

UNIVERZITET U BEOGRADU
FAKULTET SPORTA I FIZIČKOG VASPITANJA
MASTER AKADEMSKE STUDIJE



**METOD PROPRIOCEPTIVNE NEUROMUSKULARNE
FACILITACIJE (PNF) – AKTUALIZACIJA MODERNOG
PRISTUPA OD TEORIJE DO PRAKSE**

(Master rad)

Student:

Kristina Marković

Mentor:

red. prof. dr Zoran Pajić

Beograd, 2023.

UNIVERZITET U BEOGRADU
FAKULTET SPORTA I FIZIČKOG VASPITANJA
MASTER AKADEMSKE STUDIJE

**METOD PROPRIOCEPTIVNE NEUROMUSKULARNE
FACILITACIJE (PNF) – AKTUALIZACIJA MODERNOG
PRISTUPA OD TEORIJE DO PRAKSE**

(Master rad)

Student:

Kristina Marković

Mentor:

Red. prof. dr Zoran Pajić

Članovi komisije:

Van. prof. dr Branka Marković

Red. prof. dr Dejan Suzović

Beograd, 2023.

SAŽETAK

Predmet ovog rada predstavlja aktualizacija i objašnjenje metoda Proprioceptivne Neuromuskularne Facilitacije *PNF*, njegovog nastajanja, razvoja, kao i ukazivanje na začajnosti modernog pristupa njegove primene u praksi, kako u sportu tako i u rehabilitaciji. Pri tome je korišćena metoda teorijske analize sadržaja naučne i stručne literature, kao i metoda dedukcije. **Metod Proprioceptivna Neuromuskularne Facilitacije PNF** može se definisati kao metod unapređenja neuromišićnih mehanizama odgovornih za fleksibilnost, ostvaren stimulacijom proprioceptora. U ovom radu su definisani pojam i metode fleksibilnost kao polazna tačka u objašnjavanju *PNF*-a. Pri tome su polaznu osnovu predstavljala ukratko data dosadašnja istraživanja, definisanje *PNF* metoda istezanja, njegove tehnike i primena. Kroz praktične primere prikazan je način na koji se ove tehnike koriste u sportskom treningu. Cilj rada je da se apostrofira izuzetna efikasnost ovog metoda u razvoju plastične komponente fleksibilnosti, a i njegovih mogućnosti u pogledu povećanja percepcije u aktivnostima mišića i pokreta.

Ključne reči: istezanje, fleksibilnost, trening, rehabilitacija

ABSTRACT

The subject of this work is the actualization and explanation of the Proprioceptive Neuromuscular Facilitation *PNF* method, its origin, development, as well as pointing out the necessity of a modern approach to its application in practice, both in sports and in rehabilitation. In doing so, the method of theoretical analysis of the content of scientific and professional literature, as well as the deduction method, was used. The method of Proprioceptive Neuromuscular Facilitation *PNF* can be defined as a method of improving the neuromuscular mechanisms responsible for flexibility, achieved by proprioceptor stimulation. In this paper, the concept and methods of flexibility are defined as a starting point in explaining *PNF*. In doing so, the initial basis was represented by the briefly given previous research, the definition of the *PNF* stretching method, its techniques and application. The way in which these techniques are used in sports training is shown through practical examples. The aim of the work is to demonstrate the exceptional effectiveness of this method in the development of the plastic component of flexibility, and its possibilities in terms of increasing perception in muscle and movement activities.

Key words: stretching, flexibility, training, rehabilitation

SADRŽAJ

| | |
|--|----|
| 1. UVOD | 5 |
| 2. TEORIJSKI OKVIR RADA | 6 |
| 2.1. Definisanje pojma fleksibilnost..... | 6 |
| 2.1.1. Dileme oko klasifikacije fleksibilnosti..... | 6 |
| 2.1.2. Entitetska struktura fleksibilnosti..... | 8 |
| 2.1.3. Aspekt uticaja (efekti) istežanja..... | 9 |
| 2.1.4. Klasifikacija fleksibilnosti na osnovu mišićne aktivnosti..... | 10 |
| 2.1.5. Klasifikacija fleksibilnosti u odnosu na manifestovano kretanje | 11 |
| 2.2. Klasifikacija metoda za razvoj fleksibilnosti..... | 12 |
| 2.2.1. Aktivni metod razvoja fleksibilnosti..... | 12 |
| 2.2.2. Pasivni metod razvoja fleksibilnosti..... | 13 |
| 2.2.3. Kombinovani metod razvoja fleksibilnosti..... | 13 |
| 2.3. Neuro-fiziološke osnove fleksibilnosti..... | 14 |
| 3. DOSADAŠNJA ISTRAŽIVANJA | 21 |
| 4. PREDMET, CILJ, ZADACI I METODE RADA | 25 |
| 5. DEFINISANJE PNF-A | 26 |
| 6. PNF TEHNIKE | 28 |
| 7. PRIMENA PNF-A | 31 |
| 8. PRAKTIČNA APLIKACIJA METODA | 33 |
| 8.1 Praktični primeri vežbi | 34 |
| 9. ZAKLJUČAK | 40 |
| 10. LITERATURA | 41 |

1. UVOD

Priprema sportista, kao najveći i najvažniji deo sistema sportske pripreme, obuhvata područje sportskog treninga, takmičenja kao i izvantrenažne i izvantakmičarske faktore pripreme. Dakle, *trening je osnovni faktor pripreme*, a najčešće se definiše kao organizovan i dugoročan proces sportskog usavršavanja pre svega motoričkih, o zatim, pedagoških, bioloških, psiholoških, socioloških, medicinskih, biomehaničkih i metodičkih principa. Zahtevi savremenog sporta, sve više determinišu svaki segment sportskog treninga, ali istovremeno pokušavajući ga integrisati u što smisleniju celinu čiji se delovi nadopunjavaju i nadovezuju. Uspeh u sportu zavisi i od tehničkih/taktičkih i psiholoških faktora, te kako bi bili konkurentni, igračima je potrebno sadejstvo velikog broja faktora (Fernandez-Fernandez, 2013)

Motorička priprema je važan deo treninga sportista na putu prema uspehu i ima presudan uticaj na njegove rezultate i zdravlje, tako da njen cilj predstavlja poboljšanje određene motoričke i funkcionalne sposobnosti. Savremeni sport zahteva od svih aktera visok nivo opštih motoričkih kao i specifičnih (karakterističnih) sposobnosti. Sportisti moraju biti pripremljeni da perfektno izvedu svaki tehničko-taktički element.

Iako se najčešće *metode treninga* vezuju za glavni deo treninga, time se ne umanjuje značaj njegovih ostalih delova, u kojima adekvatno izabrane i primenjene specifične metode mogu biti od neprocenjivog značaja za uspeh treninga kao celine. Oduvek je postojala potreba da se istražuju *neuro-muskularni fenomeni* iz prostog razloga što se može napraviti analogija da je nervni sistem softver koji upravlja lokomotornim aparatom, koji je hardver.

Proprioceptivni mehanizmi zasnovani na neuralnim aktivnostima proprioceptora predstavljaju veoma važan faktor uticaja na lokomotorni aparat, bilo da se radi o sportistima ili osobama koje su u procesu rehabilitacije. Osnovni cilj primene ovakvih metoda je specifično stimulisanje proprioceptora i izazivanje njihove adekvatne reakcije u situacijama u kojima se žele postići posebni benefiti treninga.

2. TEORIJSKI OKVIR RADA

Dosadašnja istraživanja i iskustva iz prakse aktuelne problematike, a u cilju podizanja efikasnosti i uspešnosti primene trenažnih metoda, nalažu ispitivanje *novih protokola* koji pored drugih, prvenstveno zavise od neuromuskularnih faktora.

PNF metod vuče korene od 40-ih godina prošlog veka. Osnivači koncepta su klinički neurolog dr Herman Kabat i fizioterapeut Margaret Megi Not, koji su na osnovu radova fiziologa Ser Čarlsa Skota Šeringtona razvili ideju o *neuromuskularnoj facilitaciji*. Razvili su ovaj metod kako bi se lečile neurološke disfunkcije. U početku se ovaj metod koristio isključivo kao pomoć u rehabilitaciji neuroloških pacijenata sa poliomijelitisom i multiplom sklerozom putem olakšavanja produžetka mišića, ali je vremenom kroz iskustvo i rad utvrđeno da je PNF metodom moguće lečiti i pacijente drugih dijagnoza.

2.1. Definisanje pojma fleksibilnost

Većina postojećih klasifikacija nastoji doprineti potpunoj, preciznoj i sistematičnoj podeli fleksibilnosti. Međutim, kako navodi Pajić (2008), neracionalna i preobimna klasifikacija otežava stručnjacima i trenerima adekvatan rad, vodeći neminovno greškama, koje se u ovom slučaju oslikavaju u nekorektno postavljenim treninzima i posledicama koje kasnije podnose aktuelni sportisti.

2.1.1. Dileme oko klasifikacije fleksibilnosti

U teoriji sportskog treninga, sportskoj terminologiji, kao i u stručnoj i naučnoj literaturi postoji mnogo pojmova, koji se upotrebljavaju za definisanje reči fleksibilnost - *gipkost, istegljivost, pokretljivost, savitljivost, mobilnost, hipermobilnost, elastičnost*. U ovom radu, koristiće se termin fleksibilnost.

Obzirom da u ranijem periodu nije bilo adekvatnog pristupa i proučavanja strukture fleksibilnosti kao motoričke sposobnosti, pojavio se veći broj definicija iste, a zajedničko im je pre svega da se fleksibilnost odnosi isključivo i samo na sposobnost izvođenja veće amplitude pokreta. Kasnije, pojavom saznanja da je fleksibilnost dvokomponentna motorička sposobnost, izvršene su korekcije u njenom definisanju.

Tako je prethodno definisana kao sposobnost:

- da se izvede pokret što je moguće veće amplitude;
- da se izvede slobodan opseg pokreta u jednom ili više zglobova, sa normalnom rastegljivošću svih mekih tkiva koja dopuštaju potpuni slobodni zglobni opseg pokreta velikom amplitudom;
- koja determiniše stepen zglobnog mobiliteta, a prema tome i samu amplitudu pokreta, da bi se izduženjem tkiva omogućio normalan ili fiziološki pokret u zglobu (Alter, 2004).

