

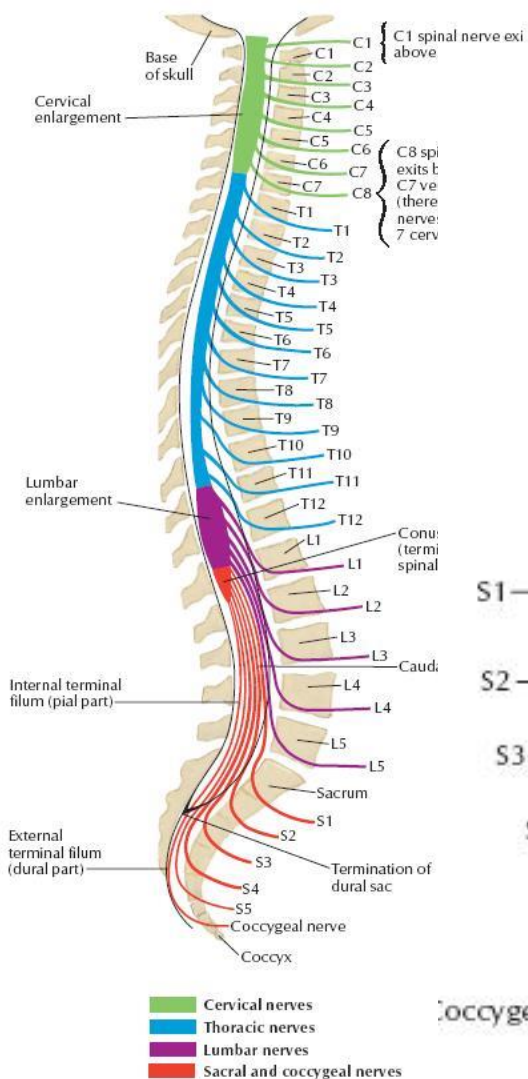
ĆWICZENIE 2 RDZEŃ KRĘGOWY

Funkcje dróg i ośrodków rdzeniowych



BUDOWA RDZENIA KRĘGOWEGO

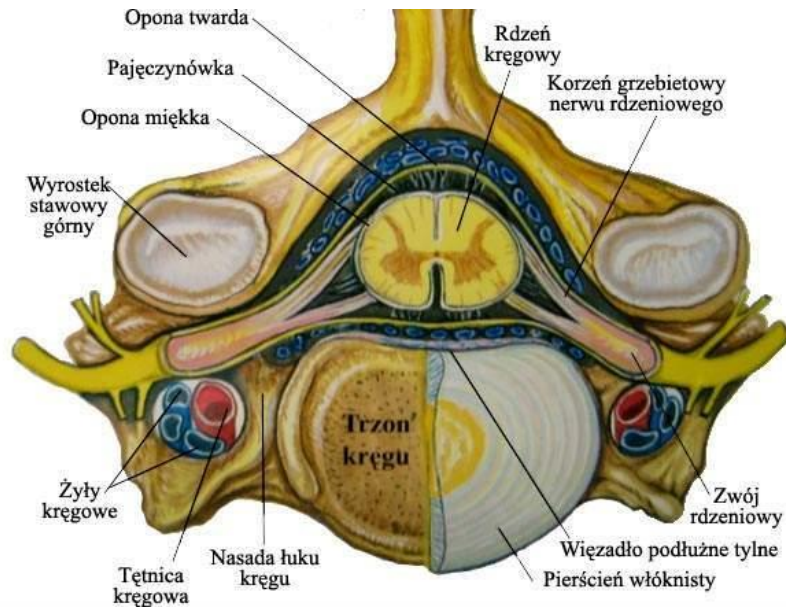
Rdzeń kręgowy zachowuje cechy budowy segmentalnej (odcinkowej). Składa się z 31 odcinków:



Waży około 30 g, średnica 1cm, długość 45 cm. Rozpoczyna się od 1 kręgu szyjnego i ciągnie aż do górnej krawędzi 2 kręgu lędźwiowego, gdzie kończy się stożkiem rdzeniowym.

Od rdzenia odchodzą parzyste nerwy rdzeniowe (31 par) przez poszczególne otwory międzykręgowie (przesunięcie względem rdzenia ku dołowi). Nerwy biegnące wewnątrz kanału kręgowego tworzą tzw. ogon koński.

BUDOWA RDZENIA KRĘGOWEGO



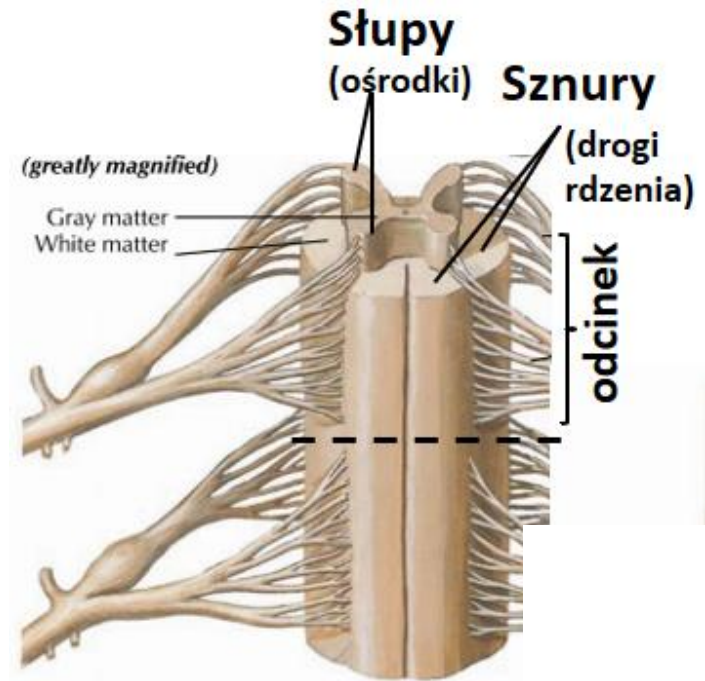
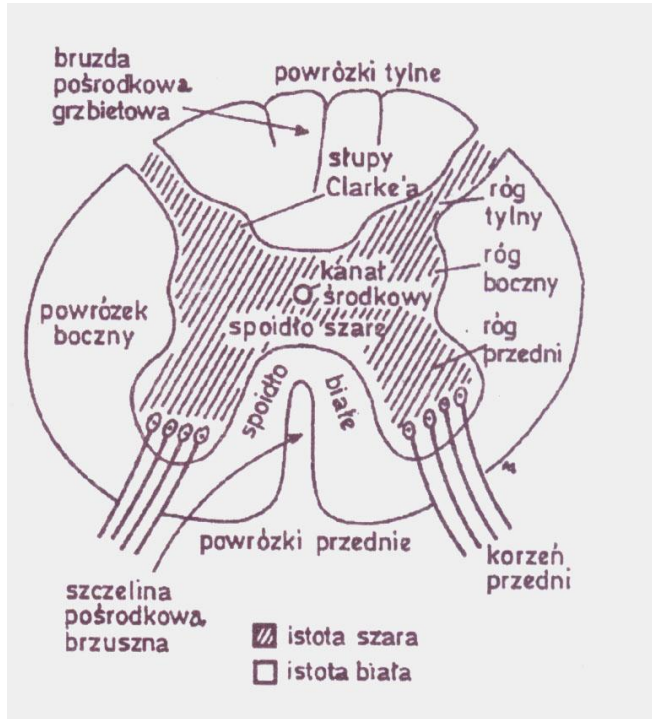
Rdzeń kręgowy znajduje się w kanale kręgowym i jest otoczony 3 oponami:

- opona miękka - bezpośrednio przylega do rdzenia kręgowego
- opona pośrednia (pajęczynówkowa)
- opona twarda - zewnętrzna

Przestrzeń pomiędzy oponą miękką i pajęczynówkową wypełnia płyn mózgowo - rdzeniowy.

Na poziomie L₂ lub L₃ znajduje się rozszerzona przestrzeń podpajęczynówkowa - pobieranie płynu mózgowo - rdzeniowego do badań.

BUDOWA RDZENIA KRĘGOWEGO



Na przekroju poprzecznym widoczna jest substancja biała i szara (tworzy charakterystyczną literę H)

Istota szara składa się głównie z ciał komórkowych i dendrytów neuronów, a substancja biała z aksonów.

W rogach bocznych znajdują się ośrodki rdzeniowe układu wegetatywnego.

Zgodnie z **prawem Bella-Magendiego** włókna czuciowe, aferentne, zdążają do rdzenia tylnymi korzeniami, a włókna ruchowe, eferentne, opuszczają rdzeń korzeniami przednimi.

Przypomnienie – nerwy, zwoje

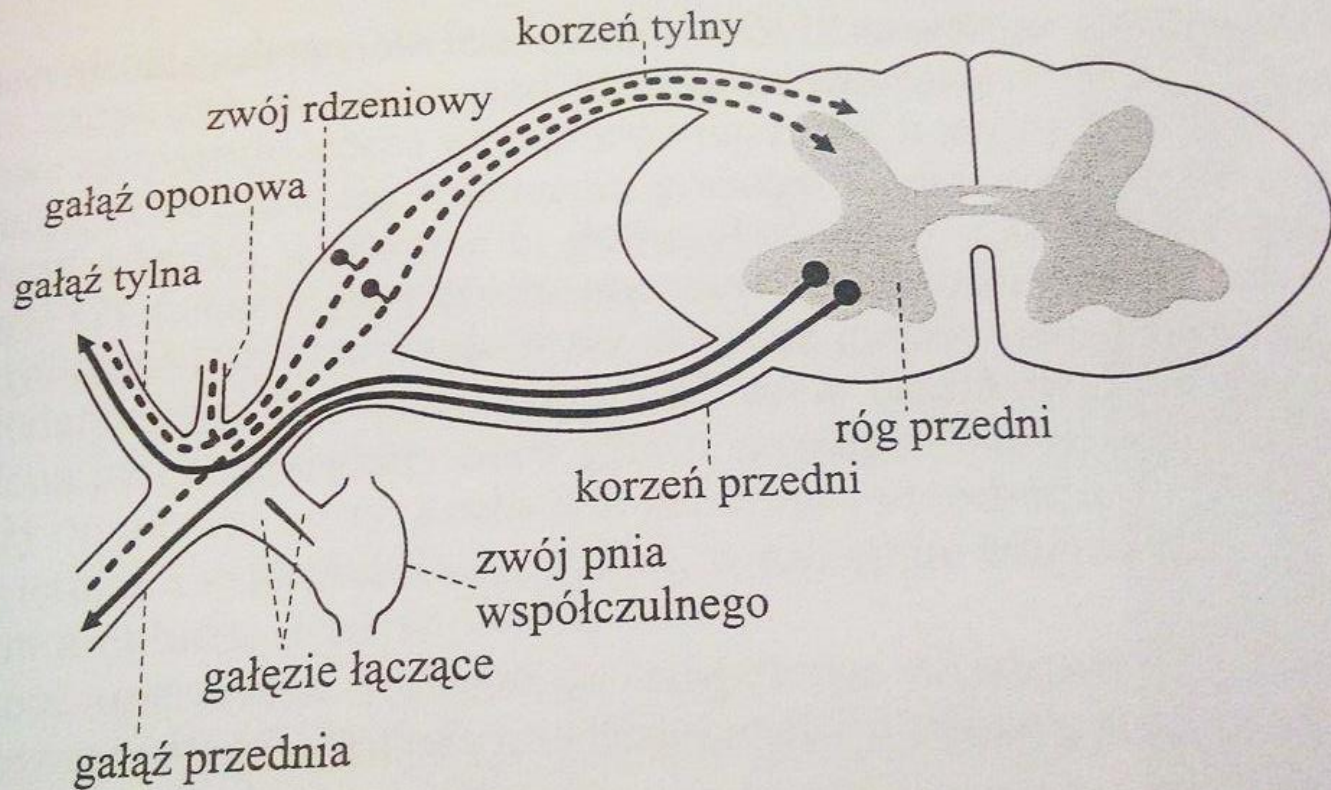
- Układ nerwowy obwodowy składa się z nerwów rdzeniowych i czaszkowych, z którymi związane są zwoje
- Nerwy zawierają pęczki włókien nerwowych, wśród których (zależnie od kierunku przewodzenia informacji i funkcji) rozróżnia się włókna **ruchowe**, **czuciowe** i **wegetatywne** (ukł. autonomicznego)
- **Zwoje** mogą zawierać komórki czuciowe (zwoje czuciowe nerwów czaszkowych i zwoje rdzeniowe) lub wegetatywne (zwoje ukł. autonomicznego); **zawierają ciała neuronów**
- **Gałęzie** odchodzą od nerwów; np. gałęzie mięśniowe, skórne, trzewne, naczyniowe, stawowe, itp.; najczęściej gałąź zawiera włókna różnego typu, ale w uproszczeniu: **gałęzie mięśniowe = ruchowe**, **gałęzie skórne = czuciowe**
- **Nerwy często zespalają się ze sobą** (w miejscach tych następuje przejście włókien nerwowych z jednego nerwu do drugiego lub wzajemna wymiana włókien); **największa wymiana => duże sploty: szyjny, ramienny, lędźwiowo-krzyżowy**; sploty AUN mają odmienną strukturę, są zlokalizowane w sąsiedztwie dużych naczyń krwionośnych lub otaczają naczynia tętnicze i żyłne, kierując się do unerwianych narządów

| | |
|----------------------------|---|
| Włókna ruchowe/odśrodkowe | Mięśnie szkieletowe |
| Włókna AUN/wegetatywne | Mięśnie gładkie, mięsień sercowy, gruczoły [=> narządy wewnętrzne + naczynia krwionośne |
| Włókna czuciowe/dośrodkowe | Przesyłają informacje z obecnych we wszystkich narządach zakończeń czuciowych do OUN |

