

Elektrodiagnostika – historie, obecné principy,
elektrody, způsoby a techniky – klasická x
moderní, polarita, intenzita.

Mgr. Marie Krejčová

elektrodiagnostika

= Pojmem elektrodiagnostika (EDG) se ve FT rozumí stanovení optimálních parametrů pro impulzy, kterými dráždíme denervovaná svalová vlákna (tzv. elektrostimulace) BEZ VYVOLÁNÍ KONTRAKCE OKOLNÍCH SVALŮ a taktéž průběžné hodnocení následné reinervace pomocí akomodačního kvocientu.

Historie elektrodiagnostiky a elektrostimulace

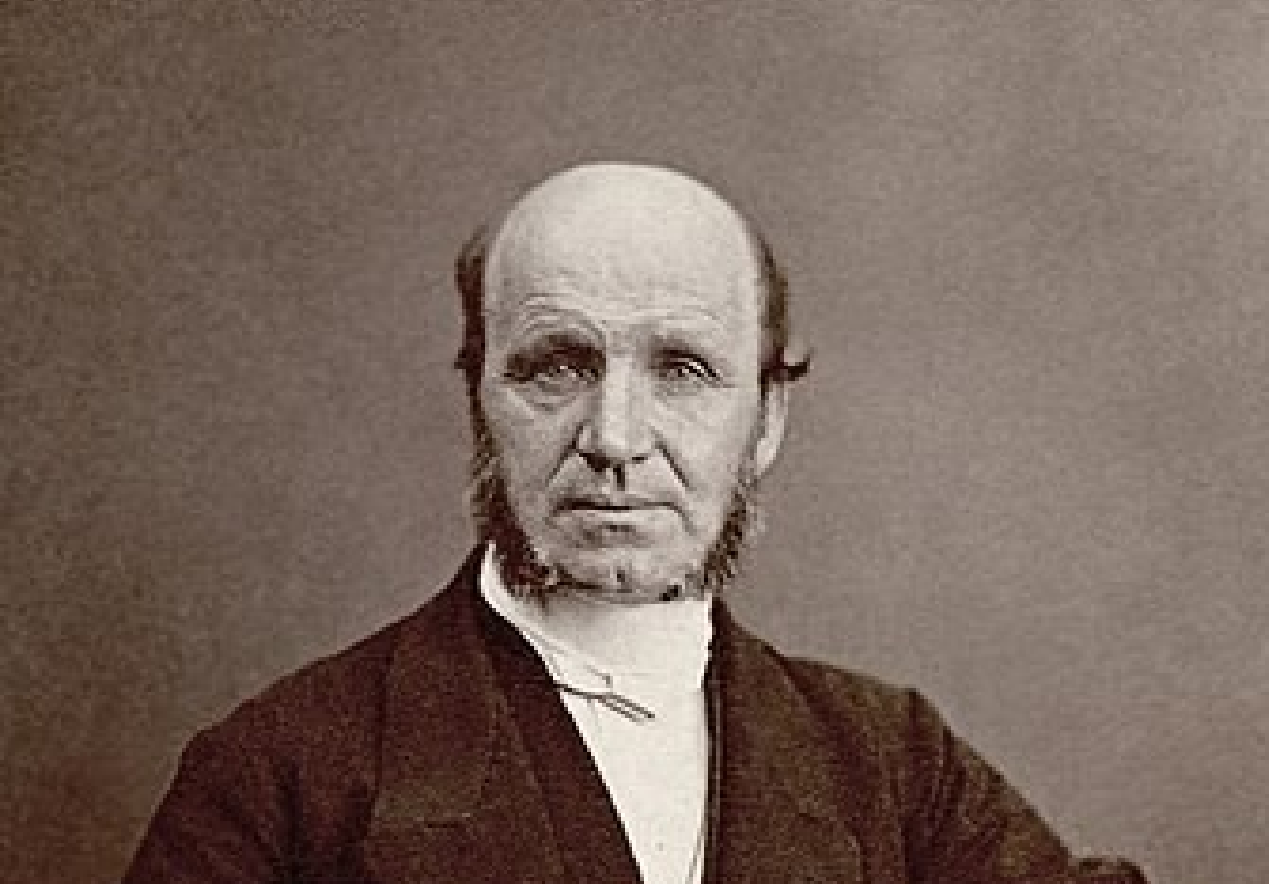
- starověký Egypt, Řecko a Řím: pomocí elektrických výbojů z rejnoků se léčili běžné bolesti hlavy a kloubů & tlumili bolesti během operací a porodů.
- 18. a 19. století: přírodní zdroje nahrazeny elektrickými zařízeními ve čtyřech fázích:
 - 1. fáze: aplikace statických elektrických proudů, tzv. franklinismus, kdy generátorem bylo tření.
 - 2. fáze: aplikace elektrického proudu na kůži, tzv. Galvanismus.
 - 3. fáze: elektrický proud byl indukován přerušovaně a střídavě, tzv. Faradismus.
 - 4. fáze: použití vysokofrekvenčních proudů, tzv. D'Arsonvalizace.



