

612.813:616.833/.834-001.4:599.9

RANÉ ELEKTROFYZIOLOGICKÉ ZMĚNY V PŘERUŠENÉM PERIFERNÍM NERVU U ČLOVĚKA

• MUDr. Lubor STEJSKAL, DrSc.

Neurochirurgická klinika FVL KU, Ústřední vojenská nemocnice Praha

(náčelník: plk. doc. MUDr. Ivo FUSEK, DrSc.)

Po přerušení periferního nervu vyhasne dráždivost distálního pahýlu za několik dní. Uvádí se (viz Lubińska, 1975), že čím proximálněji byl nerv přerušen, čím zůstal distální pahýl delší, tím probíhá degenerace déle a dráždivost distálního pahýlu přetrvává delší dobu. Není tomu vždy tak. N. ischiadicus člověka zachovává dráždivost 54—72 hodin (Carpenter, 1976, Landon, 1976), n. medianus a n. ulnaris 85—128 hodin (Landau, 1953), n. facialis při intrakraniálním přerušení 96—120 hodin (Škorpil, 1963) a po extrakraniálním přerušení dokonce 120 až 192 hodin (Gilliatt a Taylor, 1959). N. peroneus u králíka je delší než u krysy a přece odpověď M přetrvává po přetěti nervu u obou druhů stejně dlouho, u krysy dokonce déle (79—81 hodin, u králíka 71—78 hodin, Gutmann a Holubář, 1950). Když se dráždí u paviána distální pahýl přerušeného n. peroneus pod kolenem a nad kotníkem, jsou amplitudy obou odpovědí v m. extensor digitorum brevis stejné až do úplného vyhasnutí (Gilliatt a Hjorth, 1972). Opakovaně se dokazuje, že některé změny tvořící Wallerovu degeneraci nastávají po celé délce nervového vlákna pod přerušením simultán-

ně. Ukazuje se, že neznáme dosud dost přesně všechny zákonitosti Wallerovy degenerace.

Sestava a metoda

Bylo vyšetřeno 8 mužů ve věku od 17 do 47 let, z toho 5 vojáků základní služby, a 1 žena 57letá (průměrný věk 28,6 r.). Týž den nebo nejdéle 4 dny před prvním vyšetřením u nás utrpěli zranění, které způsobilo denervační syndrom. Při pozdější operaci (7krát operoval MUDr. E. Zvěřina DrSc., jednou MUDr. M. Metelka) bylo zjištěno úplné anatomické přerušení periferního nervu. Celkem bylo sledováno 11 periferních končetinových nervů (tab. 1).

Elektromyografie (EMG) byla prováděna na přístroji DISA 14 A 21 s použitím koncentrické jehlové snímací elektrody a povrchové bipolární stimulační elektrody (stimulátor CV); elektroneurografie (ENG) na přístroji DISA 1500 s použitím povrchové bipolární snímací elektrody a stimulační prstencové elektrody (stimulátor CC). N. ulnaris byl vyšetřován na zápěstí a v sulcus n. ulnaris. N. medianus byl vyšetřován na zápěstí a v kubitální jamce. Standardně vyšetřeným svalem u denervací n. ulnaris byl m.

abductor digiti V., u denervací n. medianus m. opponens pollicis. Při nadloketním zranění byly vyšetřeny i příslušné flexory předloktí. Při ortográdní neurografii byl u denervací ulnárních drážděn 5. prst, u denervací mediánových 1. prst. Při zranění n. peroneus byly vyšetřovány m. tibialis ant., m. peroneus longus, m. extensor hallucis longus a m. extensor digitorum brevis. Všechna vyšetření byla prováděna až do vyhasnutí centripetální a centrifugální dráždivosti.

Dále bylo vyšetřeno 9 nemocných ve věku 22 až 50 let (průměrný věk 38,4 r.), z toho 8 žen a 1 muž, u nichž byl předchozí den nebo nejdéle 4 dny před prvním vyšetřením odstraněn nádor mostomozekového koutu. Předmětem vyšetření byla EMG mimického svalstva se stimulací n. VII v místě jeho větvení. Při předchozí operaci bylo zjištěno částečné nebo úplné zachování kontinuity n. VII, ale po operaci se vyvinul jeho úplný denervační syndrom. Průběžná vyšetření až do úplného vyhasnutí dráždivosti distálního pahýlu n. VII a opakovaně i později byla prováděna na přístroji DISA 14 A 21.

Výsledky

Po úplném přetěti periferního nervu byly elektrofyziologicky zjištěny dvě základní změny:

1. okamžité a trvalé vymizení myografické aktivity, okamžitá a trvalá ztráta přenosu neurogramu nad místo přetěti,

2. dočasné zachování přenosu podráždění v distálnímu pahýlu. Práh stimulační odpovědi a výše nadprahového podnětu se po dobu zachovaného přenosu vzruchu nezměnily. Rychlosti přenosu podráždění (rychlost vedení motorických a senzitivních vláken, RVM a RVS) byly změřeny jen u dvou nemocných s vysokým přetětím nervu (K. M. a P. K.). Nezměnily se. Distální pahýl n. medianus u nemocného P. K. vedl po celou dobu zachovaného přenosu od 1. do 8. pořazového dne stejně rychle: motorickou odpověď rychlostí 42 m/s a ortodromní neurogram rychlostí 46 m/s.

Nezjistili jsme závislost doby přetrvávání motorické odpovědi na délce distálního pahýlu.