Korzenie i gałęzie nerwów rdzeniowych

- Nerwy rdzeniowe powstają z połączenia wychodzących z rdzenia kręgowego **korzeni**: przedniego (brzusznego) – ruchowego i tylnego (grzbietowego) – czuciowego; **korzeń tylny zawiera zwój rdzeniowy**
- Po krótkim przebiegu nerwy rdzeniowe dzielą się na **gałąź** przednią i tylną, z których każda zawiera zarówno włókna czuciowe i ruchowe; ponadto nerw rdzeniowy oddaje gałęzie łączące do pnia współczulnego i gałąź oponową

| | |
|------------------|--|
| Gałęzie przednie | Najgrubsze; g. nerwów piersiowych – metameryczne jako nn. międzybrowe i między mięśniami brzucha; g. nn. Szyjnych, lędźwiowych, krzyżowych i guziczego => sploty |
| Gałęzie tylne | Cieńsze; przeważnie metameryczny układ; kierują się na grzbiet, unerwiając mięśnie głębokie; gałęzie skórne tylne zaopatrują skórę na grzbiecie |
| Gałęzie łączące | Wiążą nerwy rdzeniowe z należącym do AUN pniem współczulnym |
| Gałęzie oponowe | Powracają do kanału kręgowego, unerwiając jego okostną i oponę twardą |



Ryc. 4.1. Korzenie i gałęzie nerwu rdzeniowego. Linia ciągłą oznaczono włókna podśrodkowe (ruchowe), linią przerywaną — włókna dośrodkowe (czuciowe).

PRAWO BELLA - MAGENDIEGO

Na poziomie rdzenia kręgowego łuk odruchowy podlega **prawu Bella-Magendiego** (prawo jednokierunkowego przewodzenia przez rdzeń kręgowy): **stymulacja korzonków tylnych daje efekty czuciowe, natomiast stymulacja korzonków przednich rdzenia - wyłącznie efekty ruchowe.**

Korzonek grzbietowy
(drogi czuciowe)

Zwój międzykręgowy
(ciała protoneuronów)

Somatic sensory neuron

Visceral sensory neuron

Visceral motor neuron

Somatic motor neuron

Róg tylny rdzenia kręgowego

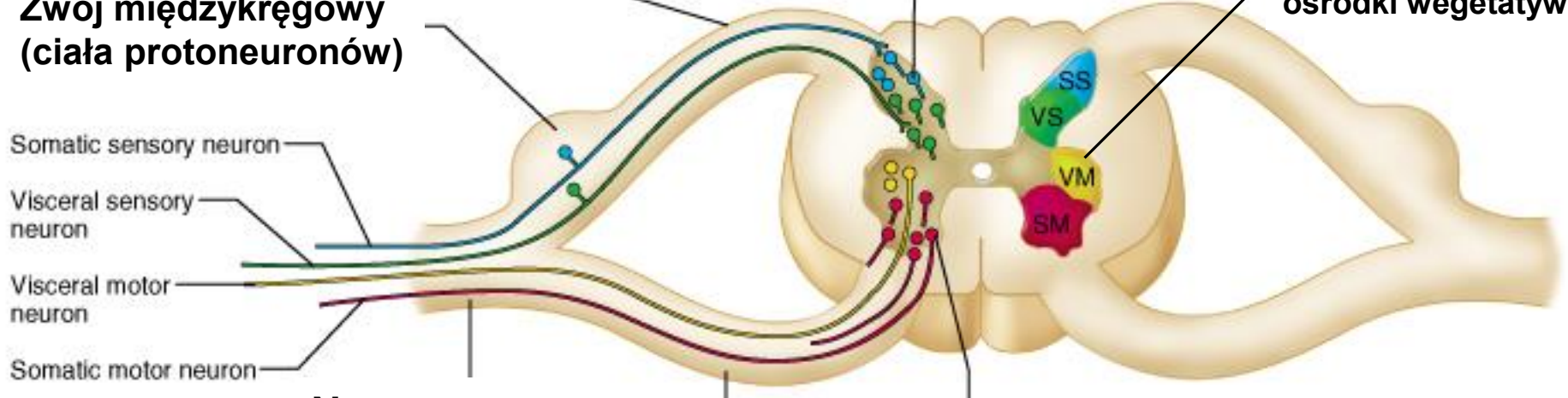
Róg boczny
ośrodki wegetatywne

Nerw rdzeniowy
(drogi mieszane
czuciowo-
ruchowe)

Korzonek brzuszny
(drogi
ruchowe)

Róg przedni rdzenia kręgowego

ic.



Drogi rdzenia kręgowego –

1. drogi krótkie, kojarzeniowe, podstawowe (w obrębie rdzenia kręgowego);
2. drogi długie, projekcyjne - wstępujące (czuciowe) i zstępujące (ruchowe).

Drogi wstępujące (afferentne)

Są to drogi czuciowe, trójneuronowe.

Pierwszy neuron to protoneuron, drugi (interneuron) leży w rdzeniu kręgowym albo rdzeniu przedłużonym, trzeci neuron leży we wzgórzu

Rdzeniowo-wzgórzowa

⊗ przednia (dotyk protopatyczny)

⊗ boczna (ból, temperatura)

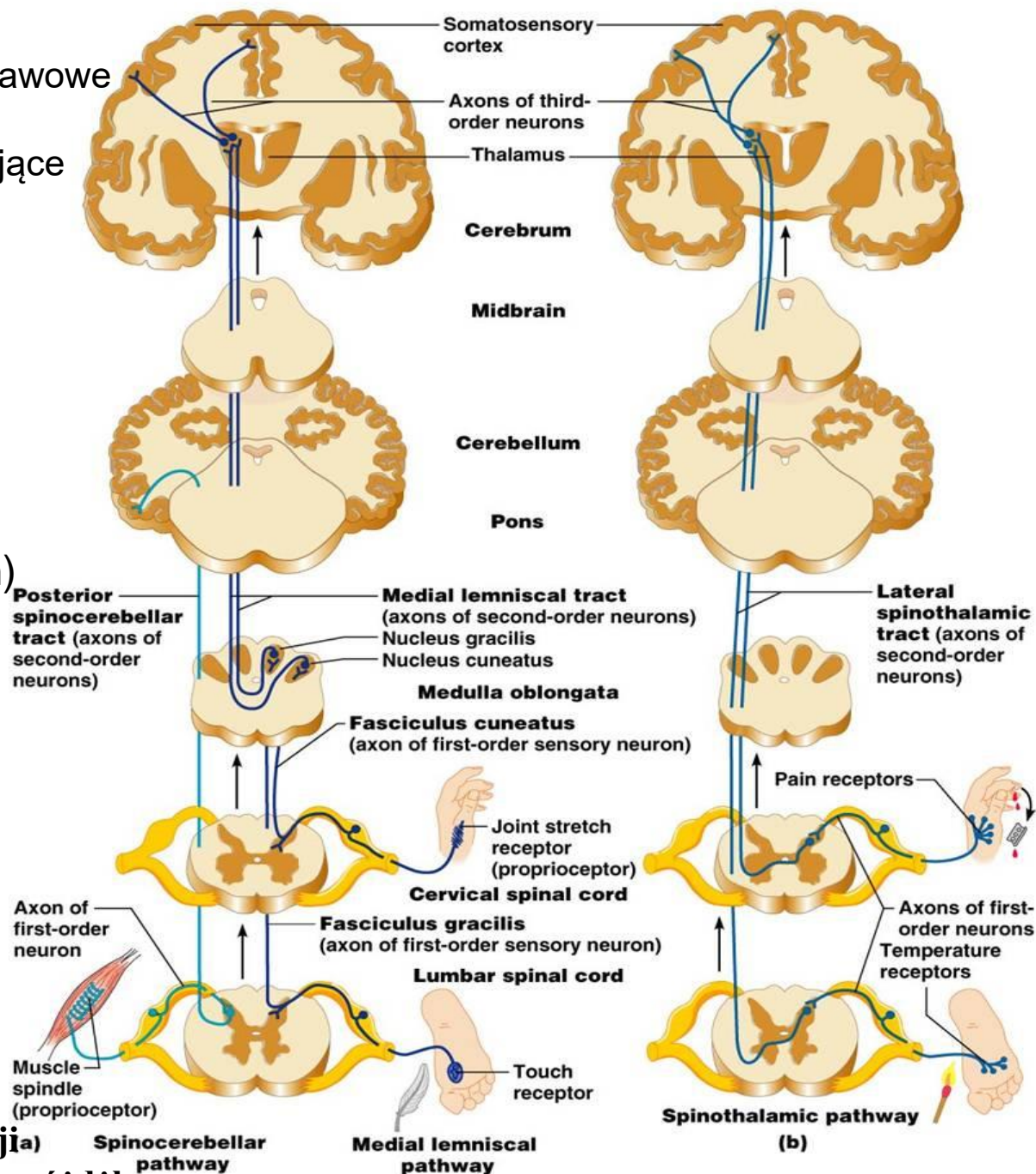
○ **Rdzeniowo-opuszkowa** (dotyk epikrytyczny)

Rdzeniowo-mózdkowa

⊗ przednia

○ tylna

przewodzenie informacji
prioprioreceptywnej do mózdku



Drogi zstępujące (eferentne)

Są to drogi ruchowe, dwuneuronowe. Pierwszy neuron leży w korze ruchowej lub ośrodkach układu pozapiramidowego, drugi neuron to motoneuron.

