

STRUKTURA I FUNKCJONOWANIE UKŁADU NERWOWO-MIĘŚNIOWEGO



Prof. dr hab. n. med. Juliusz Huber

Zakład Patofizjologii Narządu Ruchu

Uniwersytet Medyczny im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu

juliusz.huber@ump.edu.pl zpnremg@ump.edu.pl

Informacje

Google

orsk

zpnr

DYDAKTYKA

PLANY ZAJĘĆ

SFUN

http://www.orsk.ump.edu.pl/pl/kliniki/zaklady/zaklad_patofizjologii_narzadu_ruchu/dydaktyka.html

MATERIAŁY DYDAKTYCZNE DO POBRANIA

http://www.orsk.ump.edu.pl/pl/kliniki/zaklady/zaklad_patofizjologii_narzadu_ruchu/dydaktyka/materialy_dydaktyczne/do_pobrania_download.html

CEL PRZEDMIOTU

Wiedza podstawowa oraz zarys podstawowych ćwiczeń wykonywanych przez studentów przy współudziale zdrowych ochotników, dotycząca najważniejszych zagadnień struktury i funkcjonowania układu nerwowo-mięśniowego bezpośrednio powiązanych z współczesną rehabilitacją i fizjoterapią.

Repetytorium najważniejszych zagadnień unerwienia czuciowego i ruchowego na bazie symulacji neurofizjologicznych.

Odbiorca zna podstawy anatomii i fizjologii na poziomie akademickim, a obecnie przedstawiana wiedza nie jest powtórzeniem, ale ich uzupełnieniem lub rozszerzeniem w dobie Evidence Based Medicine.

Przedstawienie podstawowych mechanizmów związanych z koordynacją ruchowo-czuciową, z którą fizjoterapeuta będzie najbardziej związany w przyszłej praktyce zawodowej.

W nomenklaturze anatomicznej, pojęcie „układu nerwowo-mięśniowego” nie istnieje, osobno klasyfikuje się struktury należące do układów nerwowego obwodowego i ośrodkowego oraz do układu mięśniowego.

Pojęcie układu nerwowo-mięśniowego jest natomiast zrozumiałe i preferowane przez lekarzy rehabilitacji i fizjoterapeutów, traktujących chorego z dysfunkcją narządu ruchu o różnej etiologii w ujęciu holistycznym, leczących współcześnie z wykorzystaniem metod neurofizjologicznych, badających przyczynę schorzenia oraz oceniających postęp leczenia całościowo zarówno z punktu widzenia strukturalnego jak i funkcjonalnego nie tylko metodami klinicznymi.

Wykład I...

Najważniejsze składowe strukturalne i funkcjonowanie układów nerwowego i mięśniowego w warunkach prawidłowych.

Przedstawienie możliwości neurofizjologii do wyjaśnienia mechanizmów działania obu układów.

Określenie prawidłowej kontroli nerwowej ruchu na poziomie rdzenia kręgowego i poziomie nadrženiowym.

Czynność mięśni antagonistycznych i synergistycznych kończyn górnych i dolnych.

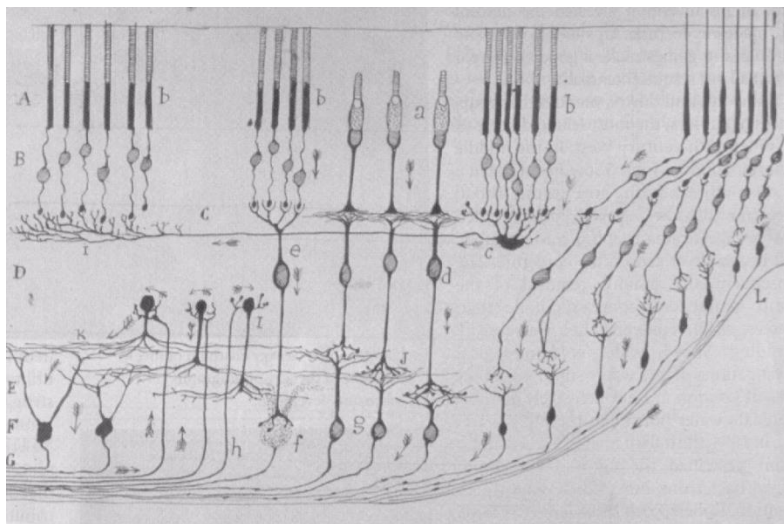
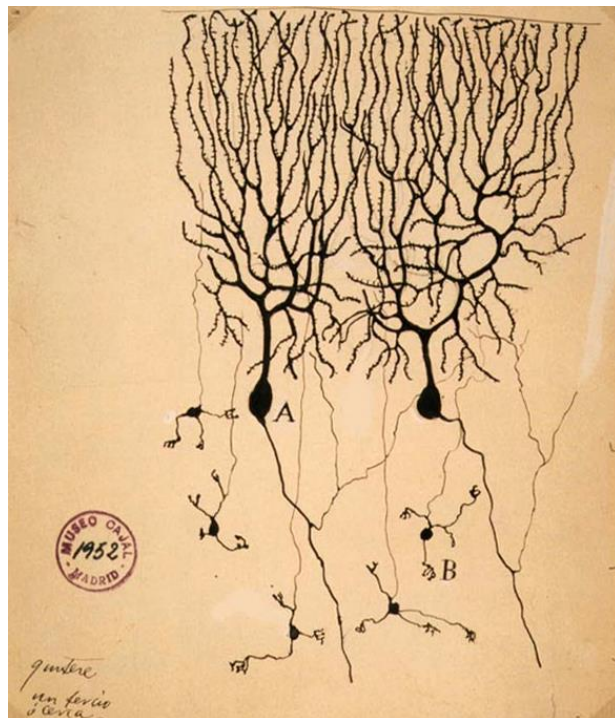
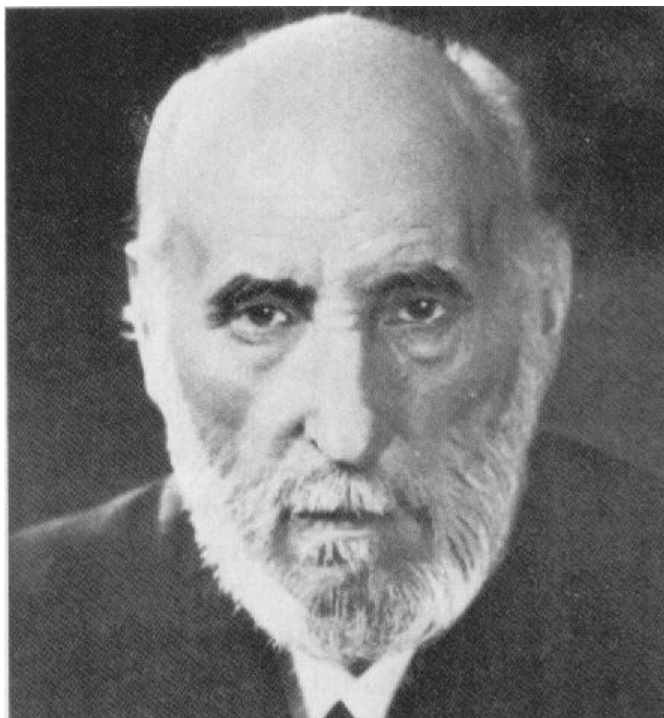
Podstawowe obiegi neuronalne rdzenia kręgowego związane z prawidłową kontrolą czuciowo-ruchową.

Ćwiczenie I

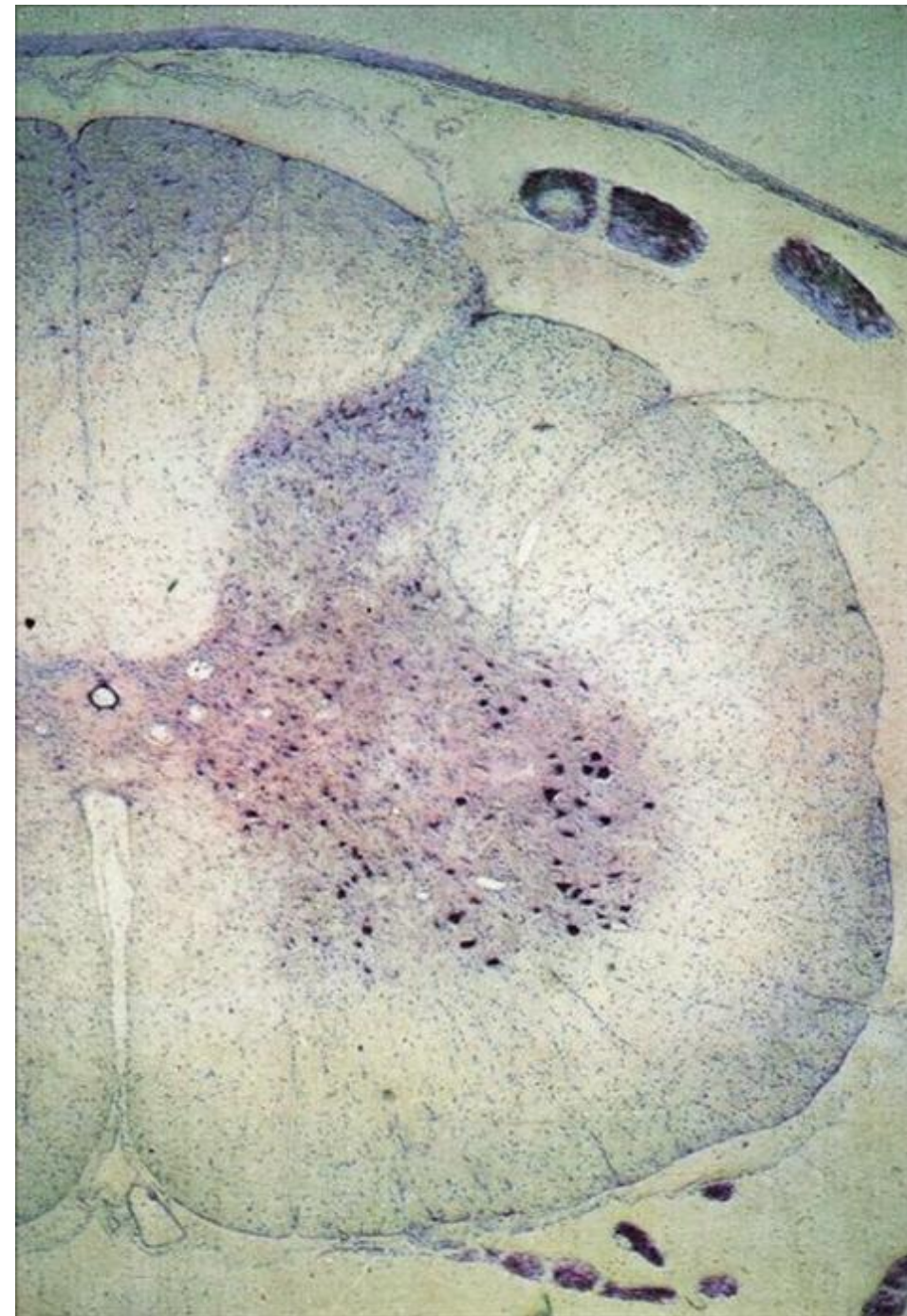
Możliwości neurofizjologii do wyjaśnienia mechanizmów prawidłowego działania układów nerwowego oraz mięśniowego w warunkach prawidłowych.

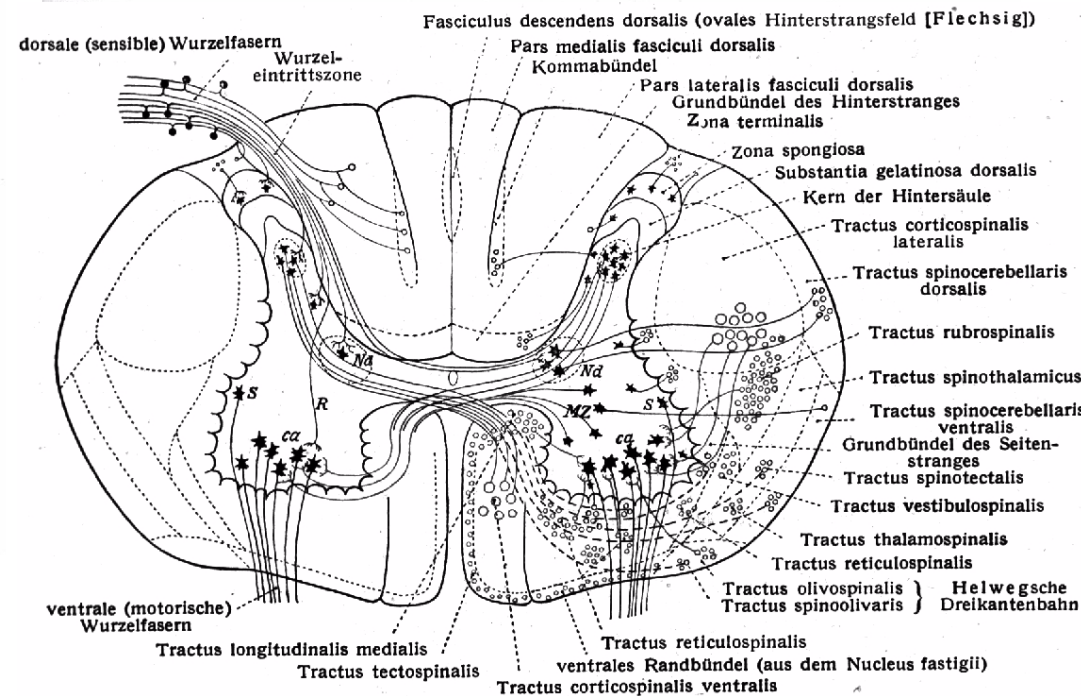
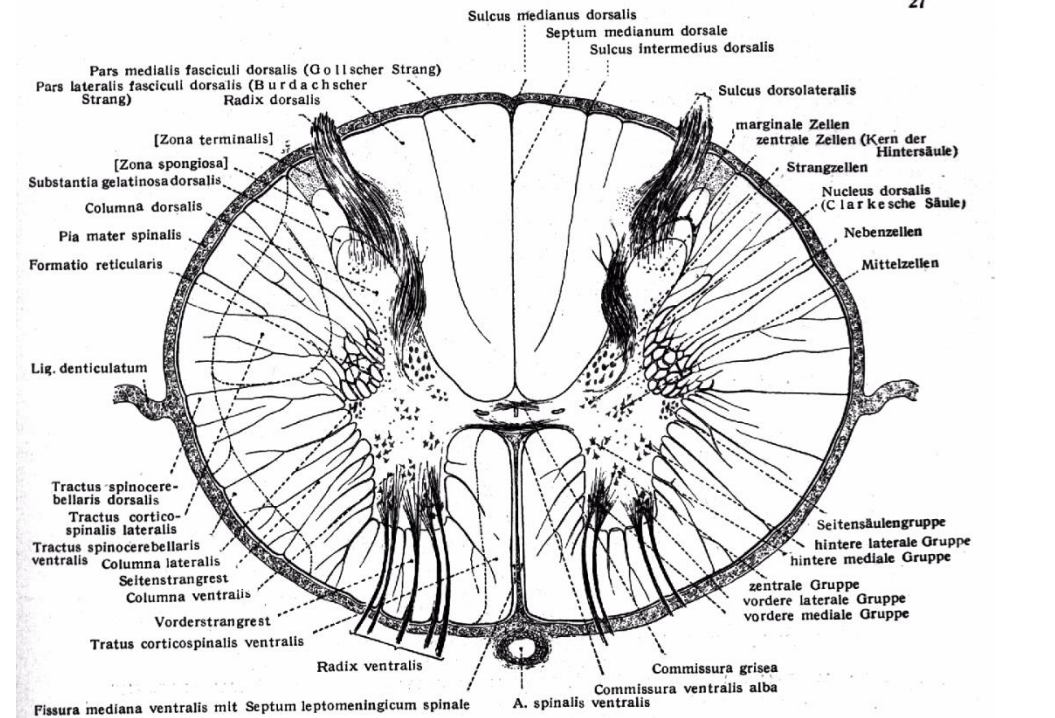
Ćwiczenia symulacyjne identyfikacji składowych czuciowych i ruchowych układów nerwowego oraz mięśniowego w warunkach prawidłowych.

Czynność mięśni antagonistycznych i synergistycznych kończyn górnych i dolnych.



Współcześnie





RAUBER-KOPSCH LEHRBUCH UND ATLAS DER ANATOMIE DES MENSCHEN

VON

DR. FR. KOPSCH

ORDENTLICHER PROFESSOR DER ANATOMIE (i. R.), WEILAND 2. DIREKTOR
DES ANATOMISCHEN INSTITUTES DER HUMBOLDT-UNIVERSITÄT BERLIN

IN DREI BÄNDEN

BAND III:

NERVENSYSTEM - SINNESORGANE

MIT 560, ZUM THEIL FARBIGEN ABBILDUNGEN

ACHTZEHNTE

DURCHGESEHENE UND VERBESSERTE AUFLAGE



GEORG THIEME · LEIPZIG



PROF. DR H.C. AM W POZNANIU
ELŻBIETA JANKOWSKA
UNIwersytet w Goeteborgu (Szwecja)

Progress in Neurobiology Vol. 38, pp. 335 to 378, 1992
Printed in Great Britain. All rights reserved

0301-0082/92/\$15.00
© 1992 Pergamon Press plc

INTERNEURONAL RELAY IN SPINAL PATHWAYS FROM
PROPRIOCEPTORS

E. JANKOWSKA

Department of Physiology, University of Göteborg, Box 33031, S-400 33 Göteborg, Sweden

(Received 21 June 1991)

1992

JOHN CAREW ECCLES



1964

FIZJOLOGIA
SYNAPS NERWOWYCH

THE
PHYSIOLOGY OF SYNAPSES

By JOHN CAREW ECCLES
Professor of Physiology
The Australian National University
Canberra
With 101 Figures



SPRINGER-VERLAG · 1964
BERLIN · GÖTTINGEN · HEIDELBERG



WARSZAWA 1968

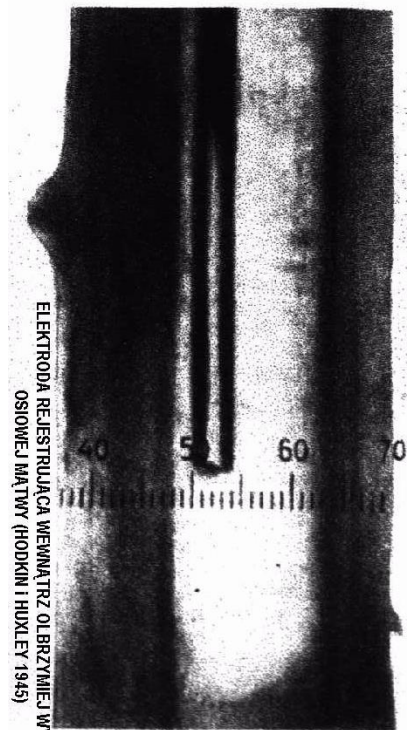
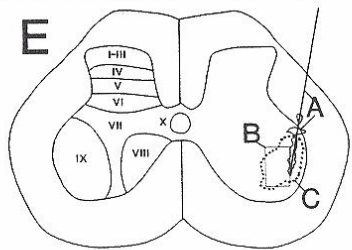
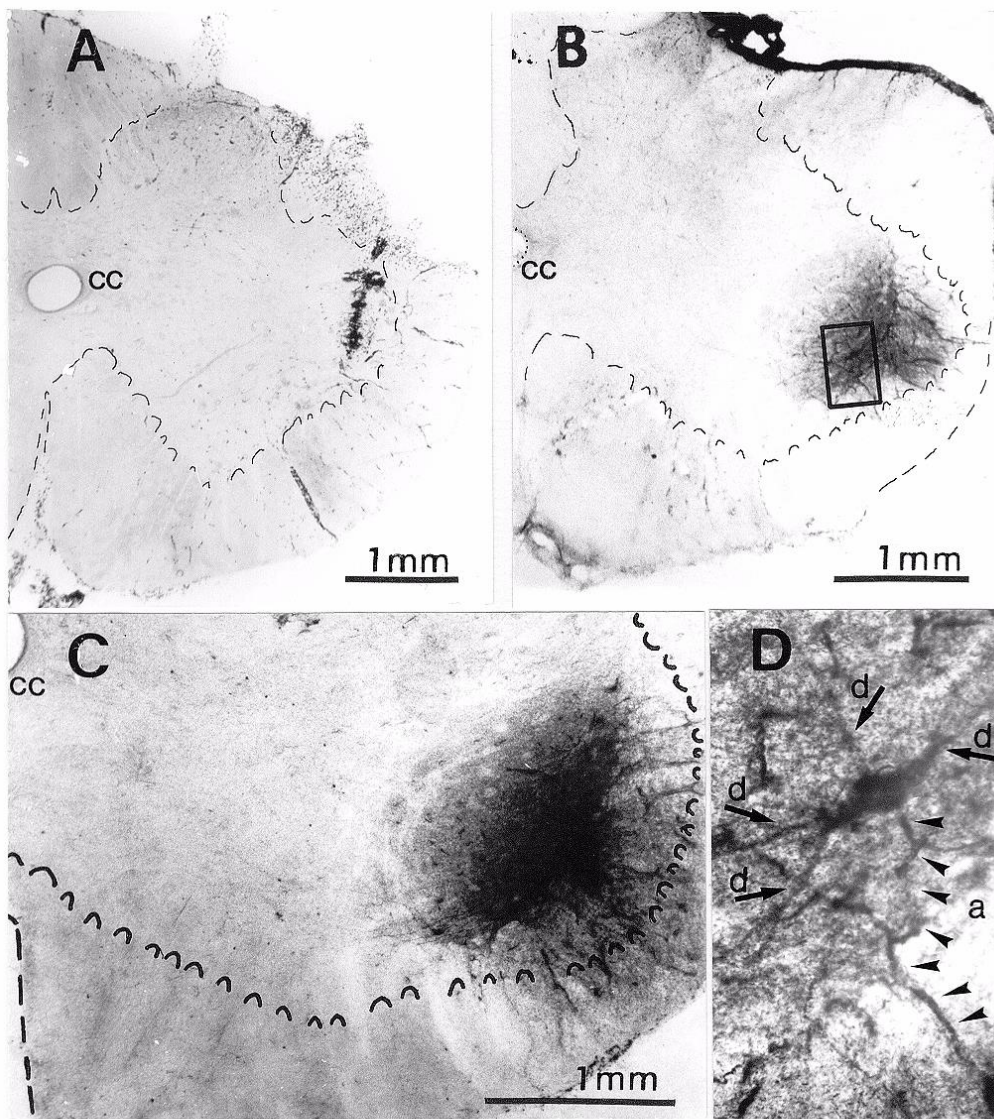
PAŃSTWOWY ZAKŁAD WYDAWNICTW LEKARSKICH



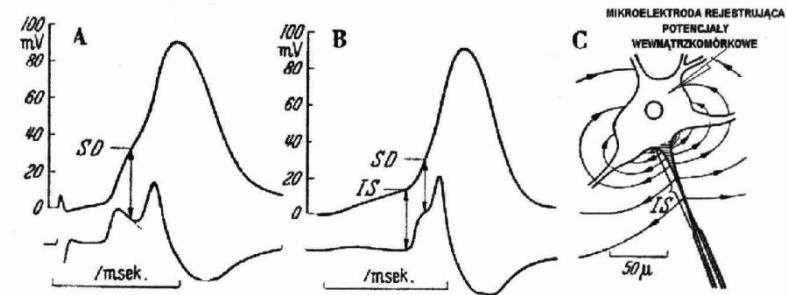
Hans Hultborn

„Integration in spinal neuronal
systems” (...in a cat and in a
human...) 1981

+Anders Lundberg



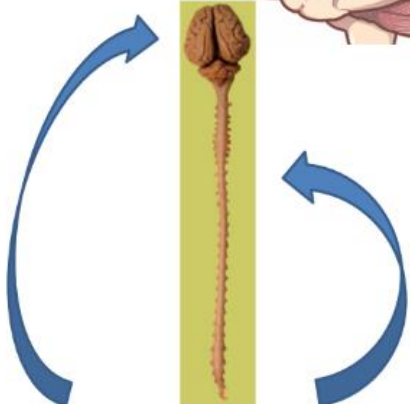
ELEKTRODA REJESTRUJĄCA WEWNĄTRZ OLBRYZNIĘJ WYPUSZKI OSIOWEJ MATYRY (HODKIN I HUXLEY 1945)



Wewnątrzkomórkowe zapisy potencjałów iglicowych neuronu ruchowego, wywołane antydromowo (A) i monosynaptycznie (B) (Coombs, Curtis i Eccles, 1957 r.)



Mięśnie łydki
UKŁAD MIĘŚNIOWY



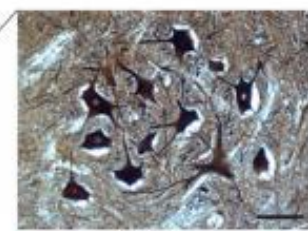
Mózgowie i Rdzeń kręgowy
UKŁAD NERWOWY



+0



BUDOWA WEWNĘTRZNA RDZENIA KRĘGOWEGO U KOTA I CZŁOWIEKA TEŻ JEST PODOBNA...



KOT



CZŁOWIEK

- MAJĄ PODOBNE RODZAJE I ILOŚĆ:
1. NEURONÓW i
 2. WŁÓKIEN SZŁAKÓW RDZENIOWYCH



KOT

NEURONY STERUJĄCE MIĘŚNIAMI
KOŃCZYN PRZEDNICH (GÓRNYCH)

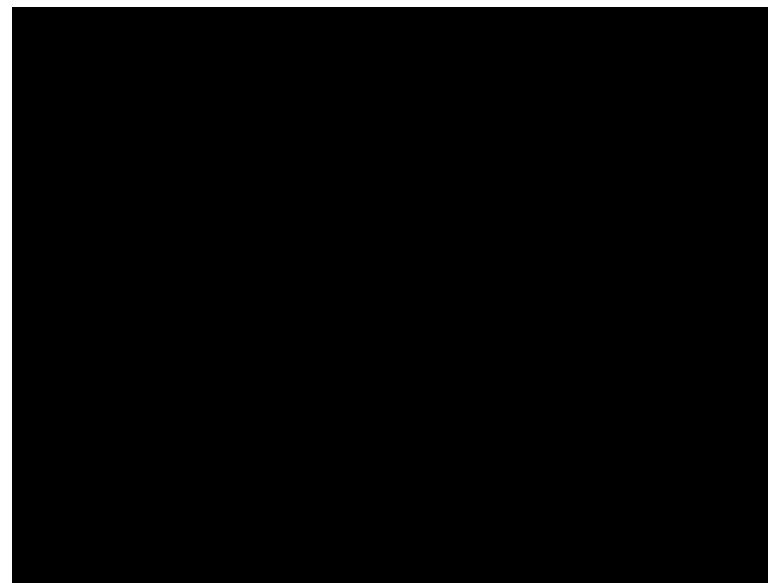


CZŁOWIEK

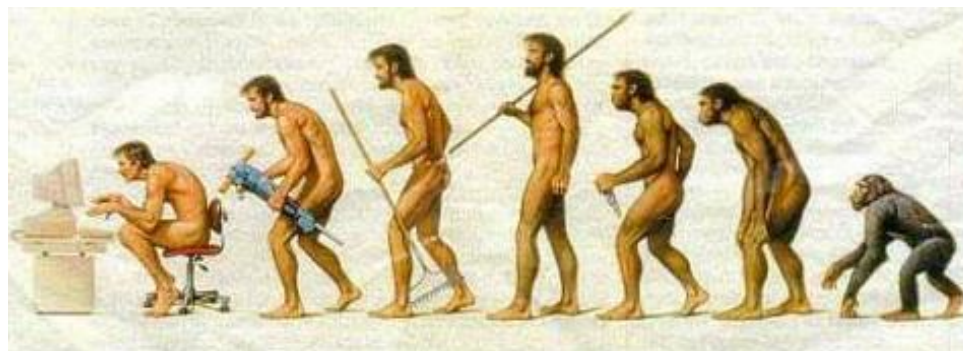
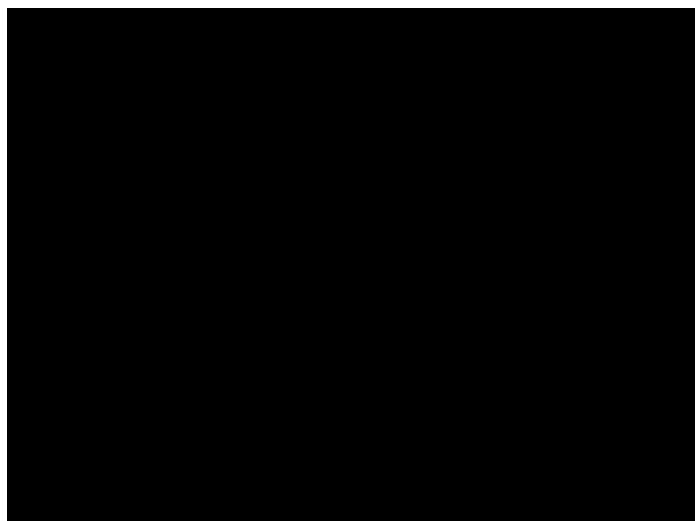
NEURONY STERUJĄCE MIĘŚNIAMI
KOŃCZYN TYLNYCH (DOLNYCH)



PONIEWAŻ KOT OD POCZĄTKU KIEDY SIĘ POJAWIŁ ĆWICZYŁ
I PRZYSTOSOWYWAŁ CHÓD I JEGO KOORDYNACJĘ
CZWORONOŻNĄ...

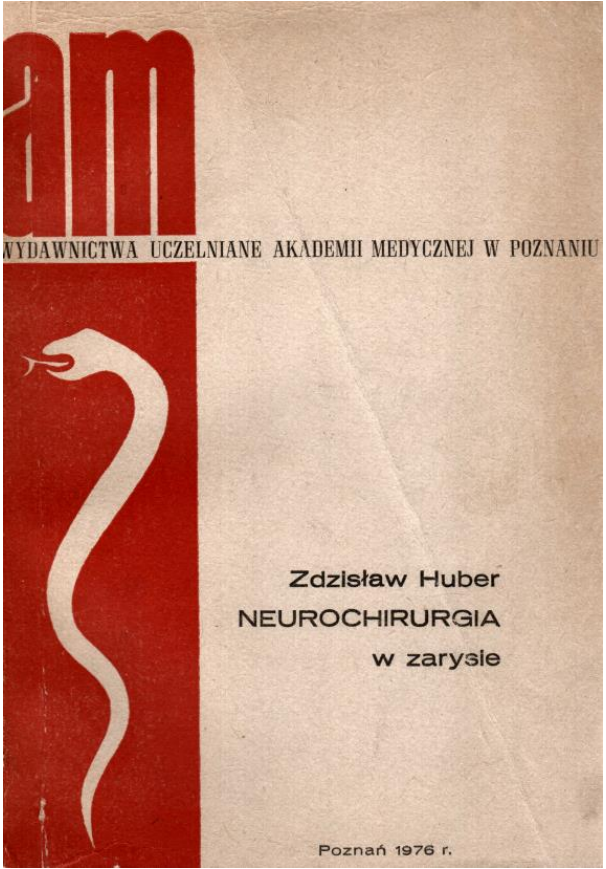
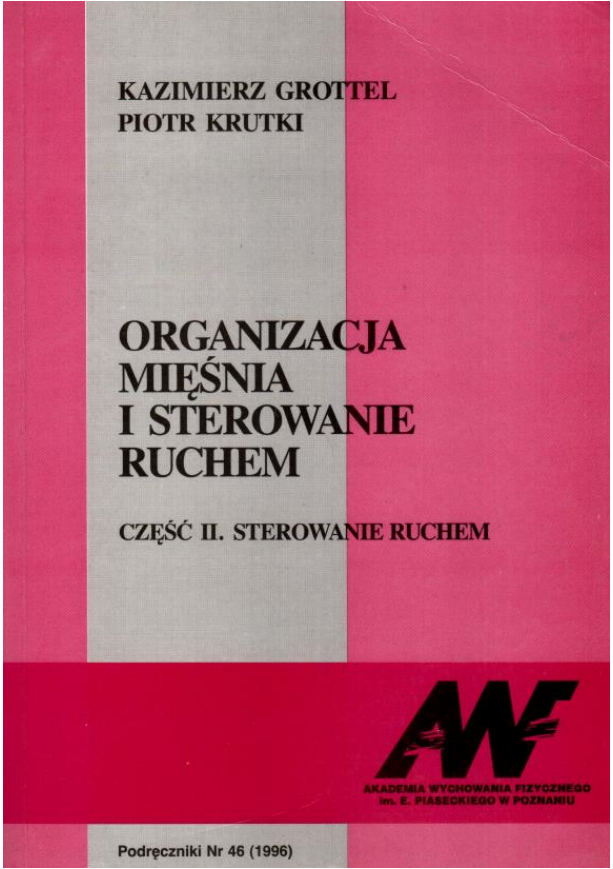
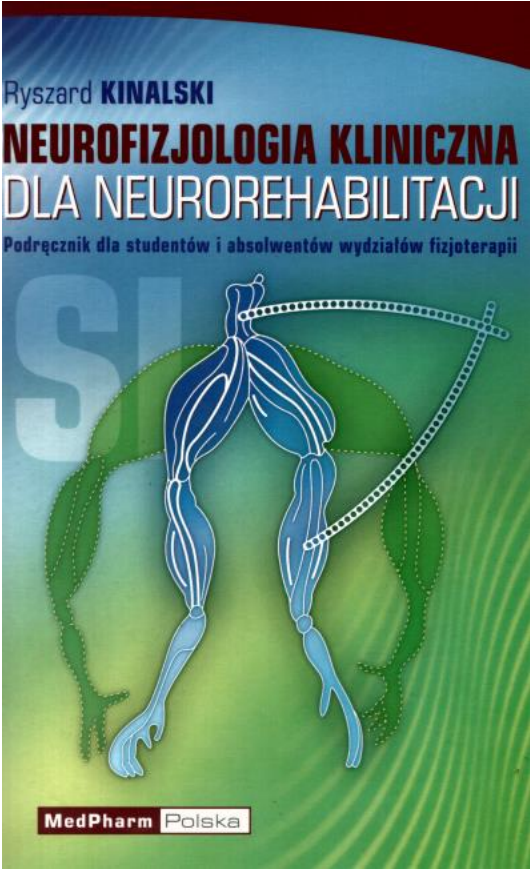
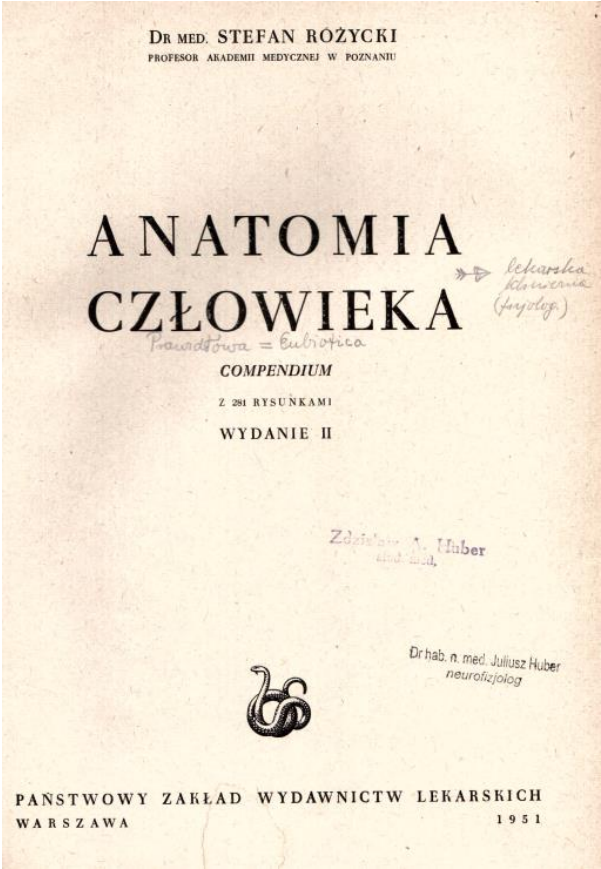


A CZŁOWIEK BARDZIEJ **DWUNOŻNĄ...**



ALE WCIĄŻ MAMY WIELE WSPÓLNEGO Z KOTAMI
BO RĘCE WYKORZYSTUJEMY NAPRZEMIENNIE Z NOGAMI...

SZCZEGÓŁOWE PIŚMIENNICTWO NA KOŃCU WYKŁADU...



Ryciny wykonał J. Huber.

Objaśnienia:

EMG-ang. electromyography, elektromiografia

ENG-ang. electroneurography, elektroneurografia

MEP-ang. motor evoked potentials, ruchowe potencjały wywołane indukowane przezczaszkowo lub nadkręgosłupowo impulsem pola magnetycznego

SEP-ang. somatosensory evoked potentials, somatosensoryczne potencjały wywołane po pobudzenie bodźcem elektrycznym włókien czuciowy nerwów

Skrót nazwy mięśnia/nazwa łacińska mięśnia/nazwa polska mięśnia

FRONT – m. frontalis, m. czołowy

LEV- m. levator alae nasi, m. dźwigacz skrzydła nosa

ORBIC OR – m. orbicularis oris, m. okrężny ust

MASSET – m. masseter, m. żwacz

TEMP – m. temporalis, m. skroniowy

DELT – m. deltoideus, m. naramieny

TRIC – m. triceps brachii, m. trójgłowy ramienia

BIC BR – m. biceps brachii, m. dwugłowy ramienia

EXT CARP – mm. extensores carpi, mm. prostowniki nadgarstka

FLEX CARP – mm. flexores carpii, mm. zginacze nadgarstka

APB – m. abductor pollicis brevis, m. odwodziciel krótki kciuka

ADM – m. abductor digiti minimi, m. odwodziciel palca małego

PECTO- m. pectoralis, m. piersiowy większy;

RECT ABD- m. rectus abdominis, m. prosty brzucha;

SUPRASPIN- m. supraspinatus, m. nadgrzebieniowy;

INFRASPIN- m. infraspinatus, m. podgrzebieniowy;

ER.SP C –m. erector spinae C, m. prostownik grzbietu szyjny;

ER.SP Th –m. erector spinae Th, m. prostownik grzbietu piersiowy;

ER.SP L –m. erector spinae L, m. prostownik grzbietu lędźwiowy;

MF-m. multifidus, m. wielodzielny

GLUT- m. gluteus maximus et medius, m. pośladkowy wielki i średni;

RF-m. rectus, m. prosty uda;

BF-m. biceps femoris, m. dwugłowy uda;

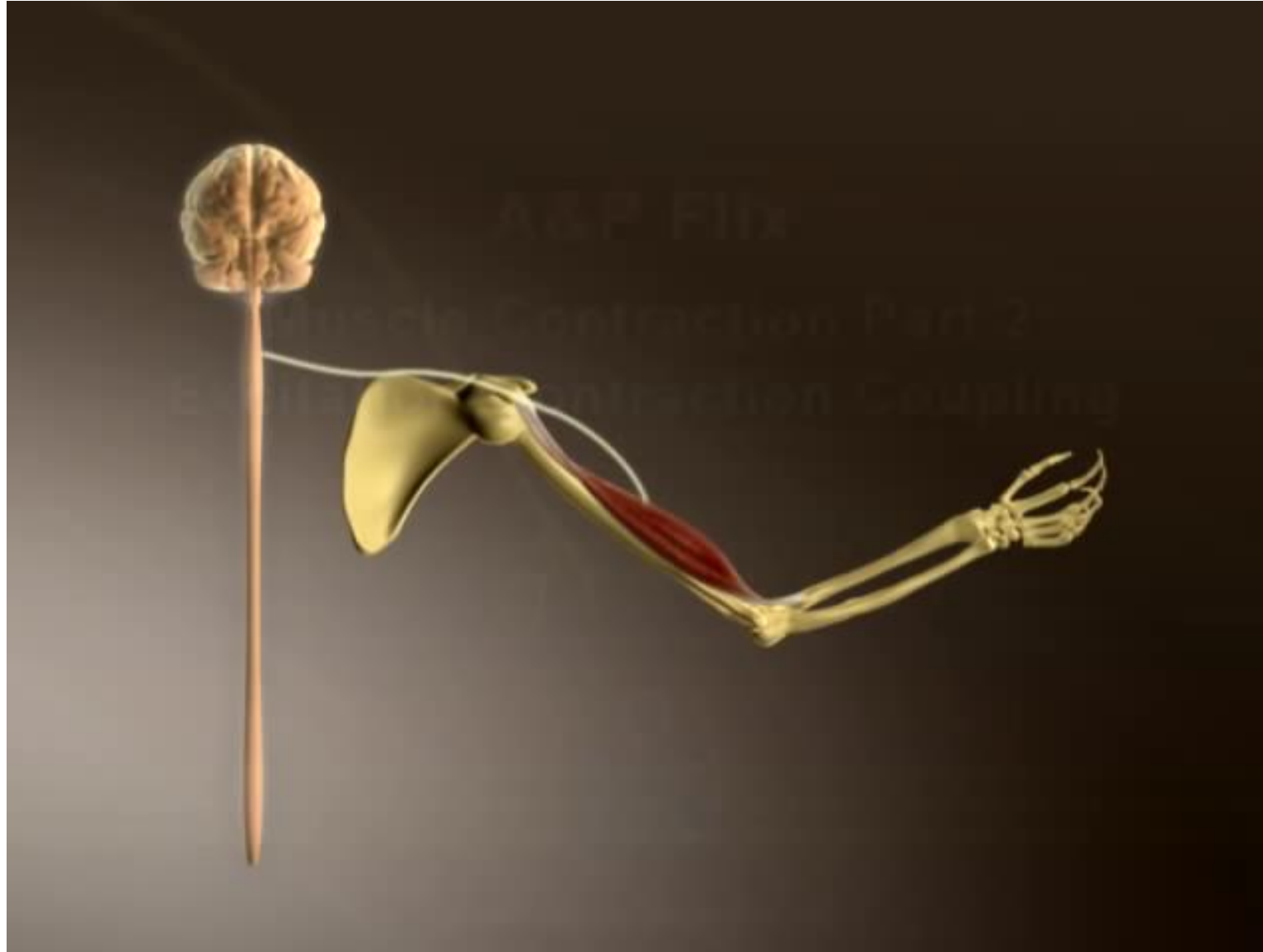
TA-m.tibialis anterior, m. piszczelowy przedni;

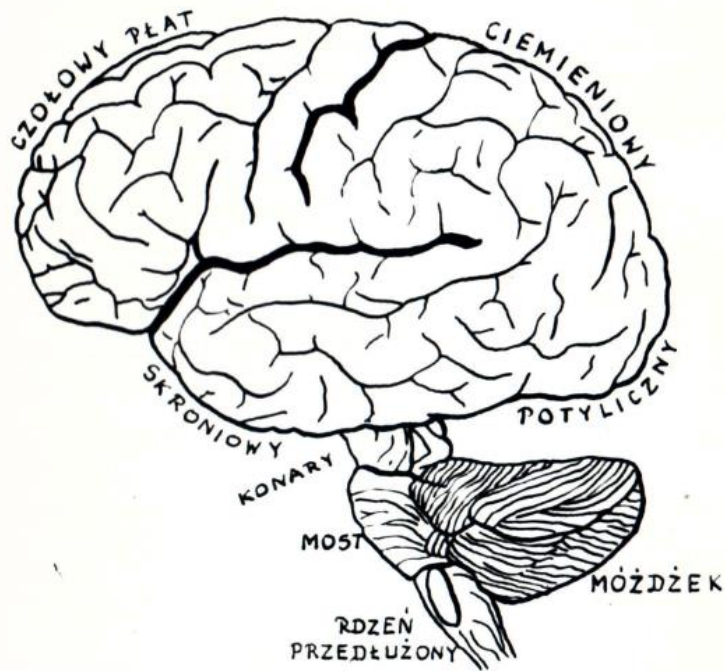
GS-mm. triceps surae; mm. grupy tylnej goleni;

EXT-mm. extensor digitorum longus, m. prostownik palca długiego grzbietu stopy;

AHL-m.abductor hallicis longus, m. odwodziciel palucha długi

Najważniejsze składowe strukturalne i funkcjonowanie układów nerwowego i mięśniowego w warunkach prawidłowych

