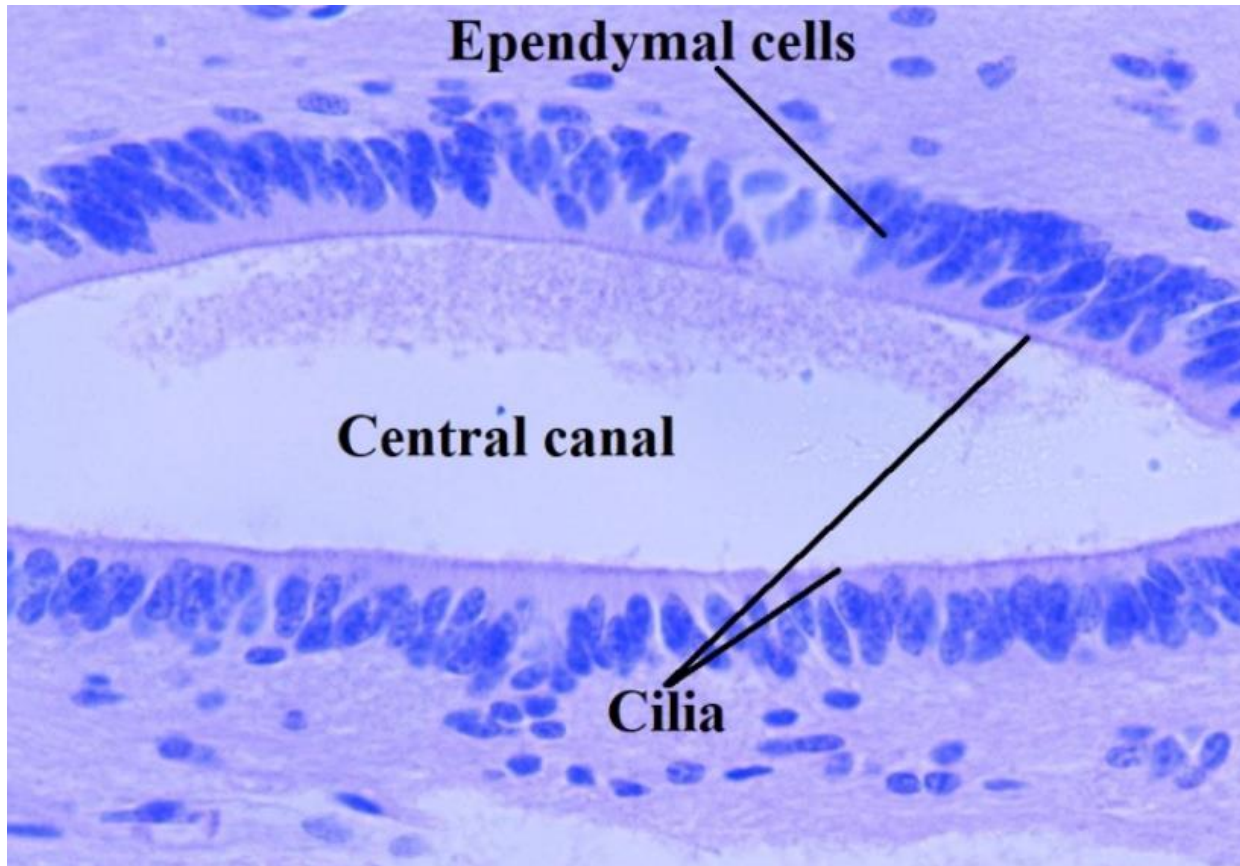
TRENDS in Neurosciences

https://www.nrronline.org/viewimage.asp?img=NeuralRegenRes_2021_16_2_218_290877_f2.jpg

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0166223609001532>

<https://www.intechopen.com/chapters/69630>

EPENDYMOCYTY

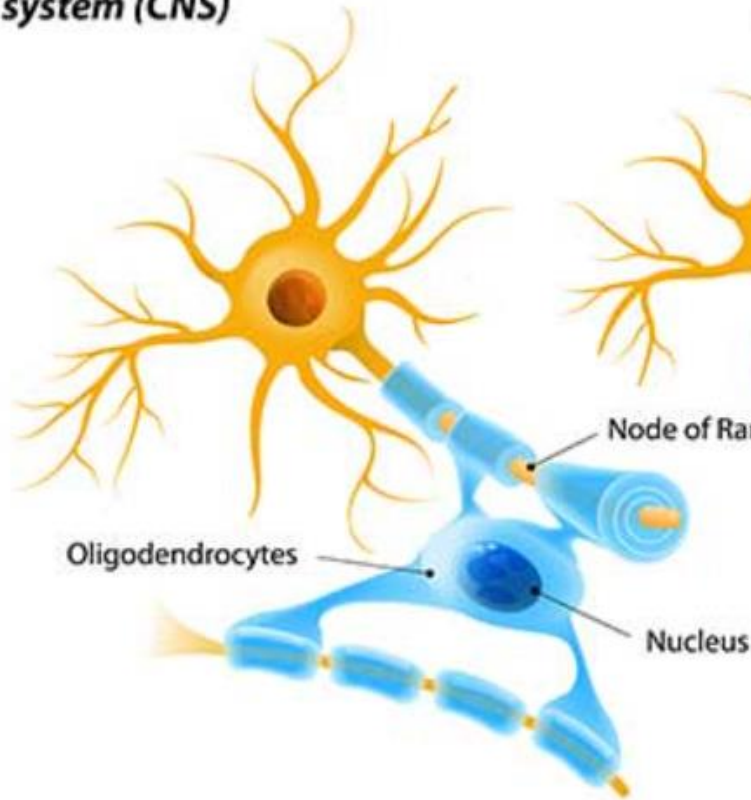


Komórki wyściółki (ependymy), walcowate lub sześciennie, tworzące pojedynczą nabłonko-podobną warstwę, która wyściela komory mózgu i kanał rdzenia kręgowego. Pokrywają fałdy spłotu naczyniówkowego. Biorą udział w tworzeniu i krążeniu płynu mózgowo-rdzeniowego.

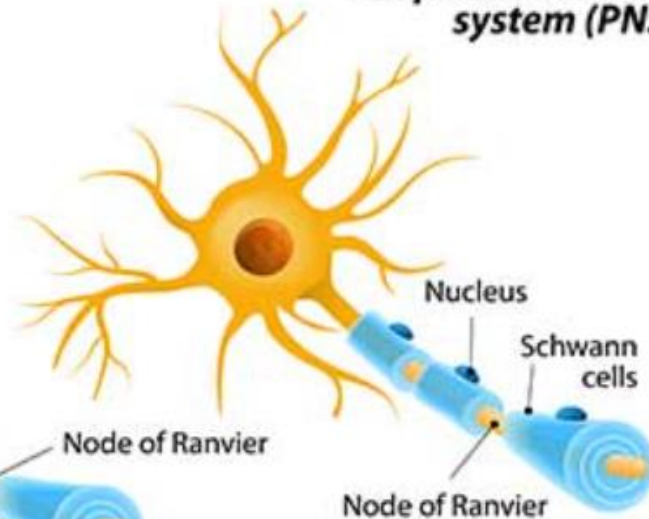
OLIGODENDROCYTY / KOMÓRKI SCHWANNA (LEMOCYTY)

Mielinizacja aksonów w ośrodkowym/obwodowym układzie nerwowym

Central nervous system (CNS)



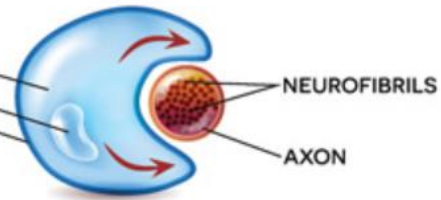
Peripheral nervous system (PNS)



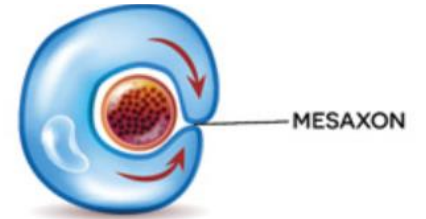
FORMOWANIE OSŁONKI MIELINOWEJ

SCHWANN CELL:

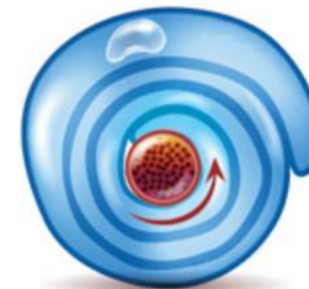
- CYTOPLASM
- NUCLEUS
- MEMBRANE



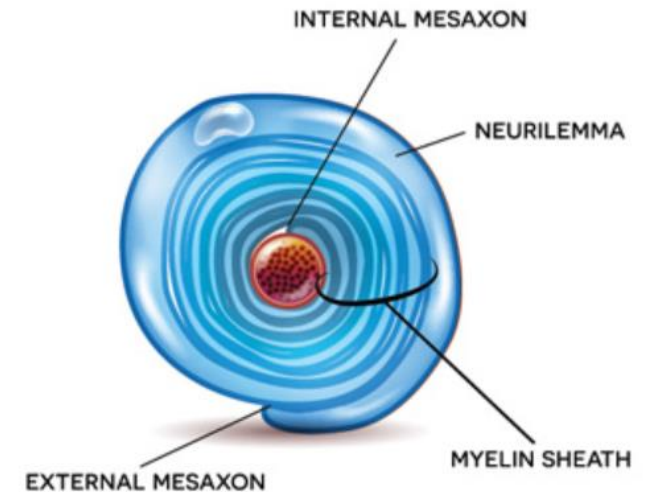
1.



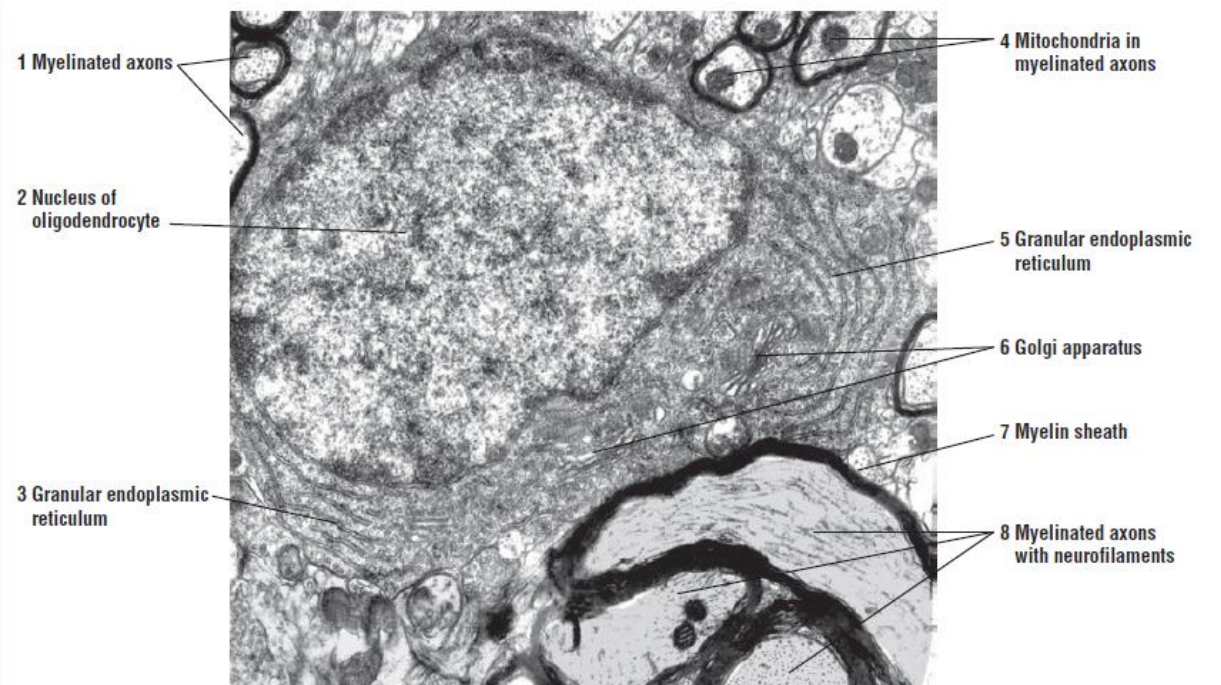
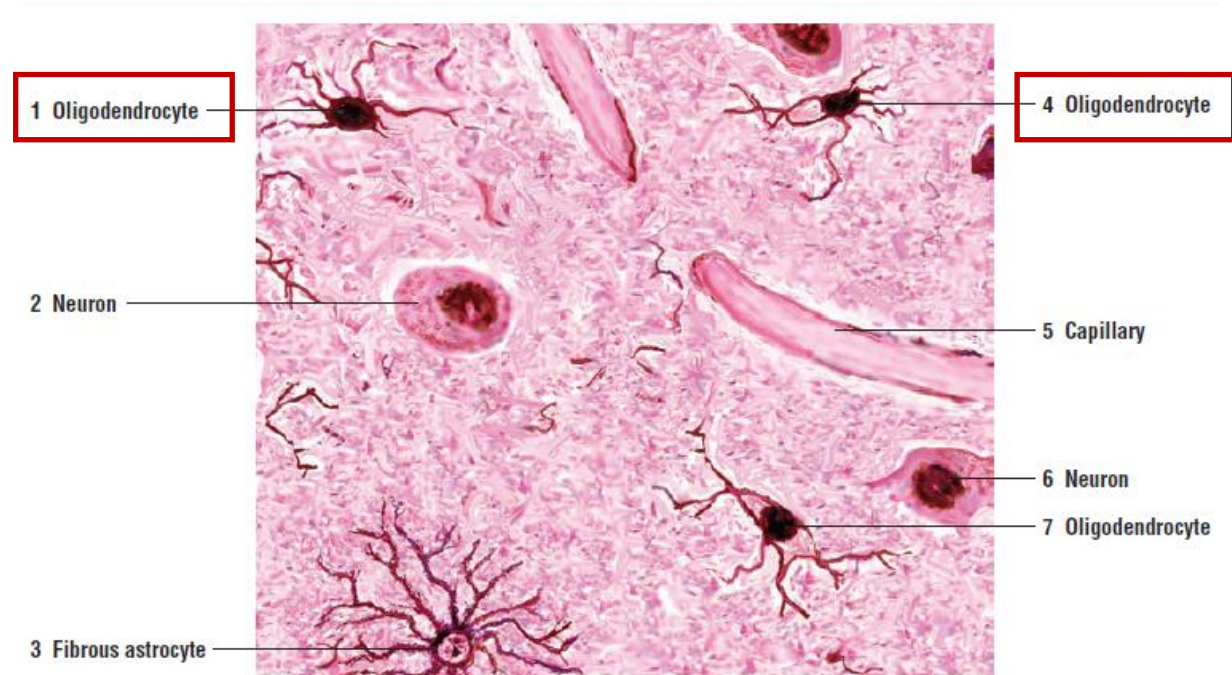
2.



3.



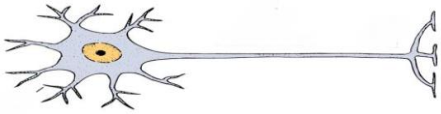
4.