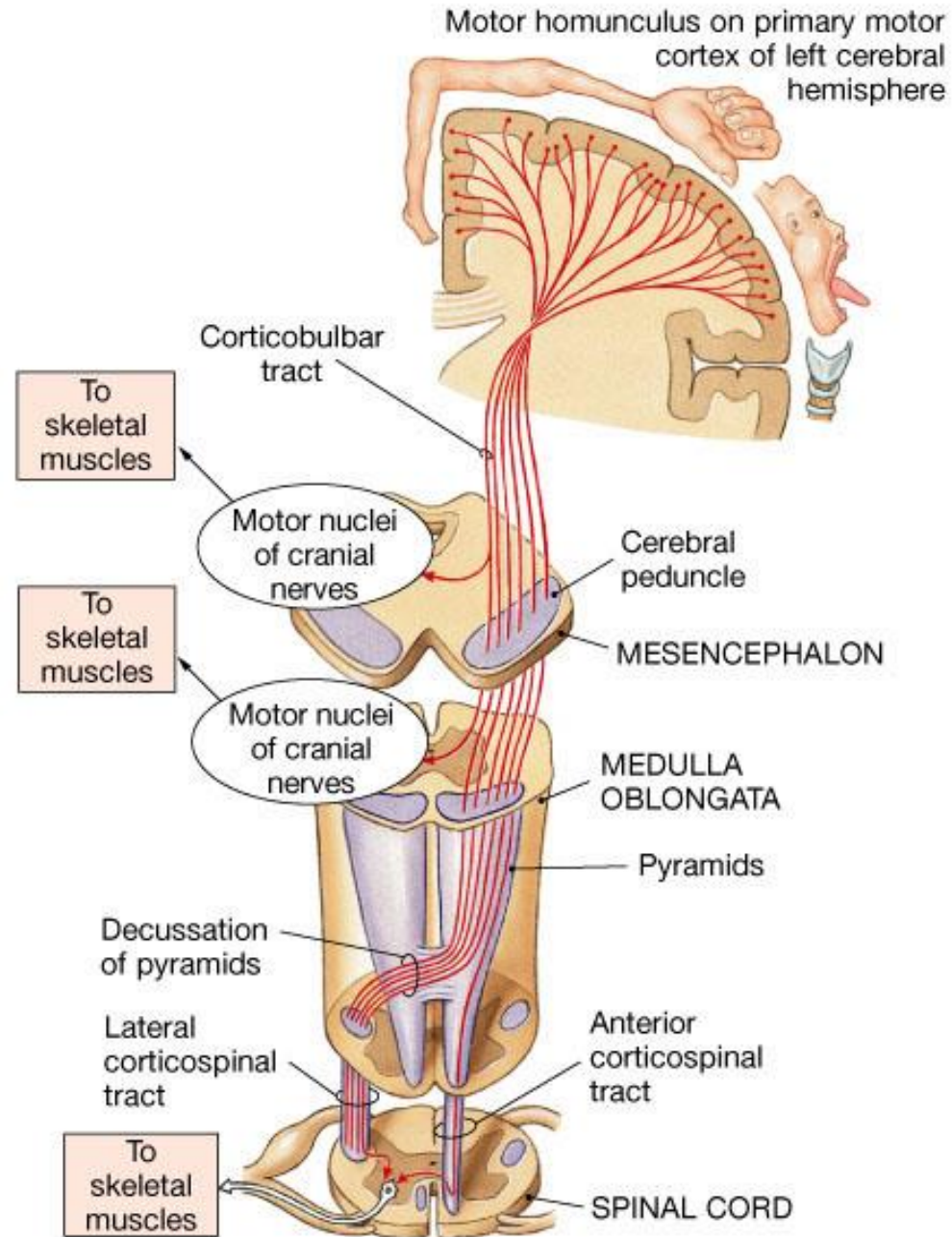
drogi piramidowe (korowo-rdzeniowe)

- ⊗ boczne - 95%
 - przednie - 5%
- } Ruchy dowolne (świadome)

drogi pozapiramidowe

z ośrodków wykonawczych układu pozapiramidowego (mimowolnoruchowego), czyli jąder motorycznych pnia mózgu.

- przedsiolkowo-rdzeniowa
- czerwienno-rdzeniowa
- siatkowato-rdzeniowa
- nakrywkowo-rdzeniowa
- oliwkowo-rdzeniowa



FUNKCJE RDZENIA KRĘGOWEGO

- odruchowa (*zawiera ośrodki odruchów integrowanych na poziomie rdzenia*)
- przewodzenia (*jest miejscem przebiegu wielu dróg nerwowych do- i odśrodkowych*)

Ośrodki odruchowe rdzenia kręgowego

1. odruchów somatycznych

- proprioreceptywnych
- obronnych zgięcia (C5 -Th1 - unerwienie kończyny górnej, L1 - S3 - unerwienie kończyny dolnej)

2. odruchów autonomicznych (rogi boczne, pasmo pośrednio-boczne)

część współczulna (piersiowo-lędźwiowa)

- • II-rzędowy ośrodek sercowy ($C_8 - Th_2$) – *pobudza akcję serca*
- • ośrodek oskrzelowo-płuczny ($Th_3 - Th_5$) - *rozszerza drogi oddechowe przy zwiększonym wysiłku*
- • rzęskowy ośrodek rdzeniowy ($C_8 - Th_2$) - *reguluje szerokość źrenicy i wielkość szpary powiekowej*. Uszkodzenie: Triada Hornera (3 objawy) zwężenie źrenicy (**miosis**), opadanie powieki (**ptosis**), zapadanie się gałki ocznej (**endophtalmus**)
- - ośrodki naczynioruchowe
- • ośrodki włosoruchowe
- • ośrodki gruczołów potowych

metamerycznie
 $C_8 - L_2$

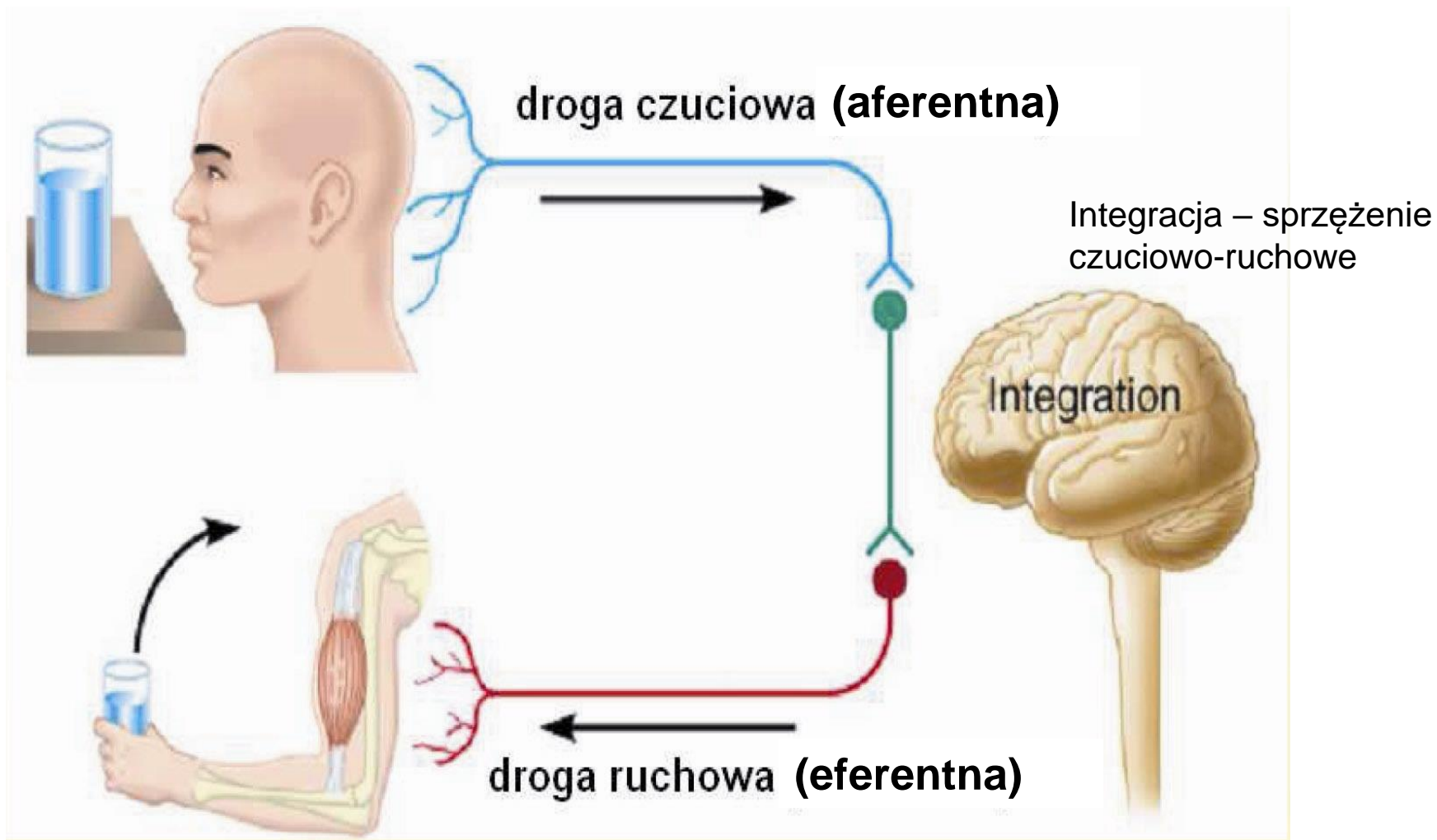


część przywspółczulna (czaszkowo-krzyżowa)

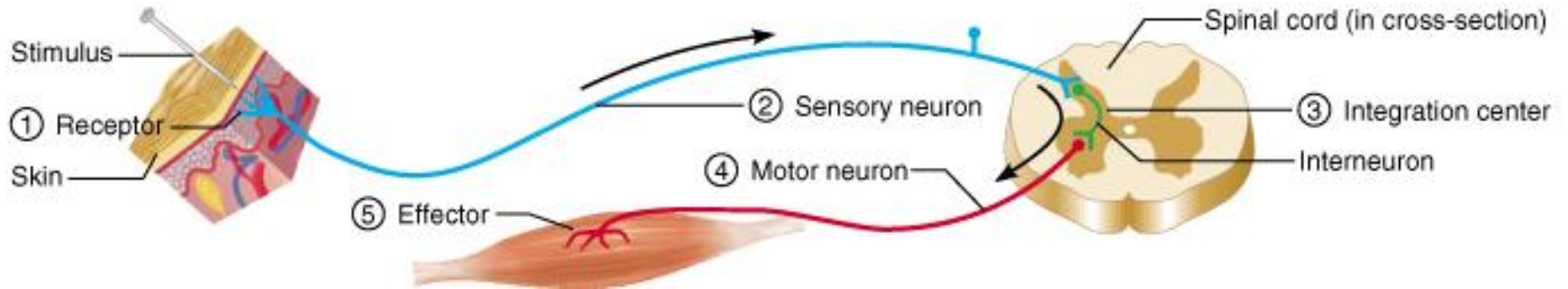
- *część czaszkowa układu parasympatycznego zawiera ośrodki odruchowe nerwów czaszkowych: III, VII, IX i X*
- *część krzyżowa rdzenia kręgowego*
- ośrodek mikcji (zapewniający automatykę pęcherza)
- ośrodek defekacji (zapewniający automatykę odbytnicy)
- ośrodek erekcji
- ośrodek ejakulacji

PRZYPOMNIENIE - ODRUCH

Odruch jest to reakcja na bodziec zachodząca za pośrednictwem ośrodkowego układu nerwowego (OUN)



PRZYPOMNIENIE – BUDOWA ŁUKU ODRUCHOWEGO



- ① Receptor
- ② Protoneuron – neuron czuciowy
- ③ Ośrodek (tu integracja odruchu)
- ④ Motoneuron – neuron ruchowy
- ⑤ Efektor

PRZYPOMNIENIE – RODZAJE ODRUCHÓW

✓ Ze względu na rodzaj receptora:

- **Proprioreceptywne** (receptor leży w efektorze)
- **Eksteroreceptywne** (receptor zewnętrzny: skóra, oko itp)
- **Interoreceptywne** (receptor w narządzie wewnętrznym)

✓ Ze względu na poziom integracji:

- **Odcinkowy** (integracja w 1 odcinku rdzenia)
- **Międzyodcinkowy** (integracja w kilku odcinkach rdzenia)
- **Nadodcinkowy** (integracja w wyższych piętrach OUN)

✓ Ze względu na ilość synaps w łuku odruchowym:

- **Monosynaptyczny** (1 synapsa)
- **Oligosynaptyczny** (kilka synaps)
- **Polisynaptyczny** (wiele synaps)

✓ Ze względu na rodzaj efektor:

- **Somatyczne** (efektorem jest mięsień poprzecznie prążkowany)
- **Wegetatywne: Trzewnoruchowe** (efektor – mięsień gładki)

Wydzielnicze (efektor – gruczoł)

Cechy czynności odruchowej według Sherringtona

➤ POŚREDNIOŚĆ

pośrednictwo OUN, miejsce pobudzenia jest oddalone od miejsca reakcji w przestrzeni i w czasie

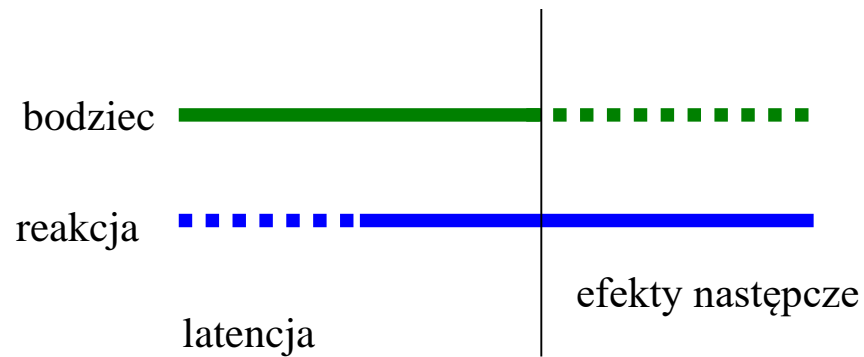
➤ JEDNOKIERUNKOWOŚĆ PRZEWODZENIA

prawo Bella-Megendiego: rdzeń kręgowy przewodzi tylko w jednym kierunku: od korzonków tylnych do korzonków przednich

➤ CZAS ODRUCHU (LATENCJA)

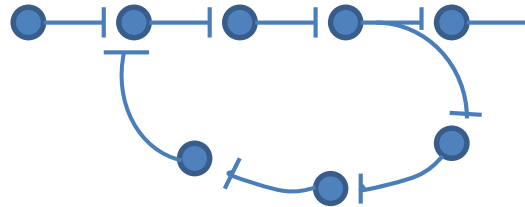
latencja - czas utajonego pobudzenia, opóźnienie reakcji w stosunku do działającego bodźca

efekty następne – utrzymanie się reakcji po zakończeniu działania bodźca



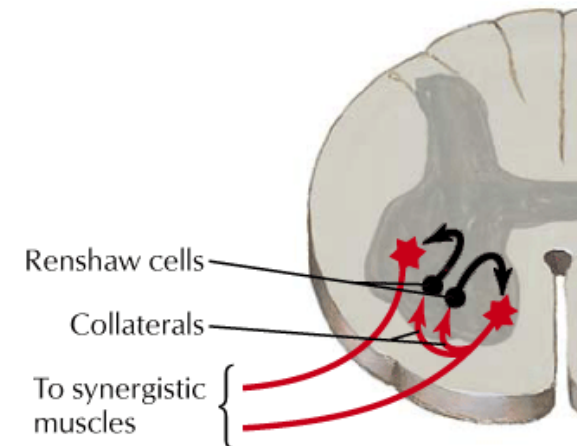
Efekty następcze

występują na skutek krążenia impulsów w zamkniętych pętlach pobudzenia (w OUN)



Czemu odruch jednak wygasa?

