

UNIVERZA V LJUBLJANI
FAKULTETA ZA ŠPORT
Kineziologija

**PRIMERJAVA PRIRASTKA MIŠIČNE SILE MED RAZLIČNIMI
PROTOKOLI VADBE ZA MOČ**

DIPLOMSKO DELO

MENTOR:
doc. dr. Primož Pori
RECENZENT:
doc. dr. Igor Štirn

Avtor dela:
JAN PIŠOTEK

Ljubljana, 2014

ZAHVALA

Ob izdaji diplomskega dela se zahvaljujem izvrstnemu mentorju, doc. dr. Primožu Poriju za vso posredovano znanje tekom študija in strokovno pomoč ter koristne nasvete ob izdelavi diplomskega dela.

Za zelo sproščen, a hkrati strokoven odnos med študijem in ne nazadnje konstruktivno kritiko te diplome hvala tudi recenzentu doc. dr. Igorju Štirnu.

Najgloblje pa bi se rad zahvalil svojim staršema, brez katerih bi bilo končanje študija praktično nemogoče. Hvala, ker sta, ker mi in ker mi bosta še naprej stala ob strani ter me tako predano podpirala pri mojih življenjskih ciljih. Brez vaju te diplome ne bi bilo. Hvala vama!

Ključne besede: vadba za moč, primerjava metod vabe za moč, prirastek mišične sile, 1RM, mišično krčenje

PRIMERJAVA PRIRASTKA MIŠIČNE SILE MED RAZLIČNIMI PROTOKOLI VADBE ZA MOČ

IZVLEČEK

Namen diplomskega dela je predstaviti moč kot nadpomenko mišični sili in razložiti mehanizme, ki nanjo vplivajo. V uvodu diplomsko delo predstavi klasifikacijo in definicijo moči, osnove mišičnega krčenja, strukturo mišice in dejavnike, ki vplivajo na krčenje oz. produkcijo mišične sile.

V jedru je predstavljenih sedem glavnih parametrov krepitve mišične sile in sicer: teža bremen, število ponovitev in serij, čas odmora med serijami, tip kontrakcije, hitrost kontrakcije, izbor vaj in pogostost vadbenih enot. Opisan je tudi njihov pomen na vadbo za moč in vpliv na prirastek mišične sile. Na podlagi pregledanih raziskav so podani povzetki prirastka mišične sile ob različnih protokolih vadbe za moč. Podatki so kvalitativno in kvantitativno interpretirani.

Po pregledu literature diplomsko delo povzame smernice, ki v splošni praksi kažejo največji prirastek mišične sile. Teža bremen v veliki meri vpliva na več različnih pojavnih tipov moči. V glavnem poznamo dva dejavnika, ki vplivata na prirast mišične sile - prečni presek mišice in aktivacija mišičnih vlaken. Trenažni protokol za prirast mišične mase naj bi zajemal 8 - 12 ponovitev, z vmesnimi 60 - 90-sekundnimi odmori ter bremena 60 - 80% 1RM. Trenažni protokol aktivacije pa naj bi zajemal do 8 ponovitev, z vmesnimi odmori do 300 sekund ter bremena nad 90% 1RM. Samo mišično krčenje naj zajema tako koncentrične kot tudi ekscentrične akcije. V kolikor ekscentrično krčenje ni faktor tveganja za poškodbo je pokazan večji prirastek mišične sile med zaustavljanji bremena velikih sil, kot dviganjem manjših sil. Ekscentrično mišično krčenje naj bi bilo tako za največji učinek izvedeno v kontroliranem tempu 2 - 4 sekund, koncentrično pa z najvišjimi hitrostmi oz. eksplozivno. Izbor vaj naj bo primeren znanju vadečega, predvsem pa naj zagotavlja specifično dražljaja v skladu s trenažnimi cilji. Zaključeno je, da je poleg vseh smernic velik faktor uspešnosti tudi konsistentnost vadbe, kjer naj bi začetniki vadili 2 - 3-krat tedensko, medtem ko bolje trenirani celo vsak dan.

V sklepu je izražen dvom o ustreznosti oz. enakosti učinka istih vadbenih enot za vse starostne skupine in stanja treniranosti ter podan predlog o individualnem prilagajanju metod glede na specifično športa in športnika. Zaključeno je, da je na tem področju potrebno opraviti še veliko raziskav, zlasti z vidika ciklizacije oz. pomena smiselnega sosledja različnih vadbenih metod skozi daljšo časovno enoto.

Key words: resistance training, comparison of strength training modalities, changes in power output, 1RM, muscle contraction

COMPARISON OF SEVERAL RESISTANCE TRAINING METHODS TO INCREMENT OF MUSCLE FORCE OUTPUT

ABSTRACT

The aim of this thesis is to represent strength as being superior to muscle force and evaluate mechanisms that affect it. The thesis initially presents classification and definition of strength, basic principles of muscle contraction, muscle structure and factors that affect on muscle contractions and muscle force production.

Thesis presents seven important parameters of resistance training: training load, number of repetitions and sets, rest period, contraction type, contraction speed, exercise selection and training session's frequency. It also describes the importance of these factors in relevance to resistance training and their influence with increment of muscle force. Based on evaluated studies some baselines of practical application are interpreted.

As the essence of the thesis practical application guidelines for the resistance training have been formed. Training load in great extent impacts at many different strength manifestations. Muscle force roughly consists of two factors - muscle cross-sectional area and activation of muscle fibers. Training regimen to increase muscle mass should cover 8 - 12 repetitions, with 60 - 90-second rest intervals in between, with 60 - 80% 1RM. Muscle activation training is being recommended to contain of 6 or less repetitions, with up to 300-second intermediate rest intervals and training loads greater than 90% 1RM. Muscle contraction itself should include concentric and eccentric muscle actions. If eccentric contraction does not present risk for injury, it is shown to attribute to a greater extend in power output in oppose of concentric contractions. Eccentric contraction should be therefore performed with 2 - 4 second controlled tempo, while concentric movement needs to be explosive or contracted as fast as possible. Exercise selection should be adjusted to one's knowledge of proper form and should especially provide an adequate stimulus matching our objective. It is concluded that beside all recommendations, consistency also greatly contributes to effectiveness of resistance training. Therefore beginners should perform 2 - 3 sessions a week, while well-trained individuals even every day of the week.

In conclusion there is a concern about appropriate training modalities for different groups of age and physical condition. Therefore each method should be individually adjusted to one's training capability and specification of sport. It should be noted that there is a lot more research to be done, especially in terms of periodization and structural role of long-term training regimen.

KAZALO VSEBINE

1. UVOD	8
1.1 Moč kot osnovna gibalna sposobnost.....	8
1.2 Delitve moči.....	8
1.2.1 Eksplozivna moč	9
1.2.2 Repetitivna moč	9
1.2.3 Statična moč.....	9
1.2.4 Največja moč	9
1.3 Mehanizem mišičnega krčenja	10
1.3.1 Medmišična koordinacija	11
1.3.2 Motorična ploščica	11
1.3.3 Znotrajmišična koordinacija	11
1.3.4 Tipi mišičnih kontrakcij.....	12
1.4 Struktura mišice.....	12
1.4.1 Tipi mišičnih vlaken	13
1.5 Energetski sistemi v mišici.....	14
1.6 Utrujenost	15
1.6.1 Centralna mišična utrujenost	16
1.6.2 Periferna mišična utrujenost.....	16
1.7 Morfološke prilagoditve na trening za moč	16
1.7.1 Hipertrofija	17
1.7.2 Hiperplazija.....	17
1.8 Nevrološke prilagoditve na trening za moč.....	17
1.9 Metode vadbe za moč.....	17
1.9.1 Breme in volumen	18
1.9.2 Čas odmora med serijami.....	18
1.9.3 Tip kontrakcije	18
1.9.4 Hitrost kontrakcije.....	18
1.9.5 Pogostost vadbenih enot	18
1.10 Ciklizacija	19
1.11 Protokoli vadbe za moč	19
1.11.1 Metode maksimalnih mišičnih naprezanj	20
1.11.2 Metode ponovljenih submaksimalnih mišičnih naprezanj	21
1.11.3 Metode vzdržljivosti v moči	21
1.11.4 Reaktivne metode	22

1.12 Namen diplomskega dela	22
1.13 Cilji	23
2. JEDRO	24
2.1 Teža bremen	24
2.2 Število ponovitev in serij	27
2.3 Čas odmora med serijami	29
2.4 Tip kontrakcije	32
2.5 Hitrost kontrakcije	34
2.6 Pogostost vadbenih enot	37
3. SKLEP	39
3.1 Teža bremen	39
3.2 Število ponovitev in serij	40
3.3 Čas odmora med serijami	40
3.4 Tip kontrakcije	41
3.5 Hitrost kontrakcije	41
3.6 Pogostost vadbenih enot	41
4. VIRI	43

KAZALO SLIK

Slika 1	10
Slika 2	13
Slika 3	15
Slika 4	25
Slika 5	28
Slika 6	31
Slika 7	33
Slika 8	34
Slika 9	38
Slika 10	38

KAZALO TABEL

Tabela 1 20
Tabela 2 21
Tabela 3 22
Tabela 4 22
Tabela 5 26
Tabela 6 26
Tabela 7 26

1. UVOD

Mišična sila je pomemben faktor uspešnosti v veliki večini športov. V določenih športnih je posameznikova mišična sila celo poglavitna za doseg rezultata boljšega od nasprotnika, medtem ko je v določenih samo delček odličnosti, ki jo športnik potrebuje za uspeh v svoji panogi. Mišično silo (force) definiramo kot sposobnost mišice, da opravi delo. Mišična jakost (strength) je sposobnost mišice, da razvije maksimalno silo. Mišična moč (power) pa je hitrost opravljenega dela (Strojnik, 1997).

Rezultat nedvomno izhaja iz obvladovanja tehnike določene športne prvine, vseeno pa je za doseganje neke optimalne tehnike pri različnih športih potreben različen produkt različno velikih deležev gibalnih sposobnosti. Moč kot nadpomenka mišični sili namreč poleg gibljivosti, koordinacije, hitrosti, ravnotežja in preciznosti spada med osnovne gibalne sposobnosti.

1.1 Moč kot osnovna gibalna sposobnost

Termin gibalne oziroma motorične sposobnosti natančno opredeljuje podsistem, odgovoren za gibalno izraznost človeka. Stopnja razvitosti motoričnih sposobnosti je pri različnih ljudeh na različnih ravneh, kar v največji meri povzroča individualne razlike v gibalni učinkovitosti posameznikov. Le-ti niso sposobni na enak način izvesti zastavljenih gibalnih nalog in se med seboj, glede na uspešnost njihove izvedbe, tudi razlikujejo. Gibalne sposobnosti se zato obravnavajo kot skupek notranjih dejavnikov človeka, ki so odgovorni za razlike v gibalni učinkovitosti. Gibalne sposobnosti so tako kot druge sposobnosti po eni strani prirojene v obliki talenta, po drugi strani pa so pridobljene. To pomeni, da je človeku že z rojstvom dana stopnja, do katere se bodo sposobnosti lahko razvile ob normalni rasti in razvoju. Z rojstvom določeno temeljno stopnjo razvitosti gibalnih sposobnosti pa lahko vsak posameznik preseže z ustrežno gibalno aktivnostjo oz. treningom. Na podlagi preučevanja enojajčnih dvojčkov je bilo ugotovljeno, da ima moč relativno nizek koeficient prirojenosti - $h^2=0,50$ (Pistotnik, 2003).

Pistotnik (2003) pri tem poudarja, da je moč v glavnem odvisna od štirih dejavnikov. Ti dejavniki so ključni pri uspešnem načrtovanju vadbe za moč. Gre za morfološke značilnosti telesa, funkcionalne sposobnosti, psihične značilnosti in biološke dednosti. Glede na te pa moč deli v tri pojavne oblike in sicer na eksplozivno, repetitivno in statično moč.

1.2 Delitve moči

Moč (Ušaj, 1996) lahko razdelimo na več načinov. Drugi način deli moč glede na vidik deleža aktivne mišične mase (splošna in lokalna), vidik tipa mišičnega krčenja (statična in dinamična) in vidik silovitosti (maksimalna, hitra in vzdržljivostna).

Strojnik moč deli na manifestno in latentno. Manifestna moč je tista oblika moči, ki se vidi navzven. Vsebuje pojavne oblike moči, kot so odzivna, sprinterska, metalna, suvalna in

udarna. Latentna oblika moči je funkcionalne narave in ni vidna navzven, deli se pa na topološko in akcijsko obliko.

Na osnovi topološkega kriterija se deli na: moč rok, moč trupa in moč nog. Na osnovi akcijskega kriterija, oz. z vidika akcije mišičnega krčenja, pa se deli na: maksimalno moč, hitro moč in vzdržljivost v moči. Izmed teh treh sposobnosti je maksimalna moč najpomembnejša, saj pozitivno vpliva tako na hitro moč kot na vzdržljivost v moči, zato bo povečanje maksimalne moči hkrati vplivalo tudi na izboljšanje drugih dveh pojavnih oblik (Strojnik, 1997).

1.2.1 Eksplozivna moč

Eksplozivna moč je kombinacija dveh osnovnih gibalnih sposobnosti in sicer moči ter hitrosti. Skozi kombinacijo obeh gibalnih sposobnosti skušamo razviti maksimalno silo v čim krajšem času (Bompa & Carrera, 2005) tako, da aktiviramo maksimalno število motoričnih enot v čim krajši časovni enoti in premagamo breme s kar največjim pospeškom (Ušaj, 1996). Na primer; skoki, meti, hitri gibi itd. (Pistotnik, 2003).

1.2.2 Repetitivna moč

Repetitivna moč je sposobnost opravljanja dolgotrajnega mišičnega dela na osnovi izmenične kontrakcije in relaksacije mišice. Na primer; kolesarjenje, tek, plavanje itd. Ušaj (1996) je to obliko moči označil kot vzdržljivost v moči, ki se kaže kot dalj časa trajajoče premagovanje submaksimalnih bremen in obremenitev.

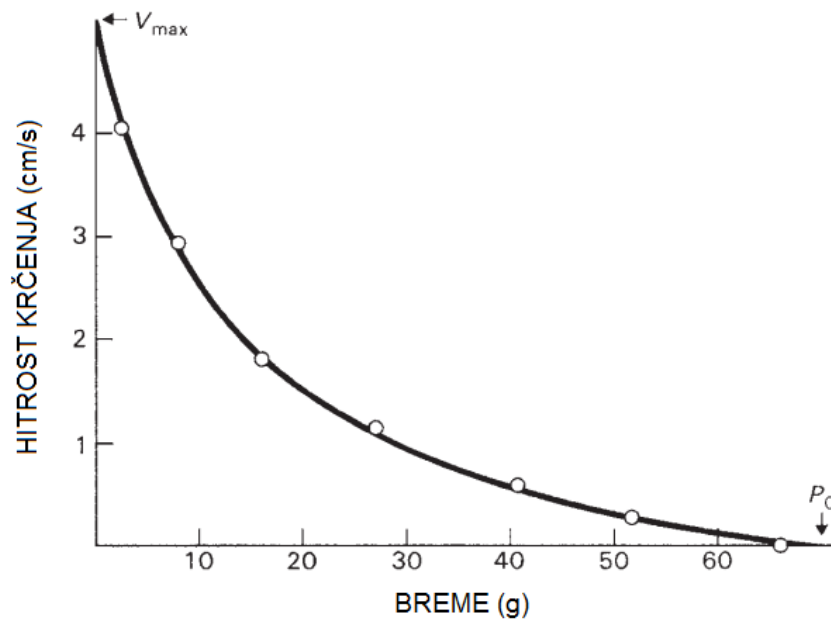
1.2.3 Statična moč

Statična moč je sposobnost dolgotrajnega izometričnega mišičnega napenjanja. Na primer; vesa v zgibi, rokoborba itd. Sila mišic se upira zunanjim silam in tako se vzpostavi ravnotežje sil. S statično močjo se telo obdrži v določenem položaju (Pistotnik, 2003).

1.2.4 Največja moč

Največja moč se kaže kot premagovanje največjih bremen in obremenitev ali kot delovanje z največjo silo (Ušaj, 1996). Je torej največja sila, ki jo lahko razvije mišica. Pri največjih silah se navadno ne razvije tudi največja hitrost, saj se sila zmanjšuje z višanjem hitrosti giba, kot kaže slika 1, ki prikazuje Hillovo krivuljo, ki ponazarja odvisnost hitrosti krčenja od bremena.

Pri različnih športih športnik potrebuje različne tipe moči za izvajanje specifičnega gibanja vezanega na športno panogo.



Slika 1: Graf prikazuje razmerje med največjo silo in hitrostjo krajšanja mišice, t.i. Hillova krivulja (povzeto po Komi, 2003).

Pri športnih, kjer se premikajo velika bremena je mišična sila omejitveni dejavnik športne zmogljivosti. Kot primer bi lahko navedli olimpijsko dvigovanje uteži, met kopija, suvanje krogle in druge športe.

Pri športih, kjer je potrebno premagovati relativno velike obremenitve v relativno kratkem času igra mišična sila zelo pomembno vlogo. Kot primer bi lahko navedli sprint na 100 metrov, skok v daljino, judo in druge športe.

Pri športih, kjer je potrebno premagovati relativno majhne obremenitve skozi relativno dolgo časovno obdobje je mišična sila celo v podrejenem položaju vzdržljivosti. Kot primer bi lahko navedli triatlon, namizni tenis, tek na dolge proge (maraton) in druge športe.

