

UČEBNÍ TEXTY
UNIVERZITY KARLOVY

PROPRIOCEPTIVNÍ NEUROMUSKULÁRNÍ FACILITACE

1. ČÁST

Jiřina Holubářová
Dagmar Pavlů

KAROLINUM

Proprioceptivní neuromuskulární facilitace

1. část

Jiřina Holubářová

Dagmar Pavlů

Recenzovali:

doc. MUDr. František Véle, CSc.

MUDr. Jan Vacek, Ph.D.

Vydala Univerzita Karlova

Nakladatelství Karolinum

jako učební text pro studenty FTVS UK

Praha 2022

Sazba DTP Nakladatelství Karolinum

4. vydání

© Univerzita Karlova, 2022

© Jiřina Holubářová, Dagmar Pavlů, 2022

Illustrations © Bronislav Kračmar, 2022

Text neprošel jazykovou ani redakční úpravou nakladatelství

ISBN 978-80-246-5296-2

ISBN 978-80-246-5298-6 (pdf)



Univerzita Karlova

Nakladatelství Karolinum

www.karolinum.cz

ebooks@karolinum.cz

OBSAH

PŘEDMLUVA	5
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK	6
1. STRUČNÝ ÚVOD DO NEUROFYZIOLOGIE	
<i>(doc. MUDr. F. Věle, CSc.)</i>	7
1.1 Neurofyziologické podklady pro PNF	9
1.2 Sval	11
1.3 Svalové receptory	13
1.4 Vztah mezi agonistou a antagonistou	16
1.5 Klinické projevy facilitace a inhibice v průběhu pohybu	17
1.6 Proprioceptivní a exteroceptivní reflexy	19
1.7 Podkorová úroveň řízení	21
1.8 Korová úroveň řízení	23
2. TEORETICKÁ ČÁST – ÚVOD DO KONCEPTU PNF	25
2.1 Základní pojmy	27
2.2 Facilitační mechanismy	29
2.3 Nejdůležitější techniky používané v konceptu PNF	31
2.3.1 Posilovací techniky	31
2.3.2 Relaxační techniky	34
3. PRAKTICKÁ ČÁST	35
3.1 Horní končetina	37
3.1.1 I. diagonála – flekční vzorec – základní provedení	37
3.1.2 I. diagonála – extenční vzorec – základní provedení	41
3.1.3 II. diagonála – flekční vzorec – základní provedení	44
3.1.4 II. diagonála – extenční vzorec – základní provedení	48
3.1.5 Ruka – otevírání a zavírání	51
3.1.6 Variace vzorců horních končetin při odtlačení	57
3.1.7 Optimální vzorce pro svaly horní končetiny	60

3.2	Dolní končetina	63
3.2.1	I. diagonála – flekční vzorec – základní provedení	63
3.2.2	I. diagonála – extenční vzorec – základní provedení	67
3.2.3	II. diagonála – flekční vzorec – základní provedení	70
3.2.4	II. diagonála – extenční vzorec – základní provedení	74
3.2.5	Modifikace vzorců dolních končetin	77
3.2.6	Optimální vzorec pro svaly dolní končetiny	78
3.3	Lopatka	80
3.3.1	Anteriorní elevace lopatky	81
3.3.2	Posteriorní deprese lopatky	81
3.3.3	Posteriorní elevace lopatky	82
3.3.4	Anteriorní deprese lopatky	82
3.4	Páneve	83
3.4.1	Anteriorní elevace páneve	83
3.4.2	Posteriorní deprese páneve	84
3.4.3	Posteriorní elevace páneve	84
3.4.4	Anteriorní deprese páneve	85
3.5	Hlava a krk	86
3.5.1	Flexe krku a hlavy s rotací vpravo	86
3.5.2	Extenze hlavy a krku s rotací vlevo	89
3.5.3	Optimální vzorce pro svaly krku (svaly levé strany krku)	92
3.6	Horní část trupu	94
3.6.1	Flexe horní části trupu s rotací vpravo	94
3.6.2	Extenze horní části trupu s rotací vlevo	97
3.7	Dolní část trupu	101
3.7.1	Flexe dolní části trupu s rotací vlevo	101
3.7.2	Extenze dolní části trupu s rotací vpravo	104
3.7.3	Optimální vzorec pro svaly trupu (svaly levé strany trupu)	108
3.8	Schéma posilovacích vzorců	110
3.9	Posilování diagonál	111
LITERATURA		115

PŘEDMLUVA

Skriptum „Proprioceptivní neuromuskulární facilitace“ je zpracováno formou přehledu praktického provádění postupů PNF konceptu. V úvodní části skript je zařazen úvod do neurofyzioologie, ve kterém je poukázáno na nejdůležitější poznatky, jejichž znalost je základním předpokladem pro práci v konceptu PNF. Skriptum má sloužit studentům fyzioterapie jako manuál při studiu PNF. Vychází z dlouholetých zkušeností, získaných při postgraduální výuce a studiem odborné zahraniční literatury.