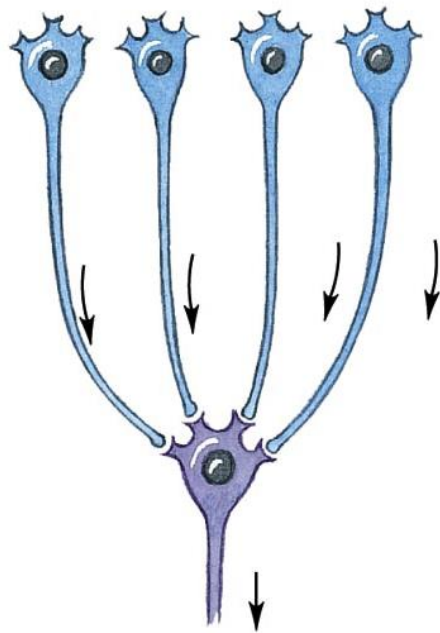
Obecność neuronów hamujących: 1/3 wszystkich w OUN jest GABA-ergiczna, a w rdzeniu są glicynowe, hamujące komórki Renshawa zwrótnie hamujące motoneurony



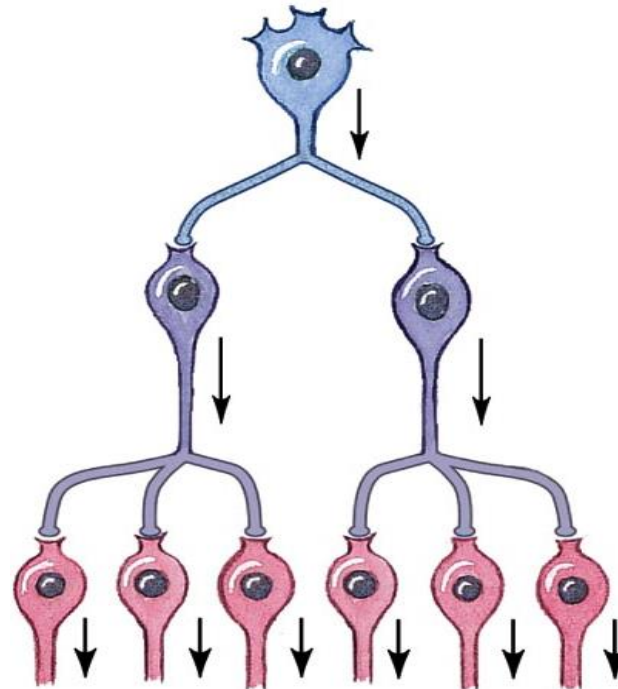
Cechy czynności odruchowej według Sherringtona

➤ KONWERCENCJA I DYWERCENCJA

- **konwergencja** – zbieżność pobudzenia motoneuron otrzymuje pobudzenie z wielu neuronów
- **dywergencja** (rozbieżność) – rozchodzenie się stanu pobudzenia (zwiększanie liczby pobudzonych neuronów)



(b) Convergence



(a) Divergence

Cechy czynności odruchowej według Sherringtona

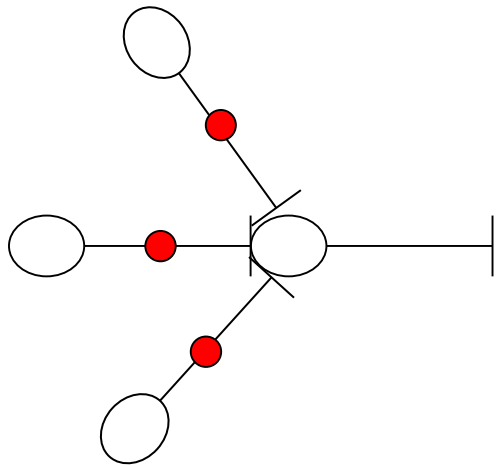
➤ SUMOWANIE POBUDZEŃ W CZASIE I PRZESTRZENI

- w czasie - seria

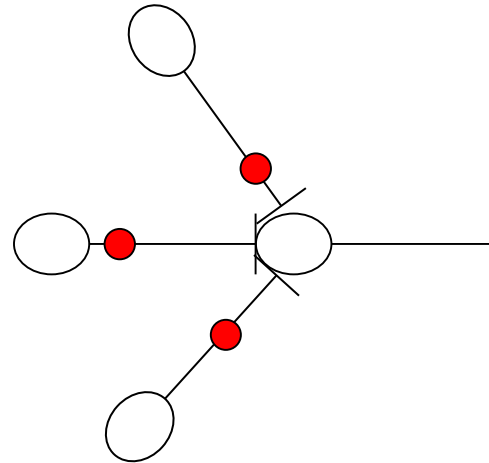


Pobudzenia docierają do komórki z tego samego neuronu.

- w przestrzeni - salwa



salwa synchroniczna

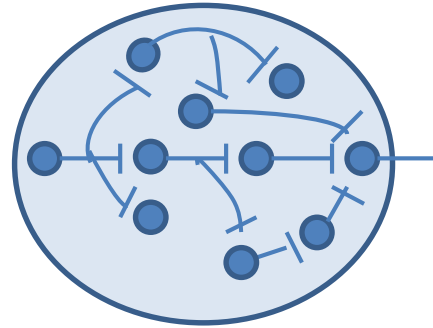


salwa niesynchroniczna

Cechy czynności odruchowej według Sherringtona

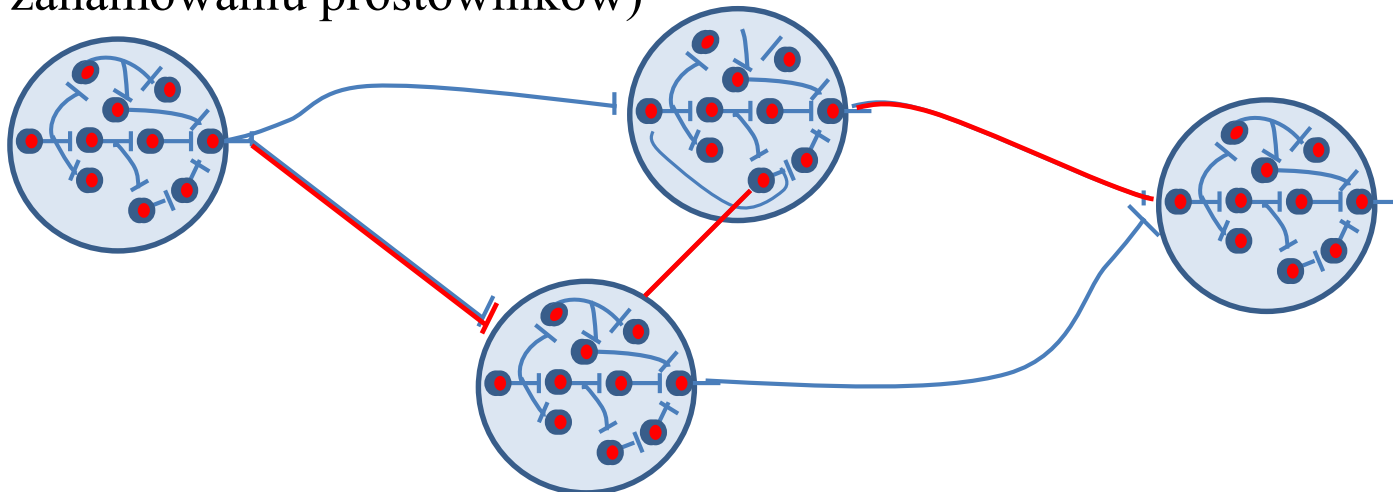
➤ REKRUTACJA

rozchodzenie się pobudzenia na inne neurony w obrębie jednego ośrodka, zjawisko oparte na dywergencji. Efektem może być zwiększenie reakcji.



➤ PROMIENIOWANIE

rozchodzenie się impulsów pomiędzy ośrodkami po określonych drogach (np. skrzyżowany odruch wyprostny – pobudzenie zginaczy przy zahamowaniu prostowników)

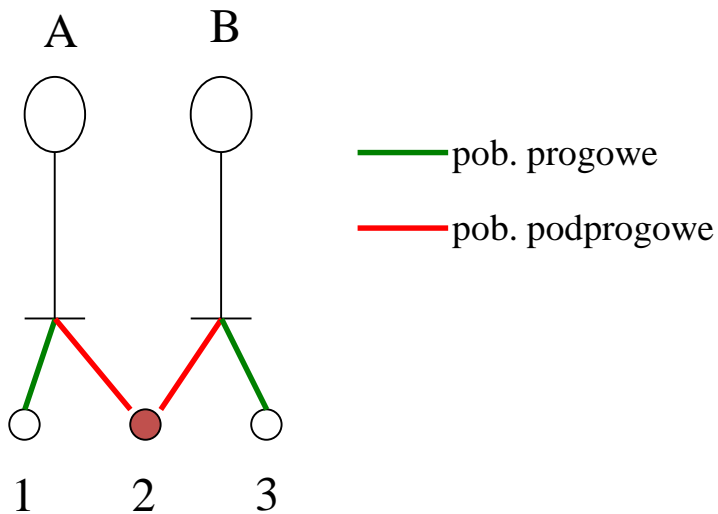


Cechy czynności odruchowej według Sherringtona

➤ SUMOWANIE STANU POBUDZENIA W WARUNKACH OKLUZJI I FREDZLI PODPROGOWEJ

- zachodzi wtedy gdy dwa ośrodki mają część wspólna

FREDZLA PODPROGOWA



A → 1

B → 1

A + B = 2 ale w praktyce: (A + B) = 3

Komórka 2 ma wyższy próg pobudliwości od komórek 1 i 3, neurony A i B, pobudzone osobno, nie wyładowują wystarczająco intensywnie.

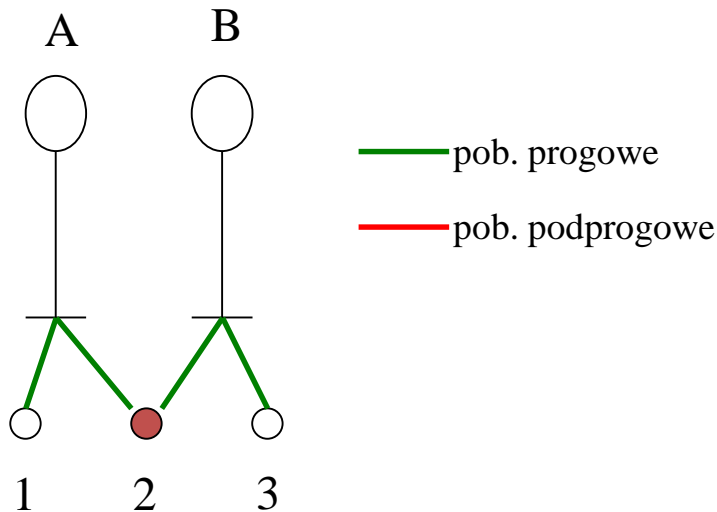
Efekt – komórka 2 nie osiąga progu pobudliwości.