Pri športih, kjer pa je potrebno izvajati gibanje vezano predvsem na natančnost pa mišična sila ni poglavitni faktor treninga. Kot primer bi lahko navedli kegljanje na ledu, streljanje, jadralno padalstvo in druge športe.

1.3 Mehanizem mišičnega krčenja

Mišično krčenje je v grobem drsenje tankih aktinskih nitk med debelejšimi miozinskimi, pri čemer dolžina nitk ostaja nespremenjena. Pri kontrakciji se aktinska nitka pomika v smeri proti M-liniji in tako krajša dolžino najmanjše funkcionalne enote mišice - sarkomere (Lasan, 2005). Mišica je tako organ, ki zmore kemično energijo uskladiščeno v različnih gorivih pretvoriti v mehansko delo. Mišica zmore to zaradi svoje zgradbe in položaja, ki je tipičen: skeletne mišice so preko ligamentov vpete na najmanj dve različni kosti, ki sta med seboj gibljivi v sklepu. Ob krčenju mišice kosti spremenita svoj položaj in pride do premikanja. Ob vsakem sklepu potekata vedno dve mišici oz. mišični skupini. Ena na eni strani, kjer prihaja do medsebojnega približevanja obeh kosti, druga pa na nasprotni strani in skrbi za odmikanje

teh istih kosti. Delovanje obeh mišičnih skupin je uravnavano s pomočjo živčnega sistema. Mišico, ki premaguje napor in se koncentrično krči imenujemo agonist, mišico ki pa se sprošča oz. razteguje pa antagonist. Sinergisti imenujemo mišice oz. skupino mišic, ki aktivno sodeluje z agonistom pri njegovem gibu, stabilizatorji pa so mišice oz. skupina mišic, ki stabilizirajo nek sklep, da se gibanje lažje izvede v drugem sklepu. Koordinacijo njihovega medsebojnega delovanja imenujemo medmišična koordinacija (Ušaj, 1996).

1.3.1 Medmišična koordinacija

Cilj medmišične koordinacije je (a) čim bolj učinkovito zaporedje s katerim se določene mišice vključujejo v mišično verigo, ki premaguje napor, (b) čim večja uspešnost s katero se hkrati sproščajo antagonisti in (c) čim večja sinhronost sinergistov ter stabilizatorjev gibanja (Ušaj, 1996). Živčni sistem mora torej dobro skrbeti, da so čim bolj aktivirane mišice, ki so agonisti giba ter jih v čim večji meri podpreti s sinergisti in stabilizatorji, hkrati pa čim bolj sprostiti antagoniste, ki bi ovirali gibanje oz. predstavljali dodaten upor aktivnim agonistom.

1.3.2 Motorična ploščica

Ker pa je mišica sestavljena iz več snopov mišičnih vlaken, je za njeno učinkovito kontrakcijo potrebna sinhrona aktivacija posameznih motoričnih enot. Motorična enota je snop mišičnih vlaken (15 - 1900) povezanih z enim motoričnim nevronom oz. živcem. Motorični nevron je lociran približno na sredini motorične enote, njegovo mesto stika z mišičnim vlaknom pa imenujemo motorična ploščica (Komi, 2003). Motorična ploščica tako predstavlja stik mišice s sinapso oz. živčnimi končiči motoričnega živca. Sproženje mišičnega krčenja pripisujemo živčnemu dražljaju, ki prihaja po motoričnem živcu v motorično ploščico. Tu se iz končičev živčnega vlakna ob vzdraženju sprosti primerna količina snovi acetilholina (živčni prenašalec oz. nevrottransmitter), ki na kemični način prenese »živčni dražljaj« skozi režo do membrane mišičnega vlakna. Značilnosti krčenja so odvisne od temperature, začetne dolžine sarkomer in frekvenca akcijskih živčnih dražljajev (Ušaj, 1996).

1.3.3 Znotrajmišična koordinacija

Da se mišica krči učinkovito, mora biti dobro razvit model znotrajmišične koordinacije. Ta zajema rekrutacijo, frekvenčno modulacijo in sinhronizacijo motoričnih enot. Rekrutacija motoričnih enot pomeni aktivacijo vedno večjega števila motoričnih enot. Načelo velikosti je prvi dejavnik, ki odloča o vključevanju motoričnih enot. Motorične enote, ki jih oživčujejo majhni motorični nevroni, bodo vključene prve in motorične enote, ki jih oživčujejo veliki motorični nevroni, bodo vključene zadnje. Več kot je vključenih motoričnih enot, večja je sila, ki jo proizvede mišica. Pri tem velja, da se prvo vključujejo majhne, šibke motorične enote, z rastjo sile pa se vključujejo vedno večje, močnejše (Tomažin, 2001).

Frekvenčna modulacija skrbi za nivo aktivacije že vzdraženih motoričnih enot. Dražljaji namreč v mišico prihajajo preko motorične ploščice v valovih. Vsaka aktivacija motorične

enote sproži en skrček mišičnega vlakna. Pogostejši kot so ti valovi, večja je sila s katero je skrčeno mišično vlakno, saj pride do seštevanja teh skrčkov.

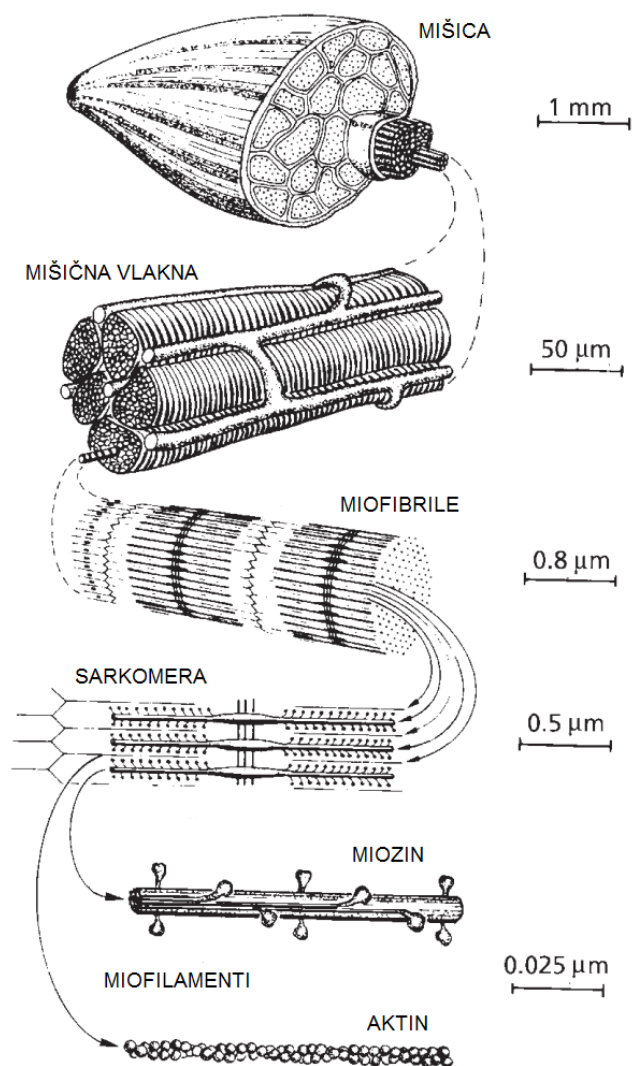
Sinhronizacija motoričnih enot pa skrbi za to, da je kar čim več motoričnih enot aktivnih ob istem času, saj s tem pride do potenciranja sil, ki jih te proizvedejo.

1.3.4 Tipi mišičnih kontrakcij

Mišica se lahko krči na različne načine. Krči se lahko ekscentrično, pri čemer se dolžina mišice povečuje, ker je zunanje breme večje od sile mišice, zato se mišični pripoji oddaljujejo med sabo. Krči se lahko izometrično, kadar je sila, ki deluje nanjo enako velika (največji) sili, ki jo razvije mišica pri isti dolžini. Pri izometričnem krčenju torej ne prihaja do premikanja mišičnih pripojev. Krči pa se lahko tudi koncentrično, kadar je sila, ki deluje na mišico manjša od (največje) sile mišice, zato se mišični pripoji približujejo med sabo. Med temi načini krčenja je sposobna premagovati različno velike absolutne sile. Najmanjšo silo je mišica sposobna razviti v koncentrični fazi. Največjo silo lahko doseže med izometričnim krčenjem, medtem ko med ekscentričnim krčenjem mišica deluje na breme z večjo silo kot jo je sposobna doseči med prvima fazama. Breme lahko tako samo upočasnuje, ne more pa ga kontrolirati.

1.4 Struktura mišice

Mišična sila je navadno navzven viden pojav večih notranjih dejavnikov, ki vplivajo nanjo. Strukturo, ki je v telesu neposredno odgovorna za produkcijo mišične sile imenujemo mišica. Mišica je tkivo, ki s krčenjem razvija silo. Mišice delimo na srčno, prečno-progaste in gladke mišice. Edini tip mišičnih vlaken, ki je pod našim vplivom so prečno-progaste skeletne mišice. Krčljiva mišična celica je sestavljena iz citosola, ki je tekočina v kateri so celični organčki. Poleg jedra, ki skrbi za delitev in pravilno delovanje celice, se v mišični celici nahajajo tudi mitohondriji, ki so glavni generator vseh vrst energije, ki se ustvarja v mišici. Golgijev aparat je struktura, kjer so shranjeni ogljikovi hidrati in lipidi, kot razpoložljiv vir energije. Celica je od zunajceličnega prostora ločena s celično membrano - sarkolemo. Vsebuje približno 75% vode, 20% krčljivih beljakovin ter 5% energetskih goriv, vitaminov in mineralov.



Slika 2: Shematski prikaz osnovnih gradnikov mišice (povzeto po Komi, 2003).

Mišica kot celota pa je sestavljena iz večih snopov mišičnih vlaken. Prečno-progasto mišično vlakno je do 80% sestavljeno iz miofibril. Miofibrile so zelo tanka vlakna (1-2 μm v premeru) zaporedno povezanih sarkomer. Sarkomere so kontraktilni elementi mišice, ki sestojijo iz nitk aktina in miozina (Komi, 2003). Krčljivi del mišice so miofibrile, obdane z mitohondriji in prečnim ter vzdolžnim tubularnim sistemom cevok. V miofibrili so tri vrste proteinov: (a) krčljivi proteini (miozin in aktin), ki neposredno sodelujejo pri mišični kontrakciji, (b) uravnavni proteini (tropomiozin, troponin), ki s kalcijem uravnavajo fazo krčenja in sprostitve in (c) strukturni proteini (protein M, alfa aktin, tinin), ki tvorijo ogrodje miofilamentov.

1.4.1 Tipi mišičnih vlaken

Parametri krčenja pa so odvisni od tega kateri tip mišičnih vlaken se bo skrčil. Hitrost in sila krčenja sta odvisna od količine miozinskih nitk in aktivnosti encima ATP-aze ter količine encimov (oksidacijski ali glikolitični) za obnovitev ATP (Lasan, 2005). Pri človeku razlikujemo tri vrste mišičnih vlaken. Tip »1«, tip »2a« in tip »2b«.

Vlakno tipa »1« je značilno po tem, da predstavlja tipično vzdržljivo, počasi krčljivo mišično vlakno, v katerem zaradi večjega števila mitohondrijev prevladujejo aerobni energijski procesi. To vlakno se težje utruje.

Vlakno tipa »2b« je značilno po tem, da v njem prevladujejo pretežno anaerobni energijski procesi, zato je hitro krčljivo toda tudi hitro utrudljivo mišično vlakno.

Vlakno tipa »2a« pa je značilno po tem, da vsebuje značilnosti obeh omenjenih tipov. Je hitreje krčljivo od vlaken tipa »1«, a hkrati pridobiva energijo iz bolj izrazito aerobnih procesov kot »2b« (Ušaj, 1996).

Vključevanje oz. rekrutacija mišičnih vlaken je ne glede na spol odvisna od velikosti bremena. Pri nizkih bremenih se prvo aktivirajo motorične enote sestavljene pretežno iz vlaken tipa »1«. Z večanjem bremena se aktivira vedno več enot vlaken tipa »2«. Trenirani posamezniki so sposobni aktivirati več motoričnih enot kot netrenirani. Najhitrejša vlakna tipa »2b« so navadno aktivirana pri refleksih in maksimalno hitrih hotenih kontrakcijah oz. velikih do največjih bremenih (Komi, 2003).

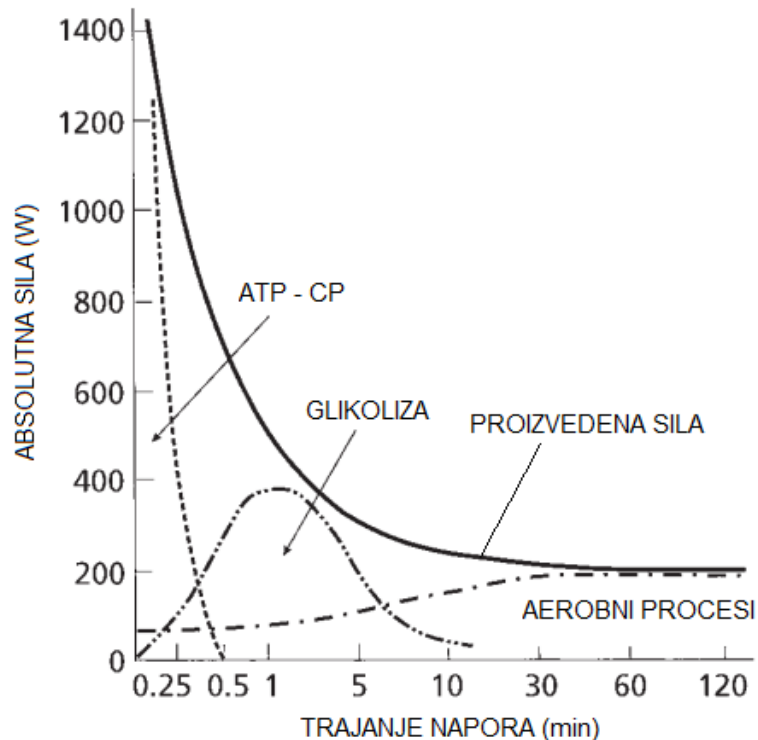
1.5 Energetski sistemi v mišici

Različni tipi mišičnih vlaken različno učinkovito izkoriščajo energijo, ki je na voljo v mišici. Energija se v telo vnese s hrano, ki se skozi prebavila razgradi do osnovnih energijskih substratov - glukoze, aminokislin ali maščobnih kislin. Ti substrati se lahko ob prisotnosti kisika v mišici naprej razgrajujejo po aerobni; ali anaerobni poti, če kisik ni prisoten. V končni fazi se morajo vedno razgraditi do molekule ATP (adenozin-trifosfat), ki je neposredna energija, primerna za uporabo v celici. Poti razgradnje so različne za vsakega izmed osnovnih substratov. V končni fazi pa vsi vstopijo v Krebsov cikel ali glikolizo.

Hitrejša pot razgradnje je glikoliza, ki za svoje delovanje ne potrebuje kisika, medtem ko je oksidacija počasnejši, a učinkovitejši proces pridobivanja energije v celici. Mišična vlakna tipa »2« so bolj prilagojena na anaerobni tip razgradnje energije, kar pomeni, da je njihovo glavno gorivo glukoza, ki pa ob svoji razgradnji kopiči stranske produkte, kateri hitro utrdijo mišico.

Vlakna tipa »1« so specializirana za aerobno razgradnjo goriv ob prisotnosti kisika, zlasti maščobe. Stranski produkt razgradnje sta dušik in voda, ki ju telo na relativno dovršen način izloča iz telesa, kar pomeni, da utrujenost nastopi kasneje.

Pri (velikih) naporih, ki trajajo do 20 sekund je glavni vir energije ATP, ki se proizvede sproti z razgradnjo kreatinfosfata (CP). Če napor traja do 60 sekund je glavni vir energije glikoliza oz. glikogenoliza (razgradnja glikogena), ki za produkcijo energije ne rabi kisika. Telo oz. mišica se med tem močno zakisli zaradi stranskih produktov reakcij, kar hitro vodi v utrujenost. Tolikšen čas trajanja napora je signal, da hkrati prično teči tudi aerobni oz. oksidativni procesi, ki mobilizirajo energijo iz maščob. Po času približno 120 sekund mišica porabi vso energijo, ki je dosegljiva v relativno kratkem času in vsled tega anaerobna mišična vlakna tipa »2« začnejo počasi »ugašati«. To vodi v padec absolutne sile. Večino sile sedaj proizvajajo mišična vlakna tipa »1«, ki vzpostavijo stanje homeostaze in ob prisotnosti kisika proizvajajo energijo dokler ne porabijo vseh energetskih zalog. V tem času pa ne govorimo več o moči, temveč o vzdržljivosti oz. vzdržljivosti v moči.



Slika 3: Grafični prikaz absolutne sile v odvisnosti od deleža energije posameznega energetskega sistema v časovni enoti (povzeto po Komi, 2003).

1.6 Utrujenost

Po določeni količini opravljenega dela se v telesu in posledično v mišici, izrazijo omejitveni dejavniki, ki vplivajo na našo storilnost in zmanjšajo kvaliteto izvajanja neke gibalne aktivnosti. Omejitveni dejavnik so lahko krvožilje in nezadostna dobava energentov v mišico, pomanjkanje energetskih virov v telesu, nezmožnost termoregulacije, nezmožnost odstranjevanja produktov presnove itd.