Sestava nemocných

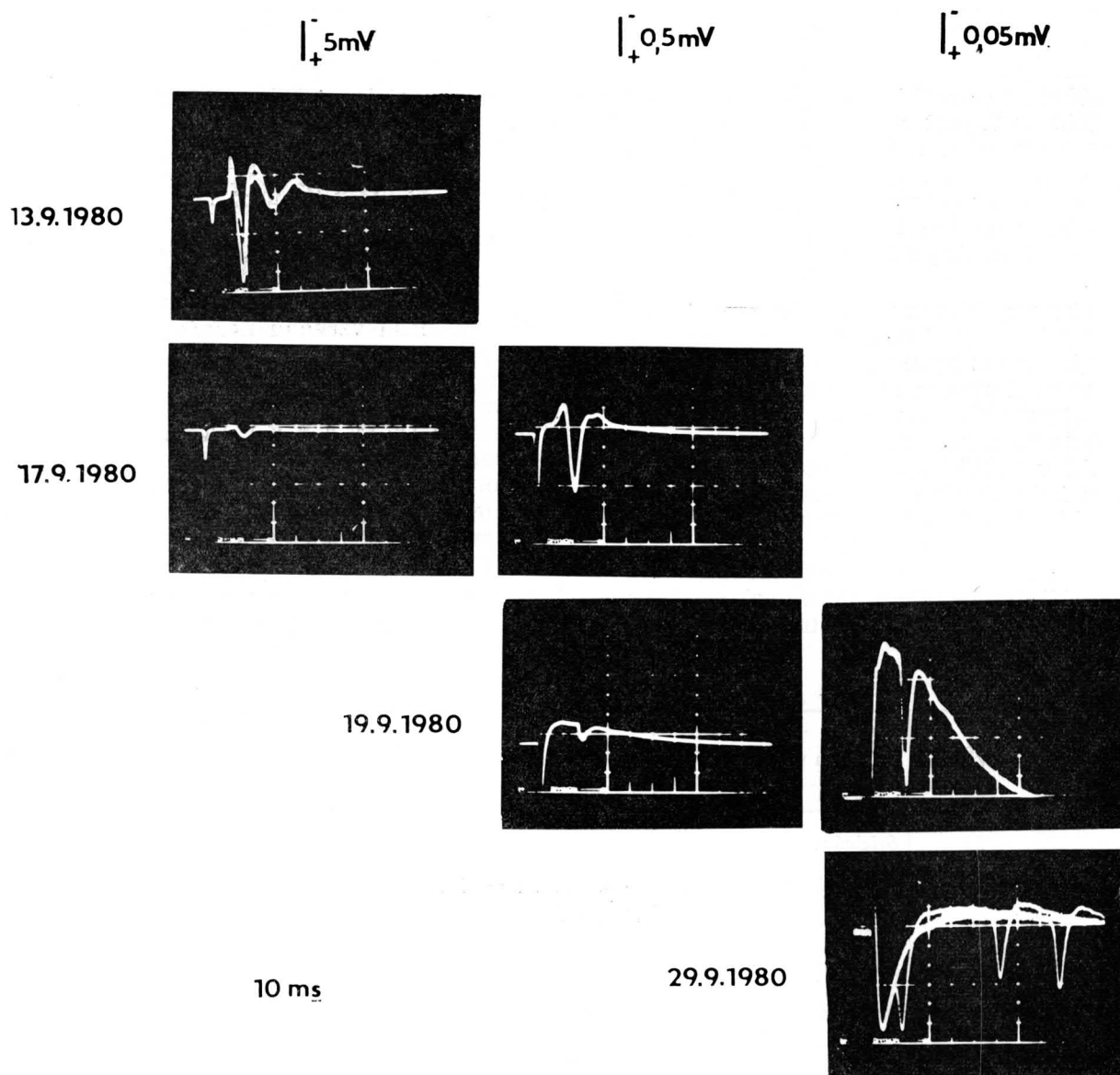
Tab. 1

Nemocný	Věk	Typ a výše zranění	Denervační syndrom	Den úrazu	Spojovací operace
K. M.	21	Střelná rána ramene	N. ulnaris a n. medianus	23. 11. 1980	4. 12. 1980
P. K.	20	Bodná rána paže	N. ulnaris a n. medianus	17. 6. 1981	3. 8. 1981
P. V.	21	Řezná rána lokte	N. ulnaris	9. 9. 1980	9. 9. 1980
V. L.	17	Zhmožděná rána zápěstí	N. medianus	28. 1. 1978	13. 2. 1978
C. R.	49	Řezná rána zápěstí	N. medianus	13. 11. 1977	15. 11. 1977
V. M.	21	Řezná rána zápěstí	N. medianus	30. 8. 1981	23. 9. 1981
J. V.	27	Řezná rána zápěstí	N. medianus	17. 1. 1982	9. 2. 1982
P. N.	24	Střelná rána kolena	N. peroneus com.	25. 12. 1980	15. 1. 1981
Z. S.	57	Endoprotéza kyčle	N. peroneus com.	8. 10. 1981	–

Vyhasínání motorické odpovědi a ortodromního neurogramu v distálním pahýlu přerušného n. medianus

Tab. 2

Nemocný J. V.	1. den	4. den	8. den	11. den
Latence motorické odpovědi k odstupu	2,8 ms	2,8 ms	2,8 ms	–
k 1. napětovému vrcholu	3,1 ms	3,8 ms	4,5 ms	–
Amplituda motorické odpovědi	6,0 mV	0,37 mV	0,01 mV	–
Latence ortodromního neurogramu k odstupu	1,8 ms	1,9 ms	2,5 ms	–
k vrcholu	2,4 ms	2,7 ms	3,5 ms	–
Amplituda ortodromního neurogramu	5,0 uV	3,1 uV	1,6 uV	–



Obr. 1. Snižování amplitudy motorické odpovědi

Nemocný J. V., řezná rána zápěstí s následným úplným denervačním syndromem n. medianus. Vyšetření provedeno

dena 1., 4., 8. a 11. poúrazový den. Poslední den nebyly odpovědi výbavné. Časové a napěťové hodnoty uvádí tab. 2.