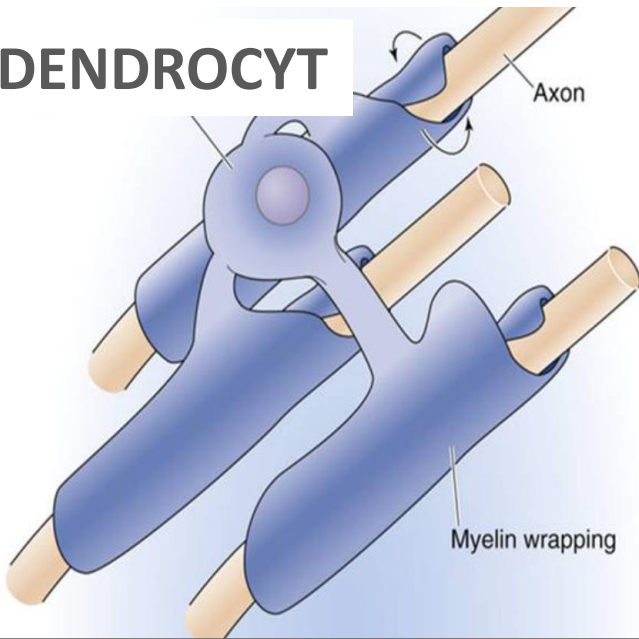
PODZIAŁ AKSONÓW ZE WZGLĘDU NA POZIOM MIELINIZACJI

OŚRODKOWY UKŁAD NERWOWY

- NAGI – BEZ OTOCZKI

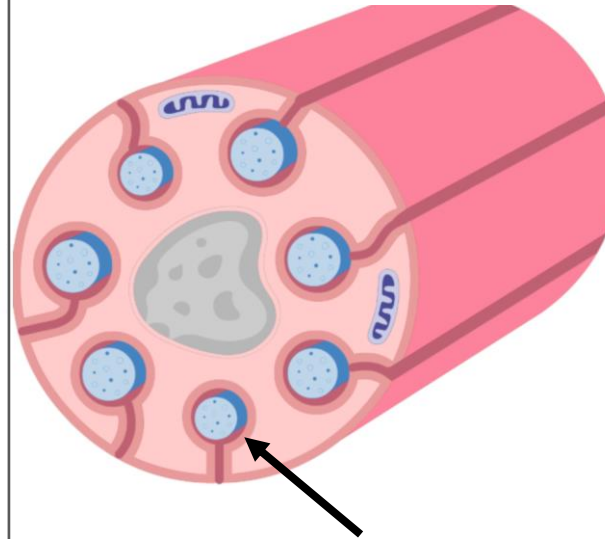


- ZMIELINIZOWANY (RDZENNY)
OLIGODENDROCYT

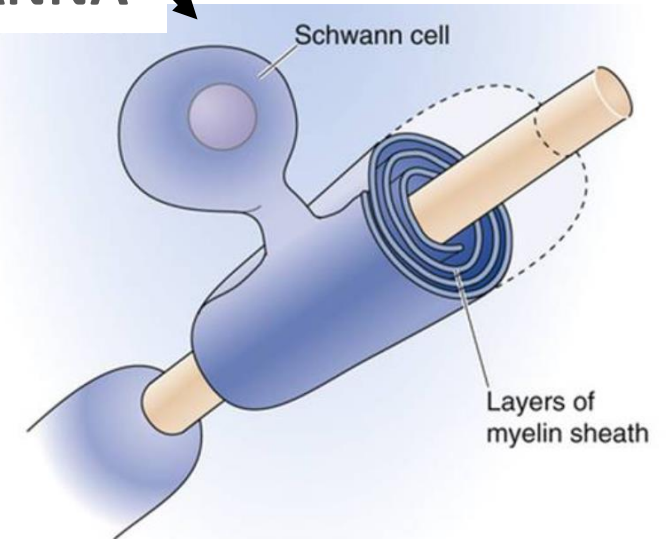


OBWODOWY UKŁAD NERWOWY

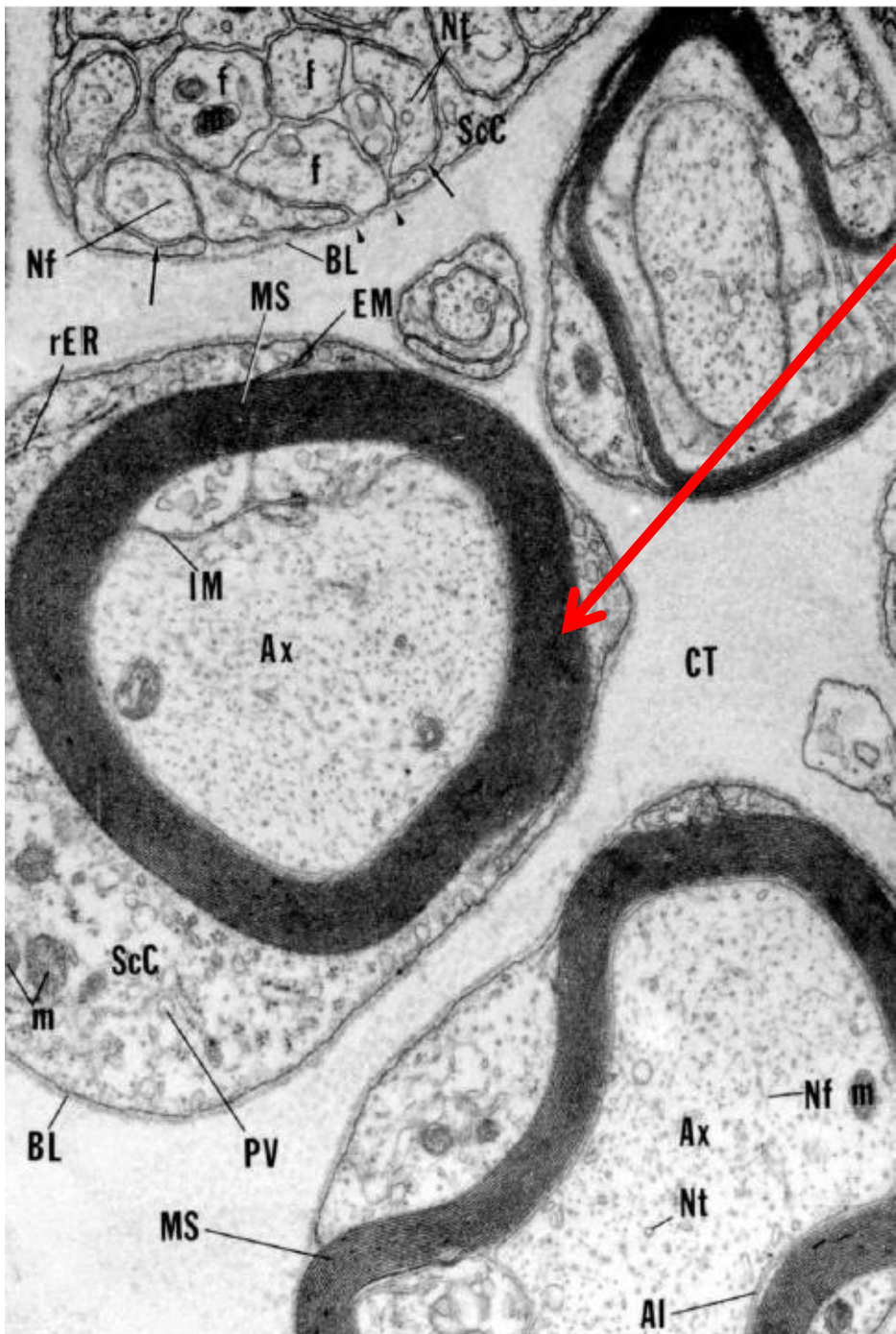
KOMÓRKA
SCHWANNA



AKSON BEZRDZENNY
(OTOCZONY CYTOPLAZMĄ
KOMÓRKI SCHWANNA)



AKSON ZMIELINIZOWANY
(RDZENNY)



AKSONY ZMIELINIZOWANE

AKSONY BEZMIELINOWE

1 Fibroblast

2 Myelin sheaths

3 Myelinated axons

4 Mitochondria

5 Schwann cell cytoplasm

6 Basal lamina

7 Unmyelinated axons

8 Schwann cell cytoplasm

9 Mitochondria

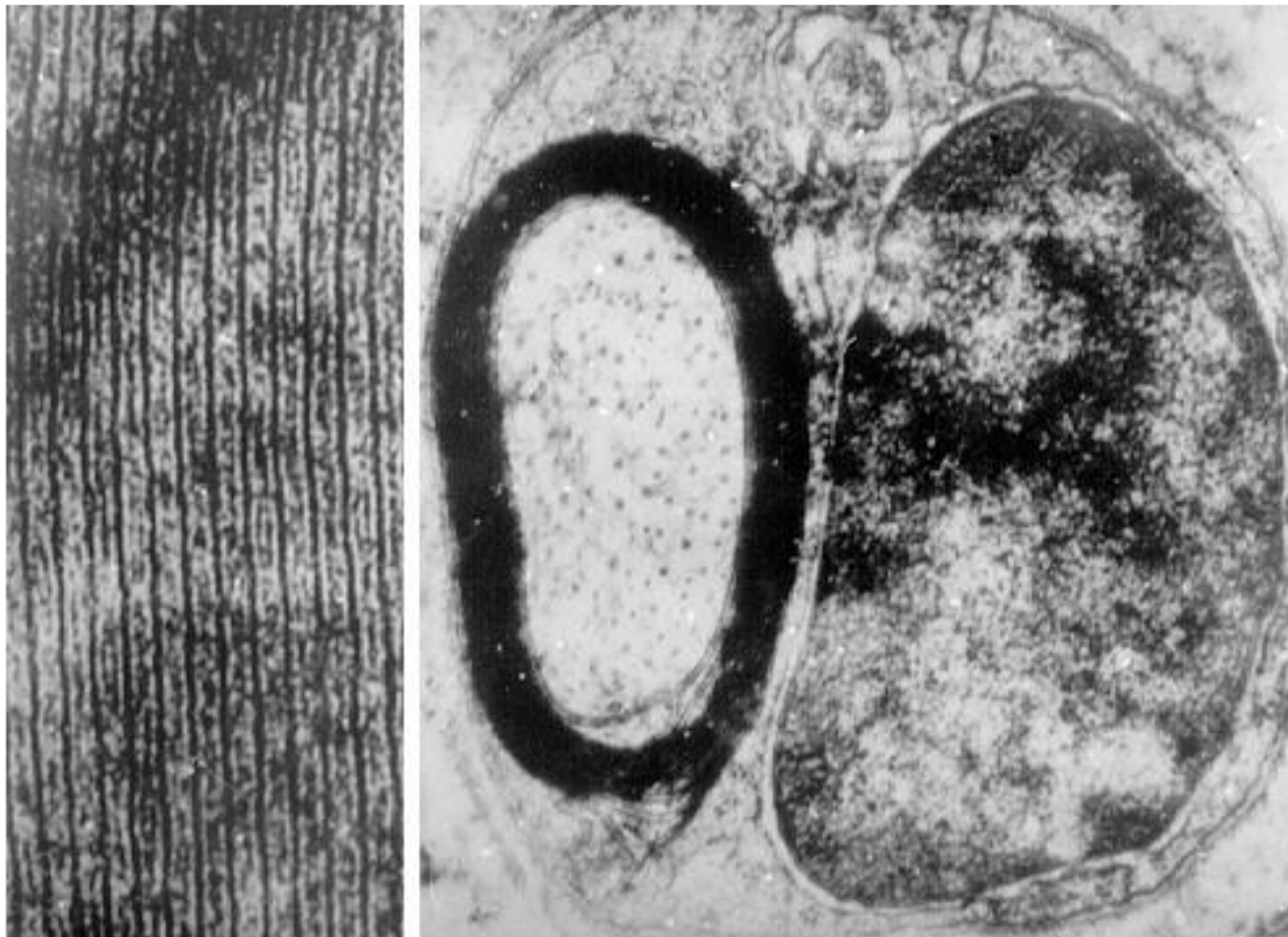
10 Basal lamina

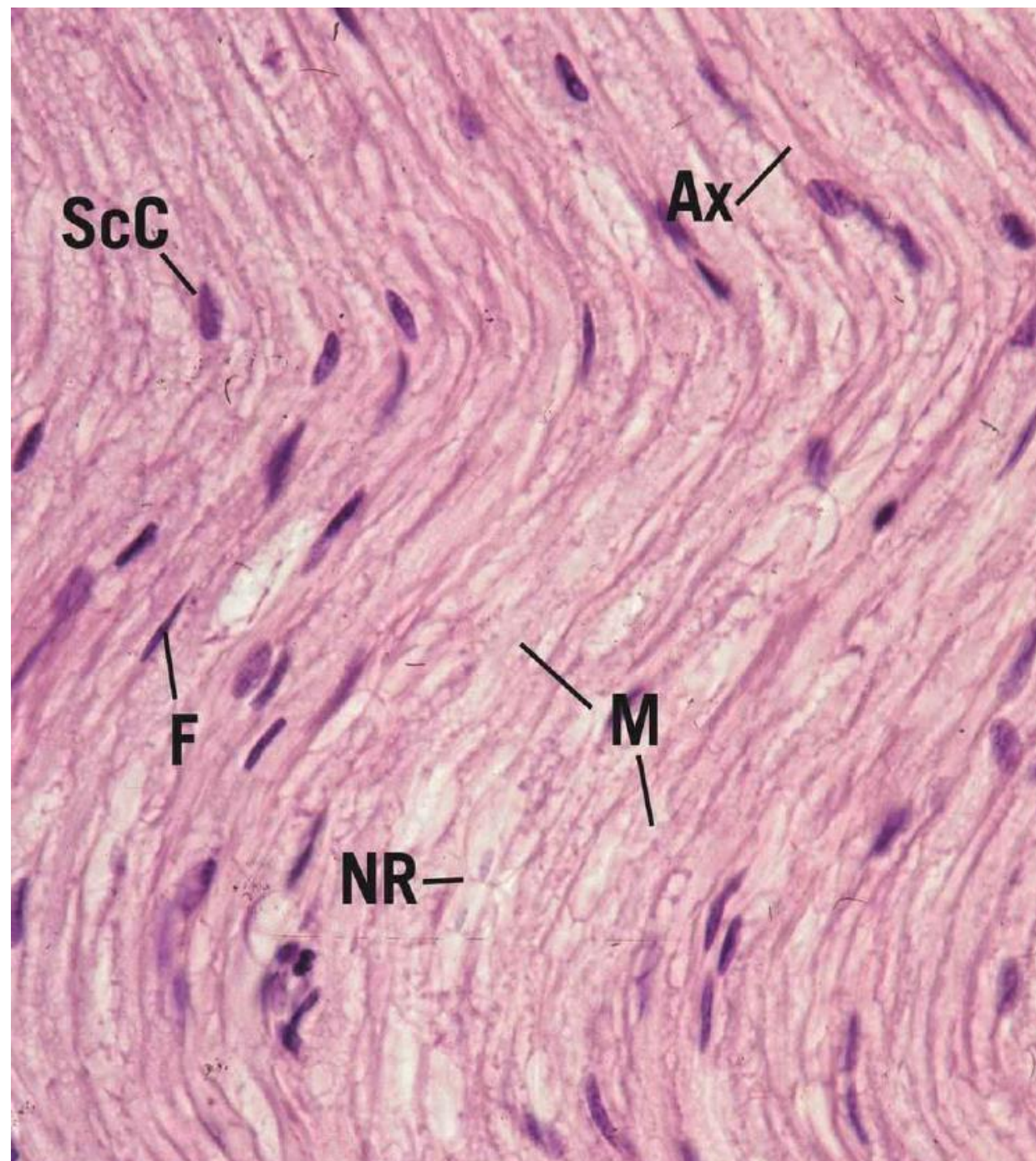
11 Fibroblast

12 Perineurium

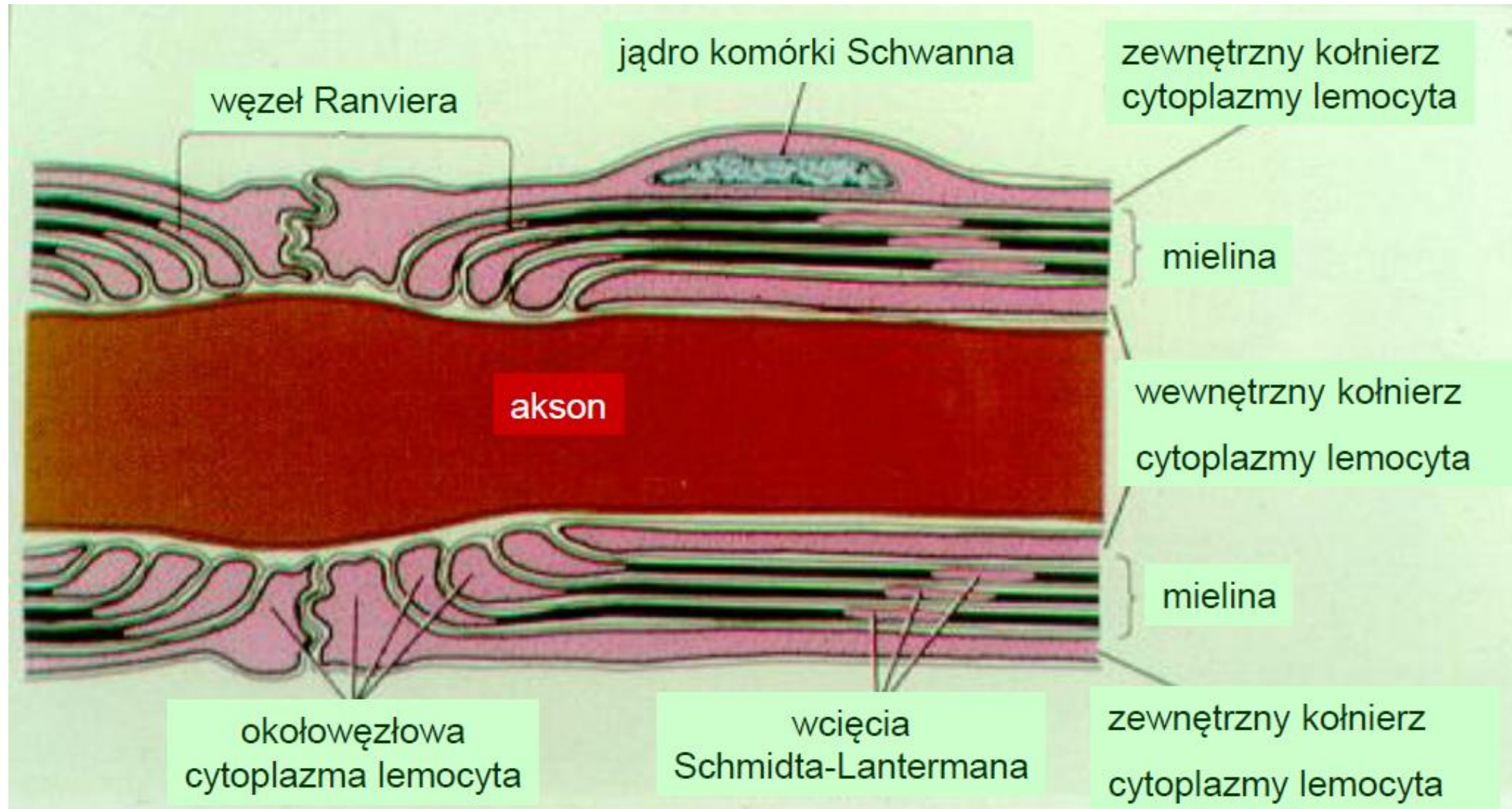


PRZEKRÓJ PRZECZNY WŁÓKNO NERWOWE Z NERWU KULSZOWEGO SZCZURA (EM)





