

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI**  
**FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH STUDIÍ**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**2012**

**MIKULÁŠ HEGER**

FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH STUDIÍ

Studijní program: Specializace ve zdravotnictví B 5345

**Mikuláš Heger**

Studijní obor: Fyzioterapie 5342R004

**SROVNÁNÍ KLASICKÉ A MODERNÍ FORMY  
ELEKTRODIAGNOSTIKY PERIFERNÍCH PARÉZ**

**Bakalářská práce**

Vedoucí práce Mgr. Štěpánka Rybová

PLZEŇ 2012

**Prohlášení:**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně a všechny použité prameny jsem uvedl v seznamu použitých zdrojů.

V Plzni dne 20. 3. 2012

.....

vlastnoruční podpis

Děkuji Mgr. Štěpánce Rybové za odborné vedení práce a poskytování rad. Dále děkuji panu Pavlu Tupému za ochotu a trpělivost při vyšetřování a v neposlední řadě děkuji katedře fyzioterapie a ergoterapie za poskytnutí technického vybavení.

## Anotace

Příjmení a jméno: Mikuláš Heger

Katedra: Fyzioterapie a ergoterapie

Název práce: Srovnání klasické a moderní formy elektrodiagnostiky periferních paréz

Vedoucí práce: Mgr. Štěpánka Rybová

Počet stran: 45

Počet příloh: 0

Počet titulů použité literatury: 20

Klíčová slova: galvanický (přerušovaný) proud, neofaradický proud, chronaxie, reobáze, akomodační kvocient, I/t křivka, denervační syndrom

Souhrn: Tato práce je zaměřena na vyšetření periferních paréz elektrodiagnostickými metodami. Metody rozdělujeme na klasické a moderní. Klasické a moderní metody elektrodiagnostiky byly porovnávány na 2 pacientech postižených periferní parézou. Pacienti byli vyšetřeni svalovým testem, neurologickým vyšetřením a elektrodiagnostickými metodami.

## Annotation

Surname and name: Mikuláš Heger

Department: Fyzioterapie a ergoterapie

Title of thesis: Comparison of classical and modern forms of electrodiagnosis of peripheral pareses

Consultant: Mgr. Štěpánka Rybová

Number of pages: 45

Number of appendices: 0

Number of literature items used: 20

Key words: galvanic (discontinuous) current, neofaradic current, chronaxy, rheobase, accommodation quotient, Strength-Duration curve, denervation syndrome

Summary: This bachelor work is focused on electrodiagnostic screening of peripheral pareses. Electrodiagnostic methods are divided into modern and classical. Two disabled patients suffering from peripheral pareses have been compared by the means of these methods. The patients have been examined with the use of the muscle test, neurological and electrodiagnostic examination.

# OBSAH

Úvod.....	9
TEORETICKÁ ČÁST .....	10
1 ELEKTRODIAGNOSTIKA .....	10
1.1 Klasická (jednoduchá) elektrodiagnostika .....	10
1.1.1 Faradický proud – farad.....	10
1.1.2 Neofaradický proud, neofarad .....	10
1.1.3 Přerušovaný galvanický proud.....	11
1.2 Moderní elektrodiagnostika .....	11
1.2.1 Reobáze.....	12
1.2.2 Chronaxie.....	12
1.2.3 Akomodační kvocient .....	13
1.2.4 Křivka I/t – Hoorweg – Weissova .....	14
1.2.5 Motorický bod.....	16
2 FYZIOLOGIE PERIFERNÍHO NEURONU .....	17
2.1 Třídění vláken podle rychlosti vedení.....	17
2.2 Synapse .....	18
2.3 Funkční projevy nervového systému .....	19
2.4 Reflex .....	19
2.5 Sumace .....	19
3 FYZIOLOGIE KOSTERNÍHO SVALU .....	21
4 PERIFERNÍ PARÉZA .....	22
4.1 Denervační syndrom .....	22
4.1.1 Ztráta nepřímé a přímé faradické dráždivosti .....	22
4.1.2 Ztráta nepřímé galvanické dráždivosti.....	22
4.1.3 Typické změny v přímé galvanické dráždivosti .....	22
4.1.4 Inverse formule .....	22
4.1.5 Přesun dráždivých bodů k periférii .....	23
4.1.6 Změny rheobase .....	23
4.1.7 Chronaxie.....	23
4.1.8 Hoorweg – Weissova křivka pro pravoúhlé impulsy.....	23
4.1.9 Hoorweg – Weissova křivka pro vzestupné impulsy.....	23
4.1.10 Sklon k tetanické odpovědi.....	24

4.1.11	Změny v akčních potenciálech .....	24
4.2	Klasifikace poranění periferního nervu.....	24
4.2.1	Klasifikace dle Seddona (1942).....	24
4.2.1.1	Neuropraxie.....	24
4.2.1.2	Axonotmeze .....	24
4.2.1.3	Neurotmeze .....	25
4.2.2	Klasifikace dle Sunderlanda .....	25
4.3	Wallerova degenerace a regenerace .....	26
4.4	Regenerace motorických axonů .....	26
4.5	Diagnóza periferní obrny .....	26
	PRAKTICKÁ ČÁST .....	27
5	CÍLE A HYPOTÉZY .....	27
5.1	Cíle.....	27
5.2	Hypotézy .....	27
6	METODIKA VÝZKUMU .....	28
6.1	Postup vyšetření .....	28
6.2	Charakteristika sledovaných souborů .....	30
6.2.1	Kazuistika č. 1.....	30
6.2.2	Kazuistika č. 2.....	31
6.3	Použité vybavení .....	32
7	VÝSLEDKY.....	34
7.1	Výsledky testování H1 .....	34
7.2	Výsledky testování H 2 .....	35
7.3	Výsledky H3.....	37
8	DISKUZE.....	41
	Závěr .....	43
	Seznam literatury .....	44



## ÚVOD

Fyzioterapie jako vědní obor sebou přináší mimo manuálních metod také metody přístrojové. Rostoucí pokrok moderní doby se projevil i ve fyzioterapii. Nové přístroje pomohly k vylepšení metod. Mezi tyto fyzikální metody patří i elektrodiagnostika.

Od vynálezu elektrického proudu se počaly zkoumat jeho důsledky na lidské tělo.

Do elektrodiagnostiky patří všechny diagnostické metody využívající elektrického proudu. Dle Steuernagela řadíme do elektrodiagnostiky kromě klasicky používaných metod různých druhů proudů i diagnostikování za použití radioaktivních látek a rentgenu.

V případě diagnostiky periferní parézy máme k dispozici elektrodiagnostických metod mnohem méně. Metody jako Hoorweg-Weissova I/t křivka, reobáze, chronaxie, akomodační kvocient jsou metodami moderními, které odsunuly do ústraní metody klasické. Klasickou, neboli jednoduchou elektrodiagnostiku představuje přerušovaný galvanický proud a neofaradický proud.

Cílem mé práce bylo porovnání těchto metod a ověření všeobecně platných pravidel, jako rozdílu dráždivosti katody a anody.

## 1 ELEKTRODIAGNOSTIKA

Elektrodiagnostika, je metoda, která slouží k diagnostikování patologií, v našem případě posuzování periferních paréz.

### 1.1 Klasická (jednoduchá) elektrodiagnostika

Na jednoduchou elektrodiagnostiku se používalo faradického impulsu později nahrazeného neofaradickým, v moderní elektrodiagnostice nahrazených impulzem se šikmým nástupem proudu. Jako pravoúhlého impulsu se dříve užívalo přerušovaného galvanického proudu.

Urban (2006) zastává názor, že od klasické elektrodiagnostiky by se nemělo upouštět. Bez předchozího zjištění změn dráždivosti svalu dle Brennera nelze stanovit validní I/t křivku.

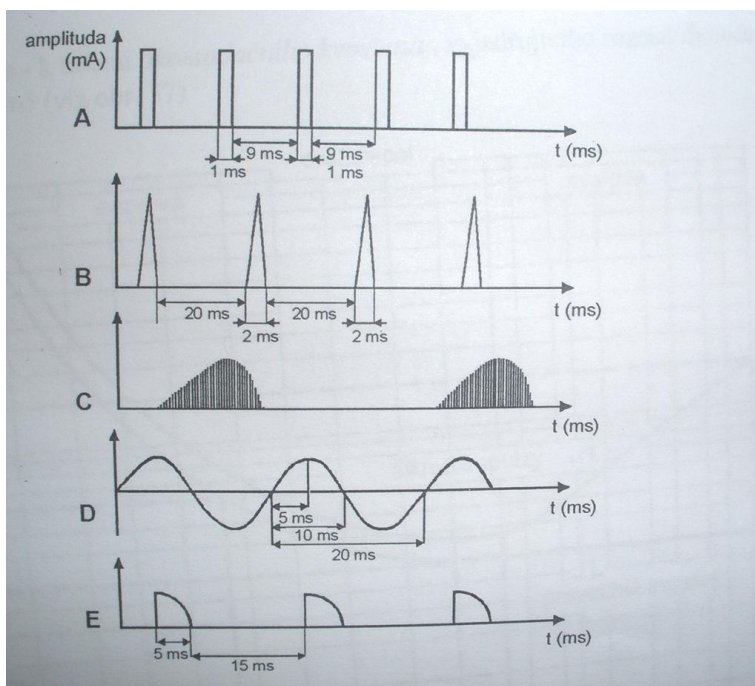
#### 1.1.1 Faradický proud – farad

Původně stochastický, asymetrický, bifázický proud. Vznikal elektromagnetickou indukcí (M. Faraday 1831). Později byly změněny parametry na monofázický, pravoúhlý pulzní proud, impuls 2 ms, pauza 20 ms, perioda 22 ms, frekvence přibližně 45 Hz. Faradické proudy v dnešní době mají frekvenci 50 Hz, jsou pravoúhlé monofázické a využívají se proto především k elektrogymnastice. (Poděbradský, Vařeka, 1998)

Faradický proud byl při elektrodiagnostice později nahrazen proudem neofaradickým.

#### 1.1.2 Neofaradický proud, neofarad

„Je to monofázický, trojúhelníkový, pulzní proud. Impuls 2 ms, pauza 20 ms, perioda 22 ms, frekvence přibližně 45 Hz (obrázek 1).“ (Poděbradský, Vařeka, 1998, s. 164)



Obrázek 1. B) Neofaradický proud (Capko, 1998, s. 189)

Neofaradického proudu se dnes zřídka užívá k elektrostimulaci. Výhodnější je ale užívat selektované impulzy dle I/t křivky. (Poděbradský, Vařeka, 1998)

### 1.1.3 Přerušovaný galvanický proud

Dle Ipsera (1972) byl tento typ proudu v budoucnu nahrazen pravoúhlými impulzy. Vyšetřování se provádělo ze zdroje galvanického proudu ručním přerušovačem. Byly to tedy pravoúhlé impulzy o délce přibližně jedné sekundy. Vyvolat jimi kontrakci denervovaného svalu se podaří jen při dosti vysokých hustotách proudu, při nichž však mnohem dříve a silněji odpovídají svaly zdravé. Tak bylo možné diagnostiku provádět jen za cenu bolestivého dráždění okolních zdravých svalových jednotek.