Autorky

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

CNS – centrální nervová soustava

MJ – motorická jednotka

I. D. – první diagonála

II. D. – druhá diagonála

I. D. fl. vz. – první diagonála flekční vzorec

I. D. ext. vz. – první diagonála extenční vzorec

II. D. fl. vz. – druhá diagonála flekční vzorec

II. D. ext. vz. – druhá diagonála extenční vzorec

HK – horní končetina

DK – dolní končetina

PNF – proprioceptivní neuromuskulární facilitace

1. STRUČNÝ ÚVOD DO NEUROFYZIOLOGIE

1.1 NEUROFYZIOLOGICKÉ PODKLADY PRO PNF

Jedním ze základních předpokladů vhodné indikace, a tím i úspěšnosti těchto postupů je základní znalost pochodu řízení motoriky. Proces řízení vyžaduje jako základní předpoklad obousměrnou výměnu informací mezi řídicím ústrojím a řízeným objektem, a proto se používá místo pojmu motorika výrazu sensomotorika se slůvkem „senso“ na prvním místě, protože bez sensorické funkce (čítí) řídicí proces selhává. Řídicí systém musí mít informaci o tom, zda řízený objekt řídicí příkaz přijal a zda ho splnil. Pro uskutečnění řídicího postupu musí existovat zpětná vazba přenosu informací (feed back) mezi řídicím centrem (centrální nervovou soustavou, dále CNS) a výkonným orgánem (svalem), který plní příkazy řídicího centra.

Proces řízení motoriky můžeme sledovat na třech základních úrovních řízení. Každá z nich má určitý stupeň autonomie a mezi jednotlivými úrovněmi existuje kraniokaudální hierarchický vztah. Nejnižší a zároveň výkonová úroveň je míšňí, střední úroveň je subkortikální a nejvyšší úroveň řízení je kortikální včetně psychické.

Řízení motoriky na míšňí úrovňi

Základním fyziologickým prvkem motoriky je Sherringtonova **Motorická jednotka (MJ)**. Tvoří ji komplex jednoho motoneuronu (nazývaného také alfa motoneuron) spojeného s určitým počtem svalových vláken. Buněčné tělo motoneuronu leží v předním míšňím rohu. Svou příjmovou oblastí (dendrity a tělo), kudy vstupují informace, je spojeno jednak se sestupnými drahami motorickými z vyšších řídicích úrovní, jednak se sítí okolních interneuronů, do které vstupují senzitivní dráhy z periferie a ze které vystupují i vzestupné dráhy k vyšším řídicím úrovním podkorovým a korovým, kterým podávají informaci o stavu motorické jednotky. Neurit vycházející z těla motoneuronu vystupuje předním kořenem míšňím jako motorické vlákno a vstupuje do svalu, kde se štěpí na drobnější větvičky, jež končí na

určitém počtu motorických plotének svalových vláken (tzv. extrafusálních). Neuritem se šíří příkaz pro svalová vlákna, aby se stáhla, a tím vyvíjela sílu.

MJ pracuje nespojitě „digitálně“ podle zákona „vše, nebo nic“. Její podráždění vyvolá současný záškub všech motorických vláken jednotky, který po určité době ochabne, aby se mohl opět po krátké pauze v určitém rytmu opakovat. Po záškubu následuje krátká asi 100–150 msec trvající doba útlumu, kdy je motoneuron nedráždivý. Záškub jediné motorické jednotky je tak slabý, že ho nelze prostým okem pozorovat ani jinak smyslově vnímat.

Motorická jednotka má dvě hlavní funkce: pohybovou a trofickou.

Pohybová funkce MJ

Motorické jednotky rozdělujeme kvalitativně i kvantitativně na dvě hlavní skupiny. Kvalitativně rozeznáváme **MJ tonické**, které vyvíjejí menší sílu po delší dobu, a **MJ fázičné**, které vyvinou intenzivní sílu po krátkou dobu. Kvantitativně rozlišujeme **MJ malé**, obsahující desítky svalových vláken, a **MJ velké**, obsahující stovky vláken. Malé jednotky jsou většinou ve svalech, ve kterých se požaduje především přesnost a variabilitnost pohybu, jako jsou např. svaly okohybné. Velké jednotky převládají ve svalech velkých, které jsou především zdrojem mechanické síly, jako jsou např. svaly gluteální.

