

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH VĚD

Ústav fyzioterapie

Karolína Moravcová

Evidence důkazů o účinnosti PNF strečinku

Bakalářská práce

Vedoucí práce: Mgr. Petra Bastlová, Ph.D.

Olomouc 2016

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně pod vedením Mrg. Petry Bastlové, Ph.D. s použitím pouze uvedených bibliografických a elektronických zdrojů.

Olomouc 6. května 2016

podpis

Poděkování

Děkuji Mgr. Petře Bastlové, Ph.D. za odborné vedení, ochotu a poskytnutí cenných rad během tvorby této práce. Ráda bych také poděkovala své rodině a přátelům za jejich podporu.

ANOTACE

Typ závěrečné práce:	Bakalářská práce
Název práce v ČJ:	Evidence důkazů o účinnosti PNF strečinku
Název práce v AJ:	The evidence of PNF stretching effectiveness
Datum zadání:	2016-01-31
Datum odevzdání:	2016-05-06
Vysoká škola, fakulta, ústav:	Univerzita Palackého v Olomouci Fakulta zdravotnických věd Ústav fyzioterapie
Autor práce:	Moravcová Karolína
Vedoucí práce:	Mgr. Petra Bastlová, Ph.D.
Oponent práce:	Mgr. Radek Mlíka, Ph.D.

Abstrakt v ČJ:

Cílem práce je předložit přehled dosavadních znalostí o efektu strečinku podle konceptu Proprioceptivní neuromuskulární facilitace (PNF) na vlastnosti kosterního svalu. V rámci teoretických poznatků je obsažena stručná charakteristika technik využívaných v rámci PNF strečinku a jejich dosud známé neurofyziologické principy. Hlavní náplní práce je srovnání výsledků odborných studií, zabývajících se účinností PNF strečinku. Závěrem jsou navrženy možnosti využití technik PNF v praxi, a to s ohledem na diskutované poznatky.

Abstrakt v AJ:

The aim of this thesis is to present existing knowledge of the effects of proprioceptive neuromuscular facilitation (PNF) stretching on properties of skeletal muscle. Starting with theoretical introduction, a brief characteristic of PNF stretching techniques as well as yet known neurophysiological mechanisms behind them is presented. Following that, the core part of the thesis provides a comparison of results of studies in the field of PNF stretching effectiveness. Based on these discussed findings, possible applications of PNF techniques in practice are proposed in conclusion.

Klíčová slova v ČJ:

proprioceptivní neuromuskulární facilitace, strečink, rozsah pohybu, flexibilita, výkonnost, kontrakce-relaxace

Klíčová slova v AJ:

proprioceptive neuromuscular facilitation, stretching, range of motion, flexibility, performance, contract-relax

Rozsah: čistého textu/s přílohami: 30 stran/30 stran

Místo zpracování: Olomouc

Místo uložení: Olomouc

Rok obhajoby bakalářské práce: 2016

OBSAH

ÚVOD	7
1 SOUHRN TEORETICKÝCH POZNATKŮ	8
1.1 Strečink	8
1.2 Strečink podle konceptu Proprioceptivní neuromuskulární facilitace	8
1.2.1 Základní neurofyziologické principy PNF strečinku	9
1.2.2 Techniky PNF strečinku.....	11
1.3 Dynamický strečink	12
1.4 Balistický strečink.....	12
1.5 Statický strečink.....	13
1.6 Pohybové aspekty ovlivněné PNF strečinkem.....	13
1.6.1 Flexibilita, rozsah pohybu.....	13
1.6.2 Svalová síla	14
1.6.3 Balance.....	14
2 DISKUZE.....	15
2.1 Vliv PNF strečinku na svalovou sílu a výkonnost	15
2.2 Vliv PNF strečinku na elektrickou aktivitu svalu	20
2.3 Vliv PNF strečinku na rozsah pohybu	21
2.4 Vliv PNF strečinku na balanci	24
2.5 Vliv PNF strečinku na hbitost.....	25
2.6 Vliv PNF strečinku na svalovou strukturu	25
2.7 Asistovaný vs. neasistovaný PNF strečink.....	26
2.8 Optimální parametry v provedení PNF strečinku	27
2.9 Mechanismus účinku PNF strečinku.....	32
ZÁVĚR	34
REFERENČNÍ SEZNAM.....	37

ÚVOD

Cíle práce:

Cíl č. 1: Podat přehled poznatků o neurofyziologických principech PNF strečinku a technikách, které tyto principy využívají.

Cíl č. 2: Vyhledat a předložit výsledky studií, které se zabývají efekty PNF strečinku.

Cíl č. 3: Srovnat a diskutovat výsledky jednotlivých studií a vyhodnotit účinky PNF strečinku pro účely klinické praxe.

Strečink podle konceptu Proprioceptivní neuromuskulární facilitace (PNF) je využíván v klinické i sportovní praxi, a to především s cílem dosažení svalové relaxace a fyziologického rozsahu pohybu v kloubu.

V této práci jsou shrnuty poznatky odborných studií, které se zabývaly účinky technik PNF i jejich srovnáním s jinými metodami strečinku. Jsou uvedeny dosavadní znalosti o základních neurofyziologických mechanismech PNF strečinku, kterými jsou reciproční inhibice, autogenní inhibice, stresová relaxace a teorie vrátkové kontroly. Jsou popsány techniky, které těchto principů využívají. Velký rozsah práce zaujímá diskuze o poznatcích týkajících se účinnosti PNF strečinku na flexibilitu, svalovou sílu, rychlost pohybu a strukturu svalu. V diskuzi jsou také zahrnuty rozdíly efektu mezi krátkodobou a dlouhodobou aplikací technik PNF. Nakonec je předložen přehled názorů na správné provedení PNF strečinku s ohledem na délku izometrické kontrakce, její intenzitu, trvání relaxace, zvolenou techniku a počet opakování postupu. Tato práce se snaží o ucelení současných znalostí získaných z odborných studií zaměřených na tuto problematiku a předložení možností využití technik PNF v praxi.

Odborné zdroje potřebné pro zpracování práce byly vyhledávány v databázi PubMed, vyhledávači Google Scholar a na základě referenčních odkazů.

Pro vyhledávání byla použita následující klíčová slova: proprioceptivní neuromuskulární facilitace, strečink, rozsah pohybu, flexibilita, výkonnost, kontrakce-relaxace.

Pomocí databází bylo celkem nalezeno 67 zdrojů, použito bylo 46 publikací.

Z toho pro teoretickou část práce byly zpracovány informace z celkem 6 odborných monografií.

1 SOUHRN TEORETICKÝCH POZNATKŮ

1.1 Strečink

Slovo „strečink“ pochází z angličtiny a znamená „natahování“. Dnes se jedná o obecně známý pojem, spojený především s cíleným protahováním svalů. Svalový strečink je využíván v oblasti sportu i zdravotnictví. Do povědomí se dostal jeho význam v prevenci svalových zranění a zdravotních potíží spojených se svalovými dysbalancemi (Šebej 2001, s. 5–9). Strečink protahuje kosterní svaly obklopující daný kloub a s nimi související vazivovou tkáň (Wicke et al. 2013, s. 168).

Existuje několik typů strečinku. V této práci je použita typologie, jakou používá např. Nelson a Kokkonen (2015, s. 7). Je rozlišen strečink podle konceptu Proprioceptivní neuromuskulární facilitace, pasivní statický strečink, balistický strečink a dynamický strečink.

1.2 Strečink podle konceptu Proprioceptivní neuromuskulární facilitace

Proprioceptivní neuromuskulární facilitace (dále pouze PNF) je koncept léčby původně vyvinutý pro pacienty trpící poliomyelitidou a roztroušenou sklerózou. Dnes je využíván u neurologických, traumatologických i ortopedických pacientů. Jak uvádí Adler et al. (2008, s. 20), cílem technik PNF je podpořit funkční pohyb pomocí facilitace, inhibice, posilování a relaxace svalových skupin.

Jednotlivé techniky jsou vystavěny na neurofyziologických principech. Tato podstata je vyjádřena také v názvu, vysvětleném dle Adler et al. (2008, s. 2):

- **Proprioceptivní** – související s hlubokými receptory, registrujícími polohu a pohyb tělních segmentů.
- **Neuromuskulární** - zahrnující nervy a svaly.
- **Facilitace** - podporující, usnadňující pohyb.

1.2.1 Základní neurofyziologické principy PNF strečinku

Hindle et al. (2012, s. 107) ve své přehledové studii shrnují čtyři pravděpodobné fyziologické mechanismy vedoucí k pozitivním účinkům PNF strečinku. Jsou to autogenní inhibice, reciproční inhibice, stresová relaxace a teorie vrátkové kontroly. Všechny z nich vysvětlují možnost zvýšení rozsahu pohybu, síly i výkonu jako účinku PNF strečinku. První tři mechanismy zmiňují také Sharman et al. (2006, s. 931).

Autogenní inhibice je také známa pod pojmem obrácený myotatický reflex. Pokud je při pasivním protahování svalu nebo silné kontrakci dosaženo příliš velkého mechanického napětí, dojde místo dosavadní reflexní kontrakce k náhlé relaxaci tohoto svalu. Reflex je zajištěn Golgiho šlachovými tělísky – proprioreceptory lokalizovanými ve šlaše v blízkosti přechodu ve svalové bříško, registrujícími napětí šlachosvalové jednotky. Golgiho tělísko je složeno z kolagenních vláken uzavřených ve vřetenovitém vazivovém pouzdře. Je uloženo v sérii se svalovými vlákny. Vjemy z receptoru jsou do míchy vedeny senzoryckými A_{α} vlákny. Tělo senzorycké buňky se nachází ve spinálním gangliu, axon se větví a vytváří několik spojů. Prostřednictvím inhibičního interneuronu se spojuje s alfa-motoneurony agonisty a jeho synergistů, způsobuje tak jejich relaxaci. Přes excitační interneuron dráždí alfa-motoneurony antagonistů. Větve axonu se také připojují k drahám zadních provazců míšních, cuneocerebelárním a spinocerebelárním drahám (Králiček 2004, s. 131—135). Využití principu autogenní inhibice v PNF strečinku tkví v zařazení izometrické kontrakce agonisty ve stavu jeho pasivního prodloužení. Tímto mechanismem vzniká velké napětí ve šlaše (Sharman et al. 2006, s. 932).

V technikách, při kterých je využívána kontrakce antagonisty protahovaného svalu, je uplatňován princip **reciproční inervace**. Pokud centrální nervová soustava vyšle impuls k aktivaci alfa-motoneuronů antagonistického svalu, jsou zároveň excitovány inhibiční interneurony pojící se s alfa-motoneurony agonisty. Inhibiční interneurony mohou být drážděny také aferentními vlákny z antagonistického svalu při zesílení jeho kontrakce a tím se inhibice agonisty zvětšuje. Při využití kontrakce antagonisty v rámci PNF strečinku byly v mnoha studiích dosaženy větší nárůsty v rozsahu pohybu. Zásluhy jsou přičítány fenoménu reciproční inhibice (Sharman et al. 2006, s. 932—933).

Šlachosvalová jednotka má viskózní i elastické mechanické vlastnosti. Míra elasticity podmiňuje sílu nutnou k protažení svalu (Chalmers 2004, s. 173). Viskózní struktury se prodlužují v reakci na pomalu vyvíjenou sílu. Když je šlachosvalová jednotka v protažení, snižuje se odpor viskózních struktur s narůstajícím časem. Tento fenomén je nazýván jako **stresová relaxace** a je popisován jev „plíživého protažení“ šlachosvalové jednotky. Protažení má své limity, protože se zvětšuje pasivní odpor (Taylor et al. 1990 in Sharman et al. 2006, s. 934). V technikách PNF je stresová relaxace využívána v rámci kontrakce agonisty, kdy se zvětšuje tahové zatížení šlachy a je podpořeno „plíživé“ prodlužování šlachosvalové jednotky v pozici jejího protažení. Ještě většího tahového zatížení je dosaženo kontrakcí antagonisty při technice kontrakce-relaxace-kontrakce antagonisty (Hindle et al. 2012, s. 108).