Tyto metody však byly odsunuty do ústraní po objevení účinnějších metod. tzv. metod moderních. Mezi metody moderní patří dle Hupky: Hoorweg-Weissova I/t křivka, akomodační kvocient, reobáze a chronaxie.

## 1.2 Moderní elektrodiagnostika

Vývoj elektrodiagnostiky šel k metodám, které by mohly číselně vyjádřit míru poruchy nervosvalové dráždivosti. Jedná se o reobázi, chronaxii, akomodační kvocient a Hoorweg-Weissovu I/t křivku.

### 1.2.1 Reobáze

„Prahová intenzita dráždícího impulsu – je nejnižší intenzita, kterou můžeme vyvolat motorické podráždění (záškub) při dostatečně dlouhém čase trvání impulsu, tj. 1000 ms. Reobáze je odrazem změn dráždivosti, nízká reobáze znamená vysokou dráždivost a naopak. Její změny je možné hodnotit zejména při průběžném sledování.“ (Hupka, Kolesár, Žaloudek, 1980, s. 219 – 220)

„Reobáze je intenzita proudu  $I$  [mA (c. c. přístroj)] popř. mV (c. v. přístroj)], která při zapnutí stejnosměrného proudu (pravoúhlého impulsu) vyvolá vzruch (minimální záškub), tzn., že prahu dráždivosti (motorické intenzity) bylo dosaženo.“ (Edel, 1991, s. 31)

Dle Gillerta (1983), je reobáze prahová intenzita, při které vypnutí proudu vyvolá registrovatelný záškub. Proud určený k reobázi, má náhlý nástup a delší výdrž.

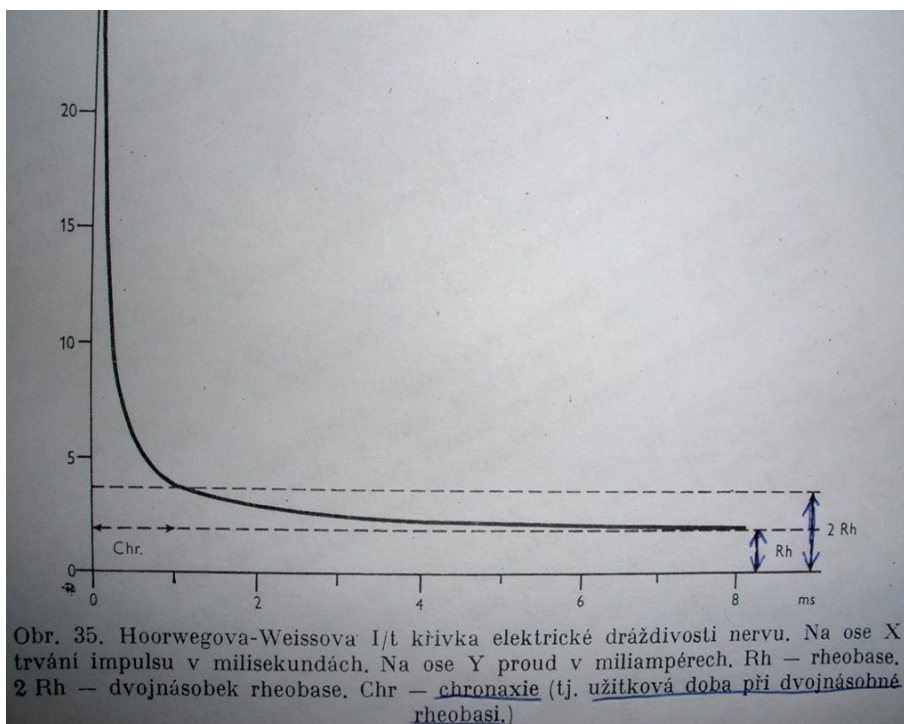
Dle Ipsera s Přerovským (1972), vyšetřovali Hoorweg a Weiss závislost vzniku podráždění na intenzitě proudu a na době jeho průtoku. Shledali, že při velmi dlouhém průtoku s pravoúhlým nástupem, např. 1000 ms, je třeba jisté minimální intenzity, aby na daném místě vzniklo podráždění. Toto minimum se označuje reobází (obrázek 2).

### 1.2.2 Chronaxie

„Prahový čas dráždícího impulsu – je nejkratší čas potřebný na vyvolání podráždění, jestliže dráždící impuls má intenzitu dvojnásobku reobáze. Chronaxie při denervaci po počátečním poklesu stoupá a s reinervací se vrací k původním hodnotám.“ (Hupka, Kolesár, Žaloudek, 1980, s. 220)

Edel (1991) uvádí jiné parametry pro vyšetření chronaxie. Edel stejně jako ostatní autoři udává, že se jedná o prahový čas dvojnásobku intenzity reobáze, ale chronaxii vyšetřuje jen pravoúhlým impulzem.

„Ipsers s Přerovským popisují, že od hodnot reobáze zkracujeme dobu impulsu a zvyšujeme intenzitu. Když dojdeme k dvojnásobné intenzitě, než byla reobáze, bude třeba užitečné doby impulsu, kterou Lapicque (1926) nazval chronaxií. Další zkracování doby impulsu vyžaduje stále pronikavějšího vzestupu intenzity proudu, takže křivka závislosti strmě stoupá. Celá charakteristika má tvar hyperboly a značí tedy nepřímou lineární závislost mezi dobou a proudem (strength-duration curve, Intensität-Zeit Kurve,  $I/t$  křivka). Součin z doby impulsu a jeho intenzity je tedy konstanta. Bod odpovídající chronaxii leží téměř u vrcholu zakřivení hyperboly, to je však do značné míry náhoda (obrázek 2).



Obrázek 2. Reobáze a chronaxie (Ipser, Přerovský, 1972, s. 179)

Lapicque a jeho spolupracovníci vytvořili ve dvacátých a třicátých letech z chronaxie a chronaximetrie celou soustavnou nauku.“ (Ipser, Přerovský, 1972, s. 178, 179)

Zde zkoumají většinu svalových a nervových vláken a jejich reakce při prahovém čase. Mimo jiné také zmiňují, že chronaxie lze přesně vyšetřit přesně jen na jednotlivém nervovém vlákně, nebo k němu příslušející jednotce svalové. (Ipser, Přerovský, 1972)

„To je pravá chronaxie. Měřením přes kůži získáváme výslednou hodnotu z velkého množství různých pravých chronaxií a nazýváme je pseudochronaxie. Pro klinickou vyšetřovací praxi představuje ještě dnes chronaxie hodnotu užitečnou pro její názornost a jednoduchost. Současně je však tato jednoduchost také její nevýhodou, protože nám indikuje jen jeden – byť i významný a zajímavý – bod I/t křivky.“ (Ipser, Přerovský, 1972, str. 179)

### 1.2.3 Akomodační kvocient

„Je veličina na hrubší kvantitativní vyjádření změn dráždivosti. Jeho podstatou je akomodační schopnost zdravých nervosvalových jednotek, které jsou schopné přizpůsobit se delšímu impulzu s pozvolným nástupem tak, že podráždění vznikne jen při 3 – 6 násobném zvýšení intenzity šikmého impulzu se strmým nástupem. Čím je porucha dráždivosti větší, tím je akomodační schopnost menší. Při úplné denervaci

reaguje sval na impuls s pozvolným i strmým nástupem téměř stejně. Akomodační kvocient A určíme tak, že změříme intenzitu proudu potřebnou na vyvolání podráždění impulzem s pozvolným nástupem  $I_p$  a strmým nástupem  $I_s$ , které trvají 1000 ms. Potom se akomodační kvocient rovná podílu intenzity (vyjádřený v mA) takto:

$$A = \frac{I_p}{I_s}$$

Hodnoty akomodačního kvocientu větší než 2,7 – 3 jsou normální hodnoty akomodace zdravé nervosvalové tkáně. Hodnoty pod 2,7 znamenají začínající denervaci a hodnoty okolo 1 již úplnou denervaci.“ (Hupka, Kolesár, Žaloudek, 1980, s. 220)

Dle Poděbradského a Vařky (1998) jsou hodnoty pro zdravý sval 2 – 6, pro sval částečně denervovaný 1 – 2 a pro úplně denervovaný kolem 1.

Dle Edela (1991) bereme hodnoty od 2 – 4 jako fyziologické a hodnoty okolo 1 jako patologické. Edel také říká, že u pacientů, kteří nedokáží tolerovat intenzitu proudu, při které jsme ještě nedosáhli viditelné motorické odpovědi, můžeme akomodační kvocient určit z impulsů dlouhých 500 ms. Jantsch 1974 pro tento případ stanovil jako normální hodnoty 1,5 a vyšší.

Dle Ipsera (1972) bychom nejdříve měli změřit rheobasi pro „nekonečně dlouhý“ pravoúhlý impuls např. 1000 ms a pak tutéž rheobasi pro vzestupný impuls 1000 ms. Ta bude několikanásobně vyšší. Poměr obou prahů (vzestupný: pravoúhlý) je za normálních poměrů asi 4 – 6. Za patologických poměrů se velmi citlivě mění a je ukazatelem trofických změn, které nastaly v nervu nebo svalu.

#### **1.2.4 Křivka I/t – Hoorweg – Weissova**

„Jedná se o nejkompexnější formu hodnocení dráždivosti. Graficky vyjadřuje závislost intenzity potřebné na vyvolání prahového podráždění při postupném zkracování času trvání dráždícího impulsu. Tato závislost se zjišťuje jak pro strmé, tak pro pozvolně nastupující impulzy. Křivka se charakteristicky mění v průběhu denervace i reinervace. Záznam křivky I/t vytvoříme postupným určováním prahově motorických intenzit pro impulzy rozličného trvání. V zásadě určujeme hodnoty pro 0,05; 0,1; 0,5; 1; 2; 5; 10; 20; 50; 100; 200; 500 a 1000 ms, anebo při dostatečné rutině, případně kontrolním vyšetření volíme jen několik (8 - 10) bodů. Získané hodnoty zobrazíme graficky v bilogarithmické soustavě, kde na osu X nanášíme čas v ms a na osu Y intenzitu v mA. Dříve se museli hodnoty zanášet ručně do logaritmické tabulky, dnes již za nás graf automaticky vytvoří moderní přístroje. Z křivky můžeme velmi snadno vyčíst hodnoty reobáze, chronaxie a akomodačního kvocientu. Výsledky hodnocení