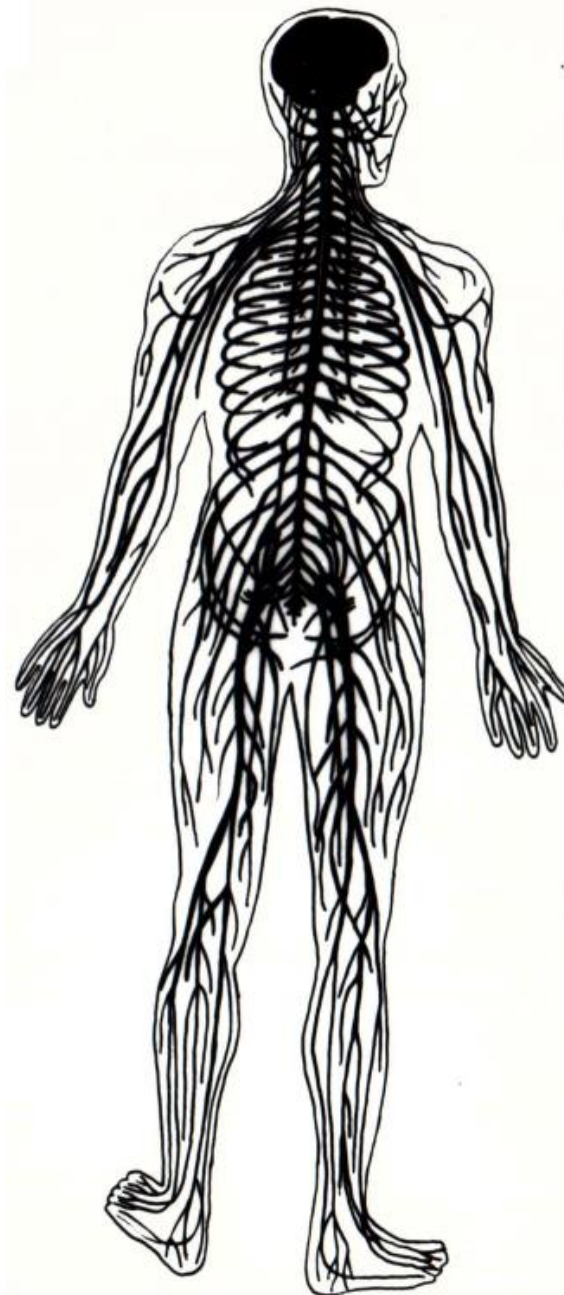




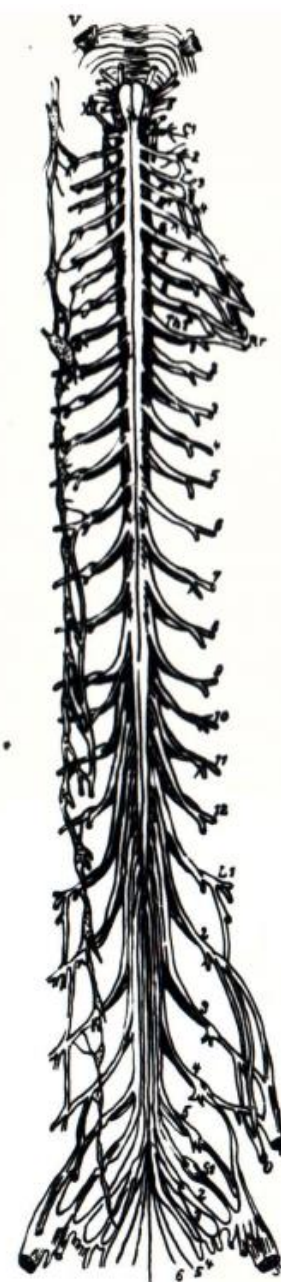
MÓZGOWIE = MÓZG + PIĘŃ

Ośrodkowy układ nerwowy =
Mózgowie
(Mózg+Pięń mózgu+Mózdzek)
+Rdzeń kręgowy

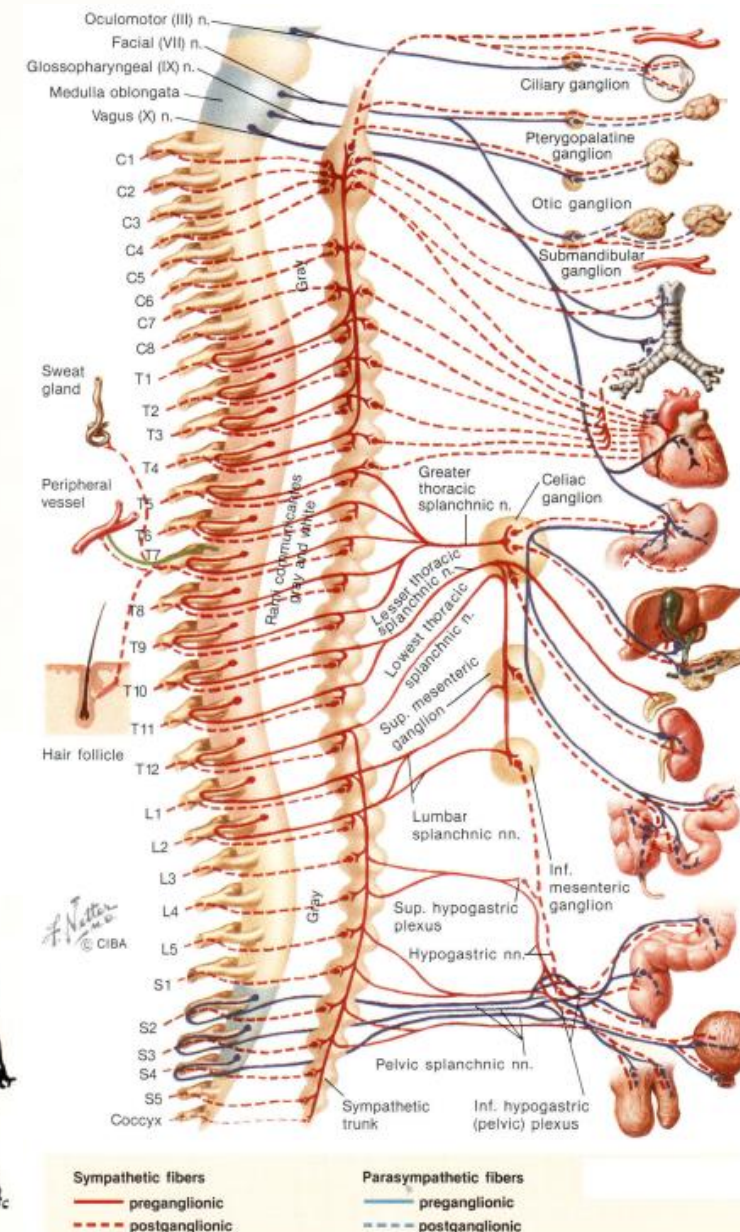
Obwodowy układ nerwowy =
12 par nerwów mózgowych
+ 31 par nerwów rdzeniowych

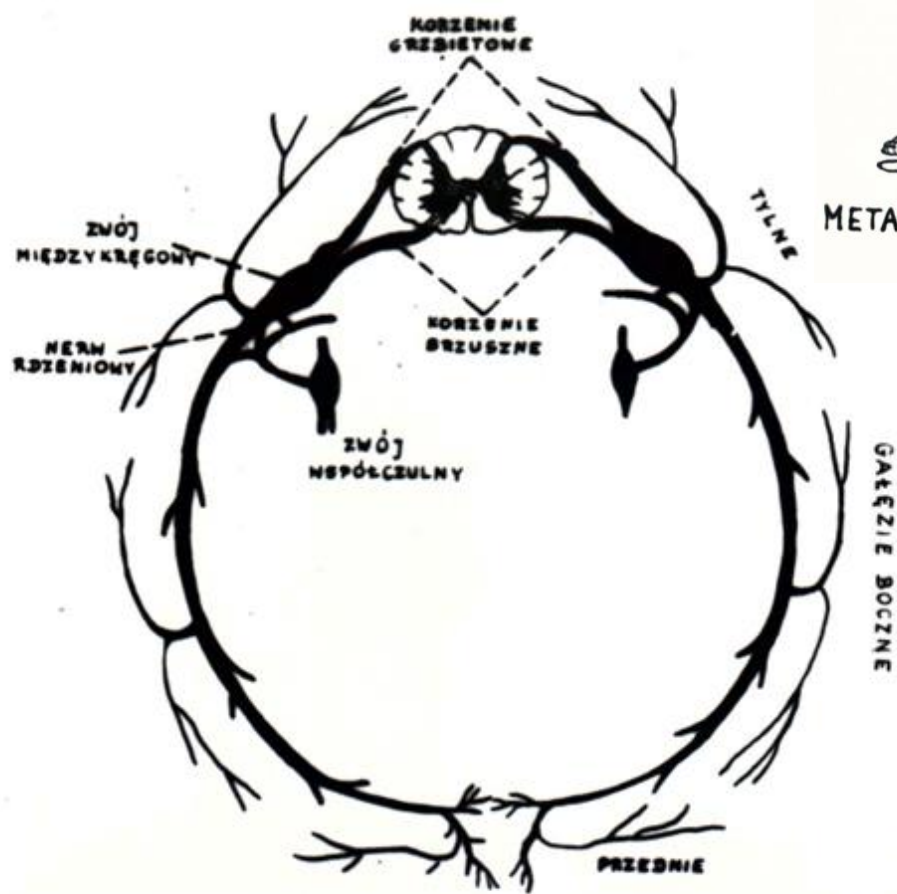


UKŁAD NERWOWY CZŁOWIEKA (C+P+A)

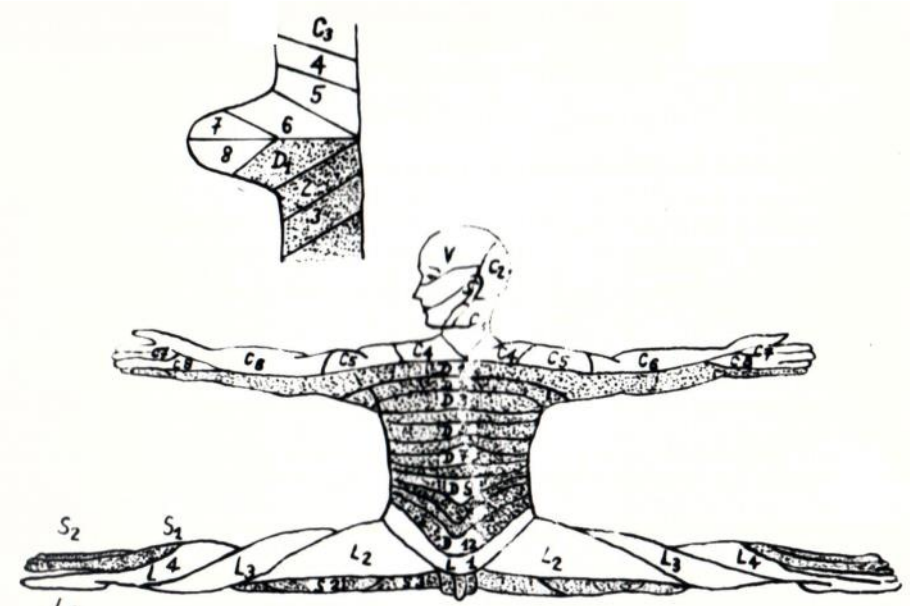


RDZEŃ KRĘGOWY ORAZ KORZENIE, SPLOTY
I PIĘŃ WSPÓŁCZULNY

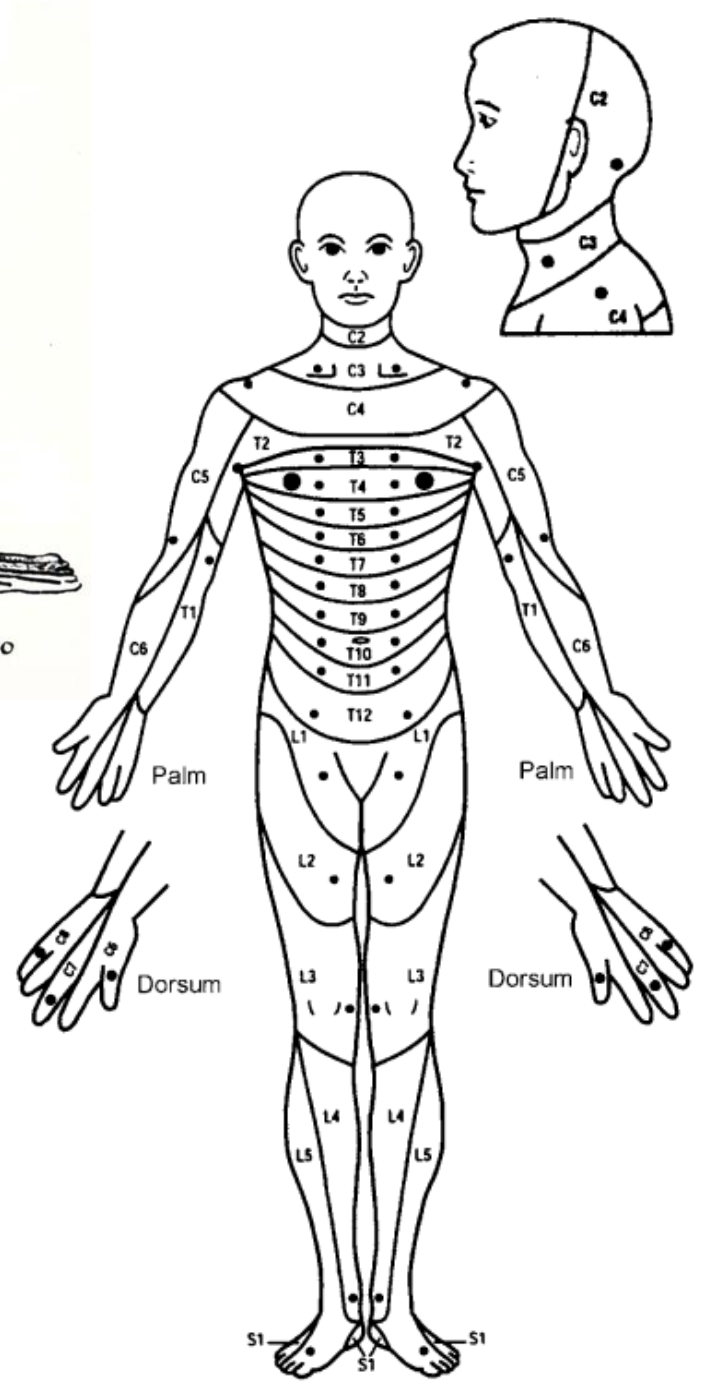


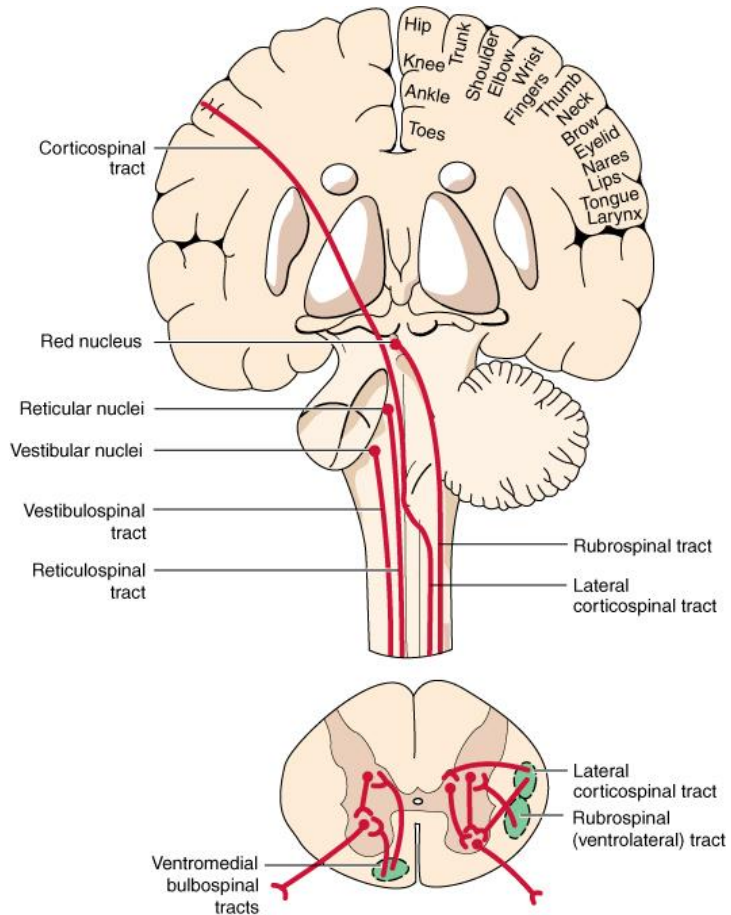
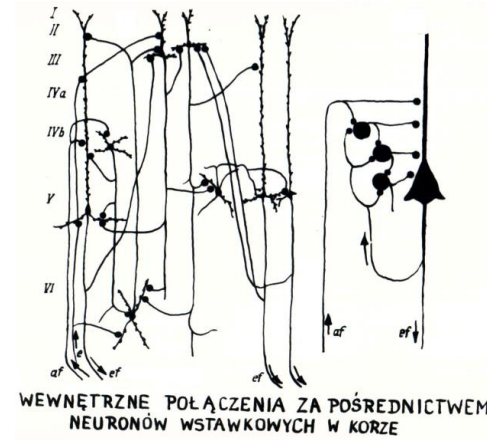
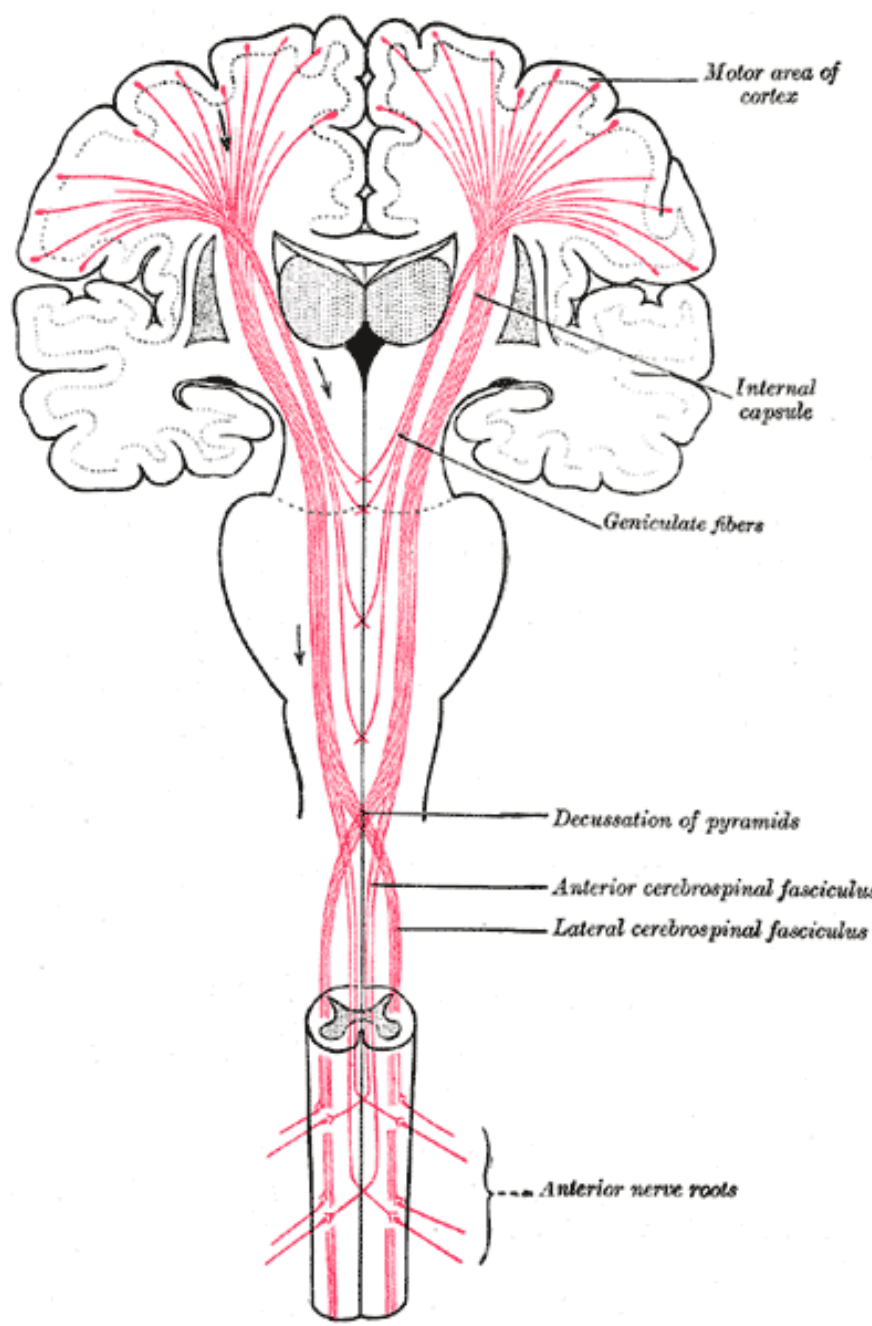
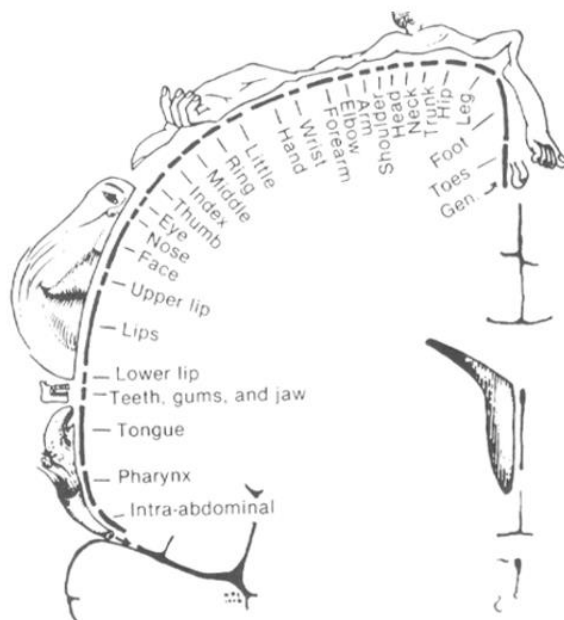
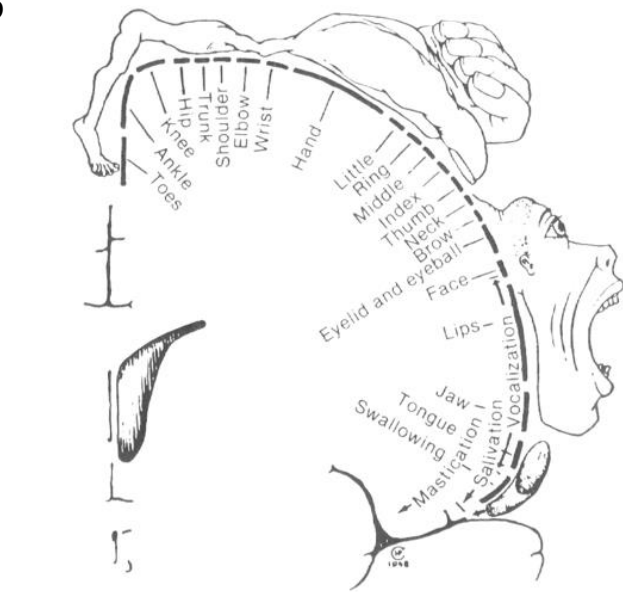


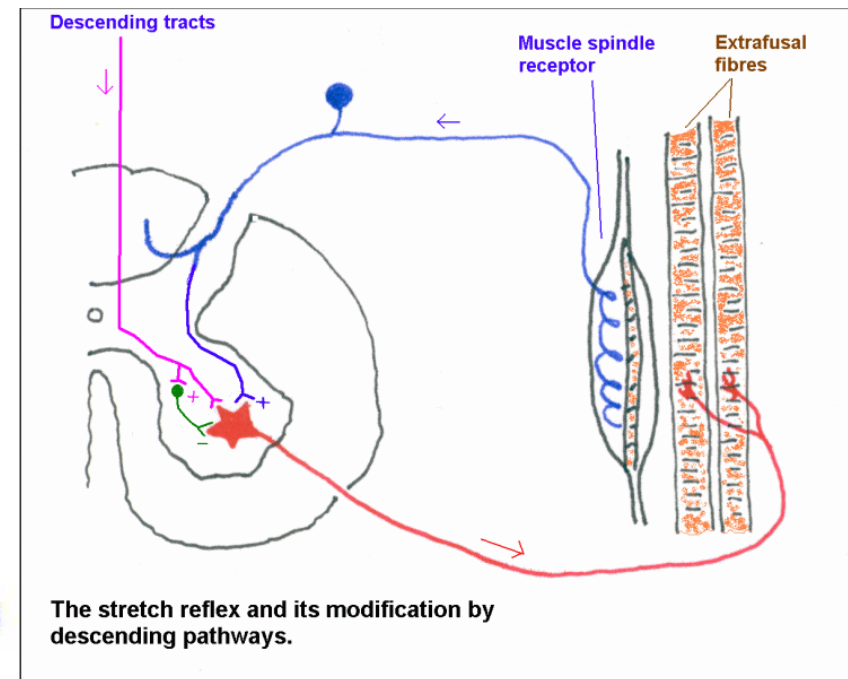
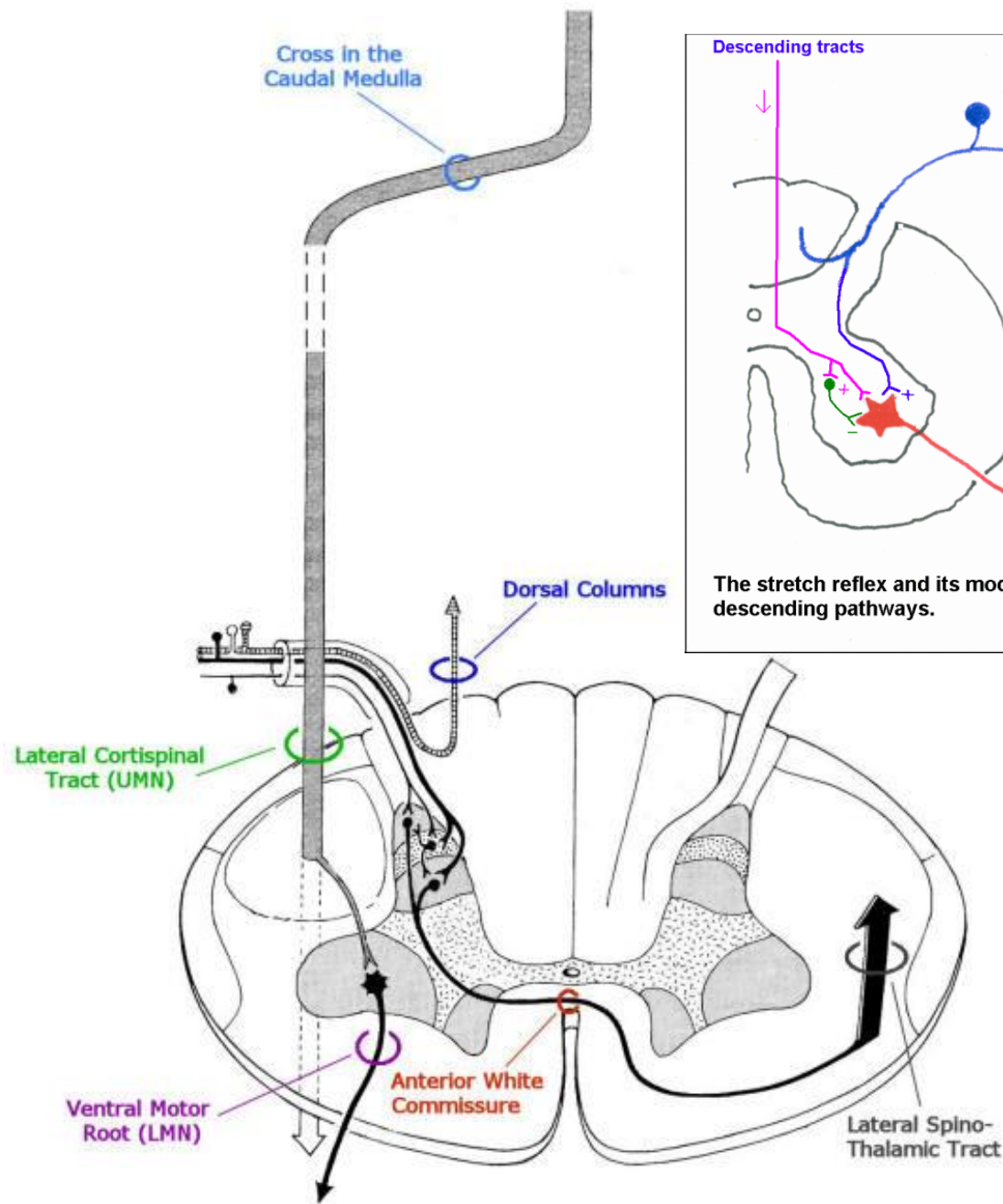
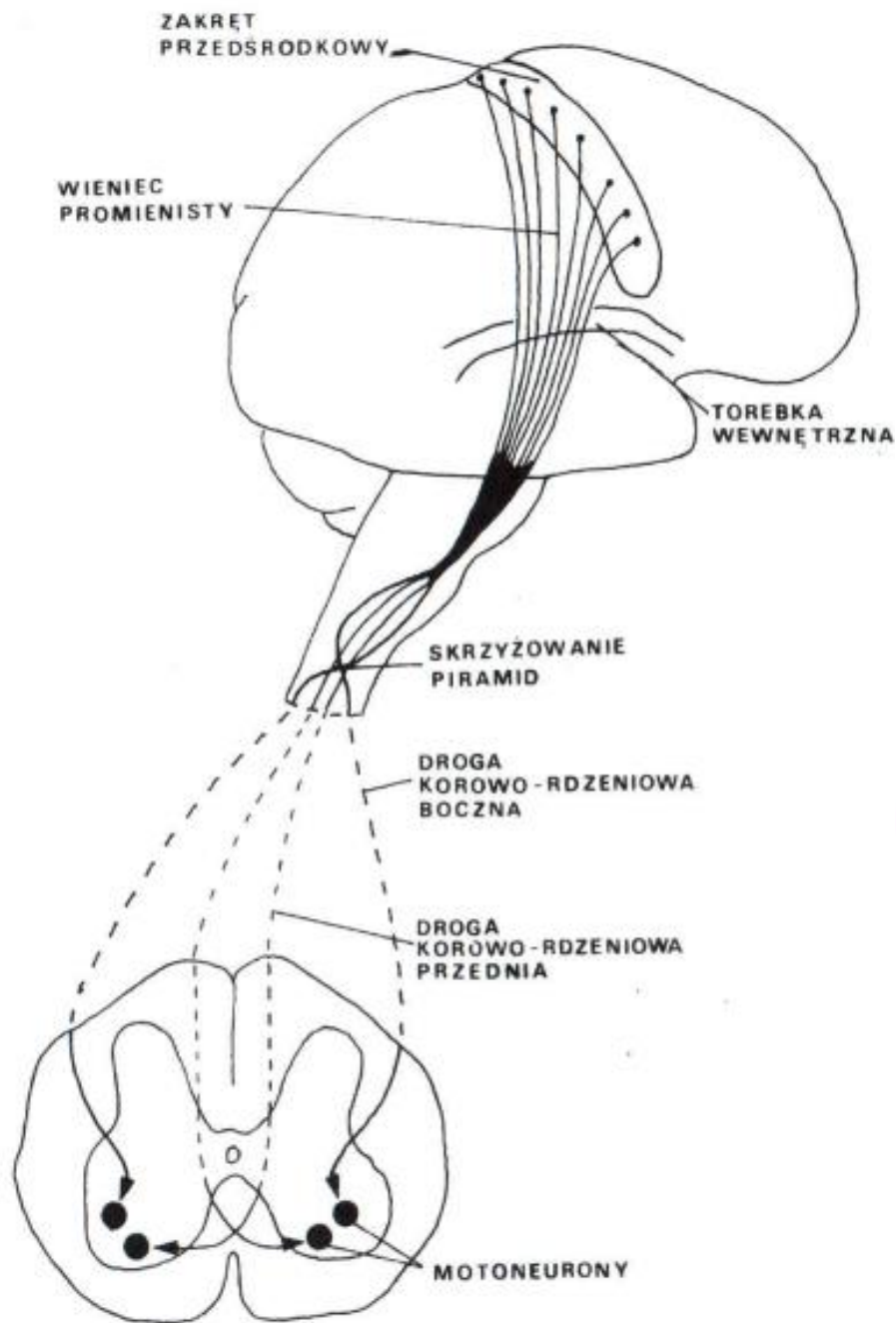
NEUROMER

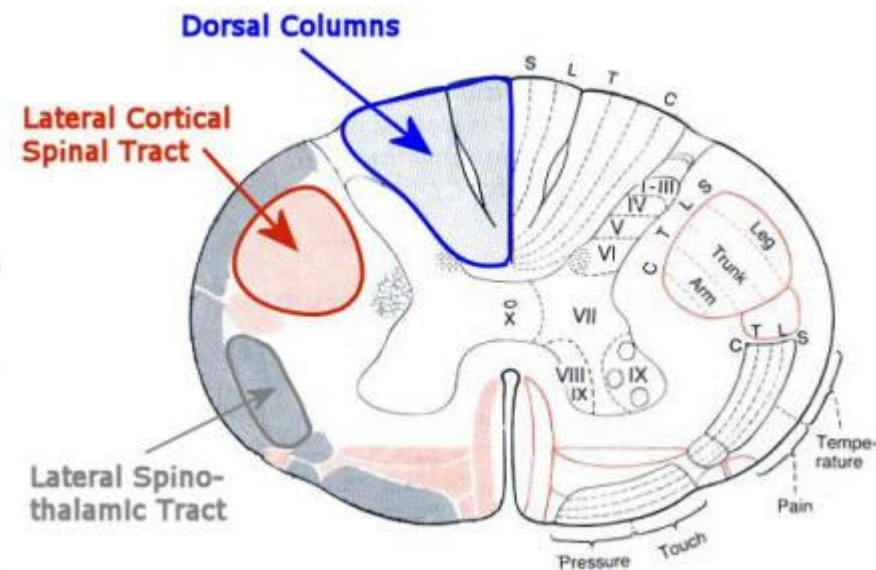
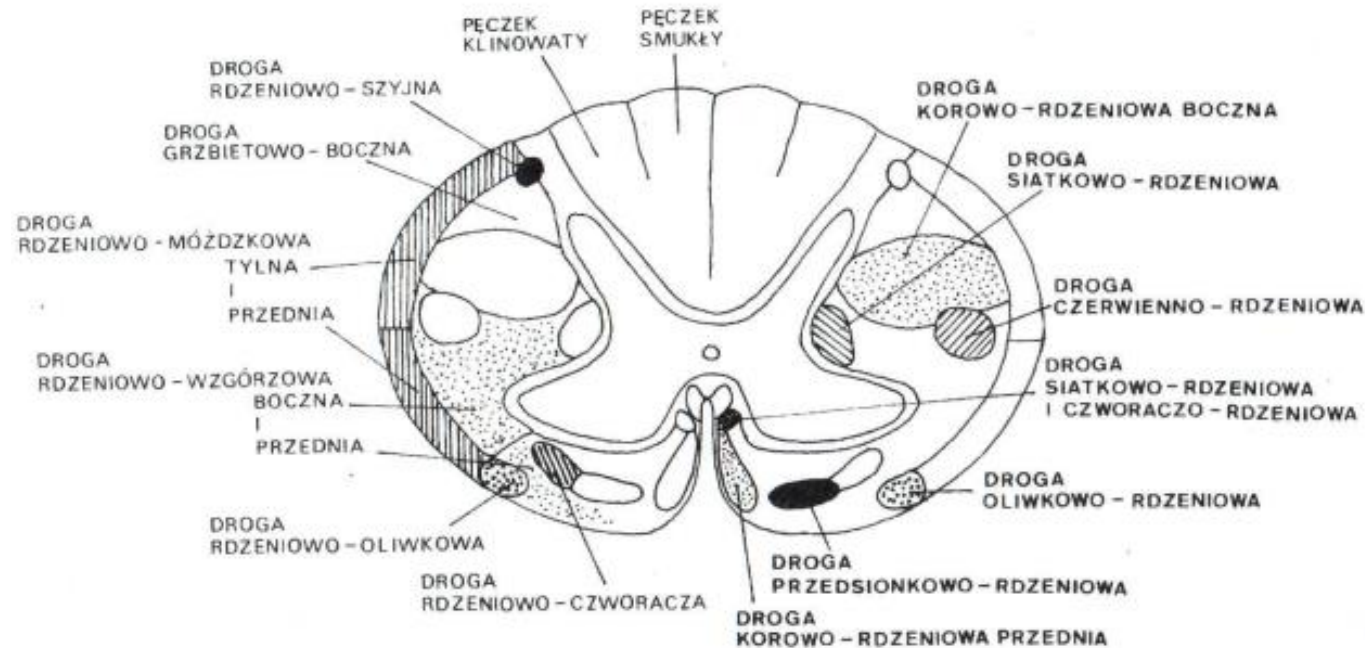


METAMERYCZNE UNERWIENIE CIAŁA (wspomnienie drabinkowego ukł. nerw. w filogenezie)

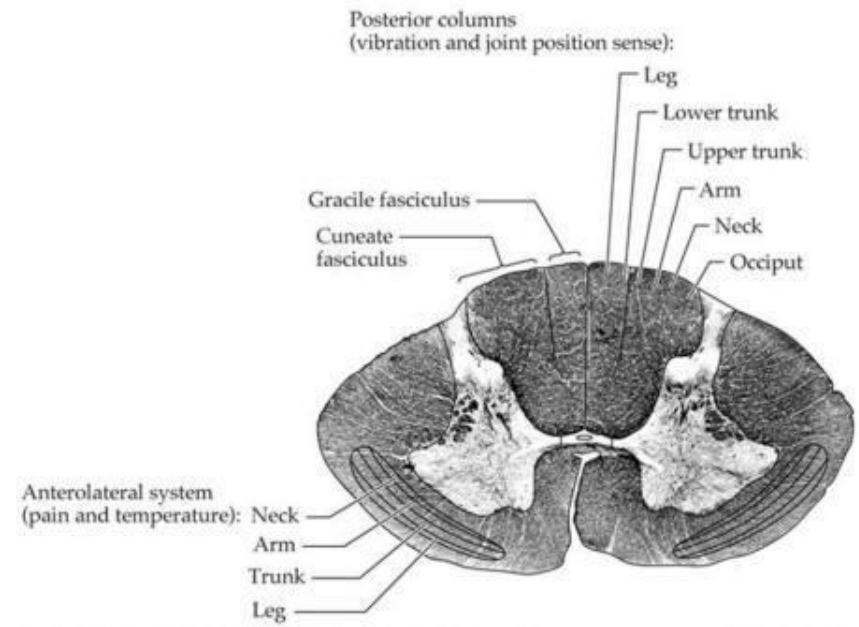
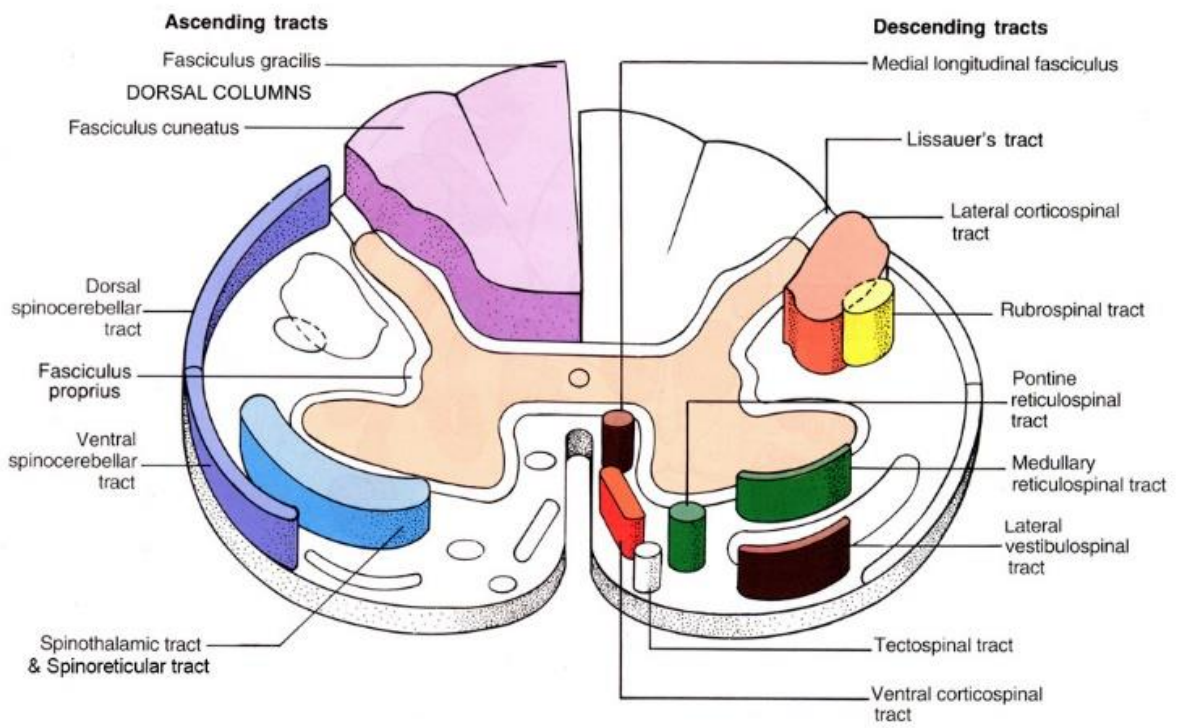


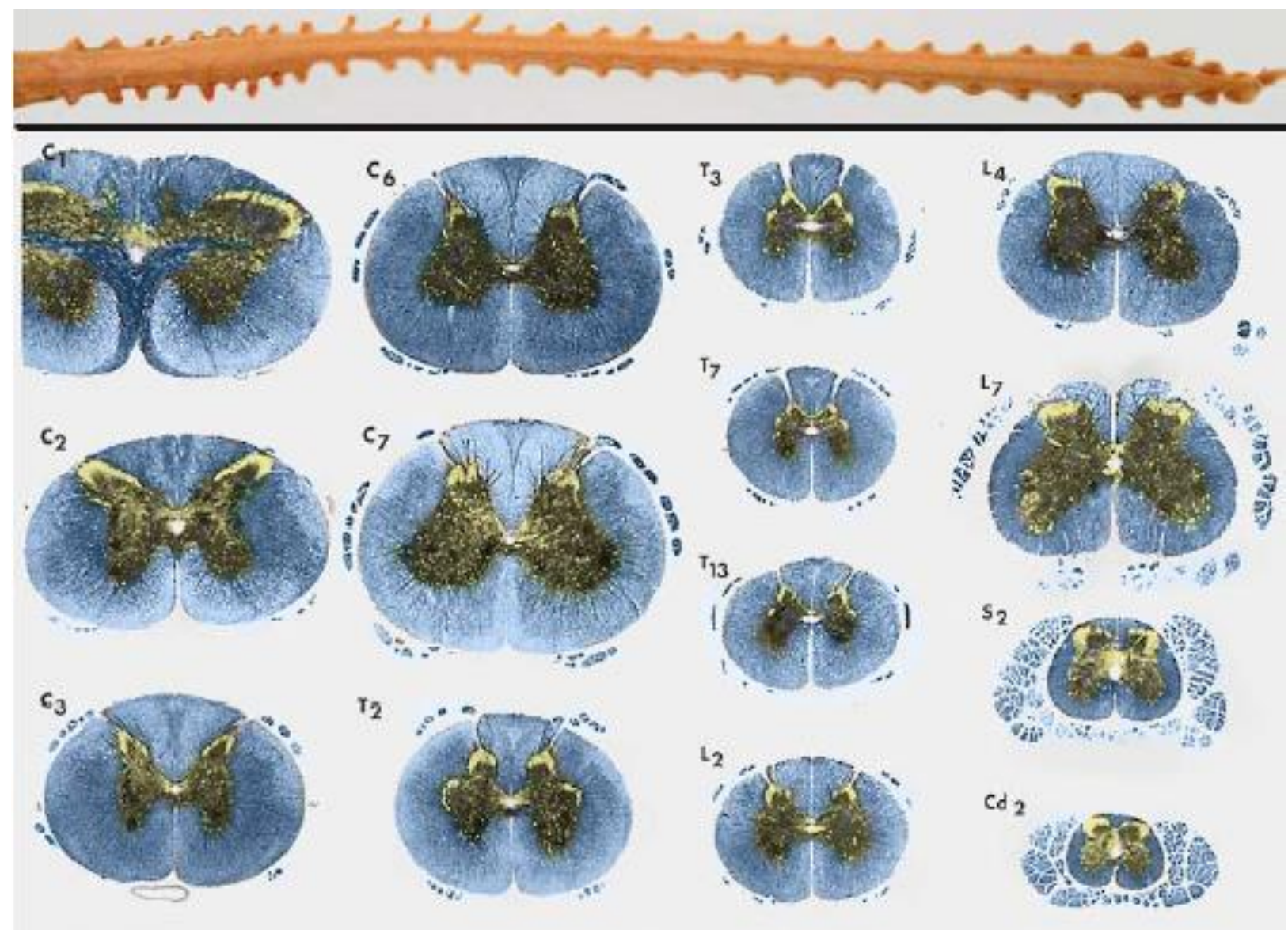






Somatotopic Organization of Axons in the Somatosensory Pathways





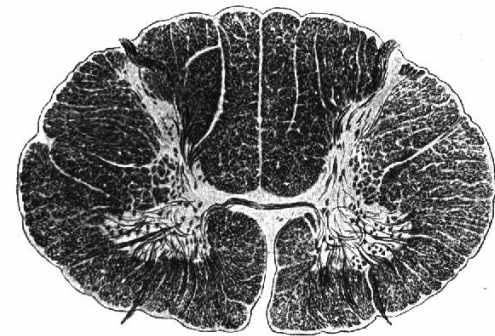
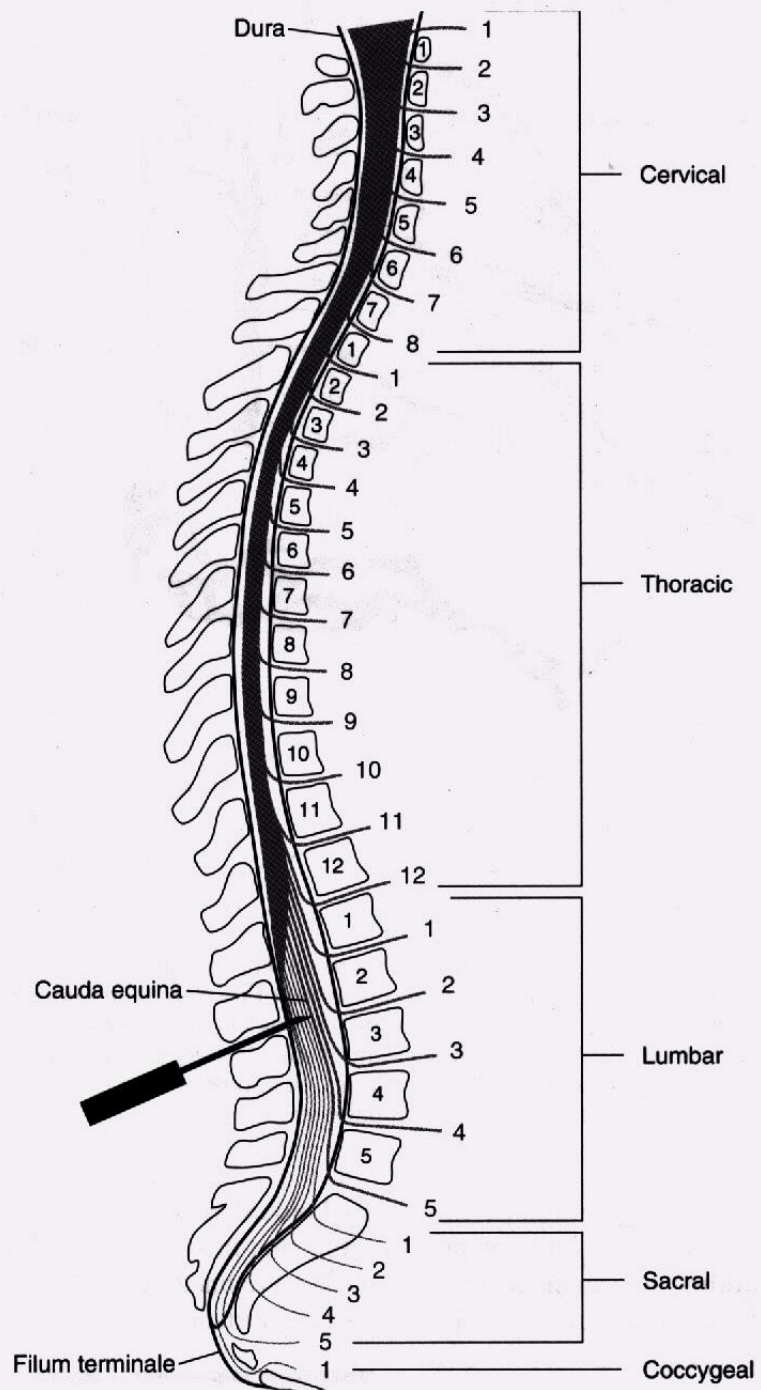