SCHEMAT BUDOWY OTOCZKI MIELINOWEJ W OBWODOWYM UKŁADZIE NERWOWYM



1 Mitochondria

**2 Myelinated axon
with neurofilaments**

3 Cellular cytoplasm

4 Node of Ranvier

5 Myelin sheath

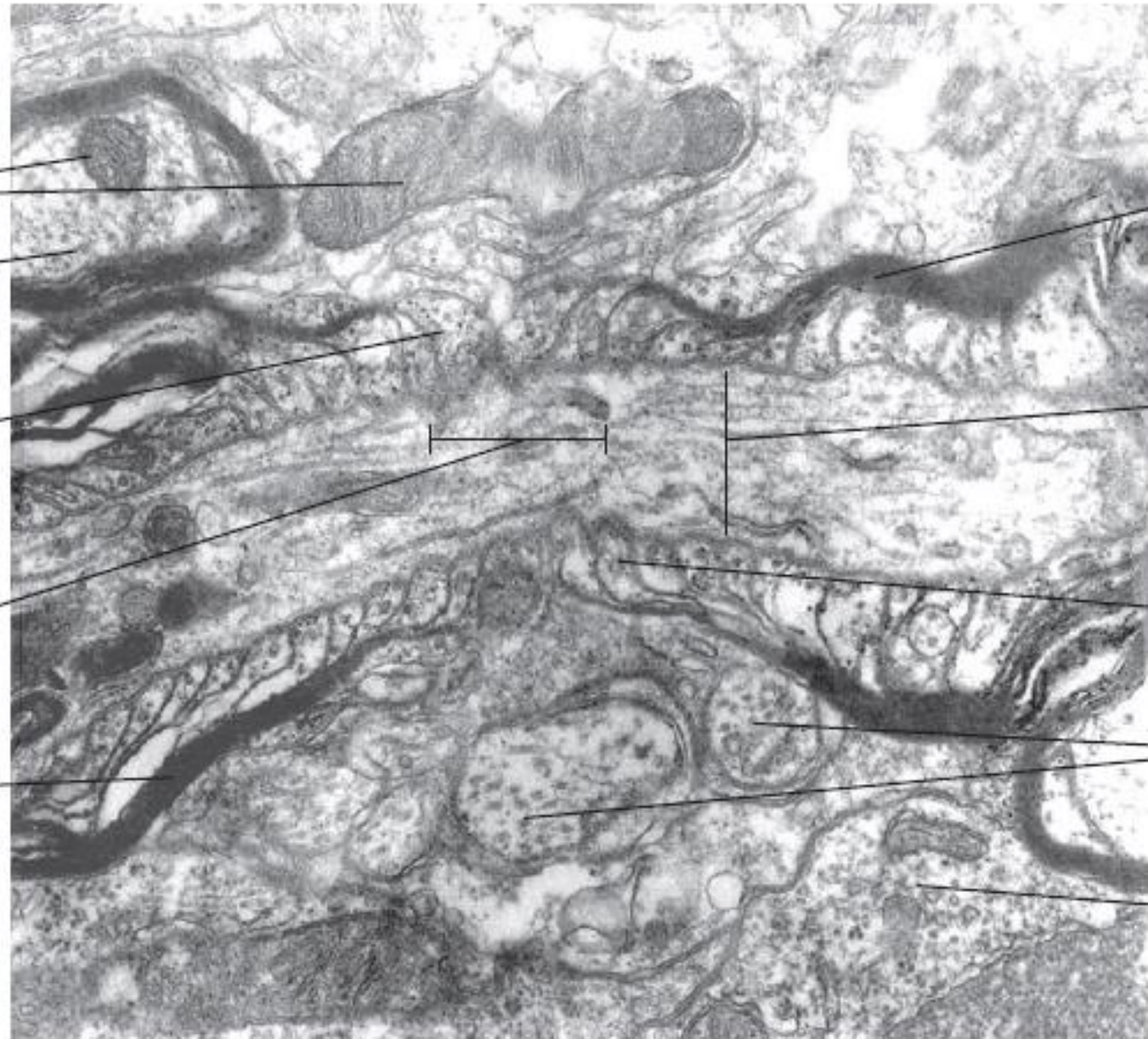
6 Myelin sheath

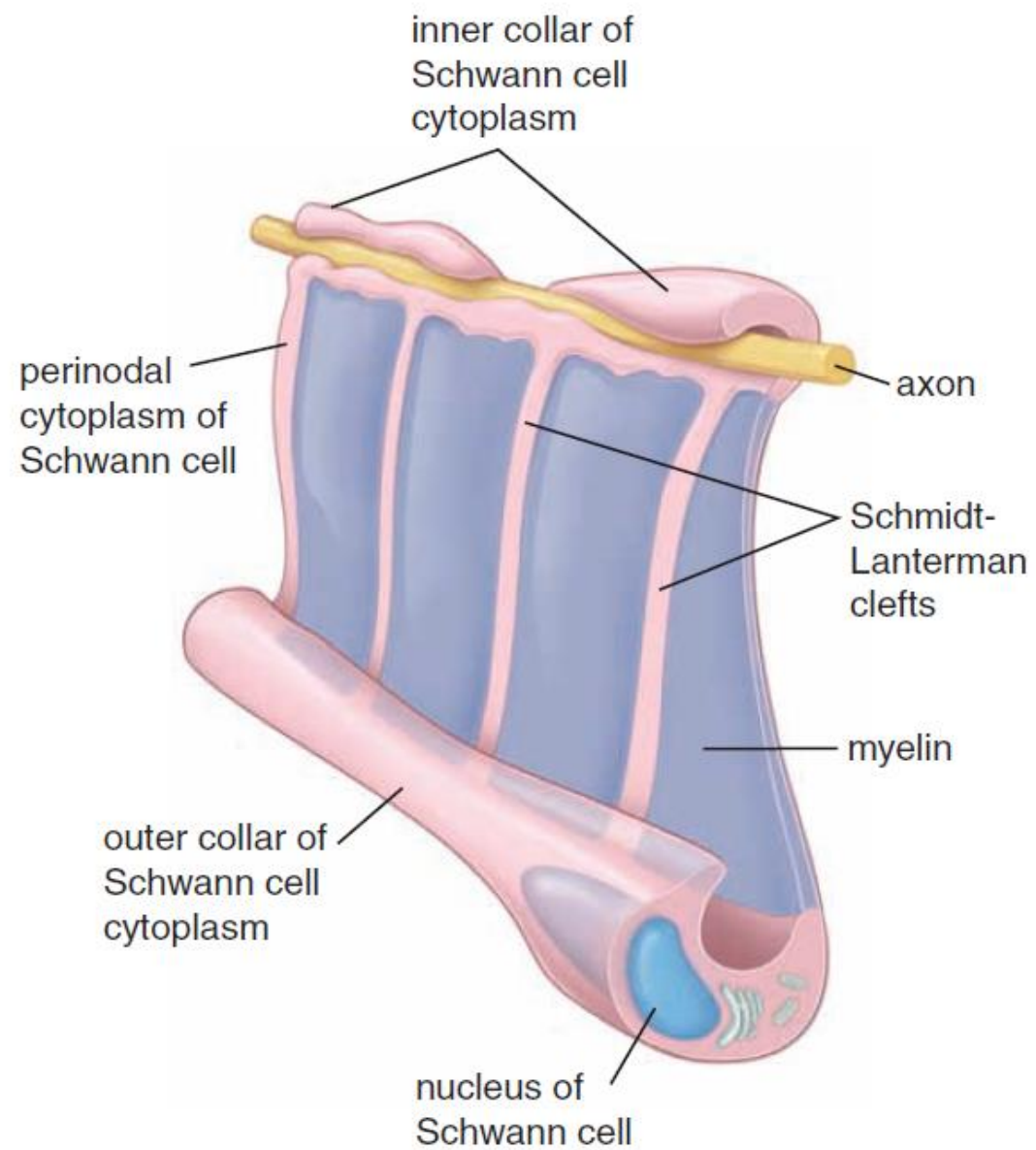
**7 Myelinated axon
with neurofilaments**

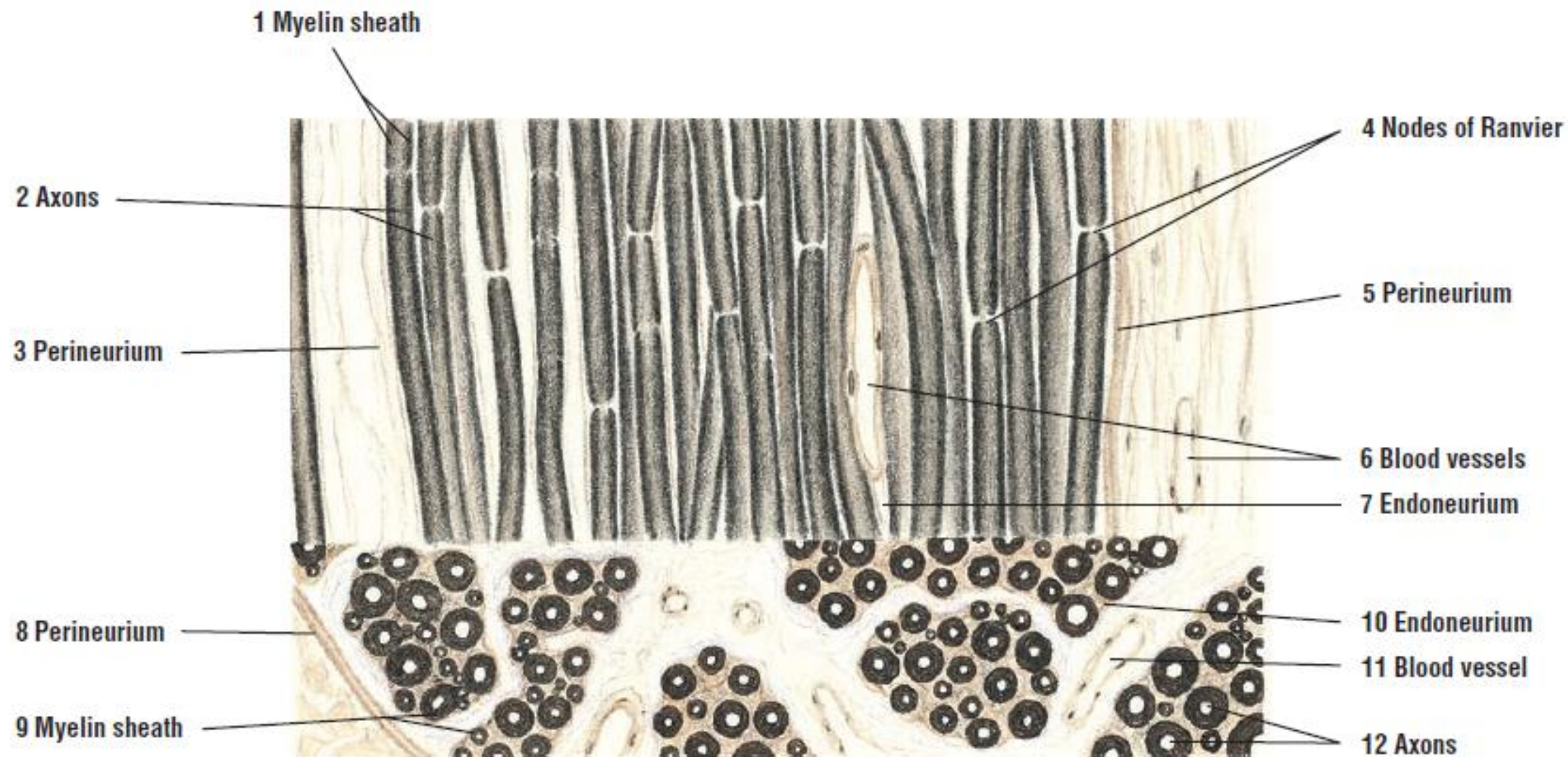
8 Cellular cytoplasm

9 Unmyelinated axons

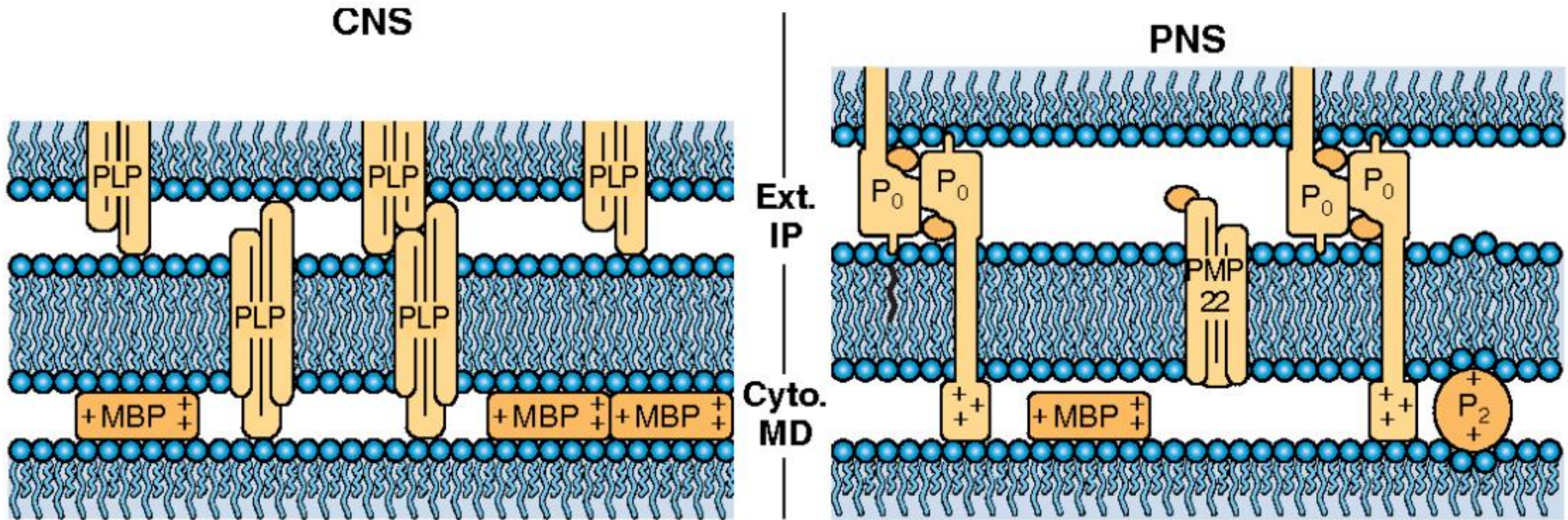
**10 Cytoplasm of
adjacent cell**







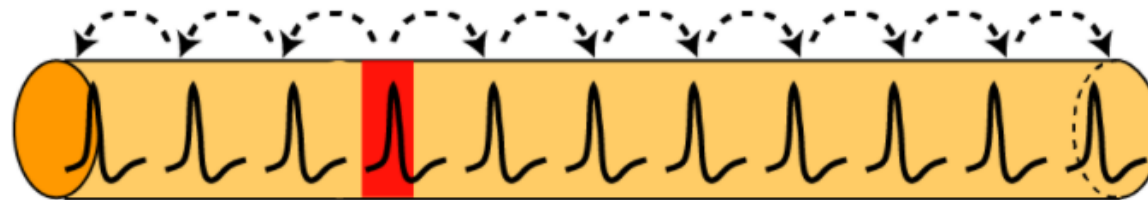
GŁÓWNE BIAŁKA OSŁONKI MIELINOWEJ OLIGODENDROCYTÓW I LEMOCYTÓW



PRĘDKOŚĆ PRZEWODZENIA IMPULSÓW NERWOWYCH W AKSONIE

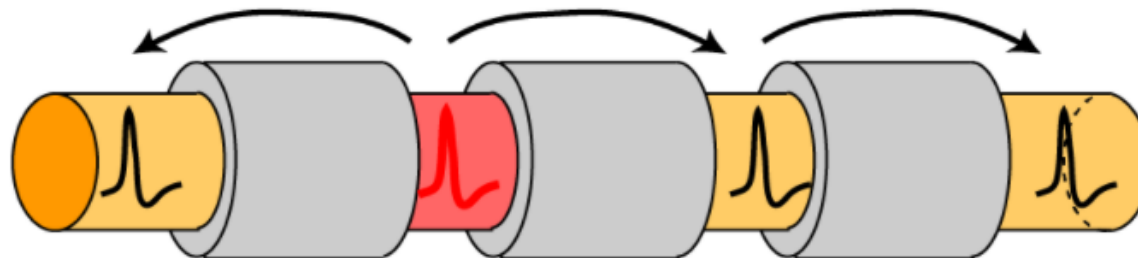
1. Szybkość przewodzenia impulsów nerwowych jest tym większa, im większa jest średnica aksonu/dendrytu
2. Mielinizacja umożliwia skokowe przewodzenie impulsów nerwowych – **im większa jest odległość między węzłami Ranviera**, tym szybciej przemieszcza się impuls

non-myelinated axon:



1 m/s

myelinated axon:

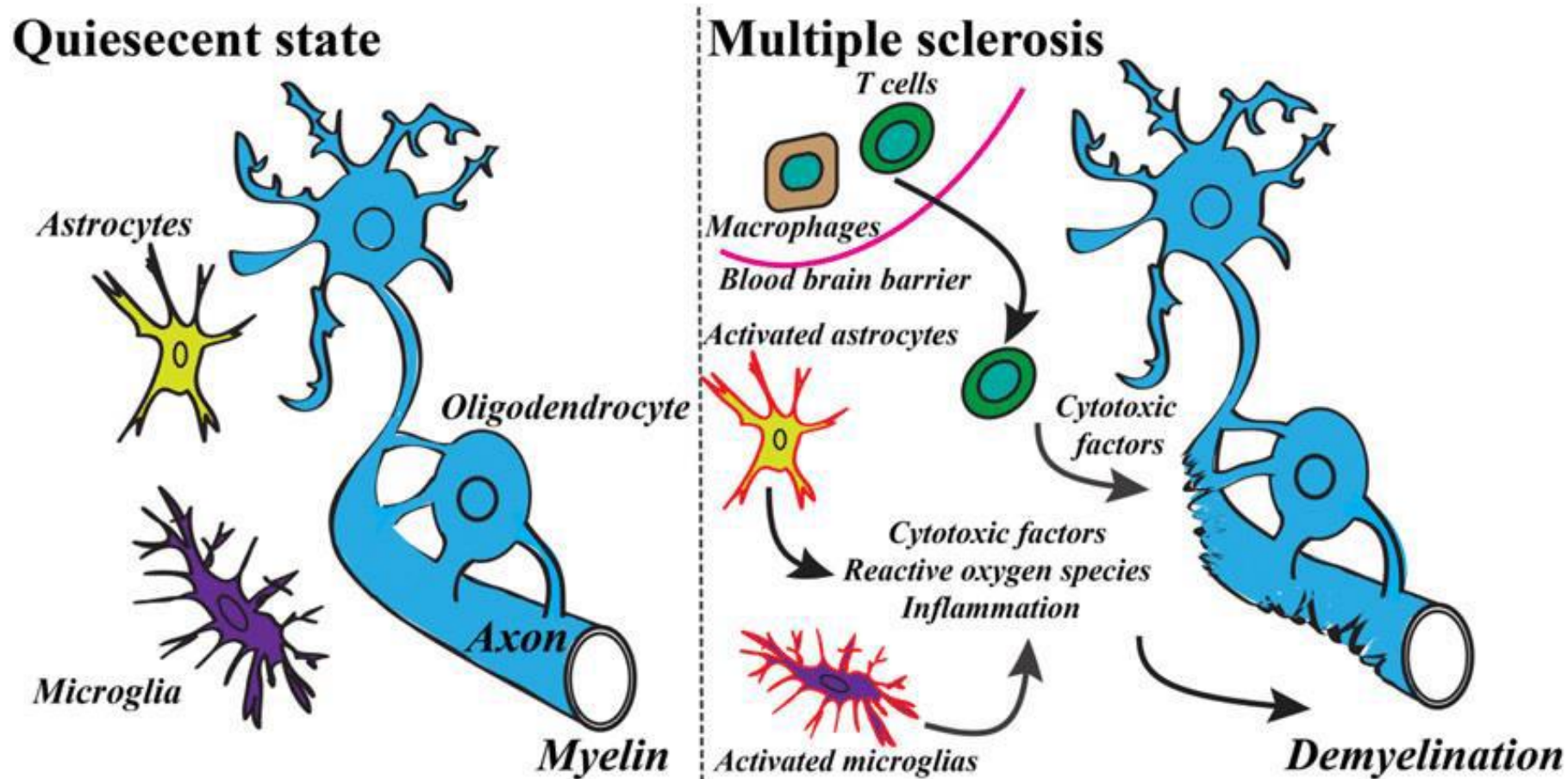


100 m/s

Table 7-1 Nerve Fiber Classification and Conduction Velocities

Fiber Group	Diameter (μm)	Conduction Velocity (m/s)	Function
A fibers Thick myelin sheath	1–20	15–120	Motor: skeletal muscles Sensory: pain, touch, temperature, proprioception
B fibers Thin myelin sheath	1–3	3–15	Mostly visceral afferents; preganglionic autonomic fibers; pain fibers; pressure sensation
C fibers Nonmyelinated	0.5–1.5	0.5–2	Chronic pain fibers and postganglionic autonomic fibers

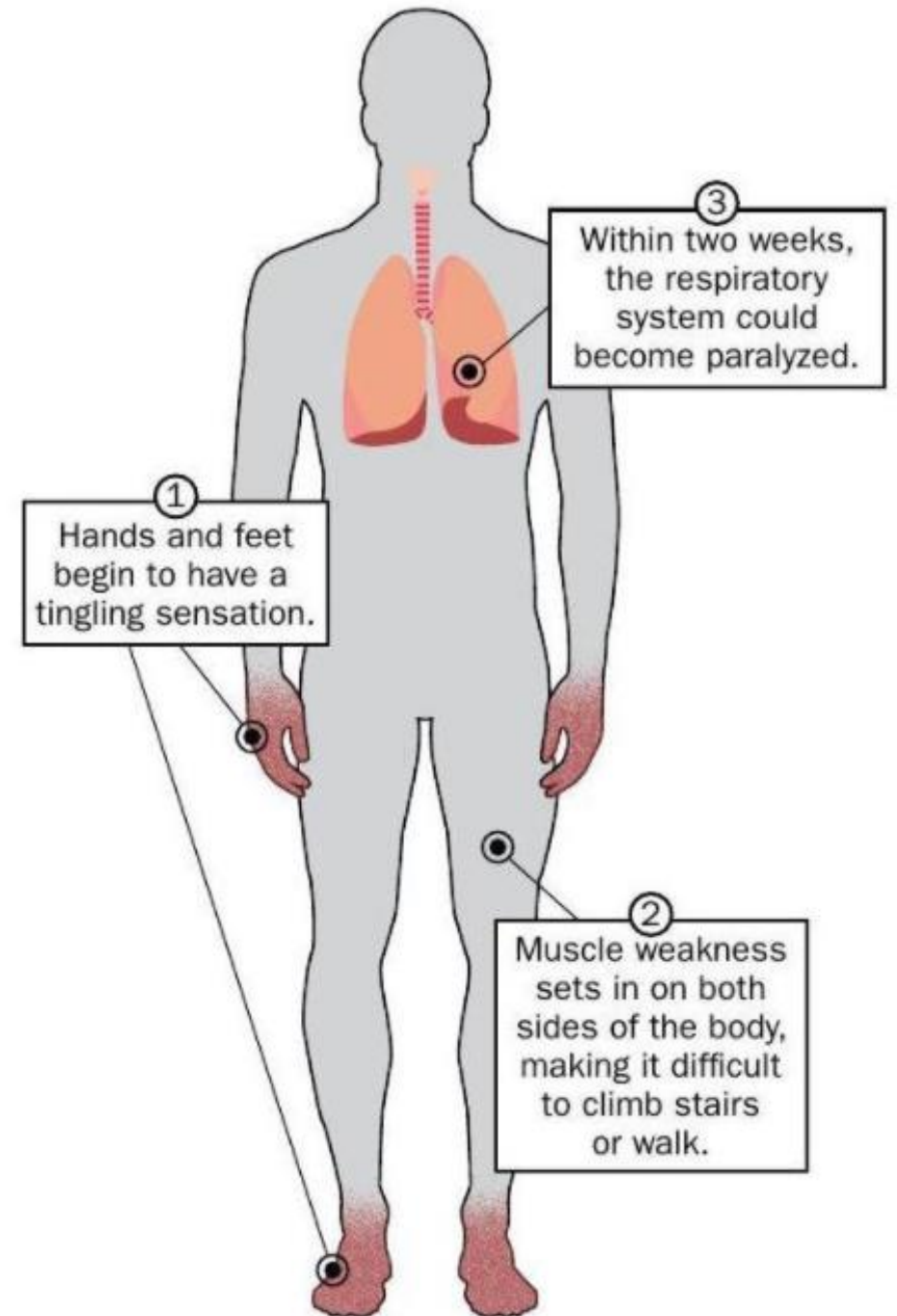
CHOROBY DEMIELINIZACYJNE: STWARDNIENIE ROZSIANE W OŚRODKOWYM UKŁADZIE NERWOWYM



Inne schorzenia z nieprawidłową/niedostateczną mielinizacją: porażenie mózgowie, leukodystrofie, urazy rdzenia kręgowego

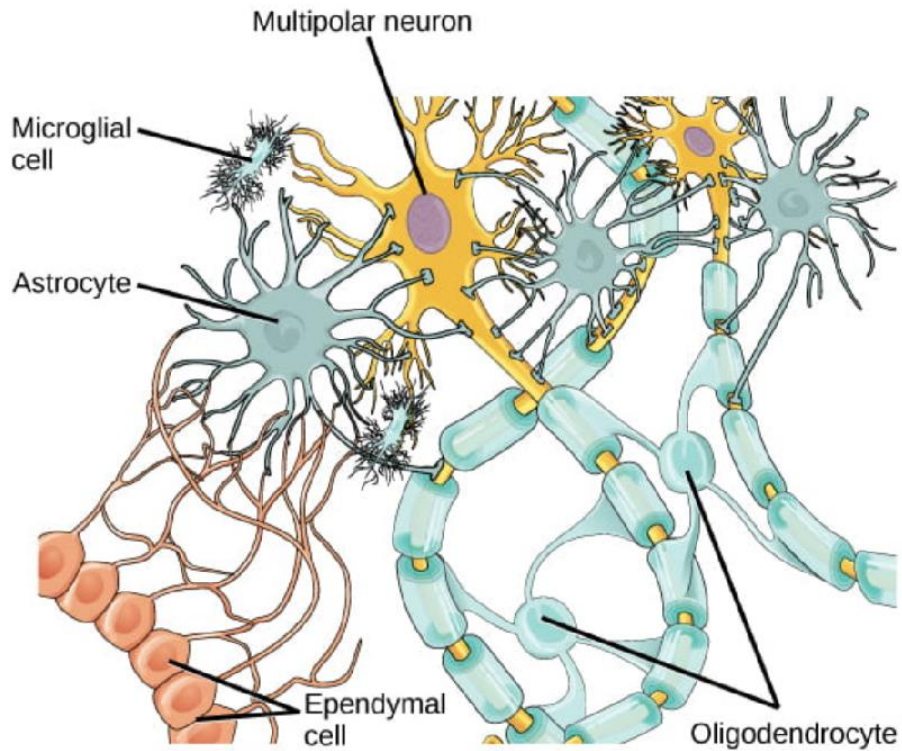
NISZCZENIE/DYSFUNKCJE MIELINY W OBWODOWYM UKŁADZIE NERWOWYM

- Zespół Guillain- Barré (po infekcji bakteryjnej lub wirusowej, szczepieniu)
- Neuropatia (np. Charcot-Marie-Tooth)
- Trąd

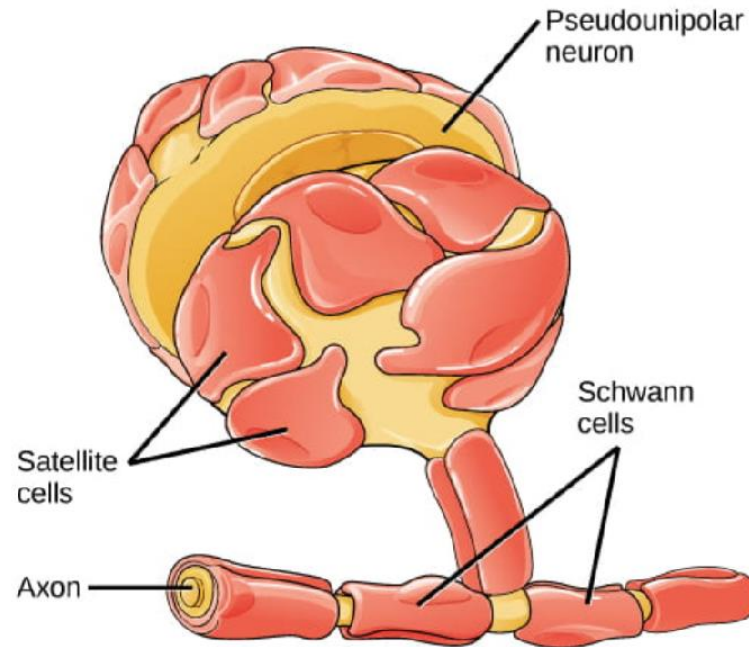


NEURONY I KOMÓRKI SATELITARNE PNS

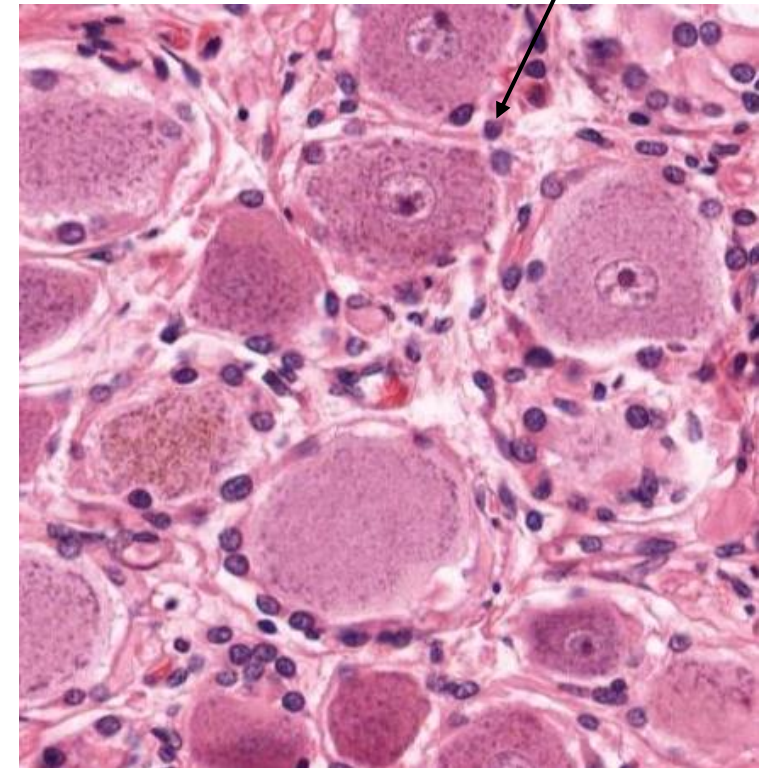
Komórki podporowe dla neuronów obwodowego układu nerwowego;
Mają niektóre właściwości astrocytów



(a) Central nervous system



(b) Peripheral nervous system



NERW – WIĄZKA AKSONÓW

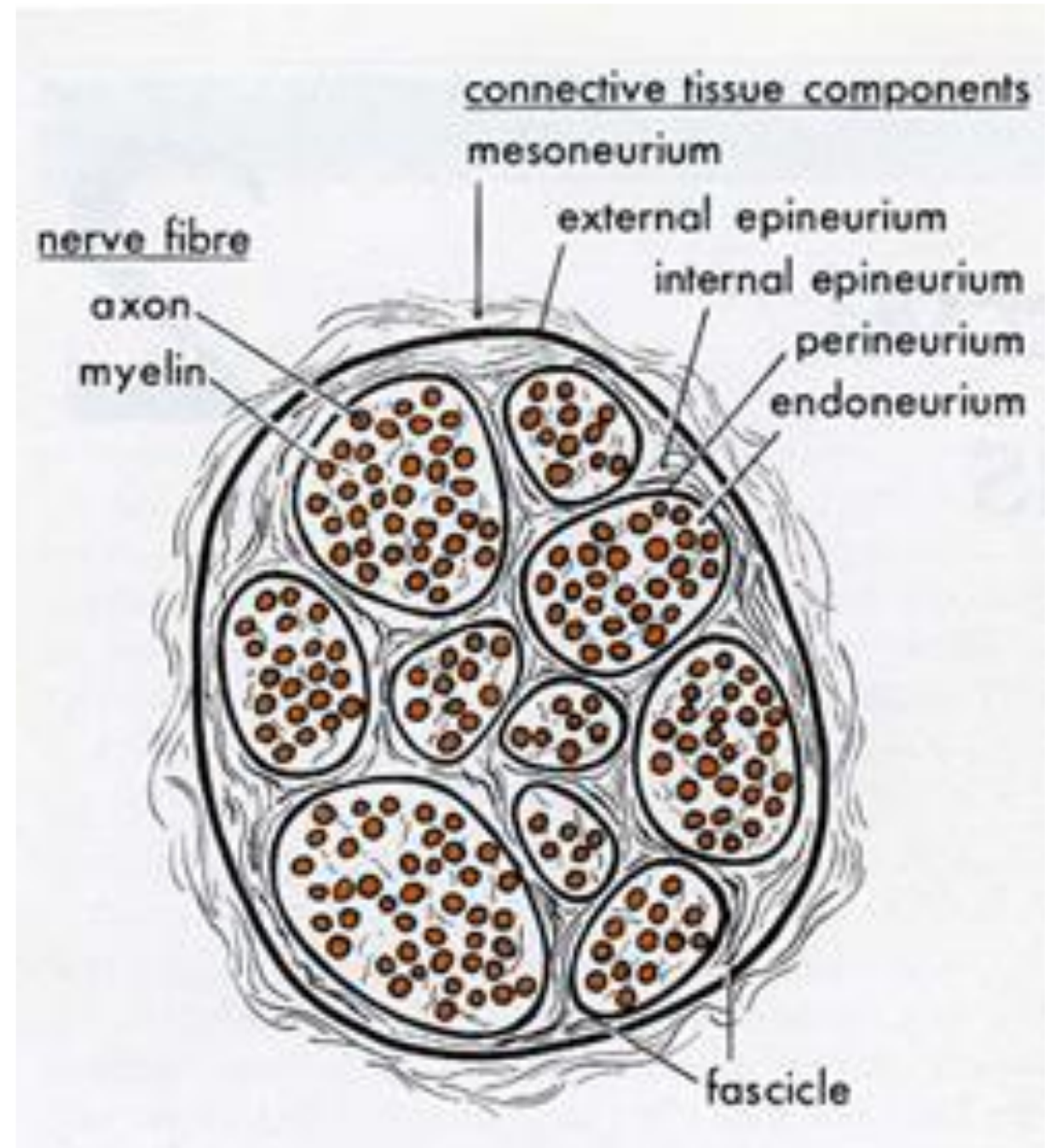
Przekrój poprzeczny nerwu

Nanerwie (epineurium) - w części zewnętrznej (external e.) Tkanka łączna właściwa zbita o utkaniu nieregularnym – dużo kolagenu i włókna elastynowe, w części wewnętrznej (internal e.) – Tkanka łączna właściwa luźna