HISTORIE ELEKTRODIAGNOSTIKY A ELEKTROSTIMULACE 2

- 19. století = zlatý věk elektroterapie
- Už před více než 100 lety se hovořilo o elektrostimulaci denervovaných svalů. Podnětem byl objev toho, že dochází ke zpomalení atrofie u denervovaných svalů žáby při stimulaci galvanickým proudem.
- Přelom 19. & 20. století: snížení zájmu o elektroterapii (PROČ? Vývoj analgetik).
- 100 letech nedošlo k úplnému sjednocení názoru na tuto problematiku a jsou stále práce, které vyzdvihují elektrostimulaci, ale jsou i práce, které zatracují elektrostimulaci u těchto pacientů.





HISTORIE ELEKTRODIAGNOSTIKY A ELEKTROSTIMULACE

3

Guillaume Duchenne: otec elektroterapie (používal ke stimulaci svalů)

Poškození periferních nervů rozdělení dle Sedonna:



- A) Dle stupně poranění
 - Neurapraxie
 - Axonotmeze
 - Neurotmeze
- B) Dle rozsahu poranění:
 - Parciální (jen v části průřezu nervu)
 - Kompletní (v celém průřezu)
 - Kombinované
- C) Dle příčiny poranění: otevřená poranění, trakční poranění, luxace s frakturami, méně neurovaskulární poranění a poškození způsobené iatrogeně
 -

Poškození PNR dle stupně poranění - neurapraxie

- = ztráta schopnosti vést vzruchy v nervu, bez mechanického poškození nervu
- Nejčastěji pchch senzitivních tenkých nervů
- nedochází k porušení celistvosti nervu ani jeho axonů
- způsobeno přechodnou hypoxií stlačením vasa nervorum. Končetina má poté po určitou dobu sníženou citlivost a je paretická.
- Během návratu hybnosti parestezie (tedy porucha se týká i aferentního neuronu).
- Nevyskytují svalové atrofie ani fibrilační potenciály v elektromyogramu.
- Příklad: tlaková spánková obrna (tzv. obrna milenců).
- Využití neurapraxie v praxi pro snižování spasticity pomocí aplikace mezokainu, etylalkoholu nebo botulotoxinu do motorických bodů spastických svalů.