Jedna od mogućih zabluda u definisanju fleksibilnosti je i njeno poistovećivanje sa ***pokretljivošću***. Noviji autori, zbog njene dvokomponentne arhitekture, smatraju da je fleksibilnost motorička sposobnost, a da je pokretljivost ili hiperpokretljivost karakteristika aktuelnog zgloba. To je karakteristika zgloba, koja ukazuje da je povećan obim pokreta u zglobu, u odnosu na normalan obim (Pajić, 2022). Autor tvrdi da se: "pokretljivost kao fenomen može tumačiti dvojako: kao *translokacija* – pokretljivost segmenata delova tela i kao *transpozicija* – pokretljivost u prostoru". Još jedan od pojmova, termina koji je interesantan u ovom trenutku je i ***relaksibilnost***. Definiše se kao sposobnost kontrole mišićne aktivnosti i isključivanja nepotrebnih, a optimalnog uključivanja potrebnih mišića, tj. da se dati pokret izvede uspešno. To je jedan od ključnih faktora za postizanje optimalnih performansi u sportu, zato što osigurava:

- lakoću, samokontrolu i potpunu slobodu pokreta;
- minimalnu potrošnju energije;
- smanjenje umora;
- smanjuje se i mogućnost povrede (postoji značajna korelacija između;
- umora i nastanka povrede) (Alter, 2004).

Iz svega prethodno rečenog, može se zaključiti da fleksibilnost i termini *mobilitet/hipermobilitet/pokretljivost* ne predstavljaju sinonime (Pajić, 2022; Alter, 2004). Fleksibilnost je dakle, latentna motorička sposobnost, a pokretljivost je manifestna karakteristika te sposobnosti (Pajić, 2022; Alter, 2004). Uočava se da u definicijama različitih naziva za fleksibilnost ima dosta preklapanja i ponavljanja.

Na kraju, možda bi bilo prihvatljivo navođenje koje rasvetljuje prethodnu diskrepanciju (Pajić, 2022): "Fleksibilnost je motorička sposobnost koja predominantno određuje stepen zglobnog mobiliteta, a prema tome i samu amplitudu pokreta. Treba razlikovati fleksibilnost, koja je

motorička sposobnost, od pokretljivosti (zglobnog mobiliteta) u aktuelnom centru zgloba, koja je manifestna karakteristika. Aktuelni zglobni mobilitet podrazumeva izvođenje slobodnog opsega pokreta trenutno mogućom amplitudom u jednom ili više zglobova, kao i normalnu rastegljivost svih mekih tkiva koja dopuštaju potpuni slobodni zglobni opseg pokreta”.

Pravilna i sveobuhvatna klasifikacija fleksibilnosti, koja delimično rasvetljava njenu dvokomponentnost (plastična i elastična) podrazumeva njeno posmatranje iz više bitnih faktora antropološkog prostora. Tako Pajić (2022; 2008) navodi najbitnije aspekte identifikacije ove složene motoričke sposobnosti: entitetske strukture, uticaj (efekti) istežanja, mišićna (ne)aktivnost i aspekt manifestovanog kretanja (spoljašnji faktor).

2.1.2. Entitetska struktura fleksibilnosti

U odnosu na dve elementarne vrste uticaja na mišićno-tetivne jedinice, koji mogu biti takvi da je intezitet sile rastezanja umeren ili mali, a trajanje dugo ili je delovanje kratkotrajno sa malo višim nivoom sile, moguće je primetiti da je fleksibilnost dvo-entitetska ili dvo-komponentna sposobnost.

Kako je već navedeno, na prvi spomenuti način delovanja razvija se tzv. *plastičnost tkiva* (podrazumeva trajno zadržavanje dostignute dužine), sa svojim karakteristikama. Dakle, autor (Pajić 2022; 2008) navodi da potencirajući elongaciju, gde je intenzitet sile umeren ili mali, a trajanje dugo, povećava se opseg pokreta (*eng. Range of Motion*, u daljem tekstu *ROM*), koji predstavlja jedan od pokazatelja dobre fleksibilnosti. Shodno tome, plastičnost korelira sa sposobnošću izvođenja amplitude pokreta u centru aktuelnog zgloba, a isto tako plastičnost podrazumeva trajno zadržavanje dostignute dužine.

Suprotno tome, na drugi način razvija se *elastičnost tkiva* (podrazumeva povratak tkiva na prethodnu dužinu), sa svojim karakteristikama: pri tome, potrebno je kratkotrajno delovati na mišić većom silom. Elastičnost korelira sa energijom elastične deformacije koja je bitna za ciklična kretanja (trčanje i sl.), odnosno za sva kretanja gde se smenjuju pokreti rastezanja i kontrakcije (odnosno ekscentrične i koncentrične kontrakcije). Pored toga, elastičnost doprinosi efikasnosti pokreta i podrazumeva da se pri istežanju tkivo vraća na prethodnu dužinu.

Može se zaključiti da, *plastičnost i elastičnost tkiva predstavljaju dva entiteta jedne jedinstvene motoričke sposobnosti – fleksibilnosti.*

2.1.3. Aspekt uticaja (efekti) istežanja

Shodno postojanju dva entiteta fleksibilnosti, a to su, kao što je već rečeno, plastičnost i elastičnost tkiva, postoje i dva elementarna uticaja (efekta) istežanjem (Pajić 2022; 2008):

- ***dinamičko(i)*** – utiče na elastičnu komponentu, odnosno na razvoj elastičnosti tkiva, gde se kratkotrajno deluje na mišić većom silom (slika 1) ; naime, elastičnost korelira sa energijom elastične deformacije koja je bitna za ciklična kretanja (trčanja, skokovi i sl.).



Slika 1. Dinamičko istežanje

- ***statičko (i)*** – utiče na plastičnu komponentu, odnosno, razvija se tzv. plastičnost tkiva, gde je intenzitet sile rastežanja umeren ili mali, a trajanje relativno dugo. Potencirajući elongaciju, povećava se opseg pokreta, koji predstavlja jedan od pokazatelja povećane pokretljivosti (slika 2)



Slika 2. Statičko istežanje

2.1.4. Klasifikacija fleksibilnosti na osnovu mišićne (ne)aktivnosti (unutrašnji faktor)

Postoji podela fleksibilnosti na *pasivnu i aktivnu*, u odnosu na mišićnu (ne)aktivnost (Pajić, 2008). Razlika između njih definiše se kao deficit fleksibilnosti ili rezervna fleksibilnost. Ona služi kao orijentir u daljem radu: ako je veća, trebalo bi se usmeriti na razvoj aktivne pokretljivosti – snage mišića agonista, a ako je manja, razvoj pasivne pokretljivosti treba da prethodi razvoju aktivne – primenom spoljnih sila.

- **Aktivna fleksibilnost**

Načini dostizanja ove vrste fleksibilnosti postižu se rastezanjem mišića antagonista i to isključivo kontrakcijom mišića agonista. Prednosti ovog načina rastezanja su u tome što je ostvarena puna kontrola pokreta, ali isto tako slabost mišića koji vrši pokret može biti faktor ograničenja u dostizanju punog opsega pokreta.

- **Pasivna fleksibilnost**

Postiže se primenom vežbi rastezanja koje su posledica delovanja spoljne sile: gravitacija, partner, ili sila drugih delova tela (najčešće ruku koje povlače određeni segment tela). Budući da nema delovanja mišića agonista, koji je u neku ruku faktor ravnoteže (balansa), najčešće se koriste kombinacije ove dve metode, koje se definišu kao podvrste.

Balistička fleksibilnost se ponekad posmatra kao dinamična, odnosno pojedini autori ne smatraju da postoji specifična razlika, na osnovu koje bi ove dve fleksibilnosti mogle da se posmatraju zasebno. I u ovoj monografiji će balistička i dinamička fleksibilnost biti tretirane kao sinonimi, jer ne postoji nivo diskrepancije koji određuje, kada dinamička fleksibilnost postaje balistička i obrnuto.

2.1.5. Klasifikacija fleksibilnosti u odnosu na manifestovano kretanje

Prema funkcionalnoj usaglašenosti proprioceptivnih elemenata (mišićnih vretena i Goldžijev tetivni organ - GTO) postoje (Pajić, 2008):

- **Statička fleksibilnost**

Statičko rastezanje, kao način postizanja statičke fleksibilnosti podrazumeva dostizanje i zadržavanje krajnjeg položaja u aktuelnom zglobu. Ova definicija iziskuje dodatna objašnjenja, koja se odnose na pogodnosti ove vrste rastezanja, kao i njene eventualne nepogodnosti. Ova fleksibilnost može biti:

- *statička-aktivna* - postizanje i zadržavanje ispružene pozicije u određenom zglobu (ili više njih) koristeći pri tome samo rad agonista i sinergista, dok je antagonistička grupa mišića istegnuta;
- *statička-pasivna* - postizanje i zadržavanje ispružene pozicije u određenom zglobu (ili više njih) koristeći vlastitu težinu tela, pomoć partnera ili određenu spravu (rekvizit)¹.

- **Dinamička fleksibilnost**

Ona podrazumeva pomeranje delova tela (najčešće zamahe rukama ili nogama) postepeno povećavajući opseg pokreta ili brzinu, ili i jedno i drugo. Kao i kod statičke i ovde se izdvajaju prednosti i mane ove vrste fleksibilnosti, odnosno ovakvog načina rastezanja.

¹ Ova metoda je ustvari deo PNF metode, ili njena nepotpuna forma. Sastoji se od pasivnog rastezanja, nakon čega sledi izometrijska kontrakcija i na kraju relaksacija. Dakle, kao što se može primetiti, nedostaje drugo pasivno rastezanje koje se kod pojedinih varijanti PNF metode nužno primenjuje (Pajić, 2008).