Abb. 33 (C. IV)

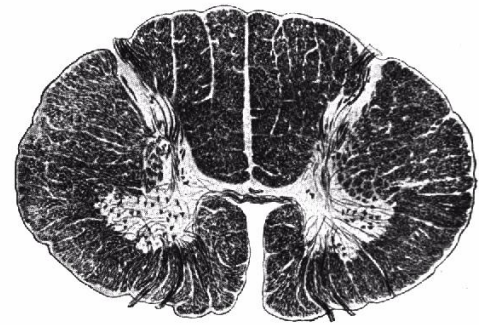


Abb. 34 (C. VII)



Abb. 35 (Th. I)

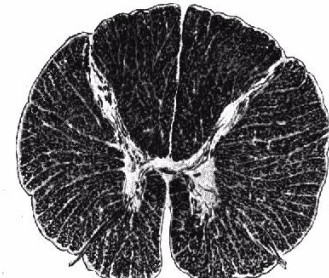


Abb. 36 (Th. V)

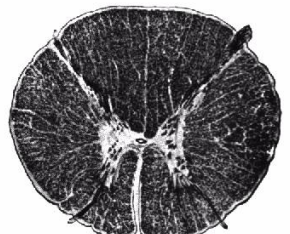


Abb. 37 (Th. VIII)

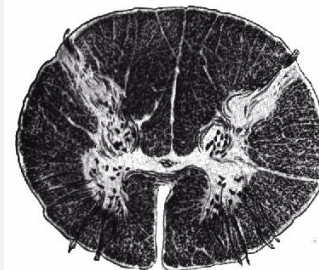


Abb. 38 (Th. XII)

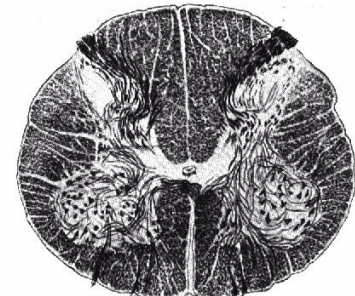


Abb. 39 (L. I)

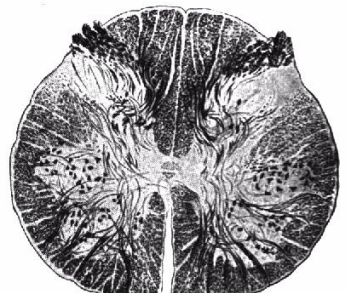


Abb. 40 (L. IV)

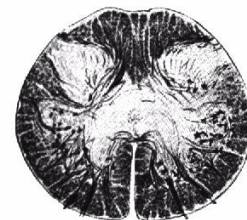


Abb. 41 (S. I)

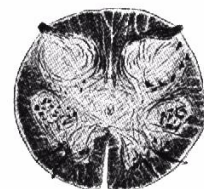


Abb. 42 (S. II)



Abb. 43 (S. III)

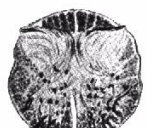


Abb. 44 (S. IV)

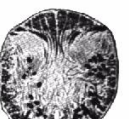
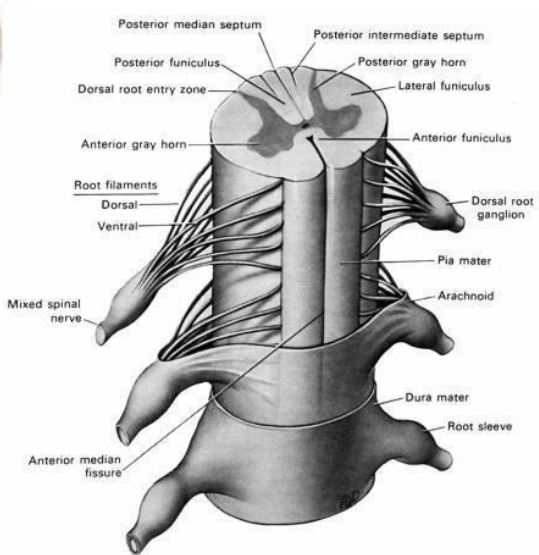
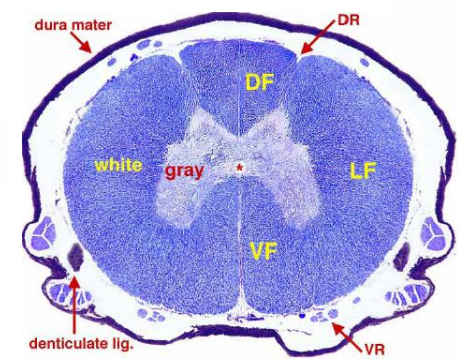
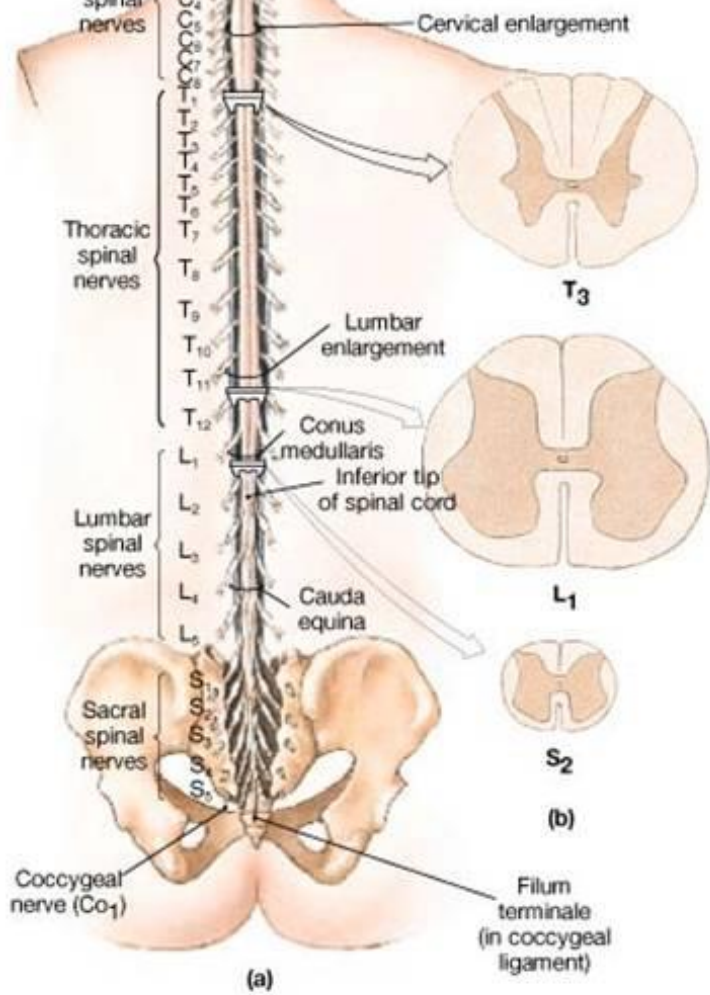
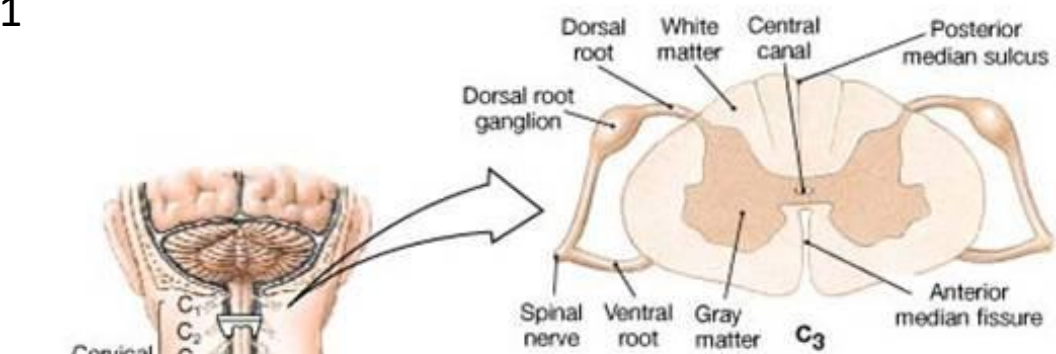
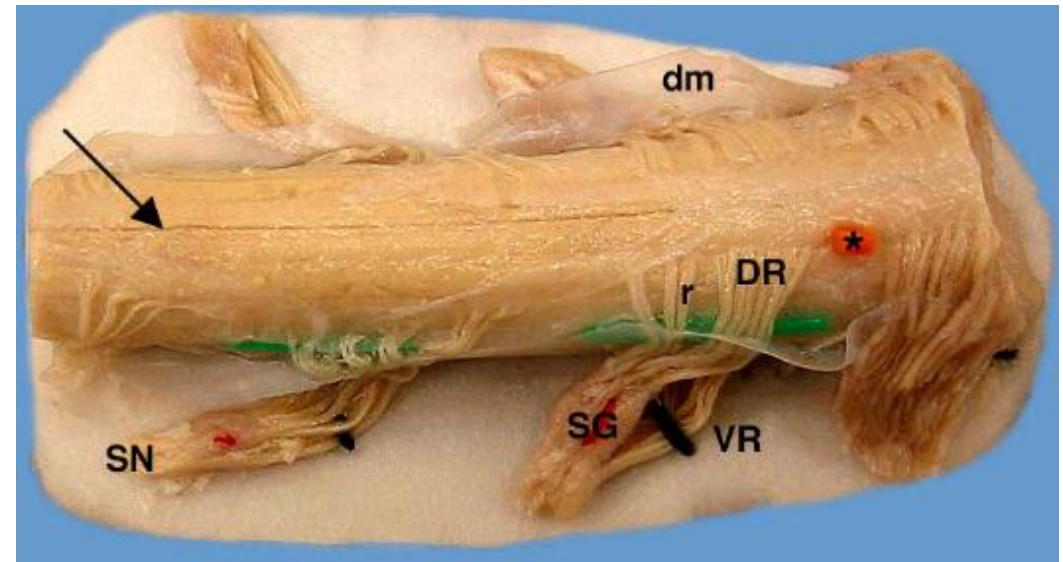
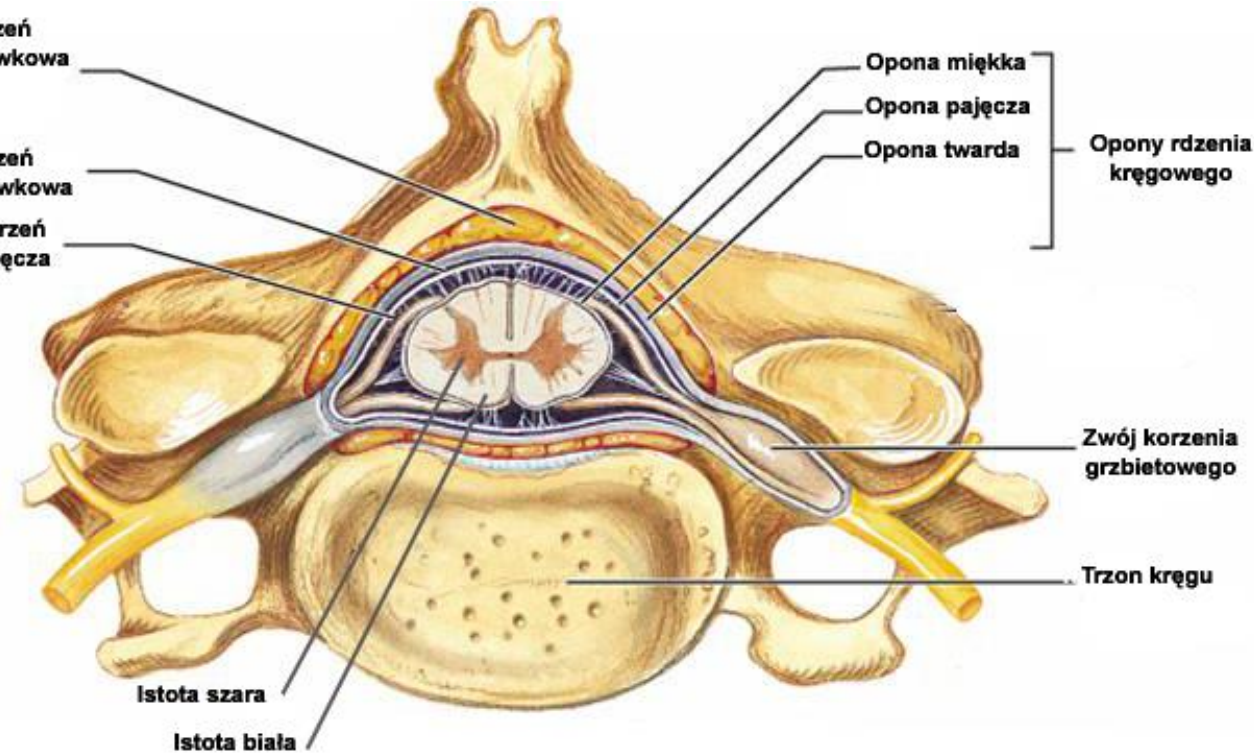
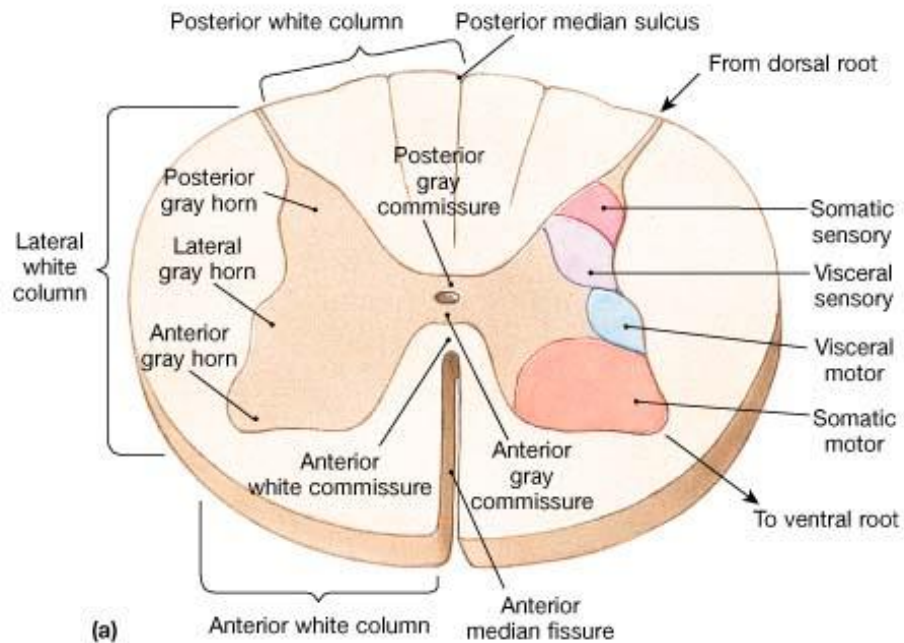


Abb. 45 (S. V)



Przestrzeń nadwardówkowa
Przestrzeń podwardówkowa
Przestrzeń podpajęczna





REXED 1956r

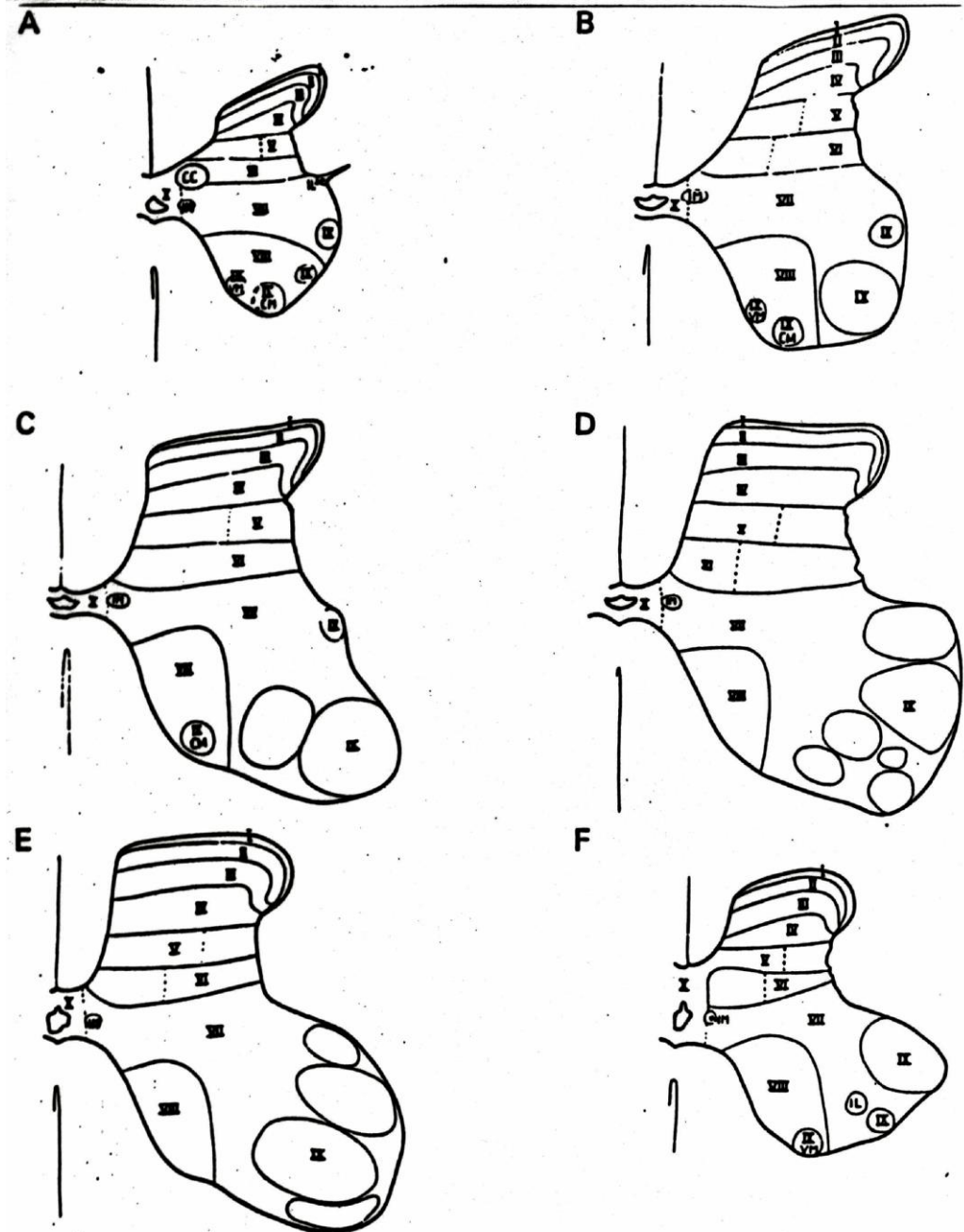
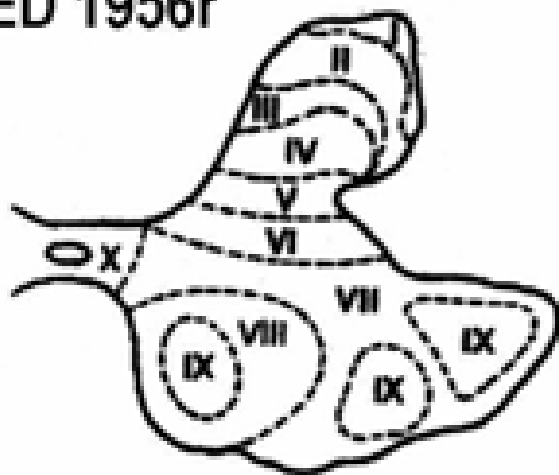
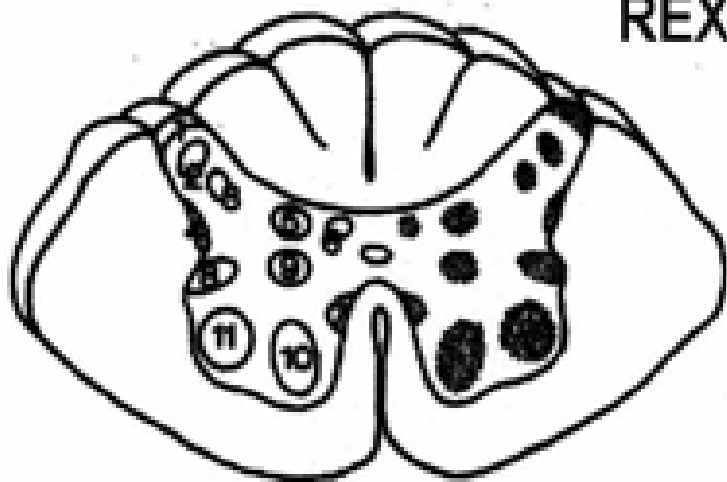
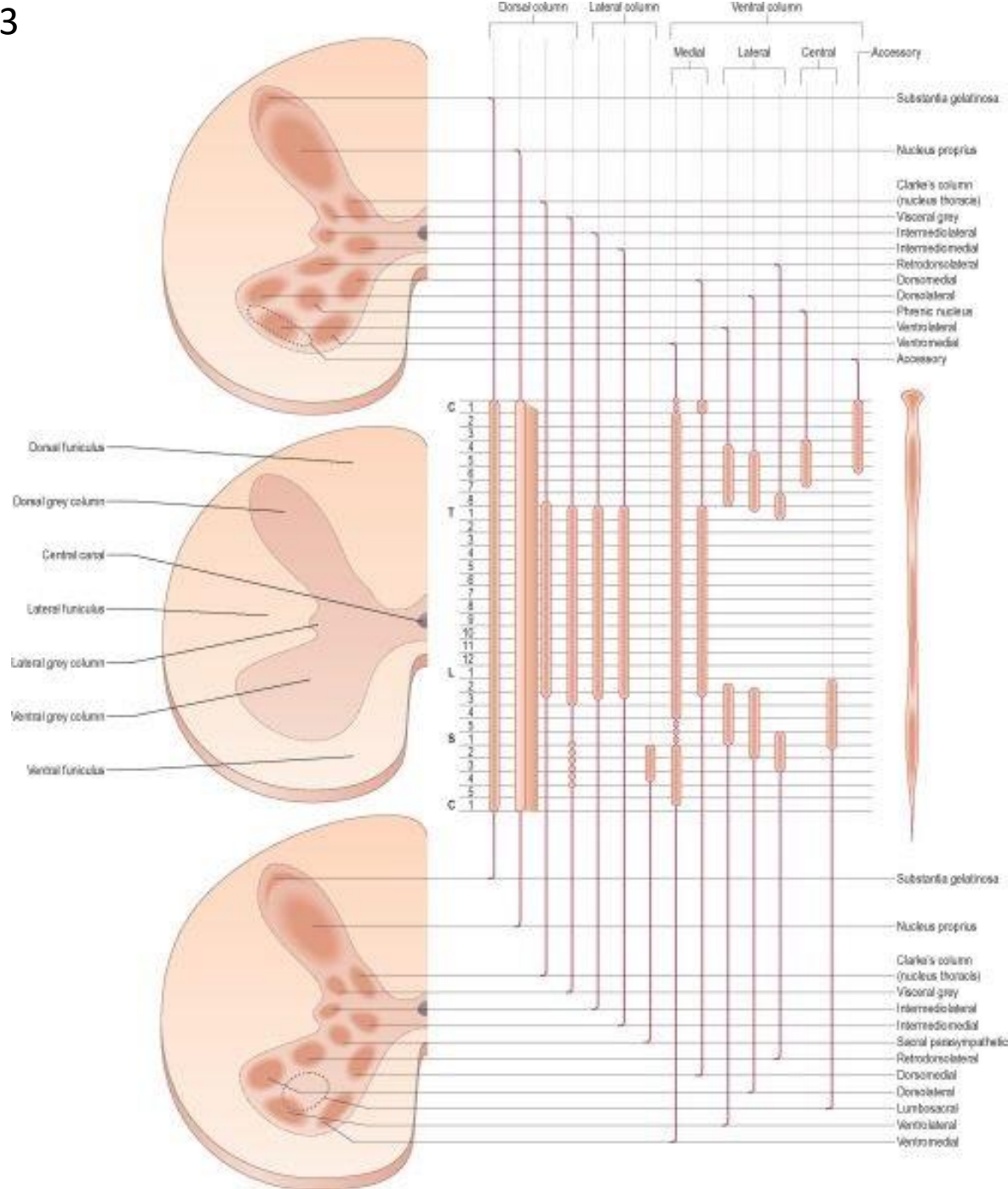
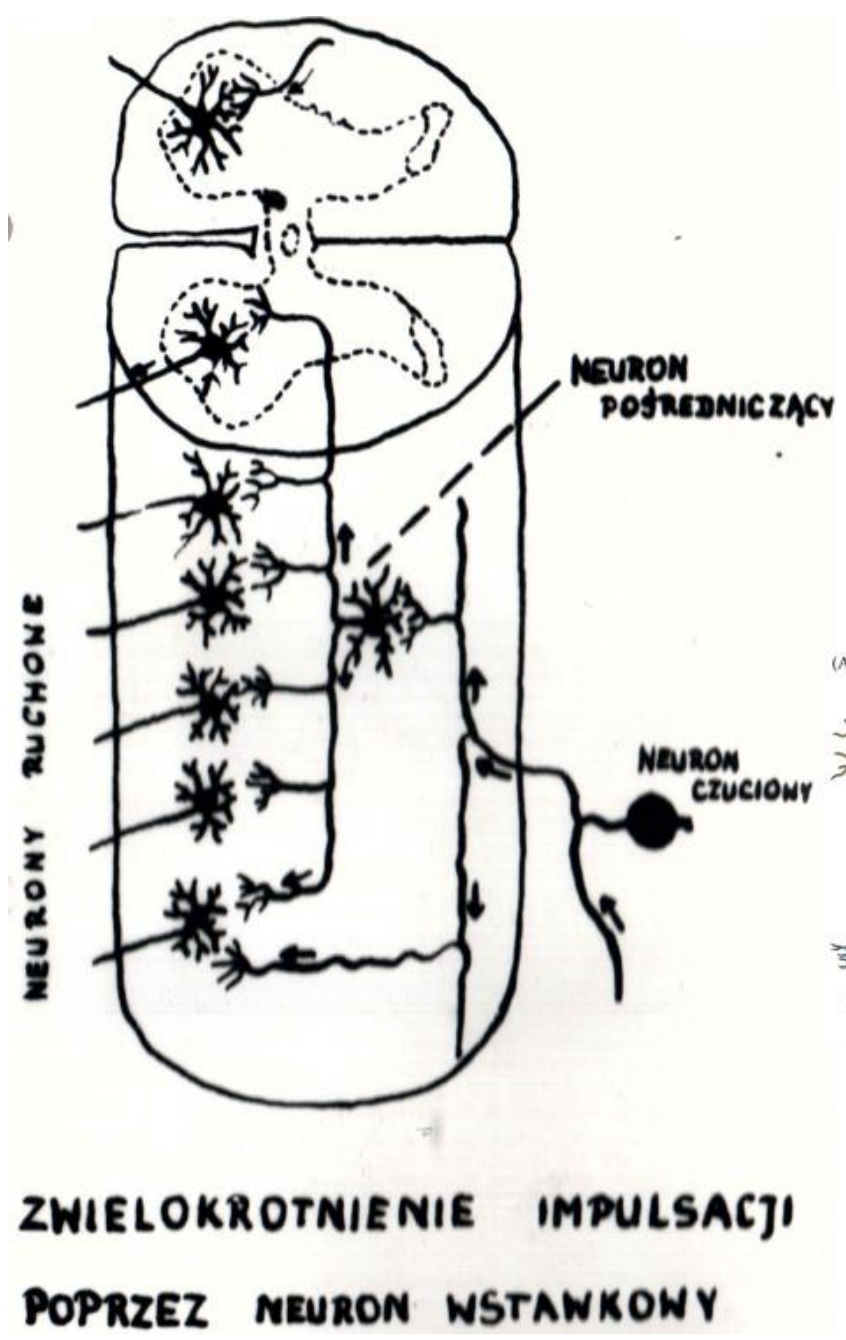


Fig. 1.1. Diagrammatic representations of the cytoarchitectonic scheme of Rexed for the cat's spinal cord. A segment L-4; B L-5; C L-6; D L-7; E S-1; F S-2. Each diagram represents a transverse section of the spinal grey matter. The laminae are indicated by roman numerals I-X. Other abbreviations are: CC, Clarke's column; CM, nucleus centro-medialis; IL, nucleus intermedio-lateralis; IM, nucleus intermedio-medialis; VM, nucleus ventro-medialis. (From Rexed 1952.)



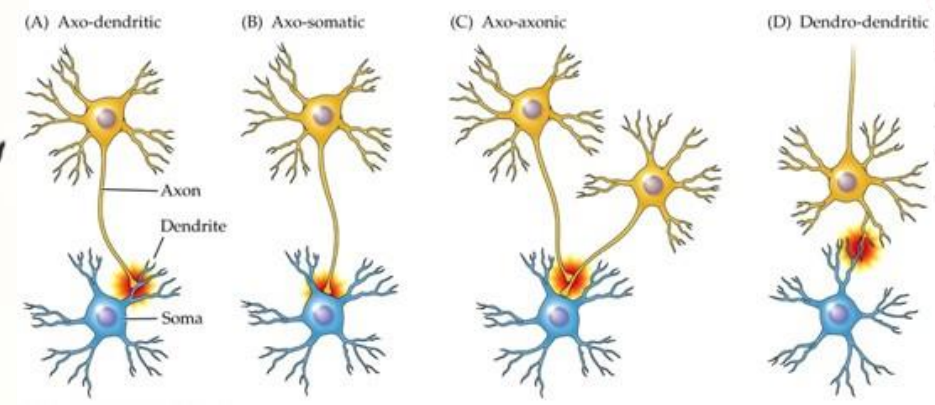
L1	L2	L3	L4	L5	S1	S2	S3
Iliopsoas							
Sartorius							
Pectineus							
Gracilis							
Adductor longus							
Adductor brevis							
Adductor magnus							
Quadriceps femoris							
			Obt. ext.				
			Tib. ant.				
			Tib. post.				
			Ten. fas. lata				
			Glut. med. and min.				
			Semimembranosus				
			Semitendinosus				
			Ext. hall. l.				
			Ext. dig. l.				
			Fib. tert.				
			Fib. brevis				
			Fib. longus				
			Lat. hip. rot				
			Gastrocn.				
			Soleus and plant.				
			Biceps femoris				
			Gluteus max.				
			Flex. hall l. and b.				
			Flex. dig. l. and b.				
			Foot intrinsics				



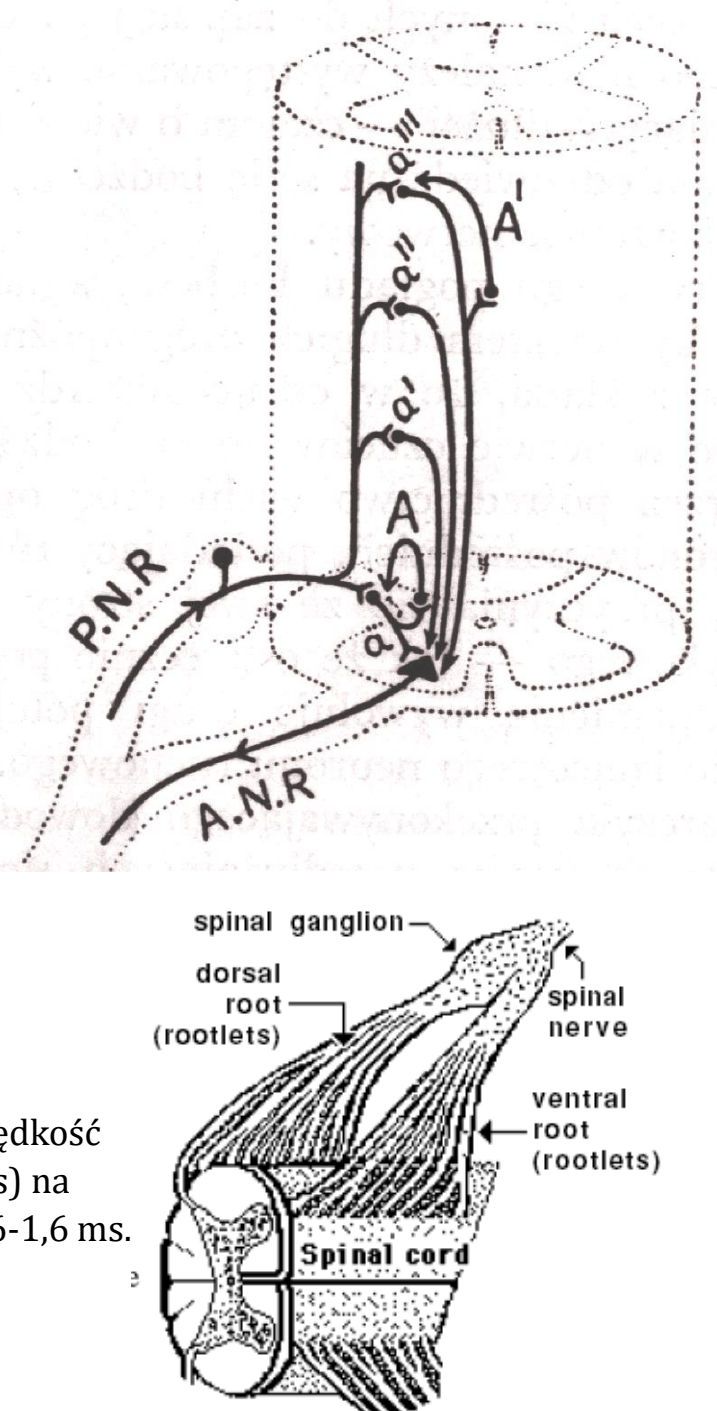
Układ czuciowy bierze początek z różnych receptorów, przekazujących impulsy nerwowe do komórek czuciowych rogów grzbietowych rdzenia kręgowego poprzez komórki zwojowe (zlokalizowane w zwojach korzeni rdzeniowych), do komórek interneuronalnych zlokalizowanych w istocie szarej pośredniej rdzenia kręgowego, do komórek ruchowych rogów brzusznych istoty szarej rdzenia kręgowego (bardziej na drodze przekazywania wieloaniżeli monosynaptycznego).

Część informacji czuciowej jest przewodzona również przez odgałęzienia włókien aferentnych wstępująco lub zstępująco do neuromerów leżących powyżej lub poniżej jednego neurosegmentu, lub szlakami grzbietowymi do jądra smukłego i klinowego pnia mózgu.

Typy synaps nerwowo-nerwowych



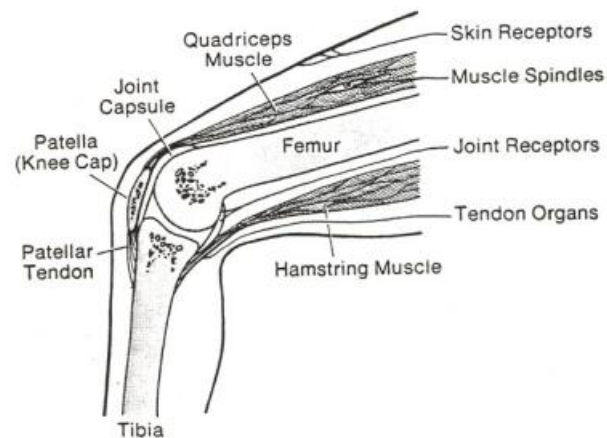
John Carew Eccles (1964) – opóźnienie synaptyczne (prędkość przewodnictwa impulsu nerwowego na poziomie synaps) na synapsie nerwowo-nerwowej i nerwowo-mięśniowej 0,6-1,6 ms. Podstawowe typy mediatorów:
+ acetylocholina Ach
- Kwas gamma-aminomasłowy GABA, Glicyna Gli



Układ receptorowy, rodzaje włókien aferentnych

Afferent Fiber Groups			
Muscle nerve	Cutaneous nerve	Fiber diameter (μm)	Conduction velocity (m/sec)
I	Aα	13–20	80–120
II	Aβ	6–12	35–75
III	Aδ	1–5	5–30
IV*	C*	0.2–1.5	0.5–2

*Unmyelinated.



Włókna aferentne - odpowiada terminowi „włókna czuciowe”, „dośrodkowe”.

Dotyczy grup włókien sklasyfikowanych przez Lloyd (1943) ze względu na ich średnicę, oraz przez Barker (1967) ze względu na typ receptora z, którego biorą początek;

grupa I - obejmująca włókna o średnicy od 21 do 11 mm, która dzieli się z kolei na **grupę**

Ia obejmującą włókna biorące początek z receptorów pierścieniowo-spiralnych lub worka jądrowego wrzecion mięśniowych i

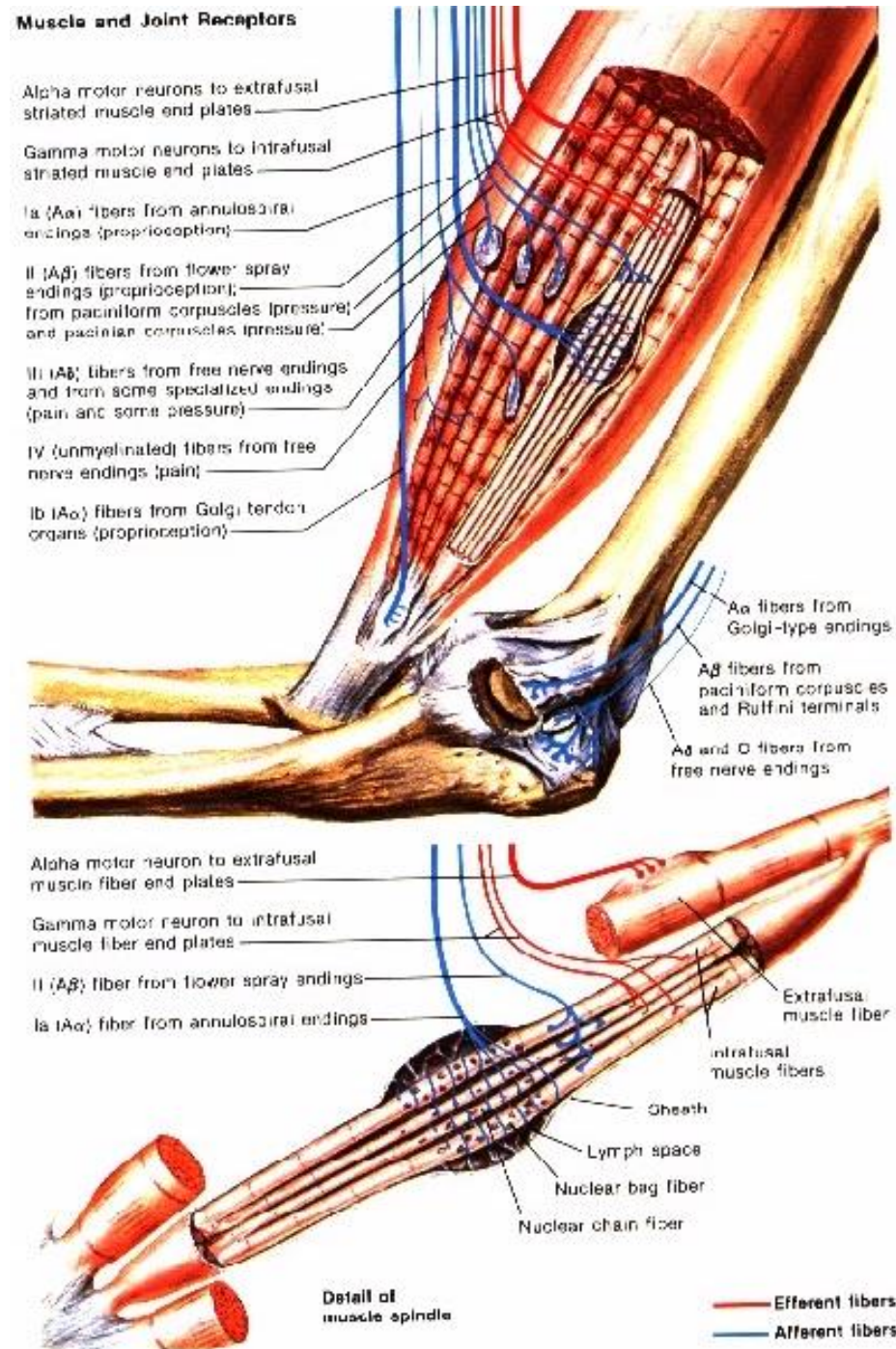
grupę Ib o początku z narządów ścięgnistych Golgiego,

grupa II - obejmująca o średnicy od 12 do 6 mm, biorące początek z wtórnych receptorów wrzeciona mięśniowego typu "wiązanka kwiatów" (ang. "flower-spray") lub miotubularnych,

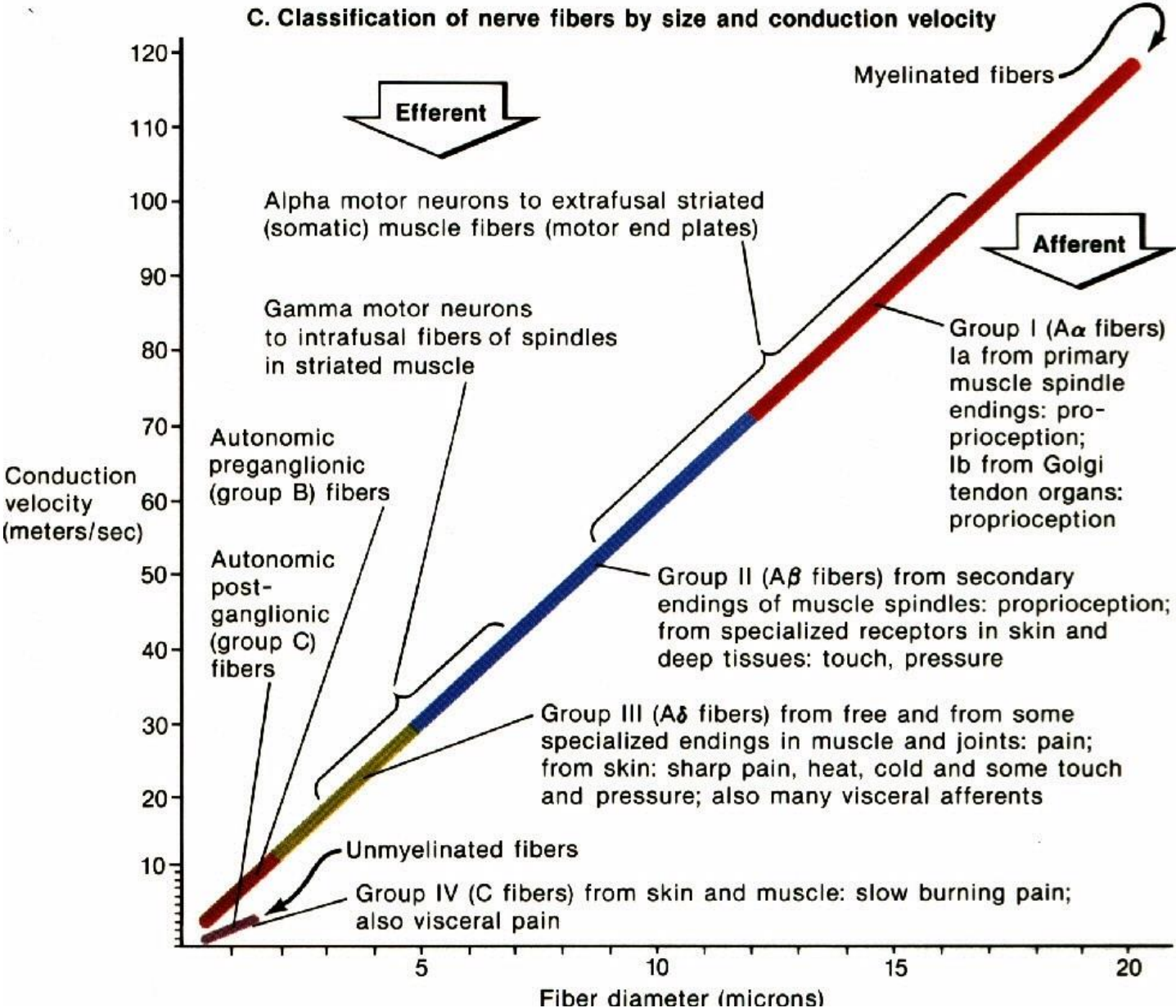
grupa III - obejmująca włókna o średnicy od 6 do 1 mm, biorące początek z wolnych zakończeń nerwowych w mięśniach,

grupa IV - obejmująca włókna o średnicy od 1.5 do 0.3 mm, o początku głównie z receptorów skórnych (CUT), stawowych (JOINT), międzykostnych i okostnej (IOSS)

O ile grupy I-III w nomenklaturze Lloyd odnoszą się do aferentnych włókien zmielinizowanych o początku mięśniowym, to grupa IV obejmuje włókna niezmielinizowane z receptorami także w innych tkankach. W nomenklaturze Gasser (1960), Gasser i Erlanger (1927) i Erlanger i Gasser (1937) klasyfikujących włókna na podstawie ich prędkości przewodzenia, te z grup I i II odpowiadają włóknom aferentnym grupy Aα (prędkości przewodzenia kolejno 120-72 m/s oraz 72-30 m/s), a włókna grup III i IV włóknom grup Ad i Cd.r. (prędkości przewodzenia kolejno 30-4 m/s oraz 2-0.4 m/s). Włókna aferentne grup A i Cd.r. stanowią część zarówno somatycznych jak i autonomicznych łuków odruchowych (Mense, 1993).