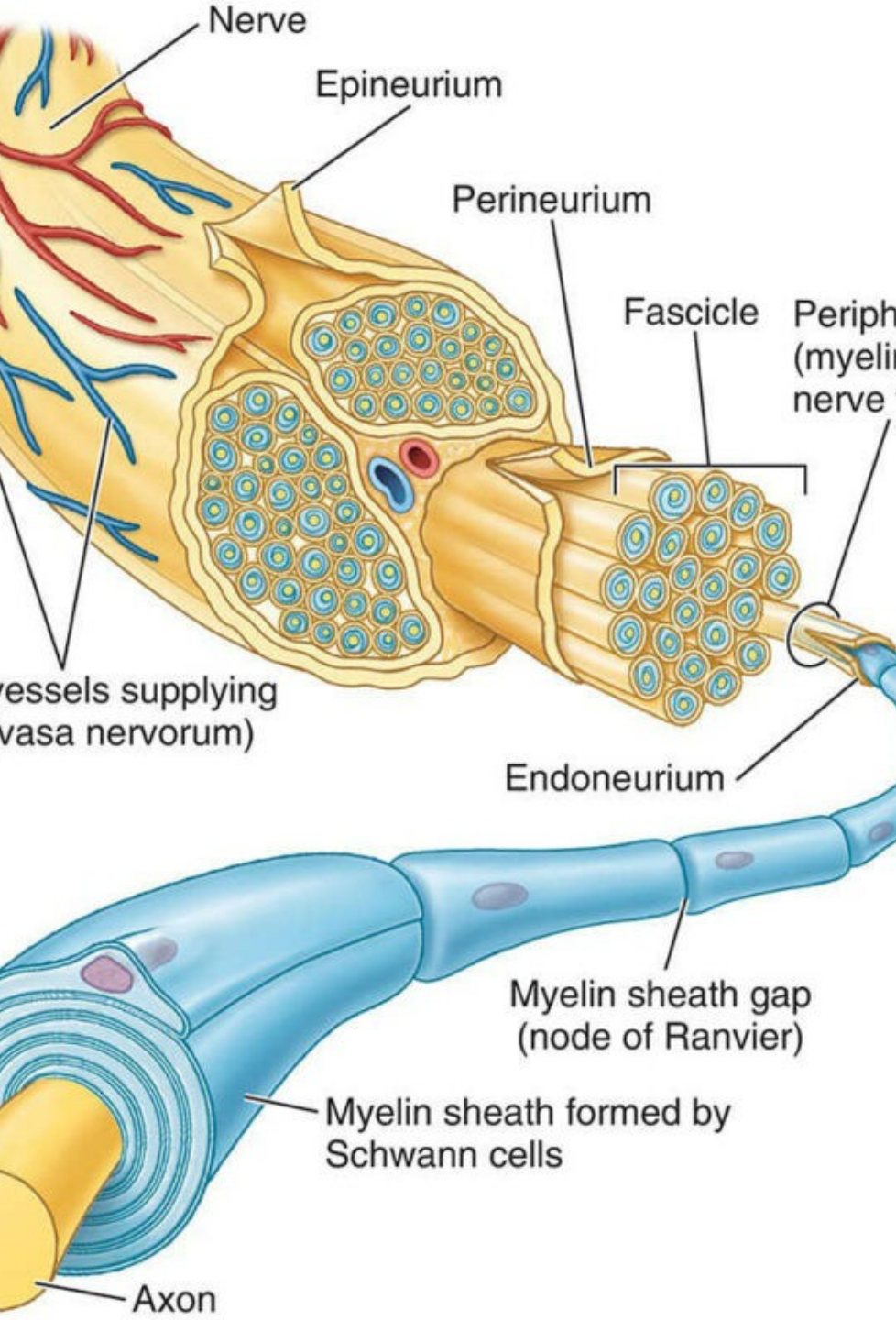
POŠKOZENÍ PNR DLE STUPNĚ PORANĚNÍ

Axonotmeze

- = mechanické poškození axonu
- při dlouhodobějším působení tlaku nebo tahu
- pouze částečně reverzibilní
- Nedochozí k přerušení Schwannových pochev (není porušena kontinuita nervu)
- Periferní pahýl ztrácí schopnost vést vzruchy během 2 až 3 dnů. Později dochází k jeho autolýze.
- Na úseku axonu, jenž je zbaven integrity s tělem, začíná tzv. Wallerova degenerace, která zdrží regeneraci přibližně 3 týdny. Rychlost obnovy axonu je asi 1-2mm za den směrem k cílovému orgánu. Podle toho můžeme částečně odhadnout dobu do návratu funkce.
- Kromě samotného dorůstání axonu může probíhat propojení pomocí kolaterál (tzv. sprouting neboli pučení). Tento proces nastává v oblasti terminálního větvení dendritu sousedního neuronu a jeho neuritu. Jestliže je k dispozici takovýto axon, je proces regenerace dokonce rychlejší a k částečné funkční obnově dochází mnohem dříve než u axonální regenerace.