Latence motorických odpovědí se v průběhu Wallerovy degenerace nezměnily. Ani u nemocných s nízkým protětím nervu (V. L., V. M. a J. V.) se distální latence neprodloužily. Prodloužilo se trvání odpovědi, po určitou dobu trvala polyfázie, ale před úplným vyhasnutím se odpověď opět vrátila k difázickému tvaru (obr. 1, 2, 3, 4). Prodloužila se distální latence ortodromního neurogramu (tab. 2).

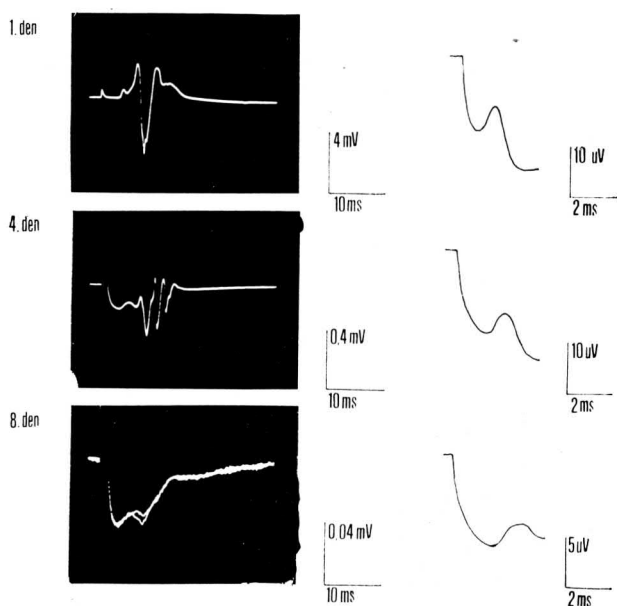
Přímé doklady o vývoji přenosu podráždění v distálním pahýlu u nemocného J. V. podává obr. 1.

Nejnápadnější elektrofyziologickou změnou v distálním pahýlu bylo postupné snižování amplitudy motorické odpovědi. U nemocného P. V. s vyšším protětím nervu klesla za 1 týden na 11 promile původní hodnoty (obr. 1). U nemocného J. V. s nižším protětím nervu klesla za 1 týden na 2 promile původní hodnoty (obr. 2).

Pokles amplitudy byl v prvních dnech nejrychlejší. Nejpozději 10. den po úrazu byla ve všech případech motorická odpověď nižší než 0,5 mV, pokud byla vůbec výbavná. U nemocných s vysokým protětím nervu (K. M. a P. K.) se snižovala až zanikla současně při dráždění v lokti i zápěstí (obr. 3, 4).

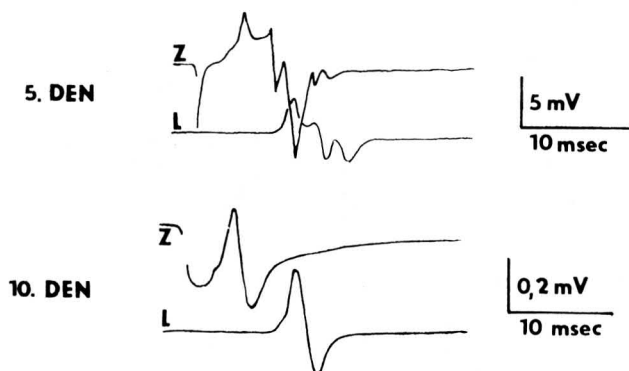
Pokles amplitudy motorické odpovědi zpravidla nebyl lineární, nýbrž většinou exponenciální. Po prvních dnech rychlého ubývání mizely zbytky odpovědi velmi pomalu. Exponenciální tvar křivky byl podobný při protětí periferního nervu v různých výších. Absolutní hodnota amplitudy motorické odpovědi nebyla závislá na délce distálního pahýlu nervu (obr. 5, 6).

Ve všech případech byl pokles amplitudy motorické odpovědi v distálním pahýlu takový, že 10. dne nepřesahovala 0,5 mV. Jestliže byla v té



Obr. 2. Stabilní nástup motorické odpovědi. Zpoždování nástupu ortodromního neurogramu. Snižování amplitudy obou odpovědí

Nemocný P. V., 9. 9. 1980 řezná rána lokte s následným úplným denervačním syndromem n. ulnaris. Týž den rána revidována. N. ulnaris nalezen 5 cm nad sulcus n. ulnaris protátý. Z proximálního i distálního konce vyřaty 3 mm nervu a oba pohýly spojeny epineurálním stehem. EMG potom prováděna denně po dobu 20 dní. Supramaximální stimulace n. ulnaris na zápěstí. Motorická odpověď snímána z m. abductor dig. V. Snižování amplitudy vyžádalo postupně větší zesílení. Zesílení celkem zvětšeno o 2 řády. Distální latence odpovědi nezměněna. Za 20 dní po úrazu motorická odpověď nevýbavná.