křivek I/t zapsaných při rozličných změnách nervosvalové dráždivosti ukazují, že pravá část je odrazem změn svalové dráždivosti a střední část odráží pravděpodobně změny převodu vzruchu z nervu na sval. Proto se i průběh křivek zapsaných při postupující denervaci mění tak, že levá část křivky se přesouvá směrem doprava nahoru a tím v pravé části nastává pokles a přiblížení zdvihnutého ramena křivky impulzů s pozvolným nástupem ke křivce pravoúhlých impulzů. Když porovnáme I/t křivku pro proudy se šikmo nastupujícími impulzy při normální dráždivosti a při denervaci zjistíme, že v oblasti dlouhých impulzů potřebujeme na vyvolání podráždění denervovaných svalů nižší intenzity než svalů zdravých, což je podmíněné poklesem akomodační schopnosti denervovaného svalu. To umožňuje zvolit šikmo nastupující impulz určité intenzity a času, kterým je možné izolovaně dráždit denervované svaly, a tak zachovat jejich trofiku bez toho, aniž by nastalo zbytečné podráždění zdravých svalů v okolí. Křivka senzitivní dráždivosti má paralelní průběh s I/t křivkou zdravých svalů, a proto je senzitivní podráždění při správně volených impulzech minimální. Takto můžeme s pozvolně nastupujícími impulzy izolovaně dráždit denervované svaly, což je velká výhoda oproti dříve používaným proudům s pravoúhlými impulzy, tzv. přerušovaným galvanickým proudem. Vyšetření dráždivosti křivkou I/t má svoje uplatnění v elektrodiagnostice. Dá se jím poměrně přesně zjistit přítomná denervace, při čemž umožňuje určit přibližný rozsah poškození a při sérii vyšetření ve 2 – 3-týdenních intervalech je možné spolehlivě stanovit, či se stav zlepšuje, zhoršuje anebo zůstává nezměněný. Při zlepšování stavu se reinervace projevuje zálomy na křivce, postupným poklesem levého ramena na křivce a při zlepšující se svalové funkci se zvedá pravé rameno křivky pro pozvolné impulzy. Hodnocení I/t křivkou je vymezené tím, že křivka odráží stav povrchových vláken. Na druhou stranu je tato oblast větší než oblast, kterou zachytíme při elektromyografii, i když při ní můžeme změřit i aktivitu hlubokých svalových vláken. Vyšetření I/t křivkou ale neodhaluje místo poškození nervu. Z uvedeného vyplývá, že vyšetření I/t křivkou je jednou ze základních metodik hodnocení poruchy periferního motoneuronu.“ (Hupka, Kolesár, Žaloudek, 1980, s. 220 – 225)

Mnozí autoři (Poděbradský, Vařeka, 1998; Capko, 1998) v pasážích věnovaných metodikám elektrodiagnostiky správně doporučují monopolární techniku vyšetření, ale jako diferentní elektroda je striktně stanovena katoda. Ve stěžejních cizojazyčných monografiích otázka polarity diferentní elektrody není vůbec zmiňována (Edel, 1991; Robinson, 1996). Ve skutečnosti lze striktně stanovit polaritu diferentní elektrody pouze

pro vyšetření nedenergovaného svalu. V rámci rozvoje denervačního syndromu dochází ke srovnání dráždivosti pro polaritu elektrod či k inverzi této formule. (Smékal, Urban, 2006)

Výhoda I/t křivky spočívá v určení hodnot pro selektivní elektrostimulaci. Při vyšetření klasické I/t křivky, kdy získáme 44 měření, nemá většina pro elektrostimulaci význam. Z hlediska cílové (drážděné) struktury je možno I/t křivku dělit na

- neurogenní (0,03-1,0 ms) – drážděn je aferentní nerv
- přechodovou (1,0-10,0 ms)
- pyogenní (10,0-1000,0 ms) – přímé dráždění svalových vláken (jen u denervovaných svalů)

(Poděbradský, Poděbradská, 2009)

### **1.2.5 Motorický bod**

Při moderní elektrodiagnostice se snažíme sval dráždit v místě motorického bodu.

„Motorický bod svalu je anatomicky definované místo, ze kterého lze při perkutánní stimulaci vyvolat kontrakci nejmenší intenzitou dráždícího proudu. Obvykle se nachází v proximální třetině svalu a je to místo vstupu nervu i největšího nakupení nervosvalových plotének, často je totožné s akupunkturním bodem (nižší kožní odpor). U denervovaného svalu se motorický bod přesouvá distálně (longitudinální reakce), obvykle do místa, kde je sval nejbliže pod povrchem nebo opět do místa nejbližšího akupunkturního bodu. K detekci motorického bodu je optimální používat pravoúhlé impulzy s délkou (dobou) trvání 1–5 ms a frekvenci 0,3–0,15 Hz (1 impulz za 3–6 s).“ (Poděbradský, Poděbradská, 2009, s. 103, 104)



## 2 FYZIOLOGIE PERIFERNÍHO NEURONU

„Funkční jednotkou periferního nervu je periferní nervové vlákno. Ve spinálním nervu tato vlákna jsou:

1. eferentní neurity buněk předních rohů míšních (a ze sympatických ganglií)
2. aferentní dendrity pseudounipolárních buněk spinálních ganglií

Periferní nervová vlákna se skládají z axonu (neuritu) a pochvy. Podle druhu pochvy lze všechna vlákna rozlišit na vlákna:

1. myelizovaná (bílá)
2. nemyelizovaná (šedá vlákna Remakova)

Přibližně 10 000 axonů se spojuje do svazečků (fascikul) a asi 1 – 100 fascikulů tvoří periferní nerv.“ (Trojan a kol., 1999, s. 64)

### 2.1 Třídění vláken podle rychlosti vedení

Podle rychlosti vedení se nervová vlákna rozdělují do tří hlavních skupin (obrázek 3). U motorických nervů převládá skupina A, u senzitivních se vyskytují všechny tři A, B i C a u vegetativních vláken bývají B nebo C. (Ipser, Přerovský, 1972)

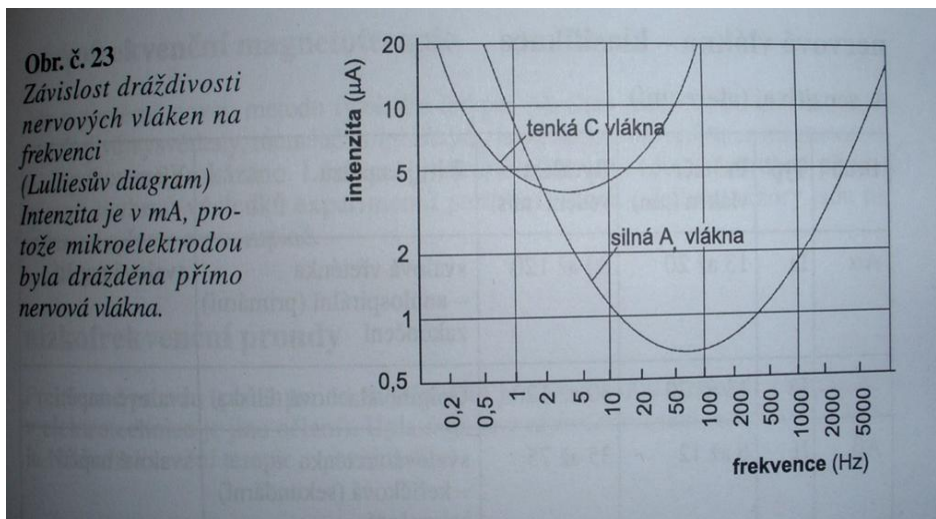
Tab. 2-1. Typy vláken v savčím nervu<sup>1</sup>

Typ vláken	Funkce	Poloměr (μm)	Rychlost vedení (m/s)	Trvání hrotu (ms)	Absolutní refrakterní perioda (ms)
A	α	12–20	70–120	0,4–0,5	0,4–1
	β	5–12	30–70		
	γ	3–6	15–30		
	δ	2–5	12–30		
B	pregangliové autonomní	<3	3–15	1,2	1,2
C	Zadní kořeny	0,4–1,2	0,5–2	2	2
	Sympatická	0,3–1,3	0,7–2,3	2	2

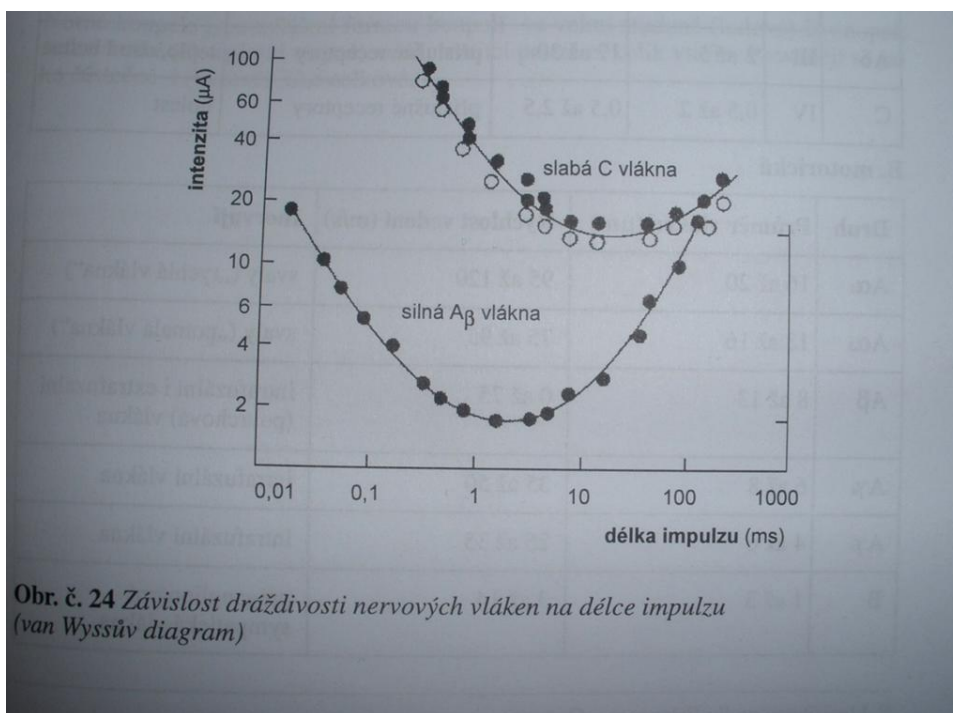
<sup>1</sup> A a B vlákna jsou myelinizována, vlákna C nikoliv

Obrázek 3. Typy nervových vláken (Ganong, 2001, s. 62)

„Dráždivost nervových vláken je dána především jejich typem a parametry dráždivého proudu. Nejdůležitější parametry jsou frekvence dráždivých impulzů (obrázek 4) a délka impulzu (obrázek 5). Pro kontaktní elektroterapii jsou důležité především rozdíly mezi Aβ a C vlákny, které znázorňují níže uvedené grafy, ze kterých také vyplývá volba parametrů jednotlivých procedur kontaktní elektroterapie.“ (Poděbradský, Vařeka, 1998, s. 100)



Obrázek 4. Závislost dráždivosti nervových vláken na frekvenci proudu  
 (Poděbradský, Vařeka, 1998, s. 101)



Obrázek 5. Závislost dráždivosti nervových vláken na délce impulzu  
 (Poděbradský, Vařeka, 1998, s. 101)

## 2.2 Synapse

Termín synapse je překládán původně jako funkční spojení nervových buněk, kterého poprvé užil Sherrington roku 1897. (Trojan a kol., 1999)

„Jako synapse jsou v současné době označovány všechny funkční kontakty mezi membránami dvou buněk, z nichž alespoň jedna je neurálního původu. Prostřednictvím těchto kontaktů jsou zprostředkovány trofické vlivy a především přenos nervových vzruchů (synaptická transmise).“ (Trojan a kol., 1999, s. 45)

„Všechny známé synapse můžeme tedy zařadit do 3 základních skupin: synapse interneuronální, neuroefektorové a neuroreceptorové.“ (Trojan a kol., 1999, str. 46)

Jiné rozdělení synapsí je dle způsobu přenosu vzruchu: chemické, elektrické, smíšené a nervosvalová ploténka.