POŠKOZENÍ PNR DLE STUPNĚ PORANĚNÍ neurotmeze

- přerušení axonu a poškození jeho obalů
- nejzávažnější poranění periferního nervu s často nepříznivou prognózou
- nutné vždy řešit pomocí chirurgického zákroku co nejdříve od poranění
- operace: sešití obou konců, spojení nervu pomocí štěpu či speciálního lepidla
- nejčastěji u těžkých úrazů pletení, taktéž u rozříznutí nebo zpřetrhání periferních nervů.
- dochází ke vzniku neuromu



Klasifikace Podle Sunderlanda

- 5 stupňů poškození periferního nervu. Jedná se o poškození na podkladě léze myelinové pochvy, axonů a vaziva:
 - 1. Blok vedení. = ztráta vedení vzruchu bez poškození nervu
 - 2. Axonotmeze – ztráta celistvosti axonu bez poškození endoneuria (=poškození obalu vlákna)
 - 3. Ztráta celistvosti axonu, endoneuria, ale bez poškození perineuria (= přerušení pochvy i axonu)
 - 4. Ztráta celistvosti axonu, endo i perineuria, ale bez poškozené epineuria (= přerušení perineuria a fascikulů)
 - 5. Přerušení celého nervového kmene (= kompletní přetětí nervu)

příznaky poruchy periferního neuronu

Lokální:

- omezují se jen na určité místo
- způsobeny úrazy a tlaky
- vznikají převážně
mechanickým, respektive
fyzikálním porušením nervu.

Difuzní:

- Objevují se při poškození
intoxikací, zánětem nebo při
některých degenerativních
onemocněních

základní příznaky
při porušení
periferního
motoneuronu:

Areflexie

Snížení až ztráta hybnosti

Svalová atrofie

Fascikulace

Porucha elektrické dráždivosti
(chronaximetrie)

Porucha elektromyografického záznamu
pomocí jehlové elektrody

Porucha cití

FYZIOLOGICKÉ R-CE NERVU PO PERIFERNÍM POŠKOZENÍ

Denervace

Wallerova degenerace

Wallerova regenerace

denervace

= periferní nervy přetnuty nebo rozdraceny během akutního poranění nebo dlouhodobým působením

- jimi inervované svaly ztrácí spojení s CNS a stávají se denervovanými
- K úplnému zotavení je potřeba, aby poškozený nerv dorostl ze své proximální části a vytvořil funkční neuromuskulární spojení
- 10-20 dní DENERVAČNÍ SY (=reakce zvrhlosti). Charakterizují jej změny svalové dráždivosti.
- Poté několik týdnů DEGENERATIVNÍ ZMĚNY na centrálním pahýlu i na gangliových buňkách. Rozpad osového válce a myelinového obalu nervu.
- REGENERACE probíhá růstem centrálního konce pahýlu, postupnou myelinizací nebo také tvorbou kolaterál vycházejících z centrální části neuronu. Rychlost růstu je $\pm 1-2$ mm/den. Funkční schopnost až tehdy, je-li obnoveno spojení s výkonným orgánem (více faktorů).

Wallerova degenerace

- V distálním pahýlu (= distální část od místa poranění)
- Zahrnuje rozdělení cytoskeletu a následnou degeneraci axonu.
- Již do 5 minut od přetnutí: akutní axonální degenerace v rozsahu několika mikronů.
- Poté uzavření distálního pahýlu a zatažení myelinové pochvy v oblasti Ranvierových uzlů.
- Během dalších 24 až 72 hodin: latentní období degenerace (= distální pahýl zůstává elektricky vodivým a je schopen šířit akční potenciály na sval, jestliže je elektricky stimulován).
- Poté ROZPAD AXONU, MYELINOVÝCH POCHEV, proliferace Schwannových buněk a makrofágů účastnících se na odstraňování metabolitů