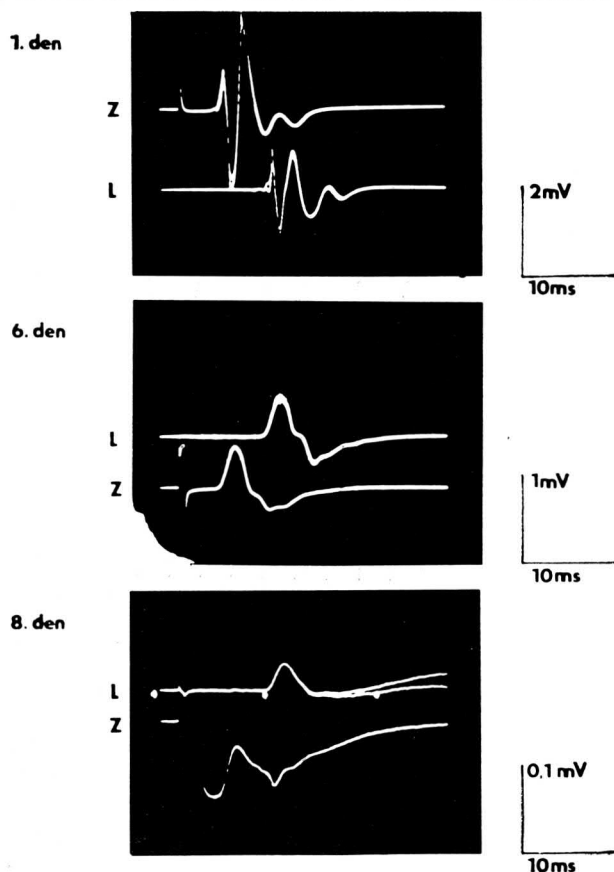


Obr. 3. Současné snižování amplitudy motorických odpovědí při dráždění distálního pahýlu v různých výškách

Nemocný K. M., střelné protětí části pažní pleteně s úplným denervačním syndromem n. ulnaris a n. medianus. Záznamy z vyšetření 5. a 10. poúrazového dne. N. ulnaris drážděn na zápěstí (Z) a v loketním žlábků (L). Odpovědi snímány v m. abductor digiti V. 10. den klesla amplituda odpovědi na 3 % (Z) a 7 % (L) hodnot z 5. dne. Operativní revize provedena 11. den. 15. den nebyla již motorická odpověď výbavná ani při dráždění v lokti ani na zápěstí.

době vyšší, bylo možno předpokládat, že se nejedná o neurotmezu, nýbrž o neurapraxii (obr. 7).

Proximální svaly denervované oblasti přestaly odpovídat na podráždění dříve než svaly distální. U obou nemocných s denervačním syndromem

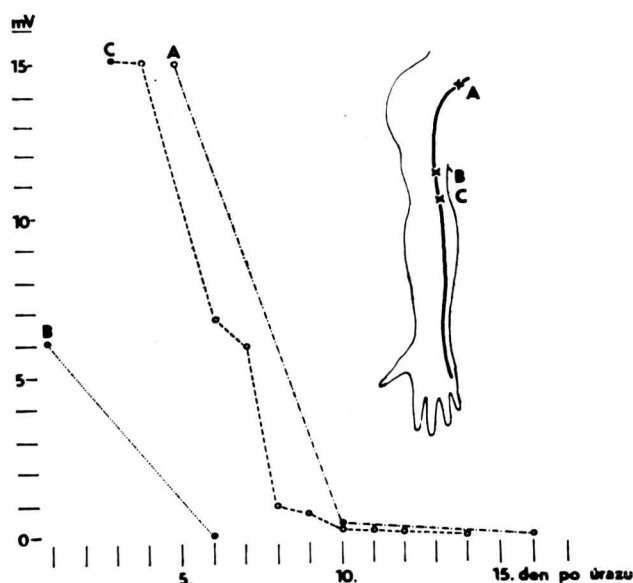


Obr. 4. Současné snižování amplitudy motorických odpovědí při dráždění distálního pahýlu v různých výškách Nemocný P. K., bodné poranění paže s následným úplným denervačním syndromem n. ulnaris a n. medianus. EMG vyšetření 1., 6., 8. a 11. den. N. medianus drážděn na zápěstí (Z) a v lokti (L). Odpovědi snímány z m. opponens pollicis. 8. den klesla jejich amplituda na 1 % (Z) a 17 % (L) hodnot z 1. dne. 11. den nebyla už motorická odpověď výbavná ani při dráždění v lokti ani na zápěstí.