»Utrujenost je vsakdanja, kompleksna in slabo pojasnjena.« Vsakdanja je zato, ker se srečujemo z njo pri vseh športnih zvrsteh in aktivnostih. Kompleksna je zato, ker je pojav utrujenosti povezan z vrsto, intenzivnostjo in časom trajanja motorične aktivnosti. Vrsta, intenzivnost in trajanje aktivnosti narekujejo fiziološke procese v človekovem organizmu, zato utrujenost ni enkraten dogodek, temveč je proces, ki lahko poteka in se odvija na različne načine. Zato utrujenost tudi slabo razumemo, ker je različnost pojavljanja privedla do številnih razlag in definicij (Tomažin, 2001).

Mehansko jo definiramo kot (a) zmanjšanje maksimalne sile, ki jo mišica lahko razvije, (b) nesposobnost nadaljnje produkcije sile in (c) nesposobnost ohranjanja zahtevane ali pričakovane sile oz. nesposobnost opravljanja dela na določeni ravni. Izhaja iz (negativne) spremembe časa in hitrosti mišične kontrakcije in relaksacije.

Fiziološki kazalci pa začnejo kazati utrujenost že dosti pred njeno mehansko manifestacijo. Mišična utrujenost je namreč posledica poslabšanja več različnih mehanizmov (motoričnih in

senzoričnih), ki so odvisni od pogojev, v katerih do utrujenosti pride, oziroma od naloge, ki jo mišica opravlja. Parametri naloge so raven subjektivne motivacije, živčna strategija (vzorec mišične aktivacije in motorične kontrole), intenzivnost in trajanje aktivnosti, vrsta in hitrost mišične kontrakcije, tip vključenih mišičnih vlaken ter časovno obdobje, v katerem se zadana naloga neprekinjeno izvaja. Glede na vzrok sta definirana dva tipa mišične utrujenosti.

1.6.1 Centralna mišična utrujenost

Centralno mišično utrujenost lahko povzročajo upad motivacije in motnje v motorični možganski skorji, širjenju živčnih impulzov po hrbtenjači ter rekrutaciji motoričnih nevronov. Posledica omenjenih motenj je zmanjšano število aktiviranih motoričnih enot in/ali zmanjšanje frekvence sproženja posamezne motorične enote (v Štirn, 2006).

1.6.2 Periferna mišična utrujenost

Periferno mišično utrujenost povzročajo motnje v potovanju akcijskih potencialov po perifernih živcih pri živčno-mišičnem prenosu preko motorične ploščice, motnje v širjenju akcijskih potencialov po mišičnem vlaknu in motnje v aktivaciji kontraktilnih mehanizmov mišičnega vlakna (Štirn, 2006).

Periferno utrujenost lahko razdelimo še na nizkofrekvenčno in visokofrekvenčno. Nizkofrekvenčna se pojavi pri nižjih obremenitvah in nastopi kot posledica zakislenosti (acidoze), kar onemogoči encimske procese obnavljanja energije. Visokofrekvenčna pa se pojavi pri velikih obremenitvah in nastopi kot oslabelost živčnega prenašalca (acetilholina), kar onemogoči širjenje akcijskega potenciala (Tomažin, 2001).

1.7 Morfološke prilagoditve na trening za moč

Prečno-progasta skeletna mišica je tkivo, ki se precej hitro in dobro odziva na spremembe v obremenitvi. Večji prečni presek mišice in spremembe v lastnostih kontraktilnih elementov mišice rezultirata v sposobnosti dviga večjega bremena. Teoretično se lahko prirast preseka mišice pojavi na račun večjih vlaken, večjemu številu vlaken in/ali zaradi povečanja količine vezivnega tkiva v mišici. V praksi se izkaže, da povečanju prečnega preseka mišice botrujejo trije procesi. Prvi je anabolni proces ali proces izgradnje, ki je potreben za sintezo novih proteinov. Drugi proces omogoča transformacijo satelitskih celic, ki zagotovijo dodatna jedra mišičnih celic. Tretji proces pa zavira katabolizem (razgradnjo) živčnih vlaken pod vplivom kortizola.

Trening moči pozitivno vpliva tudi na gostoto kosti. Težka bremena, ki pritiskajo na kosti ali povečana sila gravitacije, ki deluje ob skokih nudijo skozi pritiske na kost dovolj velik dražljaj, da se začne kostno tkivo zgoščevati. Poleg tega se poveča tudi količina goriv (glikogen, trigliceridi) v mišici. Zniža pa se tudi mišični pH pri izčrpanosti, čemur botruje izboljšana aktivnost encimov (Lasan, 2005).

1.7.1 Hipertrofija

Trening moči povzroči hipertrofijo vseh treh tipov mišičnih vlaken. Izraz hipertrofija označuje povečanje števila aktinskih in miozinskih vlaken v posamezni sarkomeri. Večja kot so vlakna, večjo silo lahko proizvedejo. Vlakna tipa »2a« so najbolj nagnjena k hipertrofiji, sledijo vlakna tipa »2b«, najnižjo nagnjenost k hipertrofiji pa kažejo vlakna tipa »1«. Vadba za moč skozi spremembe encimov (poleg rasti vlaken) spodbuja tudi transformacijo vlaken tipa »2b« v vlakna tipa »2a«. Zaradi ugodnejšega hormonskega okolja, predvsem testosterona, so moški bolj nagnjeni k hipertrofiji kot ženske (Bird, Tarpennin in Marino, 2005).

Poleg sprememb v živčevju in mišicah se spremembe pojavljajo tudi v vezivnem tkivu. Mreža vezivnega tkiva je integralni del mišice, ki raste in se spreminja skupaj z mišičnimi celicami. Delo, ki povzroči mišično hipertrofijo, poveča tudi sintezo kolagena. Spremembe v mišični arhitekturi in vmesni pripoji vezivnega tkiva sicer povečajo mišično jakost, sočasno pa zmanjšajo učinkovito dolžino mišičnih celic in s tem hitrost krajšanja in hitrost pri kateri se doseže maksimalna moč. Vsako povečanje mišične mase (hipertrofija) ali sprememba v hitrosti krčenja mišice je posledica re-modeliranja obstoječe mišične strukture. Brez razgradnje med treningom (katabolna faza) ni kasnejše gradnje mišice (anabolna faza). Za razvoj mišične moči je adaptacija veziva in živčevja pomembnejša od adaptacijskih sprememb v mišičnih celicah (Lasan, 2005).

1.7.2 Hiperplazija

Hiperplazija je prilagoditev mišice na moč v smeri povečanega števila mišičnih vlaken znotraj same mišice. Do tega naj bi prišlo s formacijo novih vlaken iz satelitskih celic. V praksi pa je ugotovljeno, da je zanemarljiv delež prirastka mišične mase pridobljen na način nastanka novih vlaken in vedno v prid prevladi hipertrofije (Komi, 2003).

1.8 Nevrološke prilagoditve na trening za moč

Prvi prirast mišične sile po začetnih treningih vadbe za moč se zgodi na podlagi živčnih prilagoditev mišice oz. živčevja. Izboljšata se medmišična in znotrajmišična koordinacija. Pride do boljše aktivacije agonistov skozi rekrutacijo, frekvenčno modulacijo in sinhronizacijo motoričnih enot. Poveča se inhibicija oz. zaviranje delovanja antagonistov, in hkratna aktivacija sinergistov. Večja je tudi vzdraženost sklada motoričnih nevronov (Strojnik, 2010).

1.9 Metode vadbe za moč

Zaradi različnih potreb v športu in različnih pojavnih tipov moči sledi ugotovitev, da vsak šport potrebuje različne metode krepitve moči za največjo uspešnost v dani specifikki. Metode se v športni stroki precej razlikujejo, kar je glede na kompleksnost delovanja in adaptacije mišic pričakovano. Bird, Tarpennin in Marino (2005) so metode klasificirali glede na breme in volumen, čas odmora med serijami, tip kontrakcije, hitrost kontrakcije, izbor vaj in pogostost vadbenih enot.

1.9.1 Breme in volumen

Spreminjanje trenažnih bremen in volumna vpliva tako na hormonski in nevronske kot tudi na hipertrofični odziv mišice. Po mnenju nekaterih raziskovalcev je ravno prepletanje bremena in volumna tisti faktor, ki ključno vpliva na optimalne hormonske (Gotshalk, Loebel, in Nindl, 1997 in Raastad, Bjoro in Hallen, 2000), nevronske (Ahtiainen, Pakarinen, in Kraemer, 2003 in Judge, Moreau, in Burke, (2003) in strukturne (Ostrowski, Wilson in Weatherby, 1997 in Campos, Luecke in Wendeln, 2002) spremembe v mišici. Breme lahko določimo bodisi glede na maksimalno število ponovitev izvedenih s pravilno tehniko bodisi glede na odstotek največjega bremena, ki smo ga sposobni dvigniti (%1RM). Priporočeno je, da se breme poveča za 2 - 10%, ko športnik lahko dvigne dano breme enkrat ali dvakrat več od načrtovanega števila ponovitev. Volumen opisuje celotno količino dela opravljenega med eno vadbeno enoto in je izračunan kot vse ponovitve (serije x ponovitve) ali obseg obremenitev (serije x ponovitve x breme). Volumen opisujejo ponovitve v eni seriji, število serij v eni vadbeni enoti in število vadbenih enot na teden (mikrocikel).

1.9.2 Čas odmora med serijami

Čas odmora je tesno odvisen od izbire bremena in cilja treninga. Čas odmora je primarni faktor intenzivnosti vadbene enote, saj pogojuje velikost dvignjenega bremena. Določa kolikšen del ATP se bo obnovil med serijami in kako visoka vsebnost laktata se bo nakopičila v krvi. Krajši čas odmora in relativno velik napor sprožita optimalen hormonski odziv za pridobivanje mišične mase.

1.9.3 Tip kontrakcije

Večina protokolov vključuje dinamično ponavljanje koncentričnih in ekscentričnih gibov. K temu botruje dejstvo, da breme prvo koncentrično premaknemo in nato ekscentrično kontrolirano spuščamo na svoje mesto. To je nujno v kolikor nimamo »trening partnerja«, ki bi nam pomagal izvesti le en del giba. Dokazano je, da je sproščanje testosterona največje pri koncentričnih kontrakcijah (Kraemer, Dudley in Tesch, 2001 in Durand, Castracane in Hollander, 2003).

1.9.4 Hitrost kontrakcije

Teoretični model, ki predvideva največjo napetost v mišici skozi ponavljanje kontrakcije je 2:1:4. Pomeni 2 sekundi koncentričnega, 1 sekundo izometričnega in 4 sekunde ekscentričnega dela. Skozi raziskave (Hunter, Seelhorst in Snyder, 2003) pa se je pokazalo, da hitrejša izvedba ponovitev (1:0:1) izzove večji hormonski odgovor od počasne (10:0:4).

1.9.5 Pogostost vadbenih enot

Pogostost vadbe je odvisna od prilagojenosti posameznika na vadbo, od samega cilja vadbe in od specifike vadbene enote. Za začetnike se priporoča vaba 2 - 3-krat tedensko. Pri

treniranih posameznikov številka naraste na 2 dni iste mišične skupine tedensko (Bird, Tarpenning in Marino, 2005).

1.10 Ciklizacija

Glede na to, da poznamo več tipov moči, ki so odvisne ena od druge in glede na to, da vsak tip za svoj razvoj potrebuje unikaten dražljaj je potrebno za celovit prirast mišične sile mišico podvreči različnim protokolom vadbe za moč. Kdaj, koliko in koliko časa je smotrno mišico obremenjevati z določenim protokolom pa nam narekuje ciklizacija. Ciklizacija je razvrščanje vadbenih količin v takšno zaporedje, ki omogoča najizrazitejše vadbene učinke. Izkušnje iz prakse kažejo, da je primerno zaporedje količin zelo zapleteno in danes znano le v določeni meri. Lahko definiramo tri glavne izvore cikličnosti, ki jih moramo upoštevati pri ciklizaciji v športni vadbi.

Cikličnost fizikalnih pojavov je tisto kar se v življenju človeka najmanj spreminja. Sem štejemo letne čase in izmenjavo dneva ter noči, na katere je športnik najverjetneje dobro prilagojen. Biološki cikli so že bolj spremenljivi. V zvezi s športno vadbo nanje učinkujejo obremenitve (vse vadbene količine), naponi in odmori. Enaka obremenitev lahko pri različnih športnikih izzove različne učinke, ki se lahko pojavijo v različnem času. Iz tega naslova nikoli ni mogoče čisto natančno predvideti učinka vadbe pri določenem športniku. Zadnji izvor cikličnosti, ki je ključnega pomena pa je tekmovalni koledar. Glede na to je potrebno prilagoditi trening, saj je tekmovalništvo navadno ultimativni cilj za katerega treniramo.

Na podlagi tega tekmovalno sezono oz. koledarsko leto razdelimo na več krajših obdobij oz. ciklov in jih označimo z različnimi cilji. Najobsežnejša enota je makrocikel, katerega tvori več mezociklov - 2 do 4. Makrocikel navadno sestoji iz pripravljalnega, predtekmovalnega, tekmovalnega in prehodnega obdobja.

Mezocikel je obdobje, ki navadno traja 3 do 6 tednov. V mezociklu je smotrno načrtovati spremembo športnikove sposobnosti, ker v takšnem časovnem okviru lahko namreč pričakujemo zaznavne učinke vadbe. Mezocikel pa je razdeljen na mikrocikle, ki običajno trajajo en teden. V tem tednu se določena vadba v njeni odvisnosti od intenzivnosti in količine ponovi 2 do 3-krat (Ušaj, 1996). Strojnik (2010) ugotavlja, da optimalna regeneracija med treningi moči traja okoli 72 ur. Seveda je to odvisno od samega treninga, posameznikove sposobnosti regeneracije, prehrane, spanca in trenažnega statusa športnika.

1.11 Protokoli vadbe za moč

Protokoli v osnovi delujejo na enega izmed dveh dejavnikov od katerih je odvisna mišična sila in sicer a) hipertrofijo ali b) aktivacijo mišičnih vlaken. Hipertrofija je dolgotrajnejši proces kot aktivacija mišičnih vlaken. Za razvoj mišične mase potrebujemo najmanj 12 tednov, za razvoj aktivacije pa 4 - 8 tednov (Strojnik, 2010). Prav tako se razlikuje namen metode. Metoda za izgradnjo mišične mase skuša preko katabolne faze med treningom doseči največji anabolni odgovor v stanju regeneracije, ko se mikro-travme »celijo« in s tem debelijo mišična vlakna. Večja kot so ali več kot jih je, večji je potencial mišice za razvoj

(največje) mišične sile. Pri enaki mišični masi pa so razlike v prirastku mišične sile odvisne od kontraktilnih lastnosti motoričnih enot. Da rekrutacija, frekvenčna modulacija in sinhronizacija motoričnih enot uspešno delujejo, je potrebna čim učinkovitejša stopnja aktivacije živčnega sistema. To dosežemo s treningom, ki nima tolikšnega vpliva na sama mišična vlakna, kot ga ima na motorične nevrone, ki vodijo do njih. Če je za prirastek mišične mase optimalno delo s submaksimalnimi bremenami, potem je za razvoj aktivacije mišice potrebno trenirati z maksimalnimi bremenami. Maksimalna bremena namreč rekrutirajo več motoričnih enot kot submaksimalna. Ker živčevje potrebuje več časa, da obnovi zaloge mišičnih prenašalcev, kot potrebuje mišično vlakno, da obnovi zaloge ATP so odmori pri vadbi za aktivacijo daljši. Prav tako zahtevajo manj ponovitev, ker ne ciljajo na izčrpanje živčevja, za razliko od metod za hipertrofijo, ki skušajo čim dlje delovati na mišico, da v njej zavladajo čim večja napetost, ki vodi v mikro-travme. Strojnik (2010) v nadaljevanju predlaga različne protokole vadbe za moč kot orodje za krepitev različnih pojavnih oblik moči.

1.11.1 Metode maksimalnih mišičnih napreznj

Kot pove že ime se pri teh metodah uporabljajo maksimalna in celo supramaksimalna bremena. Maksimalna bremena za največje koncentrične in izometrične kontrakcije ter supramaksimalna za največje ekscentrične kontrakcije, kjer mišica breme le zavira. Zaradi velikih bremen je tudi količina ponovitev manjša, da ne prihaja do utrujenosti v mišici. Metode delujejo predvsem na živčevje in ne rezultirajo v izgradnjo mišične mase. Prav zaradi tega vključujejo tudi relativno dolge odmori med serijami, da se v živčevju vzpostavi prvotno stanje in ne prihaja do centralne utrujenosti. Metode, ki vključujejo velika bremena spadajo med tehnično težje, saj je potrebno biti zelo skoncentriran na maksimalno izvedbo giba in dobro stabilizirati celo telo, da ne pride do poškodbe. Poleg tega je potrebno gib dobro poznati, saj ga izvajamo eksplozivno oz. z največjo možno hitrostjo.

Tabela 1: Tabela prikazuje 5 metod maksimalnih mišičnih napreznj.