### **2.3 Funkční projevy nervového systému**

„Neuron má dvě hlavní funkce:

1. Udržuje správný růst svůj i orgánů, které inervuje, jejich metabolismus a funkci. Tuto jeho schopnost označujeme jako trofickou úlohu nervového systému.
2. Druhá část jeho funkce, většinou více zdůrazňována, spočívá v souboru mechanismů, které dávají vznik vzruchům a které umožňují jejich šíření, cílené usměrnění a vedou k integrované činnosti nervové soustavy.“ (Trojan a kol., 1999, s. 54)

### **2.4 Reflex**

Funkčním projevem činnosti neuronu je vzruch, funkční jednotkou nervové soustavy je reflex. Reflex se šíří po dráze zvané reflexní oblouk. Reflexní oblouk tvoří receptor, aferentní dráha, centrum, eferentní dráha, efektor (sval v našem případě). Reflexní oblouk je v případě periferní parézy přerušen v eferentní dráze. (Trojan a kol., 1999)

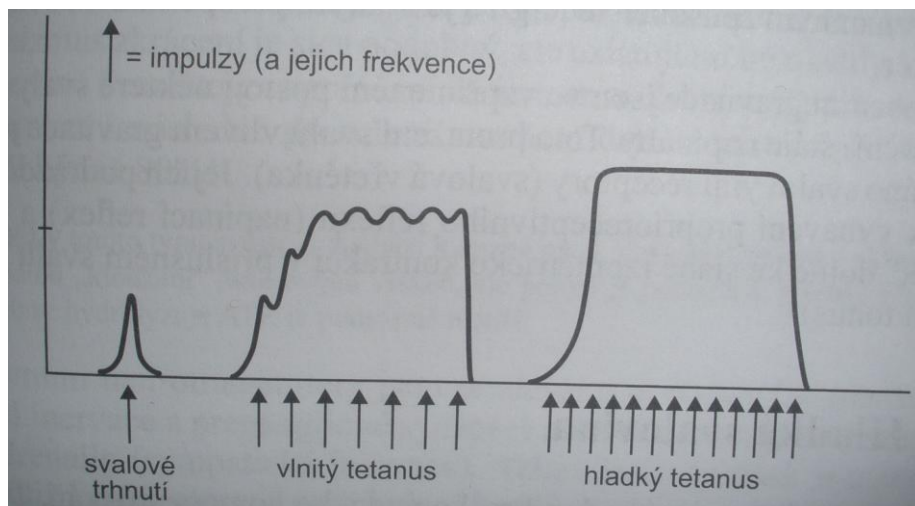
### **2.5 Sumace**

„Převádí-li se z aferentního nervu signál do centrálního nervstva, dochází často jen k podprahovým excitacím a nevzniká při tom vzruch. Přicházejí-li však signály po několika aferentních nervech, mohou se sčítat (zejména tím, že uvoňují větší množství mediátoru), takže vyvolají vzruchovou reakci. Tento jev označujeme jako prostorovou sumaci. Také opakované dráždění stejného aferentního nervu může sčítáním účinků vyvolat vzruch. To je časová sumace. Rozdíly mezi přímým a reflexním drážděním motoneuronu. Dráždíme-li motorický nerv přímo tetanickými impulsy, odpoví sval ihned plným tetanem. Po přerušení proudu činnost svalu rychle

uhasne. Když však vyvoláme tetanus téhož svalu např. drážděním aferentního nervu, rozvíjí se tetanická odpověď pohenáhu, až konečně dosáhne plného efektu. Po přerušení proudu nepřestane svalová akce okamžitě. Přetrvává – někdy až několik sekund – a pak začne rychle ubývat. Tyto rozdíly jsou zřejmě způsobeny ději na synapsích interneuronů při reflexním dráždění. Interneurony se při aferentních impulsech zapojují do činnosti postupně a právě tak se zase postupně vypojují. Fysiologickým pohybům se tím zajišťuje plynulost a dobrá ekonomie, i menší mechanické namáhání kostí, kloubů a ligament. Také reflexní útlum se řídí podobnými zákonitostmi, až na opačnou tendenci obou dějů.“ (Ipser, Přerovský, 1972, s. 183 – 184)

### 3 FYZIOLOGIE KOSTERNÍHO SVALU

„Na jeden vzruch (impulz) odpovídá sval tzv. svalovým trhnutím, jehož grafickým záznamem je myografická křivka. Rozlišujeme svaly s relativně pomalým trhnutím (pomalé svaly) a svaly s velmi rychlým trhnutím (rychlé svaly). Sval odpovídá na sérii akčních potenciálů vyvolaných na příslušném motoneuronu sumačním záznamem svalových trhnutí, tzv. tetanickým stahem. Při pomalejší frekvenci dochází k sumaci stahu v sestupné části myografické křivky, tzv. hromadná superpozice, která se nazývá vlnitý tetanus. Při rychlejší frekvenci akčních potenciálů jde o sumaci svalových trhnutí v jejich vzestupné části a tento záznam nazýváme hladký tetanus (hromadná sumace). Fyziologicky pracuje sval ve formě hladkého tetanu. Rozdíly jsou zaznamenány na obrázku 6.



Obrázek 6. Grafické znázornění svalových aktivit (Mourek, 2005, s. 141)

Sval se jako celek může stahovat izotonicky, kdy při stálé zátěži (svalovém tonu) se mění jeho délka. Při izometrickém stahu sval vyvíjí sílu (zvyšuje svalové napětí), ale nemůže se zkracovat (nemění svoji délku).“ (Mourek, 2005, s. 141)

## 4 PERIFERNÍ PARÉZA

### 4.1 Denervační syndrom

„Poruší-li se periferní motorický neuron kdekoli ve svém průběhu (v předním rohu míšním, v předním kořeni, v pleteni, v periferním nervu), vyvinou se za určitou dobu, která se u člověka pohybuje mezi 10 až 20 dny, charakteristické změny dráždivosti jako následek denervace. Souborně se jim také říká reakce zvrhlosti. Čím dále k periférii je porušené místo, tím časnější je nástup změn.“ (Ipser, Přerovský, 1972, s. 186)

#### 4.1.1 Ztráta nepřímé a přímé faradické dráždivosti

„Jako faradická dráždivost se označuje schopnost tetanické odpovědi na impulsní proud nízkého kmitočtu (faradický proud). Sval tedy není schopen tetanické odpovědi ani na nepřímou stimulaci, tj. z nervu, ani na přímou stimulaci, tj. na svalu samém.“ (Ipser, Přerovský, 1972, s. 186)

#### 4.1.2 Ztráta nepřímé galvanické dráždivosti

„Sval neodpovídá na stimulaci nervu jednotlivým galvanickým impulsem (tj. stejnosměrným) impulsem, který můžeme provádět ručním spínačem na elektrodě. Zapínáme proud asi na jednu sekundu, s pausami 2 – 3 sekund.“ (Ipser, Přerovský, 1972, s. 186)

#### 4.1.3 Typické změny v přímé galvanické dráždivosti

„Při dráždění jednotlivými impulsy galvanického proudu přímo na svalu vyvoláme sice svalovou reakci, avšak místo bleskurychlého záškubu se objevuje líný červovitý stah.“ (Ipser, Přerovský, 1972, s. 186)

#### 4.1.4 Inverse formule

„Při dráždění zápornou nebo kladnou elektrodou platí modifikace Pflügerova pravidla vypracovaná *R. Brennerem* (1868/69). Často se označuje jako Brennerovo pravidlo:

$$KZ > AZ > AV > KV,$$

což znamená, že nejsilnější odpověď dostáváme při zapnutí na katodě (KZ), slabší při zapnutí anody (AZ), ještě slabší při vypnutí anody (AV) a nejslabší při vypnutí katody (KV). Toto pravidlo platí jen přibližně. Prostřední dva členy mohou být někdy zaměněny. Při denervaci se zmenšuje rozdíl mezi účinkem katody a anody,

až případně vymizí (vyrovnání formule). Může se vyskytnout i převaha dráždivosti na anodě, označovaná jako inverse formule.“ (Ipser, Přerovský, 1972, s. 186)

#### **4.1.5 Přesun dráždivých bodů k periférii**

„Zdravé svaly se obvykle dají nejsnáze dráždit v blízkosti proximální inserce, tj. v místě nedaleko vstupu nervu do svalu. Při reakci zvrhlosti bývá dráždivost v těchto místech oslabena a posunuje se dále distálně směrem ke středu svalového břicha nebo ke vstupům nejperifernějších větví nervových.“ (Ipser, Přerovský, 1972, s. 186, 187)

„Změny popsané sub 4.1.1 – 4.1.5 se dají snadno vyšetřovat jednoduchými prostředky (elektrodou s ručním přerušovačem a zdrojem galvanického proudu a jednoduchého impulsního proudu (např. sinusového proudu 50 Hz). Po dlouhá léta to byly jediné dostupné elektrické vyšetřovací metody, a proto se podnes označují jako klasická elektrodiagnostika. Složitějšími metodami (pomocí universálních stimulátorů) můžeme zjistit další odchylky.“ (Ipser, Přerovský, 1972, s. 187)

#### **4.1.6 Změny rheobase**

„Bezprostředně po vzniku denervace práh dráždivosti klesá (dráždivost tedy stoupá), v dalším průběhu však rheobase jeví trvale sroupající tendenci, úroveň dráždivosti se postupně zhoršuje.“ (Ipser, Přerovský, 1972, s. 187)

#### **4.1.7 Chronaxie**

„Jeví nejprve iniciální pokles, pak se začne postupně prodlužovat a může dosáhnout až několika desítek milisekund.“ (Ipser, Přerovský, 1972, s. 187)

#### **4.1.8 Hoorweg – Weissova křivka pro pravoúhlé impulsy**

„Zpravidla se pozoruje nevelký iniciální pokles celé křivky, nato pak následuje postupný přesun křivky nahoru a doprava. To znamená, že prahy dráždivosti se progresivně v celém rozsahu zvyšují a užitkové doby se prodlužují.“ (Ipser, Přerovský, 1972, s. 187)

#### **4.1.9 Hoorweg – Weissova křivka pro vzestupné impulsy**

„Jeví zvláště charakteristické změny. V její levé polovině tj. v oblasti krátkých časů, se projevuje podobný vývoj změn jako u předešlé křivky. Prahy dráždivosti stoupají (po počátečním poklesu) a užitkové doby se prodlužují. V pravé polovině, asi od 10 – 15 ms výše, kde za normálních poměrů začíná zase křivka znovu stoupat, většinou na čtyřnásobek až šestinásobek prahu pro pravoúhlé impulsy, nastává

pronikavá změna. Vzestupné rameno se v důsledku denervace začíná snižovat a nakonec probíhá vodorovně, takže při užitkové době 500 – 1000 ms jsou prahy pro pravoúhlý i pro vzestupný impuls stejně vysoké a akomodační kvocient se tedy rovná jedné. Tento děj se dá souhrnně charakterizovat jako pokles akomodace.“ (Ipser, Přerovský, 1972, s. 187)