Motorické jednotky různého charakteru jsou rozmístěny v každém sval v různých poměrech podle toho, jakému účelu daný sval slouží.

Trofická funkce MJ

Motoneuron zásobuje troficky všechna svalová vlákna jednotky a udržuje jejich kontraktilní schopnost. Jestliže metabolické pochody v motoneuronu jsou patogenním děním zhoršeny, motoneuron „neuživí“ plný počet vláken v jednotce a jejich počet ubývá. Kontraktilní svalová vlákna se mění v méně diferencovaná vlákna vazivová, nebo dojde k jejich tukové degeneraci. To se projeví klinicky atrofií postiženého svalu spojenou s poklesem jeho síly. Je to patrné především na svalech s velkými motorickými jednotkami, např. na svalech gluteálních apod. Takové oslabení velkých svalů se klinicky projevuje „myopatickými symptomy“, např. „kachní chůzí“.

Zanikne-li motoneuron, zaniká motorická funkce všech jím zásobených svalových vláken. Je-li poškozen jenom neurit, je možno počítat s přímou regenerací vláken a obnovou jejich funkce, pokud je zachována Schwannova pochva a nebo s kolaterální regenerací, kdy sousední zachovalé neurity vytvoří nové větvičky, které zásobí denervovaná vlákna. Regenerace přímá postupuje rychlostí od 1 do 3 mm za den podle stavu organismu. Kolaterální regenerace je rychlejší.

1.2 SVAL

Základní klinickou jednotkou motoriky je sval. Je to pohybový orgán složený z určitého počtu MJ, který transformuje chemickou energii na energii mechanickou (sílu). Při činnosti svalu dochází postupně k náboru aktivních jednotek úměrně podle vyvíjeného úsilí. Nábořem aktivizované MJ při tom pracují asynchronně, tj. každá v odlišném rytmu. To vede k tomu, že kontrakce svalu má plynulý ráz, i když je složena ze série záškubů jednotlivých MJ. Dojde-li v patologickém případě při poruše řízení k synchronizaci činnosti motorických jednotek, stane se pohyb nikoli plynulým, ale má trhavý (sakkadovaný) ráz, jako by to byla série záškubů.

Jednotlivé svaly se odlišují funkčně i morfologicky podle toho, k jaké funkci jsou určeny. Motorické jednotky fázické nebo tonické nejsou ve všech svalech zastoupeny ve stejném poměru. Např. svaly v hluboké vrstvě zádových svalů mají větší procento tonických MJ, protože nastavují polohu, naproti tomu svaly v povrchní vrstvě zádových svalů mají větší procento fázických MJ, protože nastavenou polohu udržují a korigují. Kontrakce svalu se podle vztahu délky svalu k vyvíjené síle napětí rozdělují na izometrické a isotonické, isokinetické, koncentrické a excentrické. Toto dělení má význam pro výkon, který sval může podat a pro jeho unavitelnost. Počet MJ ve svalu může působením patogenního činitele snížit. Klinicky se to projevuje atrofií a snížením síly úměrně počtu vymizelých neuronů.

Vedle MJ jsou součástí svalu čidla (proprioceptory a volná nervová zakončení), dále vazivo a cévy krevní i lymfatické. Vazivo rozděljuje sval na jednotlivé snopce, tvoří fasciální obal svalu a vyústuje ve šlašité úpony svalu na periost. Sval spojuje svými šlašitými úpony pohyblivý kostní segment s nepohyblivým útvarem a nebo propojuje dva pohyblivé segmenty mezi sebou. Činností svalu vzniká pohyb vedoucí ke změně vzájemného postavení segmentů těla, k udržování dané polohy těla nebo i ke změně

i polohy těla lokomocí v prostoru. Naukou o pohybu u člověka se zabývá kineziologie.

Pohyb svalu je spouštěn CNS. Sval zbavený nervového zásobení není schopen funkce, a i když je normálně zásoben krví, strukturálně se dediferencuje a funkčně zaniká. Klinicky se to projevuje atrofií a snižováním síly úměrně počtu vymizelých neuronů. Oslabení síly se označuje klinicky jako **chabá paréza** a úplné vymizení síly jako **chabá plegie** svalu. Podobná porucha vzniká i při přerušení periferního nervu. Pro tento druh poruch se používá termínu **periferní léze**.