	KVAZIMAX. KONT.	MAX. KON. KONT.	MAX. IZO. KONT.	MAX. EKS. KONT.	MAX. EKS. - KON. KONT.
TIP KRČENJA Koncentrično Ekscentrično Izometrično	X	X	X	X	X X
TEMPO Eksplozivno Tekoče	X	X	X	X	X
BREME (%1RM)	90	100	100	130 - 150	70 - 90
PONOVITVE	3 - 6	1	2	5	6 - 8
SERIJE	3 - 5	3 - 5	3 - 5	3 - 5	3 - 5
TRAJANJE (s)	4 - 6	4 - 6	4 - 6	4 - 6	4 - 6
ODMOR (min)	5	5	5	5	5

»KONT« = Kontrakcija, »KVAZIMAX« = Kvazimaksimalna, »MAX« = Maksimalna, »KON« = Koncentrična, »EKS« = Ekscentrična, »IZO« = Izometrična

1.11.2 Metode ponovljenih submaksimalnih mišičnih naprežanj

Že ime namiguje, da pri teh metodah premikamo bremena, ki izčrpajo mišico šele po določenem številu ponovitev. Cilj je z izračunom (in kasneje tudi v praksi) najti breme, ki postane maksimalno v zadnji ponovitvi, ki jo predvideva dana metoda. Ker je mišica sposobna kontrolirati breme skozi celoten del giba so vse ponovitve izvedene s poudarkom na koncentričnem delu in v tekočem tempu, brez sunkov. Ker je število ponovitev z relativno težkim bremenom relativno veliko, metode ciljajo na izgradnjo mišične mase. Ker je cilj mišico izčrpati, so krajši tudi odmori. Potrebno je biti skoncentriran predvsem na koncentrični del, da ga opravimo z agonisti in čim manj s sinergisti (mišica ali mišična skupina, ki sodeluje z agonisti).

Tabela 2: Tabela prikazuje 4 metode submaksimalnih mišičnih naprežanj.

	STANDARDNA METODA 1	STANDARDNA METODA 2	BODYBUILDING EKSTENZIVNO	BODYBUILDING INTENZIVNO
TIP KRČENJA Koncentrično Ekscentrično Izometrično	X	X	X	X
TEMPO Eksplozivno Tekoče	X	X	X	X
BREME (%1RM)	80	70 - 80 - 85 - 90	60 - 70	85 - 95
PONOVITVE	8 - 12	12 - 10 - 7 - 5	15 - 18	5 - 8
SERIJE	3 - 5	1. 2. 3. 4.	3 - 5	3 - 5
TRAJANJE (s)	4 - 6	4 - 6	4 - 6	4 - 6
ODMOR (min)	1 - 2	3	1 - 2	3

1.11.3 Metode vzdržljivosti v moči

Metode vzdržljivosti v moči skušajo pripraviti mišico, da bi čim večje breme lahko vzdrževala čim dlje časa. Iz tega naslova uporabljajo majhna bremena in veliko število ponovitev oz. čas trajanja serije. Prav tako so kratki odmori, da je mišica v kratki časovni enoti podvržena čim večji količini dela. Glede na specifiko športa lahko izvajamo metode ob kateremkoli tipu krčenja mišice. Osredotočimo se na mišice, ki so omejitveni dejavnik uspešnosti v naši panogi.

Tabela 3: Tabela prikazuje 2 metodi vzdržljivosti v moči.

	EKSTENZIVNA METODA	INTENZIVNA METODA
TIP KRČENJA		
Koncentrično	X	X
Ekscentrično	X	X
Izometrično	X	X
TEMPO		
Eksplozivno		
Tekoče	X	X
BREME (%1RM)	30 - 50	50 - 60
TRAJANJE (s)	30 - 60	20 - 30
SERIJE	3 - 5	3 - 5
ODMOR (S)	25 - 90	10 - 60

1.11.4 Reaktivne metode

Reaktivne metode uporabljajo ekscentrični del giba za kopičenje energije, ki jo mišica sprosti v koncentričnem delu giba. Gre za mišično togost, kjer večji del akumulacije energije prevzame tetiva. Metode se načeloma izvajajo brez bremen, dodamo jih le, če je posameznik zelo dobro treniran. Dodamo mu takšno breme, da se višina skoka povečuje ob uporabi bremena. Cilj je čim hitreje preiti iz ekscentričnega dela giba v koncentrični del, zato je izvedba giba eksplozivna. Ker so te metode zelo zahtevne za živčni sistem, je med serijami relativno dolg odmor, da ne pride do pojava centralne utrujenosti.

Tabela 4: Tabela prikazuje 4 reaktivne metode.

	POSKOKI	SKOKI	GLOBINSKI SKOKI	POSKOKI Z BREMENI
TIP KRČENJA				
Koncentrično	X	X	X	X
Ekscentrično	X	X	X	X
Izometrično				
TEMPO				
Eksplozivno	X	X	X	X
Tekoče				
BREME (%1RM)	/	/	/	ODVISNO
PONOVIŠTVE	6 - 12	6 - 10	6	6 - 8
SERIJE	3	3	3 - 5	3
ODMOR (min)	5	5	5	5

1.12 Namen diplomskega dela

Trening mišične sile je torej odvisen od specifik športa in športnika. Ravno zaradi specifik različnih športov in različnih potreb po manifestaciji moči se metode s katerimi trenerji skušajo povečati prirastek mišične sile zelo razlikujejo med sabo. Razlikujejo se tudi raziskave oz. stroka s tega področja, zopet zaradi različnih zornih kotov iz katerih gledamo na obravnavno problematiko. Na tako kompleksen pojem kot je moč se nanaša veliko

spremenljivk vezanih tako na šport kot tudi na športnika. Glede na potrebe panoge se bomo torej odločali za različno količino trenajnega volumna, ki ga bomo posvetili vadbi za moč. Glede na ta volumen bomo izbirali metode in sredstva vadbe. Tudi znotraj vadbe za moč oz. za prirast mišične sile pa obstajajo razlike.

Namen tega diplomskega dela je analizirati že obstoječe raziskave iz področja krepitve oz. večanja mišične sile. Raziskave predstavljajo moč na različne načine in ravno zaradi tega nanjo vplivajo z različnimi metodami. Metode bom razdelil po teži bremen, številu ponovitev in serij, času odmora med serijami, tipu kontrakcije, hitrosti kontrakcije, izboru vaj in pogostosti vadbenih enot. S primerjavo med različnimi faktorji bom skušal oblikovati trenajni model, ki je glede na raziskave najučinkovitejši za prirastek mišične sile.

Prirastek mišične sile je v osnovi odvisen od dveh dejavnikov (prečni presek mišice in aktivacija mišičnih vlaken), ki potrebujeta različno trajanje protokola, da se izrazita oz. okrepi. Trenajni protokoli, ki trajajo 4 - 8 tednov tako načeloma vplivajo na kvalitativno izboljšanje aktivacije mišičnih vlaken, tisti z dobo 12 tednov ali več pa na izgradnjo mišične mase in iz tega vidika na povečanje prirastka mišične sile. Prav tako potrebujemo za stimulacijo živčevja večja bremena in daljše odmore kot za izgradnjo mišične mase. Vsako raziskavo bom torej umestil bodisi med metodo, ki bolj vpliva na mišico bodisi med metodo, ki bolj vpliva na živčni sistem.

1.13 Cilji

1. Cilj: Razvrstiti protokole vadbe za moč glede na različne parametre treninga vadbe za moč.
2. Cilj: Primerjati različne protokole vadbe za moč, ki upoštevajo enak parameter.
3. Cilj: Izpostaviti prednosti in pomanjkljivosti določenega protokola.
4. Cilj: Pojasniti pomen določenega parametra treninga vadbe za moč.

2. JEDRO

2.1 Teža bremen

Teža bremen v praksi sovpada s številom ponovitev. Večje kot je breme, manj ponovitev zahteva protokol. S tem se lahko spremeni tudi energetski sistem, ki je pri dani seriji najbolj obremenjen. Kapaciteta sistemov je seveda odvisna od stanja treniranosti in specifične vaje, zato so ponovitve ter trajanja serij v določenih časovnih okvirjih.

Ko so bremena nad 90 procenti največjega bremena, ki ga lahko dvignemo (1RM = 1 repetition maximum), govorimo o maksimalnih mišičnih napreznjih. Maksimalna mišična napreznja vplivajo pretežno na živčni sistem in ne toliko na samo mišično tkivo. Predpostavimo namreč, da naredimo 1 do 7 ponovitev v intervalu 0 do 20 sekund, saj velja, da morajo biti ponovitve izvedene eksplozivno. V tem času smo porabili ATP, ki je bil na voljo v mišici in izpraznili CP sistem za hitro obnovo ATP-ja. Iz tega sledi, da produkcija velike energije v kratki časovni enoti ni več možna, zato dvigi ne morejo biti več izvedeni eksplozivno in tehnično pravilno.

Ko so bremena med 60 in 80 procenti 1RM, govorimo o submaksimalnih mišičnih napreznjih. Submaksimalna mišična napreznja vplivajo pretežno na mišico, saj zaradi razmerja med ponovitvami in bremenom povzročajo mikro-poškodbe v sarkomeri, ki zaradi tega na dolgi rok hipetrofira. Predpostavimo namreč, da naredimo 8 do 12 ponovitev v intervalu 30 do 60 sekund, saj velja, da morajo biti ponovitve kontrolirane tako v koncentrični kot tudi ekscentrični fazi. V tem času smo že sprožili proces glikolize oz. glikogenolize in s tem sprožili kopičenje laktata v mišici. Kopičenje laktata in vodikovih ionov (H^+), kot produktov presnove, mišico zakisli, kar vodi v inhibicijo (zaviranje) nadaljnje produkcije sile oz. izklapljanje motoričnih enot. Zaradi tega relativno velikega bremena ne moremo več kontrolirati.

Ko pa se bremena spustijo pod 60 procentov 1RM, pa govorimo o vzdržljivosti v moči. Vzdržljivost v moči mišico podvrže dlje časa trajajočemu stresu, kar jo stimulira, da spremeni hitra in utrudljiva mišična vlakna v počasna in vzdržljiva, ki mišico manj zakislijo. Vlakna tipa »2b« se pretežno pretvorijo v vlakna tipa »2a« ali celo v tip »1«. Poveča se tudi encimska aktivnost v mišici in obseg kapilarnega sistema, kar mišico pripravi na bolj aerobno delovanje (Benedict, 1999 in Bird idr., 2005). Predpostavimo namreč, da naredimo več kot 12 oz. 15 ponovitev v intervalu daljšem od 40 sekund. V tem času smo z večjo ventilacijo že povečali vnos kisika v telo in s tem sprožili aerobne procese v mišici, ki za gorivo aktivirajo najboljše vir energije v telesu - maščobo. Mišica skuša odstraniti čim več produktov presnove, da bi lahko v naporu vztrajala čim dlje časa.

Iz tega sledi, da za največji prirastek mišične sile ni vedno primerna le ena metoda, temveč njihovo smiselno sosledje oz. ustrezna ciklizacija. Ciklizacija pa se prilagaja stopnji treniranosti posameznika ali ciljem vadbe za moč. Vseeno pa je na isti stopnji treniranosti ena metoda navadno uspešnejša od druge.

Holm idr. (2008) so testirali 11 netreniranih moških starih okoli 25 let, s sedečim načinom življenja. V 12 tednih so izvedli 36 treningov, kar pomeni tri treninge na teden. Vsak trening so izvajali iztege kolen, z eno nogo naenkrat. Polovica je dvigala težka bremena z dominantno oz. močnejšo nogo in lahka bremena s šibkejšo nogo, polovica pa ravno obratno. Protokol dela s težkimi bremenami je obsegal 8 dvigov 70% 1RM težkega bremena v približno 25 sekundah. Protokol dela z lahkimi bremenami je obsegal 36 dvigov 15.5% 1RM težkega bremena, kjer je bila vsaka ponovitev izvedena vsako peto sekundo, kar skupno traja 180 sekund. Obojni so izvajali enak protokol, t.j. 10 serij z vsako nogo, brez odmora med menjavami nog, kar skupno traja 35 minut.

Ugotovili so, da je bil prirastek mišične sile (1RM) večji pri nogi, s katero so dvigali težko breme. Izboljšanje je sicer bilo vidno pri obeh nogah, s tem, da je noga, ki je dvigovala lahko breme dosegla 19% prirastek sile 1RM, noga, ki je dvigala težko breme pa 36%.

Prednost raziskave je, da sta obe metodi izvedeni na enem merjencu, zato rezultati niso odvisni od posameznika. Slabost pa je, da je vadba premalo intenzivna, da bi prišlo do hormonskega odziva in s tem posledično še boljših rezultatov. Poleg tega je bil protokol dela velikih bremen strnjen, medtem ko je bil vsak dvig lahkega bremena ločen s 5-sekundnim počitkom. Metoda vpliva predvsem na dejavnike v mišici.

Jones, Bishop, Hunter in Fleisig (2001) so testirali 25 aktivnih igralcev baseball-a. Naključno so bili razdeljeni v dve skupini, kjer je prva vadila z bremenami 70 - 90% 1RM, druga pa 40 - 60% 1RM. Vadili so 10 tednov po dvakrat na teden. Deset tednov se je razdelilo na tri faze. Prva dva tedna sta bila namenjena treningu hipertrofije, četrty do vključno šesti teden so bili namenjeni osnovni fazi moči, zadnji štirje tedni pa so bili namenjeni stopnjevanju intenzivnosti oz. mišični aktivaciji. Merjenci so izvajali počep z olimpijsko palico na ramenih, romunski mrtvi dvig, izpadni korak in polčep. Pri vsaki vaji so tri serije izvedli v celotnem obsegu giba, zadnjo (4.) pa so izvajali ekscentrično dokler jim asistent ni dal znaka, po katerem so dvig zaključili maksimalno hitro koncentrično. Med vsako vajo in vsako serijo so imeli 120 sekund odmora, ter tako trening opravili v približno 55 minutah.

	Week									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Sets (full range of motion [ROM])	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Sets (partial ROM)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Repetitions										
Low resistance	15	15	8	8	8	8	5	5	5	5
High resistance	10	10	5	5	5	5	3	3	3	3
Training % of 1 repetition maximum										
Low resistance	40	40	45	45	50	50	55	55	60	60
High resistance	70	70	75	75	80	80	85	85	90	90

Slika 4: Prikaz trenažnega protokola vadečih skozi 10 tednov. Izvedli so tri serije celotnega ROM in zadnjo le delnega ROM. Število ponovitev in teža bremen varira glede na tedne (povzeto po Jones idr., 2001).

Ugotovili so, da je pri 1RM počepu procentualno bolj napredovala skupina, ki je dvigala težka bremena. Zabeležili so namreč 16% izboljšanje začetnega stanja, medtem ko je skupina, ki je dvigala lažja bremena zabeležila le 12% izboljšanje.

Prednost raziskave je, da je bila izvedena na treniranih moških.

Stone idr. (2000) so testirali 21 študentov moškega spola, v povprečju težkih 78kg in s povprečno težo počepa 131kg. Kriterij za izbor je namreč bilo breme počepa (začetna 1RM > 110kg > 1,3-kratnik telesne teže) in vsaj 80% uspešnost 2-tedenskega programa, ki so ga opravili pred začetkom raziskave. Merjenci so v tem programu dvigovali breme iz počepa po principu petih serij 5RM (največje breme, ki ga lahko dvignejo 5-krat). Kriterij priča o tem, da so bili merjenci dobro pripravljene in seznanjeni z vadbo moči. Merjence so nato razdelili v tri skupine, kjer je prva oz. kontrolna (petih) vadila po protokolu petih serij 6RM (največje breme, ki ga lahko dvignejo 6-krat), druga skupina (devetih) po protokolu postopnega zmanjševanja volumna na račun ponovitev, tretja (sedmih) pa po programu preobremenitve, kjer so prvi in deveti teden vadili z bremenami težjimi od »normalnega« trenažnega režima, ki je prvotno zajemal manjši volumen in nižjo intenzivnost. Vse skupine so izvajale iste vaje, a vsaka po svojem programu. Cilj 12-tedenske raziskave je bil torej primerjati 3 različne trenažne protokole na maksimalni prirastek mišične sile. Vaje so se delile na glavne (počep, potisk iz prsi, nalog) in pomožne (potisk iz prsi z naklonom, vertikalni priteg za glavo) ter se izvajale 3-krat tedensko.

Tabela 5: Trenažni program preobremenitve po tednih. Serije v oklepajih so izvedene s 25% manjšim volumnom en dan na teden, da ni prišlo do prekomerne preobremenitve. 3/1 pa označuje super-serijo, kjer je bilo odmora le 30s (povzeto po Stone idr., 2000).

TEDNI	1-2	3-4	5	6-8	9	10	11	12
GLAVNE	5 × 10	3 × 5 (1 × 10)	3 × 3 (1 × 5)	3 × 5 (1 × 5)	5 × 5 (1 × 5)	3 × 5 (1 × 5)	3 × 3 (1 × 5)	3 × 3/1
POMOŽNE	3 × 10	3 × 10	3 × 10	3 × 5	3 × 5	3 × 5	3 × 5	3 × 5

Tabela 6: Trenažni program postopnega zmanjševanja po tednih (povzeto po Stone idr., 2000).

TEDNI	1-4	5-8	9-11	12
GLAVNE	5 × 10	5 × 5	3 × 3 (1 × 10)	3 × 3
POMOŽNE	3 × 10	3 × 8	3 × 6	3 × 6

Tabela 7: Trenažni program kontrolne skupine (povzeto po Stone idr., 2000).