#### **4.1.10 Sklon k tetanické odpovědi**

„Denervovaný sval jeví dosti často sklon k opakované rytmické odpovědi na jediný impuls nebo na klidně protékající galvanický proud. Odpovídá to úplné ztrátě akomodace, takže se nepodaří ani pozvolna stoupajícím proudem se „vplížit“, aby nedošlo ke vzruchu.“ (Ipser, Přerovský, 1972, s. 187)

#### **4.1.11 Změny v akčních potenciálech**

„Přerušené vedení v motoneuronu se především projevuje jako vymizení volních akčních potenciálů při pokusu o aktivní pohyb.“ (Ipser, Přerovský, 1972, s. 187)

## **4.2 Klasifikace poranění periferního nervu**

### **4.2.1 Klasifikace dle Seddona (1942)**

#### **4.2.1.1 Neuropraxie**

„Krátkodobé, reversibilní přerušení nervové vodivosti skrze lokalizovanou demyelinizaci. Nedochozí k žádnému přerušení axonu, ani denervačnímu jevu na neuritu a ani k Wallerově degeneraci.“ (Edel, 1991, s. 17)

**Příčiny:** „Krátkodobé utlačení důsledkem přežení, utlačení berlemi, hematomem, zhmožděninou, ischemií, otokem, primární demyelinizující neuropatií.“ (Edel, 1991, s. 17)

**Prognóza:** „Ve 30% dochází k plnohodnotnému uzdravení během 30 minut. V těchto případech bývá neuropraxie způsobena útlakem manžety či pout. V případě ischemie trvá již uzdravení déle a to až 24 hodin a rychlost vedení se průběžně zlepšuje. Při akutních neuropatiích dochází k plnému zlepšení dokonce až v několika týdnech.“ (Edel, 1991, s. 17)

#### **4.2.1.2 Axonotmeze**

„Při axonotmeze dochází k přerušení kontinuity axonu (příp. k primárnímu poškození axonu při axonálních polyneuropatiích) následující Wallerovou degenerací (EMG: denervační příznaky, spontánní aktivita, změny v hybných vzorech



a v parametrech motorické jednotky). Naproti tomu zůstaly vazivové obaly (Endo-, Peri-, Epineurium) v pořádku a neporušené.“ (Edel, 1991, s. 17)

**Příčiny:** „Jsou jimi pohmožděniny, těžká traumata s tkáňovými pohmožděninami, střelná poranění, chronické kompresivní syndromy, fraktury, tržná poranění, těžká postižení artrotického podkladu, primární axonální polyneuropatie.“ (Edel, 1991, s. 17)

**Prognóza:** „Znovuuzdravení nastává nejdříve ve 3 – 6 měsících. Intranerální regenerace axonu je 1 – 2 mm denně. V případě zachování vodivosti je možná „isomorfni neurotizace“, tzn., že původní rozdělující vzor motorické jednotky zůstane zachován. Při současném poranění endoneuria je ale také možná „heterogenní neurotizace“, tzn., že skrze chybné napojení regenerujícího se axonu se mohou vyskytnout defekty.“ (Edel, 1991, s. 17)

„Axonotmeze a neurotmeze se nedají pokaždé příliš jasně odlišit. Jako základní pravidlo při uzavřeném nervovém poranění platí, že: když není od 6 – 8 týdnů zpozorován reinervační jev na EMG, musí být nerv operativně odkryt a prohlédnut. Při kompletním přerušení je sutura nezbytně nutná. Pouze při příznacích částečného ochrnutí nemusí být kontinuita nervového vlákna plně přerušena. Při tržných poraněních je prognóza nejistá, často velmi špatná.“ (Edel, 1991, s. 17)

#### 4.2.1.3 Neurotmeze

„Při neurotmeze dochází ke kompletnímu přerušení nervového vlákna (axonu a jeho obalů). Dochází k Wallerově degeneraci a následné regeneraci.“ (Edel, 1991, s. 17)

**Příčiny:** „Řezná poranění (sklem, nožem), střelná poranění s přerušením kontinuity nervu.“ (Edel, 1991, s. 17)

**Prognóza:** „Operační zákrok (sutura, transplantace nervu) je vždy nutný, spontánní reinervace není možná. Vždy nastává výše zmíněná *heterotopní neurotizace*. Doba regenerace po sutuře nervu trvá cca. opět 3 – 6 měsíců, záleží na délce distální části.“ (Edel, 1991, s. 17)

#### 4.2.2 Klasifikace dle Sunderlanda

„Neurotmeze dle Sunderlanda byla rozčleněna na 3 podtypy. V prvním případě, zranění poškodí axon a některé vrstvy, které ho obepínají, vyjma perineuria a obalů. Periferní nerv regeneruje lépe než centrální, i když v tomto případě hůře než při axonotmezi. Dochází k nesprávným směrem rostoucím zárodkům nervu,

vedoucí k inervaci svalových vláken dříve nezasobených nervem. V druhém případě, který zasáhne už i perineurium, nerv stěží udrží kontinuitu, ačkoliv to může vypadat při inspekci velmi v pořádku. Poslední případ představuje naprosté přerušení nervu se ztrátou kontinuity.“ (Kimura, 2001, s. 77)

### **4.3 Wallerova degenerace a regenerace**

„Po přerušení axonu dochází k rozpadu jeho distální, tj. od somatu oddělené, části. Během 2 až 3 dnů ztrácí periferní pahýl schopnost vést vzruchy a později dochází k jeho autolýze. Tento proces označujeme jako Wallerovu degeneraci (1. Wallerův zákon). Oproti tomu centrální pahýl nedegeneruje, naopak zde dochází k vystupňování proteosyntézy. Centrální část poškozeného periferního neuronu roste, z pahýlu vyrůstají nová nervová vlákna, která se bohatě větví. Vlákna jsou zpočátku tenká, nemyelinizovaná a funkčně méněcenná. Později však sílí, vytváří se myelinová pochva, vznikají periferní zakončení a obnovuje se funkce. Tento proces označujeme jako Wallerovu regeneraci (2. Wallerův zákon).“ (Trojan, 1999, s. 64)

### **4.4 Regenerace motorických axonů**

„U poškození charakteru axonotmeze a neuotmeze postupuje růst nervového vlákna rychlostí 1 mm/ den a ze vzdálenosti mezi místem poranění a motorickým bodem svalu poté vypočítáme dobu nutnou k regeneraci nervu. Periferní paréza se projevuje typickými změnami, jako je snížení svalové síly v příslušné oblasti, svalová hypotonie a hypotrofie, snížení až vyhasnutí propioceptivních reflexů, bývají poruchy citlivosti různého charakteru a někdy i vegetativní poruchy. Porucha citlivosti se neobjevuje, pokud jsou postiženy přední rohy míšni nebo jen motorické kořeny.“ (Kolář, 2009, s. 331)

### **4.5 Diagnóza periferní obrny**

„Diagnózu stanovíme na základě neurologického vyšetření, elektrodiagnostických metod zmíněných výše a elektromyografie. Jehlová elektromyografie nás informuje o zachování kontinuity nervu a rychlosti vedení nervovými vlákny. Pomocí jehlové elektromyografie lze stanovit, zda se jedná o úplný nebo jen částečný denervační syndrom.“ (Kolář, 2009, s. 331)

## **5 CÍLE A HYPOTÉZY**

### **5.1 Cíle**

Cílem této práce je porovnat klasickou a moderní formu elektrodiagnostiky periferních paréz. V této studii se zaměřujeme na posouzení kvality hodnot získaných vyšetřením 2 pacientů metodami elektrodiagnostiky. Jde nám zejména o posouzení výpovědních hodnot při jednotlivých metodách a o porovnání polarity diferentních elektrod při klasické (jednoduché) elektrodiagnostice.

### **5.2 Hypotézy**

H1: Předpokládáme, že jednoduchá (klasická) forma elektrodiagnostiky dává jen kvantitativní informace o poruše nervosvalové dráždivosti. Kvantitativními informacemi rozumíme přítomnost, či nepřítomnost denervace.

H2: Předpokládáme, že moderní forma elektrodiagnostiky poskytuje kvalitativní informace o poruše nervosvalové dráždivosti. Kvalitativními informacemi rozumíme míru postižení nervosvalové dráždivosti.

H3: Předpokládáme, že nezáleží, zda při klasické (jednoduché) elektrodiagnostice používáme jako monopólní aktivní elektrodu anodu, nebo katodu.

## 6 METODIKA VÝZKUMU

### 6.1 Postup vyšetření

Pacienti byli vyšetřeni při první návštěvě neurologickým vyšetřením, svalovým testem, pohledem, popř. vyšetřením chůze a jednoduchými elektrodiagnostickými metodami. Při druhé návštěvě byli vyšetřeni moderními elektrodiagnostickými metodami.

Při neurologickém vyšetření jsme vyšetřovali povrchové a hluboké cití, šlachokosticové reflexy a případně specifické testy na příslušné svalové skupiny postiženého nervu.

U povrchového cití jsme vyšetřovali citlivost filamentem, diskriminační cití, grafestézii a termické cití.

Vyšetření citlivosti jsme prováděli v příslušných senzitivních oblastech periferních nervů. Za fyziologický výsledek se považuje 8 a více správných identifikací filamenta z 10.

Při vyšetřování diskriminačního cití jsme stanovovali vzdálenost, kdy je pacient schopen identifikovat 2 rozdílné body. Na HK jsme porovnávali zdravou s nemocnou končetinou a na DK jsme měřili vzdálenosti 4 a 6 cm. Při vyšetření se provádí 10 pokusů a za fyziologický nález se považuje 8-10 správných odpovědí z 10.

Grafestézii jsme vyšetřovali nakreslením číslice nehtem. Číslice byla velká cca 5 cm. Zaznamenali jsme počet správných pokusů. Za fyziologické se považuje rozpoznání 8–10/10

Termické cití bylo vyšetřováno v příslušných senzitivních oblastech periferních nervů. Pacient má při tomto vyšetření sdělit, jak vnímá teplotu daného předmětu, studené, teplé. Za fyziologické hodnoty vyšetření považujeme minimálně 8 správných identifikací z 10.

U hlubokého cití jsme vyšetřovali statestézii, kinestézii, vibrační cití (palestézii) a stereognózi na HK.

Při vyšetření statestézie jsme nastavili zdravou končetinu do určité polohy a pacient měl za úkol do stejné polohy nastavit i postiženou končetinu. Toto vyšetření prováděl respondent se zavřenýma očima.

Vyšetření kinestézie jsme prováděli pomalým tlakem (nepřekračujícím 30 stupňů/10 s) na bříška prstů postižené končetiny. Vlastními bříšky jsme se dotýkali

zvolených prstců vyšetřované končetiny a pouze na jeden z nich jsme tlačili pomalým tlakem.

K vyšetření vibračního cití jsme použili ladičku, kterou jsme vyzkoušeli na zdravé končetině. Poté jsme ji pokládali na distální část denervované končetiny na klouby. Za abnormální hodnoty se považuje, když pacient cítí vibrace méně, než 3,5 s u frekvence vibrací 128 Hz.

Stereognózií jsme vyšetřovali na HK. Vložili jsme pacientovi do ruky předmět a pacient měl určit tvar, povrch a materiál, ze kterého je předmět vyroben.

Při vyšetření šlachokosticových reflexů jsme porovnávali zdravou končetinu s postiženou končetinou.