Hindle et al. (2012, s. 108—109) popisují **teorii vrátkové kontroly**. Obecně se tento mechanismus dostavuje, pokud jsou současně registrovány dva různé stimuly. Receptory různých modalit mají odlišně myelinizovaná vlákna, vzruch je proto do zadních rohů míšních veden různou rychlostí. Když se dvě aferentní vlákna pojí se stejným interneuronem, je pomaleji vedená informace potlačena. Tento princip je využit také v PNF strečinku. Protažení svalu za hranici aktivního rozsahu pohybu je pociťováno jako nociceptivní stimulus. Izometrickou kontrakcí v této poloze je nocicepce potlačena. Časem vzniká adaptace Golgiho šlachového tělíska na prodloužení, reflexní inhibice se dostavuje až později a svalu je tak umožněno vyvinout větší sílu ve větším rozsahu pohybu. Autoři přiznávají, že existují některá tvrzení, ovšem více studiemi nepodložená, která popírají účast Golgiho šlachových tělísek v percepci a inhibici vyvinuté síly (Chalmers 2002 in Hindle et al. 2012, s. 109).

Dlouhodobé účinky PNF strečinku na dosažený rozsah pohybu ještě nejsou plně objasněny. Někteří autoři se zabývají hypotézou, že strečink mění okamžik, kdy je protažení vnímáno, a PNF strečink má v tomto směru větší vliv než ostatní techniky. Mechanismy tohoto jevu nejsou známy (Sharman et al. 2006, s. 934).

1.2.2 Techniky PNF strečinku

Různí autoři se při popisování technik vzájemně neshodují v názvosloví. Pro potřeby této práce bylo proto zvoleno následující názvosloví:

- **Agonista** je protahovaný sval neboli cílový sval.
- **Antagonista** je sval opačné funkce, „protihráč“ protahovaného svalu.

Adler et al. (2008, s. 33) tyto techniky označují jako relaxační a uvádí následující rozdělení:

- **Technika kontrakce-relaxace: přímá terapie** je charakterizována stejně jako výše uvedená metoda kontrakce-relaxace. Izometrická kontrakce protahovaného svalu je vykonána proti odporu terapeuta se záměrem pacienta vykonat pohyb. Autoři techniku uvádějí jako vhodný přístup ke zvětšení pasivního rozsahu pohybu.
- **Technika kontrakce-relaxace: nepřímá terapie** nepoužívá izometrickou kontrakci protahovaného svalu, ale jeho synergistů. Je doporučeno aplikovat tuto techniku v případě bolestivé nebo příliš slabé kontrakce protahovaného svalu.
- **Technika výdrž-relaxace: přímá terapie** se od první techniky liší tím, že izometrická kontrakce cílového svalu nemá záměr vykonat pohyb, ale udržet segment v dosažené pozici. Technika umožňuje zvýšit pasivní rozsah pohybu a snížit bolest.
- **Technika výdrž-relaxace: nepřímá terapie** aplikuje odpor na synergisty příslušného svalu nebo jejich antagonisty, a to v případě, že je cílový sval bolestivý.

Rozdělení podle Hindle et al. (2012, s. 105) je odlišné, založené na praktickém provedení technik v rámci klinických studií. Jsou uvedeny dvě nejčastěji využívané techniky PNF strečinku:

- **Technika kontrakce-relaxace** zahrnuje pasivní protažení agonisty po daný časový úsek, následnou aktivní izometrickou kontrakci daného svalu a poté relaxaci svalu spolu s pasivním protažením.
- **Technika kontrakce-relaxace-kontrakce antagonisty** probíhá v první fázi jako předchozí technika. V poslední fázi je namísto pasivního protažení cílového svalu využita aktivní kontrakce jeho antagonisty.

Maddigan et al. (2012, s. 1238—1239) ještě v rámci uvedených technik rozlišili jejich asistovanou a neasistovanou formu. V prvním případě se jedná o klasické provedení, kdy proceduru vede terapeut, který provádí pasivní protažení i kladení odporu. Neasistovaná forma se obejde bez terapeuta. Jedinec je schopen provést pasivní protažení i odpor tahem posilovací gumy, kterou ovládá rukama. Jinou alternativou je např. využití židle nebo schodu, který distálně vytvoří *punctum fixum* a protažení jedinec dosáhne pohybem proximálního kloubu. Někteří autoři odborných studií se zabývali účinností a výhodami neasistovaných technik. Jejich poznatky budou uvedeny v diskuzi.

1.3 Dynamický strečink

Dynamický strečink se děje kontrolovaným rytmickým pohybem segmentů v jejich plném funkčním rozsahu. Je často užívaný jako příprava před cvičením (Wicke et al. 2013, s. 168). Umožňuje prohřátí tkání a zvýšení teploty tělesného jádra (Fletcher and Jones 2004 in Behm et al. 2016, s. 4).

Během dynamického strečinku jsou používány cviky podobné následující hlavní sportovní aktivitě. Postupně se zvyšuje intenzita cvičení, aby se zesílila neuromuskulární aktivace (Sá et al. 2015, s. 3). Nelson a Kokkonen (2015, s. 7) podávají vysvětlení, podle kterého jsou během dynamického strečinku využívány pohyby většího než běžného rozsahu a dochází tak k aktivaci proprioreceptorů. Tímto způsobem jsou facilitovány nervy, které následně fungují rychleji, a svaly mají schopnost rychlejší a silnější kontrakce.

1.4 Balistický strečink

Balistický strečink je prováděn poměrně rychlými švihovými pohyby v pozici blízké krajní poloze kloubu. Tímto způsobem může být aktivován myotatický reflex. Bývá tak často uváděna domněnka, že balistický strečink zvyšuje riziko zranění šlachosvalové jednotky. Tato tvrzení nejsou doložena vědeckým výzkumem (Nelson a Kokkonen 2015, s. 7).

1.5 Statický strečink

Statický strečink je natahování svalu do pocitu protažení (Cronin et al. 2008 in Behm et al. 2016, s. 2), nebo prvního nepříjemného vjemu (Behm et al. 2004 in Behm et al. 2016, s. 2). Poté je tato pozice držena po danou časovou periodu (Ebben et al. 2004 in Behm et al. 2016, s. 2). Metoda nezahrnuje rytmické pohyby. Obvykle se využívá po cvičení, protože je znám její negativní účinek na výkonnost (Wicke et al. 2013, s. 168).

Statický strečink můžeme dále rozdělit podle typu využívaného odporu, a to na pasivní a izometrický. Během pasivního strečinku je dosažená pozice v protažení držena vnější silou. K tomuto účelu můžeme využít druhou osobu, svoji druhou končetinu, posilovací gumu apod. Izometrický statický strečink ovlivňuje odpor svalu pomocí izometrické kontrakce protahovaného svalu (Wicke et al. 2013, s. 168). PNF strečink je někdy označován jako forma statického strečinku, která kombinuje pasivní a izometrickou komponentu strečinku (Grieco 2002 in Wicke et al. 2013, s. 168).

1.6 Pohybové aspekty ovlivněné PNF strečinkem

Mezi nejčastěji uváděné patří účinky PNF strečinku na rozsah pohybu, svalovou sílu a výkonnost. Některé studie se zabývaly také efektem PNF technik na balanci. Proto jsou tyto pojmy v následující pasáži vysvětleny.

1.6.1 Flexibilita, rozsah pohybu

Flexibilita může být definována jako schopnost pohybu v kloubech v náležitém rozsahu (Wicke et al. 2013, s. 168). Má významnou roli ve zlepšení kvality sportovního výkonu i v prevenci zranění (Feland a Marin 2004, s. 1). Náležitá míra flexibility může redukovat riziko zranění a zvyšovat výkonnost díky sníženému odporu kolemkloubních tkání. Snížení odporu tkání navíc umožňuje efektivnější práci díky snížení energie potřebné ke kontrakci svalů (Shrier 2004 in Wicke et al. 2013, s. 168). Strečink je významným prostředkem ke zvýšení flexibility. Protahuje nejen svaly, ale také přilehlou pojivovou tkáň (Wicke et al. 2013, s. 168).

Můžeme odlišit dynamický, aktivní a pasivní rozsah pohybu. Dynamický rozsah je dosažen švihem, aktivní rozsah je nabýván pomalým aktivním pohybem a pasivní rozsah je dosahován vnější silou při relaxované končetině (Maddigan et al. 2012, s. 1240).

1.6.2 Svalová síla

Z anatomického hlediska závisí svalová síla na několika faktorech. Prvním z těchto faktorů je počet svalových vláken, který je možné odvodit z fyziologického průřezu svalu, tedy součtu příčných průřezů všech vláken svalu. Síla svalu je také závislá na jeho délce. Obvykle je mezi silou a délkou vztah přímé úměrnosti. Ovšem svou roli zde má výška těla, rasová příslušnost, pohlaví a další rysy. Třetí z faktorů je využitelný k měření svalové síly v klinické praxi a je to počet aktivovaných motorických jednotek. Motorická jednotka je skupina svalových vláken inervovaných jedním motoneuronem. Svalovou sílu také ovlivňuje působení elastických složek svalu a šlachy. Elastická síla je největší při krajním protažení svalu (Dylevský 2007, s. 171). V souvislosti s uvedenými činiteli existují různé metody vyšetření svalové síly, které byly využity v odborných studiích a budou popsány v diskuzi.

Jak se ukázalo z mnoha výsledků odborných studií, strečink má na svalovou sílu a výkonnost velký vliv (Hindle et al. 2012, s. 105).

1.6.3 Balance

Schopnost udržení balance (rovnováhy) souvisí s posturální kontrolou. Paillard a Noé (2015, s. 1—2) tento vztah vyjádřili slovy, že posturální kontrola se vztahuje ke schopnosti udržet rovnováhu těla v posturálně náročné situaci, omezit výchylky těžiště a nespadnout. Takovou situací je např. stoj na jedné končetině nebo na labilní ploše.

Na zachování vzpřímené postury mají vliv fyzikální faktory, jako např. vlastnosti opěrné plochy, hmotnosti a výšce těla. Stejně významný vliv má také svalová aktivita. Pro udržení rovnováhy je důležitý aferentní vstup, ke kterému se řadí také propioceptivní vjemy ze svalových proprioceptorů (Véle, s. 103, 109).

2 DISKUZE

Účinky PNF strečinku mohou být ovlivněny různými faktory, jako je věk a pohlaví jedince, trvání kontrakce a relaxace, konkrétní ošetřovaný sval, použitá technika, síla použité kontrakce a další (Hindle et al. 2012, s. 111). Některé z těchto faktorů a jejich optimální stanovení budou v této práci diskutovány.

PNF strečink bývá preferován pro dlouhodobé použití, a to kvůli snížení rizika zranění a zvětšení rozsahu pohybu v kloubu (Wilmore et al. 2008 in Akbulut a Agopyan 2015, s. 3413). Hindle et al. (2012, s. 105) uvedli dva hlavní účinky PNF strečinku, které bývají nejčastěji zkoumány. Je to zvětšení rozsahu pohybu a taktéž svalové výkonnosti. Přehled nejčastěji sledovaných účinků je uveden v Tabulce č. 1 (s. 17). Závěry autorů jednotlivých studií a vzájemné odlišnosti výsledků budou dále diskutovány.