Natomiast jeśli neurony A i B pobudzone są jednocześnie, to pobudzenia te sumują się na neuronie 2 i wówczas osiąga on próg pobudliwości.

A więc efekt większy od spodziewanego

Cechy czynności odruchowej według Sherringtona

OKLUZJA



Jeżeli neurony A i B wyładowują wystarczająco intensywnie i jeżeli każdy neuron pobudza dwa inne, to przy jednoczesnym pobudzeniu A i B spodziewalibyśmy się pobudzenia łącznie 4 neuronów.

Jednak w praktyce strefy pobudzenia neuronów A i B zachodzą na siebie, przez co pobudzane są przez nie łącznie nie 4, a 3 neurony.

Efekt jest niższy od spodziewanego.

Okluzja – sumowanie pobudzeń w strefie pobudzenie progowego. Efektem jest zmniejszenie reakcji odruchowej.

A → 2

B → 2

A + B = 4 ale w praktyce: (A + B) = 3

CHARAKTERYSTYKA RDZENIOWYCH REAKCJI ODRUCHOWYCH

Typy odruchów somatycznych rdzenia:

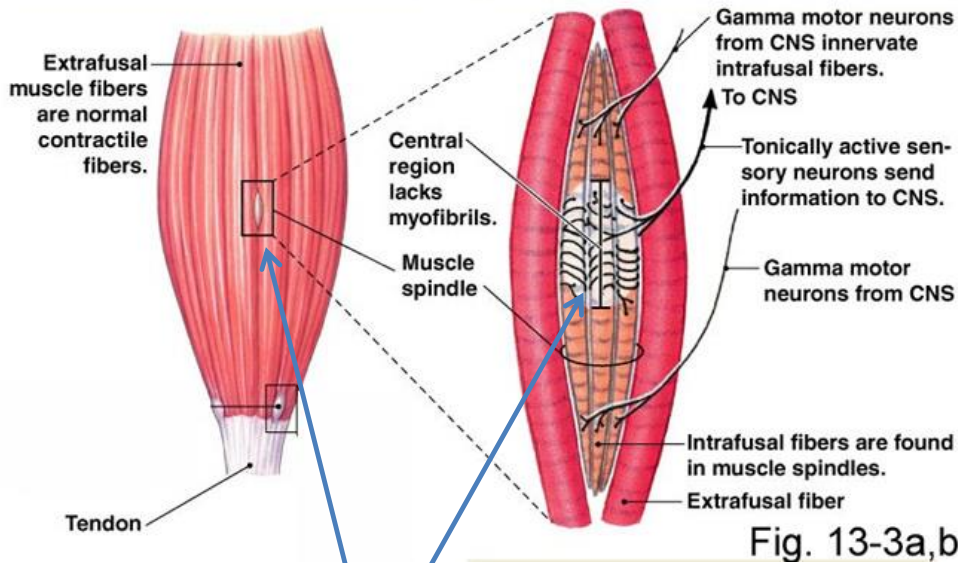
1. **Odruch proprioreceptywny** (leży u podstaw napięcia mięśniowego)
2. **odruch zgięcia + odruchy wahadłowe** (wielokrotnie powtarzany odruch zgięcia, np. drapanie)
3. **skoordynowany ruch dwóch kończyn** (skrzyżowany odruch wyprostny)
4. **skoordynowany ruch czterech kończyn** (*oparty na figurach diagonalnych = kolejności angażowania kończyn w zależności od miejsca działania bodźca, związany z rekrutacją i promieniowaniem pobudzenia - odruch międzyodcinkowy*)

1. Odruch proprioreceptywny (miotatyczny, na rozciąganie)

Rozciągnięcie narządu pierścieniowo-spiralnego we włóknie intrafuzalnym mięśnia powoduje jego skurcz izometryczny. Bodziec – grawitacja. Grawitacja działa stale, a więc skurcz jest toniczny, proporcjonalny do siły bodźca.

(a) Muscle spindles are buried among the extrafusal fibers of the muscle.

(b) Muscle spindle sends information about muscle stretch to the CNS.



Włókno intrafuzalne

Napięcie mięśniowe:

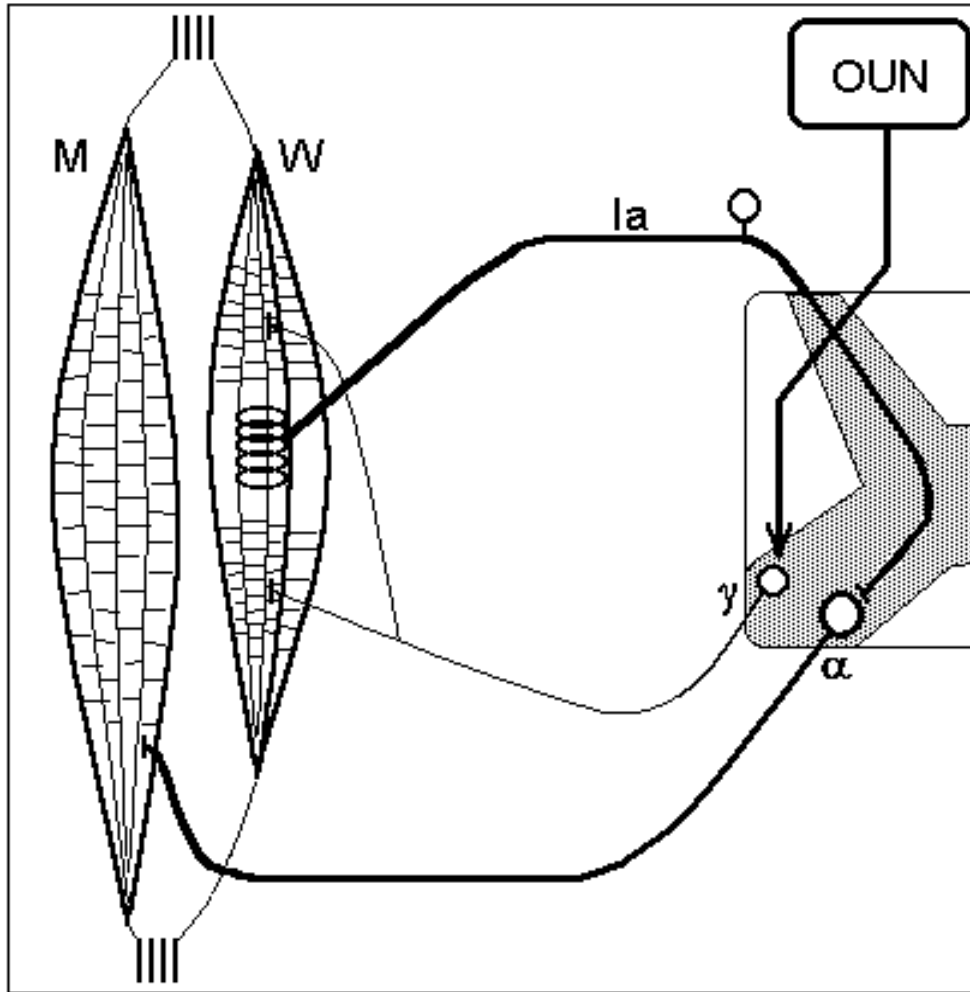
Jest to tonicznie utrzymujący się (ciągły i długotrwały) skurcz izometryczny o niewielkim natężeniu

Znaczenie:

- jest podstawą postawy i ruchu
- przeciwdziała wszechobecnej sile ciężkości
- utrzymuje stałą długość mięśnia
- dostosowuje siłę mięśnia do jego obciążenia
- zasila informacyjnie OUN

1. Odruch proprioreceptywny (miotatyczny, na rozciąganie)

Schemat łuku odruchowego



gdy mięsień ulega rozciągnięciu (np. pod wpływem siły grawitacji) zostaje rozciągnięte także zakończenie pierścieniowo-spiralne, które ulega wtedy depolaryzacji i inicjuje impuls przewodzony przez włókno czuciowe do motoneuronu α . Pobudzenie motoneuronu α powoduje skurcz włókien ekstrasfuzalnych (*czyli skurcz mięśnia*) adekwatny do siły rozciągającej i przywraca pierwotną długość mięśnia.

(Ia) - protoneuron, łączy synapsą z motoneuronem α unerwiającym włókna ekstrasfuzalne
motoneuron γ - unerwia boczne, prążkowane części włókien intrafuzalnych, (uwrażliwienie receptora) otrzymuje impulsację głównie z układu siatkowatego (*drogą siatkowato-rdzeniową*) a także z receptorów skórnych (*silne bodźce dotykowe i termiczne*) poprzez motoneuron γ odbywa się regulacja **napięcia mięśniowego**

M – włókno ekstrasfuzalne (zwykłe)
W – włókno intrafuzalne (z narządem pierścieniowo-spiralnym, który jest receptorem)

1. Odruch proprioreceptywny (miotatyczny, na rozciąganie)

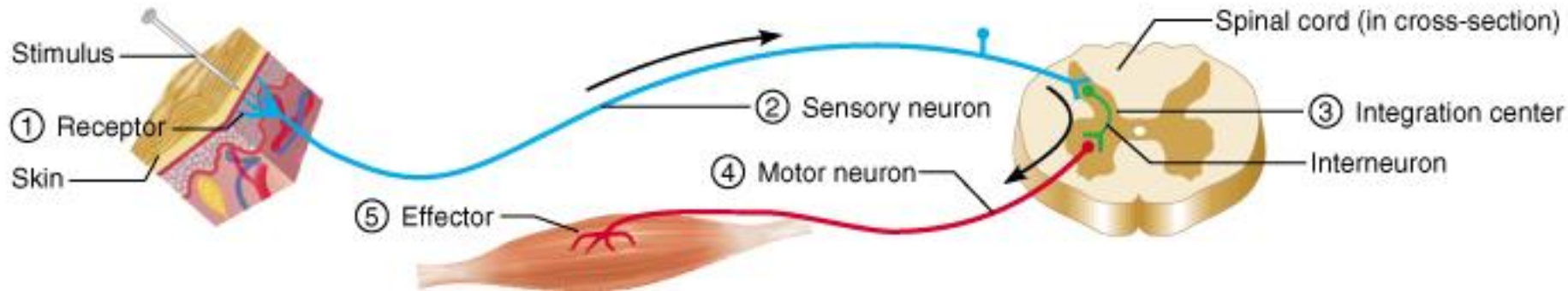
Cechy odruch proprioreceptywnego:

- **monosynaptyczny (jedyne w ustroju) = dwuneuronowy**
- **toniczny**
- **odcinkowy = monosegmentalny**
- **krótka latencja, szybko przewodzony**
- **niskoenergetyczny, nieznużalny**
- **brak efektów następczych, rekrutacji i promieniowania**

2. Odruch zgięcia

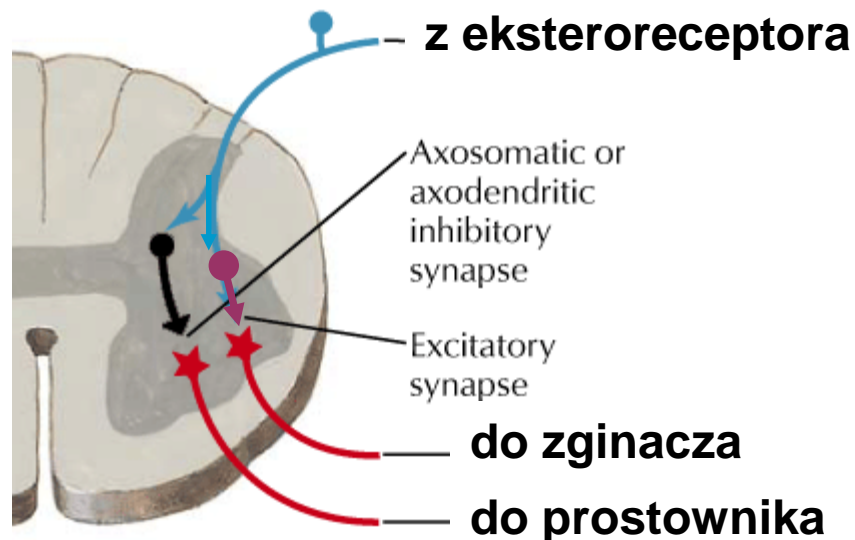
Odruch obronny polegający na zgięciu kończyny pod wpływem bodźca uszkodzającego (nocyceptywnego).