Wallerova regenerace

- V proximálním pahýlu
- Téměř OKAMŽITÝ UZÁVĚR = OTOK PAHÝLU (z axoplazmy a dalších složek).
- Do 24 hodin po přerušení nervu ROZŠÍŘENÍ OTOKU (růstové kužely se stávají viditelnými + se prodlužují distálně).
- Schwannovy buňky (z Ranvierových uzlů):
 - Vysílají trofické signály pro větvení a dorůstání distálního pahýlu
 - tvoří buněčné skupiny (tzv. Büngnerovy pruhy), které obklopují endoneurální pochvu
 - Po dosažení endoneurální pochvy jsou jí proximální axony vedeny směrem ke svalu.
- Nové axony zpočátku neobsahují myelin, až postupem času se stávají myelinizovanými.
- Jestliže nedojde k reinervaci, svaly začínají atrofovat

Wallerova degenerace:

= rozpad axonu a jeho demyelinizace, ke které dochází distálně od místa poškození periferního nervu.

Začátek rozpadu axonu a myelinu, je individuální u každého jedince, v rozsahu mezi 12 až 36 hodinami po poškození nervu.

Wallerova regenerace:

Axon má schopnost regenerace, a to rychlostí 1 až 3 mm za den. Velmi zásadní je vzdálenost místa poruchy nervu od terminálního efektoru.

Axony se spojují v různě široké svazečky, které periferně vydávají část axonů do jednotlivých svalů a senzitivních zakončení. Svazečky axonů mění v průběhu nervu svou polohu a mění na příčném řezu i svůj tvar

Klasická VS. Moderní EDg



Klasická:



= soubor vyšetření reaktivity nervu a svalu na dráždění faradickým a galvanickým proudem



Moderní:



= vyšetření Hoorveg-Weissovy křivky, z ní odečtení REOBÁZE, CHRONAXIE, AKOMODAČNÍHO KVOCIENTU.

KLASICKÁ ELEKTRODIAGNOSTIKA

Provádíme před moderní EDG

Výhoda:

- Rychlé orientační vyšetření poškození periferního nervu: kde je motorický bod svalu, zjištění dráždivější elektrody (r-ce zvrhlosti ano či ne?)
- Stačí nejjednodušší přístroje

Dráždění:

- PŘÍMÉ: = v místě motorického bodu svalu
- NEPŘÍMÉ: = dráždění nervu
- Galvanickým proudem: monofázický pulzní proud o šířce impulzu 1 s a pauze 1 s
- Faradickým proudem: pulzní proud o $f = 45 \text{ Hz}$

KLASICKÁ ELEKTRODIAGNOSTIKA

- Dle reakce vyhodnocujeme:

•Typ proudu:	•Přímé dráždění: Nerv poškozen	Nerv nepoškozen	•Nepřímé dráždění: Nerv poškozen nepoškozen	Nerv
•Galvanický	•Záškuby v sekundových intervalech	Záškuby v sekundových intervalech	Žádná odpověď	Záškuby
•Faradický	•Žádná odpověď	Tetanická kontrakce	Žádná odpověď	Tetanická kontrakce

KLASICKÁ ELEKTRODIAGNOSTIKA

Jak zjistíme u galvanického proudu u přímého dráždění, zda byl nerv poškozen či nikoliv, když je reakce stejná?

- Není úplně stejná - v případě denervace bude odpověď zpomalená, lenivá, červovitého charakteru (sval se bude kroutit).

Reakce zvrhlosti (= změna dráždivosti nervu = denervační sy):