2.2. Klasifikacija metoda za razvoj fleksibilnosti

Kroz vreme koje je prošlo, razni autori su pokušavali dati klasifikaciju metoda za razvoj fleksibilnosti. Tako npr. Bompaa, (2000.) smatra da je odogovarajuća sledeća podela:

- Statička
- PNF
- Balistička

Kurz (1994.) u odnosu na isti problem navodi postojanje sledećih metoda:

- Statička
- Aktivna
- Pasivna
- Balistička
- Dinamička
- Izometrička
- PNF

U odnosu na najbitnije aspekte identifikacije fleksibilnosti, kao složene motoričke sposobnosti i njene entitetske strukture, uticaja (efekata) istežanja, mišićne (ne)aktivnosti i aspekata manifestovanog kretanja (spoljašnji faktor), u praksi se primenjuju sledeće metode, u svrhu razvoja navedenih vrsta fleksibilnosti (Pajić, 2008, Pajić, 2022):

- aktivni metod;
- pasivni metod;
- kombinovani metod.

2.2.1. Aktivni metod razvoja fleksibilnosti

Aktivni metod se zasniva na aktivnom dejstvu suprotnih mišićnih grupa (antagonista), a vežbe mogu biti izvedene u statičkim (aktivne statičke vežbe) ili dinamičkim - balističkim (dinamičkim pokretima - zamasima) uslovima. Aktivni metod se izvodi u različitim uslovima, a najčešće kao:

- **Aktivni – u dinamičkim uslovima**

Ovo je metoda korišćenja momenta inercije pokrenutog tela ili ekstremiteta u cilju postizanja pokreta koji prelazi njegov normalni opseg. Ovaj način istezanja se ne smatra korisnim i može dovesti do povreda. Ne dozvoljava mišićima da se adaptiraju na novu poziciju niti da se relaksiraju. Naprotiv, usled uzastopnog aktiviranja refleksa istezanja dovodi do njihove zategnutosti.

- **Aktivni – u statičkim uslovima**

Sastoji se od istezanja mišića (ili grupe mišića) do njegove krajnje tačke, dejstvom suprotnih mišićnih grupa (antagonista), te zadržavanje istegnute pozicije bez pomagala ili partnera.

2.2.2. Pasivni metod razvoja fleksibilnosti

Pasivni metod podrazumeva rastezanje određene mišićne grupe, uz pomoć spoljašnje sile - gravitacije, partnera ili dodatnog opterećenja (teg, elastične trake) u statičkim uslovima.

- **Pasivni - u statičkim uslovima**

Ovo je vrsta statičkog istezanja (što znači da ne uključuje kretanje), gde se uključuje otpor grupe mišića koji se istežu kroz izometrijsku kontrakciju. Najbolji primer za ovu vrstu istezanja je „guranje zida“, pri čemu se istežu listovi na potkolenici.

2.2.3. Kombinovani metod razvoja fleksibilnosti

Kombinovani metod podrazumeva vežbe koje se sastoje *od pasivnog rastezanja i aktivnih kontrakcija mišićnih grupa*. Najčešće se u praksi primenjuju dva kombinovana metoda:

- **Strečing**

Od engleske reči (*eng. stretch* = istezati) – prilikom realizacije koriste se statička (izometrijska) kontrakcija, zatim dekontrakcija i na kraju statičko istezanje. Na početku vežbanja usmerenog na povećanje fleksibilnosti, preporučljivo je da se strečing izvodi svakodnevno. Ova metoda deluje na strukture mekog tkiva preko njihove dostupne dužine, kako bi se povećao *ROM* (opseg pokreta). U estetskim sportovima (ples, ritmička gimnastika, umetničko klizanje) koriste se “self-strečing” vežbe (samoistezanje), pored vežbi terapijskog istezanja mišića, koje su takođe deo strečing metode. Strečing vežbe, bi trebalo razlikovati od *ROM* vežbi za razvoj fleksibilnosti, koje deluju unutar granica pokretljivosti tkiva, kako bi se održala dostupna dužina tkiva (Alter, 2004).

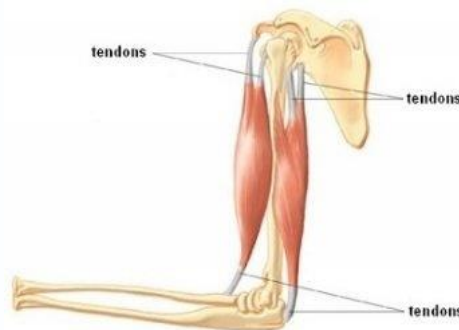
- **PI metod** (progresivno – intermitentni)

Ovaj termin znači da je vežba, koja se primenjuje, progresivna, a faza vežbe je isprekidana. *PI* metod podrazumeva najpre, zauzimanje maksimalne amplitude pokreta, zatim se izvodi “jača” kontrakcija treniranog mišića i vežba se završava labavljenjem (izvode se 2-3 ponavljanja). Pozitivna strana *PI* metoda je što optimizira motoričko upravljanje i kontrolu, kao i angažovanje što većeg broja mišićnih vlakana.

2.3. Neuro-fiziološke osnove fleksibilnosti

Vrlo važan, ako ne i najvažniji segment u objašnjavanju fleksibilnosti je poznavanje *osnovnih elemenata lokomotornog i nervnog aparata koji su tretirani prilikom primene bilo koje metode fleksibilnosti*. Između ostalog, fokus je samo na 3 vrste vezivnog tkiva – tetivi, ligamentu i mišićnoj fasciji.

- **tetive** – prenose sile povezujući kosti sa mišićima. One su relativno krute. Kada to ne bi bile fina motorika kao što je npr. sviranje klavira ili izvođenje operacije oka bi bila nemoguća za izvesti. Tetive imaju enormnu čvrstoću vlakana, te vrlo malu toleranciju na istezanje (slika 3). Istezanje tetive preko 4 % može uzrokovati povredu koja, ako se ne izleči ispravno, može tetivu pretvoriti u opušteniju te manje funkcionalnu strukturu sa posledicama.



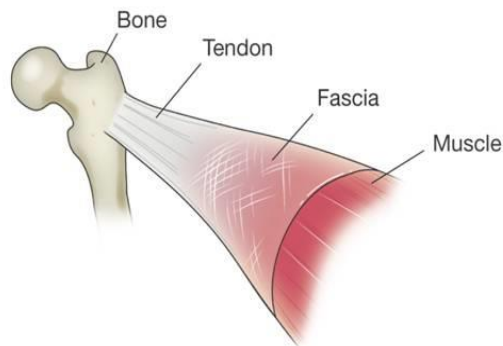
Slika 3. – tetive

- **ligamenti** – su strukture koje povezuju krajeve kosti zatvarajući ih tako u zglobnu kapsulu (slika 4). Ligamenti se mogu istezati malo više od tetiva bez opasnosti od povrede, ali ne mnogo. Istezanje ligamenata može destabilizirati zglobove kompromitirajući njihovu efikasnost i povećavajući izgleda za njihovu povredu.



Slika 4. – ligament

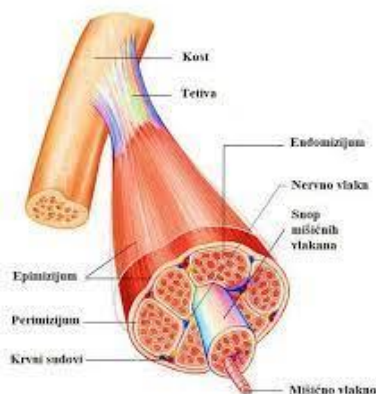
- **mišićna fascija** –vrsta vezivnog tkiva koja čini oko 30 % ukupne mišićne mase. Fascija odvaja individualna mišićna vlakna i povezuje ih u radne jedinice pružajući strukturu i stvarajući mogućnost prenosa sile (slika 5). Mnoge prednosti koje proizlaze iz istezanja – podmazivanje zglobova, bolja cirkulacija i poboljšana mobilnost su povezane sa zdravom stimulacijom fascije. Od svih strukturalnih komponenti našega tela koje ograničavaju fleksibilnost, fascija je jedina struktura koja se može istezati sigurno, bez štetnih posledica.



Slika 5. - mišićna fascija

- **mišićno-tetivna jedinica**
se sastoji od oba aktivna elementa (mišićnih vlakana) i pasivnih elemenata - tetiva (slika 6). Napor mišića se javlja kada se mišić proteže do kritične sile zatezanja, što izaziva cepanje unutar kontraktilnog elementa mišića. Stoga se čini razumnim, da bi više usaglašena MTJ mogla da izdrži veću zateznu silu, što bi zauzvrat bilo korisno u smislu smanjenja povreda.

Ovo je podržano činjenicom da se povrede mišića naglo pojavljuju tokom ekscentrične faze kontrakcije mišića, *kada sile koje se primenjuju na MTJ mogu biti znatne* i najčešće se vide u mišićima između dva zgloba - mišići koji ukrštaju dva zgloba i podložni su većem stepenu istezanja. Štaviše, naponi MTJ se najčešće vide u situacijama koje uključuju brze nalete brzine ili druge slučajeve kada mišić mora generisati veliku količinu sile u kratkom vremenskom periodu.



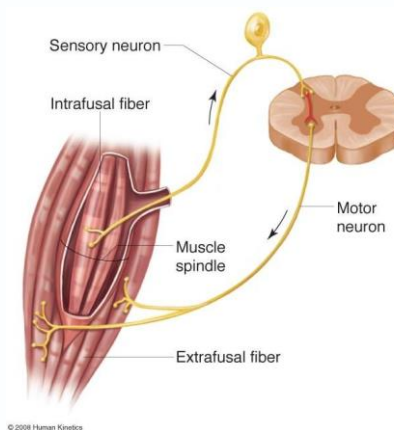
Slika 6. – mišićno-tetivna jedinica

Pored vezivnog tkiva posebno mesto u objašnjavanju neuro-fiziološkog mehanizma istezanja i primene *PNF* metoda imaju zaštitni mehanizmi tj. senzorni organi (*proprioceptori*). Najvažniji i najviše zastupljeni u akciji istezanja su mišićno vreteno i Goldžijev tetivni organ.