Jest eksteroreceptywny, oligosynaptyczny, odcinkowy



Jednocześnie hamowane są prostowniki tej kończyny

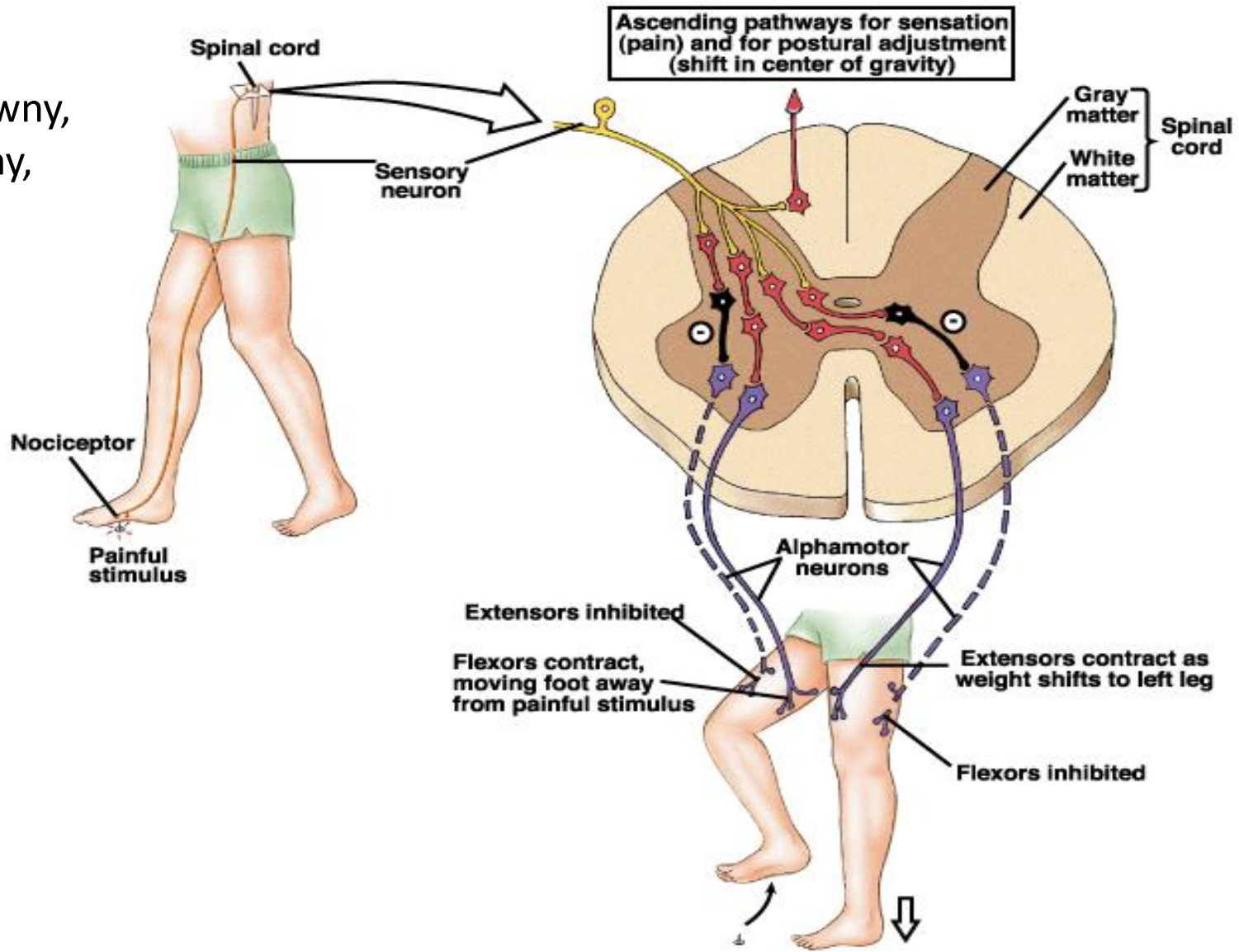
Hamowanie antagonistyczne – hamowanie mięśni antagonistycznych do aktualnie pracujących



3. Skrzyżowany odruch wyprostny

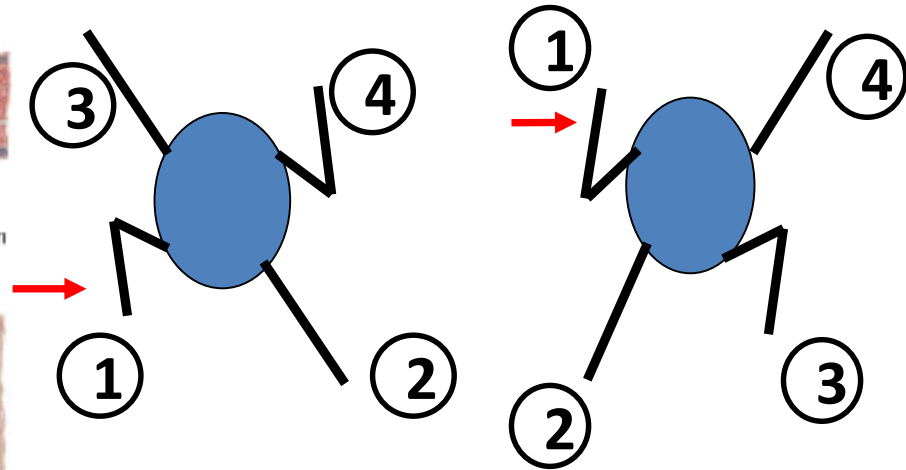
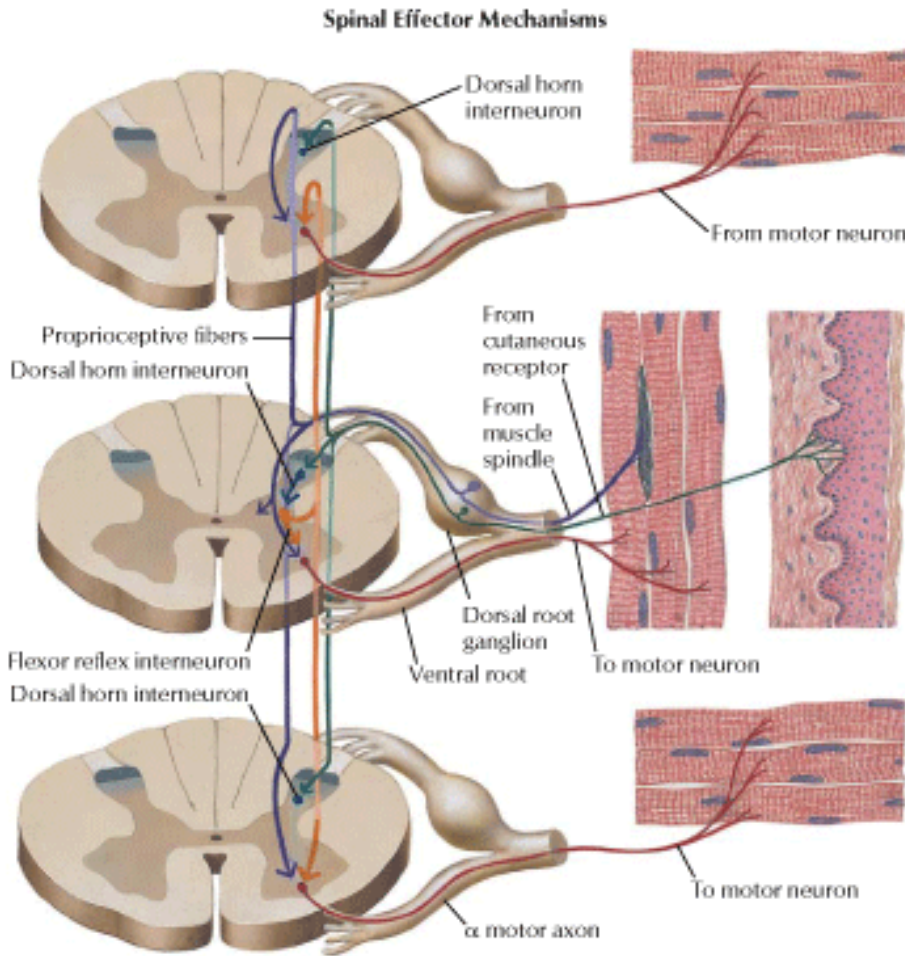
Odruch obronny polegający na zgięciu kończyny pod wpływem bodźca uszkodzającego (nocyceptywnego) z jednoczesnym wyprostem przeciwstronnej kończyny.

Jest:
eksteroreceptywny,
oligosynaptyczny,
odcinkowy



4. Skoordynowany ruch czterech kończyn (figury diagonalne)

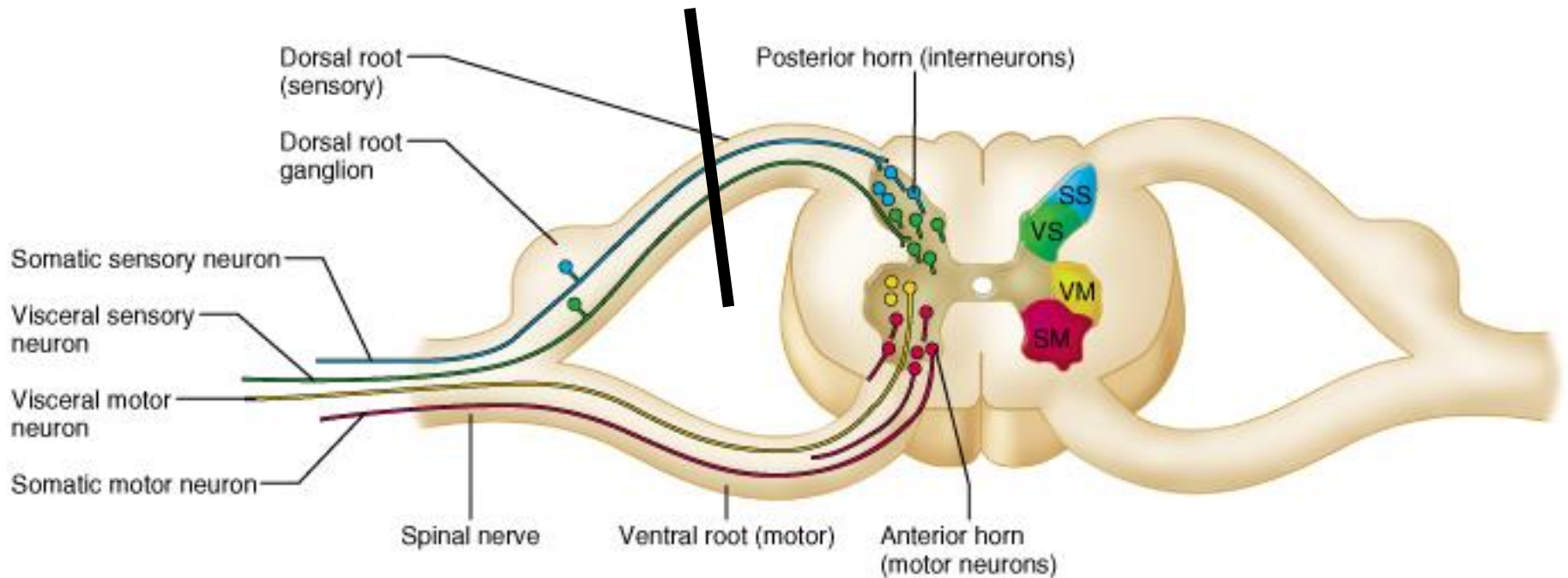
kolejność angażowania kończyn w zależności od miejsca działania bodźca, związany z rekrutacją i promieniowaniem pobudzenia - odruch międzyodcinkowy.