Svalovým testem jsme vyšetřovali svaly inervované postiženými periferními nervy.

Při elektrodiagnostickém vyšetření jsme vyšetřovali klasickou (jednoduchou) elektrodiagnostiku a elektrodiagnostiku moderní. V obou případech jsme pracovali s přístrojem v režimu c. c. (constant current). Na oba druhy vyšetření jsme použili plochou elektrodu velikosti 5 x 7 cm a elektrodu bodovou, obě elektrody kryté ochrannými, navlhčenými návlékami. Plochá elektroda byla vždy uložena proximálněji. V případě periferní parézy n. peroneus communis byla plochá elektroda uložena na mediální hlavě m. quadriceps femoris a v případě parézy n. ulnaris na začátcích flexorů zápěstí.

Pro měření klasické elektrodiagnostiky jsme porovnávali uložení nejdráždivějších bodů příslušných svalů oboustranně. Vyšetřovali jsme nepřímou a přímou faradickou dráždivost, nepřímou galvanickou dráždivost, typické změny v přímé galvanické dráždivosti, inverzi formule, přesun dráždivých bodů k periférii a rozdíl reakce svalu mezi aktivními elektrodami anodou a katodou na postižené a na zdravé končetině. Jako přerušovaný galvanický proud jsme použili pravoúhlého impulsu o délce impulsu 300 ms a pauzou 700 ms.

Pro hodnoty moderní elektrodiagnostiky jsme vyhledali motorické body denervovaných svalů pomocí přednastaveného programu na přístroji BTL 5000 pro vyhledávání motorických bodů, impuls 100 ms a pauza 3 s. Vyšetřovali jsme reobázi, chronaxii, akomodační kvocient a zkrácenou verzi I/t křivky. I/t křivku jsme vyšetřovali pro impulsy o délce impulsu 100, 200, 500 a 1000 ms. Všechny hodnoty moderní elektrodiagnostiky byly vyšetřeny za použití katody, jako bodové elektrody.

## 6.2 Charakteristika sledovaných souborů

### 6.2.1 Kazuistika č. 1

**Věk:** 48 let

**Pohlaví:** Muž

**Dg.:** Operace výhřezu meziobratlové destičky L4 dne 8. září s poraněním n. peroneus communis.

**Rodinná anamnéza:** Bezvýznamná vzhledem k diagnóze.

**Osobní anamnéza:** Opakované bolesti v zádech vystřelující do obou dolních končetin na přední stranu stehna.

**Nynější onemocnění:** Paréza n. peroneus l. dx.

**Pracovní anamnéza:** Zedník, nošení těžkých břemen, které způsobilo bolesti v oblasti bederní páteře.

#### **Vyšetření:**

Z deseti pokusů dokázal pacient správně lokalizovat čtyři doteky filamenta v senzitivní oblasti n. peroneus communis (tabulka 1). Nejvíce bylo povrchové čítí postiženo na hřbetu nohy, v distální části 2. a 3. metatarsu. Tato oblast odpovídá oblasti n. peroneus profundus.

*Tabulka 1. Vyšetření filamentem senzitivní oblasti n. peroneus communis l. dx.*

Nerv	Příslušná oblast	Počet správných odpovědí/ počet pokusů
n. peroneus communis l. dx.	Distálně od hlavičky fibuly přední a zevní plocha bérce	4/10

Vyšetření diskriminačního čítí bylo provedeno ve 2 vzdálenostech (tabulka 2). Při 4 cm vzdálenosti odpověděl pacient správně 4/10. Při 6 cm vzdálenosti odpověděl správně 4/10.

*Tabulka 2. Vyšetření diskriminačního čítí senzitivní oblasti n. peroneus communis l. dx.*

Nerv	Vzdálenost dvou bodů	Počet správných odpovědí/ počet pokusů
n. peroneus communis l. dx.	4 cm	4/10
	6 cm	4/10

Při vyšetření termického čítí senzitivní oblasti n. peroneus communis l. dx. identifikoval pacient 4/10 pokusů správně.

Pro hluboké čítí (propriocepci) jsme vyšetřovali statestézii, kinestézii a vibrační čítí (palestezii).

Při vyšetřování statestézie pacient zvládl správně nastavit postiženou dolní končetinu do 2 různých poloh podle zdravé končetiny.

Vyšetřování kinestézie, 9/10 pokusů bylo správných.

Vyšetřování vibračního čítí (parestezie), na distálních částech metatarsů zdravé dolní končetiny cítil vibrace 5 sekund. Na postižené pravé dolní končetině cítil brnění v distální části metatarsů 1,5 s.

Vyšetření šlachokosticových reflexů, jako vyhaslé reflexy se ukázaly reflex patelární a reflex medioplantární na pravé noze.

Při svalovém testu postižené pravé dolní končetiny jsme testovali kloub hlezenní (tabulka 3). Dorzální flexe byla o svalové síle 1, plantární flexe o síle 4, inverze o svalové síle 3 a everze o svalové síle 1. Extenze palce a prstů byla o svalové síle 1. Flexe palce a prstů byla o svalové síle 5.

*Tabulka 3. Svalový test pravého hlezenního kloubu*

pohyb	svalová síla
dorzální flexe	1
inverze	3
everze	1
plantární flexe	4

U pacienta je při chůzi dobře patrná kohoutí stepáž. Při prohlídce chodidla pravé dolní končetiny, je patrný mozol pod bříškem palce v důsledku nefunkčnosti extenzorů nohy.

### **6.2.2 Kazuistika č. 2**

**Věk:** 21 let

**Pohlaví:** Muž

**Dg.:** Kompletní přetětí nervu n. ulnaris v sulcus ulnaris levé ruky 9. 9. 2011 s následnou operační suturou.

**Rodinná anamnéza:** bezvýznamná

**Osobní anamnéza:** bezvýznamná z hlediska poranění

**Nynější onemocnění:** žádná další onemocnění kromě parézy

**Pracovní anamnéza:** Pacient studuje.

**Vyšetření:**

Povrchové vyšetření (exterocepce), pacient poznal 2/10 doteků filameta v senzitivní oblasti n. ulnaris l. sin., pod místem léze (n. cutaneus antebrachii medialis, n. ulnaris). V oblasti poloviny 4. a celého 5. prstu a jejich metakarpů udává anestezii.

Při vyšetření diskriminačního cití pacient identifikoval 2 body na postižené levé horní končetině ve vzdálenosti o 2 – 3 cm větší, než na končetině zdravé.

Při vyšetření grafestézie zodpověděl pacient správně 3/10 pokusů.

Při testování termického cití odpověděl pacient správně 3/10 pokusů.

Statestézie byla v pořádku. Kinestézie byla v pořádku. Vibrační cití poškozeno na distální části 4. a 5. metakarpu. Pacient vnímal vibrace 1,5 s. Při vyšetření stereognózie pacient správně určil tvar i materiál předmětu.

Obraz ruky – proximální články 4. a 5. jsou nataženy v extenzi a distální jsou nataženy v semiflexi, neúplná drápopitá ruka. Fromentova zkouška pozitivní, což ukazuje na postižení (m. adduktor pollicis a m. flexor pollicis brevis). Pozitivní příznak kormidla, 4. a 5. prst zůstali pokrčení. Pacient nezvládne provést izolovanou abdukcí 3. prstu a vážne i abdukce s addukcí 4. a 5. prstu. Pacient dochází na rehabilitaci, asi měsíc, denně. Dostává vodoléčbu, elektrostimulaci a LTV.

Při svalovém vyšetření jsme dosáhli následujících hodnot, flexe zápěstí s ulnární dukcí o svalové síle 3, flexe zápěstí s radiální dukcí o svalové síle 4, extenze zápěstí s ulnární dukcí o svalové síle 3, extenze zápěstí s radiální dukcí o svalové síle 4, flexe 4. a 5. prstu o svalové síle 1, abdukce malíku o svalové síle 0, opozice malíku o svalové síle 2, addukce palce o svalové síle 1.

Vyšetření šlachokosticových reflexů, při vyšetřování flexoru prstů levé horní končetiny byla odpověď zpomalená.

### **6.3 Použité vybavení**

K elektrodiagnostickému vyšetření jsme použili přístroj BTL 5000. Byla použita kuličková elektroda s krycím namočeným návlekm a plochá elektroda velikosti 7 x 5 cm, silikonkaučuková, též kryta návlekm.



Pro neurologické vyšetření byly používány nástroje Monofilament Touch-Test od firmy Rehaform medical, červený, velikosti 5,07 a síle 10g, při které se vlákno ohne, kalibrovaná ladička, válcové pero Tip-therm pro vyšetření termického čítí a k vyšetření diskriminačního čítí měřítko Baseline Aesthestometer (obrázek 7).



*Obrázek 7. Pomůcky k neurologickému vyšetření (filamentum, ladička, pomůcka na vyšetření termického čítí, pomůcka na vyšetření diskriminačního čítí)*

## 7 VÝSLEDKY

### 7.1 Výsledky testování H1

Pro potvrzení hypotézy 1 jsme využili informace, které nastávají při denervačním syndromu, reakci zvrhlosti. Při denervačním syndromu testujeme ztrátu přímé a nepřímé faradické dráždivosti, ztrátu nepřímé galvanické dráždivosti, typické změny v přímé galvanické dráždivosti, inverzi formule a přesun dráždivých bodů k periférii.

Ztráta přímé a nepřímé faradické dráždivosti byla vyšetřovaná neofaradickým proudem. Denervované svaly m. tibialis anterior l. dx. a m. abductor digiti minimi l. sin. jsme dráždili nepřímo, jelikož u nich po denervaci vymizela přímá dráždivost. Symetrické zdravé svaly na druhostranných končetinách jsme dráždili přímo. Nedošlo u nich ke ztrátě přímé faradické dráždivosti. Informace z vyšetření těchto příznaků nám neudaly, jak moc je daný sval postižený.

Ztráta nepřímé galvanické dráždivosti byla vyšetřována též na svalech m. tibialis anterior l. dx. a m. abductor digiti minimi l. sin.. Na denervovaných svalech m. tibialis anterior l. dx. a m. abductor digiti minimi l. sin. jsme nedokázali vyvolat přerušovaným galvanickým proudem motorickou odpověď. Informace z vyšetření těchto příznaků, nám neudaly kvalitativní informace.

Při vyšetřování přímé galvanické dráždivosti se u denervovaných svalů m. tibialis anterior l. dx. a m. abductor digiti minimi l. sin. neobjevil záškub, kvůli dřívějšímu dosažení algického prahu. Po vyšetření tohoto příznaku jsme nedokázali určit kvalitativní změny v nervosvalové dráždivosti. Vyšetření tohoto příznaku nám neudalo kvalitativní informace.

Inverzi formule, která vychází z Brennerova pravidla jsme nedokázali určit, kvůli nemožnosti zaznamenání svalové kontrakce při vypnutí či zapnutí přístroje.

Při vyšetřování přesunu dráždivých bodů k periférii, jsme nezaznamenali posun u postiženého svalu m. tibialis anterior l. dx. U m. abductor digiti minimi l. sin. jsme zaznamenali posun bodu vůči m. abductor digiti minimi l. dx. o 5 mm distálněji. Z vyšetření přesunu dráždivých bodů jsme nedokázali určit kvalitativní informace o poruše nervosvalové dráždivosti.