- **proprioceptori** su receptori koji prenose sve informacije o koštano-mišićnom sistemu do centralnog nervnog sistema. Njihova aktivnost se ogleda u sledećem:
 - izvori su svih osećaja tela za poziciju i njegovo kretanje u prostoru
 - informišu o svim promenama napona i sile u telu
 - nalaze se u svim krajevima nerava i zglobova, mišićima i tetivama

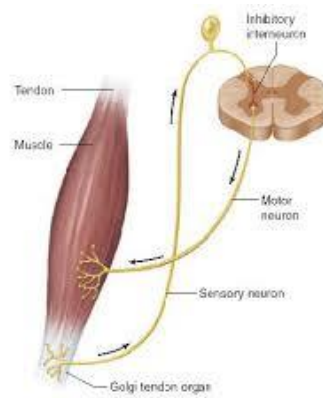
- **mehanizmi zaštite** ne dozvoljavaju prekomerna istezanja ili napetost koja bi mogla dovesti do kidanja mišićnih vlakana, zasnivaju se na aktivnošću proprioceptora koji se nalaze u
 - *mišićima* - *mišićno vreteno* - beleži promenu dužine mišića - uključuje miotatički refleks (istezanja) - kontrahuje mišić
 - *tetivama* - *goldžijev tetivni organ* - beleži promenu u napetosti i brzinu promene napetosti tetive - uključuje inverzni miotatički refleks (opuštanja) - opušta mišić

- **mišićno vreteno** je senzorni organ (proprioceptor) koji prima informacije iz mišića i obaveštava *CNS* o dužini i brzini istezanja mišića. Mišićno vreteno je spiralno omotano oko mišićnih vlakana (slika 7). Kada se isteže mišić koji se izdužuje takođe isteže i mišićno vreteno. Kada se mišić maksimalno istegne, nadraženo mišićno vreteno šalje refleksnim lukom signal kičmenoj moždini da je dostignut prag istezanja, tj. refleksno će se desiti kontrakcija mišića koja neće dozvoliti daljnje istezanje. "SOS" signal putuje vrlo brzo (obično se događa unutar 1-2 milisekunde)



Slika 7. – mišićno-vreteno

- **Goldžijev tetivni organ** ima funkciju je da obavesti *CNS* o napetosti mišića i tetiva koji se kontrahiraju / istežu, a motorički odgovor je prilagođen toj informaciji kako bi se telo zaštitilo od nepotrebne povrede. Goldžijevo tetivno vreteno sprečava nastanak povrede mišića usled povećanja napetosti putem tzv. goldžijevog tetivnog refleksa. Goldžijev tetivni organ je osetljiv na promene napetosti i intenzitet napetosti zato što je locirano u mišićno - tetivnim spojevima (slika 8) te se aktivira čim registruje preopterećenje - npr. kada osoba podigne teg, ukoliko je mišić opterećen sa previše sile Goldžijev tetivni organ će refleksno opuštati pripadajući mišić tj. prekinuti njegovu kontrakciju (autogena inhibicija) i sprečiti stvaranje dodatne sile i preduprediti tako povredu mišića.

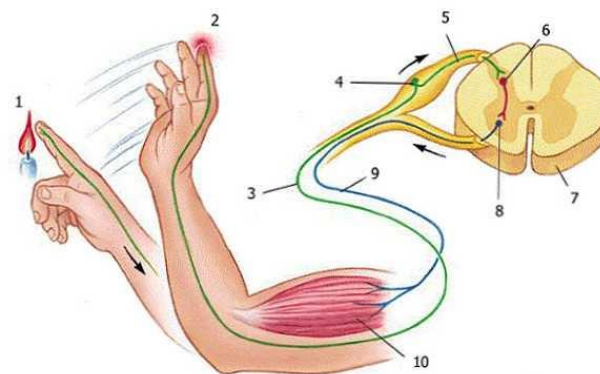


Slika 8. – Goldžijev tetivni organ

- **refleksni luk** (slika 9)

On predstavlja osnovnu jedinicu refleksne aktivnosti, a njegovi elementi su:

- *receptor* – mesto gde deluje stimulus
- *senzorni neuron* – prenosi stimulus od receptora (koža, duboka tkiva, čulni organi) pomoću aferentnih nerava do CNS
- *integrativni centar* – (centralna sinapsa i /ili interneuron), (monosinaptički ili polisinaptički region u CNS)
- *eferentni neuron* – prenosi impuls preko odgovarajućih eferentnih nerava do efektor (mišić)
- *efektor* – mišić ili žlezda



Slika 9. – Refleksni luk

- **refleks istežanja (miotatički refleks)**

Mišićno vreteno štiti ljudsko telo od prebrzog istežanja i samopovređivanja, ali i upozorava da su okolni zglobovi i meka tkiva u opasnosti od povrede usled prekomernog istežanja. Pored agonista koji izvode pokret, aktiviranjem refleksa istežanja zahvaćeni su i mišići sinergisti (oni koji pomažu izvođenje pokreta). *Zadatak je zaštita mišića od prekomernog istežanja* i manifestuje se u vidu *kontrakcije istegnute mišićne grupe* po principu da je brzina kontrakcije proporcionalna brzini i snazi istežanja.

- **refleks istežanja (inverzni miotatički refleks)**

Prilikom skraćivanja (kontrakcije – miotatički refleks) mišića stvara se napetost na prelazu mišića u tetivu - mesto gde je smešten goldžijev tetivni organ (GTO). Taj proprioceptor beleži promene u napetosti i brzini promene napetosti tetive, te šalje signale u kičmenu moždinu. Kada napetost pređe određeni prag, uključuje se inverzni miotatički refleks kao reakcija na produženje tetive, koja, opuštajući mišić, inhibira mišićnu kontrakciju.

- **recipročna inervacija (inhibicija)**

Pri miotatičkom refleksu antagonistički refleksi relaksiraju antagonistički mišić mehanizmom recipročne inervacije.

Osnovno pitanje prilikom objašnjavanja efekata primene bilo koje metode istežanja je *šta se dešava kada se mišić isteže?* Dužina mišića, kada je on normalno opušten, može se kod većine mišića aktivnim istežanjem uvećati maksimalno za oko 25%, pri čemu napetost u mišiću dostiže svoj plafon. Tokom istežanja u sakromeri dolazi do smanjenja broja preklapajućih miofilamenata (debelih i tankih), čiji broj tokom kontrakcije raste, što dozvoljava mišićnom vlaknu da se izduži. Tokom istežanja napetost u mišiću raste, kolagena vlakna u vezivnom tkivu se postavljaju u istu liniju gde raste napetost. Mišićno vlakno se isteže do maksimalne dužine sakromere, a vezivno tkivo podiže preostali deo do krajnje napetosti (Alter,2004).

Kada je mišić maksimalno izdužen, u njemu se pojavljuje napetost koja aktivira mišićno vreteno, koje opet aktivira *miotatički refleks* koji izaziva kontrakciju aktuelnog mišića, čime se

mišićno tkivo spašava od moguće destrukcije istezanjem. Međutim, aktuelna kontrakcija proizvodi napetost na tačkama gde mišić ima kontakt sa tetivom, gde je smešten Goldžijev tetivni organ. GTO snima i selektira promene i šalje signale do kičmene moždine, koja šalje dalje informacije.

Kada je napetost premašila dozvoljeni nivo, **inverzni miotatički refleks** snažno inhibira istegnute mišiće i njihove sinergiste, istovremeno pobuđujući antagoniste. Rezultat ovih aktivnosti je relaksacija aktiviranog mišića koja ima za posledicu i relaksaciju same tetive. Na ovaj način se sprečava prekomerno istezanje mišićno-tetivne jedinice.

Treba napomenuti da postoje i neka druga stanja napetosti mišića kao što su preterana fleksibilnost i relaksibilnost. Moguće je da mišići budu preterano istegnuti. Postoji veza između fleksibilnosti i stabilnosti zgloba. **Preterana fleksibilnost** mišića i vezivnog tkiva dovodi do smanjenja stabilnosti zgloba jer mišići i vezivno tkivo više ne održavaju njegovu krutost. Nakon što mišić postigne svoju maksimalnu dužinu, dalje istezanje opterećuje ligamente i tetive. Ligamenti pucaju povećanjem njihove dužine za više od 6%. Čak i ako se ligamenti i/ili tetive ne povrede, labavost zgloba dovodi do nestabilnosti što doprinosi mogućnosti povrede. Dakle, može se zaključiti da i nedovoljna i preterana fleksibilnost povećavaju mogućnost povrede sportista. Shodno tome, preterana fleksibilnost uzrokuje disperziju sila pri izvođenju određenog pokreta, gde je silu potrebno usmeriti ka tačno određenoj tački (npr. udarac u taekwondou).

Relaksibilnost se definiše kao sposobnost kontrole mišićne aktivnosti na način da se mišići nepotrebni za izvođenje pokreta ne uključuju, a da se mišići koji su potrebni optimalno uključuju, tj. minimalno koliko je potrebno za uspešno izvođenje pokreta. Relaksacija je jedan od ključnih faktora za postizanje optimalnih performansi u sportu jer:

- osigurava lakoću, gracioznost, glatkoću, potpunu slobodu pokreta te samokontrolu;
- omogućava minimalnu potrošnju energije za postizanje optimalnih rezultata, te na taj način sprečava nepotrebno umaranje;
- smanjenjem umora smanjuje se i mogućnost povrede (postoji značajna korelacija između umora i nastanka povrede).

Svaki rad na razvoju fleksibilnosti (istezanje) trebao bi početi kada su mišići potpuno opušteni jer se smanjuje napetost kontraktilnih komponenti mišića što omogućava postizanje maksimalne dužine mišića kao i mišićne ovojnice koja ograničava fleksibilnost.

3. DOSADAŠNJA ISTRAŽIVANJA

PNF se generalno smatra veoma efikasnim, iako je iznenađujuće malo studija koje proučavaju njegove efekte.