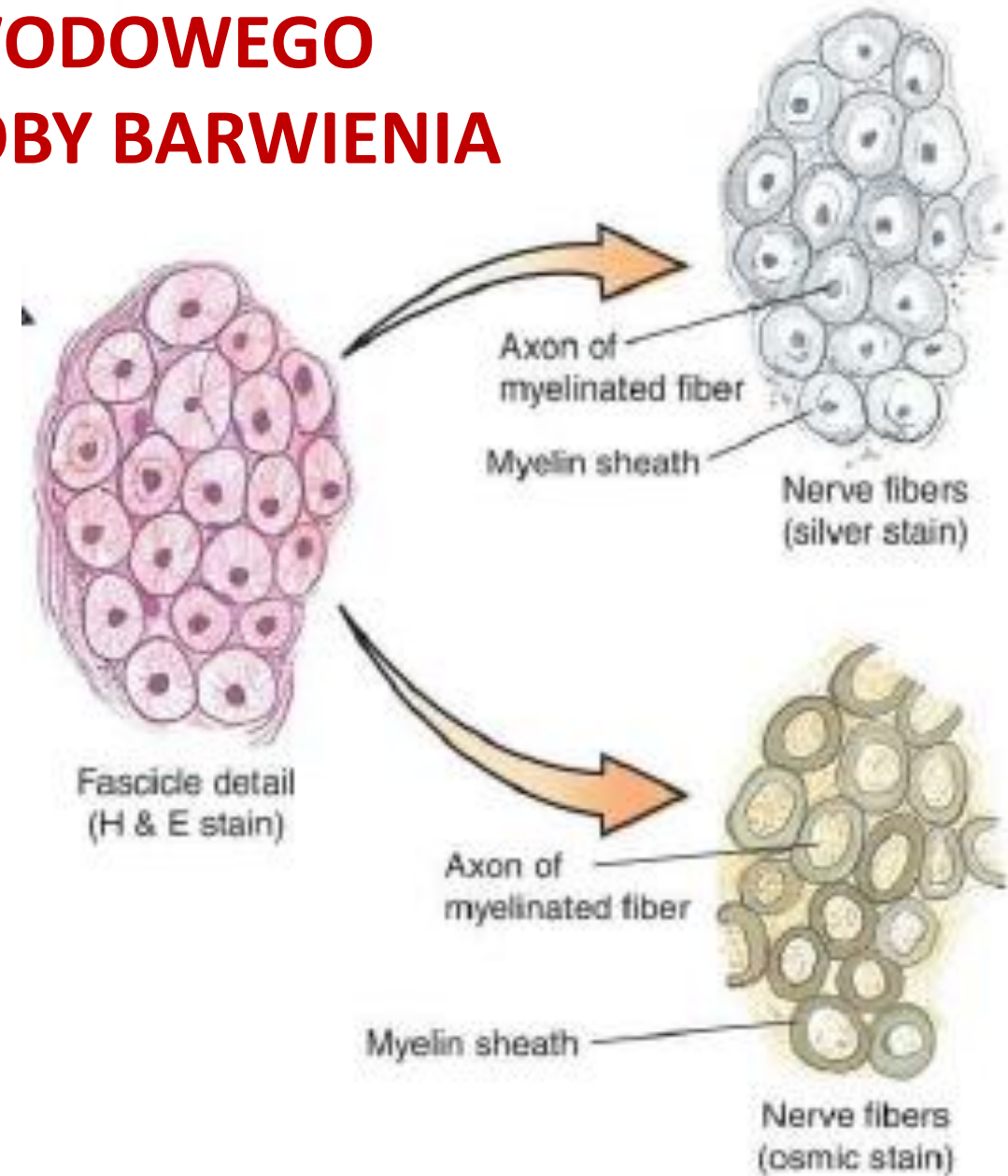
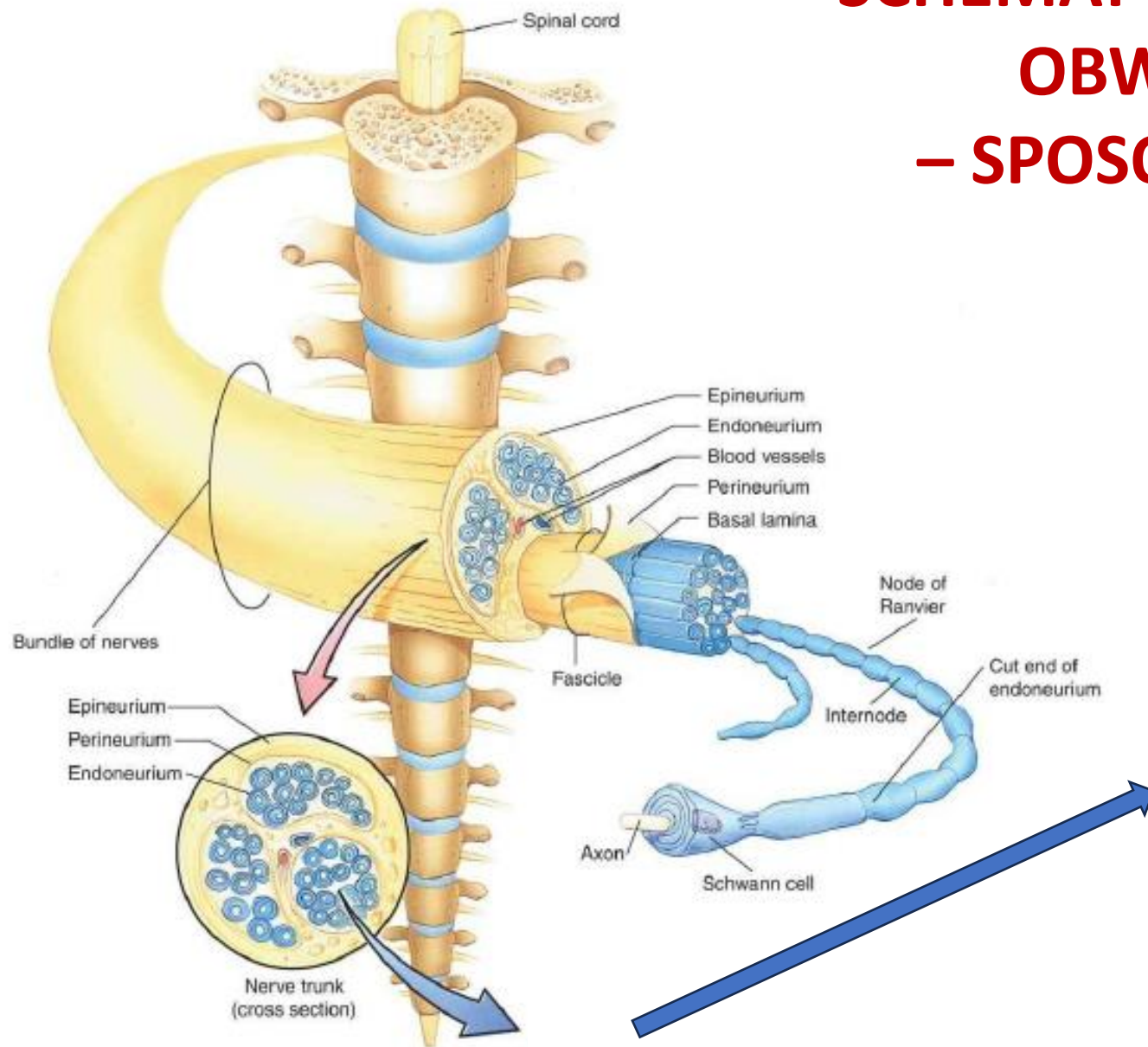
Onerwie (perineurium) – tkanka łączna właściwa zbita o utkaniu nieregularnym, dużo elementów komórkowych ułożonych koncentrycznie (tworzą barierę krew – nerw)

Śródnerwie (endoneurium) – tkanka łączna właściwa luźna, obecne włókna siateczkowate, **lemocyty**, fibroblasty, makrofagi, naczynia krwionośne

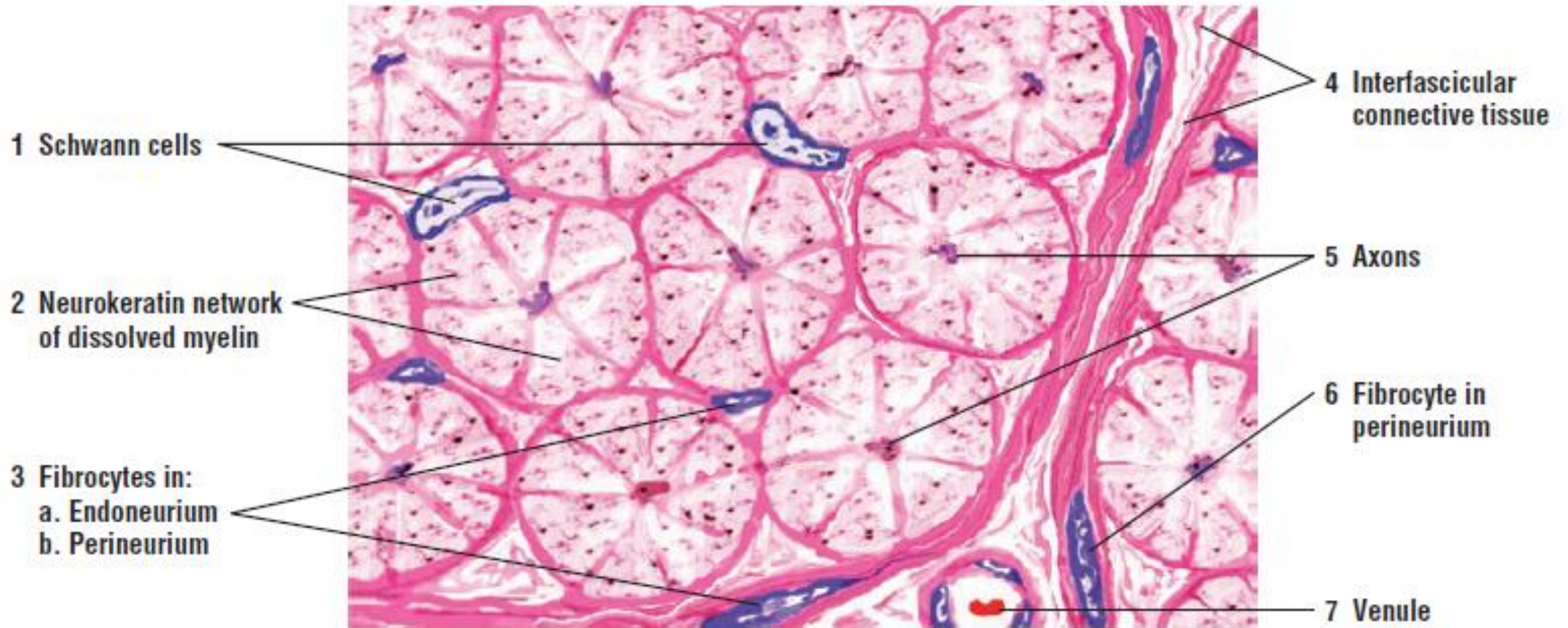
Fascicle – pęczek aksonów otoczony onerwiem