2.1 Vliv PNF strečinku na svalovou sílu a výkonnost

Zvýšení výkonnosti nastává po aplikaci PNF strečinku po sportovní aktivitě nebo bez návaznosti na ni, ale neplatí při provádění strečinku bezprostředně před výkonem. V takovém případě je vliv strečinku negativní, jak se shoduje mnoho autorů (např. Hindle et al. 2012, s. 110).

Výsledkem strečinku jsou změny v délce a tuhosti svalu, které ovlivňují propriocepci. Hypotézou Streepeyho et al. (2010, s. 1037—1041) bylo, že PNF strečink snižuje schopnost propriocepce, tedy vnímání pohybu v určitém segmentu, a následkem toho dochází bezprostředně po PNF strečinku k poklesu výkonu. Cílovými svalovými skupinami ve studii byly hamstringy a m. quadriceps femoris. Dolní končetinu měli dobrovolníci upevněnou v motodlaze, měli zavázané oči a sluchátka na uších, což jim znemožnilo kontrolu pohybu zrakem či sluchem. Motodlaha náhodně flektovala, nebo extendovala koleno rychlostí $0,4^{\circ} \cdot s^{-1}$ a proband měl za úkol stisknout tlačítko, když pohyb zaznamenal. Srovnávána byla latence mezi začátkem pohybu a stiskem tlačítka před a po strečinku. Po aplikaci PNF strečinku technikou výdrž-relaxace se při bezprostředním měření latence zvětšila v průměru o vteřinu. Výchozí teorie se tedy potvrdila.

Tabulka 1: Soubor hodnocených proměnných v odborných studiích (vlastní tabulka)

Autoři	Druhy strečinku					Ošetřované svaly	Hodnocené proměnné					Zkoumaná délka účinku	
	PNF NA	PNF A	PSS	DS	BS		svalová síla	flexibilita	balance	EMG	struktura svalu	okamžitý	dlouhodobý
Akbulut, Agopyan	*					GM, HA, QF, G, S		*					*
Asuman et al.			*			IL, HA, QF, S	*	*					*
Babault et al.		*	*			G medialis, S	*			*			*
Barroso et al.			*		*	GM, HA, QF	*	*					*
Beltrão et al.		*	*			HA		*					*
Bonnar et al.		*				HA		*					*
Cornelius, Rauschuber		*	*			HA		*					
Feland, Marin		*				HA		*					*
Funk et al.		*	*			HA		*					*
Gomes et al.		*	*			QF	*						*
González-Ravé et al.		*	*			HA		*					*
Church et al.		*	*			HA, QF	*	*					*
Keese et al.		*				HA	*						*
Lim et al.		*	*			HA		*	*	*			*
Maddigan et al.	*	*	*			HA		*					*
Mahieu et al.	*					G, S		*		*			*
Manoel et al.		*	*		*	QF	*						*
Marek et al.	*	*	*			VL, RF	*	*		*			*
Miyahara et al.		*	*			HA	*	*					*
Nagarwal et al.		*				HA		*					*
O'Hora et al.		*	*			HA		*					*
Puentedura et al.		*	*			HA		*					*
Rees et al.		*				G, S	*	*		*			*
Reis et al.		*	*			VL, RF	*			*			*
Ryan et al.		*				HA, IL, QF, G, S							*
Sheard, Paine		*				HA, GM		*					*
Sá et al.		*	*	*		VL, BF	*			*			*
Weng et al.		*	*			HA, QF	*						*
Wicke et al.	*		*			HA		*					*
Yuktasir, Kaya			*			HA, S	*	*					*

Legenda: PNF NA = neasistovaný PNF strečink; PNF A = asistovaný; PSS = pasivní statický strečink; DS = dynamický strečink; BS = balistický strečink; BF = biceps femoris; HA = hamstringy; G = gastrocnemius (gastrocnemii); GM = gluteus medius; IL = iliopsoas; QF = quadriceps femoris; RF = rectus femoris; S = soleus; VL = vastus lateralis

Některé studie hodnotily svalovou sílu počtem opakování silového cviku v maximální nebo submaximální intenzitě. Např. Gomes et al. (2010, s. 745—751) srovnávali okamžitý účinek pasivního statického strečinku a PNF strečinku na výkon při vytrvalostním tréninku. Výzkumný soubor tvořilo 15 mužů od 19 do 28 let se zkušenostmi s odporovým cvičením. Soubor byl rozdělen do tří skupin, ve kterých byl aplikován PNF strečink, pasivní statický strečink a jedna skupina byla kontrolní. Testována byla výdrž m. quadriceps femoris při intenzitě 40, 60 a 80% repetitivního maxima. Ve skupině aplikující techniku kontrakce-relaxace byla svalová výdrž snížena, zatímco ostatní dvě skupiny měly srovnatelné výsledky. Sá et al. (2015, s. 2—13) pomocí čtyř různých cviků testovali svalovou sílu m. vastus lateralis a m. biceps femoris. Zaznamenali, že PNF strečink před cvičením způsobil pokles výkonnosti, na rozdíl od pasivního statického a dynamického strečinku. Autoři uvedli dvě možná vysvětlení této skutečnosti. Prvním je redukce nervové aktivity v důsledku stimulace Golgiho šlachového tělíska (Fowles et al. 2000 in Sá et al. 2015, s. 4). Druhým vysvětlením je změna mechanických vlastností a stresová relaxace šlachosvalové jednotky (Halar et al. 1978 in Sá et al. 2015, s. 4).

Barroso et al. (2012, s. 2432—2436) se zabývali efektem 3 metod strečinku – balistického, pasivního statického a PNF. Svalová síla byla měřena počtem opakování cviku se submaximální zátěží 80% 1RM. Ve všech skupinách kromě kontrolní (bez strečinku) došlo ke snížení počtu opakování cviku a snížila se také celková zátěž (počet opakování x zátěž v kg). Ve skupině PNF, na rozdíl od ostatních, navíc došlo ke snížení 1RM. Závěrem této studie je proto tvrzení, že by PNF strečink neměl být aplikován před požadovaným vyvinutím maximální síly. Před repetitivním cvičením v submaximálních intenzitách by neměla být využita ani jedna z uvedených strečinkových technik.

Okamžitý vliv pasivního a PNF strečinku v kombinaci se zahřívacím cvičením na výkon při výskoku zkoumali Church et al. (2001, s. 332—335). Test vertikálního skoku je považován za vhodný prostředek hodnocení síly dolní končetiny (Perrine 1986 in Church et al. 2001, s. 333). Negativně na výkon působil pouze PNF strečink, byl proveden technikou kontrakce-relaxace-kontrakce antagonisty.

Keese et al. (2013, s. 3028—3031) reagovali na tvrzení o negativním vlivu PNF strečinku před cvičením na svalový výkon. Zabývali se hypotézou, že vliv na svalovou výdrž může být ovlivněn délkou trvání strečinku. Měřili počet opakování odporového cviku

se submaximální zátěží, přičemž skupina probandů před každým setem posilovacích cviků absolvovala PNF strečink zaměřený na hamstringy, trvající krátkou dobu, přibližně 2,5 minuty. Celkem byly provedeny čtyři sety odporových cvičení. Počet opakování se v každém dalším setu snižoval stejnou měrou ve skupině PNF a v kontrolní skupině. Výsledky nasvědčují tomu, že aplikace PNF strečinku o celkovém trvání okolo 2,5 minuty, tedy 1,25 minut pro jednu končetinu, nemá signifikantní vliv na svalovou výdrž při následujícím cvičení.

Svalová síla bývá ve studiích hodnocena také pomocí momentu síly („peak torque“), který je možné změřit na dynamometru během isokinetické kontrakce svalu. Moment síly m. vastus lateralis a m. rectus femoris při rychlosti 60 a 300°.s⁻¹ měřili Marek et al. (2005, s. 94—101). Opět šlo o studii zaměřenou na okamžitý efekt. Po statickém pasivním strečinku i PNF strečinku zaznamenali pokles svalové síly, výraznější byl při rychlosti 60°.s⁻¹. Manoel et al. (2008, s. 1528—1533) měřili moment síly isokinetické extenze kolenního kloubu při rychlostech 60 a 180°.s⁻¹. Porovnány byly tři strečinkové postupy – pasivní statický strečink, balistický strečink a PNF strečink technikou kontrakce-relaxace. Pasivní statický strečink ani PNF strečink nezpůsobily významné změny ve svalové síle. Výsledky uvedených studií se tedy lišily. Možným důvodem jsou odlišnosti v provedení PNF technik (viz Tabulka 2, s. 28). Obě studie sice použily techniku kontrakce-relaxace, ale Marek et al. (2005, s. 96) opakovali protahovací cvik pouze jednou, zatímco Manoel et al. (2008, s. 1530) provedli sérii složenou ze tří opakování. Babault et al. (2010, s. 247—252) se zabývali efektem patnáctiminutové jednotky pasivního statického strečinku a PNF techniky kontrakce-relaxace na sílu m. soleus a m. gastrocnemius medialis. V obou skupinách došlo k výraznému snížení momentu síly, bez vzájemného rozdílu v hodnotách.

Reis et al. (2013, s. 418) i Miyahara et al. (2013, s. 195) měřili sílu maximální volní izometrické kontrakce svalu. Reis et al. (2013, s. 418—421) sledovali m. vastus lateralis a m. rectus femoris u mladých fotbalistů. Porovnali hodnoty před a po 6 opakováních PNF strečinku, provedli také srovnání se statickým pasivním strečinkem. Ani v jednom z případů nedošlo ke snížení síly kontrakce. Autoři použili techniku kontrakce-relaxace s dobou protažení 30 sekund a délkou kontrakce 8 sekund. Mezi opakováními byla vždy desetisekundová pauza. Miyahara et al. (2013, s. 195—200) dosáhli jiných výsledků. Použili PNF techniku kontrakce-relaxace-kontrakce antagonisty ve srovnání s pasivním statickým strečinkem. Ošetřovanými svaly byly hamstringy. Během PNF techniky trvalo iniciální

pasivní protažení 10 sekund, kontrakce hamstringů 6 sekund a následné protažení s kontrakcí m. quadriceps 30 sekund. V případě PNF i pasivního statického strečinku došlo k výraznému snížení síly maximální volní kontrakce hamstringů. Rozdílné výsledky uvedených studií mohou být dány rozdíly v použitých technikách nebo aplikací na odlišné svalové skupiny.

Akbulut a Agopyan (2015, s. 3412—3422) se na rozdíl od předchozích uvedených autorů nezabývali momentálním efektem, ale provedli osmitýdenní studii. Technika kontrakce-relaxace byla aplikována dvakrát týdně. Změřili rychlost výkopu u mladých fotbalistů, která byla po 8týdenním tréninku větší o 4,9%.

Rees et al. (2007, s. 572—576) sledovali efekt PNF techniky kontrakce-relaxace-kontrakce antagonisty na svalovou sílu hodnocenou prostřednictvím maximální izometrické kontrakce. Strečink byl prováděn třikrát týdně po dobu 4 týdnů. Výsledky byly jednoznačně kladné.

Yuktasir a Kaya (2007, s. 11—19) se zabývali dlouhodobým efektem pasivního statického strečinku a PNF strečinku technikou kontrakce-relaxace na výkon při výskoku. Procedura strečinku byla prováděna čtyřikrát týdně po dobu 6 týdnů. Strečink neměl na výkon při skoku významný efekt. Asuman et al. (2015, s. 221—226) hodnotili flexibilitu a výkon při skoku vysokém i dalekém s cílem srovnat efekt pasivního statického a PNF strečinku. Výsledkem obou strečinkových procedur opakovaných třikrát týdně po dobu 4 týdnů bylo zvýšení svalové síly dolních končetin, a to bez vzájemných rozdílů mezi strečinkovými metodami.