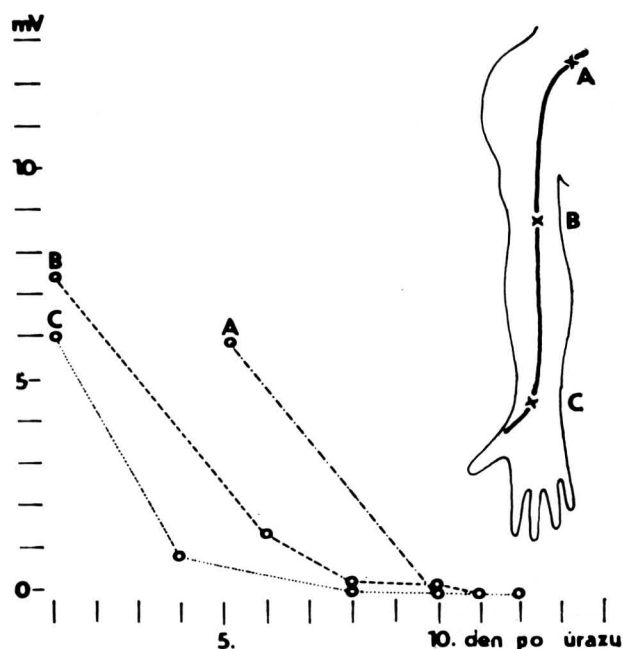
mem n. peroneus vyhasla nejdříve motorická odpověď v m. tibialis ant. a nejpozději v m. extensor digitorum brevis.

Nebyl zjištěn rozdíl v rychlosti postupu změn u n. ulnaris a n. medianus. Rychlost postupu změn nebyla stálá. U dvou nemocných s vysokým protětím obou nervů nastalo úplné vyhasnutí motorické odpovědi u jednoho dříve v n. ulnaris (o 5 dní), u druhého v n. medianus (o 6 dní, viz obr. 5 a 6).

Analogický, ale pomalejší pokles amplitudy vykazoval ortodromní neurogram jako představitel odpovědi na podráždění senzitivních zakončení v denervované kůži (obr. 9). Přetrvávání ortodromního neurogramu nebylo přímo úměrné délce distálního pahýlu. U dvou nemocných se zraněním v rameni a lokti (K. M. a P. V.) byl ortodromní neurogram n. ulnaris sejmout ve výši lokte ještě 10. den, zatímco u nemocného se zraněním na paži byl neurogram n. ulnaris ve výši lokte výbavný jen do 6. dne. Proximální úsek distálního pahýlu senzitivního axonu ztratil dráždivost a vodivost dříve než distální (obr. 10).



Obr. 5. Exponenciální spád amplitud motorických odpovědí v distálních pažích úplně přerušovaných nn. ulnaris Nemocní K. M. (A), P. K. (B) a P. V. (C). Místa zranění vyznačena na schématu. N. ulnaris drážděn na zápěstí. Odpověď snímána v m. abductor dig. V. Na svislé ose napětí odpovědi, na vodorovné ose odstup od úrazu ve dnech.



Obr. 6. Exponenciální spád amplitud motorických odpovědí v distálních pažích úplně přerušovaných nn. mediani Nemocní K. M. (A), P. K. (B) a J. V. (C). Místa zranění vyznačena na schématu. N. medianus drážděn na zápěstí. Odpověď snímána v m. opponens pollicis. Na svislé ose napětí odpovědi v mV, na vodorovné ose odstup od úrazu ve dnech.

U 9 nemocných operovaných pro tumor mostomozečkového koutu, kde se chirurgovi podařilo uchovat anatomickou kontinuitu n. facialis (všech nebo alespoň části vláken), ale kde se později vyvinul úplný denervační syndrom, zůstaly motorické odpovědi mimických svalů za-

chovány u 4 nemocných do 4. pooperačního dne, u 5 nemocných do 6. dne. Vyšetření nebyla u všech nemocných prováděna denně, ale u žádného z nich nebyla odpověď M už 8. dne výbavná.

Diskuse

Motorická odpověď (M), vybavená transkutánním drážděním nervu, vyjadřuje podráždění přenesené motorickou ploténkou z axonu na skupinu svalových vláken. Ortodromní neurogram, vybavený kutánním drážděním povrchových receptorů, představuje podráždění přenesené z terminálních úseků axonu do proximálních. Předpokládá se, že zachovaný přenos podráždění v distálním paží přetátého nervu je závislý na oddáleném postupu Wallerovy degenerace. Podle měření na kryse a králíku postupuje Wallerova degenerace proximodistálním směrem rychlostí 40–270 mm/24 hodin, pomaleji ve vláknech velkého průměru (Gutmann a Holubář, 1950; Ohmi, 1961). Anatomické i biochemické změny tvořící Wallerovu degeneraci nastávají však téměř najednou po celé délce distálního paží, nejčastěji však na motorické ploténce. Přehled literatury k dosud sporné otázce, zda Wallerova degenerace nastupuje současně v celém distálním paží, nebo zda se v něm šíří proximodistálně, podal Žabotinskij (1965). Pozorování a interpretace jednotlivých dějů v naší sestavě přispívají k porozumění složitým dějům v distálním paží přerušovaného nervu.

Pozorování	Výklad
1. Doba výbavnosti motorické odpovědi při dráždění nejdistančnějšího úseku nezávislá na celé délce distálního paží.	Wallerova degenerace není dějem s bezpodmínečnou konstantní rychlostí proximodistálních změn.
2. Současný zánik motorické odpovědi při dráždění ve vyšším i nižším místě distálního paží.	Příčinou zániku motorické odpovědi je ztráta funkce motorické ploténky. Teprve později ztrácí funkci axon.
3. Časnější vyhasnutí motorické odpovědi proximálních svalů.	Motorické ploténky proximálních motorických jednotek jsou méně odolné ke změnám při Wallerově degeneraci.
4. Snižování amplitudy motorické odpovědi i neurogramu.	Počet činných motorických i senzitivních jednotek se postupně zmenšuje.
5. Exponenciální pokles amplitudy motorické odpovědi.	a) Počáteční rychlý úbytek motorických jednotek. Během 56,6 % doby, po kterou byl distální paží dráždíván, se snížila motorická odpověď (v celé sestavě) na 5 %. Dráždivost 95 % motorických jednotek vyhasla během 56,6 % doby, po kterou byla motorická odpověď výbavná.

b) Pozdní pomalý úbytek motorických jednotek. Zbývajících 5 % amplitudy vyhasínalo po 43,4 % doby, po kterou byl distální pahýl dráždivý. 5 % motorických jednotek je více odolných k Wallerově degeneraci.