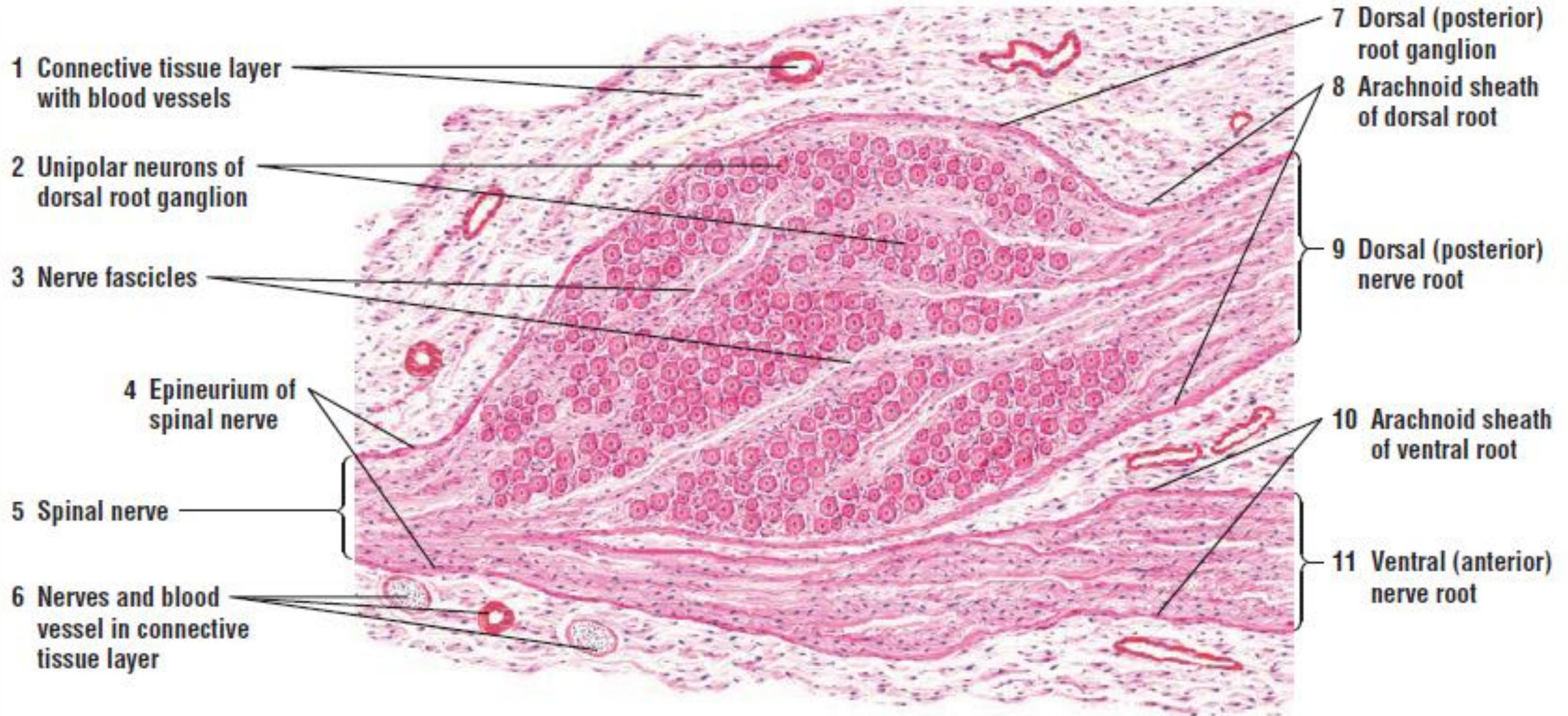
SCHEMAT BUDOWY NERWU OBWODOWEGO – SPOSOBY BARWIENIA



NERW – PRZEKRÓJ POPRZECZNY



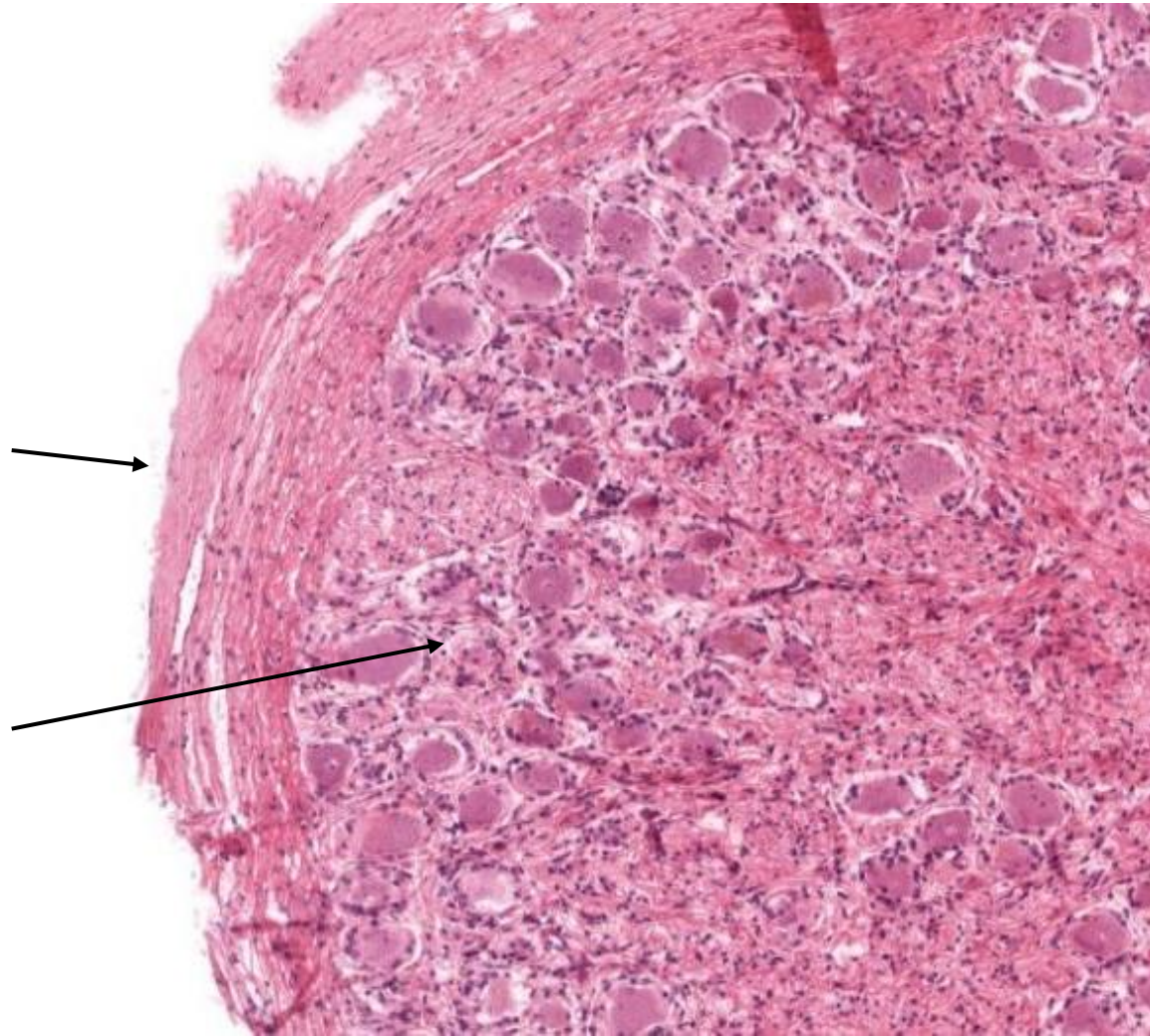
ZWÓJ RDZENIOWY



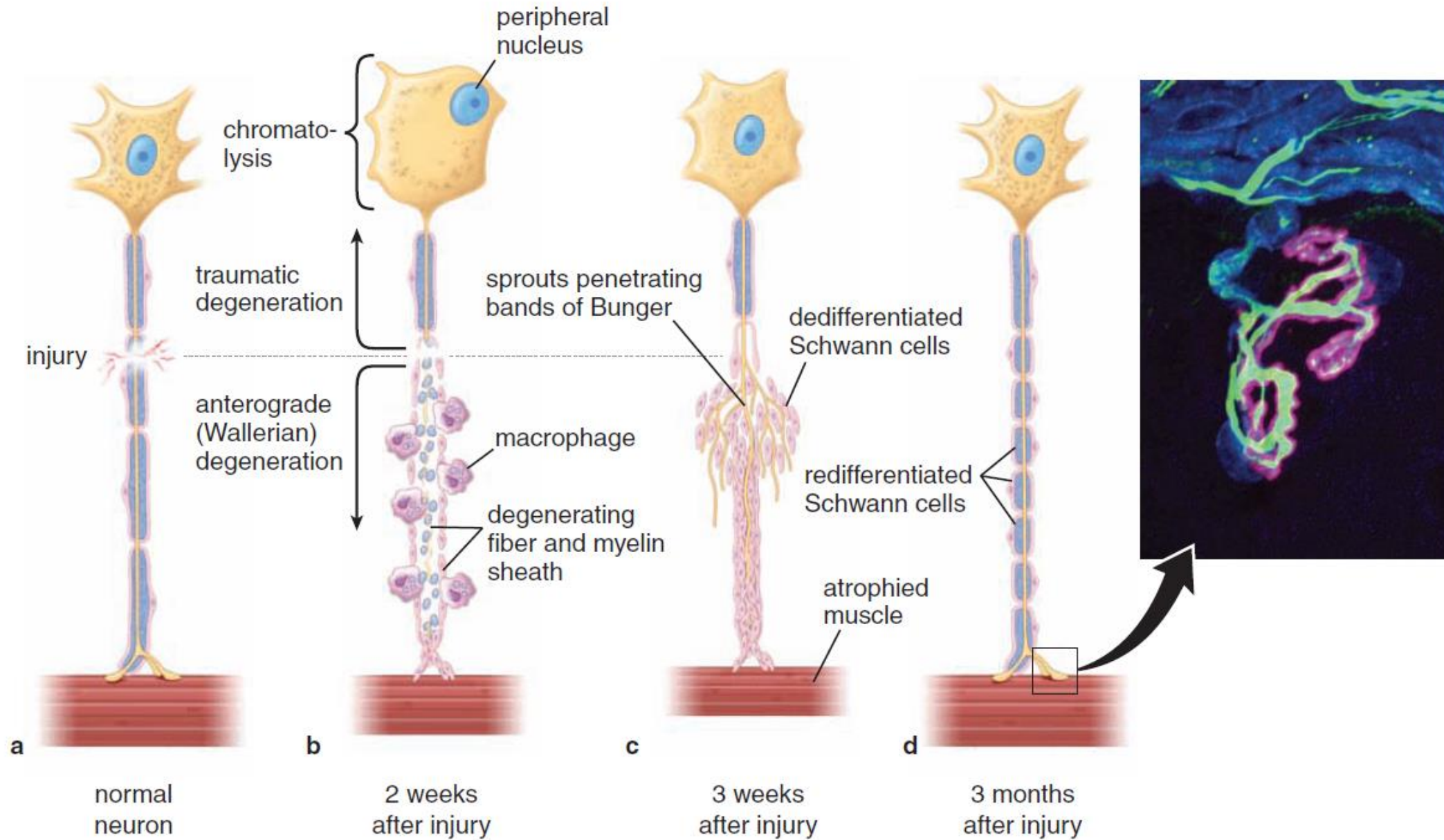
TOREBKA ZWOJU NERWOWEGO

Torebka łącznotkankowa będąca przedłużeniem osłonki nerwu (nanerwia); o podobnej strukturze

Zrąb zwoju – podobny do śródnerwia (włókna siateczkowate, fibroblasty)

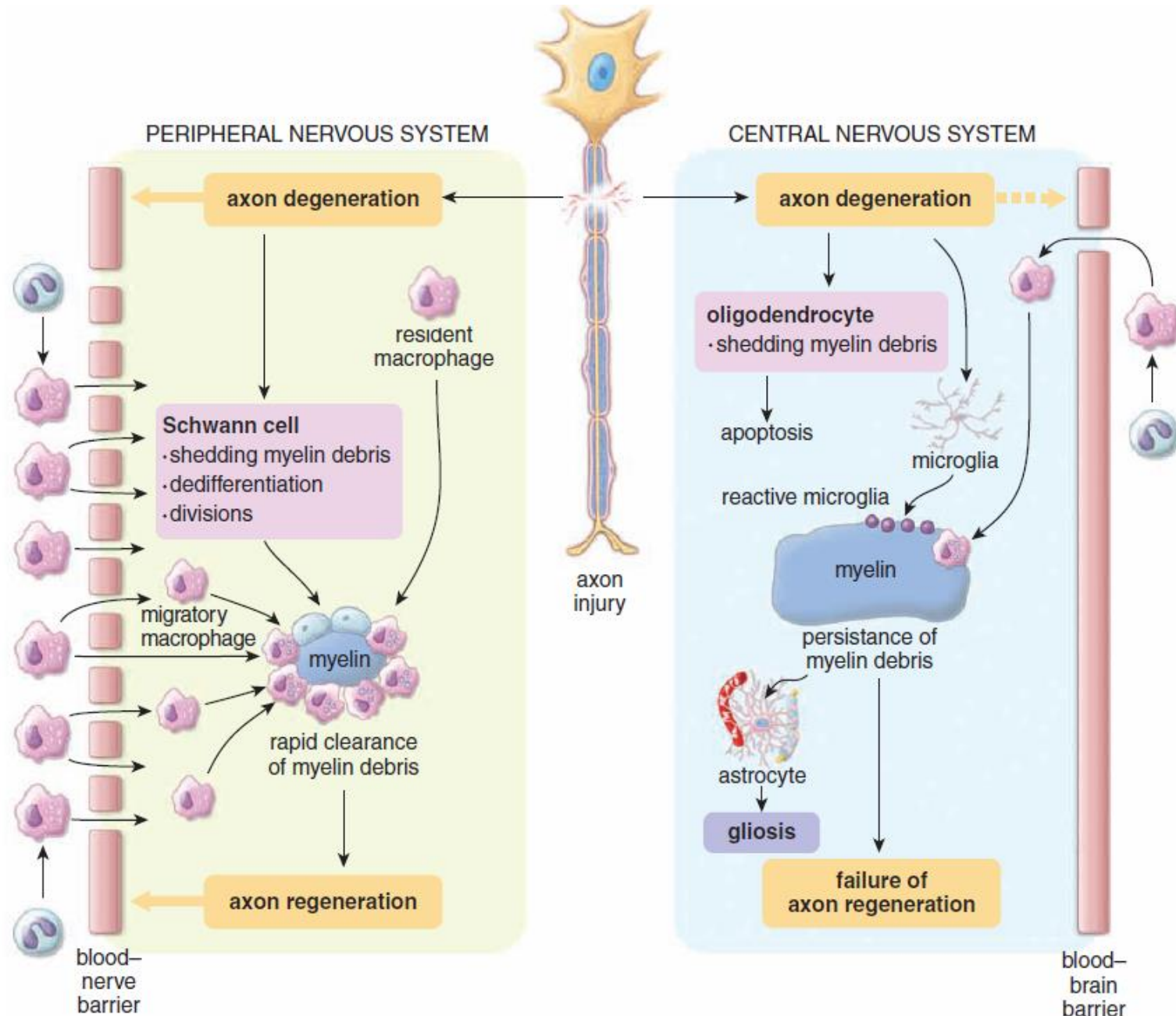


USZKODZENIE I REGENERACJA AKSONÓW W PNS



REGENERACJA AKSONÓW W PNS VS CNS

Brak astrocytów to brak blizny glejowej. Komórki Schwanna wspierają wzrost aksonu (NGF, BDNF, laminina, fibronektyna). Prolifерują i tworzą **pasy Büngnera** jako przewodniki regeneracji. Makrofagi **szybko usuwają mielinę**, a mielina PNS **nie zawiera** silnych inhibitorów wzrostu aksonu.



Reaktywne astrocyty tworzą **bliznę glejową** (CSPG, proteoglikany). Mielina z oligodendrocytów zawiera **inhibitory migracji aksonu** (mniej w mielinie w PNS). Dochodzi do **migracji fibroblastów** z opon mózgowych (blizna łącznotkankowa – kolagenowa). Mikroglej **powoli usuwa** mielinę, utrzymując hamujące środowisko dla wzrostu aksonu.

PREPARATY

Preparat 25: WŁÓKNO NERWOWE izolowane, osmowane

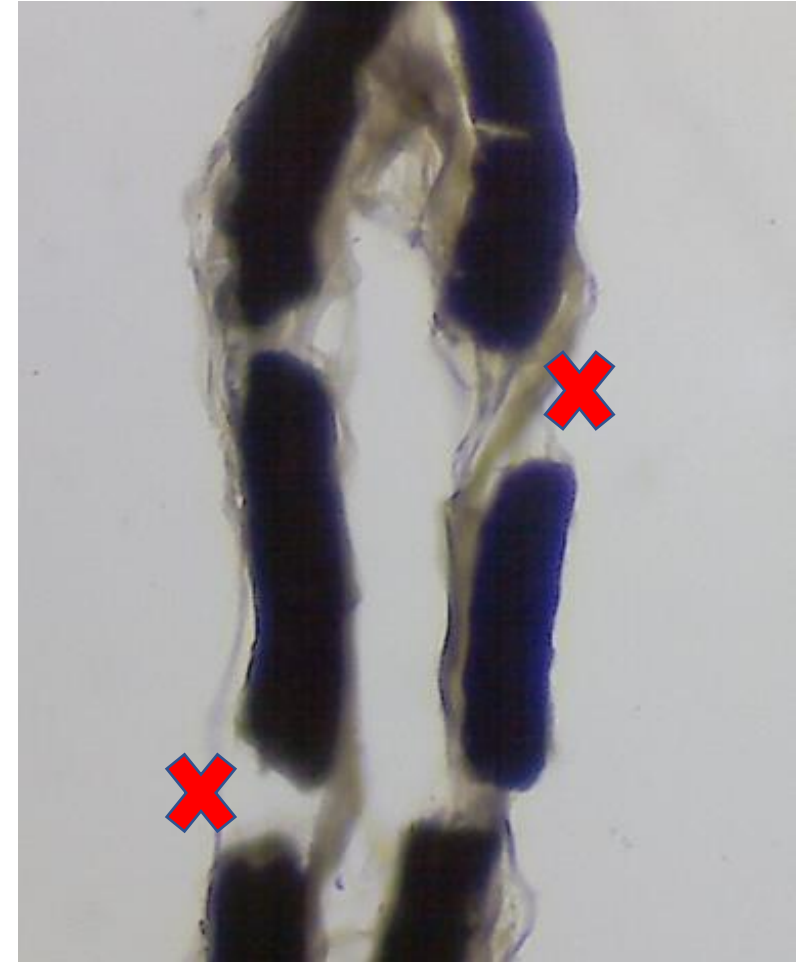
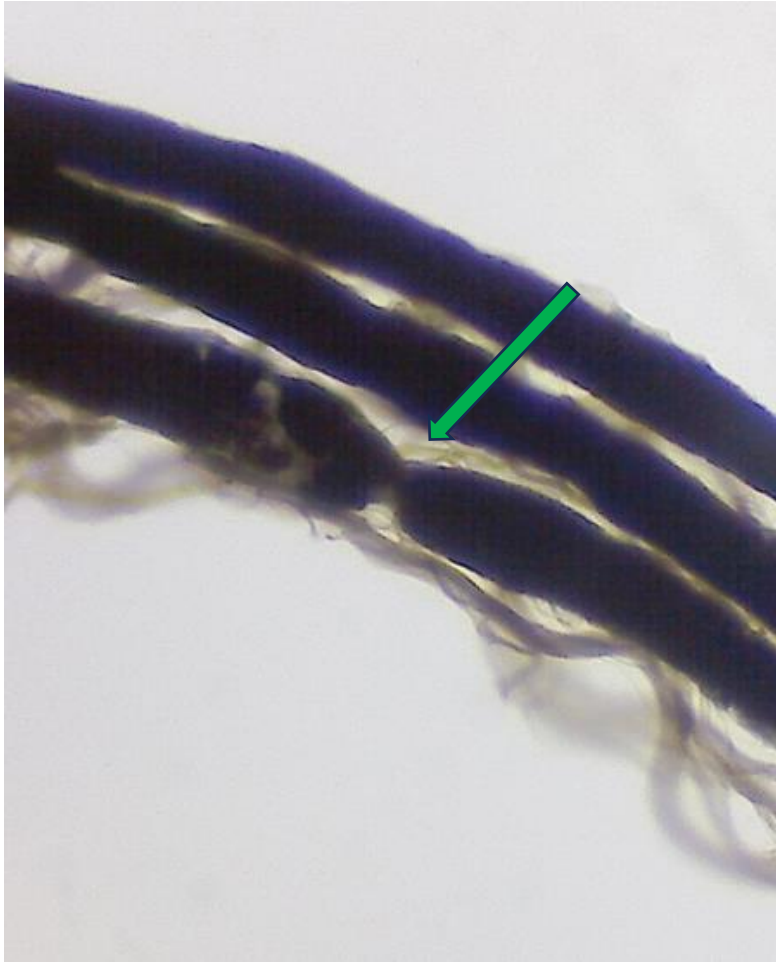
Preparat 26: NERW OSMOWANY – przekrój poprzeczny

Preparat 27: NERW OBWODOWY- przekrój poprzeczny (HE)

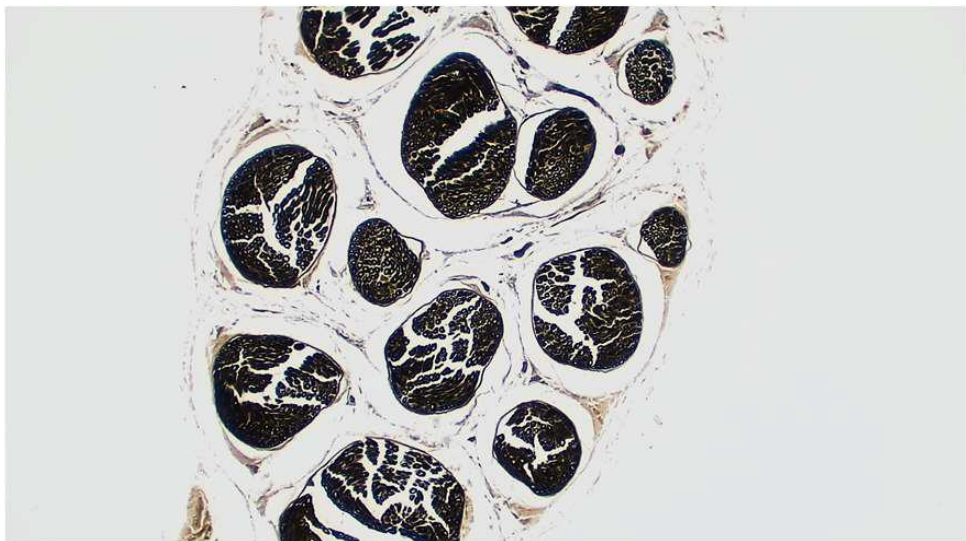
Preparat 75: RDZEŃ KRĘGOWY (HE)

Preparat 76: ZWÓJ RDZENIOWY (HE)