Funk i sar. (2003) procenjivali su efikasnost PNF istežanja u poređenju sa statičkim istežanjem mišića zadnje lože izvođenim sa ili bez vežbanja u istraživanju na 40 studenata-atletičara. Svaka metoda istežanja izvođena je pet minuta nakon 60 minuta vežbanja ili bez vežbanja. Rezultati su pokazali da su oni koji su vežbali i primili PNF istežanje doživeli veće povećanje fleksibilnosti u poređenju sa grupom bazne vrednosti i grupom bez vežbanja i PNF. Međutim, nisu primećene razlike u grupama statičkog istežanja (bazna vrednost, sa vežbanjem i bez vežbanja) (Hindle i sar, 2012).

Lucas i Koslow (1984) regrutovali su 63 studentkinje za svoje istraživanje koje je trajalo sedam nedelja, a u kojem su ispitivali efekte tri metode istežanja na mišiće zadnje lože i gastroknemiusa. Ove tri tehnike istežanja uključivale su statičko, dinamičko i CR metodu PNF. Svaki subjekt je dodeljen jednoj od tri tretmanske grupe i primao je tri tretmana nedeljno. Sva tri tretmana su dovela do značajnog poboljšanja kada su upoređeni početni i krajnji test. Ispostavilo se da što je duže trajalo tretiranje, to su manje bili značajni rezultati između tri tretmanske grupe. (Hindle i sar, 2012).

Wallin i sar. (1985) su sproveli studiju na 47 muških ispitanika koji su nasumično podeljeni u četiri tretmanske grupe. Ove četiri grupe predstavljale su svaku grupu mišića zadnje lože koji su se istežali; gastroknemijus, mišići zadnje lože, mišići aduktora kuka ili mišići zadnje lože. Grupa gastroknemijusa, mišića zadnje lože i aduktora primila je 14 tretmana metodom CR PNF, dok je grupa mišića dorsifleksora primila BS metodu. Grupa mišića dorsifleksora prešla je na CR metodu nakon toga. Fleksibilnost je povećana više metodom CR nego BS metodom za ovu grupu. (Hindle i sar, 2012).

Etnyre i Lee (1988) su procenili 74 ispitanika, 49 muškaraca i 25 žena, kako bi uporedili promene u fleksiji kuka i ekstenziji ramena između muškaraca i žena kroz tehnike statičkog istežanja, CR i CRAC istežanja tokom 12 nedelja. Merenja opsega pokreta su dobijena od svih ispitanika pre nego što je bilo koji tretman započet i uzimana su svake tri nedelje do kraja istraživanja. Značajno

povećanje ROM-a primećeno je u svim tretmanskim grupama, ali se pokazalo da su PNF tehnike efikasnije od statičke metode kako za fleksiju kuka, tako i za ekstenziju ramena.

Žene su generalno imale veći početni opseg pokreta (ROM) u oba proučavana pokreta, iako rezultati pokazuju da povećanja koja su muškarci i žene ostvarili nisu značajno različita kada su upoređivana jedna s drugom. Međutim, prema rezultatima, muškarci su imali veća povećanja metodom CRAC nego metodom CR. Žene su se razlikovale od muškaraca po tome što nisu imale vrlo značajne razlike u povećanju ROM-a između bilo koje od PNF metoda na bilo kojem zglobu. (Hindle i sar, 2012).

Feland i sar. (2001) su ispitivali 97 nasumično odabranih starijih sportista kako bi proučili promene u fleksibilnosti mišića zadnje lože nakon istezanja pre vežbanja kod starije populacije. Ispitanici su podeljeni u jednu od tri grupe: kontrolnu grupu, grupu sa CR metodom i grupu sa SS metodom. Nisu pronađene značajne razlike između grupa sa SS i CR tretmanima, iako su razlike uočene između muškaraca i žena bile izraženije. Ove razlike između polova bile su još izraženije među mladim ispitanicima. Ispostavilo se da starost utiče na dobitke u fleksibilnosti kod metode CR. Sa povećanjem starosti, meka tkiva koja su obično pogođena PNF metodama i koja dobijaju neuralnu inhibiciju proizvedenu od strane PNF-a kako bi se smanjila refleksna aktivnost i promovisala relaksacija, što vodi do većeg opsega pokreta, menjaju se. Matrice mekih tkiva obično gube elastičnost i snagu, a miofibrili se zamenjuju vezivnim tkivom. Ove promene čine starije mišiće osetljivijim na povrede izazvane kontrakcijom. (Hindle i sar, 2012).

Feland i Marin (2004) su ispitivali 72 ispitanika kako bi utvrdili da li submaksimalne kontrakcije tokom CR metode PNF na mišićima zadnje lože daju slične dobitke u fleksibilnosti kao MVIC kontrakcije. 60 ispitanika je nasumično raspoređeno u jednu od tri tretmanske grupe, koje su uključivale kontrakcije od 20% MVIC, 60% MVIC i 100% MVIC, dok je preostalih 12 stavljeno u kontrolnu grupu. Svaki ispitanik u prve tri grupe je izvodio tri CR metode istezanja u trajanju od šest sekundi, sve u skladu sa odgovarajućim intenzitetima, sa desetosekundnim pauzama između svake kontrakcije tokom pet dana. Rezultati su pokazali da kontrakcije od 20% i 60% MVIC su jednako efikasne kao i 100% MVIC tokom CR metode PNF jer su sve povećale fleksibilnost. (Hindle i sar, 2012).

Rowlands i sar. (2003) su regrutovali 43 ispitanika kako bi ispitivali efekat variranja trajanja kontrakcija tokom *PNF* istezanja na povećanje ROM-a u fleksiji u kuku. Svaki ispitanik je dodeljen jednoj od tri grupe. Ove grupe su uključivale petosekundne izometričke kontrakcije, desetosekundne izometričke kontrakcije i kontrolnu grupu. Dve tretmanske grupe su izvodile CRAC metodu *PNF* dva puta nedeljno tokom ukupno šest nedelja, sa najmanje 24 sata između dve nedeljne terapije. Ispitanici su prvo radili zagrevanje od pet minuta, zatim istezanje od pet minuta i nakon toga dve vrste CRAC metoda *PNF* istezanja po tri puta. Za obe metode, ispitanici su držali izometričku kontrakciju mišića zadnje lože u trajanju od njihovog odgovarajućeg vremena. Značajno povećanje je uočeno kod obe tretmanske grupe nakon tri nedelje i šest tretmana CRAC metode *PNF*. Još veće poboljšanje uočeno je nakon šest nedelja i dvanaest tretmana. Utvrđeno je da duže vreme istezanja proizvodi veće povećanje ROM-a u fleksiji za ispitanike. (Hindle i sar, 2012).

Rezultati ovih sedam studija o obimu pokreta (uključujući ukupno 436 ispitanika) sugerišu da obe metode *PNF* istezanja, kako metoda CR tako i metoda CRAC, povećavaju obim pokreta i fleksibilnost kod ispitanika, bez obzira na procenat MVIC koji se koristi. Povećanje je bilo izraženije kada se *PNF* primenjivao nakon vežbanja, a duže trajanje kontrakcije dovelo je do većih poboljšanja (Bonnar i saradnici, 2004; Magnusson, 1998). Međutim, povećanje fleksibilnosti i obima pokreta nije trajno. Efekti su primećeni samo šest minuta nakon završetka protokola istezanja (Spernoga i saradnici, 2011). Da bi se održali, *PNF* se mora primenjivati tokom dužeg vremenskog perioda, iako rezultati postaju manje izraženi što se duže primenjuju i što se više puta ponavljaju tokom dužeg vremenskog perioda. Nakon prvog tretmana postoji veoma značajno povećanje obima pokreta u zglobovima, pa je *PNF* dobar način za postizanje trenutnih poboljšanja u obimu pokreta. *PNF* metode povećavaju fleksibilnost i obim pokreta kod svih ispitanika koji su primenjivali *PNF* istezanje, ali postoje neke razlike između polova i uzrasnih grupa. Utvrđeno je da muškarci imaju veća poboljšanja u fleksibilnosti i obimu pokreta primenom metode CRAC u odnosu na žene (Etnyre i Li, 1988). Ova razlika između polova ostaje istinita i kod različitih uzrasnih grupa. Međutim, kako su ispitanici stariji, utvrđeno je da ima manje razlika u poboljšanjima fleksibilnosti i obima pokreta pre i posle primene *PNF* metoda. Pošto postoji veća verovatnoća da će starije osobe biti povređene zbog intenzivnih kontrakcija tokom *PNF* metoda, ovaj pad u razlikama možda ukazuje na to da *PNF* metode ne bi trebalo primenjivati kod starijih osoba (Hindle I sar, 2012).

Ercole C. Rubini, Andr'e L.L. Costa and Paulo S.C. Gomes uradili su 2007.godine pregled do tada poznatih radova o *PNF-u* s ciljem da se utvrde akutni i hronični efekti istezanja na performanse snage, zajedno sa osnovnim mehanizmima. Radovi koje su koristili bili su većinom na engleskom, španskom i portugalskom jeziku. Sve studije koje su se odnosile na akutne efekte istezanja na performanse snage bile su uključene, bez obzira na metodološke aspekte, dok su autori uključili i kritičku analizu teksta kad je bila potrebna. U pregledanim istraživanjima postoje značajni dokazi koji ukazuju na smanjenje snage nakon istezanja. Studije su koristile različite tehnike istezanja, trajanje istezanja i ciljane različite mišićne grupe, i testirane su korišćenjem izotoničkih, izometrijskih ili izokinetičkih uređaja. Međutim, broj vežbi, trajanje svake vežbe i broj serija (tj. ukupno trajanje istezanja) bilo je znatno duže od opsega koji se obično koristi u praksi i preporučuje u literaturi. To jasno ukazuje na potrebu za daljim istraživanjima. Takođe bi trebalo sprovesti studije treninga kako bi se procenilo da li smanjenje snage tokom treninga ima dugoročne posledice (tj. suboptimalne dobitke u snazi u poređenju sa treningom bez prethodnog istezanja). Osim toga, bezbednost učesnika treba uzeti u obzir prilikom preporuke vežbi istezanja. Kada se analiziraju mogući efekti ovih vežbi, čini se da mnogi mehanizmi odgovorni za održavanje mišićno-koštanog integriteta, kao što su mišići, tetive i receptori zglobova, budu inhibirani nakon istezanja. Takođe, tolerancija na bol se čini povećanom, što omogućava veći opseg pokreta i približavanje maksimalnom limitu istegnutih struktura, a time i povećanje rizika od povreda. Hipoteza da vežbe za fleksibilnost koje prethode drugim fizičkim aktivnostima mogu dovesti do većeg rizika od povreda treba uzeti u obzir i istražiti u budućim studijama. (Hindle i sar, 2012)

4. PREDMET, CILJ, ZADACI I METODE RADA

Predmet rada predstavlja aktualizaciju i objašnjenje metoda Proprioceptivne Neuromuskularne Facilitacije (PNF), njegovog nastajanja, razvoja, kao i ukazivanje na značajnosti modernog pristupa njegove primene u praksi.