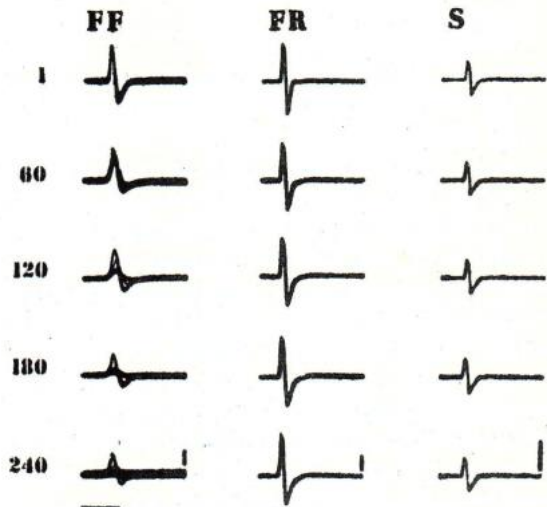
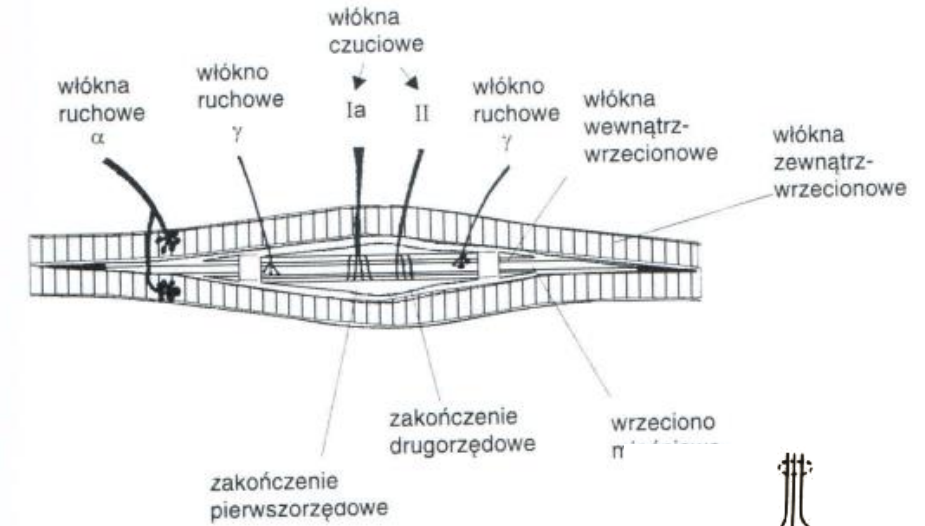
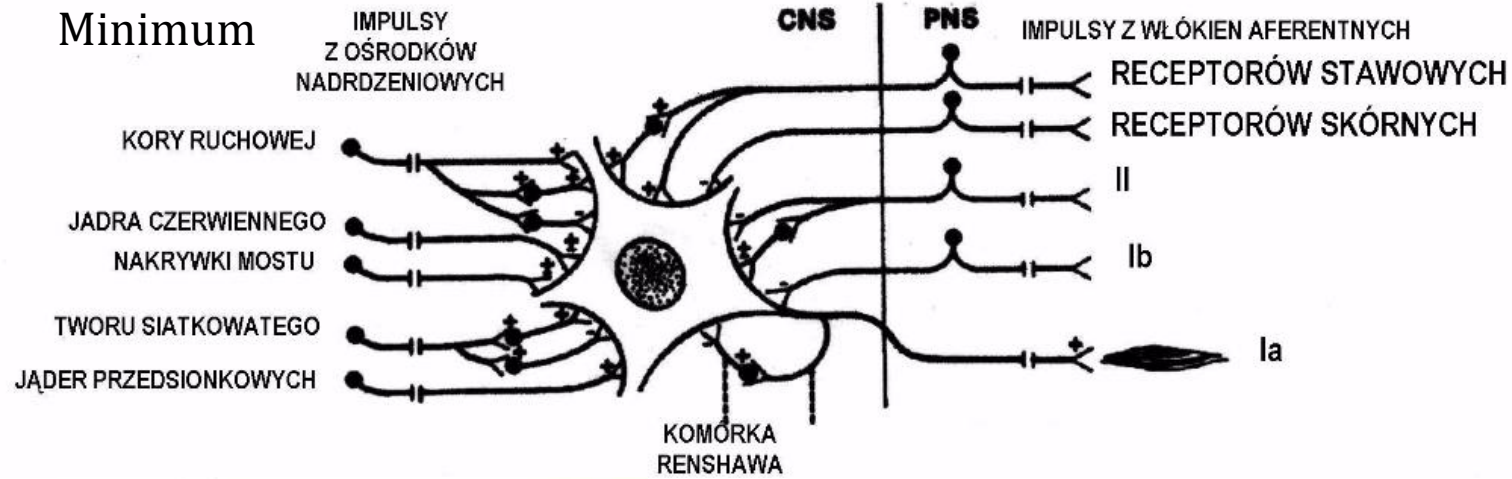


Zależność pomiędzy średnicą włókna nerwowego a prędkością przewodzenia impulsu nerwowego jest wprost proporcjonalna, wskaźnik Hursha

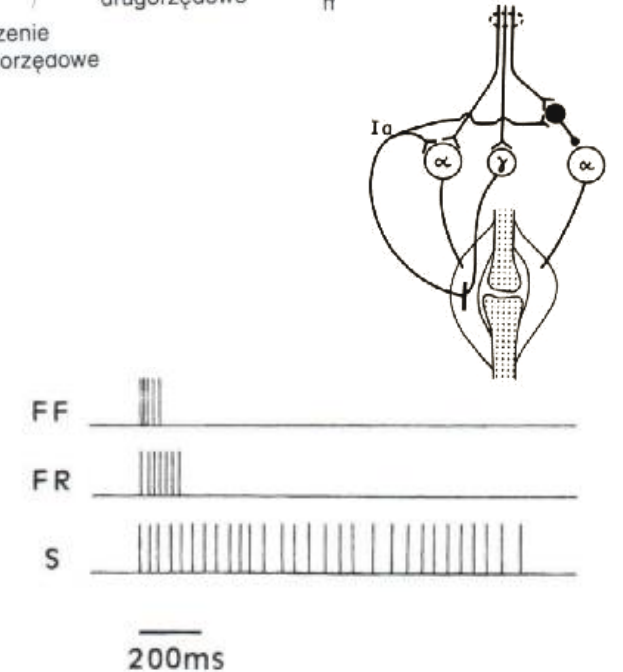
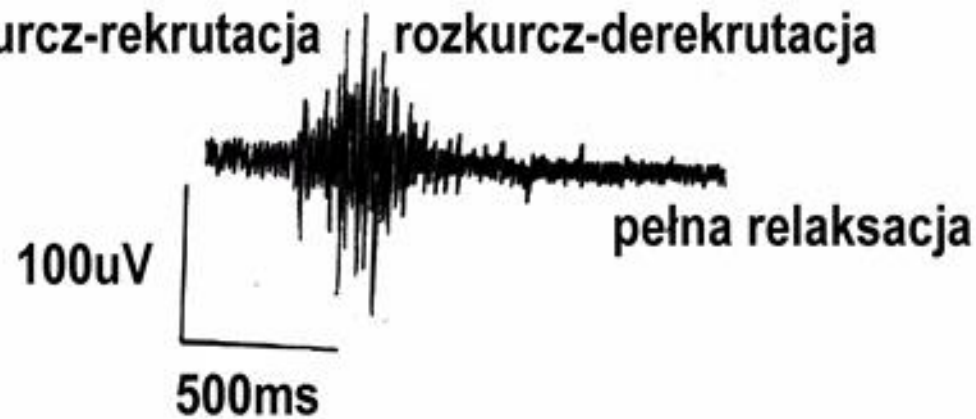


27 Określenie prawidłowej kontroli nerwowej ruchu na poziomie rdzenia kręgowego i poziomie nadrdzeniowym

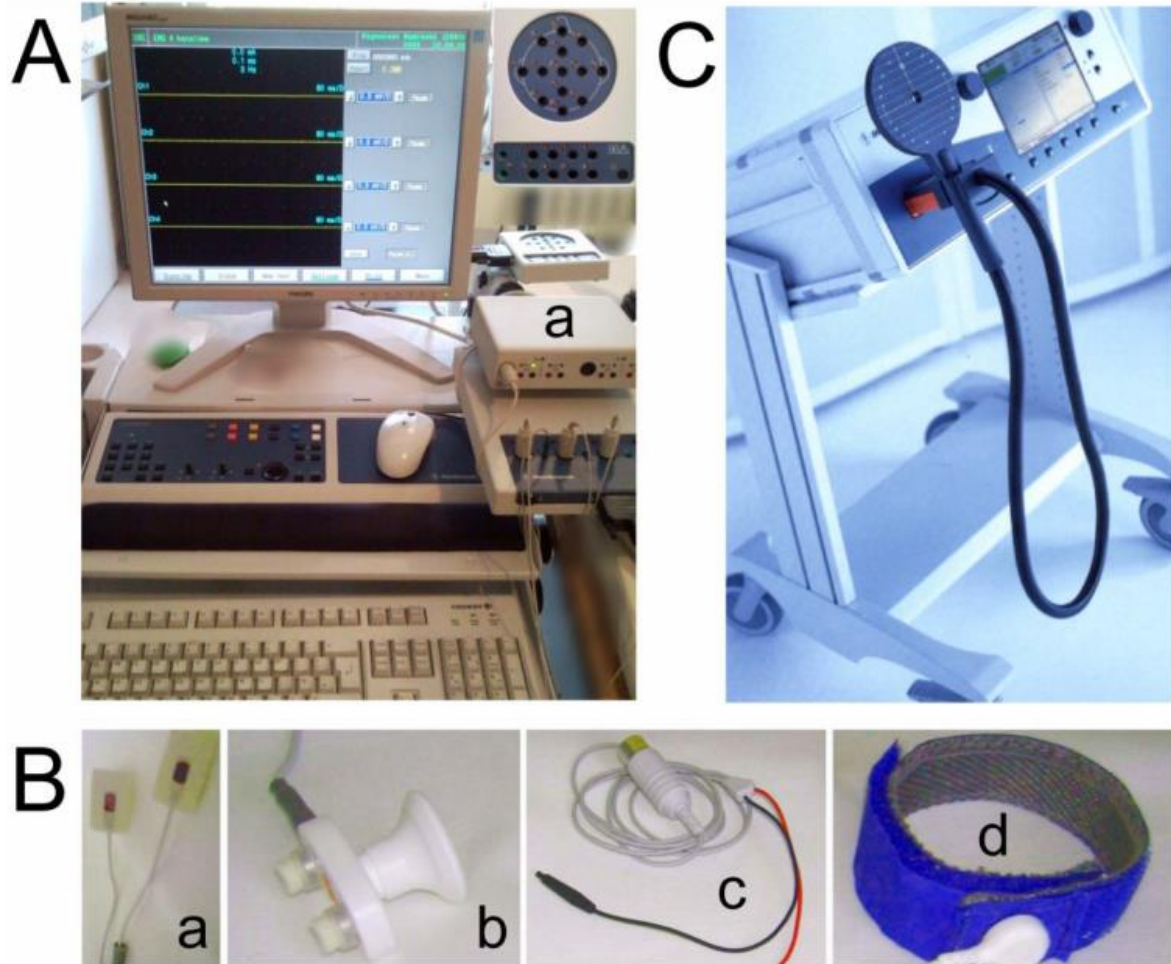
Kontrola nerwowa ruchu jest mechanizmem neurofizjologicznym, aktywizującym sieci neuronowe struktur układu nerwowego somatycznego i autonomicznego w celu wykonania aktu ruchowego, w którym uczestniczą jednostki ruchowe jednego lub wielu grup mięśniowych.



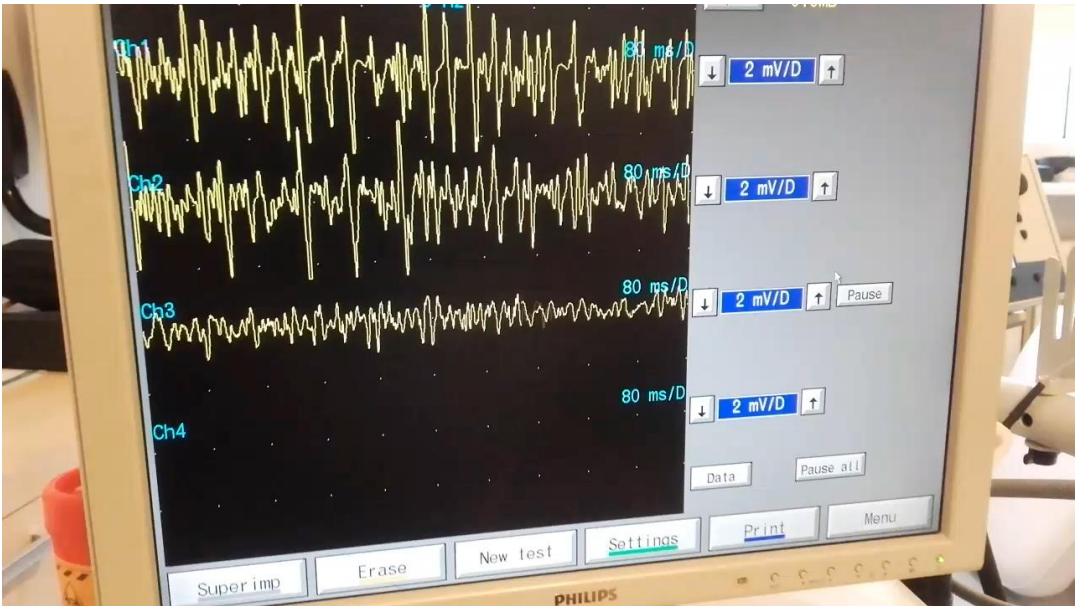
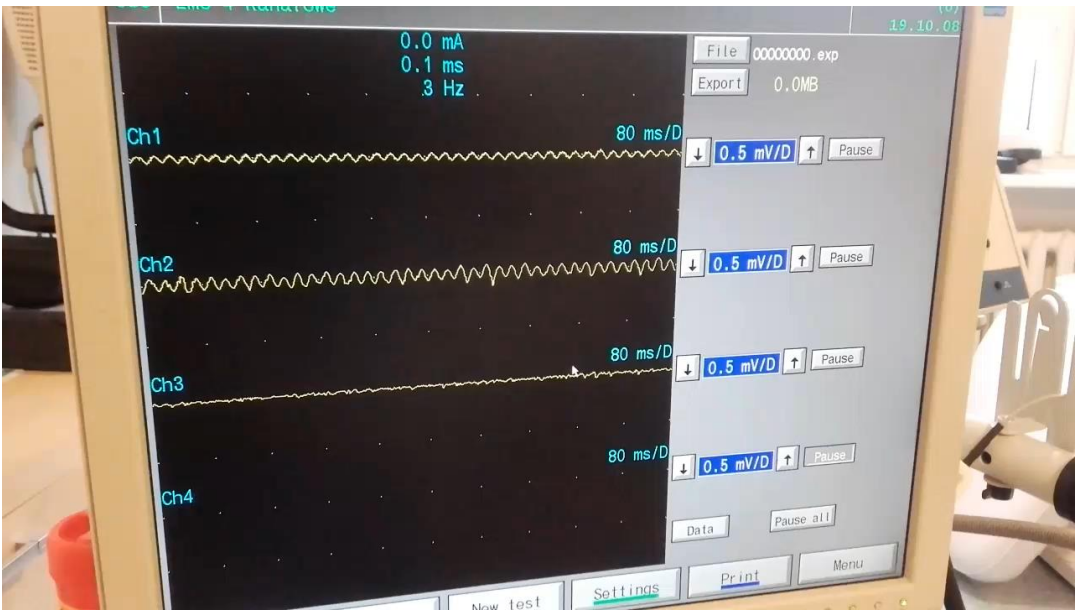
skurcz-rekrutacja rozkurcz-derekrutacja



A0. Przedstawienie możliwości neurofizjologii do wyjaśnienia mechanizmów działania układów ruchowego i czuciowego



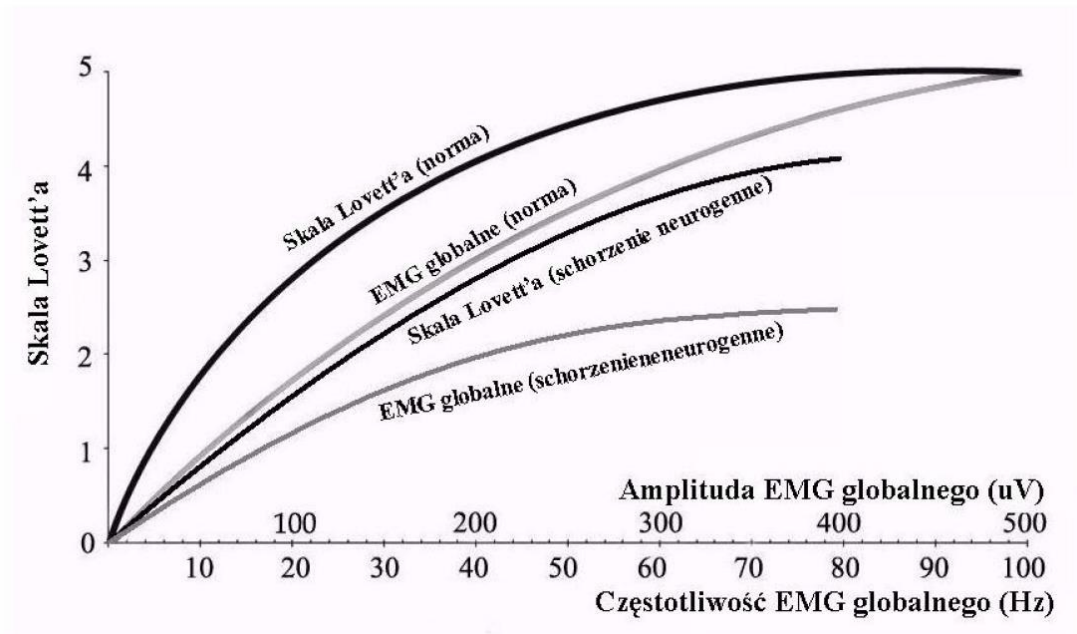
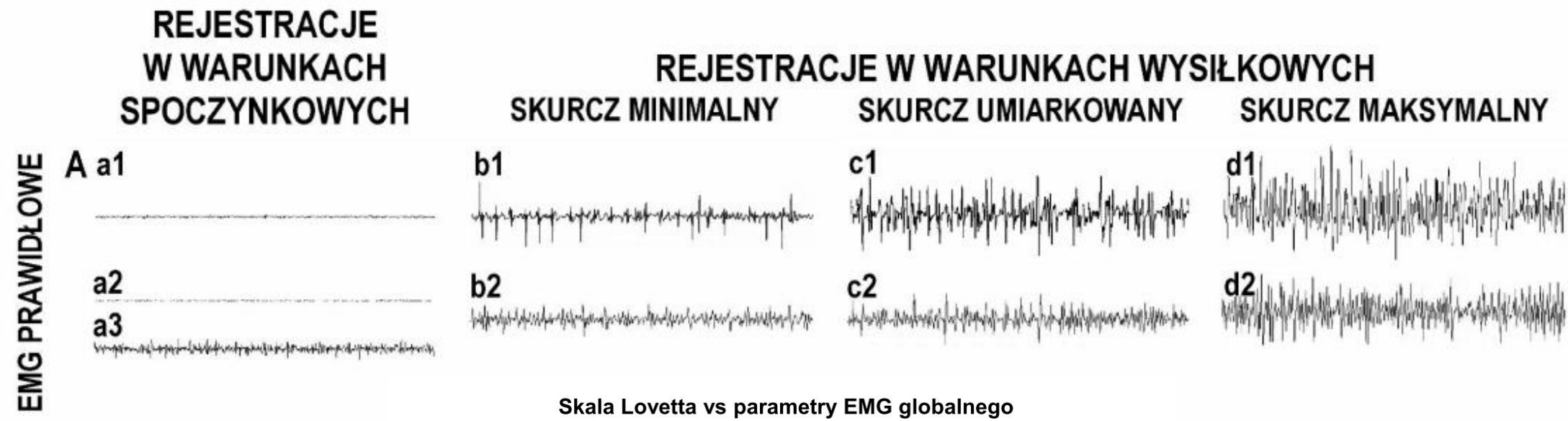
ELEKTROMIOGRAFIA sEMG

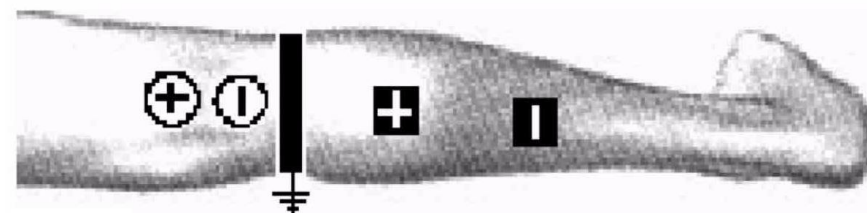
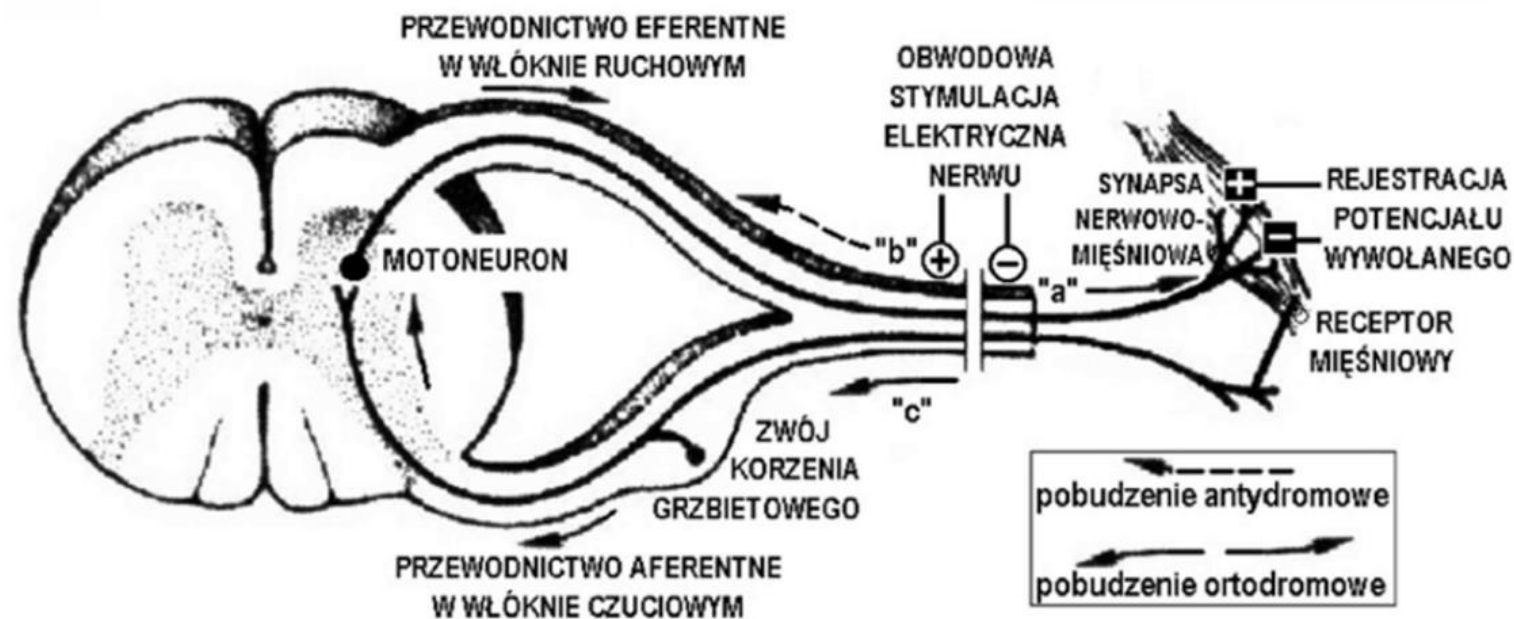
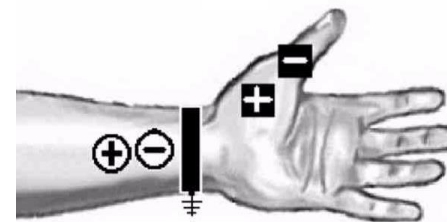


ELEKTRONEUROGRAFIA ENG



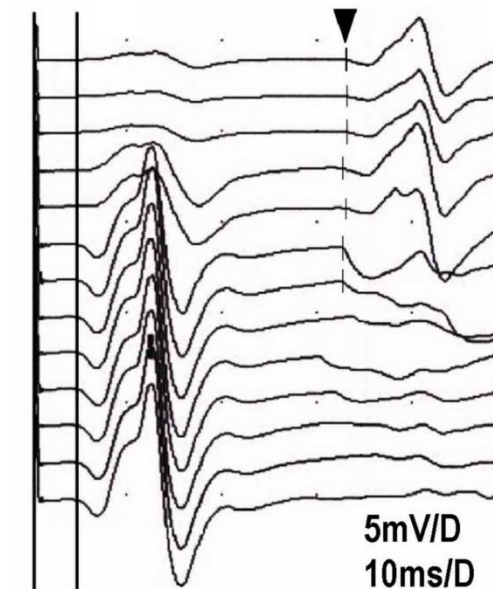
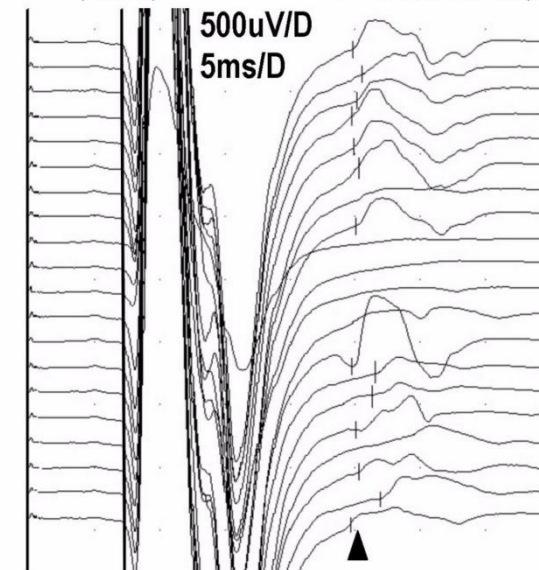
EMG elementarne (górne rejestracje) vs EMG globalne (dolne rejestracje)





ENG POBUDZENIE OBWODOWE
ORTODROMOWE-FIZJOLOGICZNE (FALA M)

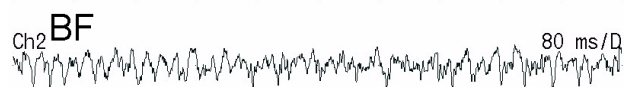
ENG POBUDZENIE OBWODOWE
ANTYDROMOWE-NIEFIZJOLOGICZNE
ELEKTROTONICZNE (FALA F)



ENG POBUDZENIE OBWODOWE
AFERENTNO-EFERENTNE
ODRUCH MONOSYNAPTYCZNY H (FALA H)

Ćwiczenie I

A1. Ćwiczenia symulacyjne identyfikacji składowych ruchowych (eferentnych) układów mięśniowego oraz nerwowego w warunkach prawidłowych.



20uV/D

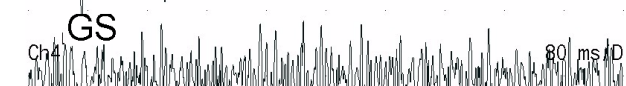
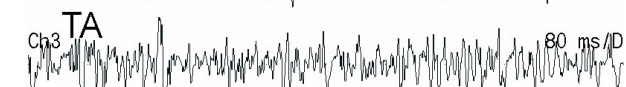
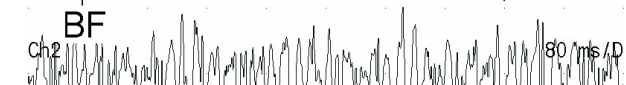
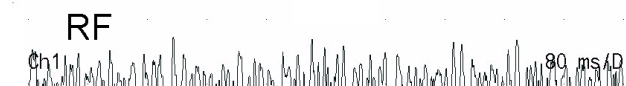
spoczynek

RF-m. rectus, m. prosty uda;

BF-m. biceps femoris, m. dwugłowy uda;

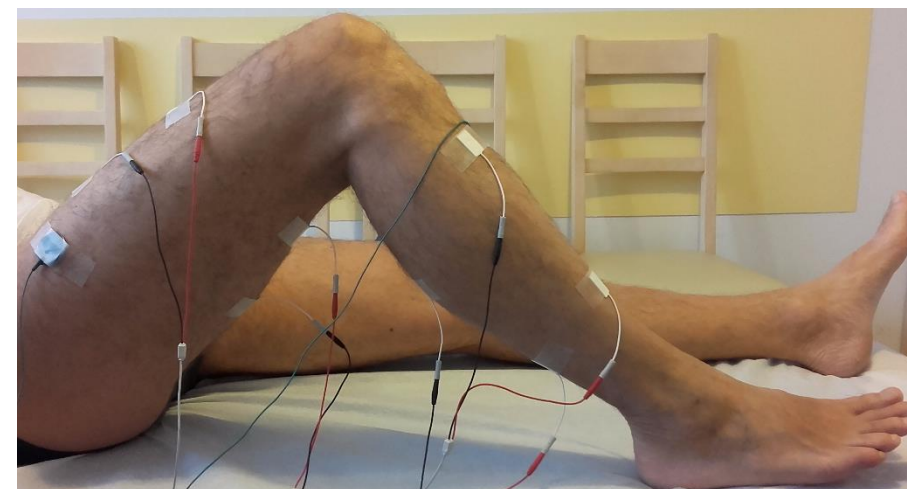
TA-m. tibialis anterior, m. piszczelowy przedni;

GS-mm. triceps surae; mm. grupy tylnej goleni;

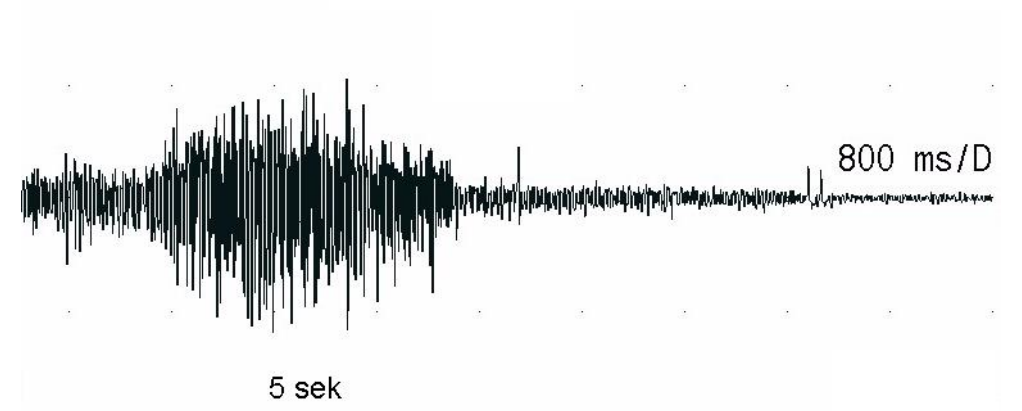
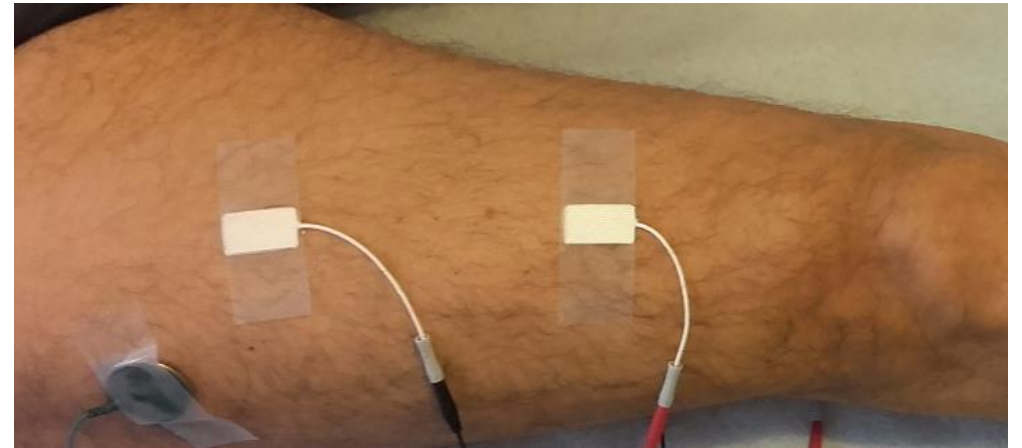
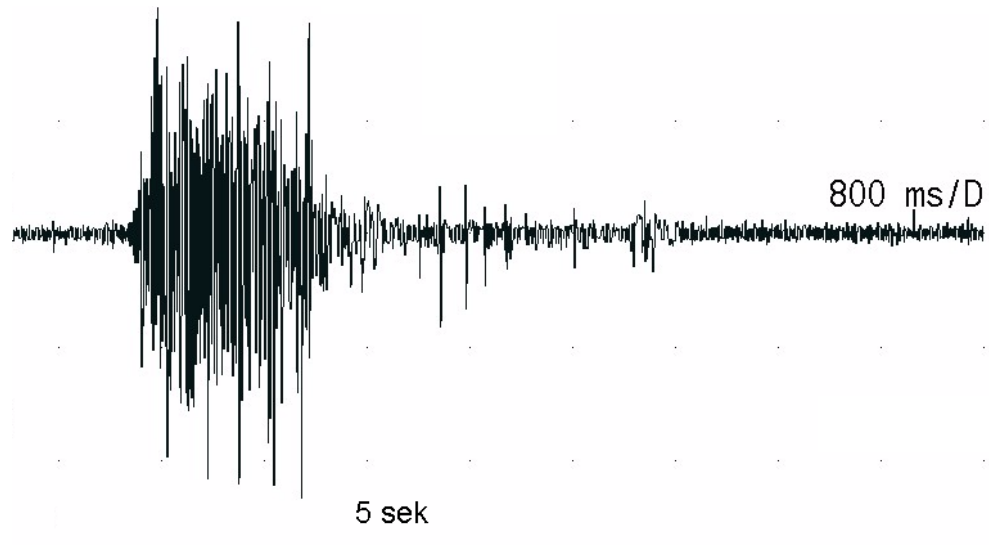
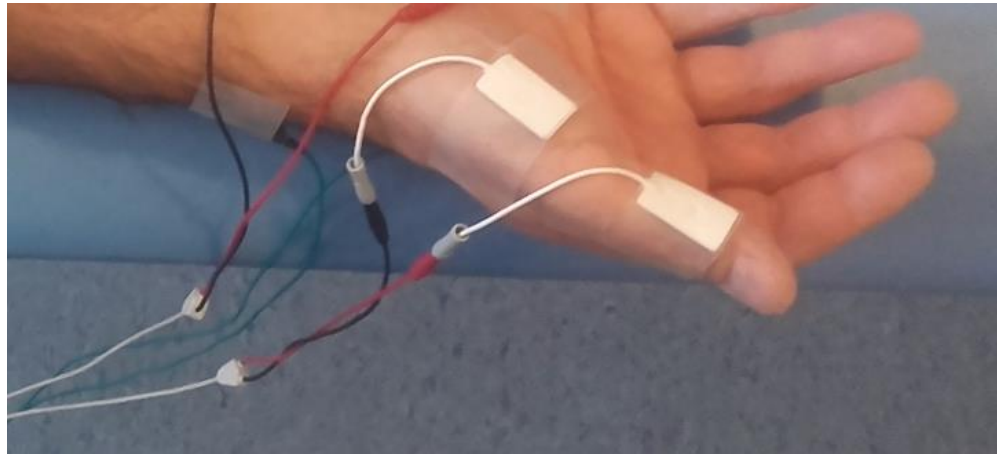


1000uV/D

Maksymalny
skurcz 5
sekund



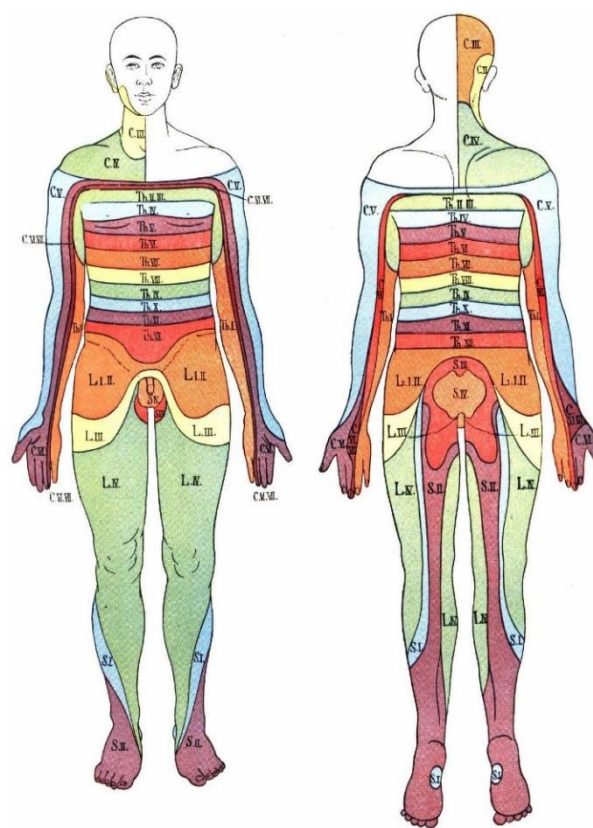
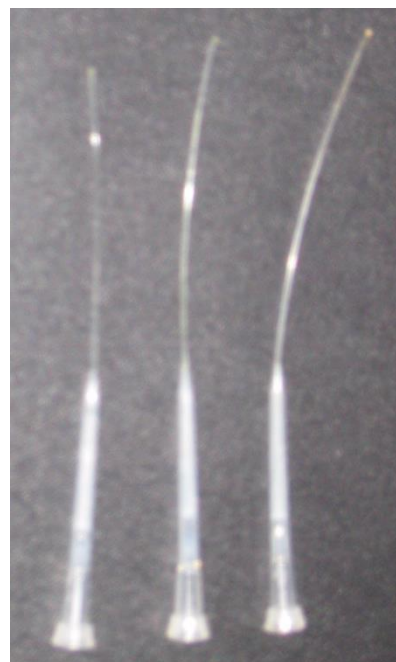
A2. Ćwiczenia symulacyjne identyfikacji typów jednostek ruchowych mięśni w warunkach prawidłowych w zależności od ich funkcji



BADANIE CZUCIA DERMATOMALNEGO FILAMENTY von FREYA (FvF)



0.12mm 0.3mm
0.55mm
3 PRÓBY=3:2
2x „TAK!”



Ćwiczenie I

B. Ćwiczenia symulacyjne identyfikacji składowych czuciowych układu nerwowego w warunkach prawidłowych

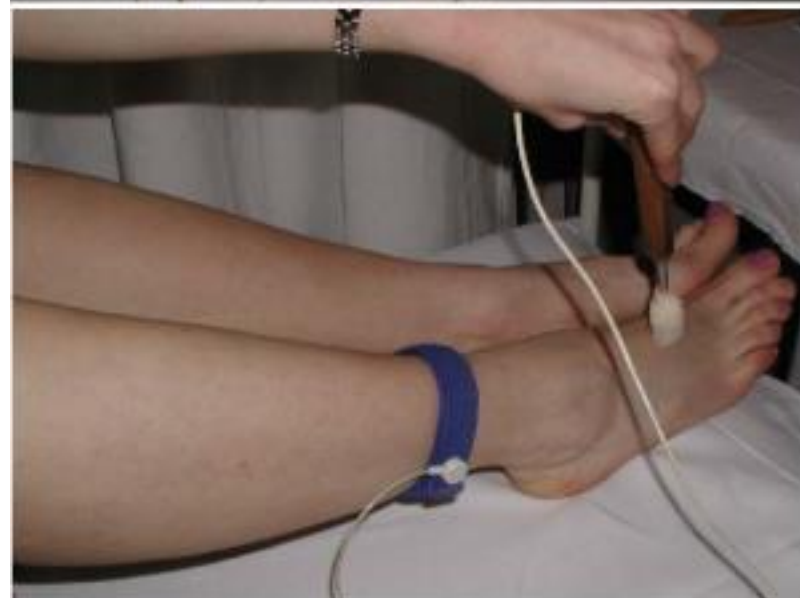


STANDARDOWE PUNKTY:
 -N.AXILLARIS->SZCZYT RAMIENIA
 ->BARK, CZĘŚĆ TYLNA
 -PLEXUS BRACHIALIS->1/3 RAMIENIA
 GRZBIETOWO
 -N.MUSCULOCUTANEUS->PRZEDRAMIĘ
 -N.MEDIANUS->OPUSZKA PALCA II
 -N.ULNARIS->OPUSZKA PALCA V
 ->SKÓRA NAD M.HYPOTHENAR.
 -N.RADIALIS->GRZBIET DŁONI POMIĘDZY
 I i II PALCEM

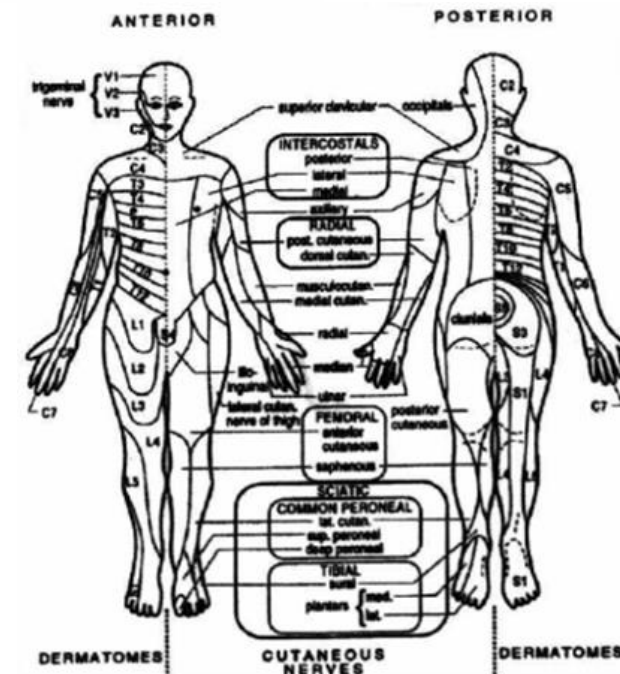
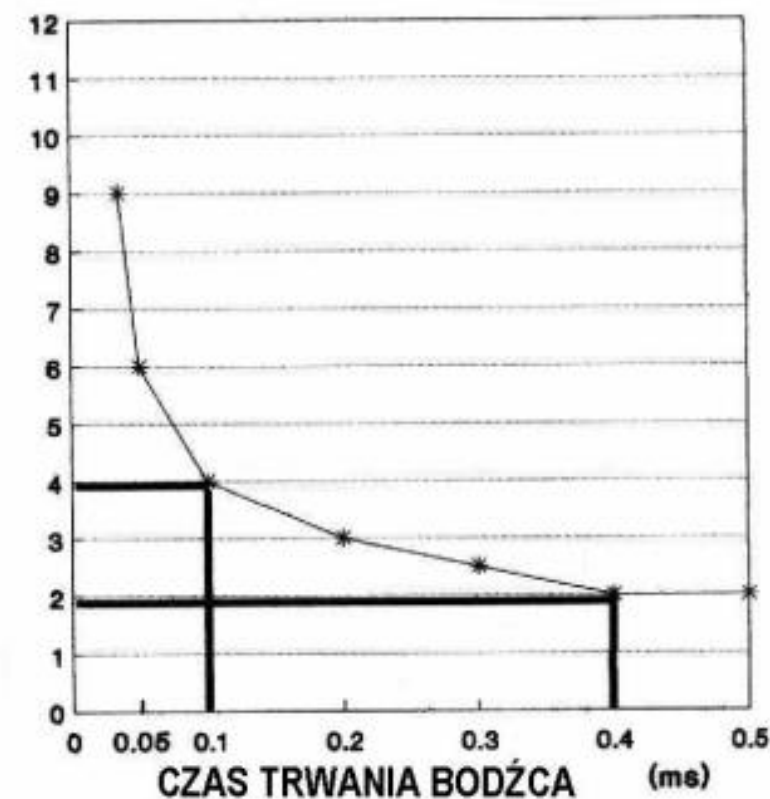
 -N.FEMORALIS->ŚRODEK UDA
 -N.PERONEUS->PODUDZIE
 PRZEDNIO-BOCZNE
 ->GRZBIET STOPY
 -N.TIBIALIS->ŚRODEK ŁYDKI



BADANIE KRZYWYCH POBUDLIWOŚCI CZUCIOWEJ (IC-SD)