Ztráta přímé a nepřímé faradické dráždivosti, ztráta nepřímé galvanické dráždivosti, typické změny v přímé galvanické dráždivosti, inverze formule a přesun

dráždivých bodů k periférii dávají jen kvantitativní informace o poruše nervosvalové dráždivosti.

### **Hypotéza 1 se potvrdila.**

## **7.2 Výsledky testování H 2**

Pro potvrzení této hypotézy jsme použili výsledky reobáze, chronaxie, akomodačního kvocientu a zkrácené formy I/t křivky.

Reobáze udala hodnotu u denervovaných svalů, m. tibialis anterior l. dx. 5,2 mA a u m. abductor digiti minimi l. sin. hodnotu 3,3 mA. Tyto hodnoty nám nepodávají žádnou kvalitativní informaci, ale informují nás o ní až při porovnání s hodnotami naměřenými na stejném svalu, po 2-3 týdnech nebo déle.

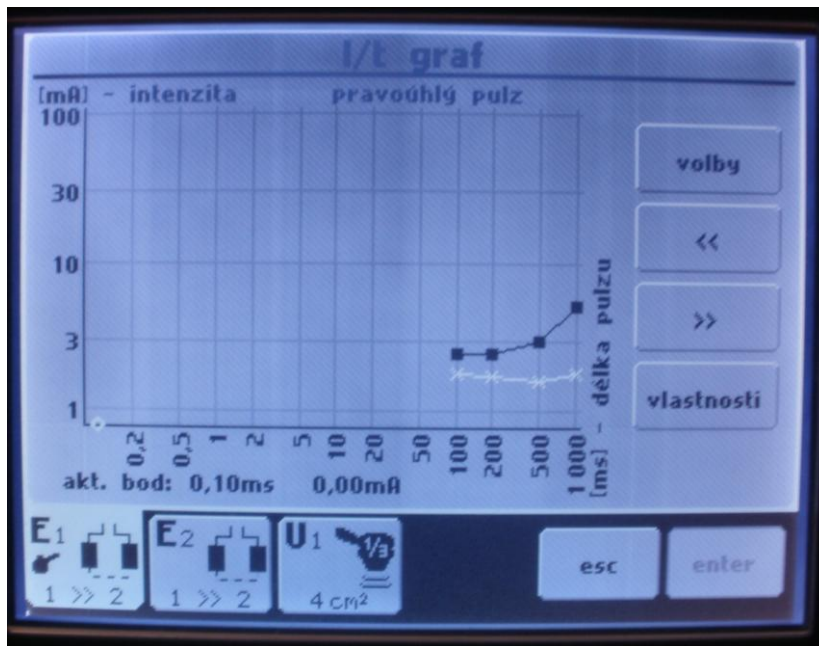
Chronaxie nám u denervovaných svalů udala hodnoty, m. tibialis anterior l. dx. 10 ms a m. abductor digiti minimi l. sin. 7 ms. Tato informace nám neudává kvalitativní informace o poruše nervosvalové dráždivosti, bez porovnání s hodnotami pořízenými na stejném svalu po 2-3 týdnech nebo déle.

Při vyšetřování akomodačního kvocientu, který jsme vyšetřovali na denervovaných svalech, jsme naměřili u m. tibialis anterior l. dx. hodnotu 3,61. Tato hodnota odpovídá dle Hupky, Kolesára a Žaloudka, Poděbradského a Vařky a Edela svalů zdravému a dle Ipsera s Přerovským jsou hodnoty pro zdravý sval kolem 4 – 6. Akomodační kvocient u pacienta s denervovaným m. abductor digiti minimi l. sin. jsme naměřili v hodnotě 1,03. Dle Hupky se jedná o úplnou denervaci, dle Poděbradského s Vařkou odpovídají hodnoty kolem 1 úplné denervaci a mezi 1 – 2 denervaci částečné. Dle Ipsera s Přerovským a Edela se jedná o zřetelnou patologii.

Při vyšetřování I/t křivky jsme se rozhodli pro její zkrácenou formu, protože ta je v praxi nejvíce užívána. Omezili jsme se na vyšetřování její pravé části, která zobrazuje svalovou dráždivost.

Zkrácenou formu I/t křivky denervovaného m. tibialis anterior l. dx. vidíme na obrázku 7. Křivka se šikmým tvarem impulzu je zakreslena černě a křivka s pravoúhlým nástupem impulzu bíle. Z obrázku 8 můžeme vyčíst, že čím delší byla doba trvání impulzů, tím více se odkláněla křivka se šikmým náběhem impulzů vzhůru,

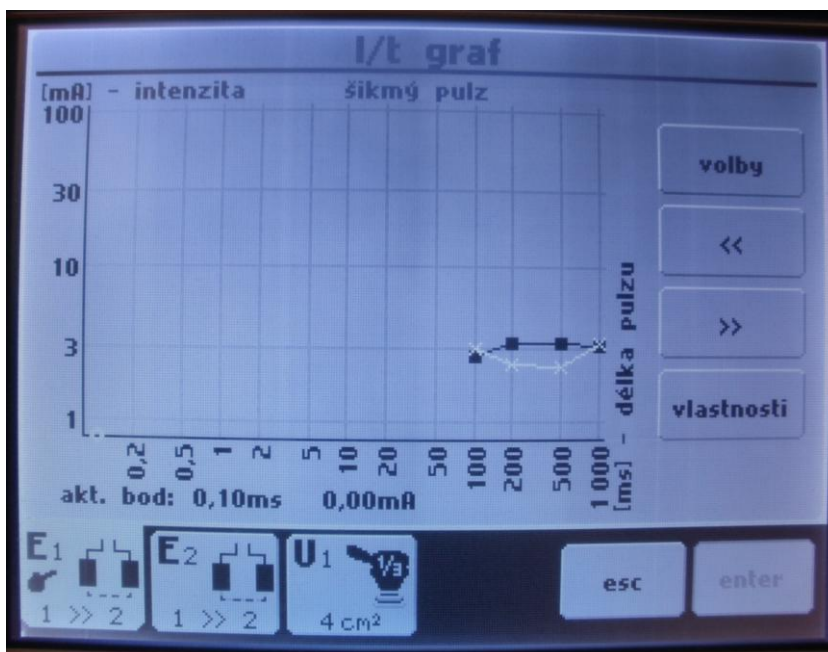
jako je tomu u svalu zdravého. Při změření poměru šikmého a pravoúhlého impulzu o délkách 1000 ms se nám potvrzují dané hodnoty výsledkem akomodačního kvocientu, který odpovídá svalu zdravému.



Obrázek 8. Zkrácená forma I/t křivky denervovaného svalu *m. tibialis anterior* l. dx.

Zkrácenou formu I/t křivky denervovaného svalu *m. abductor digiti minimi* l. sin. vidíme na obrázku 9. Křivka se šikmým tvarem impulzu je zakreslena bíle a křivka s pravoúhlým impulzem černě. Křivka pro šikmé impulzy se neodklání od křivky impulzů pravoúhlých a to značí, že nervové zásobení svalu není v pořádku. Křivka pro šikmé impulzy podbíhá impulzy pravoúhlé, při impulzech o délkách 200 a 500 ms je intenzita nutná pro motorickou odpověď nejmenší v porovnání s pravoúhlými impulzy. Při délce impulzu 1000 ms se již hodnoty intenzity proudu u obou impulzů vyrovnávají. Silnou denervaci značí dřívější svalová odpověď na impulz se šikmým nástupem, při délkách impulzů 200 a 500 ms, než na impulz pravoúhlý.

Zkrácená forma I/t křivky, nám udala kvalitativní informace o poruše nervosvalové dráždivosti.



Obrázek 9. Zkrácená forma I/t křivky denervovaného svalu *m. abductor digiti minimi l. sin.*

Reobáze nám neudala kvalitativní informace o poruše nervosvalové dráždivosti a chronaxie také ne. Akomodační kvocient nám udal kvalitativní informace o poruše nervosvalové dráždivosti a zkrácená forma I/t křivky také.

**Hypotéza 2 se nepotvrdila.**

### 7.3 Výsledky H3

Pro zjištění této hypotézy jsme použili neofaradického impulzu a přerušovaného galvanického impulzu. Oba tyto impulzy jsme vyšetřovali jak na zdravé, tak na nemocné končetině.

Při vyšetřování závislosti polarity na intenzitě proudu při klasické elektrodiagnostice na denervovaném svalu *m. tibialis anterior l. dx.* jsme dosáhli výsledků zaznamenaných v tabulce 4. Na pravoúhlé impulzy ( $f = 1$  Hz, doba impulzu 300 ms, doba pauzy 700 ms) reagoval sval motorickou odpovědí při hodnotě 2,3 mA při užití katody jako bodové elektrody. Anoda jako bodová elektroda vyvolala záškub při 3,5 mA.

Na impulzy neofaradického proudu reagoval m. tibialis anterior l. dx. motorickou odpovědí na katodě jako bodové elektrodě při 14,5 mA a na anodě při 27,0 mA.

*Tabulka 4. Vyšetření klasickou elektrodiagnostikou m. tibialis anterior l. dx.*

Druh impulzu	Bodová elektroda	Intenzita proudu potřebná k motorické odpovědi svalu
Pravoúhlé impulzy (f = 1 Hz, doba impulzu 300 ms, doba pauzy 700 ms)	katoda	2,3 mA
	anoda	3,5 mA
Šikmé impulzy (neofaradický proud)	katoda	14,5 mA
	anoda	27,0 mA

Při testování polarity elektrod na zdravém svalu m. tibialis anterior l. sin. jsme naměřili hodnoty z tabulky 5. Při pravoúhlých impulzech jsme naměřili intenzitu nutnou k motorickému záškubu na katodě jako bodové elektrodě 4,2 mA a na anodě jako bodové elektrodě 11,0 mA.

Šikmé impulzy vyvolaly na katodě jako bodové elektrodě záškub při 14,0 mA a na anodě jako bodové elektrodě při 25,0 mA.

*Tabulka 5. Vyšetření klasickou elektrodiagnostikou m. tibialis anterior l. sin.*

Druh impulzu	Bodová elektroda	Intenzita proudu potřebná k motorické odpovědi svalu
Pravoúhlé impulzy (f = 1 Hz, doba impulzu 300 ms, doba pauzy 700 ms)	katoda	4,2 mA
	anoda	11,0 mA
Šikmé impulzy (neofaradický proud)	katoda	14,0 mA
	anoda	25,0 mA

Při vyšetřování závislosti polarity na intenzitě proudu při klasické elektrodiagnostice na denervovaném svalu m. abductor digiti minimi l. sin. jsme naměřili hodnoty z tabulky 6. Na pravoúhlé impulzy (f = 1 Hz, doba impulzu 300 ms, doba pauzy 700 ms) reagoval sval motorickou odpovědí při hodnotě 2,1 mA při užití katody jako bodové elektrody. Anoda jako bodová elektroda vyvolala záškub při 3,2 mA.

Na impulzy neofaradického proudu reagoval m. abductor digiti minimi l. sin. motorickou odpovědí na katodě jako bodové elektrodě při 2,7 mA a na anodě při 4,0 mA.