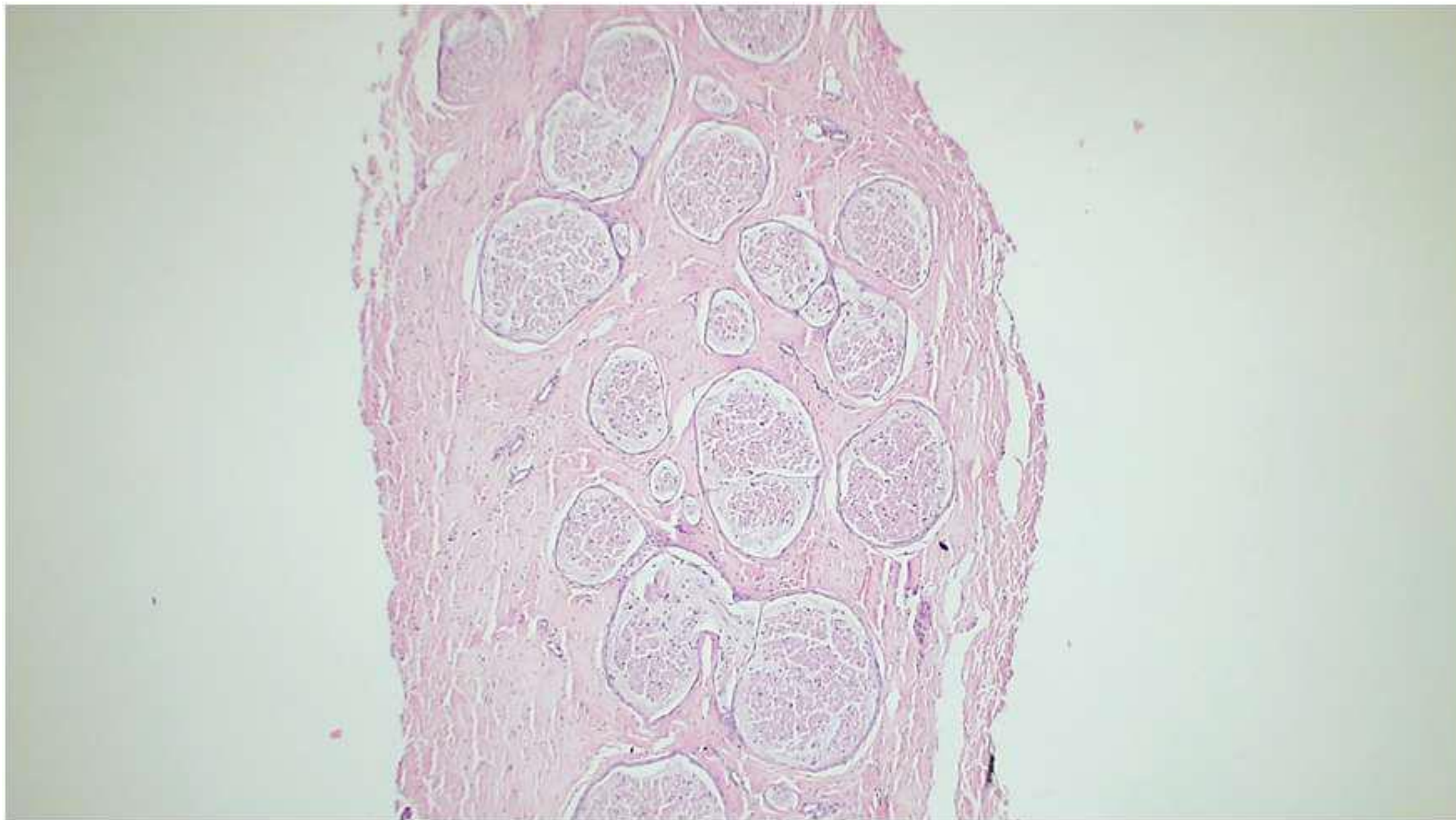
Preparat 25: WŁÓKNO NERWOWE izolowane
Oślonki mielinowe
Węzły Ranviera

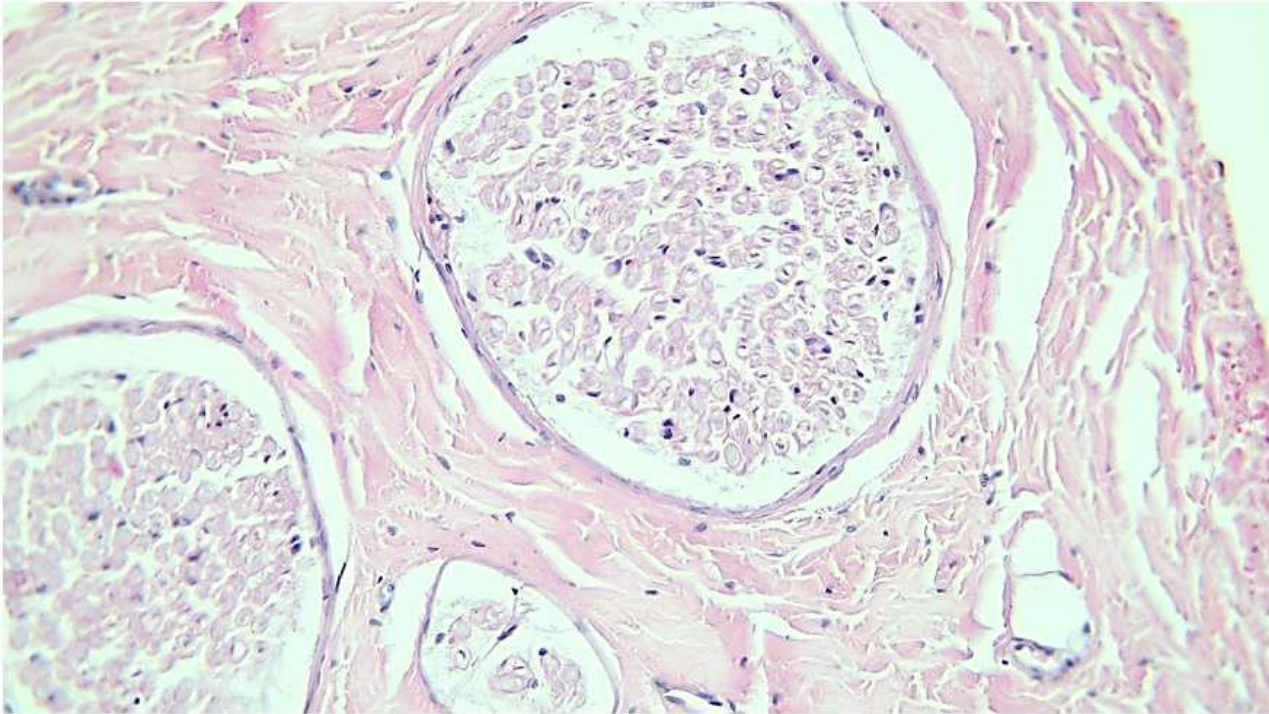


Preparat 26: NERW OSMOWANY – przekrój poprzeczny
Oślonki mielinowe
Onerwie



Preparat 27: NERW OBWODOWY, przekrój poprzeczny (HE)





Preparat 27: NERW OBWODOWY (HE)

Aksony

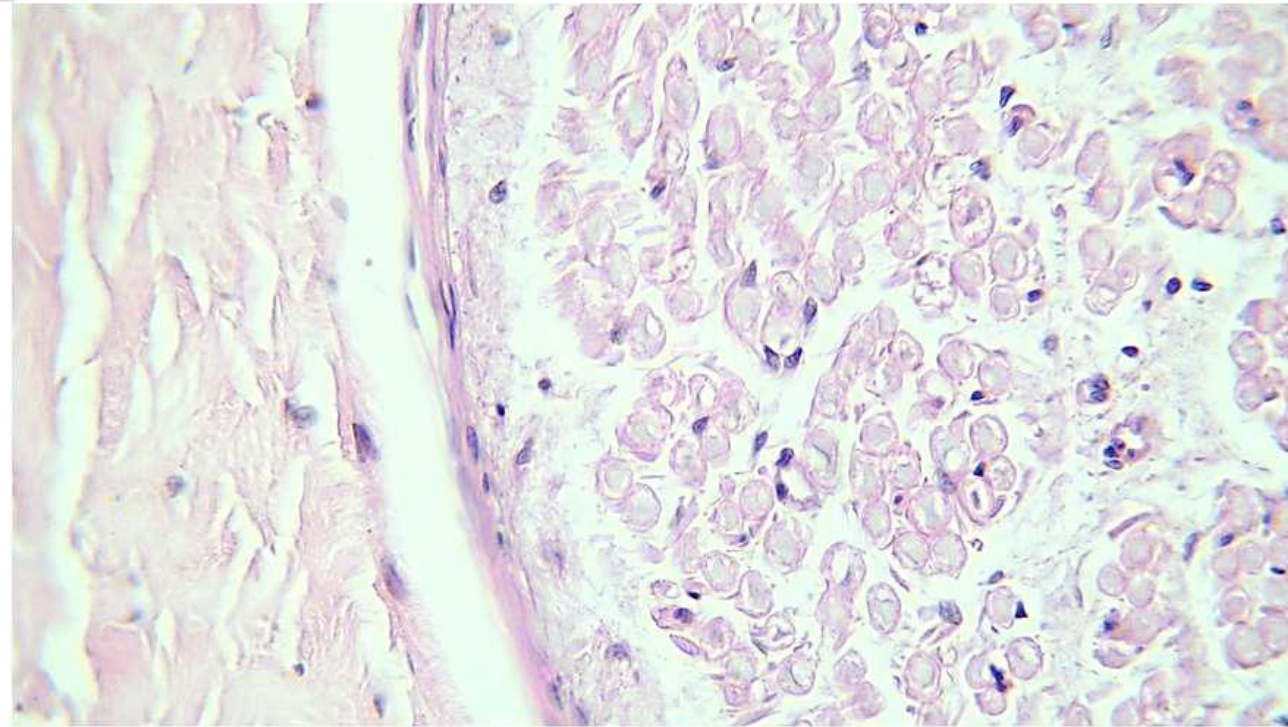
Ośłonki mielinowe

Jądra komórek Schwanna i fibroblastów

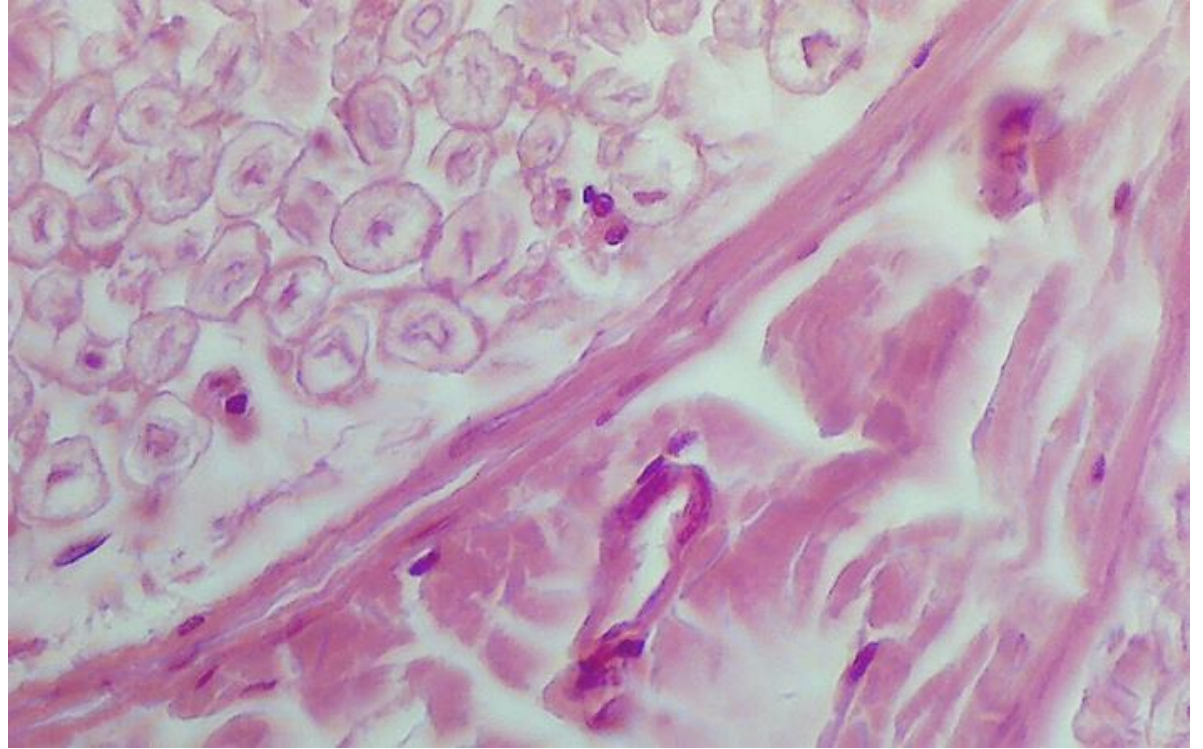
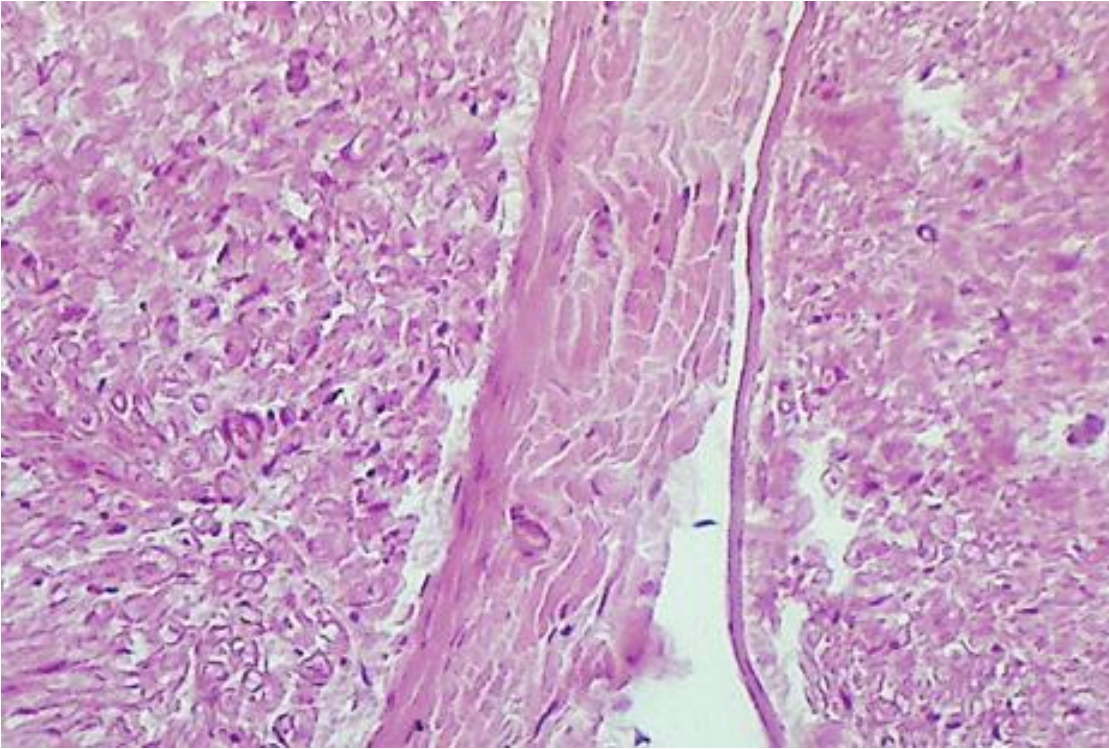
Nanerwie