Cilj rada je ukazati na važnost *PNF* i njegovog doprinosa u sportu i rehabilitaciji.

Zadaci rada su:

- 1) korišćenjem najnovijih naučnih i teorijski saznanja i njihovom detaljnom analizom, objasniti koji su to moderni pristupi ovakve vrste istezanja;
- 2) njihovim praktičnim prikazom ukazati na važnost i mesto koje ova vrsta istezanja zauzima u području sporta (prevencije nastanka povreda), kao i u rehabilitaciji već nastalih povreda.

Metode rada koje će biti korišćena su metoda teorijske analize sadržaja naučne i stručne literature (faza prikupljanja podataka) dok će se u fazi kreiranja predloga programa primene senzomotornog treninga u praksi, koristiti metoda dedukcije.

5. DEFINISANJE PNF-A

PNF je skraćena za proprioceptivnu neuromuskulatornu facilitaciju. Svaka reč u navedenom pojmu ima svoje posebno značenje:

- **Proprioceptivno** - označava povezanost sa senzornim receptorima koji daju informacije o pokretu i položaju tela
- **Neuromuskulatorno** - uključuje nerve i mišiće
- **Facilitacija** – znači olakšati, rasteretiti

Metod Proprioceptivna Neuromuskularne Facilitacije (PNF) može se definisati kao metod unapređenja neuromišićnih mehanizama stimulacijom proprioceptora (Alter, 2004.). Budući da se tim metodom izvode funkcionalne strukture pokreta tokom kojih se na razne načine kombinuju izometrijske, koncentrične, ekscentrične kontrakcije sa statičkim i dinamičkim istezanjem mišića, on predstavlja i metod kojom se povećavaju relaksacija i elastičnost mišića, te se istovremeno povećava jačina, unapređuje balans jačine (odnos između agonista i antagonista) i poboljšava stabilnost zgloba (Alter, 2004.). Osim toga, pozitivno utiče na cirkulaciju krvi, mišićnu izdržljivost i osigurava veću opuštenost mišića. *PNF* tehnike u poređenju s drugim metodama istezanja ostvaruju najbrži napredak u razvoju fleksibilnosti. Pri realizaciji ovih tehnika istezanja ključnu ulogu ima neurofiziološki fenomen recipročne inervacije kada pri aktivnom miotatičkom refleksu antagonistički refleksi relaksiraju (facilitiraju) antagonistički mišić, koji se inače ovom tehnikom isteže.

PNF istezanje je metod treninga fleksibilnosti koja može smanjiti *hipertonus*, omogućavajući mišićima da se opuste i produže. *PNF* tehnike uključuju statičko istezanje (izvođenje istezanja bez pokreta) i izometrijske kontrakcije (kontrahovanje određenog mišića bez pomeranja zglobova).

Postoje **dve vrste PNF istezanja**:

- **pasivno** - istezanje bez mišićne kontrakcije
- **aktivno** - upotreba voljne mišićne kontrakcije

PNF tehnike mogu biti pasivne (bez povezane mišićne kontrakcije) ili aktivne (voljne mišićne kontrakcije). Iako postoji nekoliko varijanti *PNF* istezanja, sve imaju jednu zajedničku

osobinu, *one olakšavaju mišićnu inhibiciju*. Veruje se da je to razlog zašto je *PNF* superioran u odnosu na druge oblike metoda za razvoj fleksibilnosti.

Razvoj PNF-a se bazira na radu *Charlesa Sheringtona*. Principi koji se koriste u *PNF*-u su baš po njemu i nazvani Šeringtonovi principi a oni su:

- ***Post-nadražajni efekat***

Efekat stimulusa nastavlja da se produžava nakon što se stimulus zaustavi. Ako se snaga i vreme trajanja stimulusa povećaju i efekat se takođe povećava. Osećaj povećanja u dinamičkoj snazi koja prati održavanja statičke kontrakcije je rezultat post-nadražajnog efekta.

- ***Temporalna (vremenska) sumacija***

Odnosi se na seriju slabih nervnih stimulusa koji izazivaju aktivaciju neurona. Drugačije rečeno, niz slabijih stimulusa se sumira i na kraju se prevazilazi prag nadražaja.

- ***Prostorna sumacija***

Nekoliko slabih stimulusa primenjenih simultano na različite delove tela mogu uticati jedan na drugi tj. sumirati se na sinapsama i tako dovesti do ekscitacije.

Vremenska i prostorna sumacija se često kombinuju sa ciljem postizanja veće aktivnosti.

- ***Iradijacija***

Predstavlja širenje i povećanje snage odgovora kao rezultata povećanje snage ili broja stimulusa. Reč je o širenju ili povećanju odgovora na druge mišiće bilo u vidu stimulacije ili inhibicije.

- ***Sukcesivna indukcija***

Kontrakcija antagonističkih mišića neposredno pre stimulacije agonista povećava ekscitaciju agonista.

- ***Recipročna inervacija***

Kontrakcija agonista je praćena simultanom inhibicijom njegovih antagonista. *Ovo je refleksni odgovor koji je neophodan da se izvede normalan zdrav tj. koordinisan pokret.* Tehnike relaksacije se baziraju na ovom svojstvu. Nervni sistem predstavlja kontinuitet u celini – nema izolovanih delova.

6. PNF TEHNIKE

Najčešće tehnike *PNF* istezanja koje se primenjuju su:

• *Contract Relax*

Pasivno postavljanje mišića u položaj istezanja, praćeno izometrijskom kontrakcijom istog mišića. Većina izometrijskih kontrakcija u *PNF* tehnikama istezanja trebala bi se održavati minimalno 3 sekunde sa submaksimalnim naporom (20-50% maksimalnog napora) kako bi se izbegao mišićni zamor i povrede. Nakon perioda kontrakcije, pacijentu se nalaže da opusti istegnuti mišić koji je upravo kontrahovao **i aktivira antagonistički mišić** kako bi se pomerio u veći položaj istezanja. Putem recipročne inhibicije, zategnuti mišić se opušta i dopušta mu se da se produži (Gidu i sar. 2013).

• *Hold Relax*

Vrlo slično tehnici Contract Relax. Koristi se kada agonista nije dovoljno jak da se pravilno aktivira. Tretirani mišić postavlja se u položaj istezanja, a zatim sledi izometrijska kontrakcija tretiranog mišića. Nakon određenog vremena, tretirani mišić se pasivno pomeri u položaj većeg istezanja. Vreme kontrakcije i napor ostaju isti kao u tehnici Contract Relax. Ova tehnika koristi Goldžijev tetivni organ, koji opušta mišić nakon što mu je primenjena trajna kontrakcija duža od 6 sekundi (http://en.wikipedia.org/wiki/PNF_stretching) .

• *Hold-Relax Agonist*

Najpoznatija tehnika. Može se koristiti kako bi se produžio zategnuti mišić i povećao pasivni raspon pokreta. U ovoj tehnici, zategnuti mišić je antagonist, pa se kontrahuje agonist (pod uslovom da je agonist dovoljno jak). Terapeut traži od pacijenta da izometrijski kontrahuje agonist *oko 6 sekundi* pre nego što ga dalje pomera u raspon. Putem recipročne inhibicije, zategnuti mišić se opušta i dopušta mu se da se produži. Verbalna uputstva za pacijenta koji izvodi ovu vežbu uključuju: „ Drži, drži ne dozvoli mi da te pomaknem“ (http://en.wikipedia.org/wiki/PNF_stretching).

• **Hold-Relax Antagonist**

Veoma slično tehnici Hold-Relax Agonist. Koristi se kada agonist nije dovoljno jak da se pravilno aktivira. Pacijent izometrijski kontrahuje zategnuti mišić (antagonistički mišić) protiv otpora terapeuta. Nakon postizanja zadržavanja od 6 sekundi, terapeut uklanja svoju ruku, a pacijent koncentrično kontrahuje mišić agonist (**mišić suprotan zategnutom mišiću, mišić koji nije zategnut**) kako bi dobio veći raspon pokreta. Ova tehnika koristi Goldžijev tetivni organ, koji opušta mišić nakon što mu je primenjena trajna kontrakcija duža od 6 sekundi. Može se primetiti da u tehnici Hold-Relax-Contract nema konačnog pasivnog istezanja. Ono se zamenjuje antagonističkom kontrakcijom koja, putem recipročne inhibicije, služi za opuštanje i dalje istezanje mišića koji je bio izložen početnom pasivnom istezanju. Budući da nema konačnog pasivnog istezanja, ova *PNF* tehnika smatra se jednom od najsigurnijih *PNF* tehnika za izvođenje (manje je verovatno da će rezultirati pucanjem mišićnog tkiva). Neki ljudi vole da pojačaju tehniku dodavanjem konačnog pasivnog istezanja nakon druge izometrijske kontrakcije. Iako to može rezultirati većim dobicima u fleksibilnosti, takođe povećava rizik od povrede (Gidu i sar. 2013).

• **Hold-Relax-Swing/Hold-Relax Bounce**

Slične tehnike kao Hold-Relax i *CRAC*. Počinju pasivnim istezanjem terapeuta, a zatim sledi izometrijska kontrakcija. Razlika je u tome da se na kraju umesto kontrakcije antagonističkog mišića ili pasivnog istezanja koristi *dinamičko i balističko istezanje*. Ovo je vrlo riskantna tehnika i uspešno je koriste samo osobe koje su postigle visok nivo kontrole nad svojim refleksom mišićnog istezanja. Balističko istezanje bi koristiti sportisti pre nego što se upuste u visoko energetske pokrete (npr. sprinter trči 100m trku) (Gidu i sar. 2013).