Weng et al. (2009, s. 306—313) u 132 jedinců s osteoartrózou kolenního kloubu provedli srovnání čtyř technik PNF strečinku. Celý program trval 8 týdnů, probandi podstupovali daný druh léčby třikrát týdně. Jednalo se o techniky kontrakce-relaxace, výdrž-relaxace (přímá terapie, jak ji definuje Adler et al. 2008, s. 33), kontrakce-relaxace-kontrakce antagonisty a výdrž-relaxace-kontrakce antagonisty. Při poslední uvedené technice měl proband udržet končetinu v dané pozici (90° flexe v kyčli, extenze v koleni) proti odporu terapeuta. Následné protažení bylo podpořeno aktivní kontrakcí antagonisty protahovaného svalu. Ošetřovanými svaly byly hamstringy a m. quadriceps femoris. Kromě PNF technik byl do studie zařazen také pasivní statický strečink a izokinetická cvičení, která byla v jedné skupině samostatně, ale následovala i po každé strečinkové technice. Síla byla hodnocena

pomocí měření momentu síly. PNF strečink se ve výsledcích této studie ukázal jako nejefektivnější ve zvyšování svalové síly, zmírnění bolesti i redukci disability hodnocené dle Lequesnova indexu. V efektivitě jednotlivých technik PNF strečinku nebyly významné rozdíly.

2.2 Vliv PNF strečinku na elektrickou aktivitu svalu

Autoři některých studií nehodnotili výsledky PNF strečinku pouze klinickými testy, ale srovnávali aktivaci motorických jednotek svalu před a po strečinku pomocí povrchové elektromyografie (EMG).

Babault et al. (2010, s. 247—252) se zabývali efektem 15minutové jednotky pasivního statického strečinku a PNF techniky kontrakce-relaxace na vlastnosti m. soleus a m. gastrocnemius medialis. Na EMG byl během izometrické kontrakce pro obě skupiny zaznamenán podobný pokles aktivity m. soleus, ovšem hodnoty m. gastrocnemius medialis se ve skupině PNF zvýšily. Pro odlišné reakce svalů autoři uvádějí možné vysvětlení, které tkví v poměru zapojení obou svalů. Při výchozí testovací poloze v extenzi kolene, která byla použita, dochází totiž k relativně většímu zapojení m. gastrocnemius, než při flexi kolene (Kennedy a Cresswell 2001 in Babault et al. 2010, s. 250).

Marek et al. (2005, s. 94—101) měli výchozí hypotézu, že pokles svalové síly po strečinku je způsoben sníženou aktivací a nižší frekvencí vzruchů motorických jednotek svalu. Ve své studii se zaměřili na m. rectus femoris a m. vastus lateralis. Výsledky měření při rychlostech pohybu 60 a 300°·s⁻¹ byly v souladu s touto hypotézou.

V jiných studiích byl závěr odlišný. Reis et al. (2013, s. 418-421) snímali EMG aktivitu m. rectus femoris a m. vastus lateralis u mladých fotbalistů. Porovnali hodnoty před a po šesti setech PNF strečinku. Použili techniku kontrakce-relaxace s dobou protažení 30 sekund a délkou kontrakce 8 sekund. Výsledky ukázaly, že PNF strečink neměl vliv na neuromuskulární aktivaci. Lim et al. (2014, s. 209) po PNF strečinku technikou kontrakce-relaxace taktéž nezaznamenali pokles ve svalové aktivaci.

2.3 Vliv PNF strečinku na rozsah pohybu

Rozsah pohybu je ve studiích hodnocen pomocí elektronického, nebo manuálního goniometru. Protážení je provedeno do bodu, kdy proband ucítí první dyskomfort.

Funk et al. (2003, s. 489—492) se zabývali akutní změnou flexibility hamstringů po pasivním statickém strečinku a po PNF strečinku technikou kontrakce-relaxace. Srovnávali také vztah mezi účinkem PNF strečinku a jeho návazností na cvičení. Výchozí hypotézou bylo, že strečink následující po šedesátiminutovém cvičení zajistí větší nárůst flexibility, než strečink provedený bez předchozího cvičení. Celá procedura PNF strečinku trvala 5 minut. V provedení PNF strečinku je zde výrazný rozdíl oproti jiným studiím, a to neobvykle dlouhá izometrická kontrakce trvající 30 sekund. Studie byla prováděna na zdravých sportovcích ve věku okolo 20 let. Oba strečinkové postupy zajistily zvýšení flexibility hamstringů. Jako nejefektivnější pro zvětšení flexibility se ukázalo spojení šedesátiminutového cvičení a navazujícího pětiminutového PNF strečinku. Autoři se domnívají, že důvodem těchto výsledků může být snížená tuhost svalů po cvičení. Uvádí také, že cvičení může omezit symptomy svalového poškození excentrickou kontrakcí, pokud je takový typ kontrakce využit během strečinku.

Marek et al. (2005, s. 94—101) se zaměřili na okamžitý efekt techniky kontrakce-relaxace quadricepsu. Došlo ke zlepšení pasivního i aktivního rozsahu pohybu, a to v přibližně stejné míře po PNF i pasivním statickém strečinku. Také Lim et al. (2014, s. 209—212) ve studii momentálního efektu strečinku na flexibilitu hamstringů nezjistili významný rozdíl ve výsledcích PNF techniky kontrakce-relaxace a statického pasivního strečinku. Obě metody měly shodný pozitivní účinek. Obdobné výsledky měli Puente et al. (2010, s. 122—125), kteří srovnávali okamžitý efekt PNF strečinku technikou výdrž-relaxace a pasivního statického strečinku na flexibilitu hamstringů. Oba strečinkové postupy dosáhly srovnatelného zlepšení flexibility.

Odlišných výsledků dosáhli Miyahara et al. (2013, s. 195—200), kteří srovnávali okamžitý účinek PNF strečinku technikou kontrakce-relaxace-kontrakce antagonisty s pasivním statickým strečinkem. Ošetřovanou svalovou skupinou byly hamstringy a v případě PNF strečinku bylo dosaženo významně lepších výsledků ve flexibilitě, než

po pasivním statickém strečinku. Nápadným rozdílem vůči předchozím studiím je počet opakování protahovací techniky, který je zde větší. Barroso et al. (2012, s. 2432—2436) se zabývali efektem 3 metod strečinku – balistického, pasivního statického a PNF technikou výdrž-relaxace. Protahovací cvik byl zopakován třikrát. Rozsah pohybu byl hodnocen dosahem v předklonu v sedu. PNF strečink technikou výdrž-relaxace dosáhl výraznějšího zvětšení flexibility, než pasivní statický a balistický strečink, přestože úspěšné byly všechny metody.

O’Hora et al. (2011, s. 1586—1590) se na rozdíl od jiných autorů zabývali efektem pouze jediného opakování strečinku, navíc vypustili zahřívací cvičení před strečinkem. Srovnávali PNF strečink technikou kontrakce-relaxace s pasivním statickým strečinkem. Sledovaným účinkem byla flexibilita hamstringů. Velkého zlepšení rozsahu pohybu bylo dosaženo v obou skupinách, přičemž ve skupině aplikující PNF strečink byly výsledky lepší. Pouhá jednotka strečinku tak měla podobné okamžité výsledky jako repetitivní strečink používaný v jiných studiích. Nezodpovězenou otázkou zůstává, jak dlouho takto nabyté změny flexibility vydrží.

Maddigan et al. (2012, s. 1238—1243) srovnávali efekt asistovaného i neasistovaného PNF strečinku a modifikovaného statického strečinku na velikost dynamického, aktivního i pasivního rozsahu pohybu, přičemž nezjistili žádný významný rozdíl. Všechny techniky měly přínos ve stejné míře a došlo ke zvětšení rozsahu pohybu. Je nutno zdůraznit, že strečink v této studii nebyl prováděn dlouhodobě, ale šlo pouze o jednorázový efekt. Autoři navíc připouští, že podobnost výsledků může být zdůvodněna také způsobem provedení statického strečinku. Pro dosažení maximální flexe v kyčli byla totiž využita aktivní kontrakce m. quadriceps femoris, která se mohla podílet na reflexní inhibici hamstringů, obdobně jako u PNF strečinku. Rozdíl u PNF metod byl potom pouze ve využití aktivní kontrakce hamstringů. Faktem zůstává, že kontrakce agonistů v PNF strečinku už žádný významný efekt na rozsah pohybu nezajistila. Odlišné hodnoty byly zaznamenány ve výsledcích jednotlivých měřených veličin. Největší procentuální nárůst byl zaznamenán v případě pasivního rozsahu pohybu, zvětšení aktivního a dynamického rozsahu bylo méně výrazné.

Žádné změny flexibility hamstringů nebyly zaznamenány ve studii podle Church et al. (2001, s. 332—335), kteří flexibilitu hodnotili sekundárně. Zvolenou technikou byla kontrakce-relaxace-kontrakce antagonisty. Flexibilita hamstringů byla hodnocena dosahem

v předklonu v sedu, pomocí standardizovaného aparátu. Taktéž se jednalo o okamžitý účinek PNF strečinku.

Porovnání okamžitého a sedmidenního účinku PNF a pasivního strečinku na flexibilitu provedli Beltrão et al. (2014, s. 1151—1154). Položili si otázku, jestli nárůst flexibility po jediné strečinkové jednotce předurčuje její další zvětšení po krátkodobém strečinkovém programu. Vybranou svalovou skupinou byly hamstringy. V této studii bylo zlepšení flexibility po jednorázovém zákroku spojeno s jejím dalším zvětšením po krátkodobém strečinkovém programu. Výsledky tedy odpovídají na otázku autorů kladně. Okamžitý i chronický efekt byl obdobný pro oba typy strečinku. Autoři z této skutečnosti odvozují teorii, že pro výsledek je podstatná doba protažení, která byla pro obě metody podobná. Statický pasivní strečink trval 60 sekund, PNF strečink byl opakován dvakrát, kdy pasivní protažení trvalo pokaždé 30 sekund.

Sharman et al. (2006, s. 929) uvádí, že PNF strečink mezi ostatními metodami vyniká zejména, pokud se jedná o jeho krátkodobý účinek na rozsah pohybu. Následují ale příklady výsledků studií, které se zabývaly dlouhodobým efektem PNF strečinku na flexibilitu.

Wicke et al. (2013, s. 168—172) měřili efekt neasistovaného PNF strečinku hamstringů na flexibilitu kyčlí, páteře a ramenou. Studie trvala 6 týdnů. Strečink byl prováděn dvakrát týdně ve dvou opakováních. Pro kvantifikaci autoři využili test dosahu v předklonu v sedu, kdy měřili dosahovou vzdálenost, zároveň goniometrem měřili dosažený aktivní rozsah pohybu v kyčlích. Strečink byl aplikován na hamstringy ve stoji s protahovanou dolní končetinou položenou na židli (ve výšce 50 cm nad zemí). V případě PNF techniky kontrakce-relaxace bylo zaznamenáno významně větší zlepšení, než u statického strečinku. Zvětšil se rozsah pohybu v kyčli a spolu s ním i dosahová vzdálenost.

Rees et al. (2007, s. 572—576) hodnotili pouze PNF strečink technikou kontrakce-relaxace-kontrakce antagonisty. Strečink byl prováděn třikrát týdně po dobu 4 týdnů. Výsledkem bylo signifikantní zvýšení rozsahu pohybu v hleznu. Yuktasir a Kaya (2007, s. 11—19) se zabývali dlouhodobým efektem pasivního statického strečinku a PNF strečinku technikou kontrakce-relaxace. Procedura strečinku byla prováděna čtyřikrát týdně po dobu 6 týdnů. V rozsahu pohybu dosáhly obě strečinkové skupiny obdobného zlepšení.