Porucha motoriky vznikne i tehdy, dojde-li k poškození sestupných motorických drah vedoucích k motoneuronům. Tyto poruchy označujeme za **centrální léze**. Při poruše aferentních drah periferních vzniká porucha pohybové koordinace z porušení zpětné vazby.

Cévní systém je důležitý pro zásobení svalu energetickými látkami nutnými pro přeměnu chemické energie na energii mechanickou. Lymfatický systém je nutný k odstraňování detritu, který při mechanické aktivitě vzniká, a nebo k odstraňování různých jiných škodlivin, např. při zánětech apod.

Na rozsah pohybu svalu má značný vliv i jeho složka vazivová. Při zhoršení elasticity vazivové tkáně se sníží rozsah pasivního pohybu svalu, který nazýváme zkrácením. Ve zkráceném svalu je omezen i jeho výkon. Je nutno rozlišovat, zda je pohybové omezení působeno vazivově, a nebo zda je působeno změnou fyziologické bariéry. Toto rozlišení „svalového zkrácení“ je důležité pro volbu vhodného terapeutického postupu. Na pohyb má vliv i integrita kostních segmentů, na které se svaly upínají. Všechny tyto vlivy participují na svalové činnosti a v diagnostice poruch motoriky je třeba je respektovat, vzhledem k volbě terapeutického postupu.

Pro řízení svalu zpětnou vazbou mají zásadní význam proprioceptory, které jsou lokalizovány jednak ve svalu samém (svalová vřeténka), jednak v jeho šlachách (šlachová tělíčka Golgiho) a v kloubních pouzdrech (kloubní receptory).

1.3 SVALOVÉ RECEPTORY

Svalové vřetenko

Tento receptor je podélný útvar složený z malého počtu tenkých motorických vláken zvaných intrafusální, která jsou uprostřed přerušena čidlem, ze kterého vystupuje senzitivní vlákno jdoucí přes spinální ganglion (tělo senzitivního neuronu) zadním kořenem míšním a zpět k alfa motoneuronu kde končí, ale rozvětňuje se před tím i do okolní interneuronální síť. Motorická intrafusální vlákna jsou inervována z oblasti formatio reticularis motorickými vlákny systému gama (gama motoneurony).

Vřetenko je vazivově připojeno k normálním extrafuzálním svalovým vláknům. Jestliže se sval pasivně protáhne, podráždí se jeho středové čidlo a začne vysílat signály k motoneuronu, a tím snižuje jeho práh dráždivosti. Současně se při tom vzestupnými drahami informuje CNS (především mozeček) nejen o délce svalu, ale i o tom, jakou rychlostí se délka svalu mění. Stejný stav nastane i v případě, že i v neprotáženém svalu budou činností gama systému podrážděna intrafusální vlákna vřetenka.

Lze tedy říci, že vřetenko nastavuje práh dráždivosti svalu v závislosti na jeho délce a na stavu retikulární formace, ze které vychází systém gama. Tento poznatek se aplikuje v praxi tak, že pasivní flexe sval tlumí (inhibuje) a pasivní extenze ho povzbuzuje (facilituje). Znamená to, že postavení segmentu, a tím i délka svalu mají vliv na dráždivost svalu a této závislosti využívá terapeut při své práci. Chce-li pohyb usnadnit (facilitovat) bude vycházet z natažené polohy (výchozí poloha všech facilitačních vzorů) a chce-li ho spíše utlumit (inhibovat) bude k tomu používat polohy flektované. Podobným způsobem pracuje i gama systém. Jestliže bude retikulární formace podrážděna (např. při vzrušení), bude práh dráždivosti motoneuronů snížen a pohyb svalů bude usnadněn (facilitován). Jestliže bude naopak retikulární formace utlumena (např. ve spánku), bude práh dráždivosti motoneuronů zvýšen, a pohyb svalu tím bude tlumen (inhibován).

Svalové vřetenko ovlivňuje přes interneuronální síť nejen svůj sval, ale i sval tzv. antagonistický, na který působí opačným způsobem. Podráždění vřetenka agonisty působí na antagonistu inhibičně. Vliv svalového vřetenka se též nepatrně uplatňuje i na obdobných svalech druhé strany těla, kde působí inverzně, tj. druhostranného agonistu inhibuje a jeho antagonistu facilituje.