• **Ritmička inicijacija**

Razvijena je kako bi pomogla pacijentima s Parkinsonom da prevaziđu njihovu krutost. Počinje tako što terapeut pomera pacijenta kroz željeni pokret koristeći pasivni raspon pokreta, a zatim sledi aktivno-asistirani, aktivno-odupirani raspon pokreta i na kraju aktivni raspon pokreta (Gidu i sar. 2013).

• *Ritmička stabilizacija*

Alternativne izometrije su vrlo slične u tome što ohrabruju stabilnost trupa, kuka i ramenog pojasa. U ovoj tehnici pacijent zadržava položaj sa opterećenjem dok terapeut primenjuje manualni otpor. Pacijent ne bi trebalo da izvodi pokrete. Umesto toga, pacijent bi trebalo da održava početni položaj zahvaćenog ekstremiteta. Ova tehnika može da ojača trup, pojedini ekstremitet ili bilateralne ekstremitete, i može se primeniti sa ekstremitetima u otvorenom ili zatvorenom kinetičkom lancu (Gidu i sar. 2013).

• *Alternativne izometrije*

Ova tehnika podstiče stabilnost posturalnih mišića trupa i stabilizatora kuka i ramenog pojasa. Sa alternirajućim izometrijama, pacijent zadržava svoj položaj, dok se manualni otpor naizmenično primenjuje u jednoj ravni sa jedne strane tela na drugu. Ne bi trebalo biti pokreta. Umesto toga, pacijent bi trebalo da održi početni položaj zahvaćenog ekstremiteta. Ova tehnika može ojačati trup, pojedini ekstremitet ili bilateralne ekstremitete, i može se primeniti sa ekstremitetima u otvorenom ili zatvorenom kinetičkom lancu (Gidu i sar. 2013).

• *Alternativna ritmička stabilizacija*

Ova tehnika je jednostavno proširenje alternirajućih izometrija u kojima se zahvaćene mišićne grupe su-kontrahuju. Ritmička stabilizacija se obično izvodi u zatvorenom kinetičkom lancu kako bi se dodatno poboljšala mišićna su-kontraktacija i stabilnost zgloba. U ovoj tehnici terapeut primenjuje manualni izometrijski otpor u više smerova. Terapeut može istovremeno primeniti manuelni otpor u više smerova, prisiljavajući višestruke mišićne grupe da se kontrahuraju istovremeno kako bi podržale i stabilizovale ekstremitet. Ova tehnika je posebno korisna za izometrijsko kontrahovanje rotatora proksimalnog zgloba (Gidu i sar. 2013).

7. PRIMENA PNF-a

PNF istezanje je prvobitno razvijeno kao oblik rehabilitacijske terapije kako bi se smanjio uticaj paralize ili moždanog udara. Učinkovitost tehnike pokrenula je fizioterapeute i druge zdravstvene i sportske stručnjake da je dalje istraže i primene u drugim područjima. Tako da se danas osim neuroloških pacijenata, *veoma uspešno tretiraju i pacijenti u domenu ortopedije i traumatologije, sportske medicine i bolnih stanja.*

PNF tehnike pomažu u razvoju mišićne snage i izdržljivosti, stabilnosti zglobova, pokretljivosti, neuromišićne kontrole i koordinacije - sve sa ciljem poboljšanja ukupne funkcionalne sposobnosti pacijenata (Gidu i sar. 2013).

PNF tehnike imaju široku primenu u lečenju osoba sa neurološkim i mišićno-koštanim stanjima, najčešće u rehabilitaciji kolena, ramena, kuka i zgloba (Gidu i sar. 2013). *PNF* vežbe se mogu primeniti na pacijente svih starosnih doba. Klein i sar., 2002, su zaključili da upotreba *PNF* tehnika kod starijih odraslih osoba poboljšava raspon pokreta, izometrijsku snagu i odabrane zadatke fizičke funkcionalnosti (Klein, Stone, Phillips i dr., 2002). Bilo da se radi o povećanju fleksibilnosti, razvoju mišićne snage i izdržljivosti, poboljšanju stabilnosti zglobova ili povećanju neuromišićne kontrole i koordinacije, *PNF* je dragocen deo svakog programa rehabilitacije.

Proprioceptivna neuromišićna facilitacija *obuhvata sve aspekte procesa rehabilitacije* i može pomoći pacijentima s različitim disfunkcijama da postignu svoje ciljeve. Tehnike istezanja često se koriste u sportskom i kliničkom okruženju kako bi se poboljšala i aktivna i pasivna pokretljivost s ciljem optimizacije motoričke sposobnosti i rehabilitacije.

PNF istezanje pozicionira se u literaturi kao *najučinkovitija tehnika istezanja kada je cilj povećanje pasivnog raspona pokreta* (Gidu i sar. 2013). Danas se *PNF* istezanje najčešće koristi od strane fizioterapeuta i sertifikovanih trenera za vežbanje u sportskim ili rehabilitacionim okruženjima. Fizioterapeut je sve vreme uz pacijenta, zadaje mu specifične vežbe i koriguje ga tokom vežbanja. Takođe, fizioterapeut pacijentu može da olakša ili oteža određenu vežbu promenom položaja tela ili pružanjem manuelnog otpora.

Dakle, *izvođenje terapije je isključivo individualno*. Postoji *manuelni kontakt između terapeuta i pacijenta pomoću kojeg terapeut stimuliše različite receptore* čija aktivacija ubrzava i olakšava razvoj mišićne snage i svesti o pokretu.

Ova tehnika može pomoći da se:

- Poboljšaju performanse;
- Rehabilituju povrede;
- Obnovi opseg pokreta;
- Poveća snaga.

Često se koristi za osobe koje su pretrpele povrede mekih tkiva ili su imale invazivne hirurške zahvate.

Konkretno, *PNF* terapije mogu pomoći pri:

- Ponovnom uspostavljanju normalnih funkcija poput disanja, gutanja ili žvakanja nakon moždanog udara ili bilo kog drugog tipa ozbiljne povrede koja je narušila ove funkcije;
- Poboljšanju funkcionalnosti koje su ugrožene neurodegenerativnim bolestima poput multipla skleroze ili Parkinsonove bolesti;
- Poboljšanju funkcionalnosti koje su narušene usled neurotraumotoloških povreda (npr. ozbiljnije povrede kičme);
- Saniranju sportskih povreda (npr. kompleksne povrede kostiju, ligamenata ili lezija);
- Lečenju degenerativnih ortopedskih patologija (npr. diskus hernija ili artritis);
- Poboljšanju kvaliteta života koji je narušen hroničnim poremećajima i stanjima poput fibromijalgije ili učestalih migrena i vrtoglavica.

8. PRAKTIČNA APLIKACIJA METODA

PNF tehnika Contract Relax je tehnika u kojoj se pasivno istegnuti mišić na maksimalnoj amplitudi prvo izometrički kontrahuje (pozicija se zadržava od 7 do 15 sekundi), zatim se relaksira (od 2 do 3 sekunde) te na kraju aktivira antagonistički mišić kako bi se pomerio u veći položaj istezanja. Pauza između ponavljanja je 20 sekundi. Iako se tri do pet ponavljanja smatra optimalnim za primenu ove *PNF* tehnike, treba napomenuti da organizacija *HFLTA (Health For Life Training Advisor)* preporučuje **samo jedno ponavljanje po mišićnoj regiji**, jer su određena istraživanja pokazala da su jednaki efekti sa jednim i sa tri do pet ponavljanja.

Što se tiče **distribucije treninga** sa primenom *PNF* istezanja, istraživanja pokazuju da bi trebalo proći **oko 36 sati pre ponovnog istezanja** iste mišićne grupe (Gidu i sar. 2013). Preporučuje se i da se ***PNF izvodi u zasebnom treningu za razvoj fleksibilnosti***. Ako uslovi to ne dopuštaju, najbolje ga je izvoditi **u završnom delu treninga** (Gidu i sar. 2013). Tehniku kontrakcija relaksacija sportista može izvoditi samostalno, ali i uz pomoć asistenta. *PNF* istezanje se ne **preporučuje deci u razvoju** zbog velikog rizika od povređivanja kao posledice nekontrolisanih kontrakcija mišića.

Opšte smernice za *PNF* istezanje:

- *PNF* istezanju mora prethoditi 10-15 minuta umerenog zagrevanja;
- Izbegavati *PNF* pre vežbanja. Umesto toga odabrati dinamičko istezanje i vežbe za mobilnost;
- Izvoditi samo jedno istezanje po mišićnoj grupi po *PNF* sesiji;
- Izvoditi barem dve serije svakog istezanja za odabranu mišićnu grupu;
- Držati svako istezanje od 10 do 30 sekundi nakon početne kontrakcije;
- Razdvojiti *PNF* rutine istezanja sa najmanje 48-časovnim periodom oporavka.

8.1. Praktični primeri vežbi

Slede primeri vežbi koje favorizuju PI metod (progresivno intermizentni), podvarijantu *PNF* metoda, i Contact Relax tehniku PNF-a, do koje dolazimo kada se nakon faze relaksacije kontrahuje antagonistički mišić kako bi se pomerio u veći položaj istežanja.

1. Istežanje mišića zadnje strane natkolenice pruženim kolenom - m. biceps femoris (slika 10)

Sportista koji se isteže leži leđima na tlu s jednom nogom opruženom u produžetku tela dok je druga pružena uvis. Partner koji ga isteže stavlja sportistino stopalo na svoje rame, zatim stavlja desnu ruku malo iznad kolena da spreči eventualno grčenje kolena. Tako pasivno isteže zadnju ložu, nakon toga isti se mišić izometrijski kontrahuje (sportista petom gura rame partnera prema dole i nazad). Zatim sledi relaksacija pa ponovo pasivno istežanje, ali sa većom amplitudom nego na početku.