Mahieu et al. (2009, s. 553—560) zaznamenali významné zvětšení pasivního rozsahu dorsální flexe hlezna po 6 týdnech každodenního PNF strečinku technikou kontrakce-relaxace-kontrakce antagonisty. Cílenými svalovými skupinami byly mm. gastrocnemii a m. soleus. V osmitýdenní studii Akbuluta a Agopyana (2015, s. 3412—3422) byla probandy prováděna technika kontrakce-relaxace dvakrát týdně po dobu 8 týdnů. Protahovanými svaly byly hamstringy, m. quadriceps femoris, m. gluteus maximus a mm. gastrocnemii a m. soleus. Došlo k výraznému zvětšení aktivních rozsahů pohybu, a to flexe i extenze obou kyčlí a dorsální flexe hlezna na dominantní končetině.

Nagarwal et al. (2010, s. 25—31) se taktéž zabývali otázkou flexibility. Srovnávali efekt dvou technik PNF strečinku, a to kontrakce-relaxace a kontrakce-relaxace-kontrakce antagonisty. Strečink byl prováděn třikrát týdně po dobu 3 týdnů. Výsledkem obou použitých technik byl nárůst flexibility, ale technika kontrakce-relaxace-kontrakce antagonisty dosáhla relativně výraznějšího zlepšení.

González-Ravé et al. (2012, s. 1045—1050) se zaměřili na ovlivnění flexibility PNF a statickým pasivním strečinkem u aktivních lidí od 60 do 70 let. Jedná se tak o jedinou studii na seniorech. Po pravidelném provádění strečinku ve třech navazujících setech po dobu 13 týdnů dvakrát týdně došlo k významnému zvětšení rozsahu flexe v rameni i kyčli, ovšem bez rozdílu mezi technikou PNF a statickým pasivním strečinkem.

2.4 Vliv PNF strečinku na balanci

Lim et al. (2014, s. 209—212) se zaměřili mimo jiné na změny v udržení rovnováhy po provedeném strečinku. Pomocí balanční plošiny s tlakovými senzory měřili posturální výchylky ve stoji jako okamžitý efekt PNF strečinku technikou kontrakce-relaxace. Nebyly zjištěny žádné významné odchylky rovnováhy v mediolaterálním ani anteroposteriorním směru.

Studii zaměřenou primárně na ovlivnění schopnosti balance PNF strečinkem provedli Ryan et al. (2010, s. 1888—1893). Konkrétně se zaměřili na techniku kontrakce-relaxace-kontrakce antagonisty. Výzkumný soubor byl rozdělen do tří skupin. První skupina aplikovala zmíněnou techniku spolu s nescifickým zahřívacím cvičením. Druhá skupina používala

pouze techniku PNF a poslední část souboru byla kontrolní (bez strečinku). Byl proveden strečink iliopsoatu, hamstringů, quadricepsu femoris a plantární flexorů. Nejlepší výsledky v mediolaterální stabilitě byly dosaženy ve skupině kombinující strečink a zahřívací cvičení. Menší, ovšem také kladný efekt na stabilitu měla také samotná technika PNF.

2.5 Vliv PNF strečinku na hbitost

Jordan et al. (2012, s. 97—103) zkoumali vliv PNF strečinku na hbitost fotbalových hráčů. Hbitost znamená schopnost rychle měnit směr pohybu, zrychlit pohyb, a patří ve fotbale k nejdůležitějším dovednostem. Ve studii byla PNF technika výdrž-relaxace použita na hamstringy, m. quadriceps femoris, m. gastrocnemii a m. soleus. Před i po strečinku byli fotbalisté podrobeni testu hbitosti a výsledky byly porovnány. Proběhlo také srovnání se statickým pasivním strečinkem. Mezi oběma strečinkovými postupy nebyl významný rozdíl. Důležité je, že v této studii se neprokázal negativní efekt PNF strečinku na hbitost v rámci přípravných aktivit fotbalových hráčů. Jedná se ovšem o jedinou studii s touto tematikou, testovanou na pouhých 14 fotbalových hráčích.

2.6 Vliv PNF strečinku na svalovou strukturu

V rámci některých studií byly pomocí ultrazvuku zkoumány změny architektury svalu po strečinku.

Sá et al. (2015, s. 2—13) sledovali m. vastus lateralis a m. biceps femoris. První hodnocenou vlastností byl úhel mezi hlubokou aponeurózou a vybraným svalovým fasciklem. Za druhé byla hodnocena délka svalového vlákna, jako vzdálenost mezi povrchovou a hlubokou aponeurózou. Ve skupině probandů aplikujících PNF byl zaznamenán nárůst délky svalových vláken m. vastus lateralis. Autoři studie se zabývali otázkou, zda existuje vztah mezi změnou svalové architektury a snížením svalové výkonnosti po PNF strečinku. Výsledky měření tento vztah nepotvrdily, jelikož k signifikantním architektonickým změnám svalu nedošlo.

Mahieu et al. (2009, s. 553—560) počítali tuhost Achillovy šlachy pomocí hodnot svalové síly získaných pomocí dynamometru a prodloužení šlachy zaznamenaného na ultrazvuku. Po 6 týdnech každodenního PNF strečinku technikou kontrakce-relaxace-kontrakce antagonisty nedošlo k významným změnám v tuhosti Achillovy šlachy. Rees et al. (2007, s. 572—576) také hodnotili tuhost šlachosvalové jednotky. Strečink byl prováděn třikrát týdně po dobu 4 týdnů. Tuhost šlachosvalové jednotky se zvýšila, což si autoři vysvětlují adaptací svalu na maximální izometrické kontrakce vykonávané během PNF techniky.

2.7 Asistovaný vs. neasistovaný PNF strečink

Wicke et al. (2013, s. 172) vyzdvihli výhody neasistovaného PNF strečinku, který je možno provádět bez přítomnosti druhé osoby. Podle autorů tato metoda umožní úsporu času, který by mohl být dvojnásobný, pokud by se partneři střídali.

Srovnání výsledků asistovaného a neasistovaného PNF strečinku provedli Maddigan et al. (2012, s. 1238). V neasistované technice byla jako odpor využita posilovací guma. Bylo zjištěno srovnatelné zlepšení v rozsahu pohybu pro oba postupy. Asistovanou a neasistovanou techniku kontrakce-relaxace m. quadriceps femoris porovnali také Marek et al. (2005, s. 96). Během neasistované techniky byl odpor vyvinut v 90° flexi v koleni proti židli, poté si proband ipsilaterální rukou chytil kotník a provedl pasivní protažení. Wicke et al. (2013, s. 168) použili neasistovanou techniku kontrakce-relaxace hamstringů a potvrdili její účinnost na zvýšení flexibility. Stejnou techniku aplikovali Akbulut a Agopyan (2015, s. 3412—3422) u mladých fotbalistů dvakrát týdně po dobu 8 týdnů. I v jejich studii se potvrdila značná účinnost takto prováděného neasistovaného PNF strečinku na zvýšení flexibility dolních končetin i na rychlost výkopu fotbalistů.

Výsledky uvedených studií nasvědčují tomu, že PNF strečink může být využit i bez asistence, protože neasistované techniky mají kladný efekt na flexibilitu. Je ovšem nutná kvalitní edukace pacienta či sportovce, aby bylo zajištěno bezchybné provedení.

2.8 Optimální parametry v provedení PNF strečinku

V této kapitole budou diskutovány názory autorů na nejvhodnější postup při provádění PNF technik. Rozdíly mezi studii v realizaci technik jsou uvedeny v Tabulce 2 (s. 28).

Podle Sharmana et al. (2006, s. 936) se v problematice flexibility jako nejvíce efektivní ukázaly techniky PNF kombinující koncentrickou kontrakci antagonisty a izometickou kontrakci agonisty. Jedná se tedy o techniku kontrakce-relaxace-kontrakce antagonisty a její modifikace. Účinnost této techniky potvrdili např. Nagarwal et al. (2010, s. 25—31), kteří její vliv na flexibilitu srovnávali s technikou kontrakce-relaxace v třítydenní studii. Technika kontrakce-relaxace-kontrakce antagonisty dosáhla relativně výraznějšího zlepšení. Významné zvětšení flexibility bylo přitom u této techniky pozorováno již po prvním týdnu. Autoři studie si tuto skutečnost vysvětlují tím, že kromě fenoménu autogenní inhibice při kontrakci protahovaného svalu, se při zapojení kontrakce jeho antagonisty uplatňuje fyziologický mechanismus reciproční inhibice.

Při pohybu z klidové pozice do maximálního rozsahu pohybu bychom měli postupovat pomalu, abychom se vyhnuli podráždění svalového vřetenka a následnému myotatickému reflexu (Chalmers 2004, s. 160). Během rychlého pohybu by se také mohl zvýšit odpor pasivních struktur šlachosvalové jednotky (Taylor et al. 1990 in Sharman et al. 2006, s. 936). Pokud jde o okamžitý efekt strečinku, je pasivní svalová tenze závislá na rychlosti protažení. Jedná se o vlastnost nazývanou jako viskoelasticita. Při pomalém protažení dosáhneme menšího pasivního napětí, než při rychlém protažení do stejné konečné délky svalu (Knudson 2006, s. 5).

Tabulka 2: Rozdíly v provedení PNF technik (vlastní tabulka)

Autoři	Technika PNF			Doba kontrakce (s)		Doba protažení (s)		Síla kontrakce agonisty (% max. subj. intenzity)	Opakování v sérii
	KR	KRKA	VR	agonista	antagonista	před kontrakcí	po kontrakci		
Akbulut a Agopyan	▪			6	-	10	30	70	2
Asuman et al.			▪	6	-	-	30	neuveďeno	3
Babault et al.	▪			6	-	-	24	submaximální intenzita	20
Barroso et al.			▪	5	-	5	20	submaximální intenzita	3
Beltrão et al.	▪			6	-	30	-	100	2
Bonnar et al.			▪	3; 6; 10	-	-	-	100	1
Feland a Marin	▪			6	-	10	-	20; 60; 100	3
Funk et al.	▪			30	-	neuveďeno	neuveďeno	100	neuveďeno
Gomes et al.	▪			6	-	30	-	neuveďeno	3
González- Ravé et al.	▪			3	-	6	-	neuveďeno	3
Church et al.		▪		10	10	-	10	neuveďeno	3
Keese et al.	▪			6	-	10	10	100	4
Kwak a Ryu	▪			8	-	-	8	20; 60; 100	3
Lim et al.	▪			6	-	5	-	neuveďeno	2
Maddigan et al.	mod.	mod.		-	-	-	-	70	4
Mahieu et al.		▪		6	15	15	15	neuveďeno	5
Manoel et al.	▪			5	-	-	15	100	3
Marek et al.	▪			5	-	30	-	100	1
Miyahara et al.		▪		6	30	10	30	100	5
Nagarwal et al.	▪			3	-	7	5	neuveďeno	5
		▪		3	7	7	7	neuveďeno	5
O'Hora et al.	▪			6	-	neuveďeno	neuveďeno	neuveďeno	3
Puentedura et al.			▪	10	-	-	10	100	4
Rees et al.		▪		6 až 10	6 až 10	-	6 až 10	100	4 až 6
Reis et al.	▪			8	-	30	-	100	6
Ryan et al.		▪		7	4	-	4	neuveďeno	4
Sá et al.			▪	6	-	24	-	neuveďeno	3
Wicke et al.	▪			10	-	15	15	90	2
Yuktasir a Kaya	▪			5	-	10	15	submaximální intenzita	4

Legenda: KR = kontrakce-relaxace; KRKA = kontrakce-relaxace-kontrakce antagonisty; VR = výdrž-relaxace

Hindle et al. (2012, s. 105) na základě svého výzkumu stanovili nutnost pravidelné aplikace PNF strečinku alespoň dvakrát týdně. Taková četnost spolu se správným provedením vede podle jejich poznatků ke zvětšení flexibility i svalové výkonnosti. Opakování PNF strečinku jednou až dvakrát týdně doporučují také Sharman et al. (2006, s. 935), pokud má být dosaženo trvalejších změn v dosaženém rozsahu pohybu.