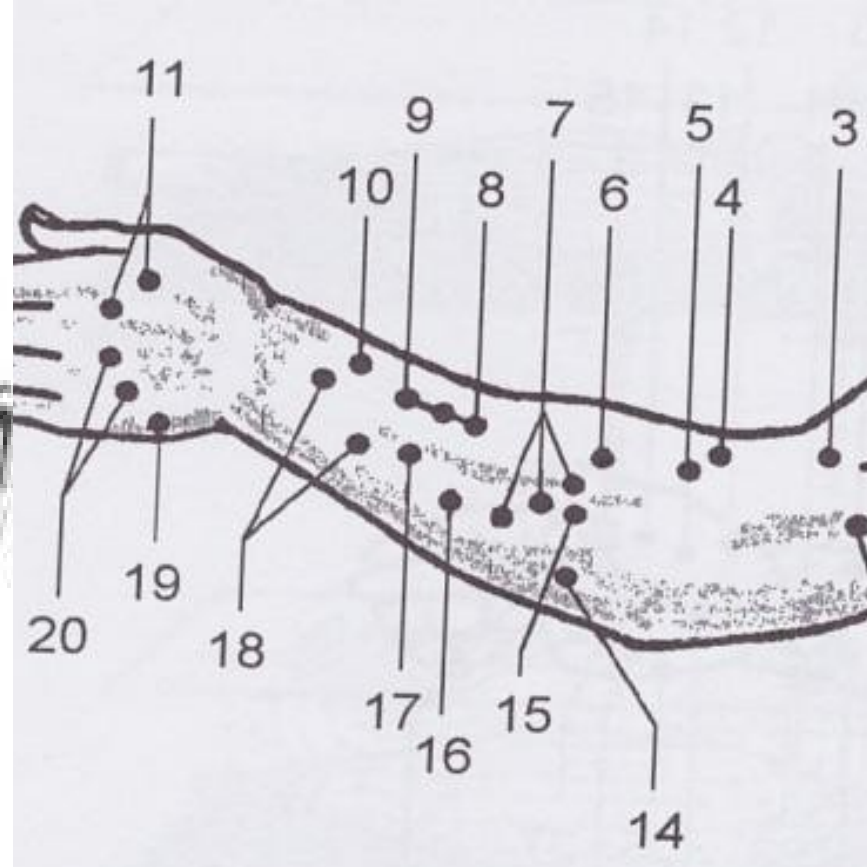
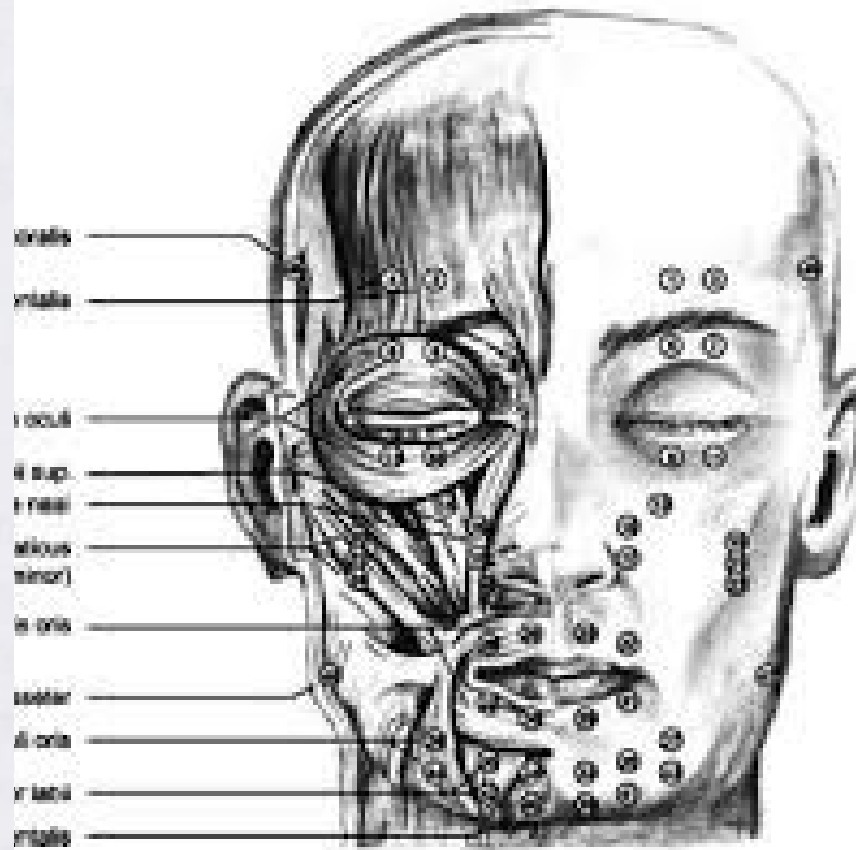
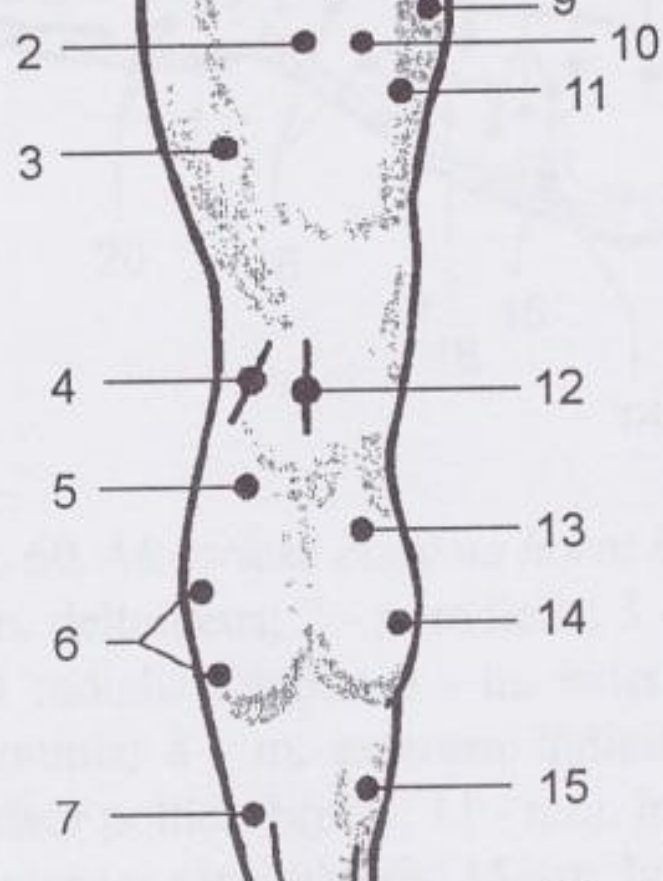
- Katoda je fyziologicky dráždivější pro nervy i svaly, ale u denervace bývá dráždivější ANODA (ne vždy - u zcela přerýznutého nervu či rozpadlého axonu).