6. Trvání motorické odpovědi přechodně prodlouženo (polyfázická odpověď).

7. Rychlost motorického vedení nezměněna. Rychlost senzitivního vedení nezměněna.

8. Pomalý pokles amplitudy ortodromního neurogramu.

9. Časnější vyhasnutí ortodromního neurogramu v proximální části distálního pahýlu.

Přenos podráždění v některých motorických jednotkách je zpomalen; tyto jednotky ztrácejí dráždivost nejdříve.

Přenos podráždění zůstává po celou dobu zachované odpovědi zprostředkován také (v závěru procesu jen) nejrychleji vedoucími vlákny. Nejsilnější vlákna jsou nejodolnější k degeneraci.

Odolnost neurorecepčního spojení k Wallerově degeneraci je větší než odolnost motorické ploténky.

Proximální úsek senzitivních axonů v distálním pahýlu je méně odolný k Wallerově degeneraci než periferní úsek.

DNY PO ÚRAZU VYHASNUTÍ DRÁŽDIVOSTI

5. m. tibialis anterior

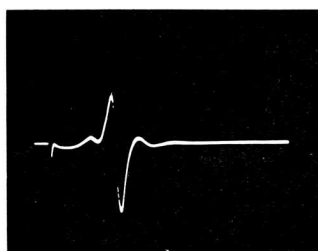
7. m. peroneus longus

12. m. extensor digitorum brevis

Obr. 7. Proximodistální posloupnost vyhasnutí motorických odpovědí v závislosti na délce axonů motorických jednotek

Nemocný P.N., střelné poranění dolní třetiny stehna s následným úplným denervačním syndromem n. peroneus com. N. peroneus drážděn na hlavičku fibuly (1. až 7. den) a na hleznu 1.—12. den). Odpověď snímána ve třech různých výších (ve třech různých svalectech).

10.12.1981



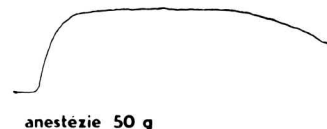
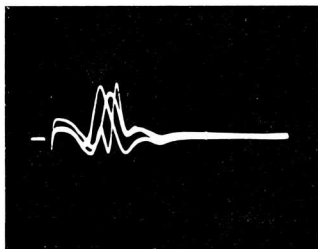
2mV
20ms

20 uV
2ms



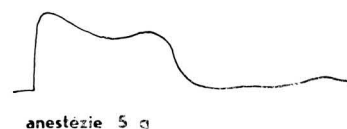
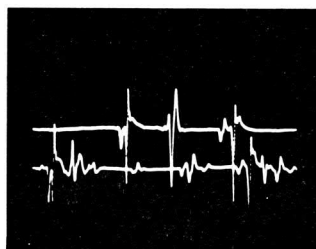
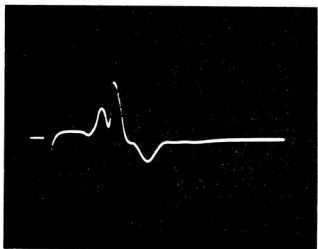
anestézie 50 g