Nejvhodnější délkou izometrické kontrakce agonisty se zabývali a Rauscher (1987, s. 39—41). Použili mírnou modifikaci relaxačních PNF technik, sled jednotlivých fází byl izometrická výdrž-relaxace-kontrakce antagonisty. Srovnali efekt 6 a 10 sekundové maximální volní kontrakce protahovaného svalu. Výchozí hypotézou bylo, že se zvyšující se délkou kontrakce bude také větší nárůst flexibility. V případě obou PNF technik došlo k výraznému zvětšení flexibility hamstringů, uvedená hypotéza ovšem potvrzena nebyla. Bonnar et al. (2004, s. 258—261) se také pokusili stanovit délku izometrické kontrakce během techniky výdrž-relaxace, která by umožnila dosáhnout největšího nárůstu pasivního rozsahu pohybu. Technika byla aplikována na hamstringy. Studie měla 60 účastníků, kteří byli rozděleni do 3 skupin. Délky kontrakcí používaných v jednotlivých skupinách byly 3, 6 a 10 sekund. Provedení technik a měření bylo poněkud atypické v tom, že byl protahovací cvik proveden pouze jednou. Navíc po kontrakci agonisty terapeut nepočkal na úplnou relaxaci a došlo k okamžitému protažení. Bezprostředně byl změřen dosažený rozsah. I přesto bylo ve všech skupinách dosaženo zvětšení pasivního rozsahu pohybu, avšak bez vzájemného rozdílu ve výsledcích. Dalo by se proto vyslovit závěr, že pro uspokojivý výsledek stačí kontrakce trvající 3 sekundy. Tento názor vyslovil také Sharman et al. (2006, s. 935).

Bezprostřední efekt krátce trvající techniky kontrakce-relaxace na výkonnost zkoumali Keese et al. (2013, s. 3028—3031). Pasivní protažení hamstringů trvalo 10 sekund, izometrická kontrakce 6 sekund, opětovné protažení 10 sekund. Autoři zaznamenali, že následkem jednorázového strečinku o celkovém trvání 2,5 minut (zahrnuje obě končetiny) nedochází ke snížení výkonnosti svalu. Výkonnost těsně po aplikovaném PNF strečinku studovali také Reis et al. (2013, s. 418-421). Na rozdíl od předchozích studií využili delší protažení trvající 30 sekund, izometrickou kontrakci po dobu 8 sekund a následnou relaxaci. I přes delší trvání strečinku se neprokázal negativní efekt na svalovou výkonnost.

Maddigan et al. (2012, s. 1238—1243) porovnali celkem čtyři modifikace PNF strečinku, které se lišily v typu použité kontrakce a přítomnosti asistence. První skupina probandů využívala neasistovaný strečink s izometrickou kontrakcí. Nejdříve aktivně (kontrakcí m. quadriceps femoris) dosáhli maximální flexe v kyčli, následovala 5sekundová izometrická kontrakce hamstringů, poté relaxace s končetinou položenou ve výchozí pozici na gymnastickém míči po dobu přibližně 2 sekund a nakonec 6sekundové pasivní protažení až do prvního nepříjemného pocitu. Druhá skupina aplikovala neasistovaný strečink s koncentrickou kontrakcí. Postup byl obdobný, jen ve druhé fázi byl pokyn pohnout končetinou z maximálního rozsahu flexe do výchozí pozice za dobu déle než 5 sekund. Třetí skupina neasistovaného strečinku používala excentrickou aktivitu agonistů. Výchozí pozice byla na míči, následně proband odporoval flexi v kyčli, která byla prováděna pomocí posilovací gumy a trvala opět déle než 5 sekund. Při dosažení nepříjemného pocitu byl proveden pasivní streč, po kterém byla končetina navracena do počáteční pozice na dobu 6 sekund. V poslední skupině asistovaného strečinku s izometrickou kontrakcí proband aktivně nabyl maximální flexe v kyčli a držel 6 sekund, poté provedl 6sekundovou izometrickou kontrakci hamstringů s využitím odporu ramene asistenta. Následovalo pasivní uvedení končetiny do klidové pozice a pasivní protažení. S výjimkou třetí skupiny byla vždy v určité míře využita kontrakce antagonisty, m. quadriceps femoris. Nejdéle trvala ve čtvrté skupině, kde bylo drženo aktivní protažení. Ve všech případech byly využívány kontrakce agonisty trvající 5 až 6 sekund a doba protažení 6 sekund. Výsledky jednotlivých postupů se významně nelišily, všechny přispěli ke zvětšení aktivního, pasivního i dynamického rozsahu pohybu.

Kwak a Ryu (2015, s. 2129—2132) se pokusili stanovit optimální sílu izometrické kontrakce pro zvětšení rozsahu pohybu. PNF strečink byl aplikován na extenzory kolene, testované subjektivní intenzity kontrakcí byly 100%, 60% a 20%. Ukázalo se, že maximální síla kontrakcí není nezbytná, dokonce ani žádoucí. Tvrzení je založeno na tom, že se v této kategorii neukázal nejlepší výsledek v porovnání s ostatními. K dosažení nejlepšího efektu se ukázala být optimální střední intenzita, tedy 60%. Nízká intenzita kontrakce se také zdá být dostačující, ovšem zvětšení rozsahu pohybu je již menší. Kwak a Ryu (2015, s. 2131—2132) proto uzavírají s tím, že pro dosažení flexibility u zdravých osob a sportovců je optimální využívat sílu kontrakcí okolo 60% subjektivního maxima. Jedinci, kteří mají problém vyvíjet maximální sílu nebo trpí svalovou bolestí, mohou pro dostatečný efekt využívat intenzitu kontrakcí o velikosti pouhých 20%. Uvedená studie má své limity, ke kterým se autoři přiznávají. Zkoumán byl pouze okamžitý efekt PNF strečinku a není proto znám dlouhodobý

vliv různě silných izometrických kontrakcí. Cílovými svaly byly extenzory kolenního kloubu, další svalové skupiny nebyly zahrnuty. A konečně, byl prověřen pouze malý vzorek populace, a to zdraví muži ve věku 20 až 30 let.

Feland a Marin (2004, s. 1—2) taktéž srovnali účinky 20%, 60% a 100% intenzity izometrické kontrakce u techniky kontrakce-relaxace. Důvodem pro srovnání bylo, že maximální kontrakce může způsobit zpožděný nástup svalové bolesti, svalovou únavu a může zvýšit riziko zranění. 62 probandů bylo rozděleno do 3 strečinkových skupin a 1 kontrolní, terapeutická intervence probíhala každý den po dobu 5 dnů. Strečink byl aplikován na hamstringy a lišil se pouze intenzitou kontrakce. Výsledky ukázaly, že použité intenzity kontrakcí mají obdobnou efektivitu. Ve všech skupinách, kromě kontrolní, se významně zvětšila flexibilita. K jejímu největšímu nárůstu došlo ve skupině používající 100% intenzitu kontrakce. Jednalo se ovšem o odchylku pouhých $0,13^\circ$ oproti skupině provádějící 20% intenzitu. Takový rozdíl se nedá pokládat za významný. K 20% maximální volní kontrakci se přiklání také Sharman et al. (2006, s. 936), kteří dokonce tvrdí, že by využitá síla neměla být větší. Např. Keese et al. (2013, s. 3029) i Reis et al. (2013, s. 419) požadovali dokonce kontrakce 100% maximální volní intenzity, výsledkem jejich PNF strečinku byl pokles svalové výdrže. Důvodem těchto výsledků by mohly být právě silné kontrakce během strečinku a z nich plynoucí svalová únava. Tento argument proti využívání 100% intenzity kontrakcí uvedli Kwak a Ryu (2010, s. 2131).

Azevedo et al. (2011, s. 117—120) se zabývali srovnáním účinku kontrakce cílového svalu, nebo jeho vzdáleného synergisty v technice kontrakce-relaxace. Posuzovanou proměnnou byl aktivní rozsah extenze v koleni při 90° flexe v kyčli. Byla proto v prvním případě použita kontrakce hamstringů, ve druhém případě maximální kontrakce flexorů lokte kontralaterální končetiny. V této studii byly obě použité metody stejně účinné a měly při jediném opakování pozitivní efekt na rozsah pohybu. Autoři uvažovali nad mechanismem účinku použité nestandardní techniky. Uvedli názor, že efekt může být způsoben odvedením pozornosti od protahovaného svalu. Tímto způsobem je potom potlačeno vnímání protažení. Jedná se však pouze o návrh možného vysvětlení.

Sharman et al. (2006, s. 930) uvádějí, že v postupech PNF strečinku bývá využíván diagonální pohyb, tj. pohyb ve více rovinách. Tímto se PNF významně liší od ostatních protahovacích metod a může díky tomu vynikat. K tomuto předpokladu ovšem chybí patřičný

výzkum. Ve studiích použitých v této práci nebyly techniky ani v jednom z případů prováděny diagonálně.

2.9 Mechanismus účinku PNF strečinku

Využití principu autogenní inhibice v PNF strečinku tkví v zařazení statické kontrakce agonisty ve stavu jeho pasivního prodloužení (Sharman et al. 2006, s. 932). Tradičně se hovořilo o maximální kontrakci, bylo ale zjištěno, že Golgiho šlachová tělíska reagují již na malou sílu kontrakce (Edin a Vallbo 1990 in Sharman et al. 2006, s. 932). Nicméně, role Golgiho tělíska v účincích PNF strečinku je nejasná. Ukázalo se, že intenzita reakce tohoto receptoru na kontrakci je velmi malá (Gollhofer et al. 1998 in Sharman et al. 2006, s. 932).

Mahieu et al. (2009, s. 553—560) se v 6týdenní studii zabývali důvody významného zvětšení rozsahu pohybu po PNF strečinku. Využili techniku kontrakce-relaxace-kontrakce antagonisty aplikovanou na mm. gastrocnemii a m. soleus každodenně. Autoři studie zkoumali, zda ve zvětšení flexibility hraje roli snížení pasivního odporu tkání nebo změny tuhosti Achillovy šlachy. Ani jeden mechanismus se po 6 týdnech nepotvrdil a zůstává proto domněnka, že hlavní příčinou zvětšení rozsahu pohybu je nárůst tolerance k protažení. Jak uvedl Sharman et al. (2006, s. 934), změny v délce pasivních složek mají v protažení svalu svou roli, ovšem jejich podíl je velmi krátkodobý a ukazuje se, že nejsou zodpovědné za dlouhodobější efekt PNF strečinku na rozsah pohybu.

Mitchell et al. (2007, s. 85—91) si položili otázku, zda je velký rozsah pohybu dosažený technikou kontrakce-relaxace opravdu způsoben změnou percepce protažení. Testování se zúčastnilo 18 subjektů se zkrácenými hamstringy, srovnáván byl pasivní statický strečink trvajících 40 sekund a PNF technika kontrakce-relaxace trvajících 10 sekund, opakující se 4krát. Při subjektivním udání pocitu protažení byla intenzita tohoto protažení (v Newtonech) objektivně změřena pomocí dynamometru. Během PNF strečinku bylo dosaženo větší absolutní intenzity protažení, než při pasivním statickém strečinku. Snesitelná intenzita protažení s každým dalším opakováním stoupala. Po čtyřech opakováních PNF techniky došlo k signifikantnímu nárůstu flexibility. Z výsledků studie je patrné, že změna percepce protažení hraje roli v úspěchu techniky kontrakce-relaxace. Izometrická kontrakce předcházející další protažení zřejmě zvyšuje práh bolesti a mění tak vnímání tahu.