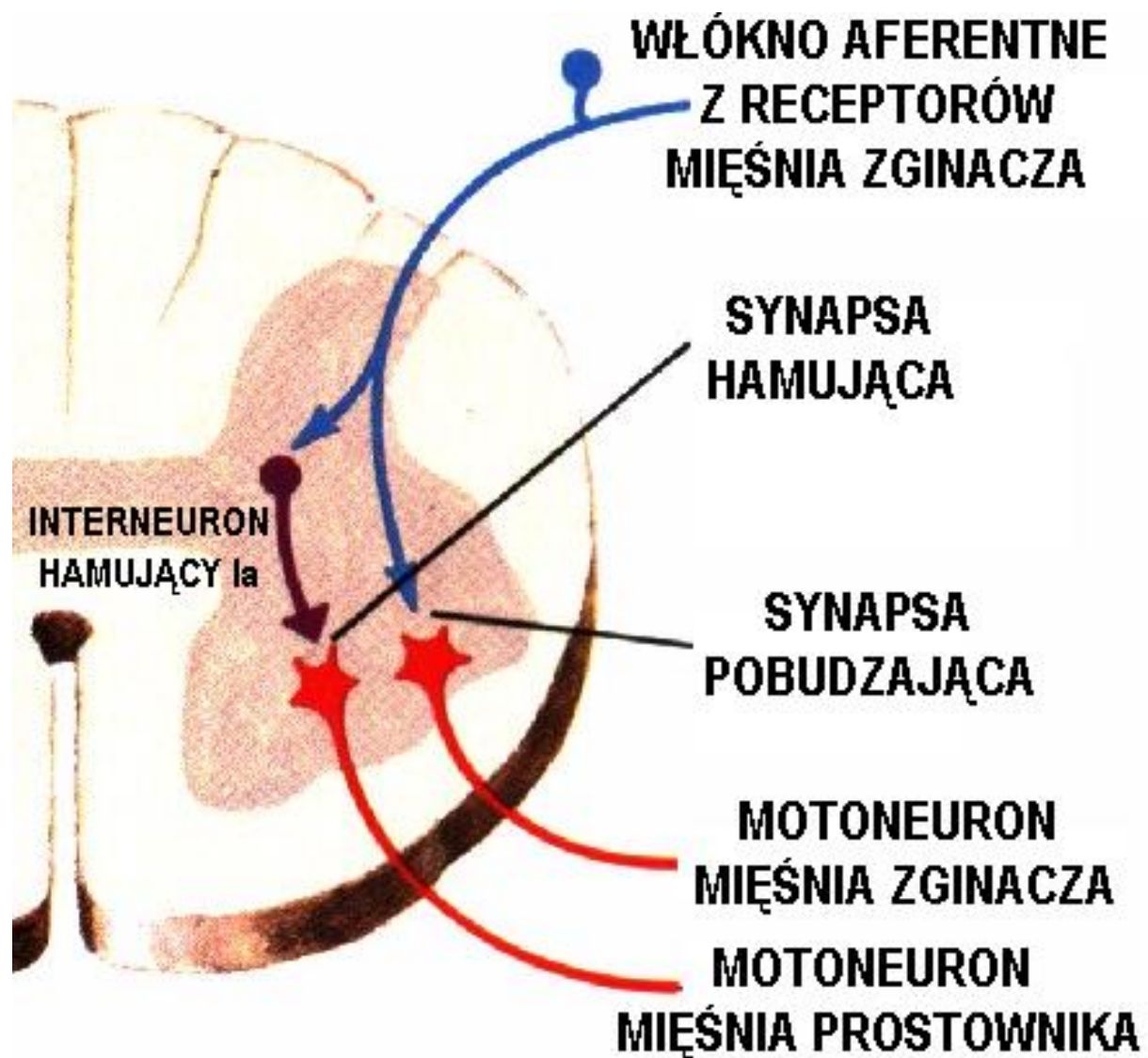
mA NATĘŻENIE BODŹCA



STANDARDOWE PUNKTY:

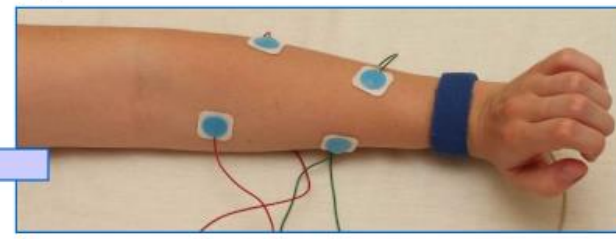
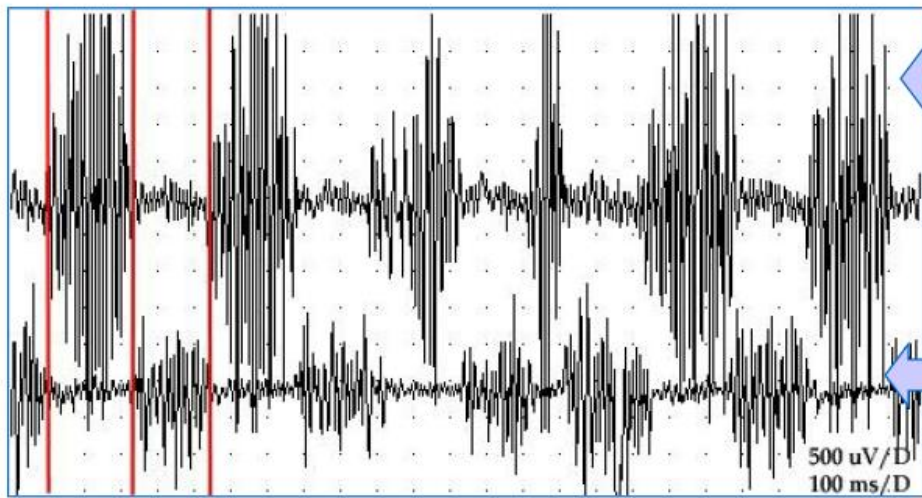
- N.AXILLARIS->SZCZYT RAMIENIA
->BARK, CZĘŚĆ TYLNA
- PLEXUS BRACHIALIS->1/3 RAMIENIA
GRZBIETOWO
- N.MUSCULOCUTANEUS->PRZEDRAMIĘ
- N.MEDIANUS->OPUSZKA PALCA II
- N.ULNARIS->OPUSZKA PALCA V
->SKÓRA NAD M.HYPOTHENAR.
- N.RADIALIS->GRZBIET DŁONI POMIĘDZY
I i II PALCEM
- N.FEMORALIS->ŚRODEK UDA
- N.PERONEUS->PODUDZIE
PRZEDNIO-BOCZNE
->GRZBIET STOPY
- N.TIBIALIS->ŚRODEK ŁYDKI

Czynność mięśni antagonistycznych i synergistycznych kończyn górnych i dolnych

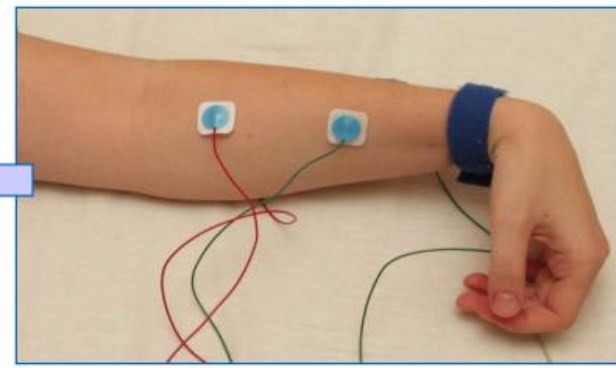


Czynność naprzemienna mięśni antagonistycznych działających na tym samym stawie

Norma

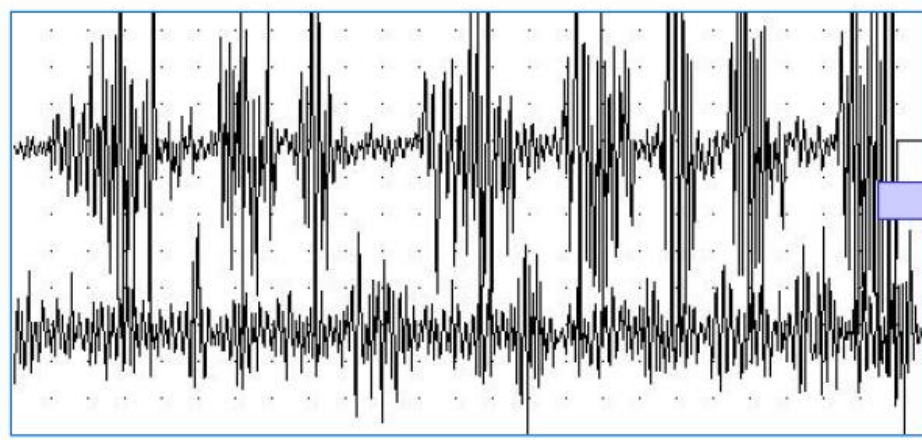


mm. extensor carpi

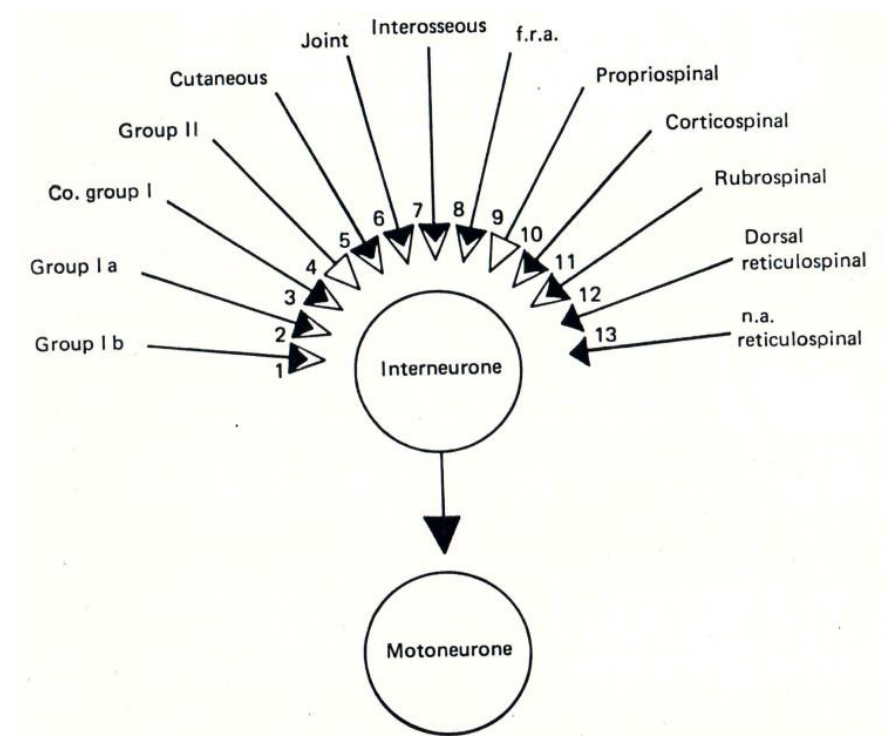


mm. flexor carpi

Chory po udarze

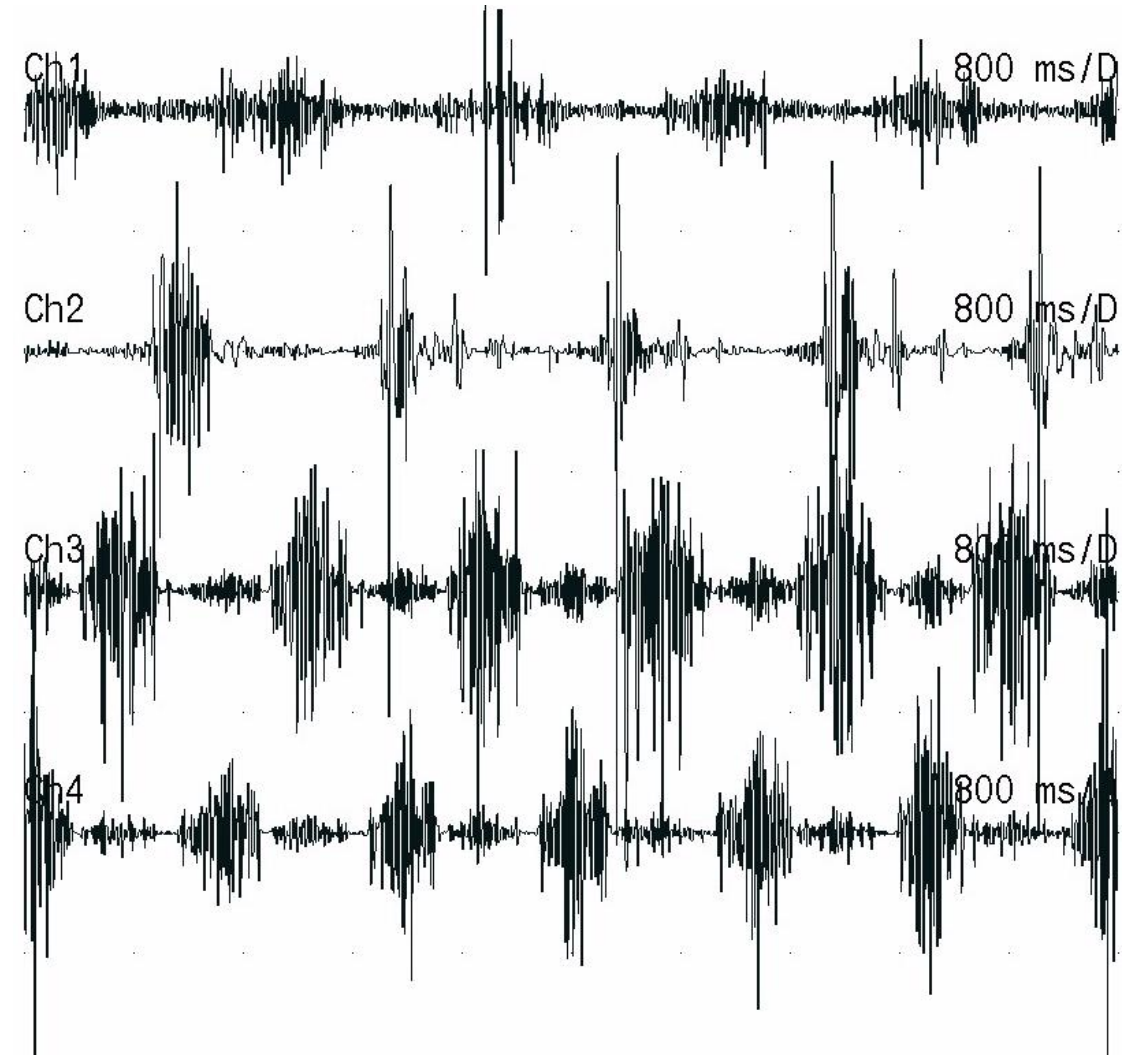
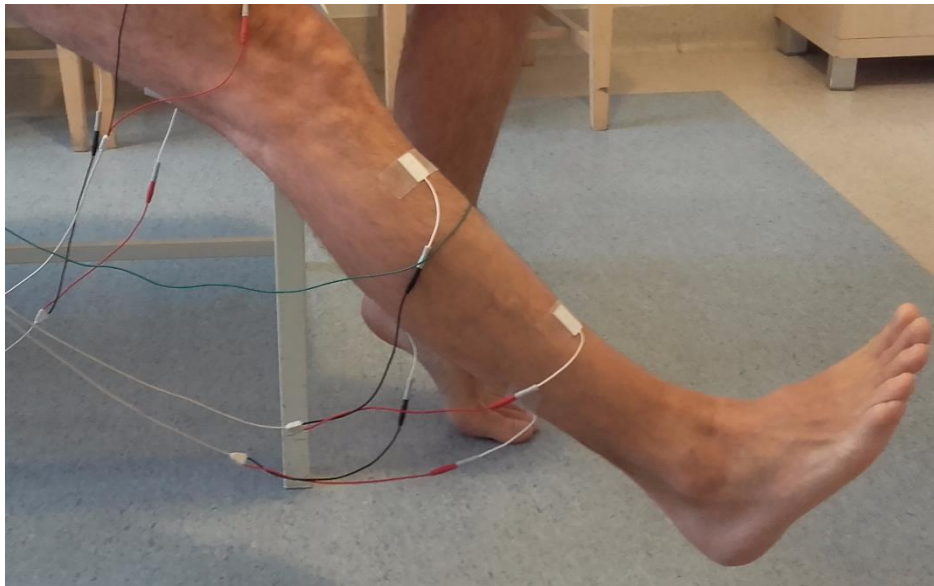
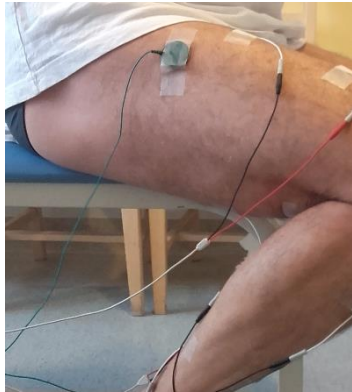


mm. antagonistyczne stawu skokowego

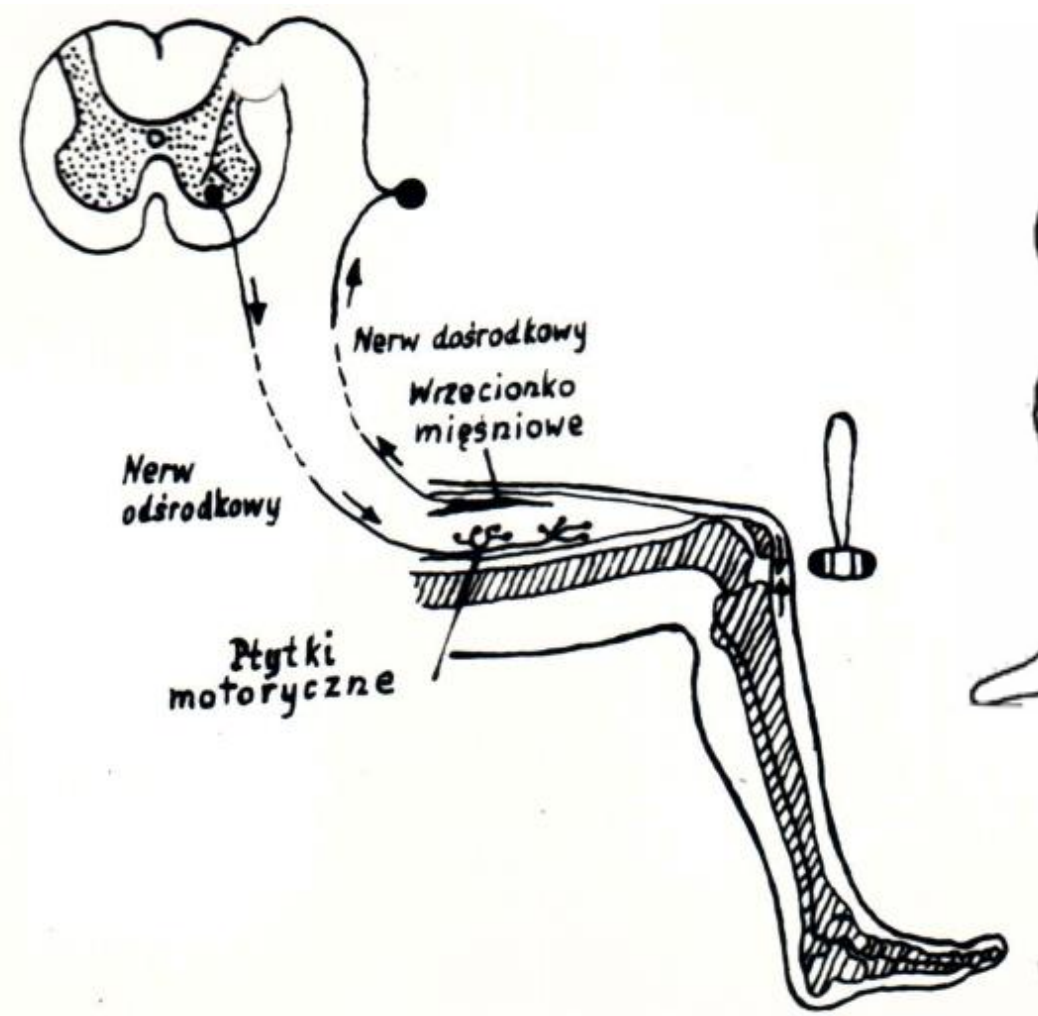


Ćwiczenie I

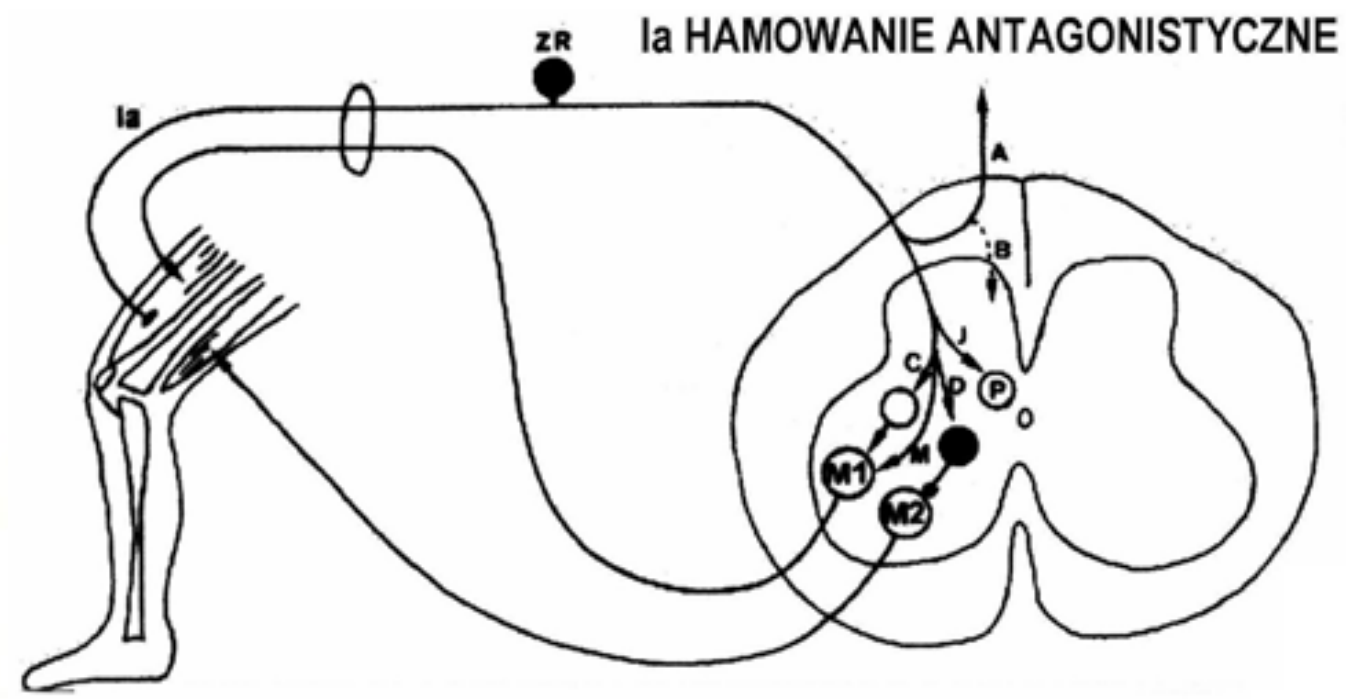
C. Czynność mięśni anatgonistycznych i synergistycznych kończyn górnych i dolnych.



Łuk odruchowy
Monosynaptyczny



Polisynaptyczny

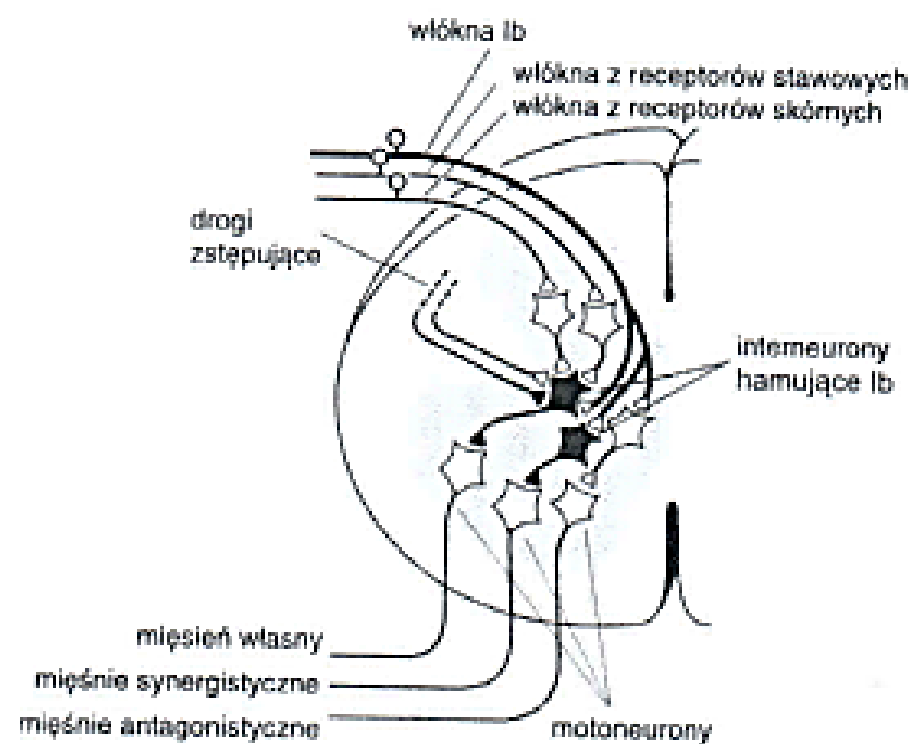


Ruch zgięcia lub prostowania przebiega bez zakłóceń

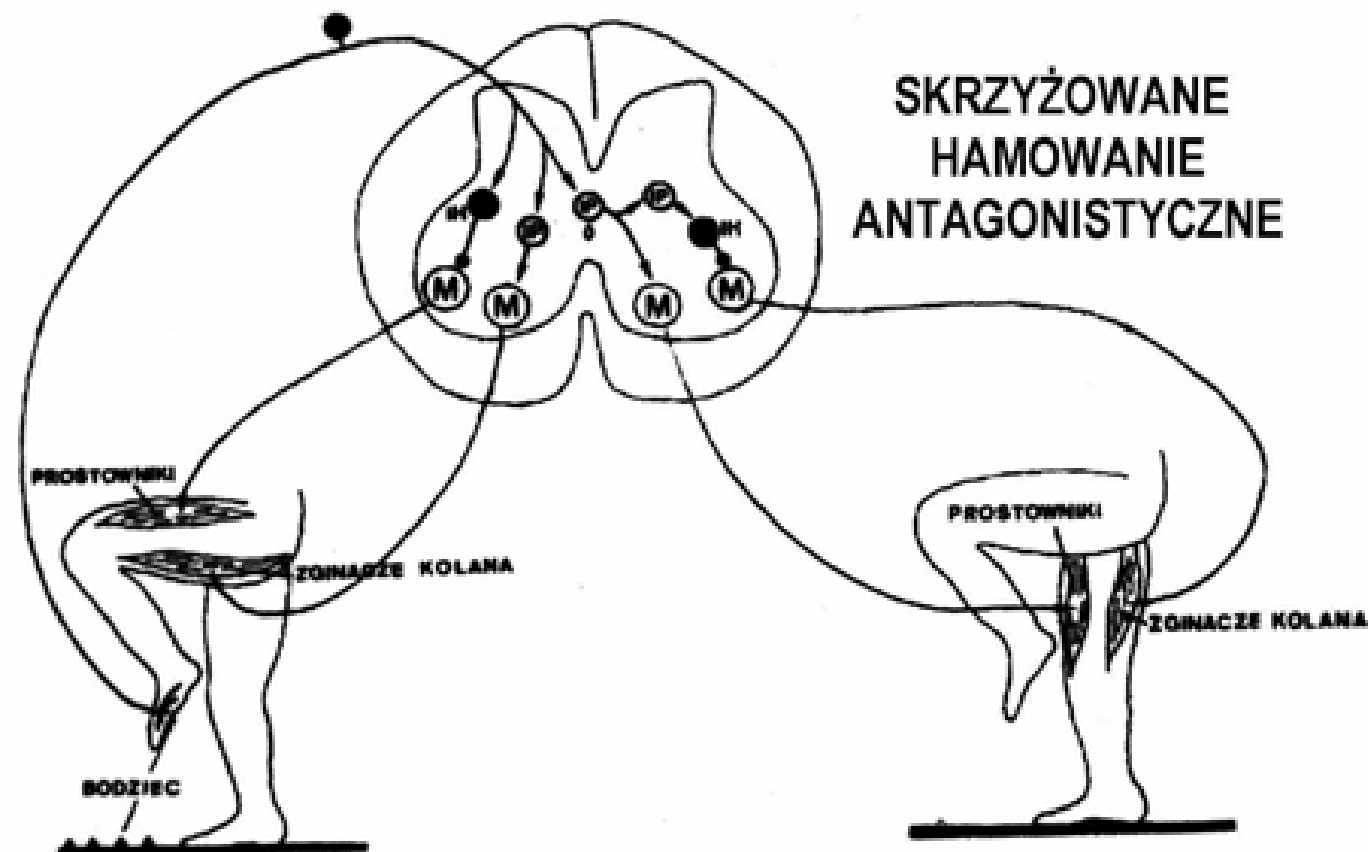
ODRUCH MONOSYNAPTYCZNY (KOLANOWY)

Polisynaptyczny

HAMOWANIE SYNERGISTYCZNE PRZEZ Ib INTERNEURON HAMUJĄCY



Odruch z narządów Golgiego



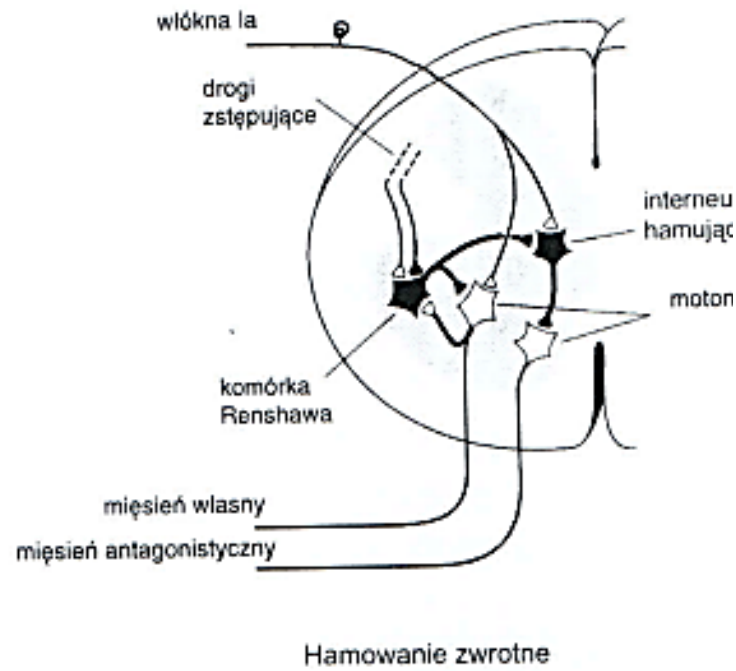
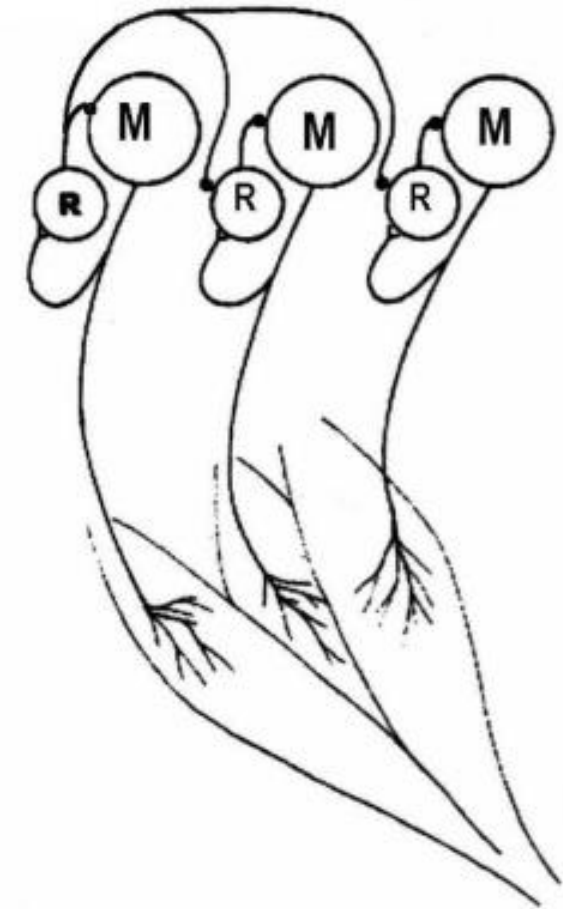
Odruch zginania i skrzyżowany odruch wyprostny

Odruch ucieczki

W wyniku samohamowania motoneuronów dochodzi do zmniejszenia siły skurczu (obciążenia) unerwianych przez nie jednostek ruchowych

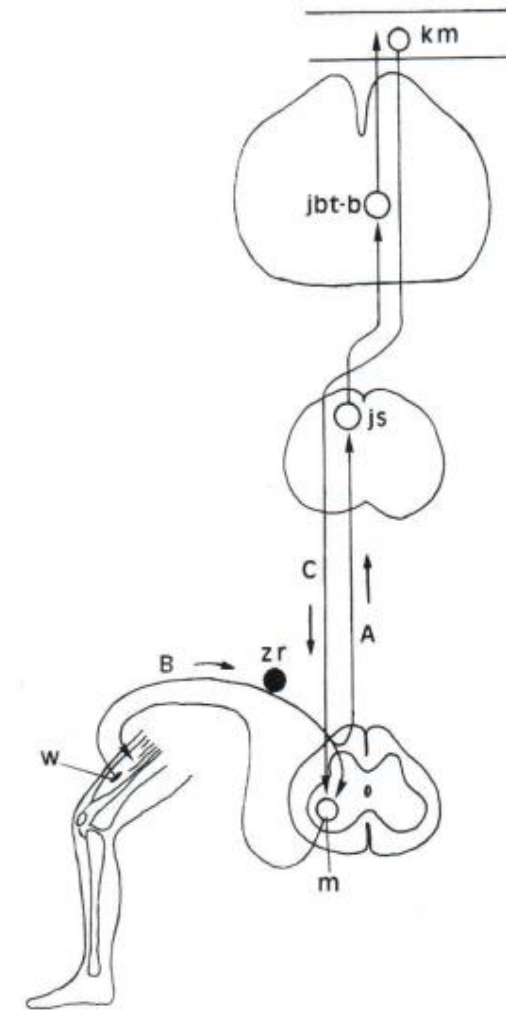
Polisynaptyczny

CZYNNOŚĆ
KOMÓRKI
RENSHAWA



Sprzeżenie zwrotne

Mechanizm bezpieczeństwa rekrutujących jednostek ruchowych



Przykład obwodowego i osiowego łuku odruchowego

Informacja Ia z wrzeciona mięśniowego – W dochodzi drogą doprowadzającą – B do motoneuronu – m, którego akson stanowi drogę odprowadzającą. Jednocześnie odgałęzienie włókna Ia przenosi informację do wyższych ośrodków, tworząc łańcuch dróg wstępujących – A, które przez jądro smukłe – js i jądro brzuszne tylnoboczne wzgórza – jbt-b dochodzą do kory mózgu – km. Droga zstępująca z kory mózgu – C dochodzi do motoneuronu; zr – zwój rdzeniowy

Obwodowy a osiowy łuk odruchowy

Wykład II...

Poziomy integracyjny układ nerwowy
związanego z kontrolą ruchu.

Mechanizmy lokomocji, rdzeniowe
generatory lokomocji.

Plastyczność i adaptacja jednostki ruchowej,
neuronu oraz ośrodków mózgu.

Zjawisko reorganizacji w ośrodkach
ruchowych rdzenia kręgowego.

Ćwiczenie II

Kontrola nerwowa ruchu na
poziomie rdzenia kręgowego i
nadrdzeniowym.

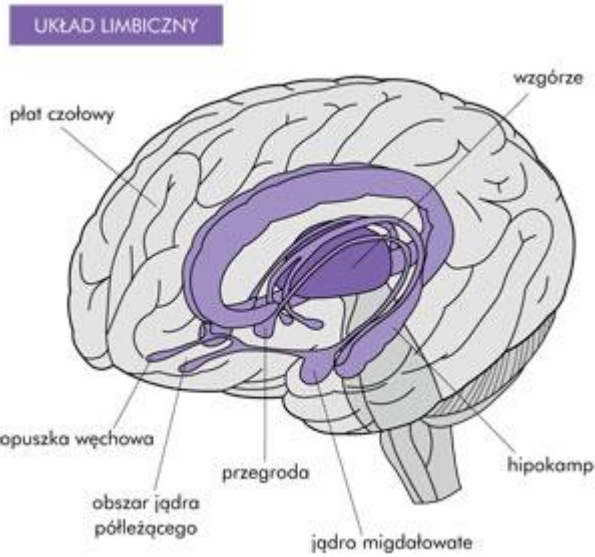
Ćwiczenia symulacyjne
przewodnictwa ruchowego i
czuciowego z i do poziomów
nadrdzeniowych układu
nerwowego związanych z
kontrolą ruchu.

Poziomy integracyjne układu nerwowego związanego z kontrolą ruchu

Hierarchia układów integrujących nerwową kontrolę ruchu

Poziom	Struktura	Funkcja
I. Najwyższy korowy	układ limbiczny	idea i plan ruchu
II. Średni mózgowy	kora mózgowa przedruchowa	strategia ruchu
	pień mózgu*	taktyka ruchu
III. Najniższy	kora mózgowa ruchowa, droga piramidowa, motoneurony rdzeniowe	wykonanie ruchu

* Rdzeń przedłużony, most oraz śródmózgowie

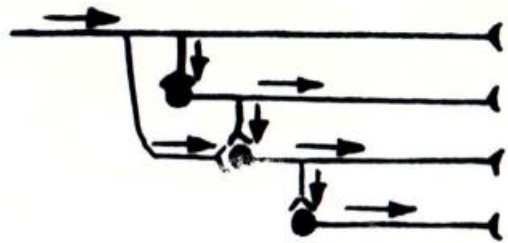
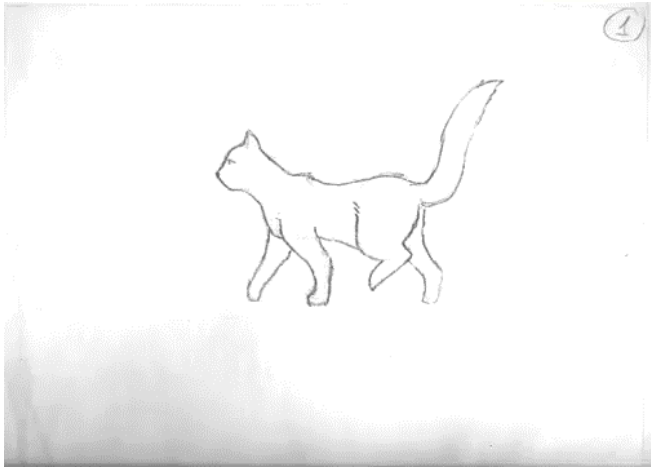


W hierarchii mechanizmów, układ limbiczny (układ pierścieni i zakrętów mózgu wewnętrznych) generując emocjonalne motywacje do wykonania ruchu dowolnego, wpływa na obszary czuciowe i ruchowe kory mózgu do których docierają impulsy aferentne z receptorów i wychodzą impulsy eferentne do komórek ośrodków rdzenia kręgowego – pełni funkcję nadrzędną (plan czynności ruchowej).

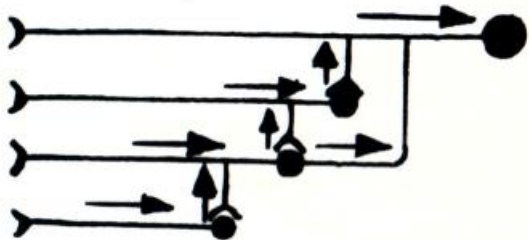
Poziom średni reprezentują kora mózgowa przedruchowa oraz pień mózgu - (rdzeń przedłużony, most oraz śródmózgowie) – pełniące funkcję opracowania taktyki ruchu.

Poziom hierarchiczny najniższy reprezentują kora ruchowa (w której występują komórki początkowe drogi korowo-rdzeniowej) oraz pobudzone przez jej ośrodki motoneurony jądra nerwu twarzowego (VII) oraz rogów brzusznych rdzenia kręgowego przesyłające impulsy nerwowe do efektorów – wykonanie ruchu.

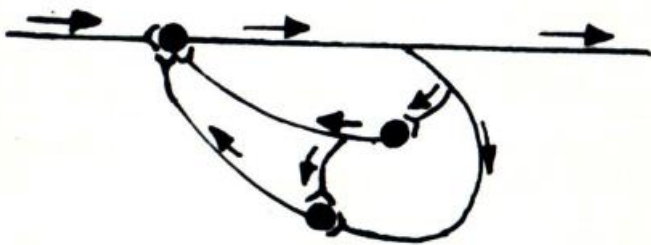
Mechanizmy lokomocji, rdzeniowe generatory lokomocji



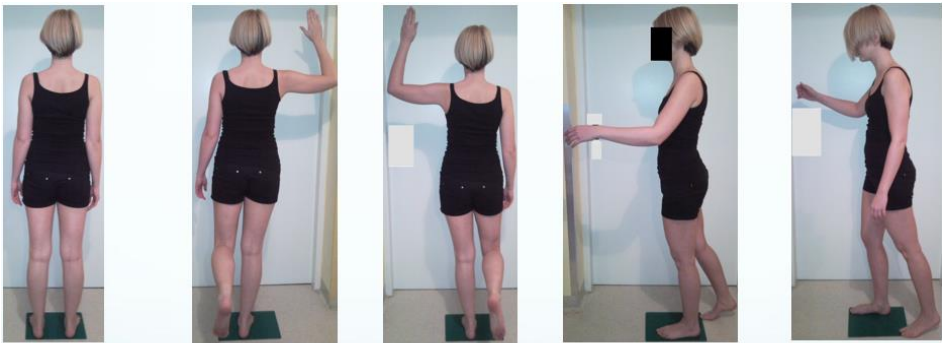
DYWERCENCJA



KONWERCENCJA

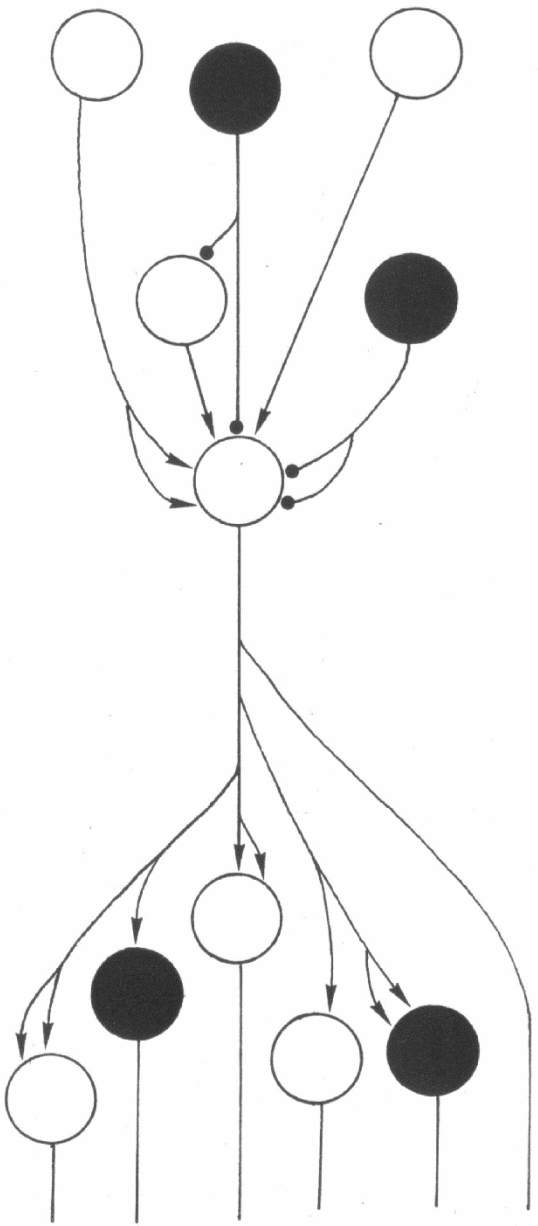


SAMOPOBUDZAJĄCE SIĘ ŁAŃCUCHY NEURONALNE

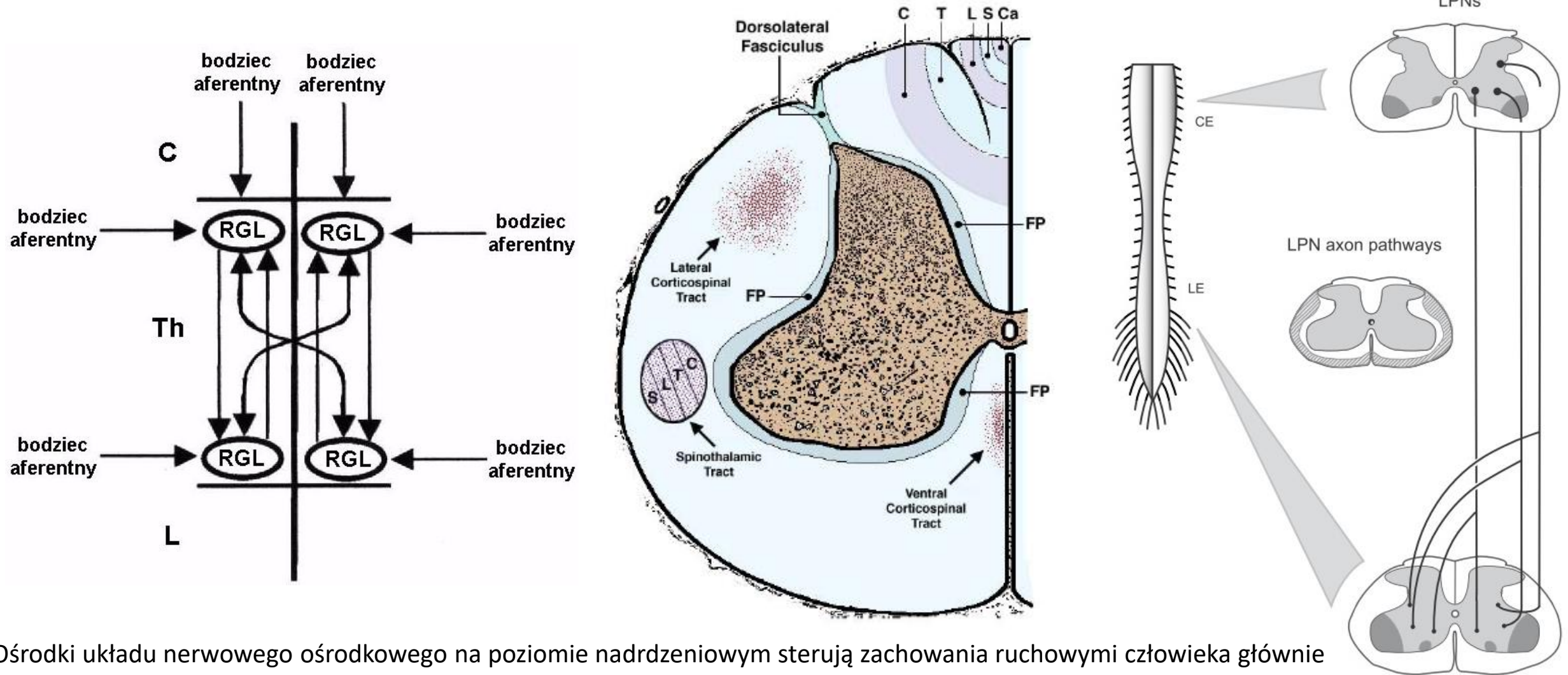


KONWERCENCJA

DYWERCENCJA



46 Szlaki propriospinalne łączące ośrodki ruchowe rdzenia kręgowego szyjne i lędźwiowo-krzyżowe strony prawej i lewej



Ośrodki układu nerwowego ośrodkowego na poziomie nadrdzeniowym sterują zachowaniami ruchowymi człowieka głównie związanymi z chodem, poprzez pobudzanie i hamowanie ośrodków rdzenia kręgowego.