14.12.1981



anestézie 50 g

21.12.1981

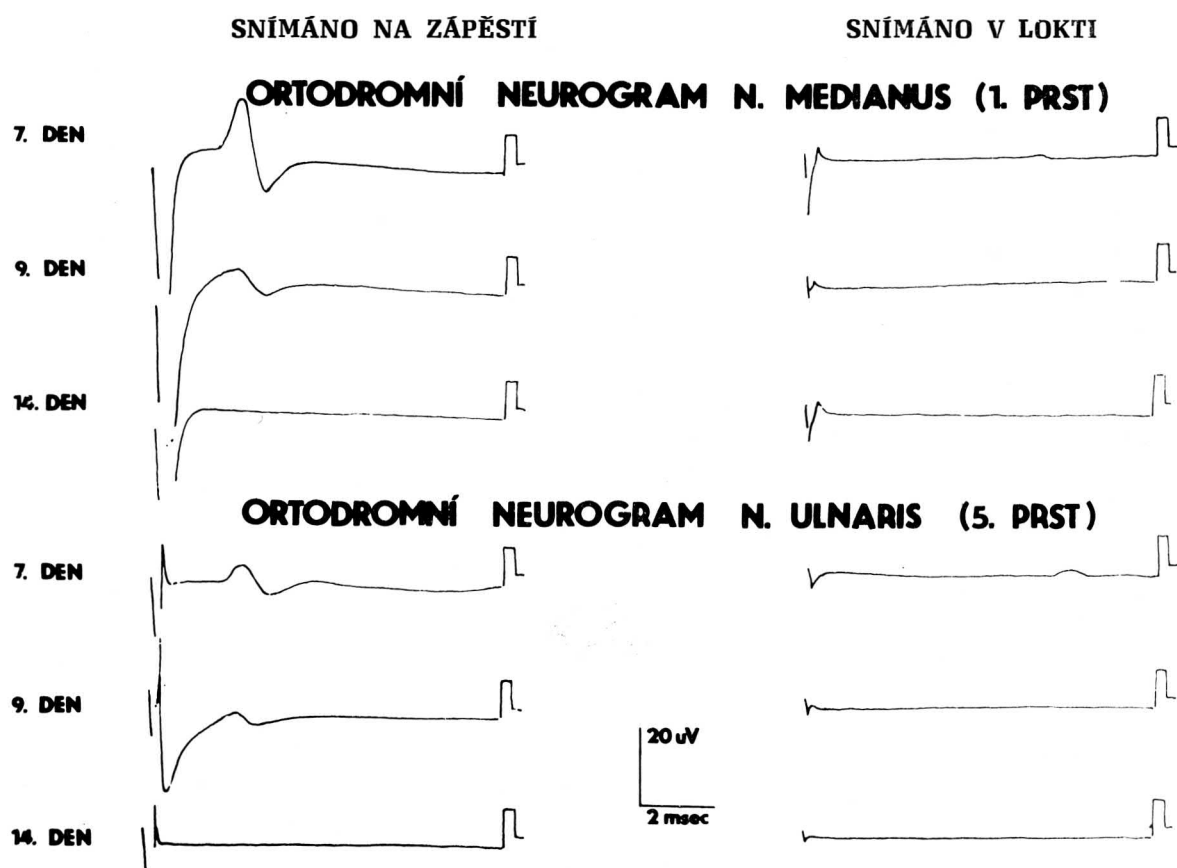


anestézie 5 g

Obr. 8. EMG a ENG obraz neurapraxie

Nemocný J.K. (mimo uvedenou sestavu), 3.12.1981 střelné poranění předloktí s následným úplným denervačním syndromem n. medianus, který klinicky trval 14 dní. Vlevo EMG. N. medianus drážděn na zápěstí, odpověď klesla jen na 1,7 mV. 18. den se amplituda motorické odpovědi dále zvýšila (1,9 mV) a obnovila se myografická i klinická volní aktivita. Vpravo ENG a kore-

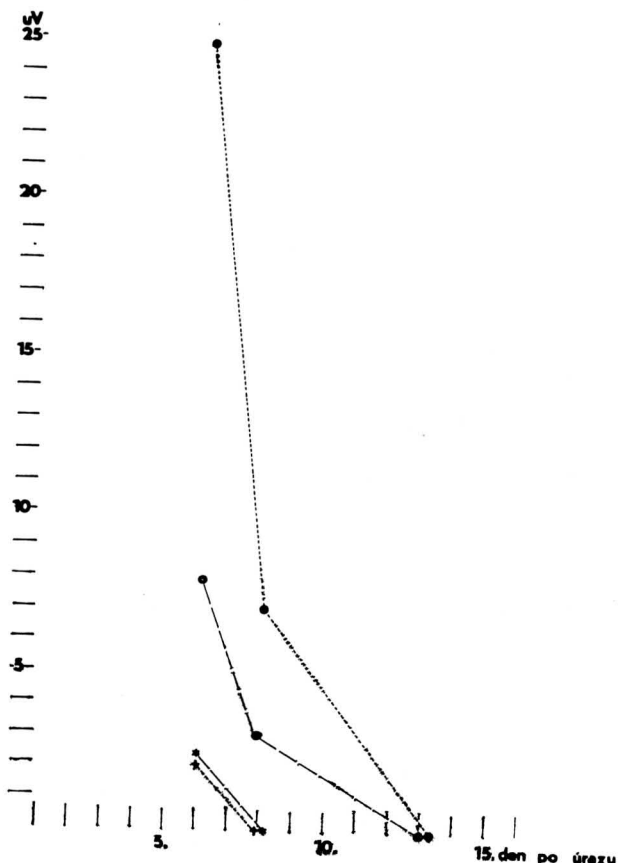
lát čítí stálého doteku. Drážděna kůže 2. prstu, odpověď snímána nad průběhem n. medianus na zápěstí. 7. poúrazový den ortodromní neurogram ještě zachován, 11. den již nevýbavný, ale 18. den už znovu výbavný. Anestézie pro stálý dotek 50 g trvala ještě 11. den, při vyšetření za další týden byla už jen pro stálý dotek 5 g.



Obr. 9. Snižování amplitudy ortodromního neurogramu

Nemocný P.K., bodné poranění paže s následným úplným denervačním syndromem n. medianus a n. ulnaris. 7. poúrazový den byl výbavný ortodromní neurogram

přetátého n. medianus i n. ulnaris jako jasná odpověď na zápěstí a jako abortivní odpověď v lokti. 9. den už jenom na zápěstí. 14. den ani na zápěstí.



Ve zdravém axonu proudí množství malých organel, enzymů, transmitérů a neurosekrečních substancí, včetně tzv. trofických substancí. Tyto nebyly dosud biochemicky definovány, ale ví se s jistotou, že existují a že se v axonu pohybují. Uvádí se, že jejich transport probíhá dvěma různými rychlostmi.