*Tabulka 6. Vyšetření klasickou elektrodiagnostikou m. abductor digiti minimi l. sin.*

Druh impulzu	Bodová elektroda	Intenzita proudu potřebná k motorické odpovědi svalu
Pravoúhlé impulzy ( $f = 1$ Hz, doba impulzu 300 ms, doba pauzy 700 ms)	katoda	2,1 mA
	anoda	3,2 mA
Šikmé impulzy (neofaradický proud)	katoda	2,7 mA
	anoda	4,0 mA

Při testování polarity elektrod na zdravém svalu m. abductor digiti minimi l. dx. jsme naměřili hodnoty z tabulky 7. Při pravoúhlých impulzech ( $f = 1$  Hz, délka impulzu 300 ms, pauza 700 ms) vyvolala katoda záškrub při 5,3 mA a anoda při 11,4 mA.

Na impulzy neofaradického proudu reagoval zdravý sval m. abductor digiti minimi l. dx. motorickou odpovědí na katodě jako bodové elektrodě při 9,2 mA a na anodě při 18,3 mA.

*Tabulka 7. Vyšetření klasickou elektrodiagnostikou m. abductor digiti minimi l. dx.*

Druh impulzu	Bodová elektroda	Intenzita proudu potřebná k motorické odpovědi svalu
Pravoúhlé impulzy ( $f = 1$ Hz, doba impulzu 300 ms, doba pauzy 700 ms)	katoda	5,3 mA
	anoda	11,4 mA
Šikmé impulzy (neofaradický proud)	katoda	9,2 mA
	anoda	18,3 mA

Předpokládali jsme, že nebude rozdíl mezi intenzitami, které vyvolají motorickou odpověď svalu. Vyšetření tuto hypotézu nepotvrdila. Pro lepší srozumitelnost máme výsledky shrnuty v tabulkách 7 a 8.

Při vyšetřování rozdílů mezi katodou a anodou na denervovaných svalech jsme zjistili, že je průměrný rozdíl mezi intenzitami, které vyvolají motorickou odezvu 4,025 mA. Katoda vyvolá průměrně motorickou odpověď při intenzitě o 4,025 mA nižší, než anoda (tabulka 8).

*Tabulka 8. Rozdíly dráždivosti mezi katodou a anodou u denervovaných svalů*

	katoda	anoda	rozdíl intenzit
pravoúhlé impulzy	2,3	3,5	1,2
	2,1	3,2	1,1
šikmé impulzy	14,5	27	12,5
	2,7	4	1,3
průměr rozdílů intenzit			4,025

Při vyšetřování rozdílů mezi katodou a anodou na zdravém svalu jsme zjistili, že je průměrný rozdíl mezi intenzitami, které vyvolají motorickou odezvu 8,25 mA. Katoda vyvolá průměrně motorickou odpověď při intenzitě o 8,25 mA nižší než anoda (tabulka 9).

*Tabulka 9. Rozdíly mezi katodou a anodou u zdravých svalů*

	katoda	anoda	rozdíl intenzit
pravoúhlý impulz	4,2	11	6,8
	5,3	11,4	6,1
šikmý impulz	14	25	11
	9,2	18,3	9,1
průměr rozdílů intenzit			8,25

Z výsledků plyne, že čím silnější periferní denervace je, tím menší je rozdíl mezi použitím katody a anody, jako bodové elektrody.

**Hypotéza 3 se nepotvrdila.**



## 8 DISKUZE

V hypotéze 1 jsme zkoumali, zda klasická elektrodiagnostika udává jen kvantitativní informace o poruše nervosvalové dráždivosti. Hypotéza se nám potvrdila, protože nedokážeme zjistit míru postižení z vyšetření přímé a nepřímé dráždivosti faradickým proudem, galvanickým proudem, ani z posouzení inverse formule a posunu dráždivého bodu. Ztráta přímé a nepřímé dráždivosti nám udala pouze kvantitativní informace, protože udává jen možnost vyvolání svalového záškubu. Díky inverzi formule dokážeme porovnat rozdíly dráždivosti elektrod na zdravém a denervovaném svalu. Při porovnávání dráždivých bodů jsme z distálního posunu určili přítomnost parézy. Toto porovnání nám udalo jen kvantitativní informace. Výsledky vyšetření pro tuto hypotézu se shodují s publikací Hupky, Kolesára a Žaloudka, kde je řečeno, že klasická elektrodiagnostika udává jen kvantitativní informace.

V hypotéze 2 předpokládáme, že moderní elektrodiagnostika podává kvalitativní informace o poruše nervosvalové dráždivosti. Tato hypotéza se nám nepotvrdila, protože reobáze a chronaxie nám neudaly kvalitativní informace. Důvodem bylo neprovedení opakovaného vyšetření reobáze a chronaxie. Proto jsme nemohli výsledné hodnoty porovnat. Hodnoty reobáze a chronaxie udávají kvalitativní informaci pouze při opakovaném vyšetření, kdy se dají výsledky porovnávat. Tato informace, ale není zmiňována v žádné z publikací věnovaných tématům elektrodiagnostiky. Akomodační kvocient udal míru denervace, protože ho porovnáváme s výsledky autorů, kteří se zabývali danou problematikou. Přesto mají tito autoři rozdílné názory na posuzování výsledků akomodačního kvocientu. To svědčí pro nepřesnost výsledků akomodačního kvocientu. Zkrácená forma  $I/t$  křivky nám podala kvalitativní informace, které jsme vyčetli z jejího tvaru. Přesnější by ale bylo provést vyšetření po 3 týdnech a porovnat ji s čerstvě naměřenými výsledky.

V hypotéze 3 jsme nepředpokládali rozdíl mezi dráždivostí katody a anody. Hypotéza se nám nepotvrdila. Hlavním předpokladem byla ztráta schopnosti akomodace denervovaných svalů. Ukázalo se, že na denervovaných svalech byla schopnost akomodace pouze snížena. Proto se průměrný rozdíl mezi dráždivostí katody a anody u denervovaných svalů pohyboval v hodnotě 4,025 mA. Na zdravých svalech

byl průměrný rozdíl mezi dráždivostí katody a anody 8,25 mA. U denervovaných i zdravých svalů se ukázala jako dráždivější elektroda katoda, tedy elektroda záporná. Podle Ipsera s Přerovským a Hupky, Kolesára s Žaloudkem dochází u denervovaných svalů k vyrovnání dráždivosti katody a anody anebo k záměně, kdy anoda je dráždivější než katoda. Podle našich výsledků nedošlo ani k vyrovnání dráždivosti elektrod, což mohlo být způsobeno již částečnou reinervací svalů.

## ZÁVĚR

V teoretické části této práce jsme se seznámili s klasickými a moderními elektrodiagnostickými metodami, fyziologií periferního nervu, fyziologií kosterního svalu a periferní parézou. V praktické části jsme se soustředili na porovnání klasických a moderních metod elektrodiagnostiky. Na základě výsledků našeho vyšetření jsme zjistili, že klasická elektrodiagnostika dává jen kvantitativní informace o poruše nervosvalové dráždivosti. U moderní elektrodiagnostiky je nutné vyšetření opakovat kvůli nutnosti zjištění změn v oblasti denervace, zvláště chceme-li vyčíst kvalitativní hodnoty z reobáze a chronaxie. Při testování rozdílů bodových elektrod, katody a anody, u klasické elektrodiagnostiky jsme zjistili nutnost odlišení elektrod, protože při denervaci je rozdíl mezi dráždivostí katody a anody pouze menší, než u svalů zdravých, podle míry denervace.

## SEZNAM LITERATURY

- CAPKO, Ján. *Základy fyziatrické léčby*. Praha: Grada, 1998, ISBN 80-7169-341-3
- EDEL, Herbert. *Fibel der Elektrodiagnostik und Elektrotherapie*. 6. Auflage, Berlin: Verlag Gesundheit GMBH, 1991, ISBN 3-333-00582-4
- GANONG, F. William. *Přehled lékařské fyziologie*. 20. vydání, Praha: Galén, 2005, ISBN 80-7262-311-7
- GILLERT, Otto. *Elektrotherapie*. 2. Auflage, München: Pflaum Verlag, 1983, ISBN 3-7905-0372-X
- HUPKA, Jozef a KOLESÁR, Juraj a ŽALOUDEK, Karel. *Fyzikálna terapia*. Martin: Osveta, 1980, č. Z-548/80-A/1-II – 17
- IPSER, Josef a PŘEROVSKÝ, Karel. *Fysiatrie*. Praha: Avicenum, 1972, ISBN 08-067-72
- JANDA, Vladimír a kolektiv. *Svalové funkční testy*. Praha: Grada, 2004. ISBN 80-247-0722-5
- KIMURA, Jun. *Electrodiagnosis in diseases of nerve and muscle: principles and practice*. edition 3, New York: Oxford University Press, 2001, ISBN 13 978-0-19-512977-9
- KOLÁŘ, Pavel et al. *Rehabilitace v klinické praxi*. Praha: Galén, 2009, ISBN 978-80-7262-657-1
- MOUREK, Jindřich. *Fyziologie – učebnice pro studenty zdravotnických oborů*. Praha: Grada, 2005, ISBN 80-247-1190-7
- OPA VSKÝ, Jaroslav. *Neurologická vyšetření v rehabilitaci pro fyzioterapeuty*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2003, ISBN 80-244-0625-X
- PFEIFFER, Jan a VOTAVA, Jiří. *Rehabilitace s využitím techniky*. Praha: Avicenum, 1983.
- PODĚBRADSKÝ, Jiří a VAŘEKA, Ivan. *Fyzikální terapie I*. Grada, 1998, ISBN 80-7169-661-7
- PODĚBRADSKÝ, Jiří a VAŘEKA, Ivan. *Fyzikální terapie II*. Praha: Grada, 1998, ISBN 80-7169-661-7
- PODĚBRADSKÝ, Jiří a PODĚBRADSKÁ, Radana. *Fyzikální terapie: manuál a algoritmy*. Praha: Grada, 2009, ISBN 978-80-247-2899-5

SEIDL, Zdeněk a OBENBERGER, Jiří. *Neurologie pro studium i praxi*. Praha: Grada, 2004, ISBN 80-247-0623-7

SMĚKAL, David a URBAN, Josef. *Sborník abstraktů I. absolventská konference katedry fyzioterapie Fakulty tělesné kultury*. 16. Úskalí elektrodiagnostiky ve fyzioterapii, [cit. 19. 02. 2012] Olomouc, 2006, ISBN 80-244-1369-8, Dostupné z: [http://www.fyziomed.cz/konference/IAK\\_2006/Sbornik\\_abstrakt\\_web.pdf](http://www.fyziomed.cz/konference/IAK_2006/Sbornik_abstrakt_web.pdf)

STEUERNAGEL, Otto. *Skripten zur elektrotherapie*. Boppard: Verlag Elektrotherapie, 1992, ISBN 3-9800445-1-3

TROJAN, Stanislav a kol., *Lékařská fyziologie*, 3. vydání, Praha: Grada, 1999, ISBN 80-7169-788

VRÁNA, Milan a UŤAMYŠE, Rustam Izmajlovič. *Elektronické přístroje pro stimulaci orgánů a tkání*. Praha: SNTL, 1984