Onerwie

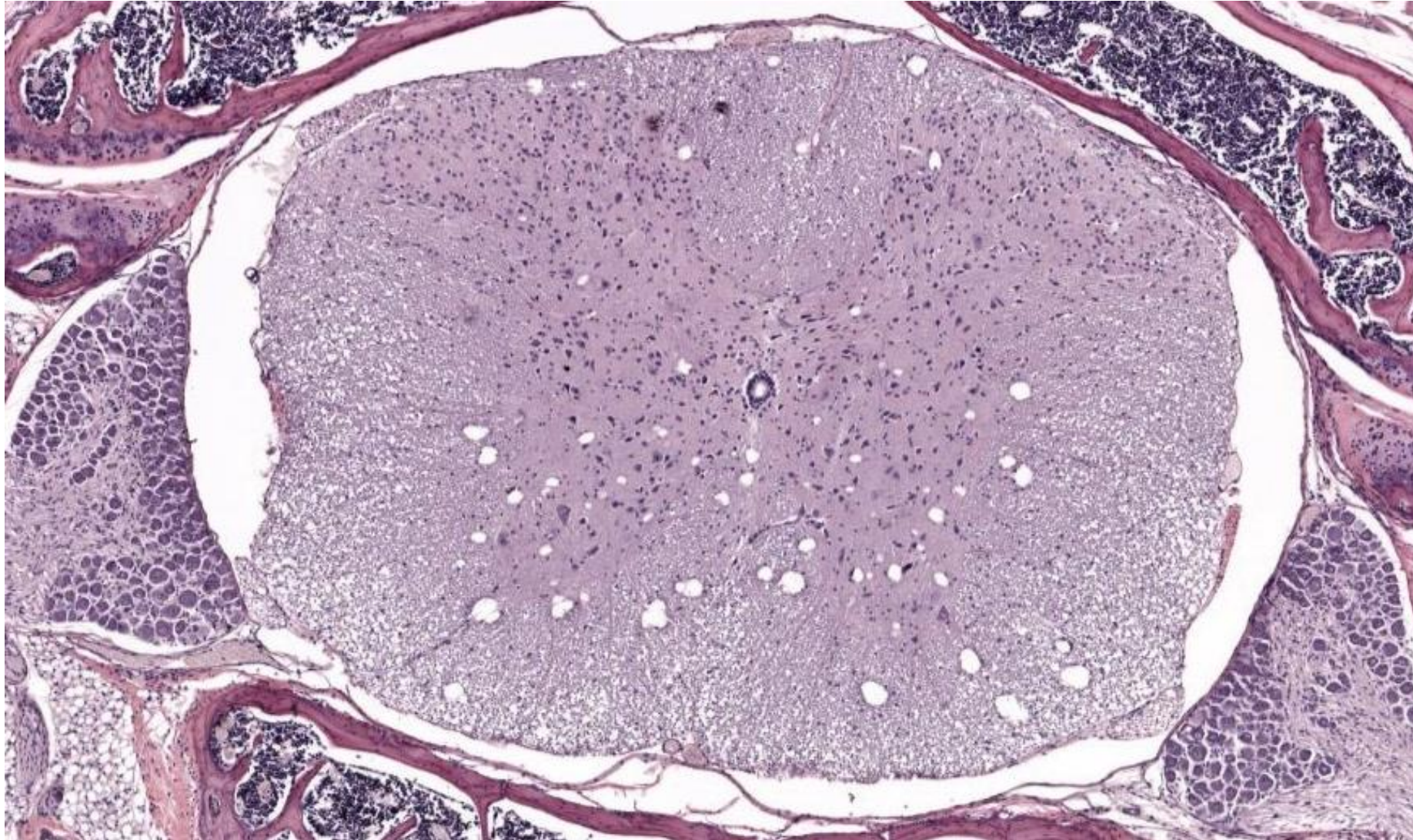
Śródnerwie



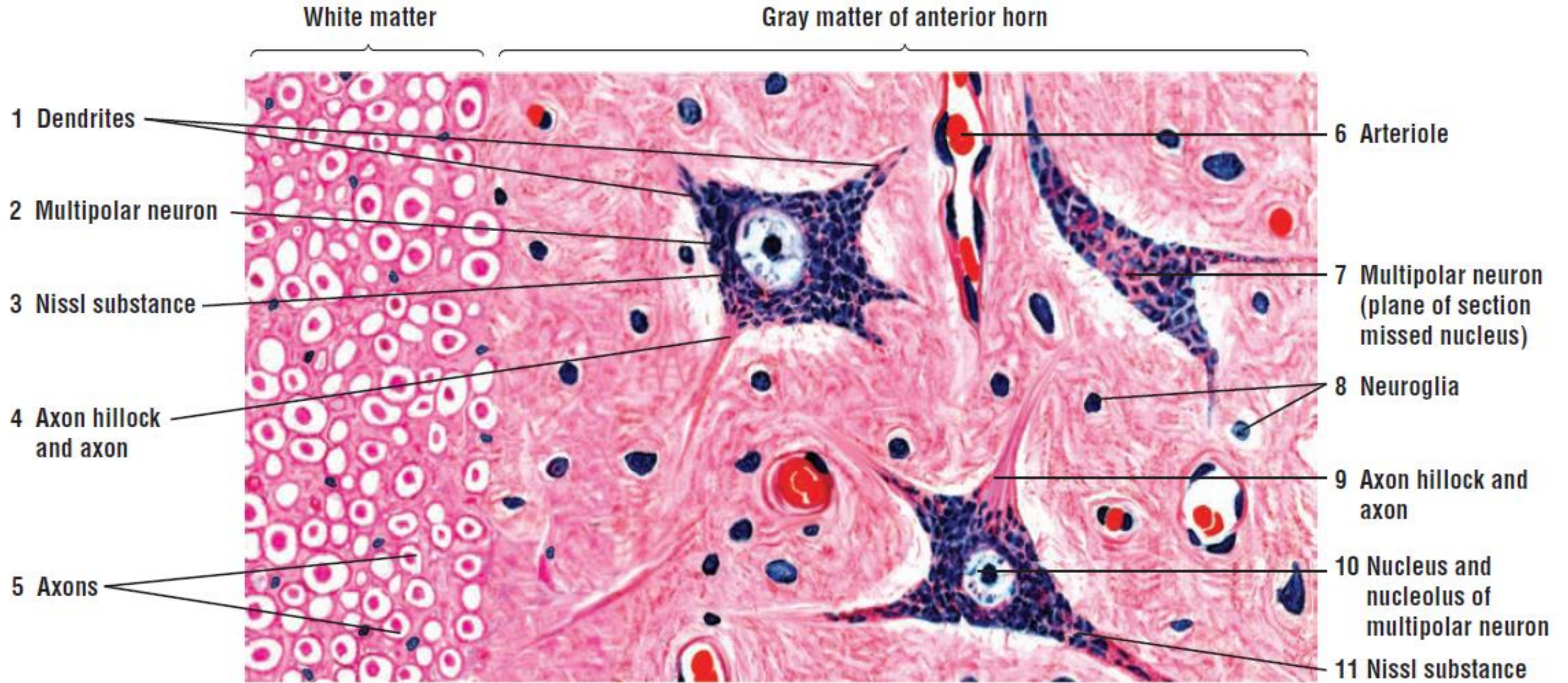
Preparat 27: NERW OBWODOWY (HE)



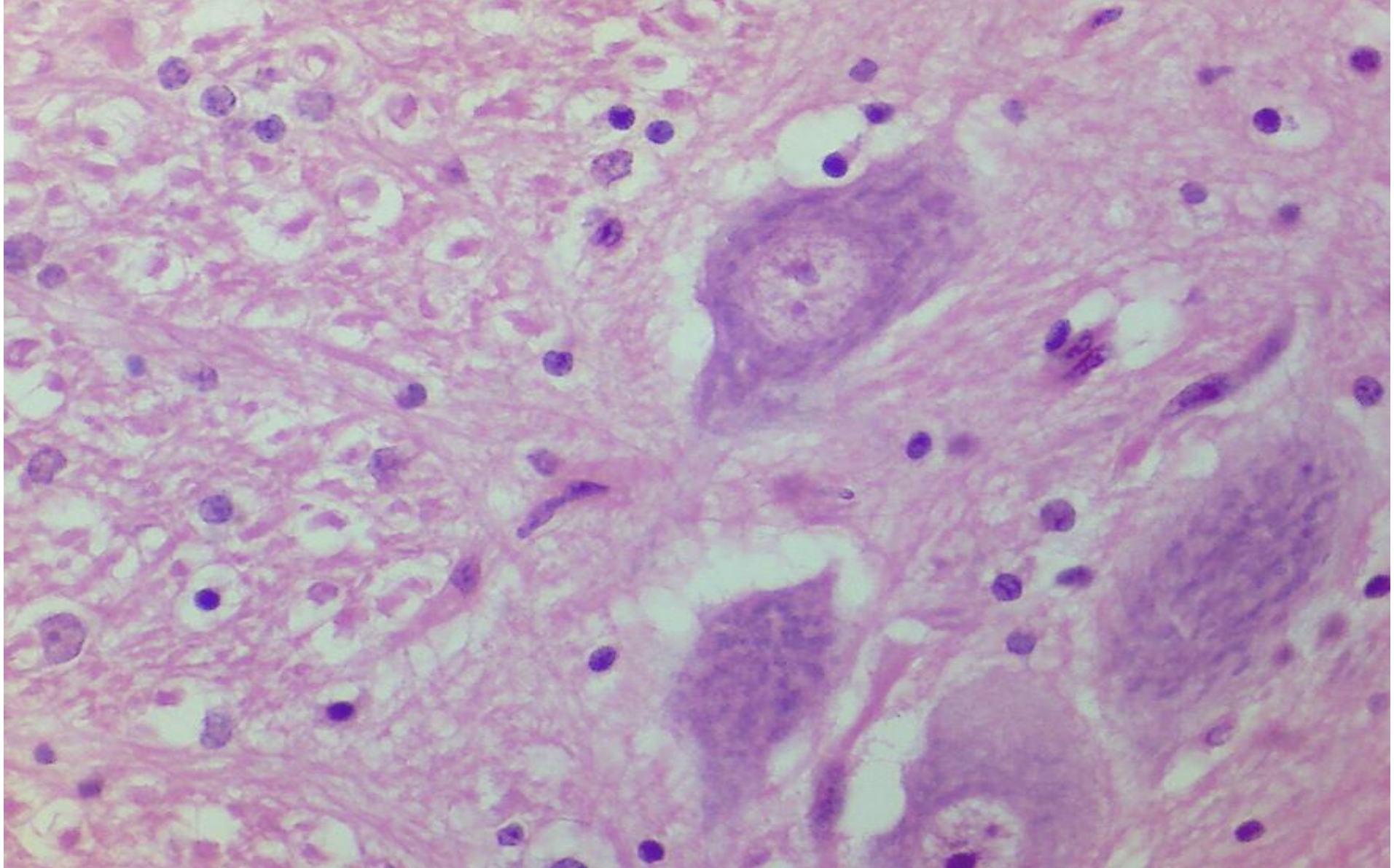
Preparat 75: RDZEŃ KRĘGOWY



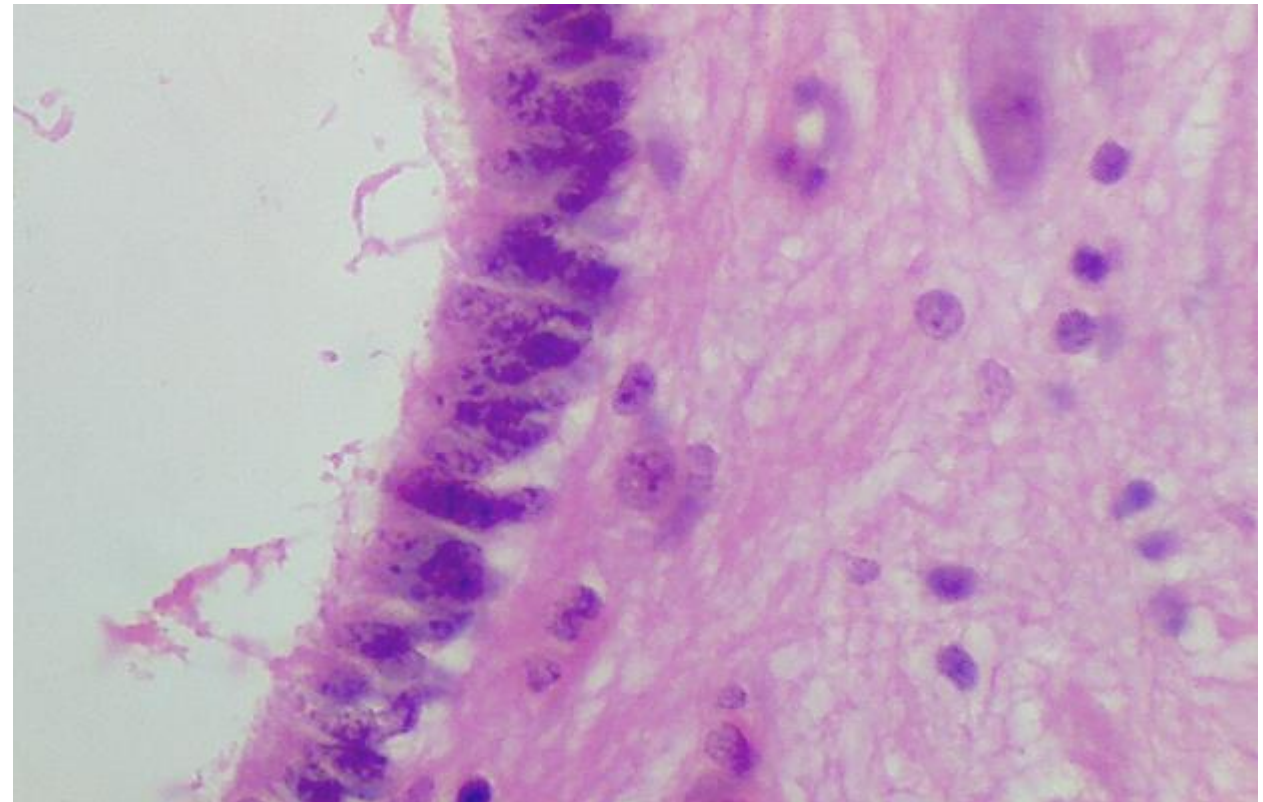
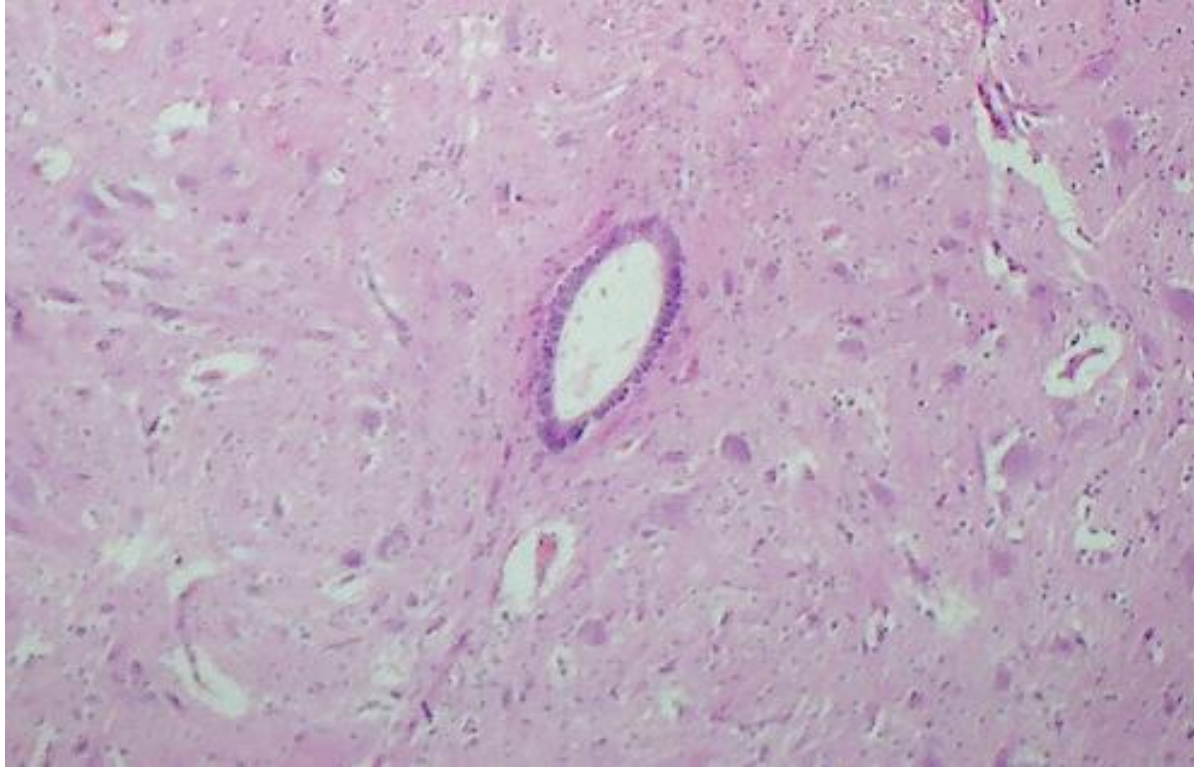
FRAGMENT ROGU PRZEDNIEGO RDZENIA KRĘGOWEGO



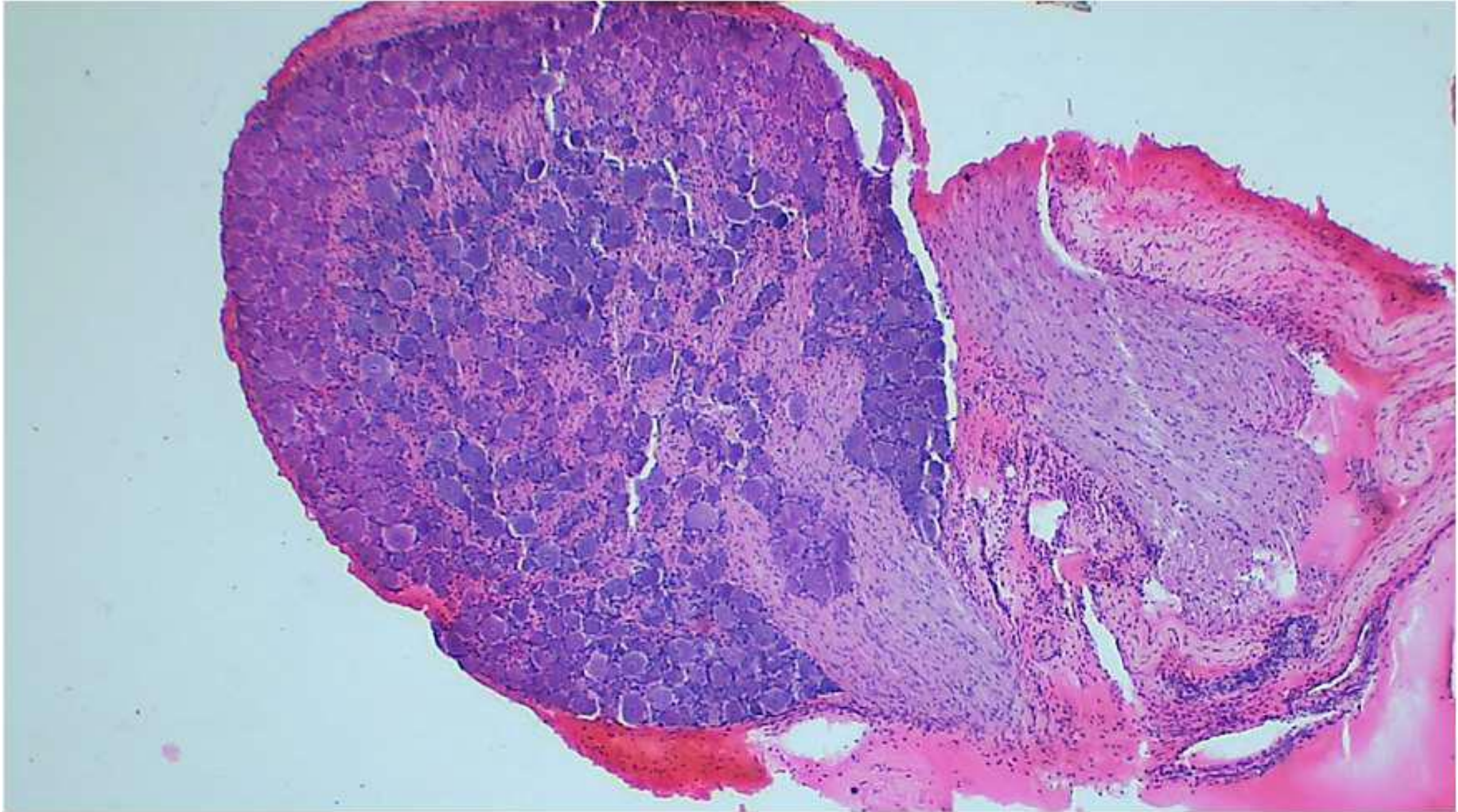
Preparat 75: RDZEŃ KRĘGOWY – istota biała, istota szara, motoneurony, komórki glejowe



Preparat 75: RDZEŃ KRĘGOWY – kanał środkowy, ependymocyty



Preparat 76: ZWÓJ RDZENIOWY



Preparat 76: ZWÓJ RDZENIOWY – komórki zwojowe, komórki satelitarne, zrąb zwoju