Rdzeń kręgowy jako sieć neuronowa z nagromadzeniem komórek czuciowych, ruchowych i interneuronalnych w części szyjnej i lędźwiowo-krzyżowej prawej i lewej strony tworzą rdzeniowe generatory lokomocji, posiadające pewną autonomię od wpływów z ośrodków nadrdzeniowych. Na bazie tej koncepcji oraz połączeń strukturalnych między segmentowych przez tzw. szlaki własne rdzenia kręgowego, oparto koncepcje współczesnej rehabilitacji chorych po udarach lub uszkodzeniach rdzenia kręgowego.



ELSEVIER

Contents lists available at ScienceDirect

Journal of Bodywork & Movement Therapies

journal homepage: www.elsevier.com/jbmt



Pilot Study

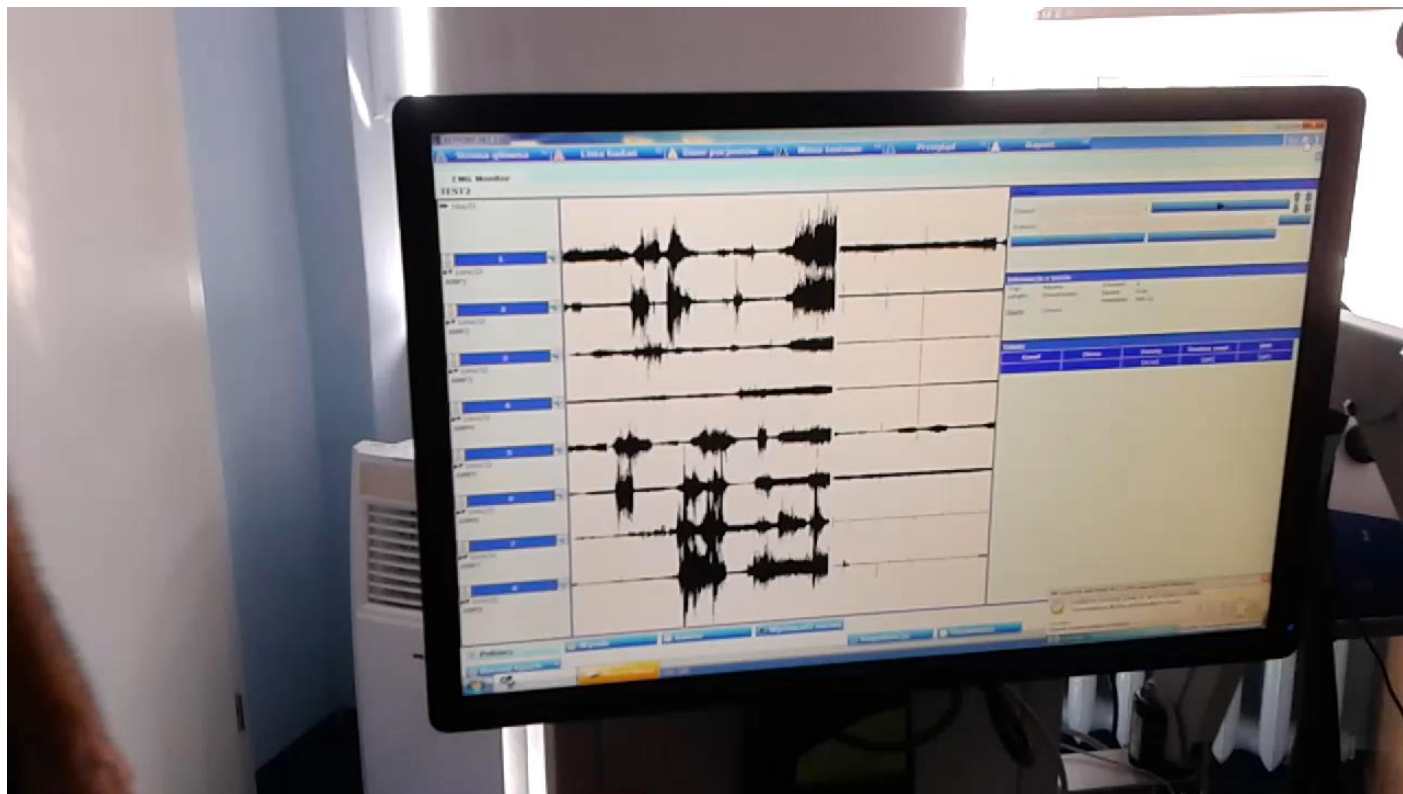
An attempt to explain the Vojta therapy mechanism of action using the surface polyelectromyography in healthy subjects: A pilot study[☆]

Ewa Gajewska^{a,*}, Juliusz Huber^b, Aleksandra Kulczyk^b, Joanna Lipiec^b, Magdalena Sobieska^c

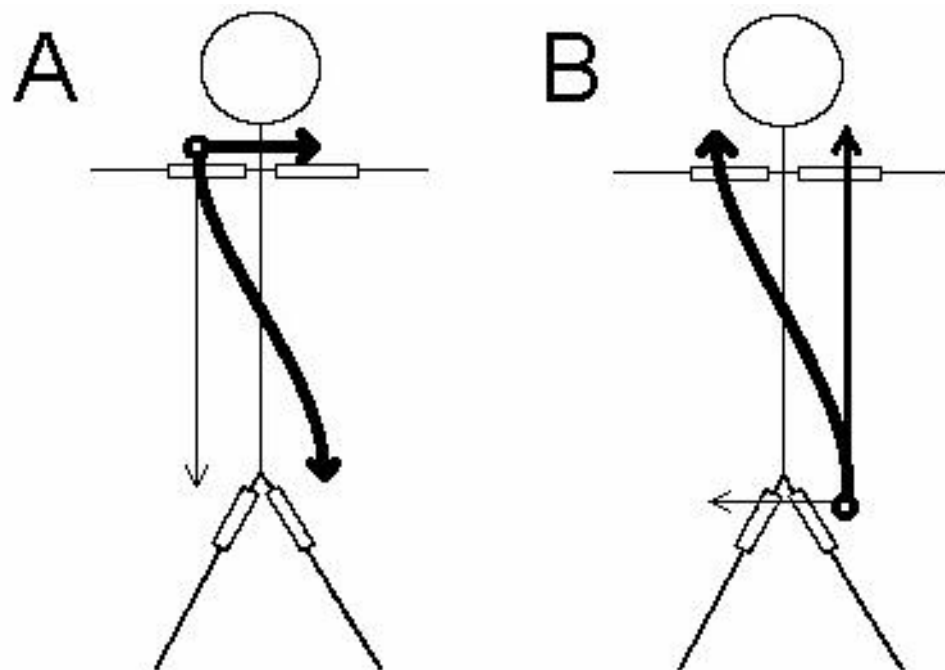
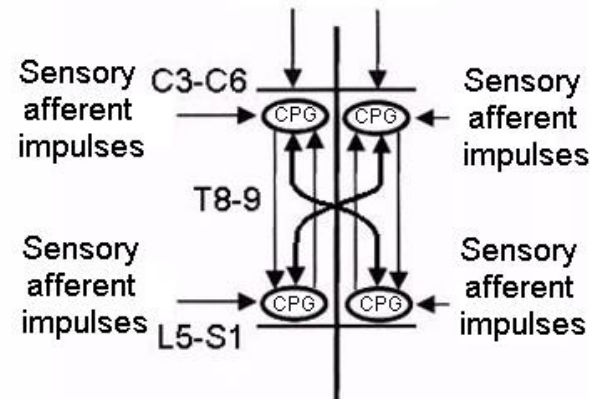
^a Department of Rehabilitation, University School of Physical Education in Poznan, Faculty of Physical Culture in Gorzow Wielkopolski, Poland

^b Department of Pathophysiology of Locomotor Organs University of Medical Sciences in Poznan, Poland

^c Department of Rheumatology and Rehabilitation University of Medical Sciences in Poznan, Poland



Activity of supraspinal centers

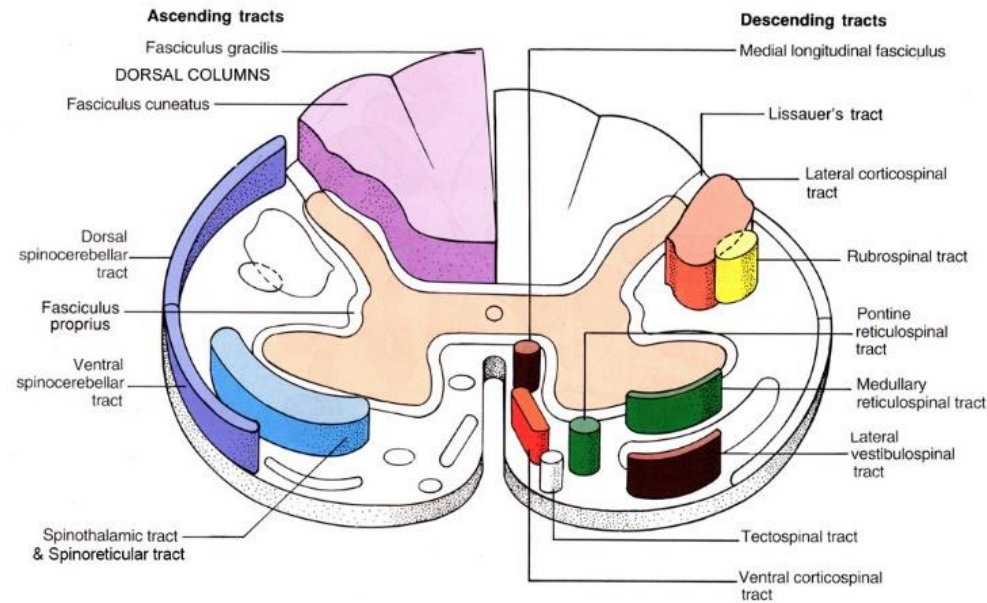
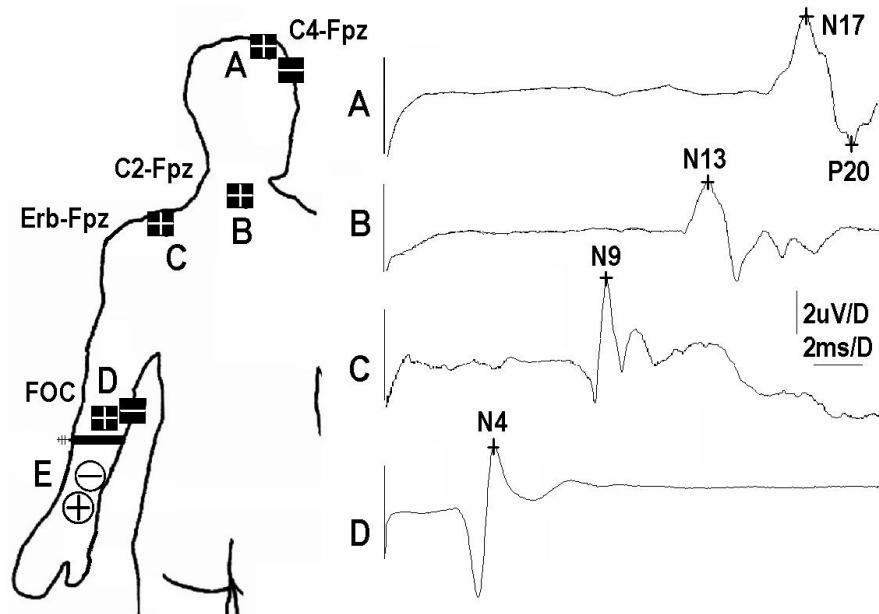


Ćwiczenie II

A. Ćwiczenia symulacyjne przewodnictwa czuciowego do poziomów nadrdzeniowych układu nerwowego związanych z kontrolą ruchu.

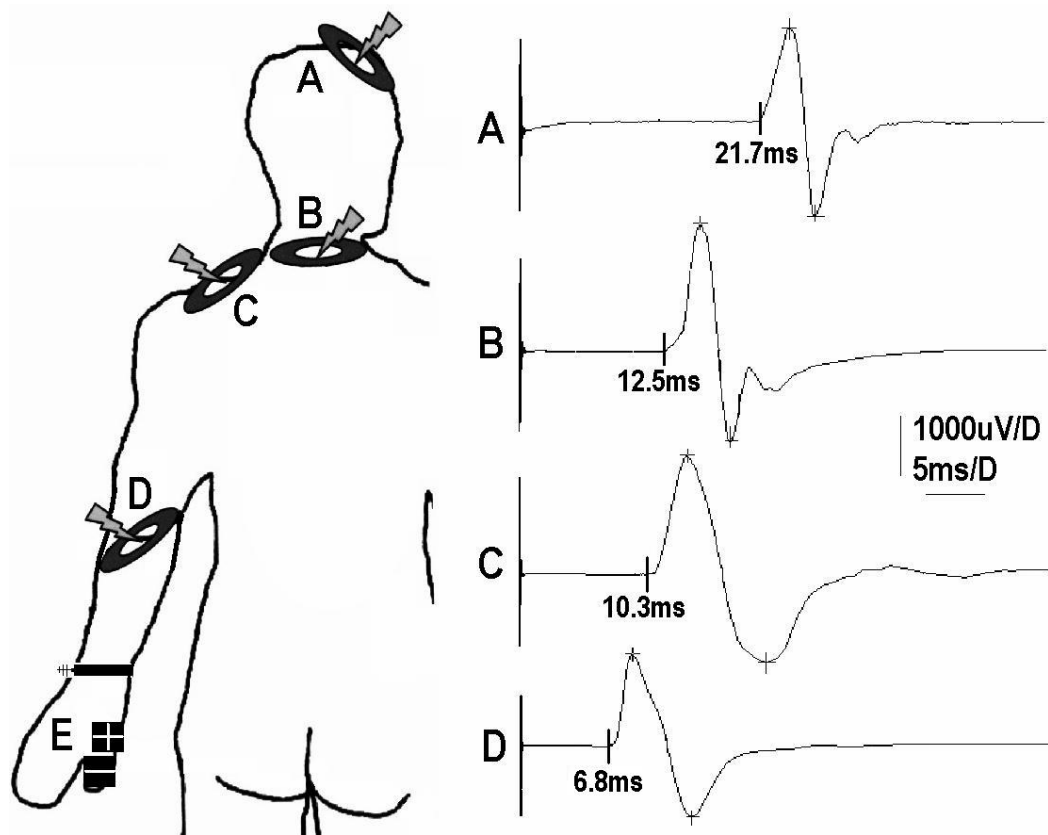
SEP – ang. Somatosensory Evoked Potentials

Somatosensoryczne Potencjały Wywołane

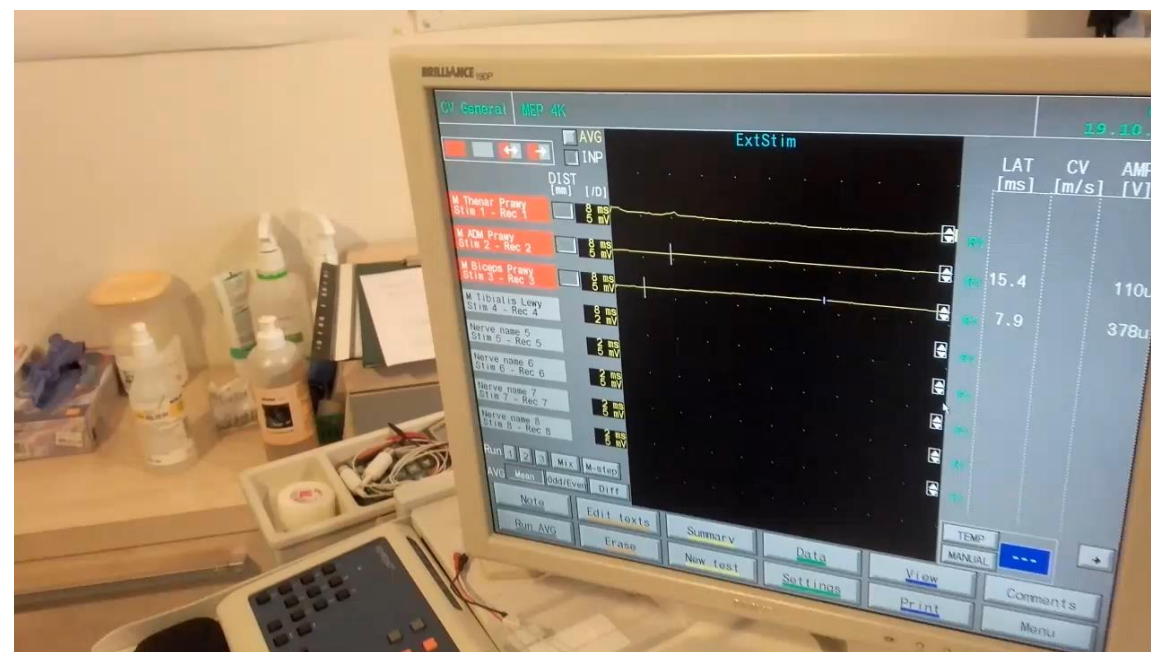


Ćwiczenie II

B. Ćwiczenia symulacyjne przewodnictwa ruchowego od poziomów nadrdzeniowych lub rdzeniowych układu nerwowego związanych z kontrolą ruchu.

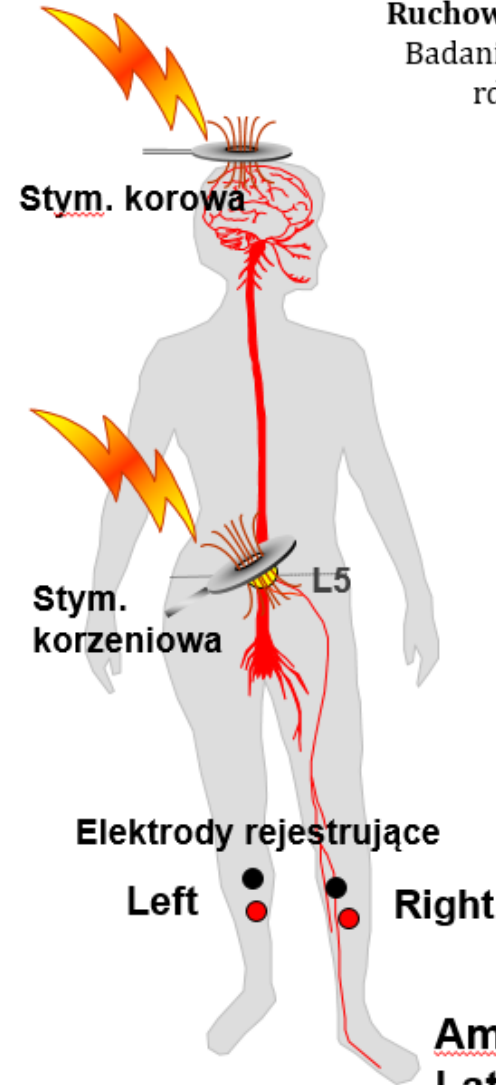
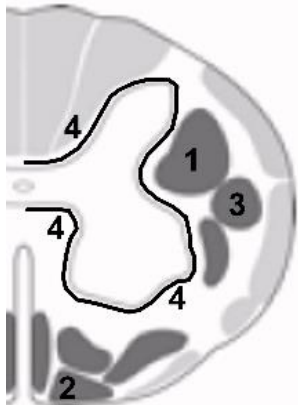
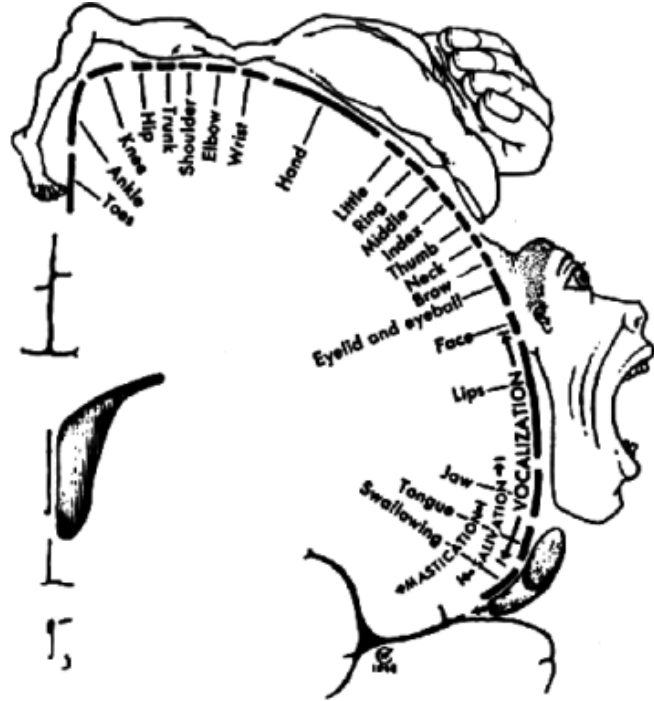


RUCHOWE POTENCJAŁY WYWOŁANE - MEP



Ćwiczenie II

C. Kontrola nerwowa ruchu na poziomie nadrdzeniowym i rdzenia kręgowego.

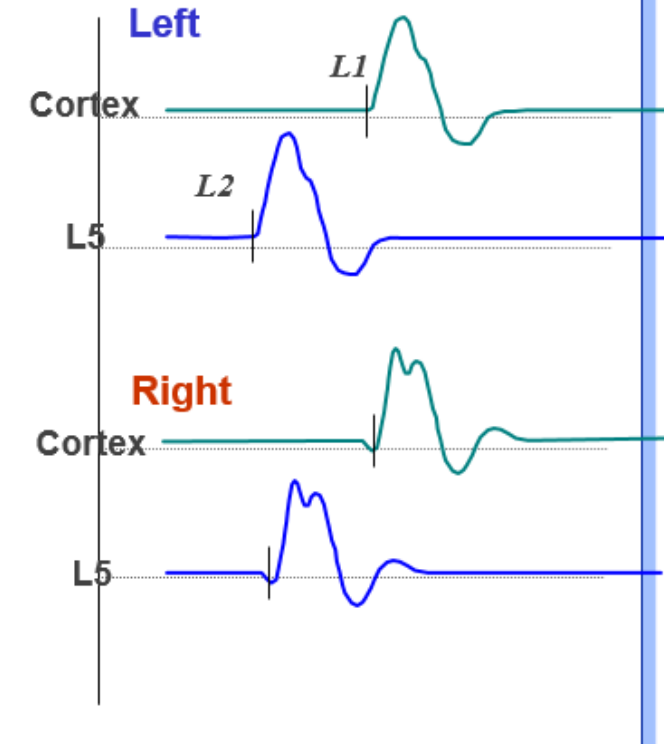


M.E.P. – ang. Motor Evoked Potential

Ruchowy potencjał wywołany indukowany polem magnetycznym

Badanie przewodnictwa eferentnego na poziomie nadrdzeniowym, rdzenia kręgowego i w obwodowym układzie nerwowym

Miejsce stymulacji



Amplituda: 1000-2500 mV

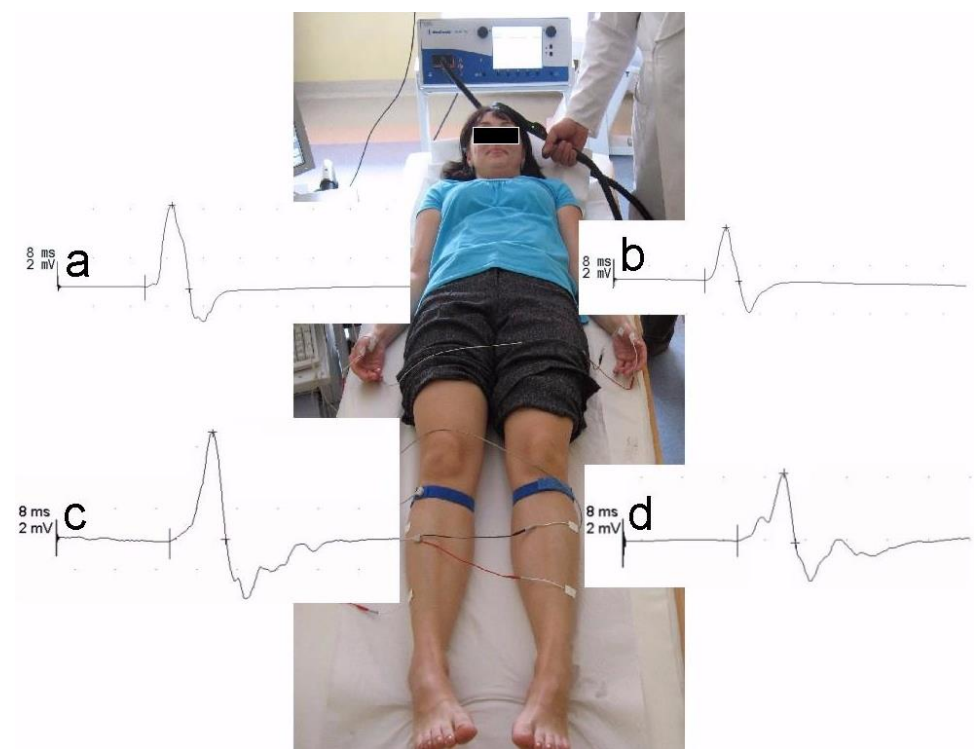
Latencja: Patrz wartości referencyjne

Ćwiczenie II

C. Kontrola nerwowa ruchu na poziomie nadrdzeniowym i rdzenia kręgowego.

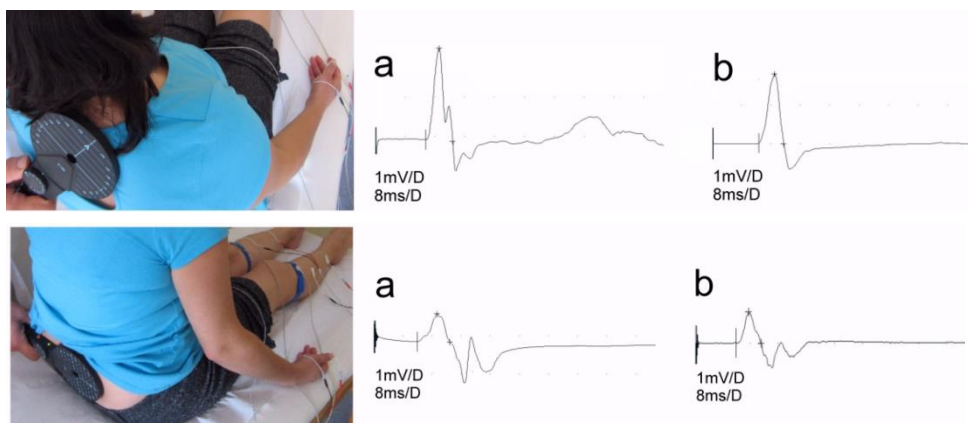


Przeznaczaszkowa stymulacja magnetyczna



Maksymalna siła bodźca <75%
maksymalnego wyrzutu

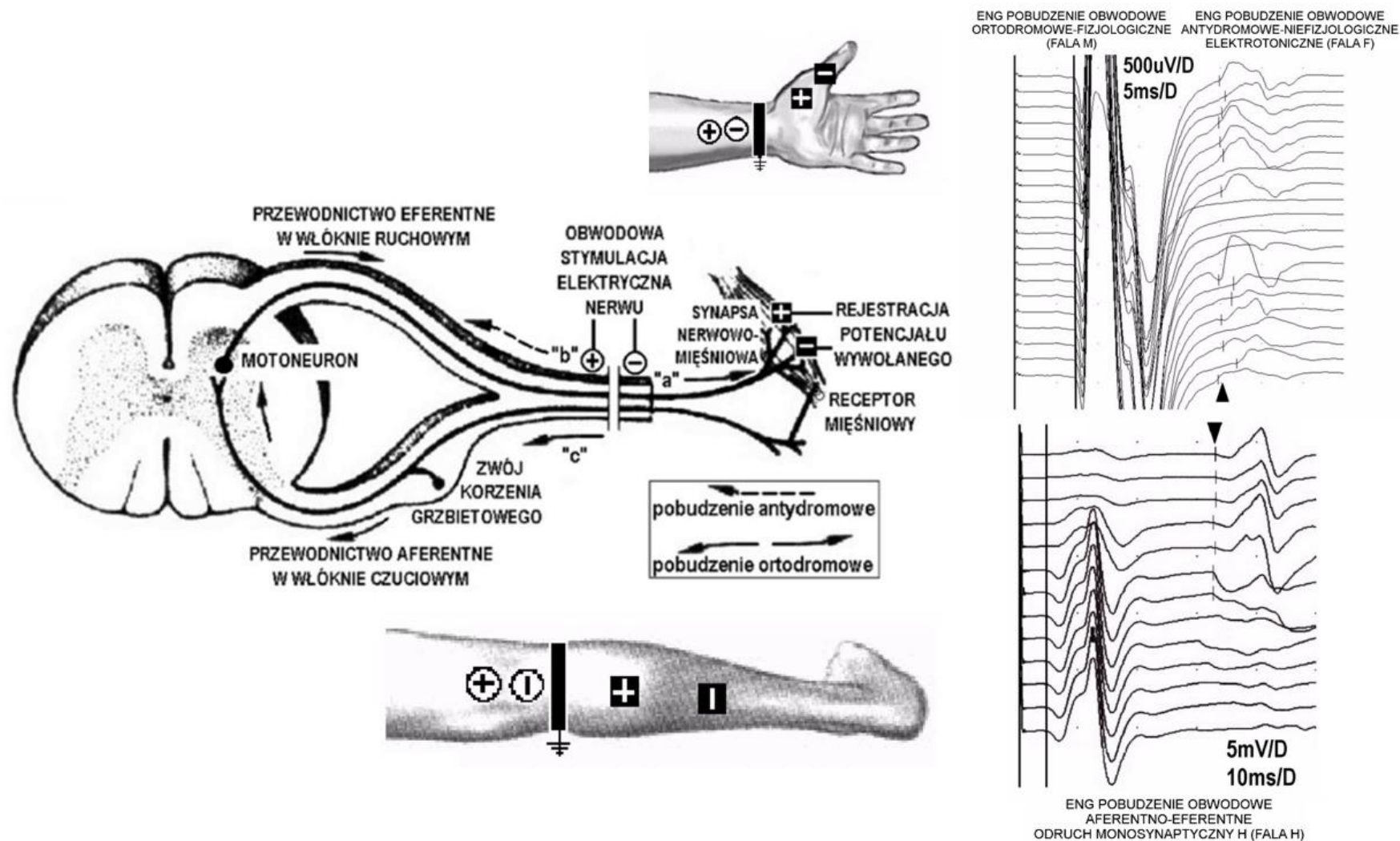
Nadkręgosłupowa stymulacja magnetyczna



Maksymalna siła bodźca = 100%
maksymalnego wyrzutu

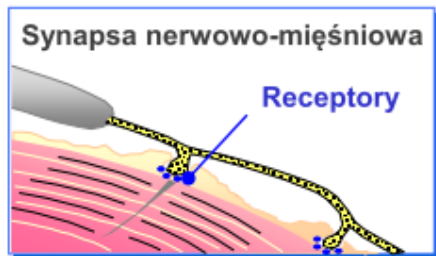
Ćwiczenie II

D. Kontrola nerwowa ruchu na poziomie rdzenia kręgowego.

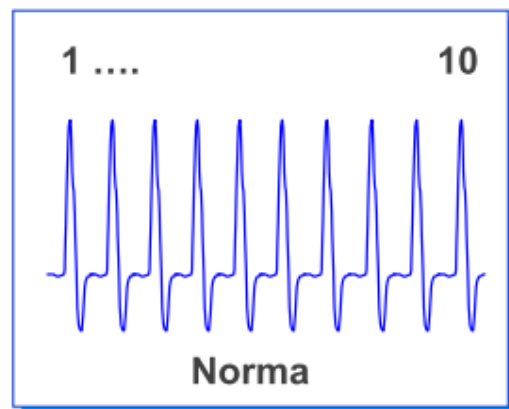
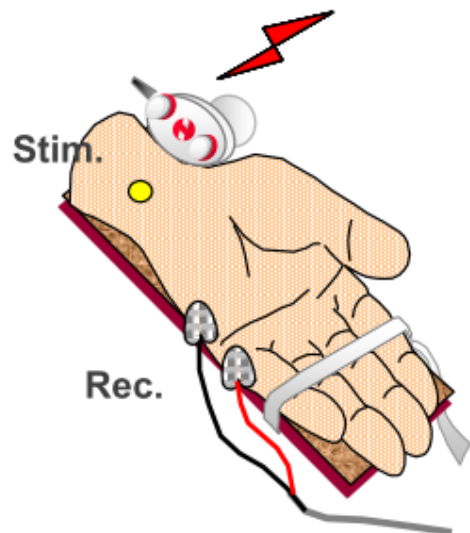


Ćwiczenie II

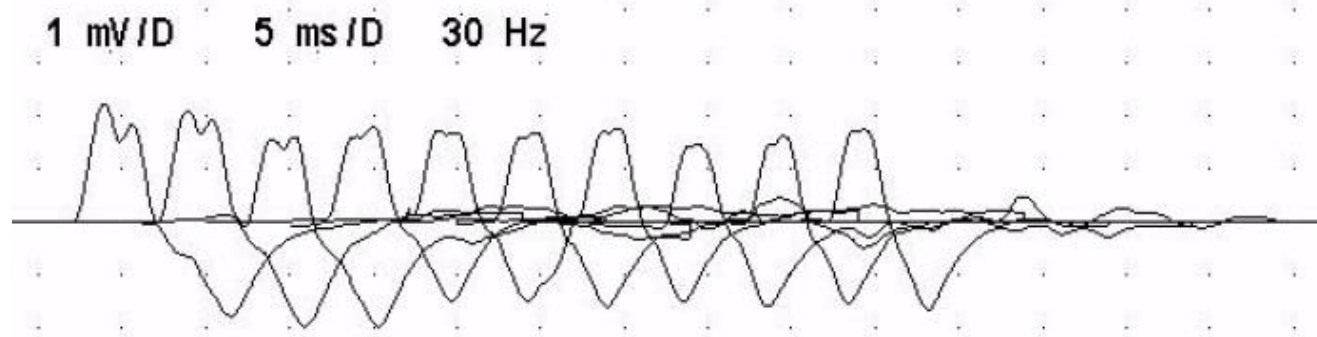
E. Test stymulacji wysokoczęstotliwościowej, wykazanie fizjologicznego wyczerpania kwantów acetylocholiny na poziomie synaps nerwowo-mięśniowych w mięśniach „wolnych kurczących, odpornych na zmęczenie” i „szybko kurczących się, szybko się męczących”



Uwalnianie acetylocholiny



"DECREMENT"



Stymulacja: Supramaksymalna + 25%
 Ciąg 10 Bodźców - Częstotliwość 3 Hz

Plastyczność i adaptacja jednostki ruchowej, neuronu oraz ośrodków mózgu

Zdolność do zmian adaptacyjnych na zmieniony wzorzec bodźców docierających z receptorów przypisywana jest całemu ośrodkowemu układowi nerwowemu.

Plastyczność układu nerwowo-mięśniowego dotyczy albo zwiększenia pobudliwości neuronów nieuszkodzonych mających połączenia z neuronami uszkodzonymi, co wynikowo powoduje kompensację utraconej funkcji czuciowej lub ruchowej, lub przejęcie funkcji przez neurony przyległe lokalizacją do uszkodzonych, nie mające uprzednio z nimi połączenia.

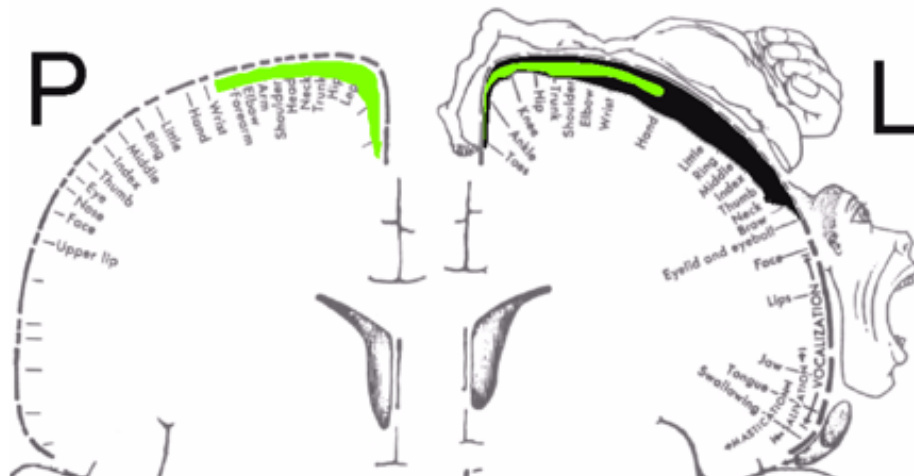
W związku z tym rozróżnia się udokumentowane przykłady neuroplastyczności funkcjonalnej lub strukturalnej, prowadzącej po jakimś czasie wynikowo do funkcjonalnej.

Neuroplastyczność na poziomie nadrdzeniowym udokumentowano w odniesieniu do wyłącznie funkcji komórek początkowych drogi korowo-rdzeniowej wchodzących w skład ośrodków ruchowych oraz w mniejszym stopniu obszarów kory czuciowej.

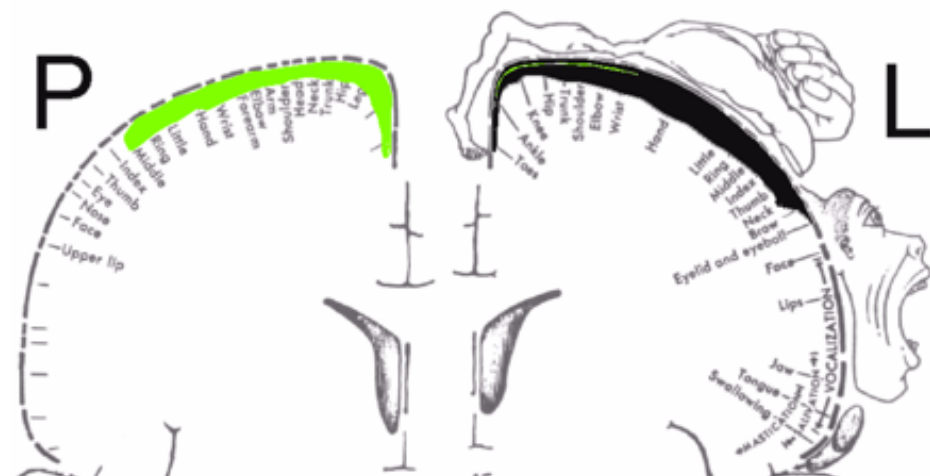
Zdolność biologiczną struktur mózgu do reagowania procesami naprawczymi na uszkodzenie ośrodków przyległych do uszkodzenia w obszarze *penumry* nazywamy plastycznością kompensacyjną. Neuroplastyczność ośrodków ruchowych i czuciowych w obrębie ośrodków jednoimiennych kory mózgu może być realizowana poprzez impulsację połączeniami międzypółkulowymi w obrębie włókien istoty białej ciała modelowatego.

BADANIA NAD NEUROPLASTYCZNOŚCIĄ OŚRODKÓW KORY RUCHOWEJ U CHORYCH PO UDARACH NIEDOKRWIENNYCH

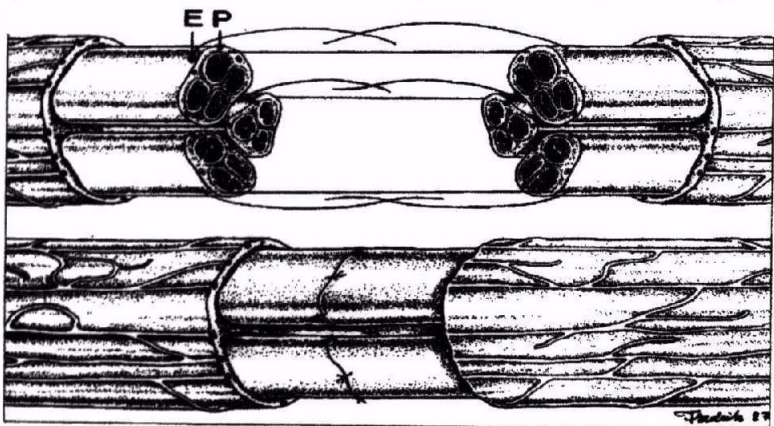
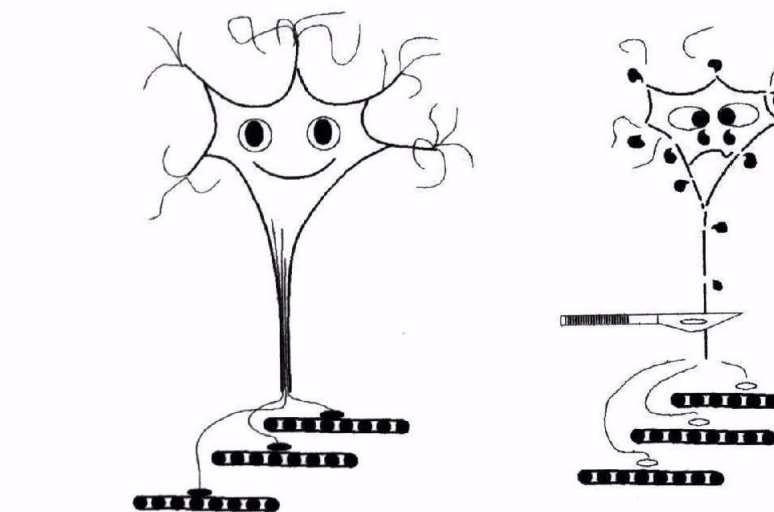
U chorych w wieku od 25 do 45 lat



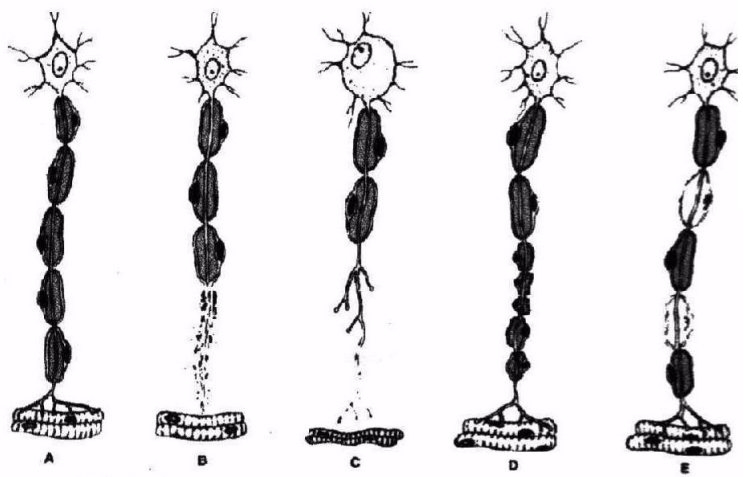
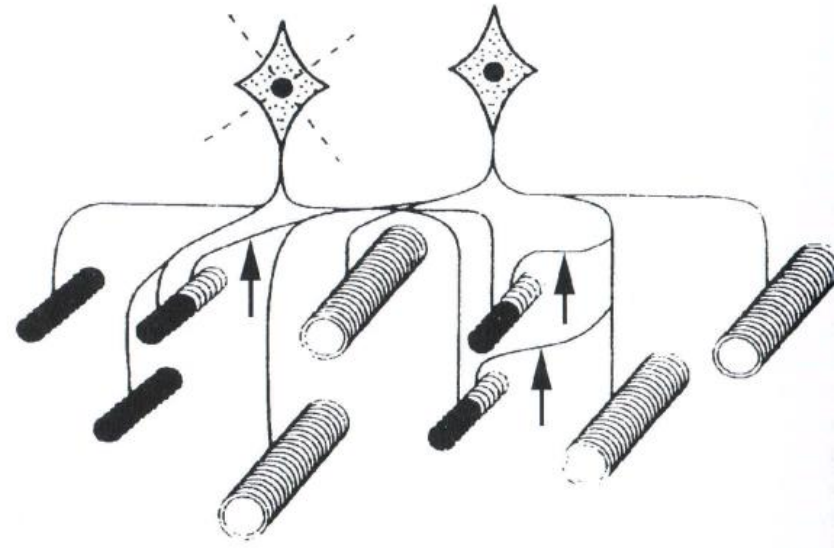
U chorych w wieku od 46 do 63 lat



Zjawiska regeneracji funkcjonalnej i strukturalnej udowodniono w przypadku włókien czuciowych i ruchowych układu nerwowego obwodowego oraz jednostek ruchowych mięśni.

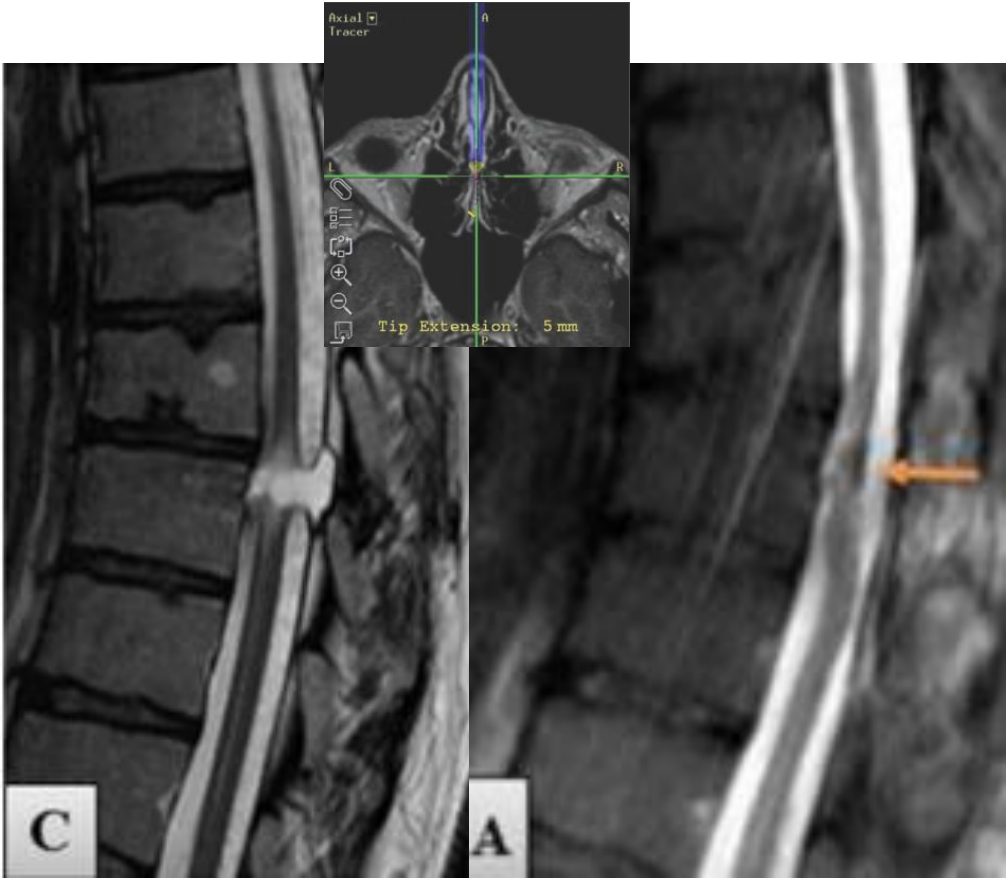


Szew fascikularny. Pojedyncze szwy założone za tkankę epineurialną otaczającą pęczki. E-tkanka epineurialna, P-osłonka perineurialna (216).