Rees et al. (2007, s. 576) uvedli názor na roli elasticity šlachosvalové jednotky ve zlepšení výkonnosti po dlouhodobém PNF strečinku. Větší tuhost šlachosvalové jednotky umožňuje její schopnost lépe uchovávat a uvolňovat energii, proto PNF strečink dlouhodobě vede ke zlepšení sportovního výkonu.

Streepey et al. (2010, s. 1037—1041) zjistili, že PNF strečink snižuje schopnost nevizuálního vnímání pohybu segmentu. Odvodili z toho předpoklad, že výrazné zvětšení rozsahu pohybu dosažené PNF strečinkem je způsobeno změnou proprioceptivního feedbacku. Sval je uvolněný a protažený, a tak dochází k podráždění proprioreceptorů později.

ZÁVĚR

Efekt PNF strečinku může být ovlivněn množstvím faktorů, jako je např. věk, pohlaví a zdravotní stav probanda, ale i další. Cílem práce bylo především srovnat výsledky studií, zabývajících se účinky PNF strečinku. Byl uveden přehled rozdílů v provedení jednotlivých technik a aplikaci na konkrétní sval.

Techniky PNF strečinku jsou z hlediska jejich efektivity často zkoumány. Nejvíce se autoři studií zabývají jejich účinkem na flexibilitu a svalovou sílu, o něco méně o jejich vliv na bilanci. Některé studie navíc sledovaly změny elektromyografické aktivity svalu nebo změny jeho struktury pomocí ultrazvuku.

Ukazuje se, že účinky PNF strečinku se liší v závislosti na tom, zda techniky aplikujeme jednorázově, či dlouhodobě. Nejvíce se tyto rozdíly projevují v efektu PNF strečinku na svalovou sílu a výkonnost. Převažují studie, kde se prokázalo snížení výkonnosti, pokud šlo o okamžitý efekt. Ukazuje se tak velký rozdíl mezi PNF strečinkem a dynamickým nebo balistickým strečinkem, které bezprostřední výkon zvyšují. Někteří autoři si tento negativní vliv PNF technik vysvětlují sníženou proprioceptivní aferencí, která je pro kvalitní svalový výkon nezbytná. Jiným vysvětlením je redukce nervové aktivace v důsledku autogenní inhibice. V úvahu přichází také stresová relaxace svalu nebo změny jeho mechanických vlastností. Někteří autoři odborných studií se neshodují v otázce, zda je pokles svalové síly po provedeném PNF strečinku způsoben poklesem svalové aktivace, či nikoliv. Proběhla měření svalové aktivace pomocí EMG, ale výsledky jednotlivých studií byly v rozporu. Pro zodpovězení tohoto problému bude nutné uskutečnit více studií zabývajících se touto problematikou. Existují pokusy o vyvrácení tvrzení o negativním okamžitém vlivu PNF strečinku na výkonnost s myšlenkou, že je tento účinek závislý na celkové době protahování. Některé výsledky tuto teorii podpořily, protože při strečinku o krátkém trvání výkonnost nebyla snížena. Tato hypotéza ovšem není podložena dostatečným počtem studií.

Dlouhodobé výsledky PNF strečinku jsou jiné. Projevil se v nich totiž jeho pozitivní vliv na svalový výkon. Je doporučeno aplikovat techniky PNF po sportovní aktivitě nebo bez návaznosti na ni.

Vliv PNF strečinku na zvýšení flexibility je jednoznačný, a to okamžitě i dlouhodobě, přičemž momentální výsledky jsou méně výrazné a při dlouhodobé aplikaci PNF technik flexibility může ještě narůstat. Výsledky studií ukazují efekt více metod strečinku. PNF strečink bývá srovnatelně, nebo více účinný, než pasivní statický strečink a balistický strečink. Někteří autoři potvrdili zvýšenou účinnost PNF strečinku na flexibility, pokud je aplikován po předchozím cvičení. Zdůvodněním by mohla být snížená svalová tuhost.

Na ovlivnění rovnováhy PNF strečinkem jsou názory protichůdné. Počet studií k této problematice není dostatečný.

Pouze jedna studie se zabývala vlivem PNF strečinku na zlepšení výkonu při aktivitách vyžadujících hbitost. Efekt PNF strečinku v této studii byl příznivý. Více výzkumů zaměřených na tuto problematiku však dosud není.

Změny ve struktuře svalu po PNF strečinku byly potvrzeny pouze v jednom případě. Jednalo se o zvýšení tuhosti Achillovy šlachy po čtyřtýdenním provádění techniky kontrakce-relaxace-kontrakce antagonisty.

Frekventovaněji používanou PNF technikou je kontrakce-relaxace. Jsou ovšem studie, které se zabývaly efektem techniky kontrakce-relaxace-kontrakce antagonisty. V mnoha případech se druhá zmíněná technika ukázala jako efektivnější na zvýšení rozsahu pohybu. Tento jev je vysvětlován tím, že v technice kontrakce-relaxace je uplatněn princip autogenní inhibice, zatímco v technice zahrnující kontrakci antagonisty je navíc použita reciproční inhibice.

Pokud jde o správný postup při provádění PNF strečinku, je kladen důraz na pomalé pasivní protahování s odvoláním na viskoelastické vlastnosti svalu. Pokud chceme aplikaci PNF strečinku dosáhnout dobrých výsledků ve svalovém výkonu i flexibilitě, měli bychom ho provádět alespoň dvakrát týdně. Bylo dokázáno, že PNF strečink lze aplikovat i bez asistence, např. pomocí posilovací gumy. Tento způsob terapie je také velmi účinný a nevyžaduje přítomnost druhé osoby. Je ovšem nezbytná kvalitní edukace pacienta. Některé studie měly záměr stanovit optimální délku izometrické kontrakce. Tento aspekt v provedení PNF strečinku se u různých autorů velmi liší. V pracích zaměřených přímo na tuto problematiku nebyly jednoznačné výsledky. Různé délky kontrakcí měly obdobné účinky. Při

pokusech o definování vhodné intenzity izometrické kontrakce agonisty byly výsledky jasnější. Někteří autoři se chtěli vyhnout negativům maximální síly izometrické kontrakce. Vede totiž k brzké svalové únavě a může být také bolestivá. Bylo prokázáno, že 60% i 20% intenzita svalové kontrakce mají dobré výsledky ve zvyšování flexibility. Nízké intenzity proto mohou být dobře využity u bolestivých stavů. V takových případech by mohla být využita také technika, kdy není kontrahován protahovaný sval, ale jiná svalová skupina, např. na kontralaterální končetině. Taková metoda se ukázala jako účinná, ovšem pouze v jedné studii, která se této problematice věnovala.

PNF strečink je v klinické praxi dobře využitelnou metodou pro zvětšení svalové síly i flexibility. Ke zvýšení pasivního rozsahu pohybu dochází již po jedné správně provedené aplikaci. K terapeutickým účelům s delším účinkem je ovšem potřebná dlouhodobá a především pravidelná aplikace, tedy dvakrát týdně. Při dobré edukaci pacienta je možné, aby terapii prováděl také samostatně, léčba tak může být dostatečně intenzivní. Techniky PNF konceptu mohou být využity i při bolestivých stavech nebo při oslabení protahovaných svalových skupin.

REFERENČNÍ SEZNAM

ADLER, S., D. BECKERS a M. BUCK. *PNF in Practice*. 3. vydání. Heidelberg: Springer Medizin Verlag, 2008. ISBN 13 978-3-540-73901-2.

AKBULUT, T., a A. AGOPYAN. Effects of an eight-week proprioceptive neuromuscular facilitation stretching program on kicking speed and range of motion in young male soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research* [online]. 2015, 29(12), pp. 3412-3423 [cit. 2016-04-13]. ISSN 1533-4287. Dostupné z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26020709>

ASUMAN, S., T. YÜMIN a B. YEŞİM. The effect of proprioceptive neuromuscular facilitation and static stretching techniques on jumping performance and flexibility in non-athletic individuals. *Merit Research Journal of Medicine and Medical Sciences* [online]. 2015, 3(6), pp. 221-227 [cit. 2016-05-02]. ISSN 2354-323X. Dostupné z: <http://meritresearchjournals.org/mms/content/2015/June/Saltan%20et%20al.pdf>

AZEVEDO, D. C., R. M. MELO, R. V. ALVES CORRÊA a G. CHALMERS. Uninvolved versus target muscle contraction during contracterelax proprioceptive neuromuscular facilitation stretching. *Physical Therapy in Sport* [online]. 2011, 12(3), pp. 117-121 [cit. 2016-05-03]. ISSN 1466-853X. Dostupné z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21802037>

BABAULT, N., B. Y. L. KOUASSI a K. DESBROSSES. Acute effects of 15 min static or contract-relax stretching modalities on plantar flexors neuromuscular properties. *Journal of Science and Medicine in Sport* [online]. 2010, 13(2), pp. 247-252 [cit. 2016-05-02]. ISSN 1440-2440. Dostupné z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19428295>

BARROSO, R., V. TRICOLI, S. DOS SANTOS GIL, C. UGRINOWITSCH a H. ROSCHEL. Maximal strength, number of repetitions, and total volume are differently affected by static-, ballistic-, and proprioceptive neuromuscular facilitation stretching. *Journal of Strength and Conditioning Research* [online]. 2012, 26(9), pp. 2432-2437 [cit. 2016-05-02]. ISSN 1533-4287. Dostupné z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22914099>

BEHM, D. G., A. J. BLAZEVIČ, A. D. KAY a M. McHUGH. Acute effects of muscle stretching on physical performance, range of motion, and injury incidence in healthy active individuals: a systematic review. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism* [online]. 2016, 41(1), pp. 1-11 [cit. 2016-05-02]. ISSN 1715-5320. Dostupné z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26642915>

BELTRÃO, N. B., R. M. RITTI-DIAS, A. C. PITANGUI a R. C. DE ARAÚJO. Correlation between acute and short-term changes in flexibility using two stretching techniques. *International Journal of Sports Medicine* [online]. 2014, 35(14), pp. 1151-1154 [cit. 2016-05-04]. ISSN 1439-3964. Dostupné z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25144437>

BONNAR, B. P., R. G. DEIVERT a T. E. GOULD. The relationship between isometric contraction durations during hold-relax stretching and improvement of hamstring flexibility. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness* [online]. 2004, 44(3), pp. 258-261 [cit. 2016-05-03]. ISSN 0022-4707. Dostupné z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15756164>

CORNELIUS, W., a M. RAUSCHUBER. The relationship between isometric contraction durations and improvement in acute hip joint flexibility. *Journal of Applied Sport Science Research* [online]. 1987, 1(3), pp. 39-41 [cit. 2016-04-19]. Dostupné z: http://journals.lww.com/nsca-jscr/Abstract/1987/08000/The_Relationship_Between_Isometric_Contraction.1.aspx

DYLEVSKÝ, I. *Obecná kineziologie*. Praha: Grada Publishing, 2007. ISBN 978-80-247-1649-7.