Šlachové tělísko

Tento receptor je umístěn ve šlaše svalu a je méně dráždivý nežli receptor svalového vřetenka a nemá přímého spojení s gama systémem jako svalové vřetenko. Při značně zvýšeném napětí ve šlaše svalu se aktivuje a působí zvýšení prahu dráždivosti, a tím sval tlumí, čili působí na svůj sval opačně nežli svalové vřetenko, a tím by činnost vřetenka rušil. Protože ale jeho dráždivost je nízká, uplatní se jeho útlum jako brzda až při silném tahu, který by mohl působit nepříznivě na sval a poškodit jej (funkce pojistky).

Šlachové tělísko působí i na antagonistu těže strany, kterého facilituje. Současně je jeho vliv patrný v malé míře i na svalech opačné strany těla, kde je jeho činnost opět inverzní, tj. druhostranného agonistu facilituje a antagonistu inhibuje.

Vzájemný vztah obou proprioceptorů je pro řízení pohybu důležitý. Vřetenko spolu se šlachovým tělískem působí vzájemně jako obranný servomechanismus zabráňující poškození svalu. Působení proprioceptorů přes interneuronální síť umožňuje vznik alternovaných zkřížených pohybů, např. při chůzi. Je-li tato funkce proprioceptorů porušena, např. u diabetické polyneuropatie, je mechanismus chůze ohrožen a chybějící proprioceptivní aference se musí nahradit zrakem, a postižený se proto musí dívat na své nohy při chůzi, aby neupadl.

Volná zakončení nervová

Tato nervová zakončení jsou zdrojem nocicepce a bolesti. Jsou silněji zastoupena ve vazivu svalu a v kloubních pouzdrech. Nociceptivní podněty jsou sice vnímány těmito zakončeními, ale prožitek a vnímání bolesti nejsou přímo závislé na nociceptivní aferenci, ale na interpretaci této aference CNS. Každá nociceptivní aference zvyšuje dráždivost motoneuronu, což se projevuje zvýšením klidového tonu, který vede při větší intenzitě až k obranné kontraktuře, provázené u někoho bolestí u jiného nikoli, což závisí na vnímání individua na nociceptivní podněty. Bolest je signál upo-

zornující, že pohyb který ji působí, dráždí zdroj nocicepce. Účelem signálního pocitu bolesti je varovat se pohybu, který ji působí, aby se nerušil klid potřebný pro funkci reparačních pochodů při poškození. Proto není vždy dobře řešit bolesti ve svalch analgetiky, ale uvážít, zda pocíťovaná bolest má obranný význam, a nebo je pro pacienta příliš obtěžující. Při nutném podání analgetik se potřebný klid musí zajistit pohybovým režimem. K tomuto rozhodnutí je třeba zjistit, jak vnímá postižený senzitivní signály: zda je vnímá normálně, nebo je nadhodnocuje, či naopak podhodnocuje.

Kloubní a vestibulární propioceptory

Pro činnost svalu mají význam i propioceptory umístěné v kloubním pouzdru. Kloub proto nelze chápat mechanicky jenom jako ložisko, ale i jako měřicí přístroj hlásí do CNS jednak postavení kloubu (receptory s pomalou adaptací), jednak rychlost, s jakou se postavení kloubu mění (receptory s rychlou adaptací typu on-off). Tyto receptory poskytují průběžně potřebné údaje goniometrické (úhel) i akcelerometrické (rychlost) nutné pro řízení pohybu.

Na rozdíl od ložiska musí mít kloub mechanicky i určitou pohybovou vůli (joint play). Při svraštění pouzdra nebo zánětlivých procesech je tato vůle omezena, nutno ji proto hodnotit kvantitativně pro její obnovu z terapeutického důvodu.

K důležitým propioceptivním orgánům patří i vestibulární ústrojí ve vnitřním uchu, jehož hlavním úkolem je sice udržování rovnováhy ve vzpřímeném stoji a při lokomoci ve vertikále, ale má kromě toho i vliv na dráždivost svalů, která se mění s polohou. V horizontální poloze je dráždivost svalového aparátu nižší nežli ve vertikální poloze.

Vliv na dráždivost motoneuronů má i dechová mechanika. V nádechu se dráždivost zvyšuje (facilitace), při výdechu se dráždivost snižuje (inhibice). Těto závislosti dráždivosti na poloze segmentu i celého těla a na fázi respiračního cyklu se využívá terapeuticky pro dosažení relaxace, nebo zvýšení výkonu.