Nízkou rychlostí 1 mm/den (Lubińska, 1975), 1,5–2 mm/den (Sjöstrand, 1972), 1,5–10 mm/den (Droz aj., 1974; Bareggi aj., 1974) se pohybují rozpustné bílkoviny spojené s tvorbou axoplazmatických komponent včetně mikrofílament a mitochondrií. Pohybují se výhradně proximodistálním směrem, ale jen malá část těchto pomalu se pohybujících proteinů dosáhne presynaptického terminálu. Většina zmizí v průběhu axonální migrace. Mnoho skutečností dokazuje, že vyhasínání nervové vodivosti distálního pahýlu s tímto pomalým posunem axoplazmy nesouvisí.

Obr. 10. Snižování amplitudy ortodromního neurogramu

Grafické znázornění situace u nemocného P.K. Na svislé ose amplituda neurogramu v μ V, na vodorovné ose odstup od úrazu ve dnech. Krátce čárkovaně neurogram n. medianus, dlouze čárkovaně n. ulnaris. Odpověď snímáná ve výš lokte (*) byla vyhaslá už 8. den, ve výš zápěstí (●) až 13. den.

Vysokou rychlostí 40—400 mm/den {Ochs, 1972}, 100—500 mm/den {Sjöstrand, 1970}, 280 mm/den {Droz a Di Giamberardino, 1974} jsou posouvány proteiny a glukoproteiny spojené s elementy axolemmy, presynaptické membrány a synaptických vesíkul, tedy hlavně enzymy a přenosové substance. Tento posun je obousměrný, často pulsační {Bray a Austin, 1969}, a může měnit směr v preterminálních rozvětveních axonů, jejichž speciální elektrofyziologické vlastnosti, jako např. blokáda přenosu vzruchu, jsou známy {Lubińska, 1975}.

Každé strukturální i funkční změně nervu předchází změna axoplazmatického proudění {Pleasure, 1980}. Vzhledem k uvedeným rychlostem lze předpokládat, že významnou změnou v distálním pahýlu přetátého nervu je porucha rychlého transportu, který se během procesu Wallerovy degenerace zastavuje. Prvním důsledkem je zastavení přenosu podráždění na nervosvalové ploténce. Dříve se zastaví činnost plotének proximálních motorických jednotek než distálních. Axony funkčně vzdorují různě dlouho. Dříve jsou postiženy proximální úseky axonů než distální. V prvních dnech po transektci ubývá počet motorických jednotek překotně. Postupně se ubývání zpomaluje a malá část je velmi odolná. Nutně to souvisí i s vysokou odolností příslušných motorických plotének. Výklad pro tento jev chybí.

Souhrn

Elektrofyziologická měření distálního pahýlu úplně přerušeno nervu byla provedena v akutní fázi u 18 nemocných a opakována, dokud dráždivost distálního pahýlu úplně nevyhasla. Doba přetrvávání dráždivosti nebyla úměrná délce distálního pahýlu. Hlavní elektrofyziologickou změnou byl postupný pokles amplitudy motorické odpovědi i ortodromního neuogramu. Nález potvrdil časnou ztrátu funk-

ce většiny motorických plotének, zejména u proximálně lokalizovaných motorických jednotek. 5 % motorických jednotek distálního pahýlu vykazovalo výrazně vyšší funkční odolnost k Wallerově degeneraci.

Literatura

1. Bareggi, S. - Dahlström, A. - Häggendal, J., *Med. Biol.*, 52, 1974, s. 327.
2. Bray, J. J. - Austin, L., *Brain Res. (Amst.)*, 12, 1969, s. 230.
3. Carpenter, M. B.: *Human neuroanatomy*. Baltimore 1976.
4. Droz, B. - Giamberardino, L., *Adv. Cytopharmacol.*, 2, 1974, s. 249.
5. Gilliatt, R. W. - Taylor, J. C., *Proc. roy. Soc. Med.*, 52, 1959, s. 1080.
6. Gilliatt, R. W. - Hjorth, R. J., *J. Neurol., Neurosurg., Psychiat.*, 35, 1972, s. 335.
7. Gutmann, E. - Holubář, J., *J. Neurol. Neurosurg. Psychiat.*, 13, 1950, s. 89.
8. Landau, W. M., *J. Neurosurg.*, 10, 1953, s. 64.
9. Landon, D. N.: *The peripheral nerve*. London 1976.
10. Lubińska, L., *Int. Rev. Neurobiol.*, 17, 1975, s. 263.
11. Ohmi, S., *Z. Zellforsch. Mikrosk. Anat.*, 54, 1961, s. 39.
12. Ochs, S., *J. Physiol. (Lond.)*, 227, 1972, s. 627.
13. Pleasure, D.: *Axoplasmic transport*. In: *The physiology of peripheral nerve disease* (ed. A. J. Sumner). London 1980.
14. Sjöstrand, J., *Brain Res. (Amst.)*, 18, 1970, s. 461.
15. Sjöstrand, J., *Exp. Brain Res. (Berl.)*, 8, 1972, s. 105.
16. Škorpil, V., *Čs. Neurol.*, 26, 1963, s. 307.
17. Žabotinskij, J. M.: *Normalnaja i patologičeskaja morfológija nejrona*. Leningrad 1965.

Klíčová slova: Přerušený periferní nerv; Distální pahýl; Elektrofyziologická měření.

Autor děkuje MUDr. P. Hníkoví, DrSc. a doc. MUDr. S. Tučkovi, DrSc. z Fyziologického ústavu ČSAV za laskavé připomínky.