Slika 10. Istežanje mišića zadnje strane natkolenice pruženim kolenom



Slika 11. Istežanje mišića zadnje strane natkolenice zgrčenim kolenom

2. Istežanje mišića zadnje strane natkolenice zgrčenim kolenom - m. biceps femoris (slika 11)

Sportista koji se isteže leži na leđima, leva noga je opružena u produžetku tela, a desno koleno je savijeno i podignuto. Partner koji ga isteže stavlja desno stopalo na svoje rame, levom rukom pridržava nogu, a desnom se pridržava. Sledi pasivno istežanje zadnje lože, nakon toga se isti mišić izometrijski kontrahuje. Zatim sledi relaksacija, pa ponovno pasivno istežanje, ali sa većom amplitudom nego na početku.

3. Istezanje mišića unutrašnje strane natkolenice ležeći (slika 12)

Sportista koji se isteže leži na leđima sa zgrčenim kolenima i spojenim stopalima. Partner istovremeno sa obe ruke postavljene na kolena vrši pritisak tj. pasivno ga isteže, nakon čega sledi izometrička kontrakcija (sportista pokušava spojiti kolena – kontrakcija kratkih aduktora). Relaksacija je sledeća faza nakon koje sledi ponovno pasivno istezanje.



Slika 12. Istezanje mišića unutrašnje strane natkolenice ležeći

4. Istezanje mišića unutrašnje strane natkolenice sedeći (slika 13)

Vežba je ista kao prethodna samo što se radi u sedećem položaju.



Slika 13. Istezanje mišića unutrašnje strane natkolenice sedeći

5. Istezanje mišića unutrašnje strane natkolenice ležeći opruženim nogama (slika 14)

Sportista leži na leđima sa nogama podignutim od podloge i raširenim. Partner vrši pritisak prema dole sa obe ruke postavljene s unutrašnje strane nogu. Nakon pasivnog istežanja sledi izometrijska kontrakcija (sportista pokušava da spoji noge – kontrakcijom mišića, a partner mu pruža otpor). Sledeća je relaksacija, a nakon nje sledi ponovno pasivno istežanje.



Slika 14. Istežanje mišića unutrašnje strane natkolenice ležeći opruženim nogama

6. Istezanje mišića zadnje strane potkolenice ležeći - m. triceps surae (slika 15)

Sportista leži na leđima sa jednom nogom u produžetku tela dok se druga nalazi pod uglom od oko 90 stepeni u odnosu na telo. Partner pasivno isteže m. triceps surae (pritiska prste stopala prema dole). Sledeća faza je izometrijska kontrakcija m. tricepsa surae (sportista pokušava da ispruži prste stopala, partner mu pruža otpor). Nakon nje sledi relaksacija, te ponovno pasivno istežanje.



Slika 15. Istežanje mišića zadnje strane potkolenice ležeći

7. Istezanje mišića zadnje strane potkolenice sedeći – m. triceps surae (slika 16)

Sportista sedi na tlu sa obmotanim peškirom oko prednjeg dela stopala i rukama povlači peškir unazad, odnosno pasivno isteže m. triceps surae (sportista gura prste prema sebi). Sledeća faza je izometrijska kontrakcija m. tricepsa surae (sportista pokušava da ispruži prste stopala, pomoću povlačenja peškira sam sebi pruža otpor). Nakon toga sledi relaksacija, te ponovno pasivno istezanje.



Slika 16. Istezanje mišića zadnje strane potkolenice sedeći

8. Istezanje mišića prednje strane natkolenice (slika 17)

Sportista leži grudima okrenutim prema podlozi sa jednom nogom opruženom, a druga je savijena. Partner podiže koleno savijene noge od tla i savija potkolenicu prema mišićima gluteusa te time pasivno isteže mišić kvadriceps. Sledeća je faza u kojoj sportista pokušava da ispruži potkolenicu tj. izometrijski kontrahovati kvadriceps. Nakon nje sledi relaksacija, a onda se ponovo vrši pasivno istezanje mišića kvadricepsa.



Slika 17. Istezanje mišića prednje strane natkolenice

9. Istezanje velikog mišića gluteusa - m. gluteus maximus (slika 18)

Sportista leži na leđima, jedna noga mu je savijena pod uglom od oko 90 stepeni u zglobu kuka i zglobu kolena. Druga noga je savijena u zglobu kuka i zglobu kolena samo je rotirana prema unutra tako da se njeno stopalo nalazi na kolenu druge noge. Partner pasivno isteže mišić gluteusa (gurajući prethodno opisanu poziciju prema telu). Nakon pasivnog istezanja sledi izometrijska kontrakcija velikog mišića gluteusa (sportista gura prethodno opisanu poziciju od tela, a partner čini otpor). Sledeća faza je relaksacija, a nakon nje sledi ponovno pasivno istezanje.



Slika 18. Istezanje velikog mišića gluteusa



Slika 19. Istezanje trbušnih mišića

10. Istezanje trbušnih mišića (slika 19)

Sportista iz klečećeg položaja, s pruženim rukama sa palicom izvodi zaklon uz pomoć partnera, te time pasivno isteže trbušne mišiće. Sledi izometrijska kontrakcija trbušnih mišića (sportista izvodi pretklon – kontrakciju dok mu partner pruža otpor pokretom unazad). Nakon kontrakcije sledi relaksacija, pa ponovno pasivno istezanje.

11. Istezanje grudnih mišića (slika 20)

Sportista sedi u „turskom sedu“ sa obe ruke podignute i savijene tako da se spajaju iza glave na potiljku. Partner stoji iza sportiste i sa obe ruke postavljene na laktove vrši pasivno istezanje grudi. Nakon pasivnog istezanja sledi izometrijska kontrakcija (sportista pokušava spojiti laktove). Zatim sledi relaksacija, a nakon nje ponovno pasivno istezanje istog mišića.



Slika 20. Istezanje grudnih mišića



Slika 21. Istezanje mišića zadnje strane nadlaktice

12. Istezanje mišića zadnje strane nadlaktice - m. triceps brachii (slika 21)

Sportista sedi u „turskom sedu“ sa jednom rukom podignutom i savijenom iza leđa, dok je drugom oslonjen na podlogu. Partner koji isteže stoji iza sportiste, jednu ruku postavlja na lakat sportiste, a drugom hvata zglob šake te pasivno isteže mišić m. triceps brachii. Nakon pasivnog istezanja sledi izometrijska kontrakcija (sportista pokušava ispraviti podlakticu, a partner mu pruža otpor). Zatim sledi relaksacija, a nakon nje ponovno pasivno istezanje.

9. ZAKLJUČAK

PNF metod kombinuje različite tehnike, uključujući izometrijske kontrakcije, statičko istežanje, i druge, kako bi se unapredila fleksibilnost, jačina, balans mišića i stabilnost zglobova. U ranijem periodu to je bila oblast delovanja lekara i fizioterapeuta, a danas značajno sredstvo u sportu kod preventive i poboljšanja motoričkih sposobnosti koje sve više koriste treneri i stručnjaci u sportu. *PNF* metoda ima široku primenu u treningu, rehabilitaciji, i očuvanju funkcionalnosti tela. Osim što poboljšava fleksibilnost, ona pruža niz koristi za opšte zdravlje mišićno-skeletnog sistema i doprinosi poboljšanju sportskih performansi i prevenciji povreda. Važno je naglasiti da pravilno razumevanje i primena *PNF* tehnike zahtevaju odgovarajuće obučene stručnjake, kao što su fizioterapeuti ili treneri. Bez adekvatnog vođstva, postoji rizik od povreda ili pogrešne primene tehnika. Samo pravilno izvođenje *PNF* tehnike može dovesti do željenih rezultata.

Buduća istraživanja igraju ključnu ulogu u približavanju *PNF* metode praksi, kako bi se nove informacije maksimalno iskoristile i unapredila primena u praksi. Svi dostupni dokazi o uticaju *PNF* metode na smanjenje povreda i poboljšanje motoričkih sposobnosti pružaju dodatnu motivaciju i podsticaj za dalja istraživanja i primenu ove metode. Perspektiva za *PNF* leži u kontinuiranom razvoju metode i njenom većem doprinosu u sportu i rehabilitaciji. To bi, na kraju krajeva, moglo imati pozitivan uticaj na sportske rezultate, uključujući i najviša sportska dostignuća.

10. LITERATURA

1. Alter, M., J. (2004). *Science of Flexibility*. USA: Human Kinetics
2. Fernandez-Fernandez, J., Ellenbecker, T., Sanz-Rivas, D., Ulbricht, A., Ferrautia, L. (2013). *Effects of A 6-Week Junior Tennis Conditioning Program on Service Velocity*, J Sports Sci Med, 12(2): 232–239.
3. Gidu, D. V., Ene-Voiculescu C., Straton A., Oltean A., Cazan F., Duta D. (2013). *The PNF (proprioceptive neuromuscular facilitation) stretching technique – a brief review*. Romania: Ovidius University Annals, Series Physical Education and Sport / Science, movement and health Vol. XIII, ISSUE 2 supplement, 13 (2): 623-628.
4. Hindle K.B., Whitcomb T.J., Briggs W. O. and Hong J. (2012). *Proprioceptive Neuromuscular Facilitation (PNF): Its Mechanisms and Effects on Range of Motion and Muscular Function*. Journal of Human Kinetics volume, Section II- Exercise Physiology & Sports Medicine: 105-113.
5. Klein, D., Stone, W., Phillips, W., Gangi, J., Hartman, S. (2002), *PNF training and physical function in assisted-living older adults*. Journal of Aging and Physical Activity, 10(4), 476-488
6. Pajić, Z. (2008). *Fleksibilnost fudbalera*. (diplomski rad). Univerzitet u Beogradu, Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja.
7. Pajić, Z. (2022). *Agilnost u sportu*. Univerzitet u Beogradu, Fakultet sporta I fizičkog vaspitanja, Beograd: Birograf.
8. Sharman M.J, Cresswell A.G. and Riek S. (2006). *Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Stretching Mechanisms and Clinical Implications*. Sports Med, 36 (11): 929-939.
9. <https://en.wikipedia.org/wiki/Stretching>
10. http://en.wikipedia.org/wiki/PNF_stretching