	TEDNI 1-12
GLAVNE	5 × 6RM
POMOŽNE	3 × 8RM

Ugotovili so, da je največji prirastek mišične sile pri 1RM počepu dosegla tretja skupina, ki je prvi in deveti teden vadila z večjimi bremenami od predpisanih. Tudi druga skupina, ki je zmanjševala ponovitve in višala breme, je pokazala statistično značilen napredek od prve, kontrolne, ki je vadila brez ciklizacije. Študentje v kontrolni skupini so namreč izboljšali počep za 9,9%, študentje v drugi za 14,9% in v tretji za 15,4%.

Prednost raziskave je, da so bili merjenci že ob začetku raziskave dobro pripravljene. Metoda vpliva predvsem na dejavnike v živčnem sistemu.

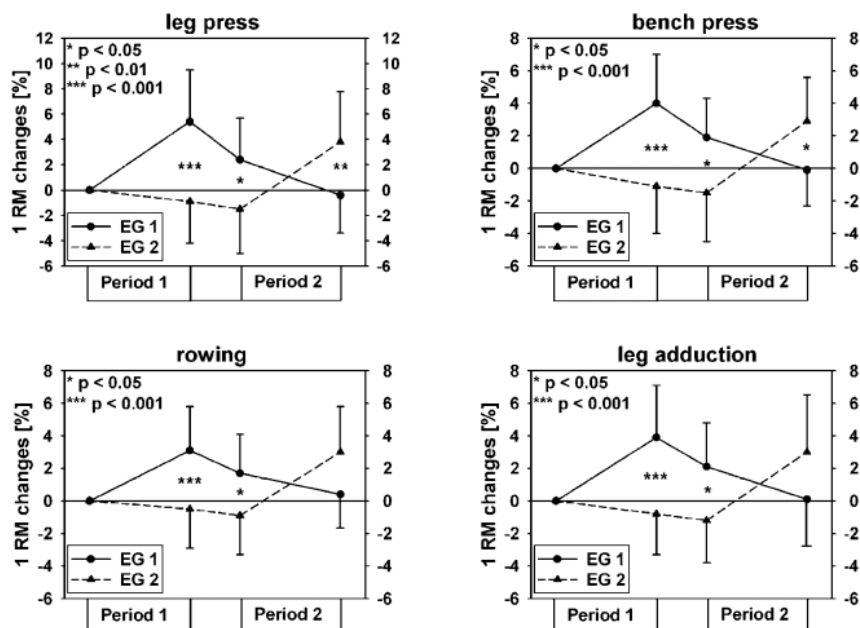
2.2 Število ponovitev in serij

Število ponovitev je navadno torej v odvisnosti od bremena. Vedno namreč iščemo zadosten dražljaj za spremembe v kvalitativnih in kvantitativnih lastnostih mišice in živčevja. Kvalitativne spremembe zajemajo povečanje prečnega preseka mišice, arhitekturno postavitev mišičnih celic in povečano gostoto krčljivih proteinov. Kvantitativne spremembe pa opišemo kot višjo maksimalno koncentracijo laktata v mišici, večjo količino glikogena, večjo količino kreatinfosfata in nižjim pH pred izčrpanostjo mišice (Lasan, 2005). Več kot želimo sprememb v živčevju in aktivaciji mišic, manj ponovitev pri višji intenzivnosti potrebujemo. Več kot želimo sprememb v mišici, več ponovitev pri nižji intenzivnosti potrebujemo. Kraemer in Ratamess (2004) ugotavljata, da območje 6 - 12 ponovitev zagotavlja najboljše razmerje med dvignjenim bremenom in številom ponovitev za prirastek mišične sile. Čeprav območje samo splošno priporočata za trening mišične sile, nadalje ugotovita, da je smiselno sosledje različnih razmerij bremen in ponovitev celokupno gledano bolj učinkovito.

Večina protokolov vadbe za moč pa sestoji iz več serij. Serije so lahko namenjene različnim ali enakim mišicam. Ker smo osredotočeni na prirastek mišične sile, nas v tem primeru zanima število serij na enako mišico. Serije, ki obremenjujejo enako mišico pa lahko sestojijo iz istih ali različnih vaj. Ker se s spremembo vaje uvajajo nove spremenljivke se bomo osredotočali predvsem na serije istih vaj. Serije so med sabo povezane s spremenljivko trajanja odmora. Število serij je torej precej odvisno tudi od tega.

Kemmler, Lauber, Engelke in Weineck (2004) so testirali 50 žensk srednjih let, ki že 18 mesecev sodelujejo v programu vadbe za seniorje. Naključno so jih razdelili v dve skupini, kjer je prva vadila po programu 2 - 4 serij do odpovedi vsake vaje, z vmesnim 90-sekundnim odmorom. Druga skupina pa je izvedla eno serijo do odpovedi pri vsaki vaji, prav tako z vmesnim 90-sekundnim odmorom. Skupini sta 12 tednov vadili po dvakrat tedensko. Vadbena enota je trajala od 60 do 70 minut in zajemala delo na trenažerjih (potisk v nožni preši, upogib kolena, primik nog, odmik nog, izteg kolena, horizontalni priteg, vertikalni priteg za glavo, izteg trupa, potisk iz prsi, upogib trupa, potisk iz ramen nad glavo) ter delo s prostimi utežmi (mrtvi dvig, enoročni vertikalni priteg k prsim, potisk iz prsi). Po 12 tednih je sledilo 5 tednov skupnega, lažjega treninga, ki je zajemal iste vaje kot glavni, s tem, da je sestel iz zgolj 11 vaj z 2 serijama po 20 ponovitev pri 50 - 55% 1RM. Zatem pa sta skupini zamenjali vlogi in v celoti izvedli še program nasprotne skupine - tista z eno serijo več serij, tista z več serijami pa eno serijo. S tem so raziskovalci dosegli, da sta skupini bili kontrolni ena drugi.

Ugotovili so, da sta obe skupini pokazali podoben napredek pri potisku v nožni preši, potisku iz prsi, horizontalnem pritegu in primiku nog le med protokolom dela večih serij.



Slika 5: Prirastek oz. upad mišične sile med izvajanjem trenažnega protokola ene serije in protokola večih serij. EG 1 (polna črta) je začela s protokolom več serij, EG 2 (prekinjena črta) pa s protokolom ene serije (povzeto po Kemmler idr., 2004).

Prednost raziskave je ta, da so merjenke že predhodno sodelovale v procesu vadbe in prišle v raziskavo v dobri formi. Rezultati namreč odražajo vpliv metode na relativno dobro trenirane posameznice. Metoda vpliva predvsem na dejavnike v mišici.

Marx idr. (2000) so testirali 34 netreniranih žensk starih okoli 23 let. Razdelili so jih v dve skupini, kjer je prva trikrat tedensko izvajala protokol vadbe za moč, ki je zajemal 10 vaj, pri vsaki pa eno serijo 8 do 12 ponovitev (do odpovedi), z vmesnim 60 do 120-sekundnim odmorom. Dva različna treninga sta se menjala vsako vadbeno enoto. Trening A je zajemal potisk v nožni preši, potisk iz prsi, upogib kolena, horizontalni priteg, stoječi izteg gležnjev, upogib komolca, trebušnjake, dvig nad glavo leže, potisk nad glavo stoje in primik oz. odmik nog. Trening B je zajemal izteg kolena, metulja, upogib kolena, upogib ramen vstran, sedeči izteg gležnjev, izteg komolca, izteg trupa, vertikalni priteg k bradi, vaje rotatorne manšete in vertikalni priteg za glavo. Druga skupina je vadila štirikrat tedensko in sicer ob ponedeljkih in četrtek s težkimi (5 do 8 ponovitev), srednjimi (8 do 10 ponovitev) ali lahkimi (12 do 15 ponovitev) bremenami ter torkih in petkih s srednjimi (8 do 10 ponovitev) bremenami. Odmori med 2 - 4 serijami so trajali 60 do 120 sekund, kadar so vadili z srednjimi oz. lahkimi bremenami in 180 do 240 sekund, ko so vadili s težkimi bremenami. Vadbeno enoto ob ponedeljkih in četrtek je zajemala: nalog, počep, potisk iz prsi, potisk nad glavo, upogib kolena, trebušnjake in vaje rotatorne manšete, medtem ko je vadbeno enoto ob torkih in petkih vsebovala: vertikalni priteg k bradi, potisk nad glavo z ročkama, upogib komolca, izteg komolca, vertikalni priteg za glavo, horizontalni priteg, trebušnjake, odmike trupa z ročko, upogib kolena, izteg gležnja in izpadni korak. Obe skupini sta vadili 24 tednov in opravili testiranje pred začetkom programa, po 12. tednu in na koncu.

Ugotovili so, da je prirastek mišične sile večji pri skupini, ki je izvajala več serij. Izboljšali so namreč potisk iz prsi (21,8kg -> 32,0kg proti 22,1kg -> 24,8kg) in potisk v nožni preši (95,5kg -> 126,0kg proti 95,6kg -> 106,3kg) v večji meri kot skupina z eno serijo.

Pomanjkljivost raziskave je, da je protokol večih serij izrazito zahtevnejši od protokola ene serije kar pomeni, da je že v sami osnovi telo podvrigel večjemu stresu in posledično ustvaril večji dražljaj, ki je vodil v večji napredek. Metoda vpliva predvsem na dejavnike v mišici.

Schlumberger, Stec in Schmidtleicher (2001) so testirali 27 žensk, starih med 20 in 40 let, ki že imajo osnovne izkušnje z vadbo za moč. Razdelili so jih v dve skupini, kjer je prva izvajala protokol ene serije 6 do 9 ponovitev do odpovedi, druga pa 3 serije 6 do 9 ponovitev do odpovedi. Odmori med serijami oz. vajami so bili odmerjeni na 120 sekund. 6-tedenski program je zajemal dve vadbene enoti na teden. Vadbena enota je bila sestavljena iz iztega kolena, upogiba kolena, upogiba trupa, odmika nog, primika nog, sedečega potiska iz prsi in vertikalnega pritega za glavo.

Ugotovili so, da je prirastek mišične sile pri iztegu kolena in potisku iz prsi signifikantno večji pri skupini, ki je izvajala 3 serije. Pri iztegu kolena so napredovale za 15%, medtem ko skupina z 1 serijo zgolj za 6%. Pri potisku iz prsi celo ni bilo statističnega napredka pri skupini, ki je izvajala eno serijo, za razliko od skupine s tremi serijami, ki je zabeležila 10% prirastek mišične sile.

Prednost raziskave je, da gre za popolnoma enak protokol, ki je pri skupini s tremi serijami le potrjen. Vsled tega so razlike odraz dodatnih dveh serij. Metoda vpliva predvsem na dejavnike v mišici.

2.3 Čas odmora med serijami

Čas odmora vpliva na presnovni, hormonski in kardiovaskularni odziv telesa na napor in pogojuje izvedbo nadaljnjega dela (Kraemer in Ratamess, 2004). Odmori se tako razlikujejo glede na stopnjo utrujenosti in želeno stopnjo regeneracije med serijami.

V kolikor želimo delovati na maksimalno mišično silo bodo odmori daljši, saj težimo k temu, da se poleg energije v mišici obnovijo tudi vse zaloge živčnih prenašalcev, kajti živčevje oz. aktivacija mišice pri velikih bremenih igra poglobljeno vlogo. Vsled tega mora odmor trajati od 240 do 300 sekund.

Če želimo delovati s submaksimalno mišično silo, da bi mišico stimulirali z velikim stresom potem bodo odmori trajali od 90 do 120 sekund. Odmor želimo zadržati relativno kratek, a hkrati dovolj dolg, da mišica obnovi ravno toliko energije kot jo potrebujemo za naslednjo serijo. Poleg tega mora odstraniti ali presnoviti produkte presnove prejšnje serije, če ne bomo v nasprotnem primeru prehitro dosegli stanje mišične odpovedi. Poleg vsega tak časovni okvir odmora pozitivno vpliva na anabolne hormone.

Če je naš cilj okrepiti vzdržljivost v moči, pa morajo biti odmori dolgi od 20 do 90 sekund, saj želimo, da si mišica opomore le delno ter jo skozi kratek odmor izpostavljammo vedno bolj kislemu okolju, ki nastaja zaradi postopnega kopičenja produktov presnove.

Pincivero, Lephart in Karunakara (1997) so testirali 15 netreniranih študentov starih okoli 22 let. Razdelili so jih v dve skupini, kjer je prva izvajala protokol vadbe za moč z vmesnim 40-

sekundnim odmorom, medtem ko je druga imela na voljo 160 sekund. Razmerje med delom in odmorom je tako pri prvi skupini znašalo 1:2, pri drugi pa 1:8. Protokol dela je bil za obe skupini enak in je bil sestavljen iz 4 serij po 10 ponovitev v 1. tednu, 5 serij po 10 ponovitev v 2. tednu, 6 serij po 10 ponovitev v 3. tednu in 7 serij po 10 ponovitev v 4. tednu. Z naključno izbrano nogo so izvajali vezan enonožni izteg in upogib kolena na izokinetični napravi, pri hitrosti 90 stopinj/sekundo. 4-tedenski program je zajemal 3 vadbene enote tedensko.

Ugotovili so, da je prirastek mišične sile pri aktivnem iztegu (8,0% proti 0,5%) in upogibu (6,0% proti -8,3%) kolena večji pri skupini, ki je izvajala protokol dela z vmesnim 160 sekundnim odmorom.

Slabost raziskave je v tem, da hkrati preverja moč iztegovalk in upogibalk kolena v dveh različnih gibih, kar lahko privede do utrujenosti zgolj ene izmed njiju. Metoda vpliva predvsem na dejavnike v mišici.

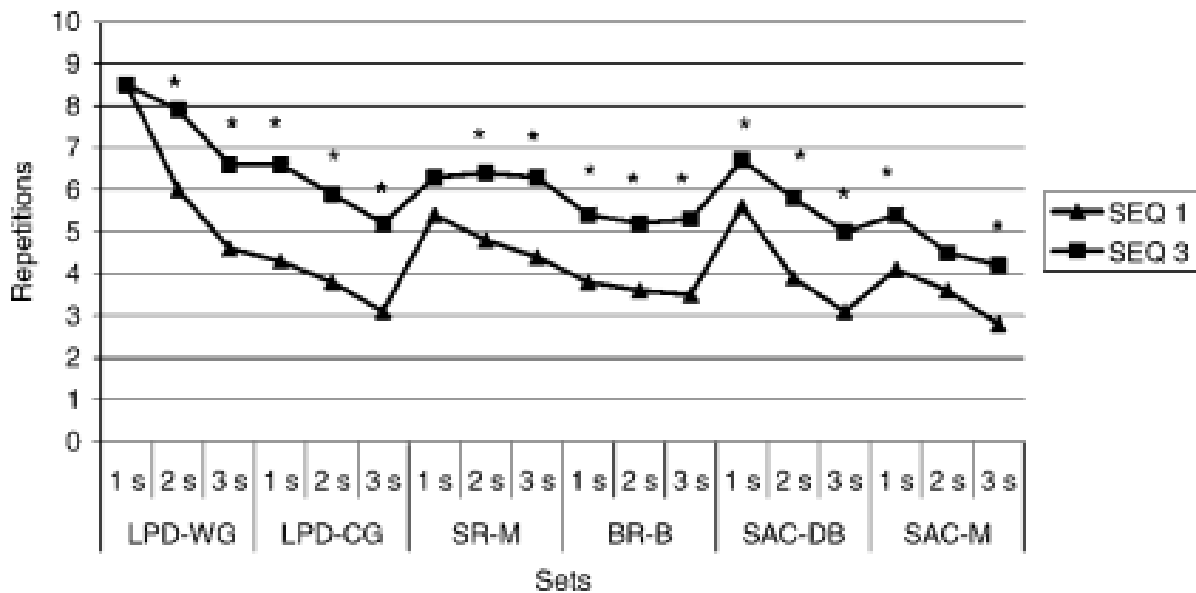
Comyns, Harrison, Hennessy in Jensen (2006) so testirali 9 treniranih moških in 9 treniranih žensk, ki so v povprečju dvignili 1,5-kratnik (ženske) in 2,1-kratnik (moški) svoje telesne teže pri počepu. Preverjali so pomen odmora na največjo silo s katero so se merjenci odrinili v enonožni poskok z nasprotnim gibanjem. Merjenci so individualno izbrali boljšo oz. močnejšo nogo. Vsak merjenec je opravil 180-sekundni rahel tek, kratko raztezanje, 8 ponovitev počepa pri 50% 1RM in 6 ponovitev počepa pri 70% 1RM. Ko so opravili ogrevanje so merjenci izvedli 5 ponovitev počepa z največjim možnim bremenom, ki je dovoljeval pravilno izvedbo. Takoj po končani seriji so imeli na voljo 30, 120, 240 ali 360-sekundni odmor. Po tem odmoru so opravili 3 poskuse enonožnega poskoka z nasprotnim gibanjem v nožni preši. Vsak kompleks (ogrevanje, 5RM počep, različen naključno določen odmor in 3 poskoke z nasprotnim gibanjem) so opravili na enak dan v tednu, štiri tedne zapored.

Ugotovili so, da so merjenci v povprečju največjo regeneracijo opravili po 120-sekundnem odmoru. Višina skoka je namreč bila takrat največja v primerjavi z referenčno višino, v spočitem stanju. Za njo je bil najvišji skok po 240-sekundnem odmoru, ki mu je sledil skok po 30 sekundah odmora in še najslabši rezultat, ki so ga v povprečju dosegali po 360 sekundah odmora. Iz tega lahko zaključimo, da je bila največja sila proizvedena po 120 sekundah odmora po utrujanju s počepom.