Longitudinální reakce: = podélný posun motorického bodu svalu

- Typicky u vřetenovitých svalů, a to zejména na končetinách
- Motorický bod zdravého svalu (= vnoření nervu do svalového břicha) bývá obvykle na rozhraní proximální a střední třetiny svalového břicha. Nyní posunut distálně, zprav. na střed svalového břicha.

TECHNIKY DRÁŽDĚNÍ

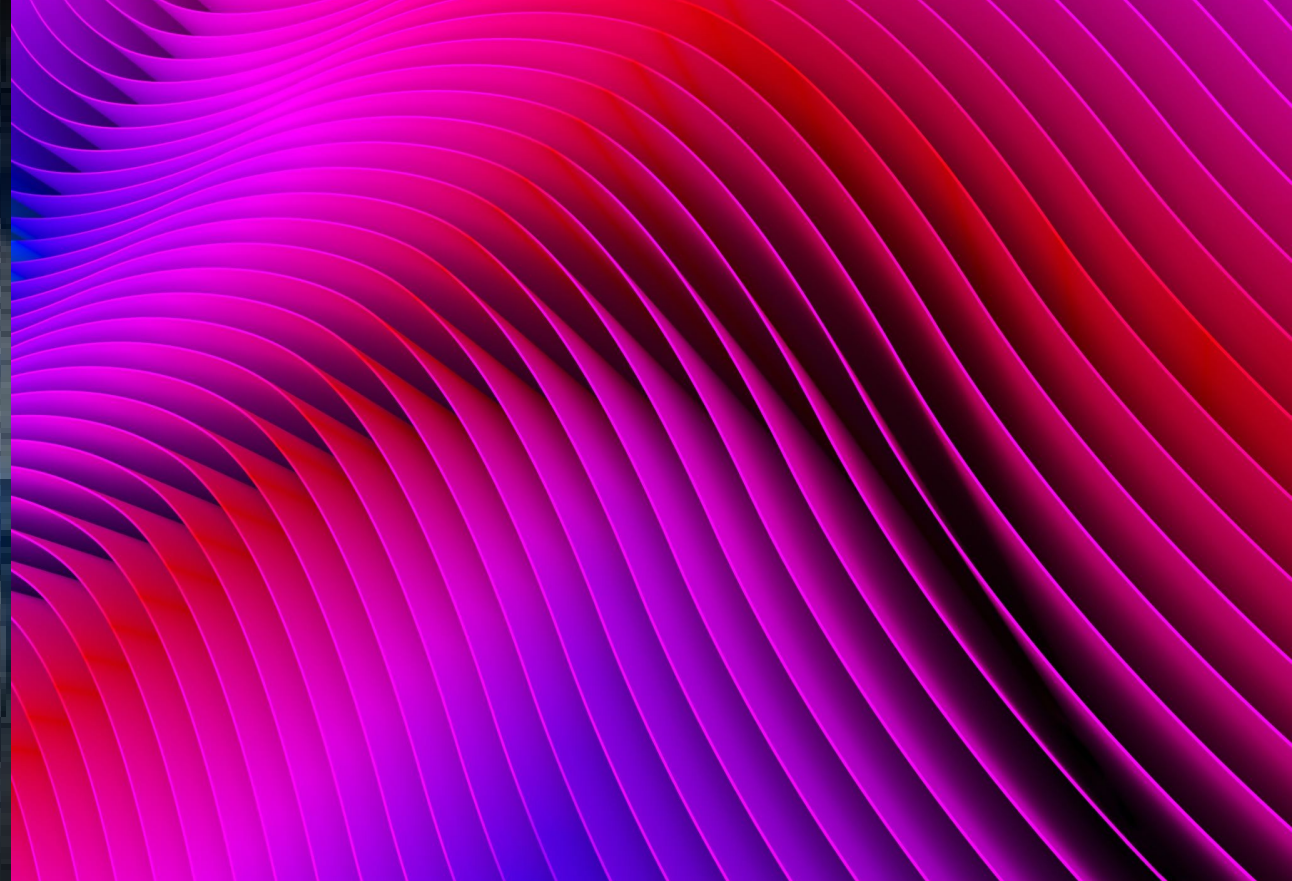
- MONOPOLÁRNÍ:
 - Indiferentní velká ANODA se ukládá proximálně
 - Diferentní KATODA (kuličková) se dává nad místo dráždění
 - U denervovaného svalu nutno zjistit KTERÁ elektroda je dráždivější
 - Dráždění v motorickém bodě – **viz.mapy motorických bodů**
 - Jak? Srovnat s referenčním svalem v blízkosti denervovaného svalu.
 - Možnosti:
 - Stejná r-ce pro A i K = považujeme A za dráždivější (r-ce zvrhlosti)
- BIPOLÁRNÍ:
 - Indiferentní anoda proximálně, katoda distálně
 - Pouze u hodně starých denervačních syy či velkých svalů (m. TB, m. QF)



MOTORICKÉ BODY

literatura

- Ehlová, M.: *Vliv uložení diferentní elektrody proximálně nebo distálně na výsledné hodnoty I/t křivky*, DP, FTK UP Olomouc, 2020.
- Poděbradský, J. – Poděbradská, R. *Fyzikální terapie. Manuál a algoritmy*. Praha: Grada, 2009. ISBN 978-80-247-2899-5.
- přednášky Mgr. J. Urbana FTK UP Olomouc.
- Poděbradský, J.: *Rehabilitace a fyzikální lékařství*. Praha: ČLS JEP, 1995. 50s
- Robertson, V.: *Electrotherapy Explained, Principles and Practice*. Toronto: Elsevier, 2006. 554 s. ISBN 0-7506-8843-2.
-



Děkuji za pozornost!