Wallerian degeneration. (A) Normal neuron with myelinated axon. (B) Degeneration of the axon and myelin sheath distal to its point of transection. (C) Regeneration of the axon after removal of axonal and myelin debris. (D) Irregular remyelination of regenerated axon. (E) Segmental demyelination.

Neuroplastyczność funkcjonalną i długoterminową strukturalną udokumentowano w odniesieniu komórek ośrodków rdzenia kręgowego (zarówno czuciowych jak i ruchowych).



Zjawisko reorganizacji w ośrodkach ruchowych rdzenia kręgowego jest definiowane jako zmianę czynności określonej grupy neuronów po częściowym uszkodzeniu rdzenia kręgowego poprzez neurony dotychczas powiązane z inną funkcją (na przykład grupy motoneuronów unerwiających mięśnie zginacze zaczynają pełnić funkcję neuronów koordynujących czynność jednostek ruchowych mięśni prostowników).

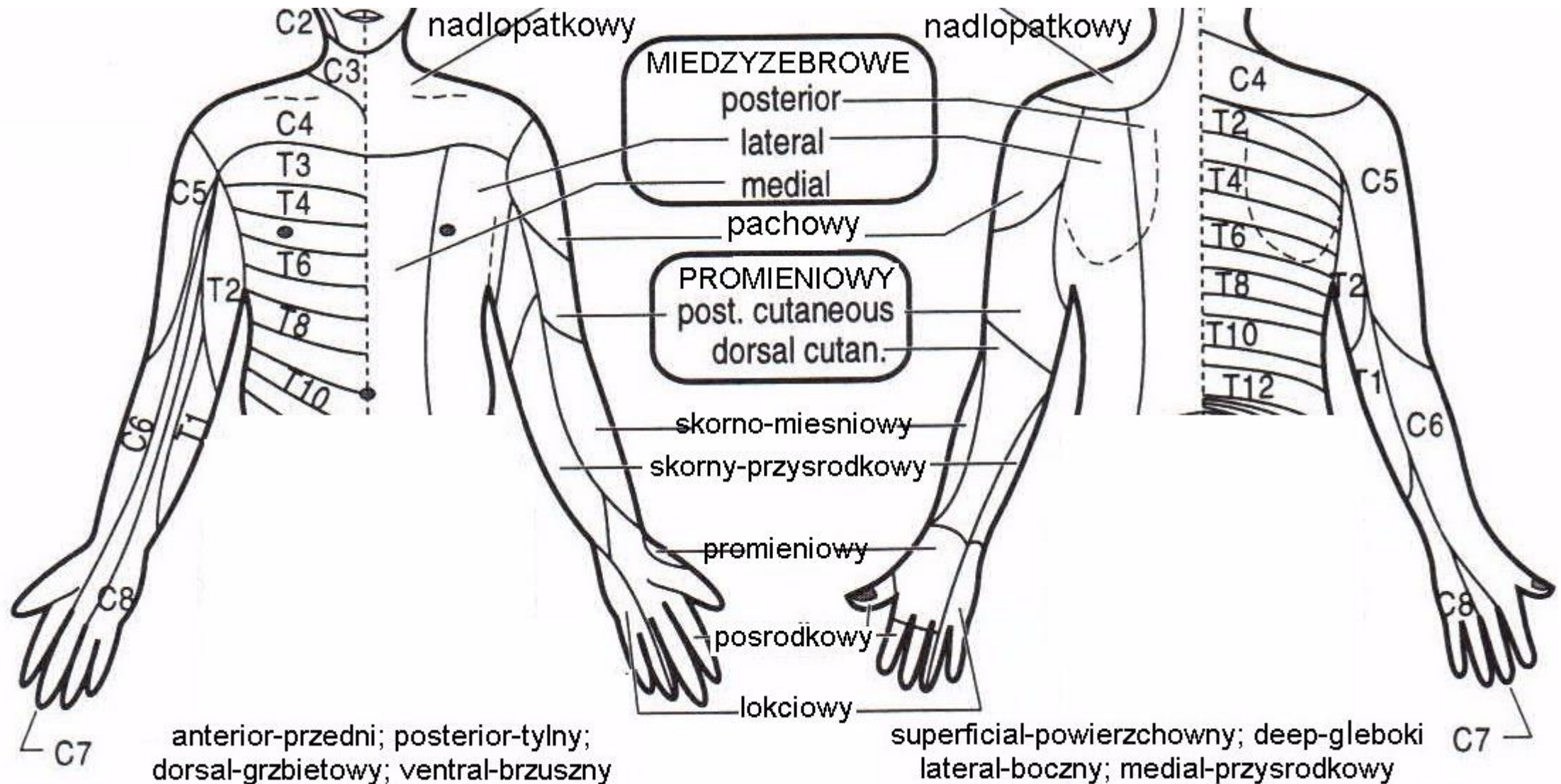
Wykład III...

- Zakres unerwienia czuciowego i ruchowego kończyny górnej,
- neuromery i dermatomy rdzeniowe kończyny górnej, -
- identyfikacja najważniejszych grup mięśniowych,
- określenie funkcji.

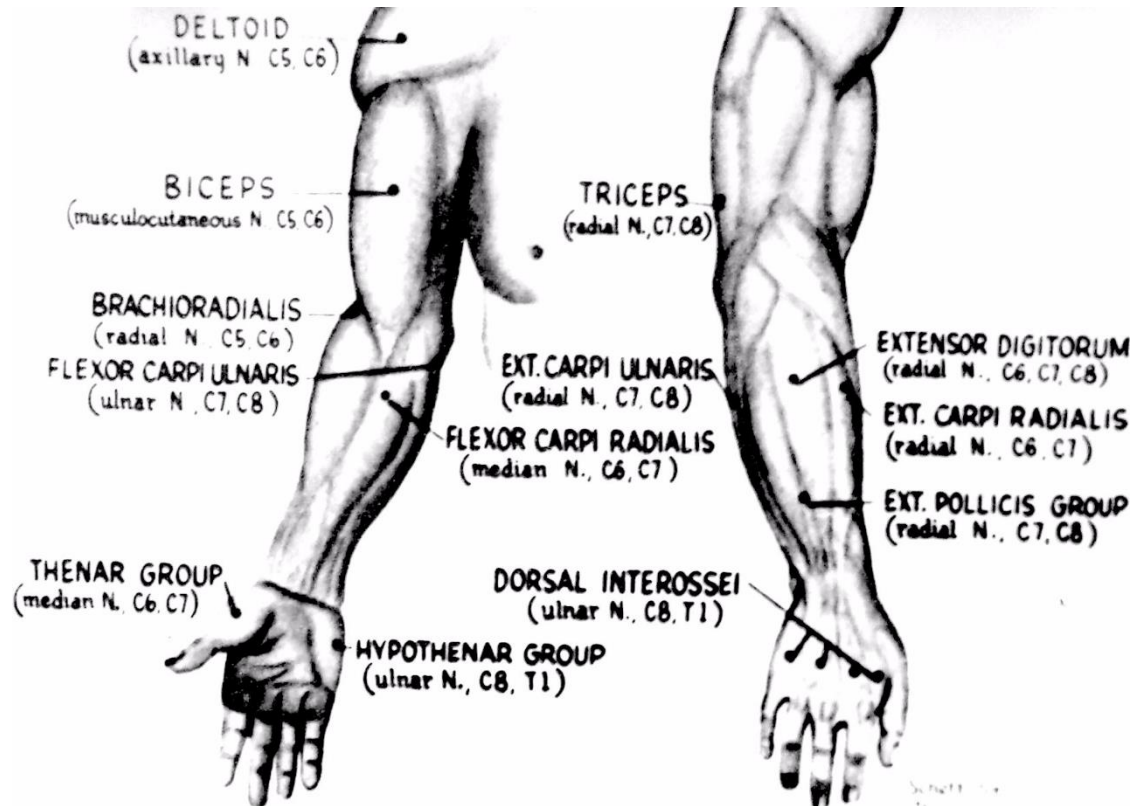
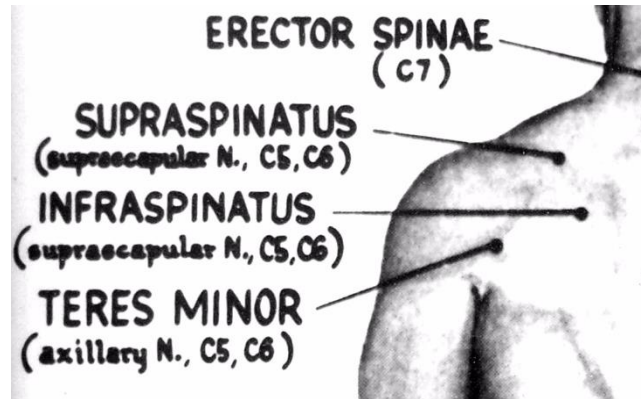
Ćwiczenie III

- Ćwiczenia symulacyjne neurofizjologii z zakresu unerwienia czuciowego i ruchowego kończyny górnej,
- identyfikacji grup mięśniowych,
- neuromerów i dermatomów rdzeniowych kończyny górnej.

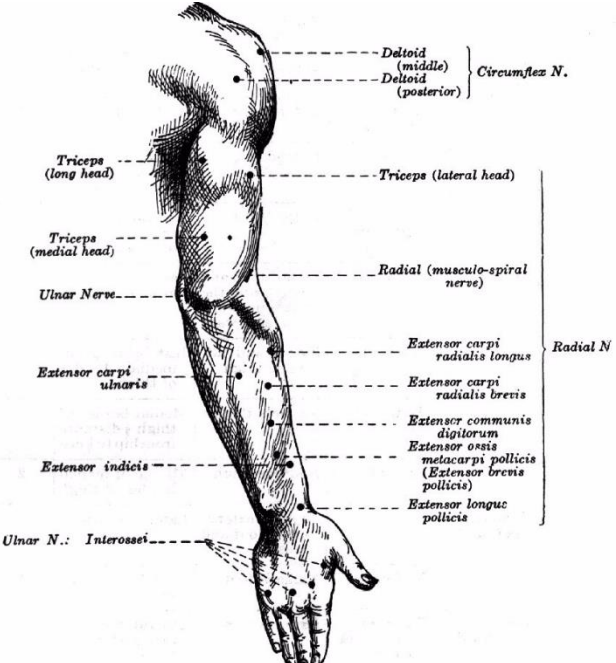
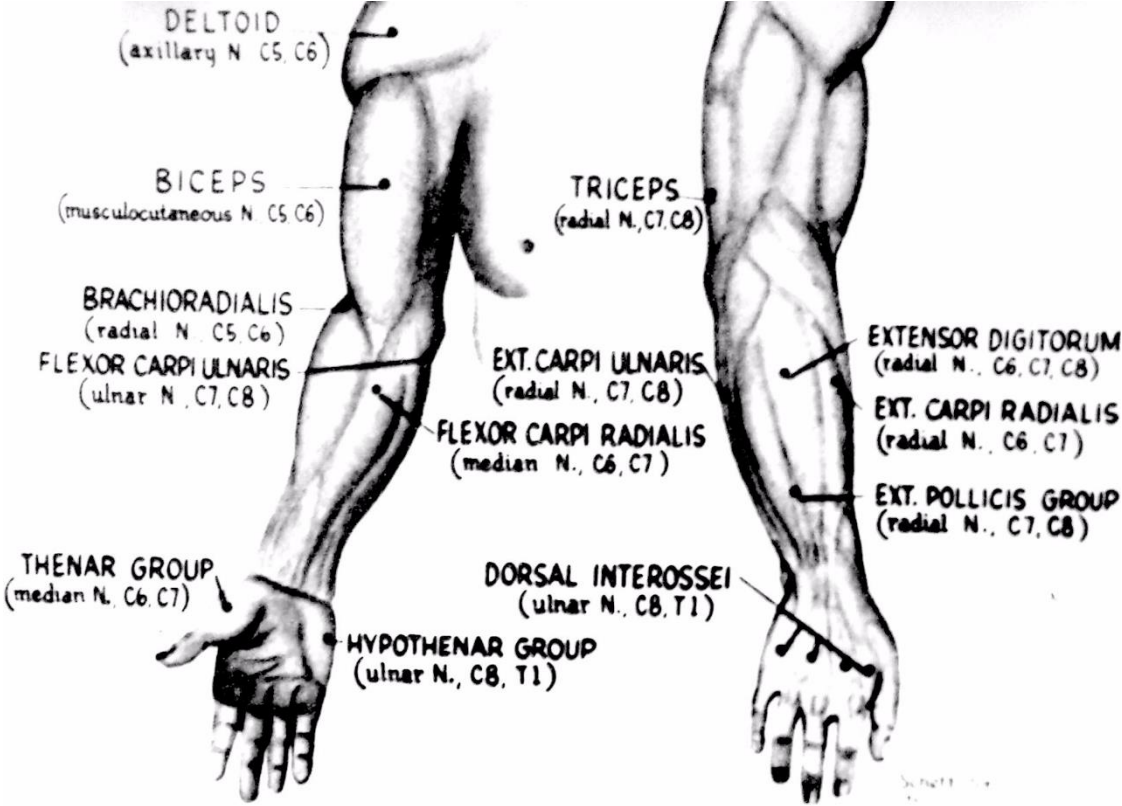
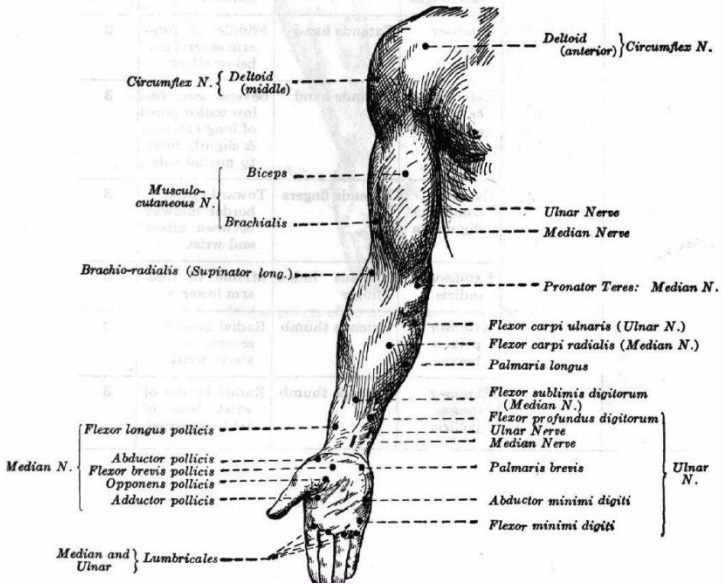
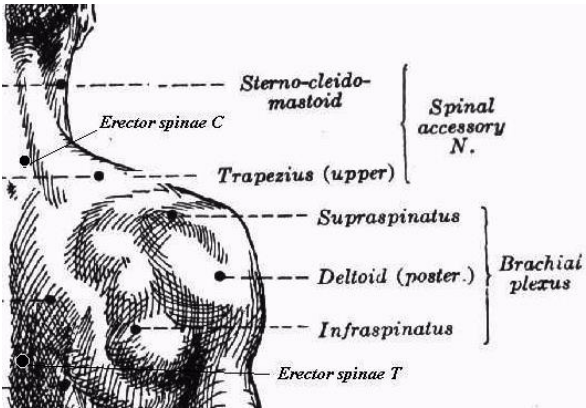
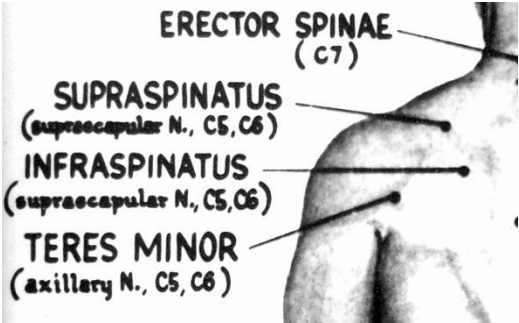
Zakres unerwienia czuciowego kończyny górnej, dermatomy kończyny górnej



Unerwienie ruchowe kończyny górnej, neuromery rdzeniowe

[illegible]

Identyfikacja najważniejszych grup mięśniowych, określenie funkcji



Wykład IV...

Zakres unerwienia czuciowego i ruchowego tułowia

- Dermatomy i neuromery rdzeniowe na poziomach piersiowych,

- Identyfikacja najważniejszych grup mięśniowych, określenie funkcji,

Aspekty strukturalne i funkcjonalne czynności mięśni twarzy oraz jej unerwienia,

- obiegi neuronalne jąder nerwów czaszkowych.

Ćwiczenie IV

- Ćwiczenia symulacyjne neurofizjologii z zakresu unerwienia czuciowego i ruchowego tułowia,

- identyfikacji grup mięśniowych, dermatomów i neuromerów rdzeniowych na poziomach piersiowych.

- Ćwiczenia symulacyjne neurofizjologii mięśni twarzy oraz jej unerwienia,

- obiegów neuronalnych jąder nerwów czaszkowych.

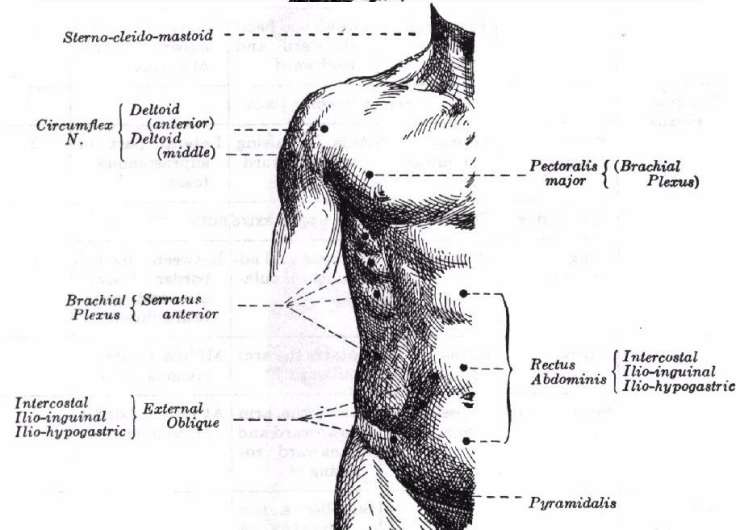
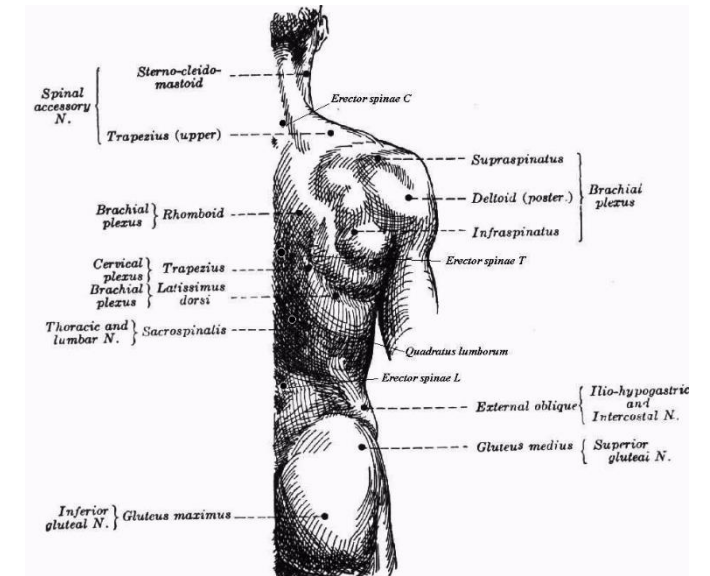
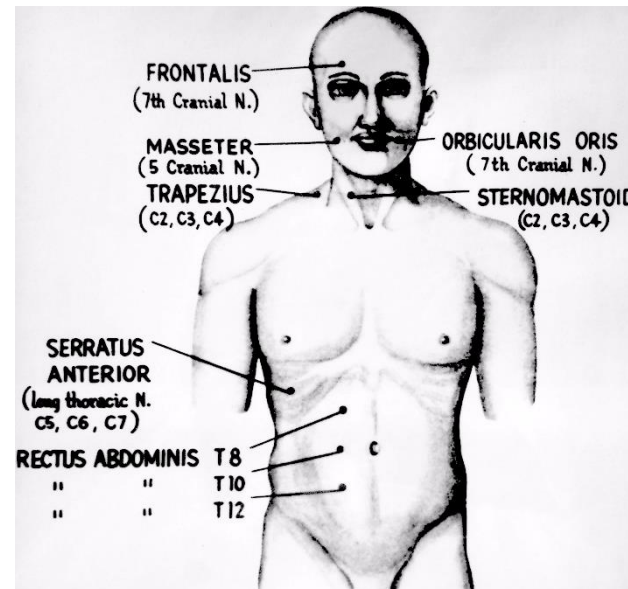
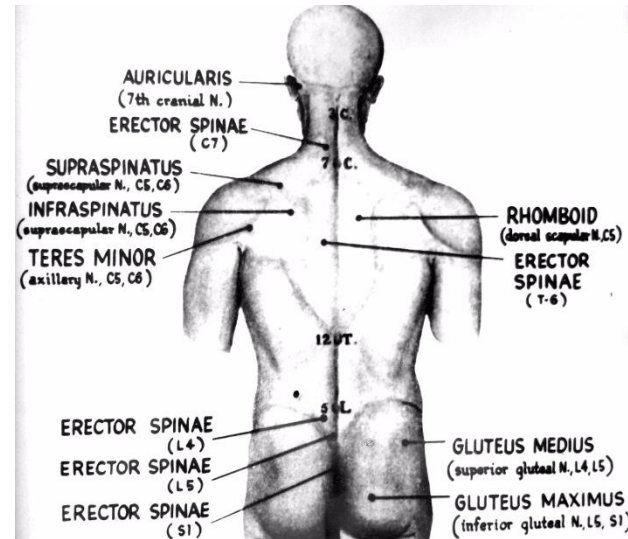
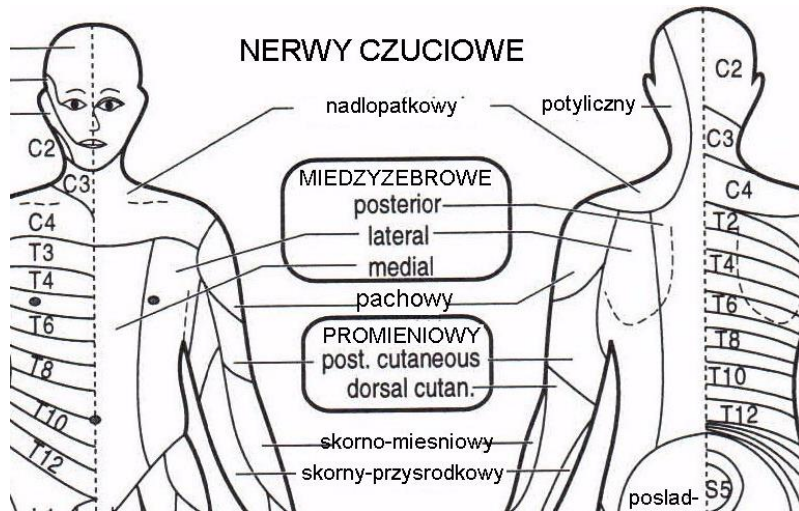
Zakres unerwienia czuciowego i ruchowego tułowia,

-dermatomy i neuromery rdzeniowe na poziomach piersiowych,

-identyfikacja najważniejszych grup mięśniowych, określenie funkcji

anterior-przedni; posterior-tylny;
dorsal-grzbietowy; ventral-brzuszny
superficial-powierzchnowy; deep-gleboki
lateral-boczny; medial-przysrodkowy

63



Aspekty strukturalne i funkcjonalne unerwienia twarzy

Główne unerwienie czuciowe – Nerw trójdzielny V. Od zwoju odchodzą 3 gałęzie V1-V3:

Nerw oczny

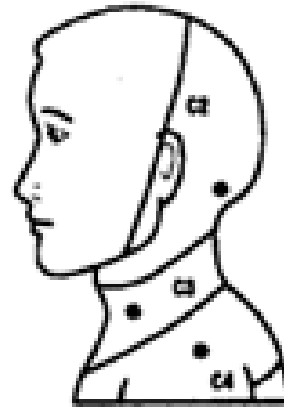
(n. ophthalmicus, V1).

Unerwienie: Nos-część górna, powieka górna, skóra czoła, okolica spojówki.

Nerw żuchwowy

(n. mandibularis, V3).

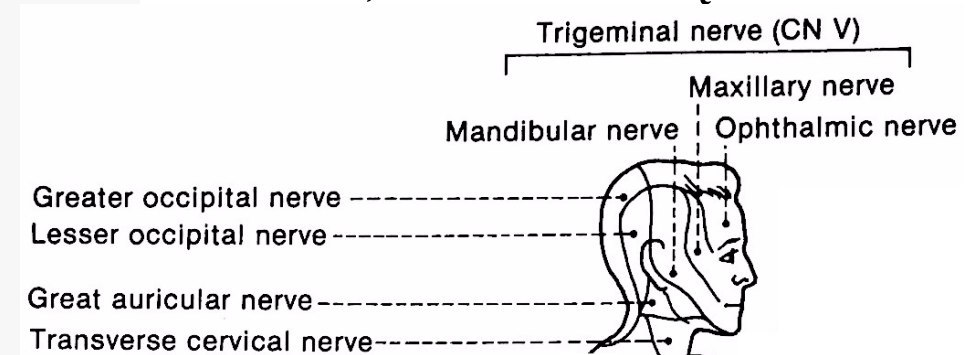
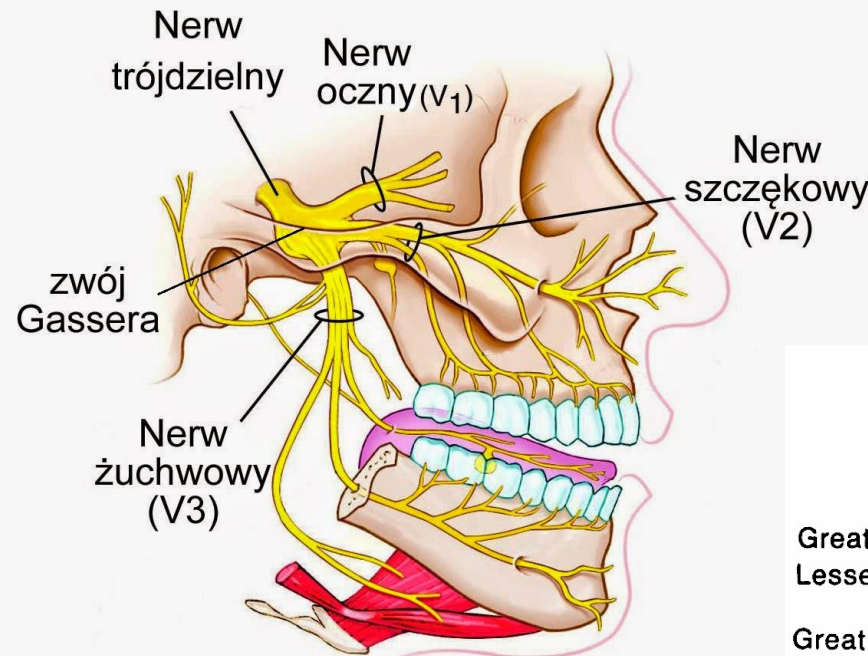
Unerwienie: Policzek, język, żuchwa, ucho.



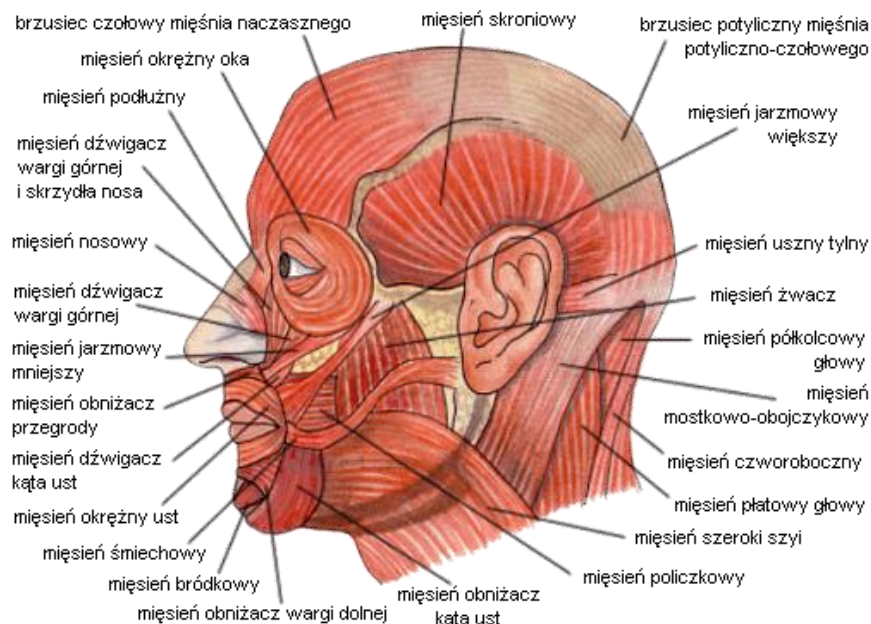
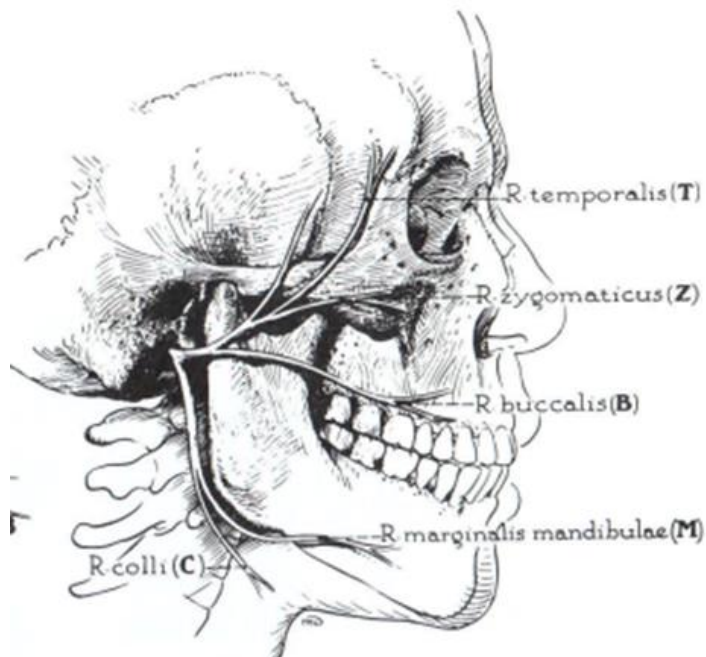
Nerw szczękowy

(n. maxillaris, V2).

Unerwienie: Dół skrzydłowo-podniebienny, powieka dolna, okolica podoczodołowa, oczodół, nos-część boczna, okolica szczęki górnej, wargę górną, podniebienie miękkie i twarde, zatoka szczękowa



Główne unerwienie ruchowe – Nerw twarzowy VII



Gałąź górna oddaje:

- 1) gałąź skroniową **T** (rr. temporales), biegnące do mięśni usznych przedniego i górnego
- 2) gałęzie jarzmowe **Z** (rr. zygomatici), biegnące ponad łukiem jarzmowym do mięśnia okrężnego oka i brzusca czołowego m. potyliczno-czołowego
- 3) gałęzie policzkowe **B** (rr. buccales), najsilniejsze gałązki, biegnące ponad zewnętrzną powierzchnia mięśnia żwacza ku przodowi i zaopatrujące mięsień policzkowy oraz mięśnie wargi górnej i nosa; część tych nerwów odchodzi od gałęzi dolnej

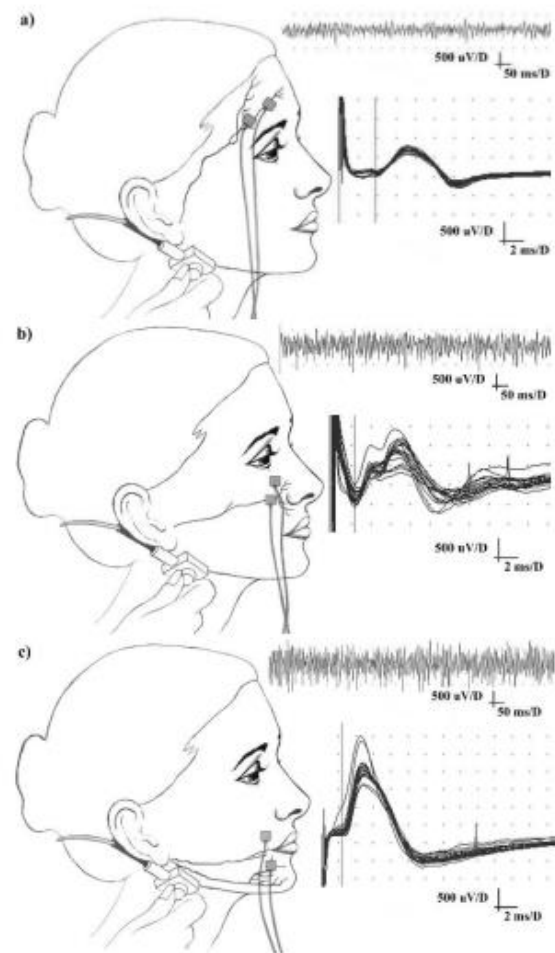
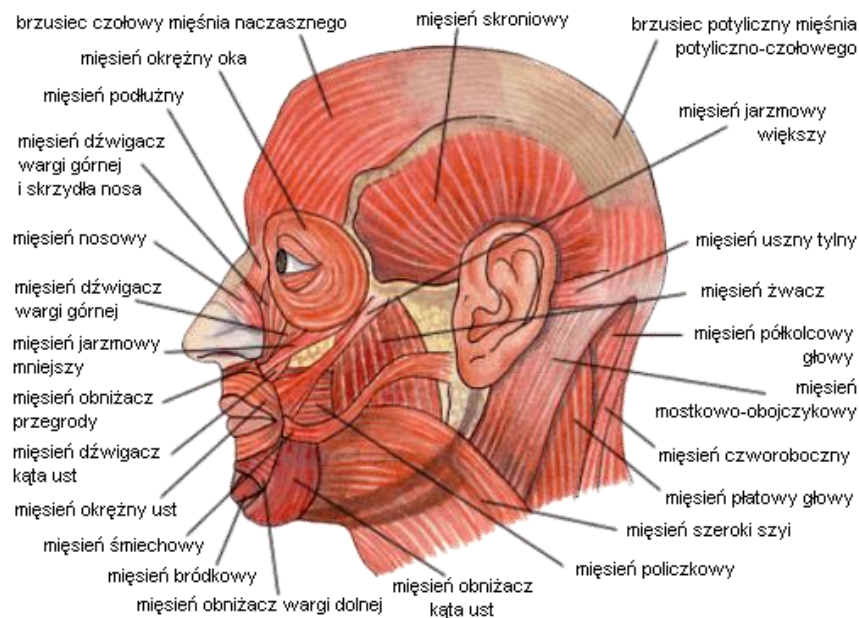
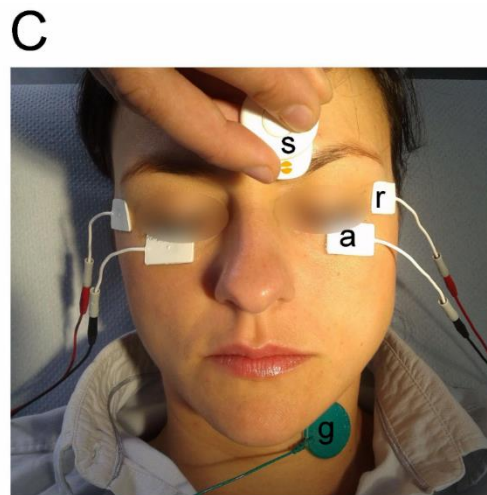
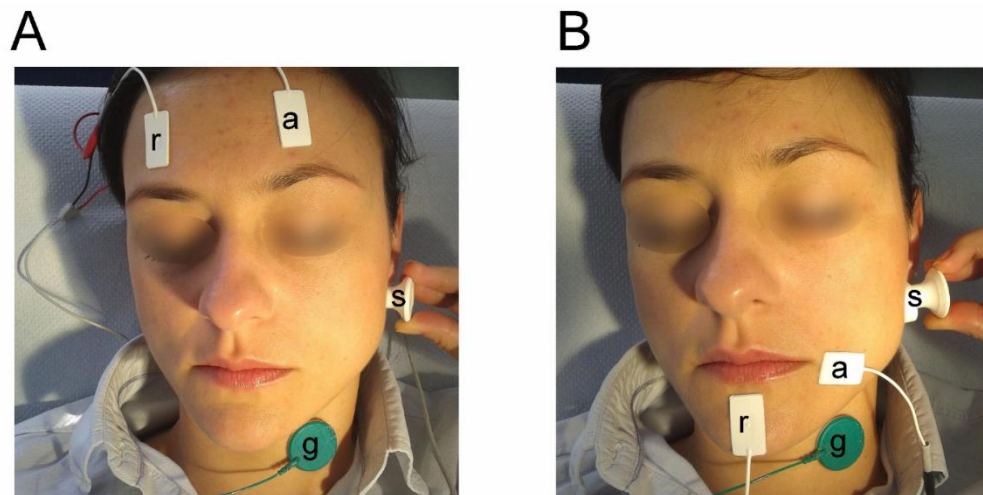
Gałąź dolna oddaje:

- 1) gałąź brzeżną żuchwy **M** (r. marginalia mandibulae), zaopatrująca mięśnie wargi dolnej i bródki
- 2) gałąź szyjną **C** (r. colli), która wychodzi z dolnego bieguna ślinianki przyusznej, zespala się z gałązkami górnymi nerwu poprzecznego szyi i zaopatruje mięsień szeroki szyi

Mięsień żwacz (m. masseter) zaopatruje ruchowo gałąź V3 nerwu trójdzielnego - nerw żuchwowy
 Mięsień skroniowy (m. temporalis) zaopatruje ruchowo gałąź V3 nerwu trójdzielnego - nerwy skroniowy głęboki

Ćwiczenie IV

A. Ćwiczenia symulacyjne neurofizjologii mięśni twarzy oraz jej unerwienia



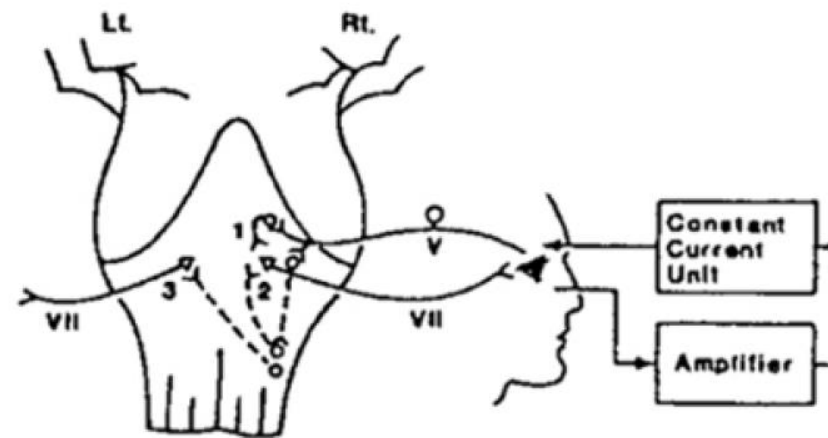
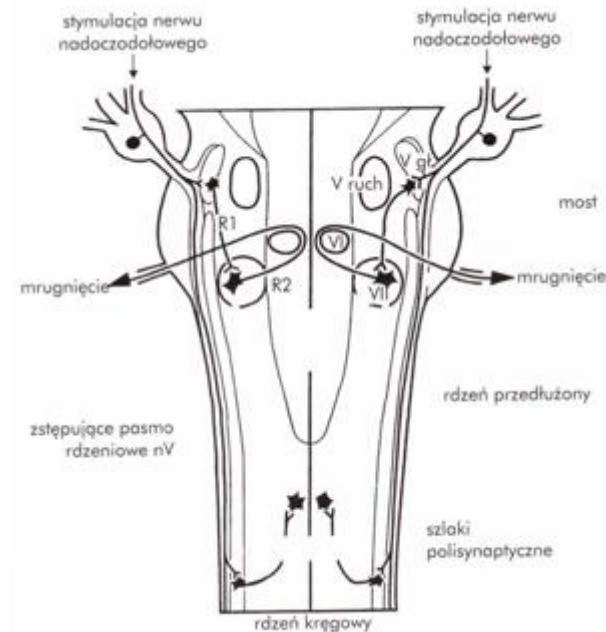
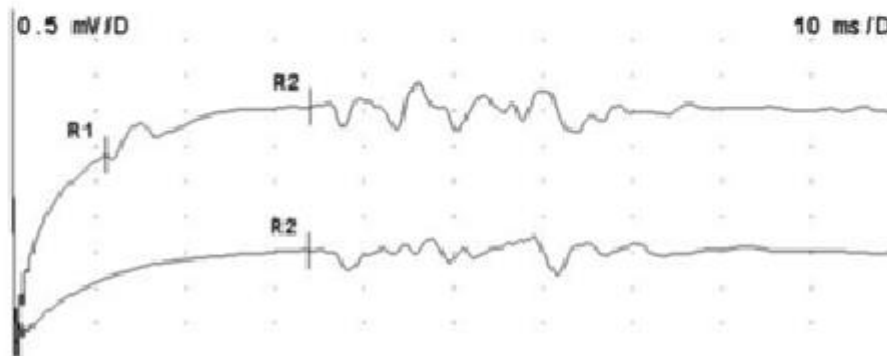
Rejestracje EMG i fali M przy odprowadzeniach z mięśnia czołowego (a), mięśnia dźwigacza skrzydła nosa (b) i mięśnia okrężnego ust (c), w następstwie czynności wysiłkowej i stymulacji nerwu twarzowego

Ćwiczenie IV

B. Ćwiczenia symulacyjne obiegów neuronalnych jąder nerwów czaszkowych.

„Blink reflex” – „odruch mrugania” ENG

W badaniu neurofizjologicznym jest przykładem monitorowania przewodnictwa nerwowego (głównie obwodowego) włókien nerwu trójdzielnego jak również nerwu twarzowego, ale z niebezpośrednim dowodem „zamknięcia” łuku odruchowego na poziomie mostu i części bocznej rdzenia przedłużonego.



Wykład V...

Zakres unerwienia
czuciowego kończyny dolnej,
dermatomy kończyny dolnej.

Zakres unerwienia
ruchowego kończyny dolnej,
neuromery rdzeniowe
kończyny dolnej.

Identyfikacja
najważniejszych grup
mięśniowych kończyny
dolnej, określenie funkcji.

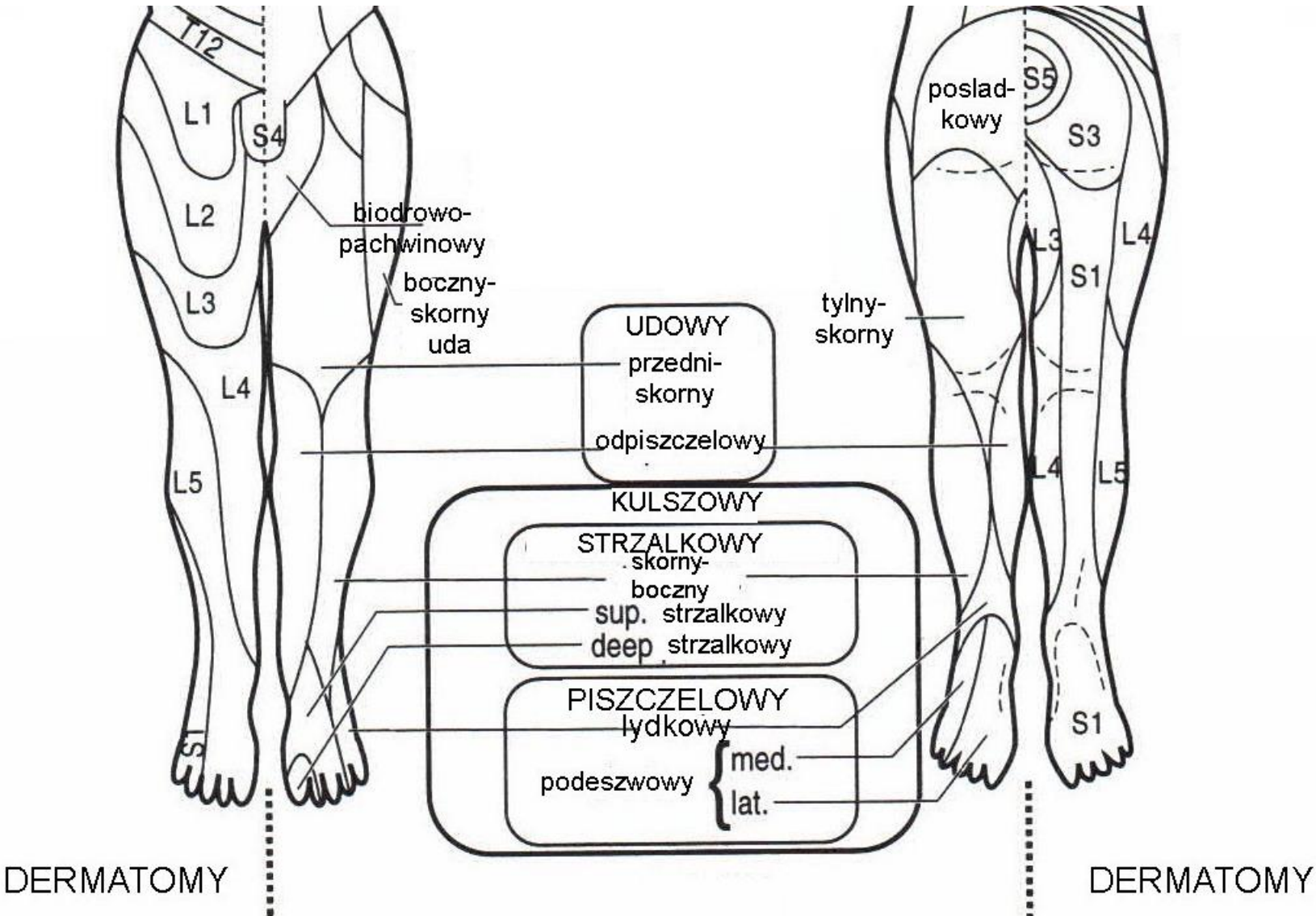
Ćwiczenie V

Ćwiczenia symulacyjne
neurofizjologii zakresu unerwienia
czuciowego kończyny dolnej,
dermatomów kończyny dolnej.