Slabost raziskave je v tem, da je lahko višina skoka posledica akutnega pojava superkompencacije, ki pozitivno vpliva na višino oz. na drugi strani ohladitve (kot izničenje metaboličnih učinkov ogrevanja), ki negativno vpliva na produkcijo sile in posledično višino. Metoda vpliva predvsem na dejavnike v živčnem sistemu.

Miranda idr. (2007) so testirali 14 moških starih okoli 25 let, s povprečno 6-letnimi izkušnjami iz vadbe za moč. Pred izvedbo raziskave so merjenci trenirali z utežmi 4-krat tedensko po 60 minut, s pretežno 60 do 120-sekundnimi odmori med serijami. Raziskava je potekala pet ne-zaporednih dni. Prvi dan so merjenci opravili preizkus 8RM vseh vaj protokola dela, ki je vseboval vertikalni priteg za glavo s širokim prijemom, vertikalni priteg pred glavo z ozkim prijemom, sedeči horizontalni priteg, vertikalni priteg ročk v leži prsno, sedeči upogib komolca z ročko in sedeči upogib komolca na trenažerju. Drugi in tretji dan so ta testiranja ponovili, da so bila bremena 8RM natančno ugotovljena in potrjena. Četrty in

peti dan pa so izvedli omenjene vaje v treh serijah osmih ponovitev z edino razliko v vmesnem odmoru med serijami in sicer 60 ali 180 sekund.



Slika 6: Prikaz števila ponovitev skozi celoten protokol serij vadbe moči šestih vaj. Vaje si sledijo po omenjenem vrstnem redu. SEQ1 oziroma črta s trikotniki označuje odvisnost ponovitev od 60-sekundnega vmesnega odmora. SEQ3 oziroma črta s kvadrati označuje odvisnost ponovitev od 180-sekundnega vmesnega odmora (povzeto po Miranda idr., 2007).

Ugotovili so, da je 180-sekundni odmor v praksi omogočil več ponovitev v posamezni seriji, kot 60-sekundni odmor. Raziskava torej pokaže, da je za uspešno realizacijo treh serij 8RM potrebnih malo več kot 180 sekund odmora, ker ponovitve tudi pri daljšem odmoru ne dosegajo zelenega volumna. Ne da pa jasnega odgovora na to, če bi ob izbiri med sabo bolj neodvisnih vaj tudi bil potreben tolikšen odmor. Pri vseh vajah namreč sodelujejo mišice hrbta in upogibalke komolca, kar je lahko vodilo v njihovo povečano utrujenost. V kolikor bi izbrali eno vajo za npr. iztegovalke kolena in za njo upogib komolca bi bili mišiči veliko manj podvrženi utrujenosti sistema kot pa v našem primeru. Poraja se tudi vprašanje, če bi odmor 180 sekund zadostoval za učinkovito izvedbo treh serij 10RM oz. manjšega bremena in večih ponovitev. Metoda vpliva predvsem na dejavnike v mišici.

Buresh, Berg in French (2009) so testirali 12 netreniranih moških, starih okoli 25 let, ki so jih razdelili v dve skupini. Prva je vadila po protokolu vadbe za moč z vmesnimi 60-sekundnimi odmori, druga pa z vmesnimi 150-sekundnimi odmori. Izvajali so 10-tedenski program pri katerem so vsak teden izvedli trening 1 v ponedeljek in četrtek, trening 2 pa v torek in petek. Trening 1 je vseboval počep (3 serije po 10 ponovitev), upogib kolena (3 serije po 10 ponovitev), Izteg kolena (3 serije po 10 ponovitev), izteg gležnja stoje (3 serije po 10 ponovitev), sedeči izteg ramen z ročkama (2 seriji po 10 ponovitev), lateralni dvig ročk (2 seriji po 10 ponovitev), horizontalni odmik rok na trenažerju (2 seriji po 10 ponovitev), upogibe trupa (2 seriji do odpovedi) in ležeče dvige nog (2 seriji do odpovedi). Trening 2 pa je vseboval vertikalne pritege na trenažerju (3 serije po 10 ponovitev), horizontalne pritege na trenažerju (3 serije po 10 ponovitev), potisk iz prsi na trenažerju (3 serije po 10 ponovitev), metulj na trenažerju (3 serije po 10 ponovitev), sedeči upogib komolca (2 seriji po 10 ponovitev), upogib komolca na trenažerju (2 seriji po 10 ponovitev) in enoročni izteg komolca z ročko (2 seriji po 10 ponovitev).

Pred in po 10-tedenskem programu so opravili testiranje 5RM počepa in potiska iz prsi v Smithovi kletki. Skupina s krajšimi odmori je izboljšala počep za 24% in potisk iz prsi za 11%. Skupina z daljšimi odmori pa je izboljšala počep za 27% in potisk iz prsi za 15%.

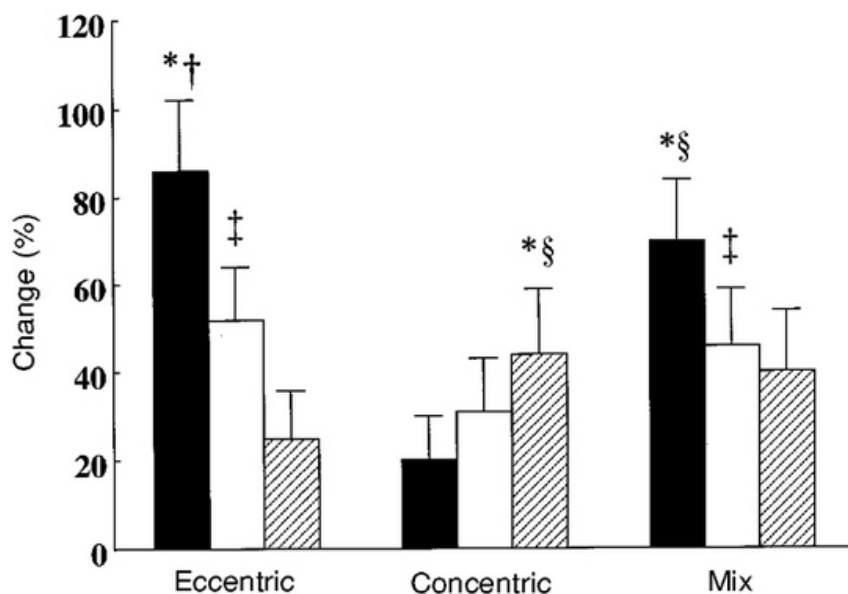
Raziskava je vključevala netrenirane začetnike, ki se hitro in dobro odzovejo na veliko različnih programov krepitve moči. Dosegli so precej podobne rezultate, a ostaja vprašanje ali zato, ker ni razlik v kvaliteti treninga med različno dolgimi odmori ali zato, ker je v začetnem obdobju prirastek mišične sile relativno neodvisen od trajanja vmesnega odmora. Metoda vpliva predvsem na dejavnike v mišici.

2.4 Tip kontrakcije

Mišica se lahko krči izometrično, ekscentrično in koncentrično. Največjo silo razvije med ekscentričnim krčenjem, a pri največji izhodni moči lahko breme le zaustavlja, ne more ga pa kontrolirati. Drugi največji prag sile lahko mišica doseže med izometričnim krčenjem v tistem trenutku, ko breme zadrži z največjo možno silo, brez, da bi se vdala v ekscentriko oz. oddaljevanje mišičnih pripojev. Najnižji prag razvoja mišične sile pa se razvije takrat, ko se pripoji približujejo oz. v koncentrični fazi. Koncentrična faza je tudi edina, v kateri mišica razvije večjo silo od tiste s katero nanjo deluje breme. Hillova krivulja ponazarja, da se največja sila med koncentrično fazo praviloma razvije pri najnižjih hitrostih. Večja kot je hitrost krčenja, manjša je sila s katero deluje mišica. Tako se poraja vprašanje pri treningu katerega tipa krčenja se zgodi največji prirastek mišične sile.

Hortobagyi idr. (2000) so testirali 24 zmerno aktivnih študentov in 24 zmerno aktivnih študentk starih okoli 22 let. Vsem so levo nogo ovili v mavec oz. jo imobilizirali v kolenskem sklepu za tri tedne. Po treh tednih so sodelujoče razdelili v tri skupine po 12 (6 moških in 6 žensk) ter kontrolno skupino (6 moških in 6 žensk). Vsaka skupina je nato izvajala 12-tedenski protokol vadbe za povrnitev moči, kjer so trikrat tedensko izvedli 4 do 6 serij 8 do 12 ponovitev (skupno 1866) na izokinetični napravi, z vmesnimi 60-sekundnimi odmori med serijami. Prva skupina je izvajala samo koncentrične kontrakcije, druga samo ekscentrične, tretja pa kombinacijo obojnih.

Opravili so izokinetično testiranje leve noge pred imobilizacijo, takoj po odstranitvi mavca ter na koncu 12-tedenske rehabilitacije. Ugotovili so, da je skupina, ki je rehabilitirala zgolj z ekscentričnimi ponovitvami najbolj napredovala v ekscentričnih akcijah, celo bolj kot koncentrična skupina v koncentričnih ali kombinirana skupina.



Slika 7: Primerjava prirastka mišične sile različnih tipov krčenj mišice med različnimi tipi krčenja tekom rehabilitacije. Črni stolpec predstavlja ekscentrično krčenje, beli izometrično, črtan pa koncentrično. Ekscentrični tip rehabilitacije: 86, 42 in 25%. Koncentrični tip rehabilitacije: 20, 31 in 44%. Kombiniran tip rehabilitacije: 70, 38 in 40% (povzeto po Hortobagyi idr., 2000).

Lahko je prihajalo do razlik v prirastku mišične sile med sodelujočimi, katerim je leva noga dominantna in tistimi, ki jim ni. Raziskava bi bila bolj standardizirana, če bi vsem imobilizirali bodisi boljšo bodisi slabšo nogo. Metoda vpliva predvsem na dejavnike v mišici.

Reeves, Maganaris, Longo in Narici (2009) so testirali 19 vitalnih starostnikov, ki so jih naključno razdelili v dve skupini. Prva (5 moških in 4 ženske, stari okoli 74 let) je vadila po programu za moč, ki je vključeval tako ekscentrične kot tudi koncentrične kontrakcije. Druga (5 moških in 5 žensk, starih okoli 67 let) pa je vadila po programu, ki je vključeval zgolj ekscentrična gibanja. Program je trajal 14 tednov in je obsegal 3 vadbene enote tedensko. Vadbena enota je zajemala vaji iztega kolena in potiska nog v nožni preši, kateri so vadeči izvajali z 80% 5RM v dveh serijah po 10 ponovitev. V koncentrično - ekscentrični skupini so merjenci dvigovali breme v tempu 2 sekund in ga spuščali s tempom 3 sekund. V ekscentrični skupini pa je koncentrični gib opravil asistent, ekscentričnega pa so opravili sami v tempu 3 sekund.

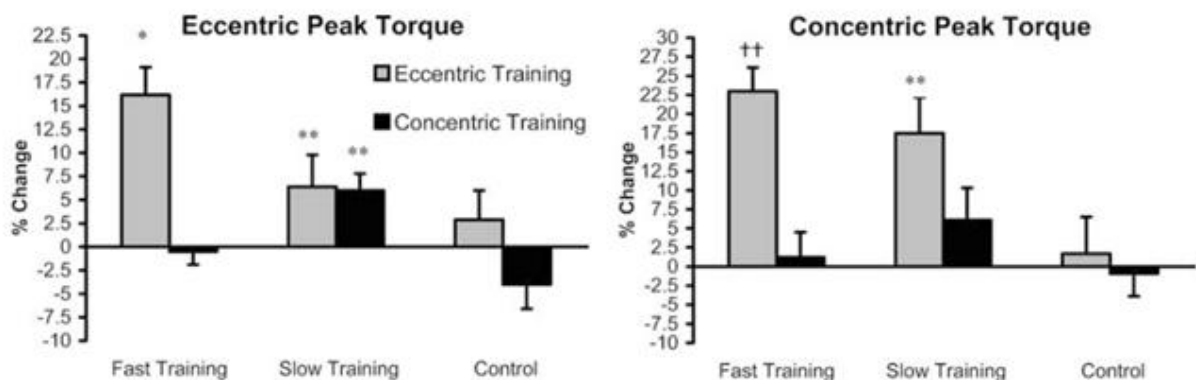
Na podlagi testiranja potiska nog in iztega kolena so ugotovili, da je signifikantno napredovala skupina z ekscentričnim protokolom. Dosegla je namreč 46% izboljšanje v potisku nog in 55% napredek v iztegu kolena. Konvencionalna skupina je dosegla 23% izboljšanje pri potisku nog in 14% prirastek mišične sile pri iztegu kolena.

Faktor, ki je precej razlikoval skupini so bila leta, kjer je prišlo do povprečne razlike 7 let. Ker z leti sposobnost lokomotorne aparata pada in je krepitev moči vedno bolj kompleksna, je možno, da je prišlo do izrazitega napredka ekscentrične skupine tudi na račun 7 let mlajših merjencev. Metoda vpliva predvsem na dejavnike v mišici.

Farthing in Chilibeck (2003) sta testirala 11 netreniranih moških in 15 netreniranih žensk, ki sta jih naključno razdelila v dve skupini. Prva je bila sestavljena iz 4 moških in 9 žensk, starih okoli 22 let ter vadila pri visoki hitrosti upogibalk komolca (180 stopinj/sekundo). Druga

skupina pa je zajemala 7 moških in 6 žensk ter vadila pri nizki hitrosti upogibalk komolca na izokinetični napravi (30 stopinj/sekundo). Raziskava je povezovala prvo testiranje, 8-tedenski ekscentrični program naključno izbrane roke, drugo testiranje, 5-tedenski premor, tretje testiranje, 8-tedenski koncentrični program druge roke in četrto testiranje. Tekom 8 tednov so merjenci izvajali tri vadbene enote tedensko, ki so bile od 1. do 13. enote sestavljene iz 2 do 6 serij 8RM, od 13. do 22. enote iz 6 serij 8RM in od 23. do 24. enote iz 3 serij 8RM. Prvih osem tednov torej ekscentričnega gibanja, drugih osem tednov pa koncentričnega gibanja druge roke pri dani hitrosti skupine.

Skozi testiranja sta ugotovila, da so se vsi največji prirastki mišične sile zgodili po ekscentričnem treningu in sicer: koncentrični del giba v območju visokih hitrosti se je izboljšal za 22,5%, koncentrični del giba v območju nizkih hitrosti se je izboljšal za 17,5%, ekscentrični del giba v območju visokih hitrosti se je izboljšal za 16% in ekscentrični del giba v območju nizkih hitrosti se je izboljšal za 7%. Prirastki mišične sile med kombinacijami različnih tipov in hitrosti krčenja po koncentričnem treningu so bili izrazito nižji.



Slika 8: Prikaz primerjave prirastka ekscentričnega (zgornji graf) in koncentričnega (spodnji graf) dela giba med ekscentričnim treningom (svetla barva stolpcev) in koncentričnim treningom (temna barva stolpcev) (povzeto po Farthing in Chilibeck, 2003).

Glede na to, da so raziskavo opravili na istih posameznikih so rezultati precej primerljivi. Na končni rezultat bi lahko vplivale le spremembe živčevja, ki so se zgodile v prvi fazi in kljub odsotnosti treninga vplivale na netrenirano roko ali ohranile lastnosti roke do naslednjega testiranja. Metoda vpliva predvsem na dejavnike v mišici.

2.5 Hitrost kontrakcije

Večja kot je sila, manjša je hitrost krčenja. To pa ne pomeni, da jo zavestno izvajamo počasneje. Maksimalna mišična naprežanja naj bi zavestno izvajali kot dvig največjega bremena v najkrajšem možnem času. Ker je breme blizu maksimalni sili (ki se doseže med izometričnim krčenjem), pa se navzven vidno gibanje odvija počasi. Velike sile namreč promovirajo vklop čim večih motoričnih enot, ki pa se vključujejo postopoma, zato je tudi sam prirastek mišične sile počasnejši.

Clafin idr. (2011) so testirali 63 netreniranih moških in žensk, ki so jih razdelili v štiri skupine glede na starost. Prva skupina je štela 15 mlajših moških, povprečno starih 24 let. Druga

skupina je štela 14 starejših moških, povprečno starih 76 let. Tretja skupina je štela 18 mlajših žensk, povprečno starih 25 let. Četrta skupina pa je štela 16 starejših žensk, povprečno starih 75 let. Vsaka izmed teh skupin se je razdelila na pol, kjer je prva polovica vaje izvajala eksplozivno, druga pa v konvencionalno uveljavljenem počasnem in kontroliranem tempu. Skupine so trikrat tedensko izvajale 14-tedenski protokol vadbe za moč, ki je zajemal 2 seriji po 10RM in 3. serijo z načrtovano odpovedjo oz. zaostajanjem za predpisano hitrostjo med 5 in 15 ponovitvijo. Raziskovalci so med vadbo z radarjem merili hitrost izvedbe, merjenci pa so glede na zvočne signale izvedbo naslednje ponovitve pospešili ali upočasnili. Ko so osvojili hitrost, so jim raziskovalci breme povišali tako, da je bil relativni napor vseskozi enak. V praksi so visoke hitrosti dosegali z nižjimi bremenami, nizke pa z višjimi. Izvajali so vaji potiska nog v nožni preši in stoječ upogib kolka v trenažerju. Eksploziven stoječi upogib kolka v trenažerju je bil izveden s hitrostjo med 350 in 250 stopinj/sekundo, kontroliran pa med 90 in 30 stopinj/sekundo. Eksploziven potisk nog v nožni preši pa je bil izveden med 160 in 100 stopinj/sekundo, kontroliran pa med 40 in 20 stopinj/sekundo.