FELAND, J. a H. MARIN. Effect of submaximal contraction intensity in contract-relax proprioceptive neuromuscular facilitation stretching. *British Journal of Sports Medicine* [online]. 2004, 38(e18) [cit. 2016-04-19]. ISSN 1473-0480. Dostupné z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15273211>

FUNK, D. C., A. M. SWANK, B. M. MIKLA, T. A. FAGAN a B. K. FARR. Impact of Prior Exercise on Hamstring Flexibility: A Comparison of Proprioceptive Neuromuscular Facilitation and Static Stretching. *Journal of Strength and Conditioning Research* [online]. 2003, 17(3), pp. 489-492 [cit. 2016-05-02]. ISSN 1533-4287. Dostupné z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12930174>

GOMES, T. M., R. SIMÃO, M. C. MARQUES, P. B. COSTA a J. da SILVA NOVAES. Acute effects of two different stretching methods on local muscular endurance performance. *Journal of Strength and Conditioning Research* [online]. 2011, 25(3), pp. 745-752 [cit. 2016-04-01]. ISSN 1533-4287. Dostupné z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20647949>

GONZÁLES-RAVÉ, J. M., A. SÁNCHEZ-GÓMEZ a D. J. SANTOS-GARCÍA. Efficacy of two different stretch training programs (passive vs. proprioceptive neuromuscular facilitation) on shoulder and hip range of motion in older people. *Journal of Strength and Conditioning Research* [online]. 2012, 26(4), pp. 1045-1051 [cit. 2016-05-05]. ISSN 1533-4287. Dostupné z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22373895>

HINDLE, K. B., T. J. WHITCOMB, W. O. BRIGGS a J. HONG. Proprioceptive neuromuscular facilitation (PNF): Its mechanisms and effects on range of motion and muscular function. *Journal of Human Kinetics* [online]. 2012, (31), pp. 105-113 [cit. 2016-05-04]. ISSN 1640-5544. Dostupné z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3588663/>

CHALMERS, G. Re-examination of the possible role of Golgi tendon organ and muscle spindle reflexes in proprioceptive neuromuscular facilitation muscle stretching. *Sports Biomechanics* [online]. 2004, 3(1), pp. 159-183 [cit. 2015-10-18]. ISSN 1752-6116. Dostupné z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15079994>

CHURCH, J. B., M. S. WIGGINS, F. M. MOODE a R. CRIST. Effect of warm-up and flexibility treatments on vertical jump performance. *Journal of Strength and Conditioning Research* [online]. 2001, 15(3), pp. 332-336 [cit. 2016-04-02]. ISSN 1533-4287. Dostupné z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11710660>

JORDAN, J. B., A. D. KORGAOKAR, R. S. FARLEY a J. L. CAPUTO. Acute effects of static and proprioceptive neuromuscular facilitation stretching on agility performance in elite youth soccer players. *International Journal of Exercise Science* [online]. 2012, 5(2), pp. 97-105 [cit. 2016-04-15]. ISSN 1939-795X. Dostupné z: <http://digitalcommons.wku.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1328&context=ijes>

KEESE, F., P. FARINATTI, R. MASSAFERRI, L. MATOS-SANTOS, N. SILVA a W. MONTEIRO. Acute effect of proprioceptive neuromuscular facilitation stretching on the number of repetitions performed during a multiple set resistance exercise protocol. *Journal of Strength and Conditioning Research* [online]. 2013, 27(11), pp. 3028-3032 [cit. 2016-03-03]. ISSN 1533-4287. Dostupné z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23439343>

KNUDSON, D. The biomechanics of stretching. *Journal of Exercise Science and Physiotherapy* [online]. 2006, (2), pp. 3-12 [cit. 2016-04-29]. ISSN 0973-2020. Dostupné z: <http://medind.nic.in/jau/t06/jaut06p3.pdf>

KRÁLÍČEK, Petr. *Úvod do speciální neurofyzologie*. 1. vydání. Praha: Nakladatelství Karolinum, 2004. ISBN 80-246-0350-0.

KWAK, D. a Y. RYU. Applying proprioceptive neuromuscular facilitation stretching: optimal contraction intensity to attain the maximum increase in range of motion in young males. *Journal of Physical Therapy Science* [online]. 2015, 27(7), pp. 129-132 [cit. 2016-04-04]. ISSN 2187-5626. Dostupné z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4540833/>

LIM, K., H. NAM a K. JUNG. Effects on hamstring muscle extensibility, muscle activity, and balance of different stretching techniques. *Journal of Physical Therapy Science* [online]. 2014, 26(2), pp. 209-213 [cit. 2016-04-19]. ISSN 2187-5626. Dostupné z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24648633>

MADDIGAN, M., A. PEACH a D. BEHM. A comparison of assisted and unassisted proprioceptive neuromuscular facilitation techniques and static stretching. *Journal of Strength and Conditioning Research* [online]. 2012, 26(5), pp. 1238-1244 [cit. 2016-03-01]. ISSN 1533-4287. Dostupné z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22395273>

MAHIEU, N. a D. De WILDE. Effect of proprioceptive neuromuscular facilitation stretching on the plantar flexor muscle-tendon tissue properties. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports* [online]. 2009, 19, pp. 553-560 [cit. 2016-04-20]. ISSN 1600-0838. Dostupné z: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1600-0838.2008.00815.x/epdf>

MANOEL, M. E., M. O. HARRIS-LOVE, J. V. DANOFF a T. A. MILLER. Acute effect of static, dynamic, and proprioceptive neuromuscular facilitation stretching on muscle power in women. *Journal of Strength and Conditioning Research* [online]. 2008, 22(5), pp. 1528-1534 [cit. 2016-04-22]. ISSN 1533-4287. Dostupné z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18714235>

MAREK, S. M., J. T. CRAMER, A. L. FINCHER, L. L. MASSEY, S. M. DANGELMAIER, S. PURKAYASTHA, K. A. FITZ a J. Y. CULBERTSON. Acute effects of static and proprioceptive neuromuscular facilitation stretching on muscle strength and power output. *Journal of Athletic Training* [online]. 2005, 40(2), pp. 94-103 [cit. 2016-04-16]. ISSN 1938-162X. Dostupné z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1150232/>

MITCHELL, U. H., J. W. MYRER, J. T. HOPKINS, I. HUNTER, J. B. FELAND a S. C. HILTON. Acute stretch perception alteration contributes to the success of the PNF "contract-relax" stretch. *Journal of Sport Rehabilitation* [online]. 2007, 16(2), pp. 85-92 [cit. 2016-05-02]. ISSN 1056-6716. Dostupné z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17918696>

MIYAHARA, Y., H. NAITO, Y. OQURA, S. KATAMOTO a J. AOKI. Effects of proprioceptive neuromuscular facilitation stretching and static stretching on maximal voluntary contraction. *Journal of Strength and Conditioning Research* [online]. 2013, 27(1), pp. 195-201 [cit. 2016-04-14]. ISSN 1533-4287. Dostupné z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22395281>

NAGARWAL, A. K., K. ZUTSHI, C. S. RAM a R. ZAFAR. Improvement of Hamstring Flexibility: A Comparison between Two PNF Stretching Techniques. *International Journal of Sports Science and Engineering* [online]. 2010, 4(1), pp. 25-33 [cit. 2016-05-02]. ISSN 1750-9831. Dostupné z: <http://www.worldacademicunion.com/journal/SSCI/sscivol04no01paper03.pdf>

NELSON, A. a J. KOKKONEN. *Strečink na anatomických základech*. 2. přepracované vydání. Praha: Grada Publishing, 2015. ISBN 978-80-247-5485-7.

O'HORA, J., A. CARTWRIGHT, C. D. WADE, A. D. HOUGH a G. L. K. SHUM. Efficacy of static stretching and proprioceptive neuromuscular facilitation stretch on hamstrings length after a single session. *Journal of Strength and Conditioning Research* [online]. 2011, 25(6), pp. 1586-1591 [cit. 2016-05-02]. ISSN 1533-4287. Dostupné z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21386723>

PAILLARD, T. a F. NOÉ. Techniques and methods for testing the postural function in healthy and pathological subjects. *BioMed Research International* [online]. 2015, pp. 1-15 [cit. 2016-05-03]. ISSN 2314-6141. Dostupné z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4659957/>

PUENTEDURA, E. J., P. A. HUIJBREGTS, S. CELESTE, D. EDWARDS, A. IN, M. R. LANDERS a C. FERNANDEZ-de-LAS-PENAS. Immediate effects of quantified hamstring stretching: Hold-relax proprioceptive neuromuscular facilitation versus static stretching. *Physical Therapy in Sport* [online]. 2011, 12(3), pp. 122-126 [cit. 2016-05-02]. ISSN 1466-853X. Dostupné z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21802038>

REES, S. S., A. J. MURPHY, M. L. WATSFORT, K. A. MacLACHLAN a A. J. COUTSS. Effects of proprioceptive neuromuscular facilitation stretching on stiffness and force-producing characteristics of the ankle in active women. *Journal of Strength and Conditioning Research* [online]. 2007, 21(2), pp. 572-577 [cit. 2016-05-02]. ISSN 1533-4287. Dostupné z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17530973>

REIS, E. F., G. B. PEREIRA, N. M. De SOUSA, R. A. TIBANA, M. F. SILVA, M. ARAUJO, I. GOMES a J. PRESTES. Acute effects of proprioceptive neuromuscular facilitation and static stretching on maximal voluntary contraction and muscle electromyographical activity in indoor soccer players. *Clinical Physiology and Functional Imaging* [online]. 2013, 33(6), pp. 418-422 [cit. 2016-04-04]. ISSN 1475-197X. Dostupné z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23701400>

RYAN, E. E., M. D. ROSSI a R. LOPEZ. The effects of the contract-relax-antagonist-contract form of proprioceptive neuromuscular facilitation stretching on postural stability. *Journal of Strength and Conditioning Research* [online]. 2010, 24(7), pp. 1888-1894 [cit. 2016-05-03]. ISSN 1533-4287. Dostupné z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20555281>

SÁ, M. A., T. T. MATTA, S. P. CARNEIRO, C. O. ARAUJO, J. S. NOVAES a L. F. OLIVEIRA. Acute effects of different methods of stretching and specific warm ups on muscle architecture and strength performance. *Journal of Strength and Conditioning Research* [online]. 2015, (12) [cit. 2016-04-06]. ISSN 1533-4287. Dostupné z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26705067>

SHARMAN, M. J., A. G. CRESSWELL a S. RIEK. Proprioceptive neuromuscular facilitation stretching: mechanisms and clinical implications. *Sports Medicine* [online]. 2006, 36(11), pp. 929-939 [cit. 2016-05-04]. Dostupné z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3588663/>

STREEPEY, J. W., M. J. MOCK, J. L. RISKOWSKI, W. R. VANWYE, B. M. VITVITSKIY a A. E. MIKESKY. Effects of quadriceps and hamstrings proprioceptive neuromuscular facilitation stretching on knee movement sensation. *Journal of Strength and Conditioning Research* [online]. 2010, 24(4), pp. 1037-1042 [cit. 2016-04-14]. ISSN 1533-4287. Dostupné z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20300021>

ŠEBEJ, F. *Strečink*. Přel. E. HOROVÁ. Bratislava: TIMY, 2001. ISBN 80-8065-020-9.

VÉLE, F. *Kineziologie: Přehled klinické kineziologie a patokineziologie pro diagnostiku a terapii poruch pohybové soustavy*. 2. rozšířené a přepracované vydání. Praha: Nakladatelství TRITON, 2006. ISBN 80-7254-837-9.

WENG, M. C., C. L. LEE, C. H. CHEN, J. J. HSU, W. D. LEE, M. H. HUANG a T. W. CHEN. Effects of different stretching techniques on the outcomes of isokinetic exercise in patients with knee osteoarthritis. *Kaohsiung Journal of Medical Sciences* [online]. 2009, 25(6), pp. 306-315 [cit. 2016-04-14]. ISSN 1607-551X. Dostupné z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19560995>

WICKE, J., K. GAINNEY a M. FIGUEROA. A comparison of self-administered proprioceptive neuromuscular facilitation to static stretching on range of motion and flexibility. *Journal of Strength and Conditioning Research* [online]. 2014, 28(1), pp. 168-172 [cit. 2016-05-04]. ISSN 1533-4287. Dostupné z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23588485>

YUKTASIR, B. a F. KAYA. Investigation into the long-term effects of static and PNF stretching exercises on range of motion and jump performance. *Journal of Bodywork and Movement Therapies* [online]. 2009, 13(1), pp. 11-21 [cit. 2016-05-02]. ISSN 1360-8592. Dostupné z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19118789>