Generator naprzemiennych ruchów lokomotorycznych w rdzeniu u zwierząt niższych

Jak wykazać, że dana czynność ma charakter odruchowy?

deafferentacja (przecięcie korzonków czuciowych, grzbietowych, tylnych rdzenia kręgowego). Jeżeli wówczas reakcja zaniknie, to świadczy to o jej odruchowym charakterze



Objawy całkowitego przecięcia rdzenia kręgowego:

- Uszkodzenie od C1 do C4 powoduje natychmiastową śmierć (*odcięcie impulsacji do nerwu przeponowego*)
- Po uszkodzeniach segmentów dalszych poniżej przecięcia występuje **wstrząs rdzeniowy**:
 - całkowite i trwałe porażenie ruchowe - *przy uszkodzeniach C5 do Th1 - tetraplegia (4 porażone kończyny) przy uszkodzeniach poniżej Th2 - paraplegia (porażenie kończyn dolnych)*
 - całkowita i trwała utrata czucia trzewnego i somatycznego
 - czasowe zniesienie odruchów rdzeniowych:
 - brak napięcia mięśniowego
 - brak odruchów ścięgnowych, podszwowych, zgięcia
 - Brak autmatyzmu pęcherza i odbytnicy
 - rozszerzenie naczyń skórnych, zniesienie wydzielania potu

czas trwania wstrząsu: żaba - kilka minut, człowiek - kilka tygodni

po zakończeniu okresu wstrząsu następuje **powrót odruchowej czynności rdzenia:**

- powrót napięcia mięśniowego
- powrót odruchów zgięcia i wyprostnych
- pojawienie się patologicznego odruchu Babińskiego
- powrót automatyzmu pęcherza i odbytnicy (*bez możliwości kontroli*)
- pojawienie się odruchu masowego (*umiarkowane podrażnienie kończyny powoduje zgięcie obu kończyn, opróżnienie odbytnicy i pęcherza oraz poty*)

Przyczyną objawów wstrząsu rdzeniowego jest nagłe usunięcie wpływów modyfikujących z wyższych pięter OUN. Wstrząs nie jest spowodowany samym przecięciem włókien rdzeniowych, gdyż powtórzenie przecięcia nie wywołuje powtórnie wstrząsu rdzeniowego. Nie wywołuje go również długotrwały proces chorobowy prowadzący do zniszczenia tkanki rdzenia.

Objawy połowicznego przecięcia rdzenia (zespół Brown-Sequarda)

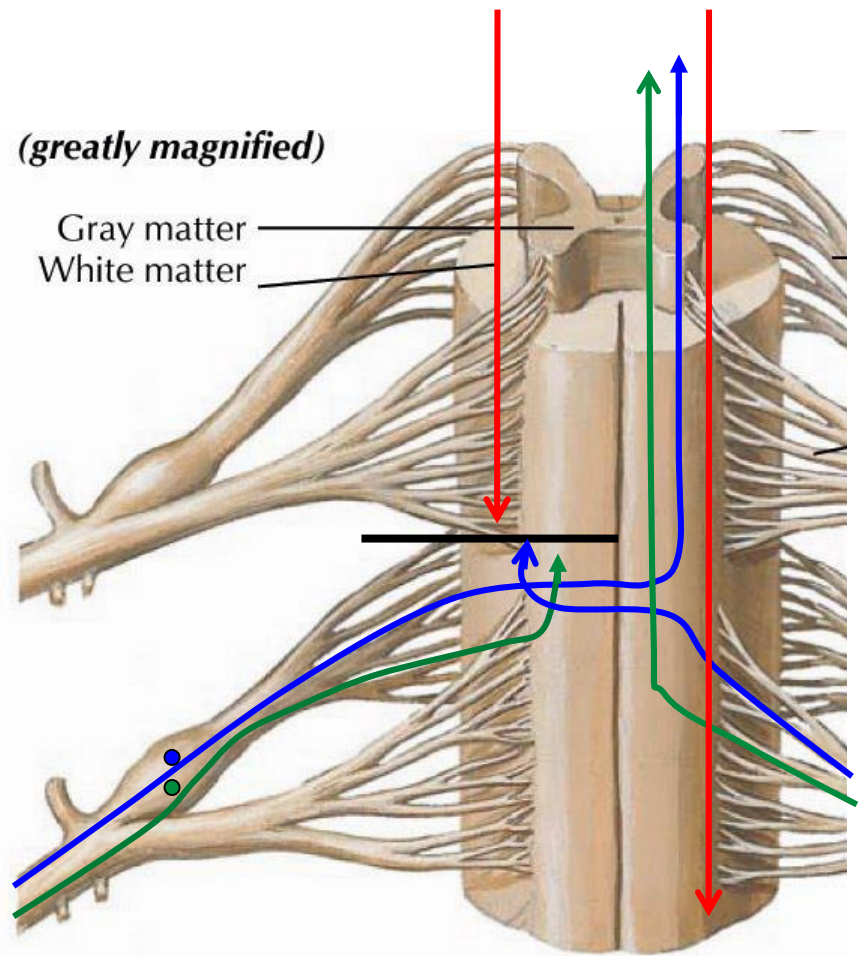
poniżej przecięcia **zanika**:

- po stronie uszkodzenia - czucie głębokie (uświadomione) →
- po stronie przeciwnej - czucie bólu i temperatury →
- czucie dotyku jest obustronnie upośledzone →
- *objawom zaburzeń czucia towarzyszy paraliż jednostronny, po stronie przecięcia (monoplegia) w wyniku przecięcia dróg piramidowych.* →

→ Droga rdzeniowo-opuszkowa

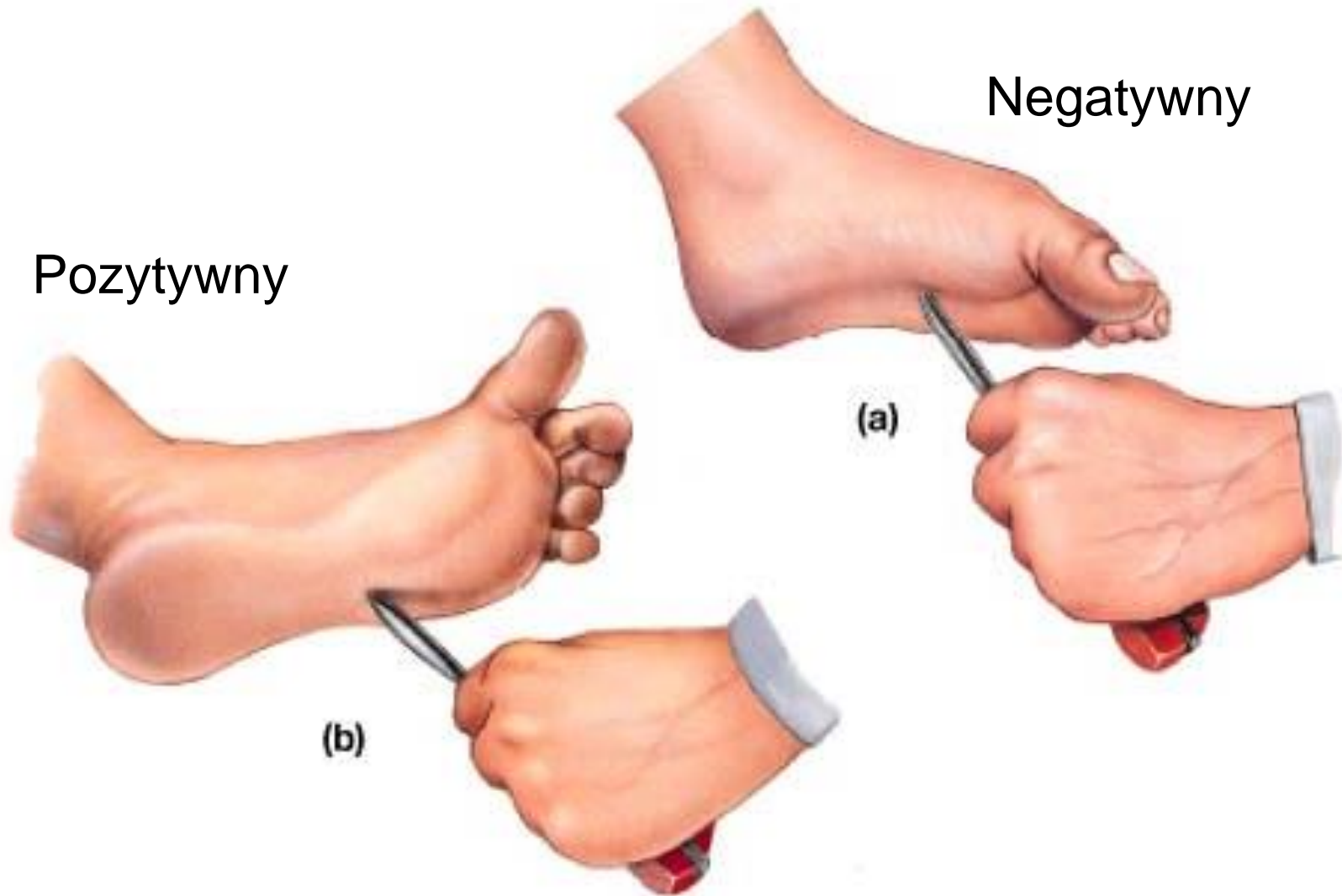
→ Droga rdzeniowo-wzgórzowa

→ Drogi ruchowe (piramidowa i pozapiramidowe)