Na podlagi primerjave testov obeh vaj so ugotovili, da je prirastek mišične sile pri mladih moških, ki so izvajali ponovitve potiska nog v nožni preši kontrolirano 49%, pri eksplozivni izvedbi pa 56%. Pri starejših moških je prirastek za kontrolirano izvedene ponovitve 39%, za eksplozivne pa 54%. Pri mlajših ženskah, ki so izvajale ponovitve potiska nog v nožni preši kontrolirano je prirastek 36%, za eksplozivne pa 38%. Pri starejših ženskah, ki so izvajale ponovitve kontrolirano je prirastek 26%, za eksplozivne pa 41%.

Pri stoječem upogibu kolka v trenažerju so mladi moški z kontrolirano izvedbo v prirastku mišične sile napredovali za 70%, z eksplozivno pa 87%. Starejši moški so pri kontrolirani izvedbi napredovali za 76% in eksplozivni za 59%. Mlajše ženske so pri kontrolirani izvedbi stoječega upogiba kolka v trenažerju napredovale za 60% in eksplozivni za 82%. Starejše ženske pa so z kontrolirano izvedbo napredovale za 62%, z eksplozivno pa 96%.

V vseh starostnih skupinah in pri obeh spolih se je izvajanje eksplozivnih ponovitev izkazalo za superiorno pri prirastku mišične sile v primerjavi z izvajanjem počasnih oz. kontroliranih. Raziskovalci torej zaključujejo, da mora biti za največji prirastek mišične sile koncentrična faza giba izvedeno eksplozivno, čeprav na račun manjše teže. Metoda vpliva predvsem na dejavnike v mišici.

Henwood, Riek in Taaffe (2008) so testirali 53 netreniranih seniorjev starih od 65 do 84 let. Razdelili so jih v dve skupini, ter eno izpostavili treningu eksplozivnosti, drugo pa konvencionalnemu treningu za moč. 22-tedenski program je vseboval dve vadbene enoti tedensko. Vadbena enota je bila za obe skupini enaka in je vključevala 10 minut ogrevanja z rahlim raztegom, potisk iz prsi, vertikalni priteg ročk v leži prsno, upogib komolca, potisk nog v nožni preši, upogib kolena, izteg kolena, upogib trupa in hiper-ekstenzijo hrbta. Pri treningu za moč so omenjene vaje izvajali v treh serijah osmih ponovitev pri 75% 1RM, z vmesnim 60-sekundnim odmorom in 6-sekundnim tempom izvedbe (3 sekunde koncentrični del in 3 sekunde ekscentrični del). Trening eksplozivnosti pa je od merjencev zahteval maksimalno hiter dvig in kontroliran spust (približno 3 sekunde). Zajemal je tri serije z vmesnim 60-sekundnim odmorom pri vsaki vaji, kjer je obremenitev prve serije dosegla 45% 1RM, druge 60% 1RM in tretje 75% 1RM.

S testiranjem 1RM vsake vaje so ugotovili, da je povprečen prirastek mišične sile vseh vaj večji pri treningu eksplozivnosti (51%), kot pri konvencionalnemu treningu za moč (34%). Čeprav je imela skupina, ki je trenirala eksplozivno 20% manjši volumen vadbe, je vseeno napredovala skoraj 20% več kot skupina konvencionalne vadbe za moč. Metoda za moč vpliva predvsem na dejavnike v mišici, medtem ko metoda za eksplozivnost predvsem na dejavnike v živčnem sistemu.

Shepstone idr. (2005) so testirali 12 rekreativnih športnikov brez izkušenj iz treninga z utežmi, starih okoli 24 let. Naključno so jim določili s katero roko bodo ekscentričen izteg komolca na izokinetični napravi izvajali hitro (3,66 radiana/sekundo) oziroma s katero počasi (0,35 radiana/sekundo). 8-tedenski vadbeni protokol je zajemal tri treninge na teden - ob sredah, ponedeljkih in petkih. Prvi teden so izvedli samo eno serijo desetih ponovitev z vsako roko. Drugi, tretji in četrti teden so vsakič postopoma dodajali še po eno serijo na roko ter jih med seboj ločili s 180 sekundami odmora. Od četrtega do osmega tedna pa so vadili po protokolu štirih serij na vsako roko, med sabo ločenih z vmesnim 180-sekundnim odmorom.

Po zaključnih testiranjih so rezultate iztega komolca na izokinetični napravi primerjali z začetnimi testiranjimi in ugotovili, da je protokol s hitro ekscentrično akcijo povečal maksimalni navor za 11 Nm, medtem ko ga je počasen le za 6 Nm.

Avtorji povzemajo, da je hitro ekscentrično krčenje bolj učinkovito od počasnega, ker privede do večjega prirastka mišične mase in re-modeliranja strukture mišičnih vlaken v smer tipa »2a«. Metoda vpliva predvsem na dejavnike v mišici.

Young in Bilby (1993) sta testirala 18 študentov moškega spola, starih med 19 in 23 let, ki še nimajo izkušenj iz vadbe z utežmi. Naključno sta jih razdelila v dve skupini, kjer je prva (8) breme v počepu spuščala počasi in dvigala maksimalno hitro, druga (10) pa je breme spuščala in dvigala počasi. Obe skupini sta sledili enakemu vadbenemu načrtu. Vadbeni načrt je obsegal tri vadbene enote tedensko, v skupnem trajanju sedem in pol tednov. Udeleženci so izvedli 4 serije polčepa z olimpijsko palico do pravega kota, v obsegu 8 do 12 ponovitev do odpovedi, z 8 - 12RM težkim bremenom in 180-sekundnim vmesnim odmorom med serijami. Raziskovalca sta s primerjavo predhodnih in zaključnih testiranj ugotovila, da je največji prirastek sile pri polčepu dosegla skupina, ki je breme dvigala in spuščala počasi, a je bila razlika med skupino, ki je breme dvigala maksimalno hitro zgolj 0,9% (20,4% > 19,5%). Je pa prišlo do odstopanj pri razvoju maksimalne sile na začetku dviga. Skupina, ki je preklopila hitro je v začetku koncentrične faze ustvarila 45% večjo silo od skupine, ki je breme zadržala in dvignila počasi. Vsled tega pa je slednja razvila 18% večjo izometrično moč v polčepu.

Vprašanje, kaj bi se zgodilo pri večjem volumnu vadbe na račun števila serij, ostaja še odprto. Poleg tega je lahko prišlo do malih odstopanj med rezultati, ker so merjenci vadili polčep prosto, z olimpijsko palico, test 1RM pa so zaradi varnosti in lažje objektivne ocene opravili na trenažerju. Metoda vpliva predvsem na dejavnike v mišici.

2.6 Pogostost vadbenih enot

Pogostost vadbenih enot vpliva na skupen volumen vadbe. Vsaka vadbena enota ima svoj cilj in na podlagi enakih ciljev šteje čas regeneracije, ki more preteči med enakima oz. podobnima vadbenima enotama. V kolikor kombiniramo vadbo moči spodnjih okončin in trupa se ti dve vadbeni enote ne izključujeta, saj obremenimo različne mišice, zato je lahko izmenjujoča vadba na vrsti vsak dan. Proces regeneracije, kjer mišica doseže skoraj popolno regeneracijo po treningu za pridobitev mišične mase, načeloma traja 72 ur. V izjemnih primerih oz. primerih pretreniranja pa tudi več. V primeru aktivacije mišice oz. živčevja ali vzdržljivosti v moči pa ta odmor traja 24 do 36 ur. Iz tega sledi, da lahko isto mišico oz. mišično skupino dvakrat tedensko podvržemo treningu hipertrofije. Prav tako velja za vzdržljivost v moči. Mišično aktivacijo pa lahko v mikrocikel umestimo tri do štirikrat. Optimalni model za precejšen prirastek mišične mase priporoča trening hipertrofije vsaj 12 tednov. Za učinke treninga na živčne dejavnike aktivacije mišice ali njeno lokalno vzdržljivost v moči pa naj bi telo potrebovalo najmanj 4 do 8 tednov (Strojnik, 2010).

McLester, Bishop in Guilliams (2000) so testirali skupino 18 moških in žensk, ki imajo rekreativne izkušnje iz treninga z utežmi in že vsaj 12 tednov vadijo 3 do 4-krat na teden oz. vadijo vse večje mišične skupine vsaj dvakrat tedensko. Razdelili so jih v dve skupini, kjer je prva zajemala 7 moških in 2 ženske stare okoli 26 let. Izvajali so en trening tedensko, ki je pri vsaki vaji vseboval 3 serije petih ponovitev, z vmesnimi 120-sekundnimi odmori, pri 80% 1RM do odpovedi. Druga skupina je štela 5 moških in 4 ženske starih okoli 24 let. Vadili so 3-krat tedensko po 1 serijo treh ponovitev do odpovedi. Vsi pa so izvajali iste vaje in sicer; potisk iz prsi, izteg komolca na trenažerju, stoječi odmik ročk vstran, vertikalni priteg za glavo na trenažerju, upogib komolca na trenažerju, izteg kolka na trenažerju, izteg kolena na trenažerju, upogib kolena na trenažerju in izteg gležnjev stoje. Vadba je trajala 12 tednov.

Raziskovalci so primerjali začetna, vmesna (ob 6. tednu) in končna testiranja ter ugotovili, da je po 12 tednih skupina, ki je vadila enkrat tedensko zanemarljivo večji prirastek mišične sile dosegla zgolj pri vajah vertikalnega pritega za glavo na trenažerju in iztega kolena, pri vseh ostalih vajah pa je večji prirastek mišične sile dosegla skupina, ki je vadila trikrat tedensko.

Izbira ene serije na mišico na teden je očitno premajhen dražljaj, da bi vplival na resen prirastek mišične sile, čeprav je napredek pri predhodno treniranih osebah presenetljivo vseeno viden. Tudi, če delujemo na mišico z relativno malim volumnom, nam tabele prikazujejo, da ga je smotrno razdeliti na tri dni. Iz tega lahko sklepamo, da je za večji napredek bolj pomembna konsistentnost, kot intenzivnost. Metoda vpliva predvsem na dejavnike v mišici.

	Group					
	1DAY			3DAY		
	Mean	SD	Increase (%)	Mean	SD	Increase (%)
1 Repetition maximum (kg)						
Bench press						
Pre	75.61	±27.8		54.19	±25.7	
6 Weeks*	79.90	±29.2	5.7	62.76	±28.9	15.8
Post*	83.62	±30.6	10.6	68.90	±27.5	27.1
Lat pull						
Pre	65.07	±20.9		53.83	±19.0	
6 Weeks	70.06	±21.1	7.7	59.29	±19.6	10.1
Post*	77.76	±22.9	19.5	63.73	±21.2	18.4
Tricep press						
Pre	30.43	±10.3		20.97	±9.9	
6 Weeks*	33.64	±11.4	10.5	25.09	±8.8	19.6
Post*	38.20	±13.5	25.5	27.72	±7.1	32.2
Bicep curl						
Pre	35.01	±14.8		25.46	±12.6	
6 Weeks*	38.82	±15.3	10.9	31.50	±16.0	23.7
Post*	43.08	±16.8	23.1	35.17	±14.0	38.1
Lateral raise						
Pre	22.69	±7.5		16.33	±6.6	
6 Weeks*	27.21	±9.4	19.9	21.87	±10.3	33.9
Post*	32.32	±10.5	42.4	27.22	±10.6	66.7
Total upper-body 1RM						
Pre	228.83			168.16		
6 Weeks*	249.61		9.1	197.09		17.2
Post*	275.01		20.2	222.72		32.4
Total upper-body load volume						
First 6 weeks	22,368.34			18,125.91		
Second 6 weeks	24,929.13			18,919.36		

Slika 9: Primerjava obeh trenažnih protokolov na prirastek mišične sile trupa (povzeto po McLeister idr. 2000).

	Group					
	1DAY			3DAY		
	Mean	SD	Increase (%)	Mean	SD	Increase (%)
1 Repetition maximum (kg)						
Leg press						
Pre	200.32	±83.1		191.27	±96.3	
6 Weeks*	223.79	±84.1	11.7	240.90	±113.7	25.9
Post*	244.92	±80.9	22.3	279.52	±114.3	46.1
Leg extension						
Pre	62.81	±13.6		66.60	±15.7	
6 Weeks*	73.82	±17.2	17.5	76.44	±14.8	14.8
Post*	84.22	±19.9	34.1	88.38	±17.1	32.7
Leg curl						
Pre	57.51	±15.5		43.14	±17.5	
6 Weeks*	64.62	±17.2	12.4	52.03	±22.4	20.6
Post*	72.01	±19.0	25.2	63.50	±24.9	47.2
Calf raise						
Pre	178.01	±24.2		131.69	±46.0	
6 Weeks*	195.47	±19.0	9.8	152.51	±44.6	15.8
Post*	215.11	±15.3	20.8	162.98	±42.5	23.8
Total lower-body 1RM						
Pre	499.19			432.66		
6 Weeks	557.70		11.7	521.91		20.6
Post*	616.26		23.5	594.38		37.4
Total lower-body load volume						
First 6 weeks	59,409.03			60,869.46		
Second 6 weeks	64,493.93			68,857.53		

Slika 10: Primerjava obeh trenažnih protokolov na prirastek mišične sile nog (povzeto po McLeister idr. 2000).

3. SKLEP

Moč oz. mišična sila je velik dejavnik uspešnosti v večini športov. Ker ima vsaka športna panoga specifične lastnosti, zahteva specifično produkcijo sile. Ta sila se razlikuje glede na čas trajanja, na absolutno velikost, na hitrost prirastka in specifiko giba. Ker je glavni generator sile v telesu mišica, je produkcija sile pogojena z njenimi fiziološkimi dejavniki, glede na katere je potrebno prilagajati trening oz. vadbeno enoto.

Moč se v strokovni literaturi večinoma deli na tri pojavne oblike in sicer na maksimalno moč, eksplozivno moč in vzdržljivost v moči. Vsaka pojavna oblika lahko razvija veliko silo relativno kratek čas, kateremu mora slediti obdobje odmora. V kolikor do odmora ne pride, absolutna sila pade. Tedaj začnemo govoriti o vzdržljivosti oz. vzdržljivosti v moči. Temu primeren je tudi trening. V kolikor želimo razviti učinkovit in hiter prirastek velike sile moramo med treningom ustvariti pogoje, kjer mišica kratek čas premaguje veliko breme in se nato v odmoru relaksira ter obnovi energetske zaloge. V prvih 20 sekundah je večino energije zagotovljene iz energetskega sistema ATP, ki se obnavlja z razgradnjo CP. Ta energija je na voljo v najkrajšem možnem času. Ko te energije zmanjka, to se pravi, pri naporu dolgem med 20 in 60 sekund, se okolje v mišici spremeni, saj so med hitro produkcijo energije nastali presnovni produkti (laktat in vodikovi ioni), ki jo s spremembo kislosti omejujejo pri nadaljevanju istih procesov. Glavno gorivo (poleg ATP-CP sistema, ki je še vedno delno prisoten) tako postaneta glukoza in glikogen, ki sta na voljo v krvi in mišici sami. Njun izkoristek se imenuje glikoliza oz. glikogenoliza in zahteva več časa ter dobavi manj energije. Napor sedaj že predstavlja tolikšen dražljaj, da se vklopijo aerobni energetski procesi, ki mobilizirajo maščobo in za svoje delovanje rabijo kisik. Po trajanju napora nad 120 sekund pa prevzamejo večinski delež dobave energije. V tem času ne govorimo več o toliko moči, temveč o vzdržljivosti oz. vzdržljivosti v moči.

Vsled teh fizioloških kazalcev bomo prilagodili število in trajanje ponovitev. Tekom vadbe pa se s stopnjo treniranosti ti energetski sistemi kvalitativno in kvantitativno spreminjajo. Praviloma zagotavljajo vedno večje količine energije skozi daljšo časovno enoto. Hkrati pa se iz okolja v mišici bolje odstranjujejo presnovni produkti, ki so omejitveni dejavniki za nastanek sile oz. delovanje mišice same. Glede na to prilagajamo odmore in bremena.

Iz tega naslova je moč možno oz. potrebno krepiti na različne načine, z različnimi metodami in protokoli vadbe za moč. Vadba se v grobem razlikuje v: teži bremen, številu ponovitev in serij, času odmora med serijami, tipu kontrakcije, hitrosti kontrakcije in pogostosti vadbenih enot. S spreminjanjem teh parametrov se namreč spreminja tudi prirastek mišične sile. Na podlagi raziskav lahko povzamemo smernice, ki v praksi kažejo (naj)večji prirastek mišične sile.