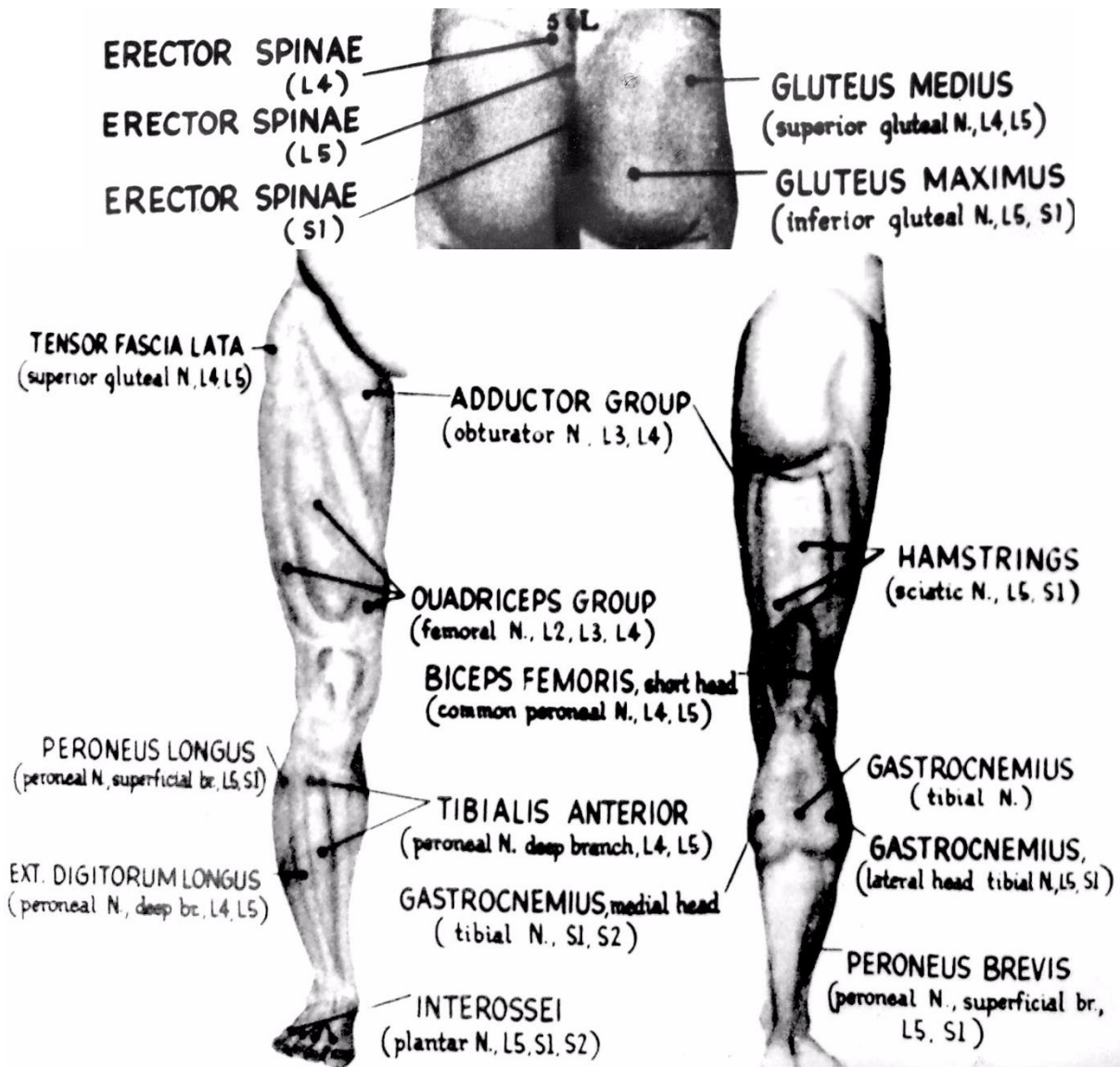
Ćwiczenia symulacyjne
neurofizjologii zakresu unerwienia
ruchowego kończyny dolnej,
neuromerów rdzeniowych kończyny
dolnej.

Ćwiczenia symulacyjne
neurofizjologii identyfikacji
najważniejszych grup mięśniowych
kończyny dolnej, określenia funkcji.

Zakres unerwienia czuciowego kończyny dolnej, dermatomy kończyny dolnej.

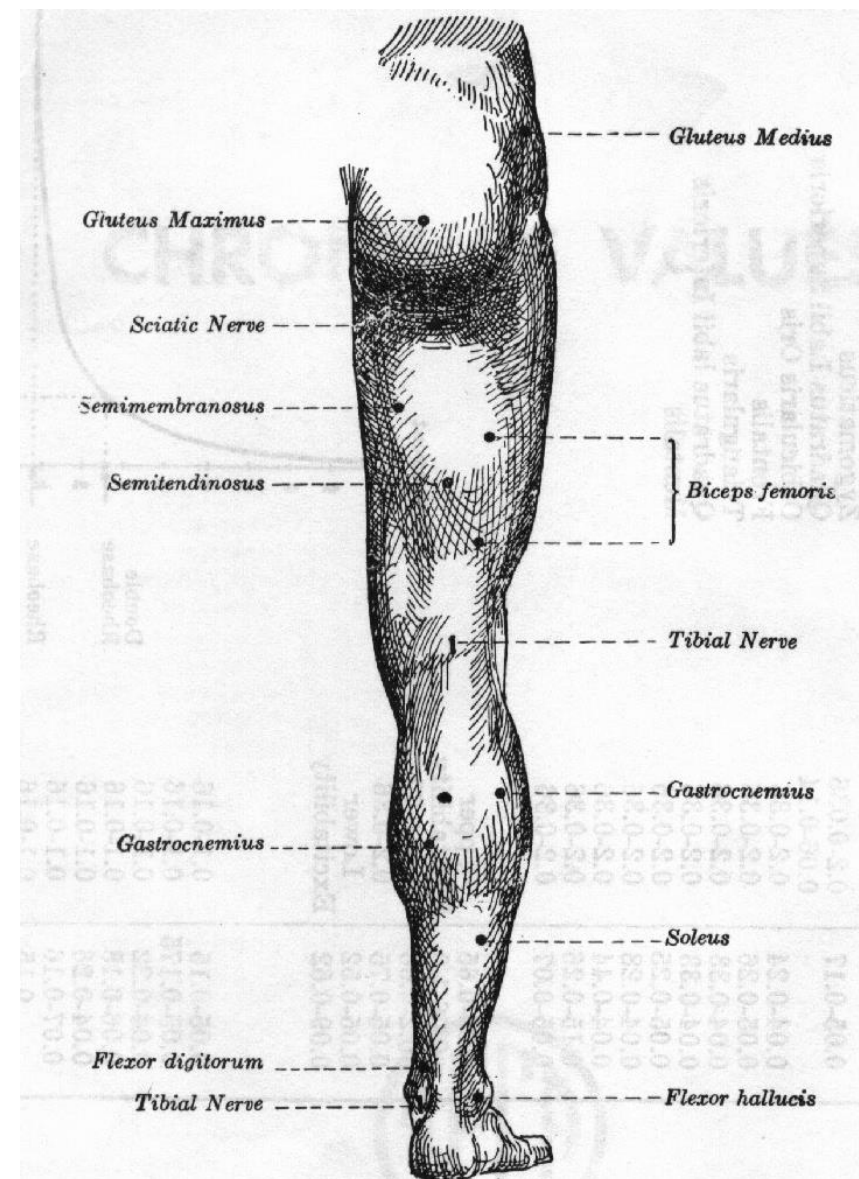
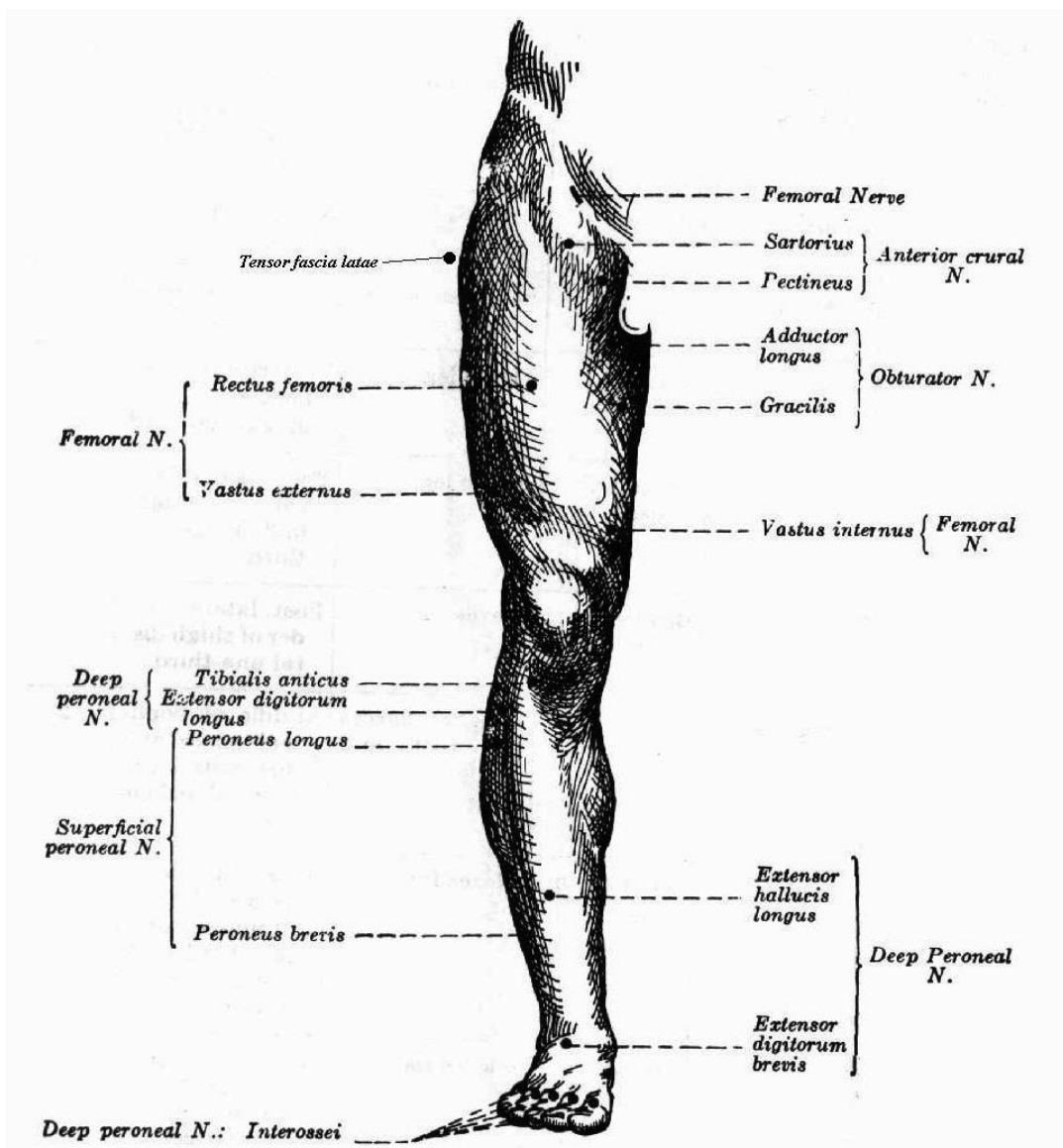


Zakres unerwienia ruchowego kończyny dolnej, neuromery rdzeniowe kończyny dolnej.



KORZEŃ	L1	L2	L3	L4	L5	S1	S2
WIEŁODZIELNY poziom L3							
WIEŁODZIELNY poziom L4							
WIEŁODZIELNY poziom L5							
WIEŁODZIELNY poziom S1							
WIEŁODZIELNY poziom S2							
KRAWIECKI							
CZWOROGLÓWY UDA							
PISZCZELOWY PRZEDNI							
PROSTOWNIK PALUCHA DŁUGI							
PROSTOWNIK PÁLĆÓW KRÓTKI							
STRZAŁKOWY DŁUGI							
BRZUCHATY ŁYDKI							
PLĄSZCZKOWATY							
ODWODZICIEL PÁLĆÓW KRÓTKI							

Identyfikacja najważniejszych grup mięśniowych kończyny dolnej, określenie funkcji.



Wykład VI

Czynność układu
ruchu w trakcie
lokomocji

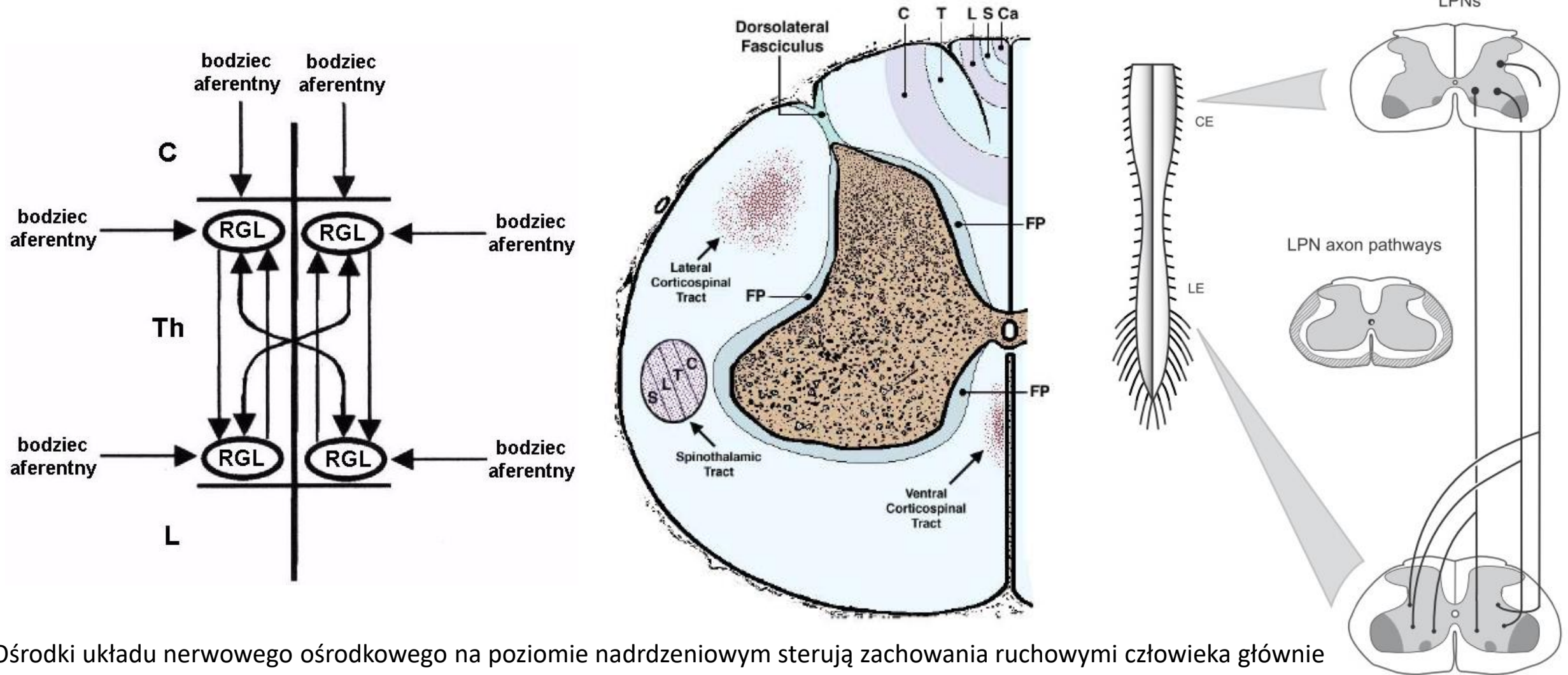
Repetytorium
wykładów I-V

Ćwiczenie VI

Czynność układu ruchu w
trakcie lokomocji

Repetytorium ćwiczeń
praktycznych z zakresu
struktur i funkcjonowania
układu nerwowo-
mięśniowego kończyny
górnej, dolnej, twarzy i
tułowia.

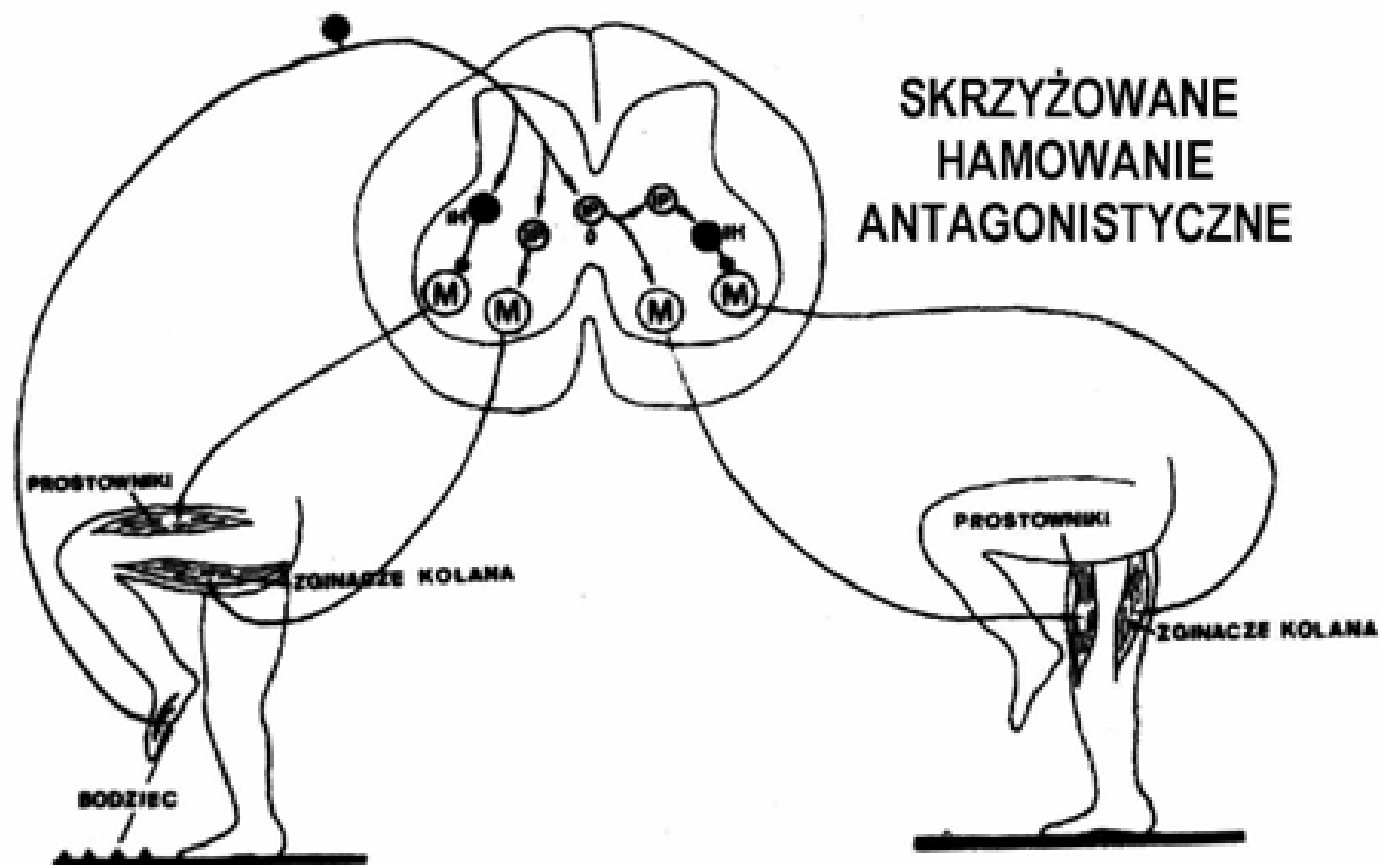
73 Szlaki propriospinalne łączące ośrodki ruchowe rdzenia kręgowego szyjne i lędźwiowo-krzyżowe strony prawej i lewej



Ośrodki układu nerwowego ośrodkowego na poziomie nadrdzeniowym sterują zachowaniami ruchowymi człowieka głównie związanymi z chodem, poprzez pobudzanie i hamowanie ośrodków rdzenia kręgowego.

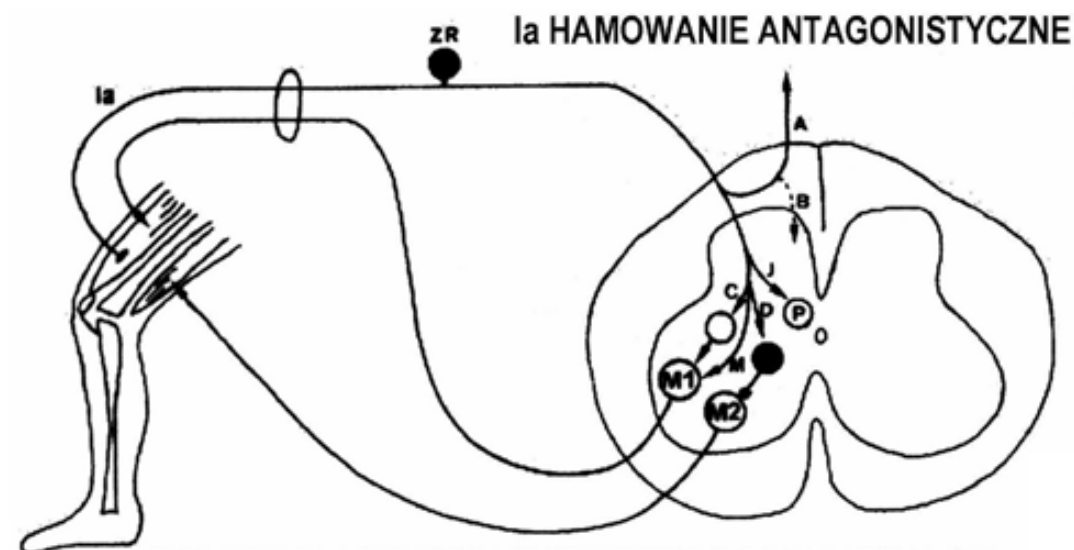
Rdzeń kręgowy jako sieć neuronowa z nagromadzeniem komórek czuciowych, ruchowych i interneuronalnych w części szyjnej i lędźwiowo-krzyżowej prawej i lewej strony tworzą rdzeniowe generatory lokomocji, posiadające pewną autonomię od wpływów z ośrodków nadrdzeniowych. Na bazie tej koncepcji oraz połączeń strukturalnych między segmentowych przez tzw. szlaki własne rdzenia kręgowego, oparto koncepcje współczesnej rehabilitacji chorych po udarach lub uszkodzeniach rdzenia kręgowego.

Odruch polisynaptyczny skrzyżowany odruch wyprostny

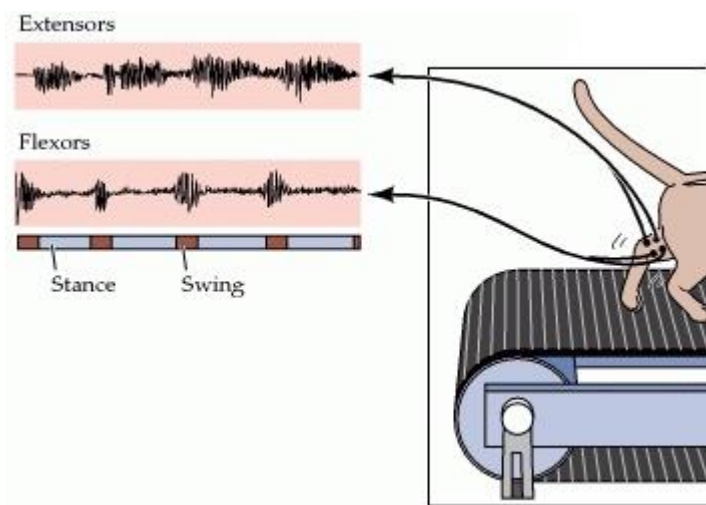
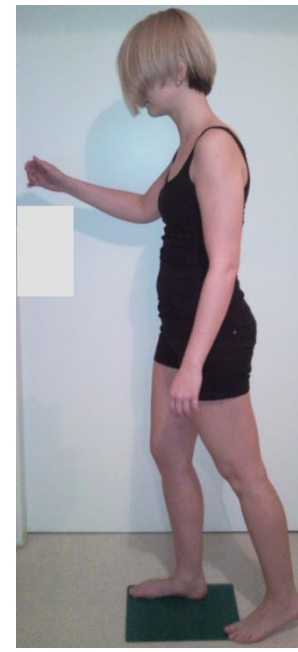
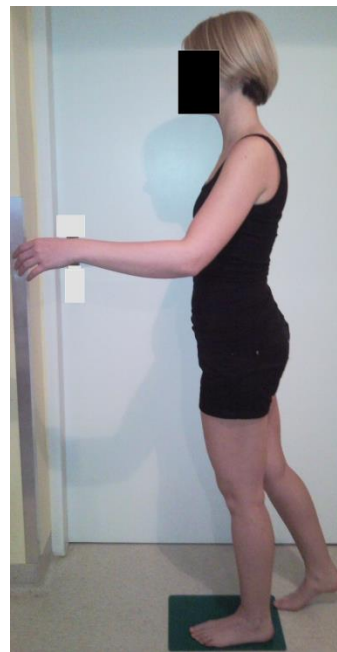
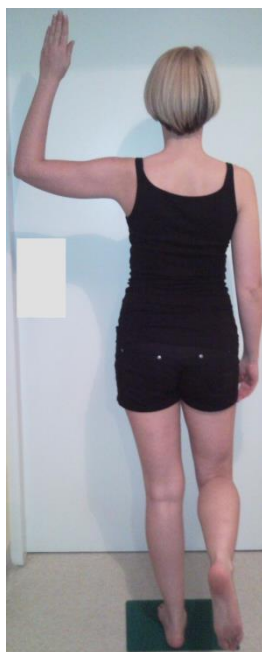
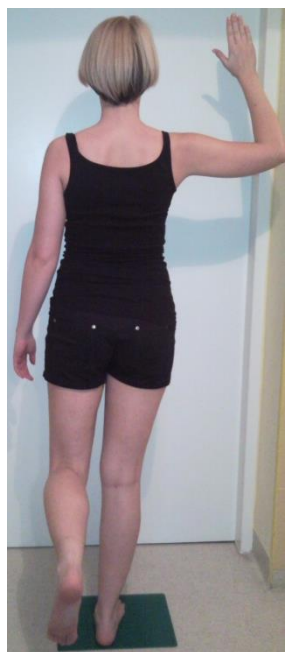
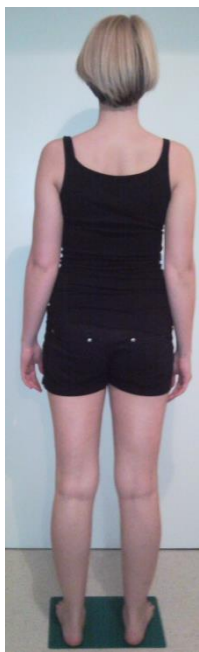


Odruch ucieczki

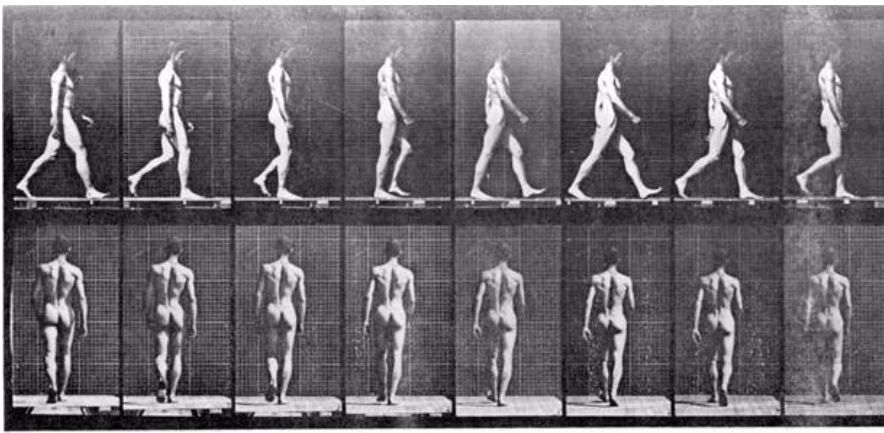
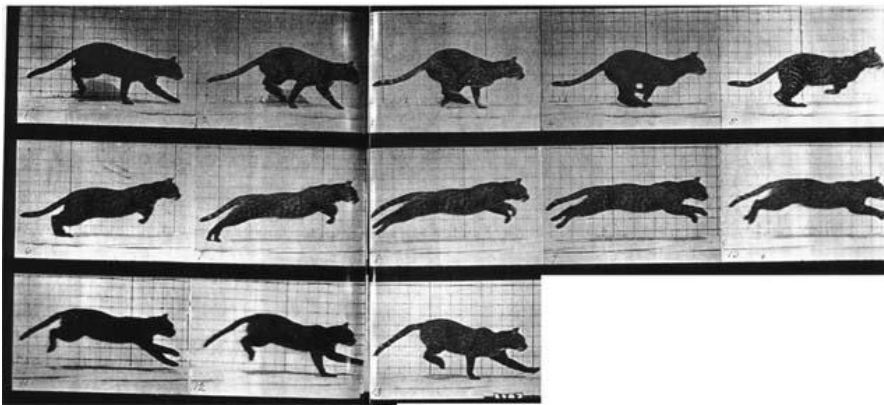
Odruch polisynaptyczny Hamowanie ośrodków ruchowych mięśni antagonistycznych działających na tym samym stawie przez Ia interneuron hamujący

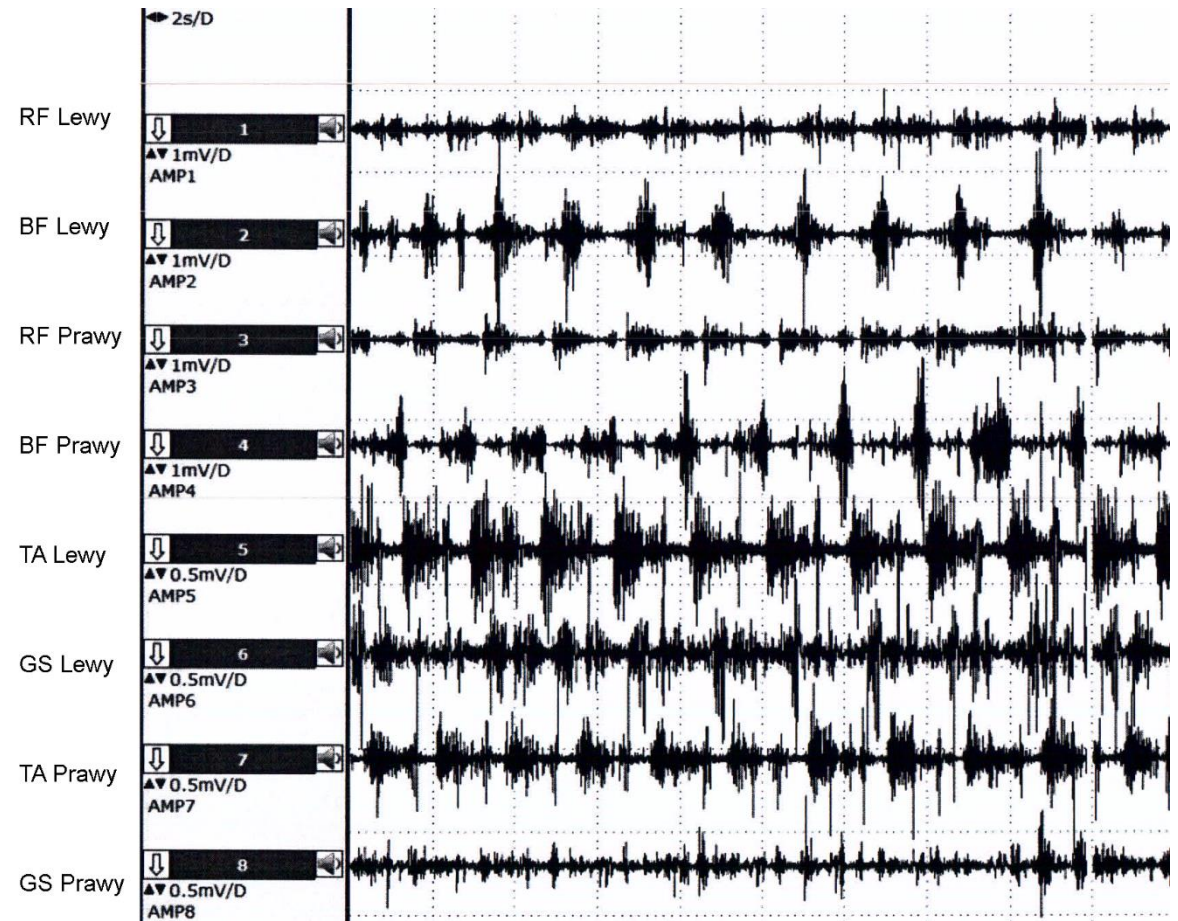
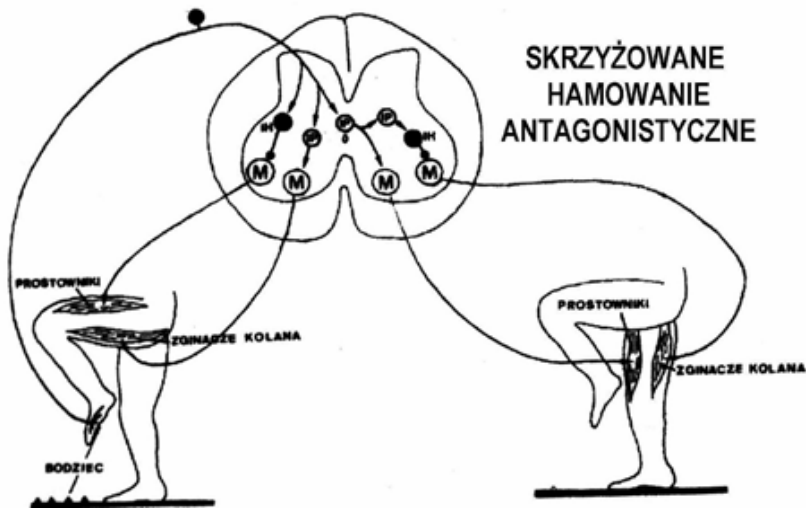


Ruch zgięcia lub prostowania przebiega bez zakłóceń



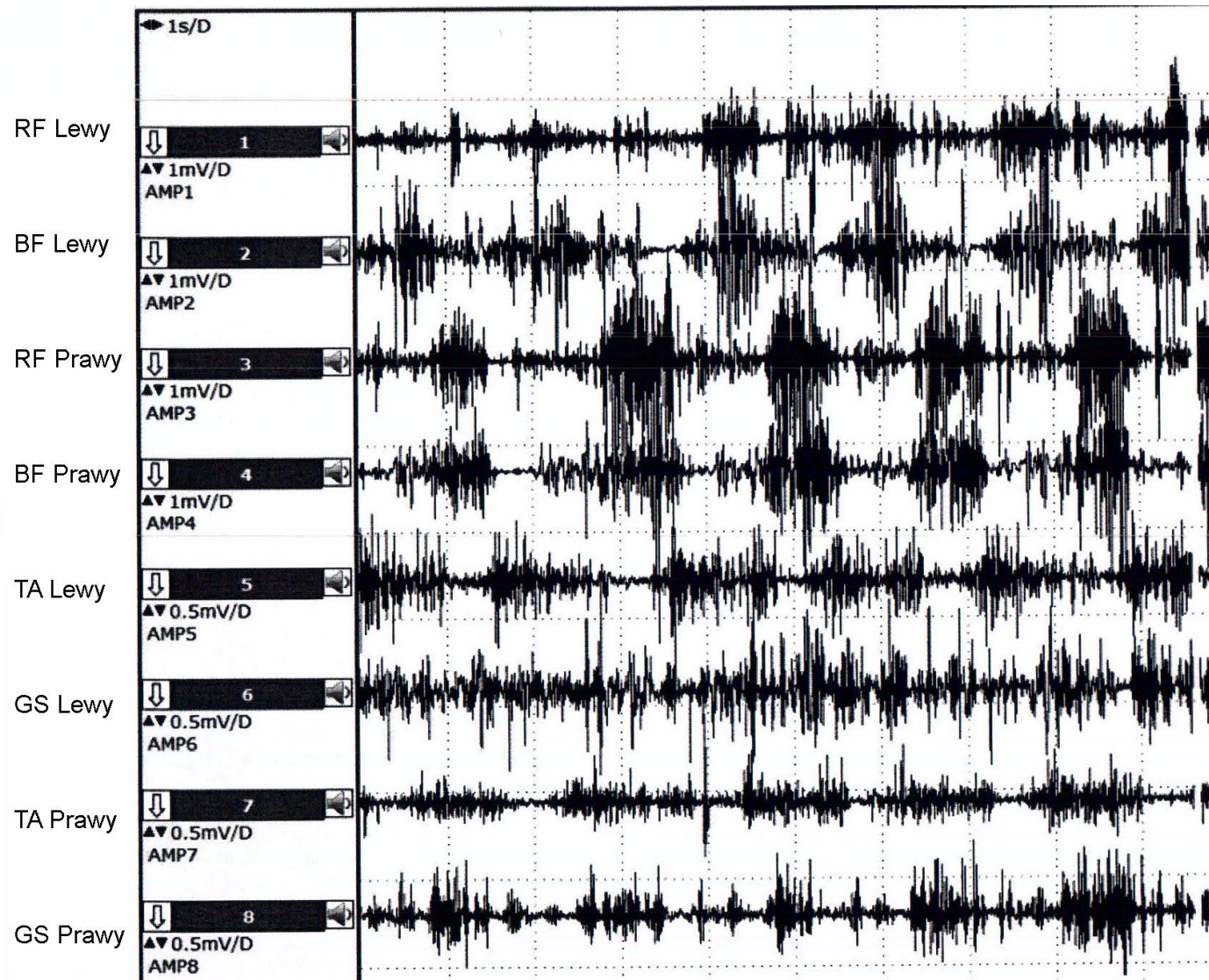
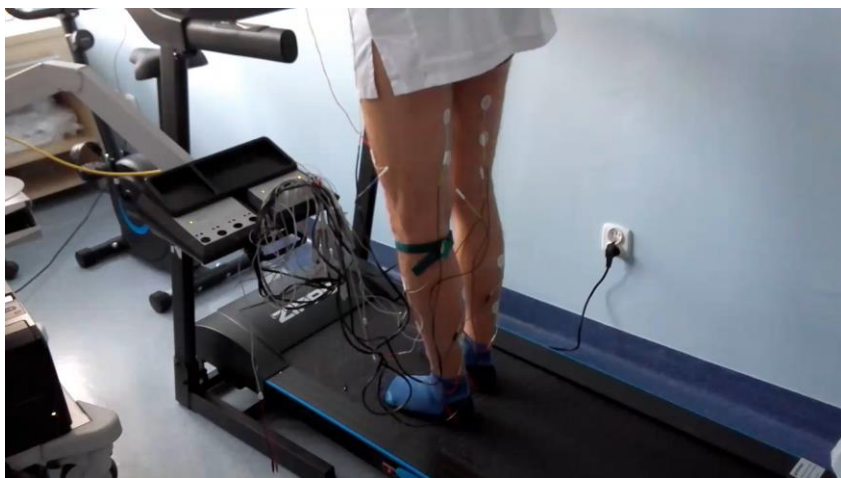
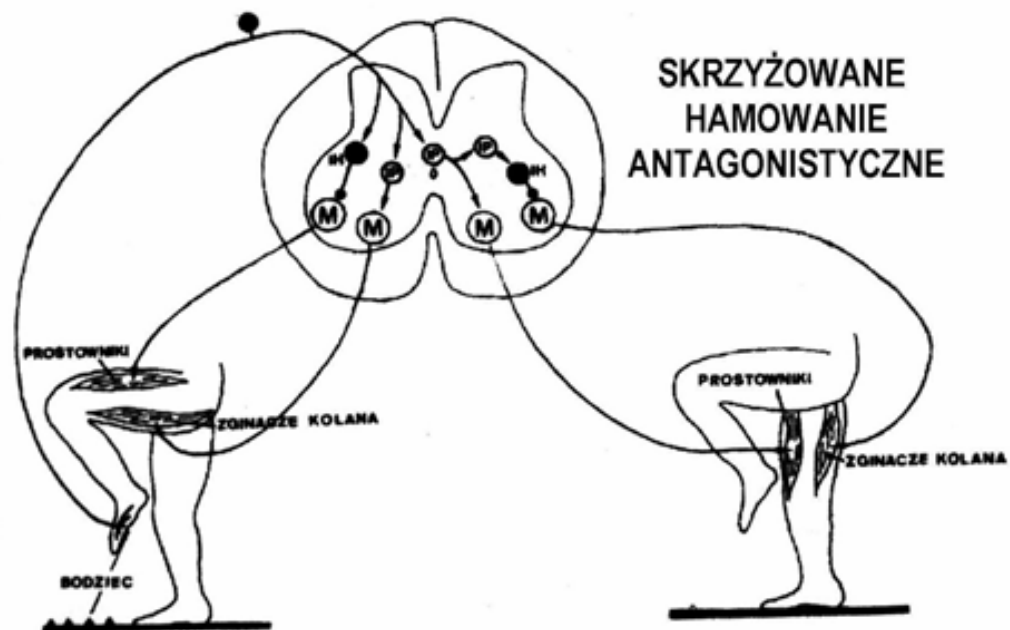
poli-ELEKTROMIOGRAFIA





Ćwiczenie VI

Czynność układu ruchu w trakcie lokomocji



Niektóre cytowane pozycje literatury:

- Baldissera F., Hultborn H., Illert M., Integration in spinal neuronal systems, W: Hanbook of Physiology. The Nervous System, vol. II, Motor control, część 1, Wyd. V.B. Brooks, Am. Physiol. Soc., Bethesda, 1981, 509-595.
- Barker D., The innervation of the mammalian skeletal muscle. W: Myotatic, Kinesthetic and Vestibular Mechanisms. Ciba Symposium, Wyd: D.E. Reuck, A.V.S., London, Churchill Ltd., 1967.
- Eccles J. C., The Physiology of Synapses, Springer Verlag, Berlin, 1964.
- Erlanger J., Gasser H.S., Electrical signs of nervous activity, Philadelphia, University Pennsylvania Press, 1937.
- Gasser H.S., Effects of method leading on the recording of the nerve fiber spectrum, J. Gen. Physiol., 1960, 43, 927-940.
- Grottell K., Krutki P., Organizacja mięśnia i sterowanie ruchem, Część II. Sterowanie ruchem, Wydawnictwa Naukowe PWN, Warszawa-Poznań, 1996.
- Kinalski R., Kompendium rehabilitacji i fizjoterapii, Wydawnictwo Medyczne Urban i Partner, Wrocław20902, ISBN 83-87944-53-X
- Konorski J., Integracyjna działalność mózgu, PWN, Warszawa, 1969.
- Jankowska E., Interneuronal organization in reflex pathways from proprioceptors, W: Frontiers in Physiological Research, Wyd. D. G. Garlick, P. L. Korner, Australian Academy of Sciences, Combera, 1984, 227-237
- Matthews P.B.C, Mammalian muscle receptors and their central actions, Edward Arnold Publishers Ltd., London, 1972.
- Mense S., Nociception from skeletal muscle in relation to clinical muscle pain, Pain, 1993, 54, 241-189.
- Rexed B., The cytoarchitectonic organization of the spinal cord in the cat, J. Comp. Neurol., 1952, 96, 415-496.
- Rexed B., A cytoarchitectonic atlas of the spinal cord in the cat, J. Comp. Neurol., 1954, 100, 297-379.
- Romanes, G.J. (1951) The motor cell columns of the lumbosacral spinal cord of the cat, J. Comp. Neurol., 1951, 94, 313-358.Eccles J. C., The Physiology of Synapses, Springer Verlag, Berlin, 1964.
- Schieber M.H., Physiological bases for functional recovery, J. Neurol. Rehab., 1995, 9, 65-71. Schwab M.E., Finding the lost target, Nature, 2000, 403, 257-260.
- Rymer M.S., Priestley J.V., McMahon S.B., Functional regeneration of sensory axons into the adult spinal cord, Nature, 2000, 403, 312-316.
- Wickelgren B. G., Habituation of spinal motoneurons, J. Neurophysiol., 1967a, 30, 1405-1423.
- Wickelgren B. G., Habituation of spinal interneurons, J. Neurophysiol., 1967b, 30, 1424-1438.
- Wickelgren I., Teaching the spinal cord to walk, Science, 1998, 279, 319-321.

DZIĘKUJĘ PAŃSTWU ZA UWAGĘ...



...i zapraszam na praktyczne ćwiczenia kliniczne



2022 Agnieszka Szymankiewicz-Szukała, Juliusz Huber, Genowefa Wierzbicka, Agnieszka Wiertel-Krawczuk
Agnieszka Wincek, Anna Garasz, Katarzyna Kaczmarek