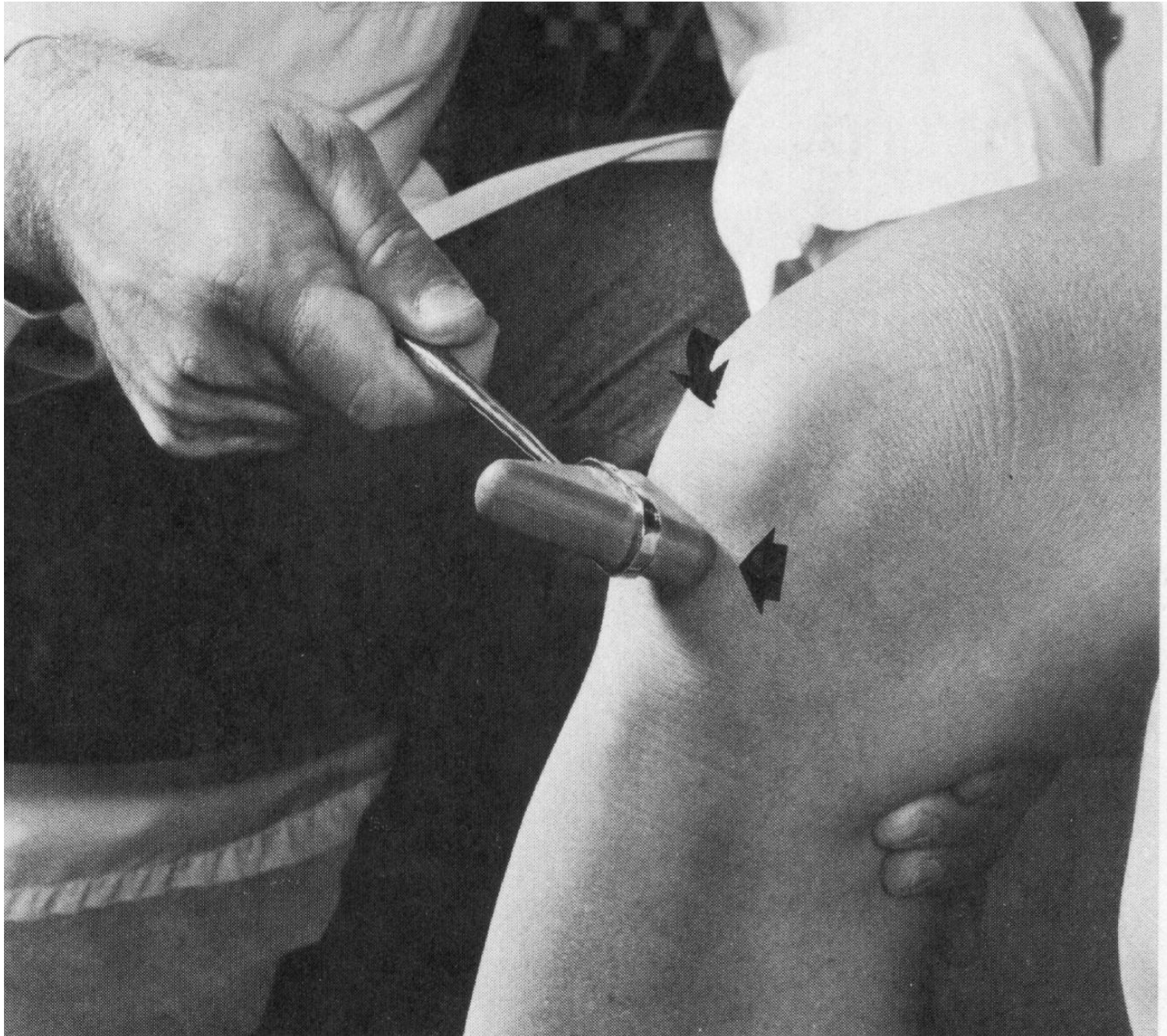


Odruchy kliniczne: **odruch Babińskiego**

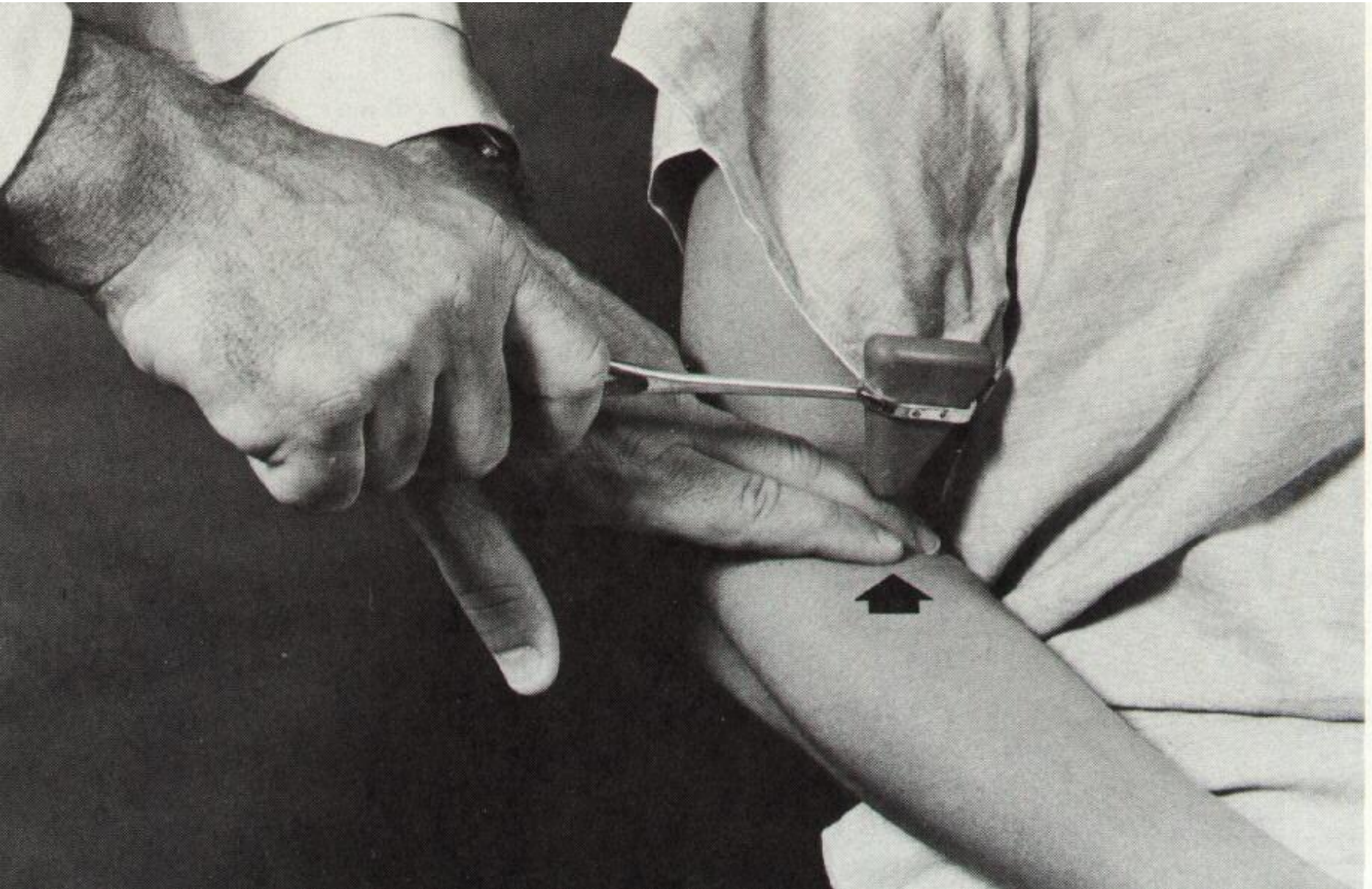
Pozytywny odruch Babińskiego u dorosłych jest patologią, świadczy o uszkodzeniu dróg piramidowych. U dzieci do 2-go roku życia fizjologiczny, wynika z niedostatecznej mielinizacji tych dróg.



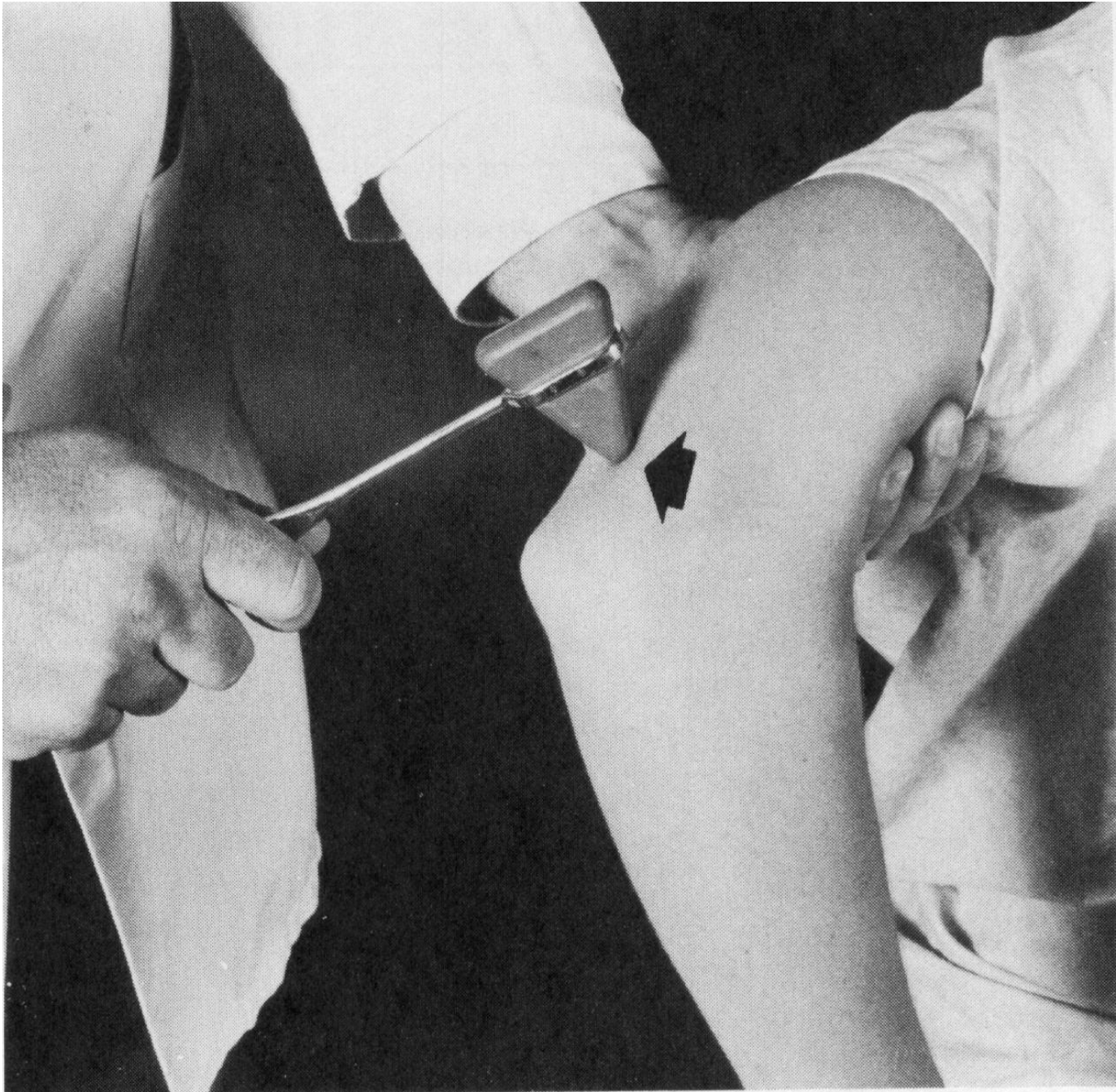
Odruchy kliniczne: odruch kolanowy (L2-L4)



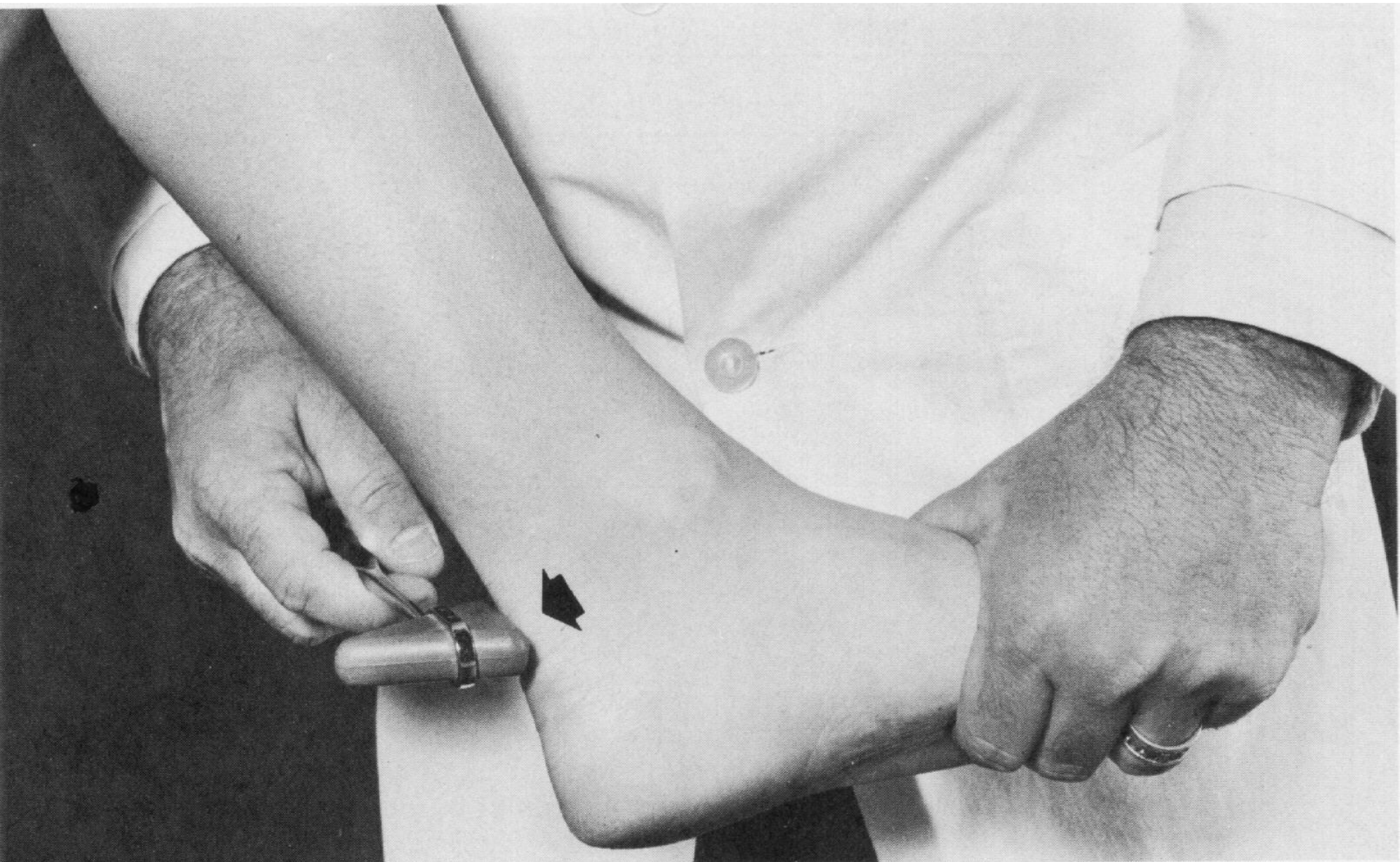
Odruchy kliniczne: odruch z bicepsa (C5-C6)



Odruchy kliniczne: odruch z tricepsa (C6-C8)



Odruchy kliniczne: odruch ze ścięgna Achillesa (L5-S2)





Physiology experiments.mp4



reflex arc.mp4



Babinski's Sign - Everything You Need To Know - Dr. Nabil Ebraheim.mp4

Filmy: Odruchy brzuszne – górny środkowy i dolny

<https://www.youtube.com/watch?v=4oo1oDQSfPs>