3.1 Teža bremen

Raziskave so pokazale, da velika bremena vplivajo na prirastek mišične sile bolj kot majhna bremena (v sklopu delovanja ali samo na mišico ali samo na živčni sistem). Bremena reda med 60 in 80% 1RM ciljajo na izgradnjo mišične mase, bremena nad 90% 1RM pa na aktivacijo mišice. Poleg tega je prirast maksimalne moči v veliki meri pogojen z (akutnimi)

spremembami v živčevju, kar pa sprožijo le velika bremena. Holm idr. (2008) so pokazali, da je skupina s 70% 1RM dosegla 36% prirastek mišične sile, skupina s 15,5% 1RM pa zgolj 19%. Jones idr. (2001) so pokazali, da je da je skupina s 70 - 90% 1RM dosegla 16% prirastek mišične sile, skupina s 40 - 60% 1RM pa zgolj 12%. Stone idr. (2000) so pokazali, da sta skupini, ki sta tekom raziskave manjšali število ponovitev in večali breme napredovali za 15%, skupina, ki je trenirala z enakim številom ponovitev pa zgolj za 10%.

3.2 Število ponovitev in serij

Število ponovitev in serij določata volumen vadbene enote. Volumen lahko torej ostaja enak, spreminja pa se število serij oz. ponovitev ($5 \times 6 = 3 \times 10$). Se pa skozi spremembo razmerja med serijami in ponovitvami viša intenzivnost vadbene enote, saj lahko pri prvem primeru (5 serij po 6 ponovitev) vsled večih odmorov dvignemo celokupno gledano večje breme. V kolikor pa ostaja breme enako, raziskave kažejo, da več serij bolj poveča prirastek mišične sile kot manj oz. ena serija. Kemmler idr. (2004) so pokazali, da je skupina z 2 - 4 serijami dosegla 3,5 - 5,5% prirast mišične sile, medtem ko tista z eno celo 1,1 - 2,0% upad. Marx idr. (2000) so pokazali, da je skupina, ki je vadila v 2 - 4 serijah dosegla 46,8 in 31,9% prirastek, medtem ko je tista z eno dosegla zgolj 16,7 in 11,2% prirastek mišične sile. Schlumberger idr. (2001) so pokazali, da je skupina, ki je vadila v treh serijah dosegla 15 in 10% prirastek, medtem ko je tista z eno dosegla zgolj 6 in celo 0% prirastek mišične sile. Velja omeniti, da so vse tri raziskave opravljene na starejših, aktivnih ženskah in bi iz tega naslova bilo potrebno raziskati še ostale starostne skupine, tudi moških. Bi pa pričakovali pri vseh podobne rezultate. Potrebno bi bilo opraviti tudi več raziskav do katere mere večji volumen rezultira v večji prirastek mišične sile.

3.3 Čas odmora med serijami

Optimalni odmor je glede na različno stare in različno trenirane skupine merjencev zelo odvisen od stopnje treniranosti posameznika zato je težko določiti optimalno mejo. Sigurno se prilagaja tudi samemu protokolu dela. Pri metodah, ki ciljajo na izgradnjo mišične mase naj bi bili odmori dolgi 60 - 90 sekund, pri metodah, ki ciljajo na adaptacije v živčevju pa se ti odmori podaljšajo tudi do 300 sekund. Pincivero idr. (1997) so pokazali, da je skupina, ki je vadila z daljšimi odmori dosegla večji prirastek mišične sile (8,0% in 6,0%), kot tista s krajšimi odmori (0,5% in -8,3%). Comyns idr. (2006) so pokazali, da so posamezniki razvili največji prirastek mišične sile po 120-sekundnem odmoru, za razliko od 240, 360 ali 30-sekundnega (padajoče po vedno slabši regeneraciji). Miranda idr. (2007) so pokazali, da je skupina, ki je vadila z daljšimi odmori dosegla za približno dve ponovitvi večji prirastek mišične sile pri istem bremenu, od tiste s krajšimi odmori. Buresh idr. (2009) so pokazali, da je skupina, ki je vadila z daljšimi odmori dosegla 27 in 15% prirastek, medtem ko je tista s krajšimi odmori dosegla 24 in 11% prirastek mišične sile.

3.4 Tip kontrakcije

Ekscentrično krčenje lahko zaustavlja kar 1,3-krat večje breme, kot ga lahko v koncentrični fazi dvignemo. Vsled večjih sil se po pregledu raziskav med ekscentričnim krčenjem pričakuje večji dražljaj na mišico in posledično boljši odziv na trening za moč, ki rezultira v večjem prirastku mišične sile. Hortobagyi idr. (2000) so pokazali, da je skupina, ki je vadila ekscentrično v prirastku mišične sile napredovala bolj (86, 42 in 25%) od ekscentrično - koncentrične (70, 38 in 40%) in koncentrične (20, 31 in 44%) skupine. Reeves idr. (2009) so pokazali, da je skupina, ki je vadila ekscentrično dosegla 46 in 55% prirastek, medtem ko je tista z ekscentrično - koncentričnim protokolom dosegla zgolj 23 in 14% prirastek mišične sile. Farthing in Chilibeck (2003) sta pokazala, da je ekscentrični trening sprožil večje prirastke mišične sile tako v koncentričnem delu giba (22,5% proti 1%) kot tudi v ekscentričnem (16% proti -0,5%) delu giba v primerjavi s koncentričnim treningom.

3.5 Hitrost kontrakcije

Večja kot je hitrost kontrakcije, več motoričnih enot tipa »2« se aktivira. Iz tega naslova literatura priporoča maksimalno hitre koncentrične kontrakcije in kontrolirane ekscentrične. Clafin idr. (2011) so pokazali, da so skupine, ki so vadile eksplozivno (po vrsti) dosegle 56, 54, 38 in 41% prirastek, medtem ko so tiste s počasno izvedbo vaje (po vrsti) dosegle zgolj 49, 39, 36 in 26% prirastek mišične sile. Henwood idr. (2008) so pokazali, da je skupina, ki je vadila maksimalno hitro v koncentrični fazi v povprečju dosegla 51% prirastek, medtem ko je tista, ki je vadila s počasnim tempom dosegla zgolj 34% prirastek mišične sile. Shepstone idr. (2005) so pokazali, da je skupina, ki je vadila z velikimi hitrostmi dosegla 11 Nm prirastka, medtem ko je tista, ki je vadila z nizkimi hitrostmi krčenja dosegla zgolj 6 Nm prirastka mišične sile. Young in Bilby (1993) sta pokazala, da je skupina, ki je vadila eksplozivno dosegla kar 45% večji prirast mišične sile med koncentrično fazo od skupine, ki je vadila v kontroliranem tempu.

3.6 Pogostost vadbenih enot

Za pogostost vadbenih enot se odločimo predvsem glede na sposobnost regeneracije »našega« športnika ali rekreativca. Bolj kot je treniran, večje obremenitve bo lahko prenesel in hitreje se bo regeneriral. V začetkih posameznikove vadbe za moč tako literatura priporoča 2 do 3 treninge na teden, izkušenejši pa lahko vadijo vsak dan. Seveda je potrebno biti pri tem pozoren, da ne prihaja do utrujanja posamezne mišice ali mišične skupine, temveč je vadba zasnovana celostno in v skladu s smernicami regeneracije po vadbi za moč. McLester idr. (2000) so pokazali, da je v primerjavi s skupino, ki je vadila enkrat tedensko, večji prirastek mišične sile dosegla skupina, ki je vadila trikrat tedensko, čeprav sta obe imeli isti trenajni volumen.

Po vseh predelanih parametrih se še vedno poraja vprašanje individualnega pristopa k vadbi. Veliko raziskav je opravljenih na začetnikih, ki pa se na praktično vsak dražljaj odzivajo hitro in v precej veliki meri. Ob začetkih vadbe za moč prilagoditve izhajajo pretežno iz živčnih mehanizmov, ki pa se prilagodijo relativno hitro in na praktično vsak dražljaj. Za večjo

natančnost pri napovedih bi bilo potrebno iste metode preveriti pri različno treniranih posameznikih. Smernice lahko namreč narekujejo trende za večino ali za povprečno sposobne športnike, pri vrhunskih pa lahko ti modeli odpovejo zaradi njihovih specifičnih lastnosti in sposobnosti. Prav tako je pri višjem nivoju zmogljivosti ključnega vprašanja ciklizacija, ki uvaja spremembe v trenažni režim, preden bi se lahko pojavilo stanje stagnacije. Na področju strukturirane vadbe za moč bi bilo potrebo opraviti še veliko raziskav in oceniti kvaliteto metod v odnosu na predhodno in nadaljnje stanje. Določena metoda sama po sebi namreč nima tolikšne uporabne vrednosti v kolikor ni smiselno umeščena v sosledje različnih trenažnih metod, ki a) prvo telo pripravijo na dražljaje do te stopnje, da je lahko metoda maksimalno učinkovita in b) izkoristijo morebitne akutne in kronične efekte vadbe, ter jih dvignejo na višji nivo, bližje ožji specifikici našega cilja. Težko je enačiti tudi metode, ki vplivajo ali na dejavnike v mišici ali na dejavnike v živčevju. Gre namreč za dva tipa vadbe, ki imata vsak svojo specifikico. Smotrno je povezovati oba, saj sta v smiselni kombinaciji bolj učinkovita kot posamezno. Iz tega vidika bi bilo potrebnih na tem področju še veliko raziskav.

4. VIRI

- Ahtiainen, J. P., Pakarinen, A. in Kraemer, W. J. (2003). Acute hormonal and neuromuscular responses and recovery to forced vs maximum repetitions multiple resistance exercises. *International Journal of Sports Medicine*, 24, 410 - 418.
- Benedict, T. (1999). Manipulating Resistance Training Program Variables to Optimize Maximum Strength in men: A Review. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 13(3), 289 - 304.
- Bird, S. P., Tarpenning, K. M. in Marino, F. E. (2005). Designing Resistance Training Programmes to enhance Muscular Fitness. *Sports Medicine*, 35(10), 841 - 851.
- Bompa, O. T. in Carrera, M. C. (2005). *Periodization training for sports*. Champaign: Human Kinetics.
- Boyer, B. T. (1990). A Comparison of the Effects of Three Strength Training Programs on Women. *Journal of Applied Sport Science Research*, 4(3), 88 - 94.
- Buresh, R., Berg, K. in French, J. (2009). The Effect of Resistive Exercise Rest Interval on Hormonal Response, Strength, and Hypertrophy With Training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(1), 62 - 71.
- Campos, R., Luecke, T. J in, Wendeln, H. K. (2002). Muscular adaptations in response to three different resistance-training regimens: specificity of repetition maximum training zones. *European Journal of Applied Physiology*, 88, 50 - 60.
- Clafin, D. R., Larkin, L. M., Cederna, P. S., Horowitz, J. F., Alexander, N. B., Cole, N. M., Galecki, A. T., ... Ashton-Miller, J. A. (2011). Effects of high- and low-velocity resistance training on the contractile properties of skeletal muscle fibers from young and older humans. *Journal of Applied Physiology*, 111, 1021 - 1030.
- Comyns, T. M., Harrison, A. J., Hennessy, L. K. in Jensen, R. L. (2006). The Optimal Complex Training Rest Interval for Athletes from Anaerobic sports. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(3), 471 - 476.
- Durand, R. J., Castracane, V. D. in Hollander, D. B. (2003). Hormonal responses from concentric and eccentric muscle contractions. *Medicine & Science in Sport & Exercise*, 35, 937 - 943.
- Faigenbaum, A. D., LaRosa Loud, R., O'Connell, J., Glover, S., O'Connell, J. in Westcott, W. L. (2001). Effects of Different Resistance Training Protocols on Upper Body Strength and Endurance Development in Children. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 15(4), 459 - 465.

- Farthing, J. P. in Chilibeck, P. D. (2003). The effects of eccentric and concentric training at different velocities on muscle hypertrophy. *Journal of Applied Physiology*, 89, 578 - 586.
- Gotshalk, L. A., Loebel, C. C. in Nindl, B. C. (1997). Hormonal responses to multiset versus single-set heavy-resistance exercise. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 22, 244 - 255.
- Henwood, T. R., Riek, S. in Taaffe, D. R. (2008). Strength Versus Muscle Power-Specific resistance training in Community-Dwelling Older Adults. *Journal of Gerontology*, 63, 83 - 91.
- Holm, L., Reitelsheder, S., Pedersen, T. G., Doessing, S., Petersen, S. G., Flyvbjerg, A., Andersen J. L., Aagaard, P. in Kjaer, M. (2008). Changes in muscle size and MHC composition in response to resistance exercise with heavy and light loading intensity. *Journal of Applied Physiology*, 105, 1454 - 1461.
- Hortobagyi, T., Dempsey, D., Fraser, D., Zheng, D., Hamilton, G., Lambert, J. in Dohm, L. (2000). Changes in muscle strength, muscle fibre size and myofibrillar gene expression after immobilization and retraining in humans. *Journal of Physiology*, 534(1), 293 - 304.
- Hunter, G. R., Seelhorst, D. in Snyder, S. (2003). Comparison of metabolic and heart rate responses to super slow vs traditional resistance training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17, 76 - 81.
- Jones, K., Bishop, P., Hunter, G. in Fleisig, G. (2001). The Effects of Varying Resistance-Training Loads on Intermediate- and High- Velocity Specific Adaptations. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 15(3), 349 - 356.
- Kemmler, W. K., Lauber, D., Engelke, K., Weineck, J. (2004). Effects of Single- vs. Multiple-Set Resistance Training on Maximum Strength and Body Composition in Trained Postmenopausal Women. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18(4), 689 - 694.
- Komi, P. V. (2003). *Strength and power in sport*. Oxford, Blackwell science.
- Kraemer, W. J., Dudley, G. A. in Tesch, P. A. (2001). The influence of muscle action on the acute growth hormone response to resistance exercise and short-term detraining. *Growth Hormone IGF Research*, 11, 75 - 83.
- Kraemer, W. J. in Ratamess, N. A. (2004). Fundamentals of Resistance Training: Progression and Exercise Prescription. *Medicine & Science in Sport & Exercise*, 11, 674 - 688.
- Lasan, M. (2005). *Stalnost je določila spremembo*. Ljubljana, Fakulteta za šport.

- Judge, L. W., Moreau, C. in Burke, J. R. (2003). Neural adaptations with sport-specific resistance training in highly skilled athletes. *Journal of Sports Science*, 21, 419 - 427.
- Marx, J. O., Ratamess N. A., Nindl, B. C., Gotshalk, L. A., Volek, J. S., Dohi, K., Bush, A. ... in Kraemer, W. J. (2001). Low-volume circuit versus high-volume periodized resistance training in women. *Medicine & Science in Sport & Exercise*, 33(4), 635 - 643.
- McLester, J. R, Bishop, P. in Guilliams, M. E. (2000). Comparison of 1 Day and 3 Days Per Week of equal-Volume resistance training in Experienced Subjects. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 14(3), 273 - 281.
- Miranda, H., Fleck, S. J., Simao, R., Barreto, A. C., Dantas, E. H. M. in Novaes, J. (2007). Effect of Two Different Rest Period Lengths on the Number of Repetitions Performed During Resistance Training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(4), 1032 - 1036.
- Ostrowski, K. J., Wilson, G.J. in Weatherby, R. (1997). The effect of weight training volume on hormonal output and muscular size and function. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 11, 148 - 154.
- Pincivero D. M., Lephart, S. M. in Karunakara, R. G. (1997). Effects of rest interval on isokinetic strenght and functional performance after short term high intensitiy training. *Sports Medicine*, 31, 229 - 234.
- Pistotnik, B. (2003). Osnove gibanja: Gibalne sposobnosti in osnovna sredstva za njihov razvoj v športni praksi. Ljubljana: Fakulteta za šport, Inštitut za šport.
- Raastad T, Bjoro T in Hallen J. (2000). Hormonal responses to high- and moderate-intensity strength exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 82, 121 - 128.
- Reeves, N. D., Maganaris, C. N., Longo, S. in Narici, M. V. (2009). Differential adaptations to eccentric versus conventional resistance training in older humans. *The Physiological Society*, 94(7), 825 - 833.
- Schlumberger, A., Stec, J. in Schmidtbleicher, A. (2001). Single- vs. Multiple-Set Strength Training in Women. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 15(3), 283 - 289.
- Shepstone, T. N., Tang, J. E., Dallaire, S., Schuenke, M. D., Staron, R. S. in Phillips, S. M. (2005). Short-term high- vs low-velocity isokinetic lenghtening training results in greater hypertrophy of the elbow flexors in young men. *Journal of Applied Physiology*, 98, 1768 - 1776.
- Stone, M. H., Potteiger, J. A., Pierce, K. C., Prolux, C., M., O'Bryant, H. S., Johnson, R. L. in Stone, M., E. (2000). Comparison of the Effects of Three Different Weight-Training Programs on the One Repetition Maximum Squat. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 14(3), 332 - 337.

- Strojnik, V. (1997). Spremljanje učinkov vadbe moči - primer iztegovalk nog. *Šport*, 45(4), 37 - 41.
- Strojnik, V. (2010). Predavanja - vadba za moč. Neobjavljeno delo.
- Štirn, I. (2006). *Ugotavljanje utrujenosti mišic med plavanjem na 100 metrov* (Magistrska naloga). Fakulteta za šport, Ljubljana.
- Tomažin, K. (2001). *Spremembe površinskega EMG signala pod vplivom periferne utrujenosti* (Doktorska disertacija). Fakulteta za šport, Ljubljana.
- Ušaj, A. (1996). *Kratek pregled osnov športnega treniranja*. Ljubljana: Fakulteta za šport, Inštitut za šport.
- Young, W. B. in Bilby, G. E. (1993). The Effect of Voluntary Effort to Influence Speed of Contraction on Strength, Muscular Power, and Hypertrophy Development. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 7(3), 172 - 178.