

UNIVERZA V LJUBLJANI  
FAKULTETA ZA ŠPORT  
ŠPORTNO TRENIRANJE – ŠPORTNO PLEZANJE

TOMAŽ RANT

**POVEZANOST MORFOLOŠKIH IN MOTORIČNIH SPREMENLJIVK S  
SITUACIJSKIM TESTOM PRI ŠPORTNIH PLEZALCIH IN PLEZALKAH**

DIPLOMSKO DELO

Mentor: BOJAN LESKOŠEK, doc. dr.

Recenzent: STOJAN BURNIK, izr. prof. dr.

Konzultant: BLAŽ JEREB, doc. dr.

LJUBLJANA, JUNIJ 2005

Diplomsko delo z naslovom Povezanost morfoloških in motoričnih spremenljivk s situacijskim testom pri športnih plezalcih in plezalkah je lastno znanstvenoraziskovalno delo.

Tomaž Rant

***Posvetilo***

*Diplomsko delo posvečam otrokoma Neži in Nacetu ter ženi Urši.*

*Za razumevanje in podporo pri dosegu zastavljenega cilja sem izjemno hvaležen svojim staršema in bratu Blažu.*

*Tomaž Rant*

## **Zahvala**

*Iskreno se zahvaljujem vsem, ki so kakor koli pripomogli k nastanku diplomskega dela. Še posebej pa bi se rad zahvalil:*

- *svojemu mentorju, doc. dr. Bojanu Leskošku, za njegove številne nasvete in kritične pripombe pri nastajanju dela;*
- *izr. prof. dr. Stojanu Burniku za opravljeno recenzijo dela;*
- *doc. dr. Blažu Jerebu za pripombe in nasvete k delu;*
- *viš. pred. mag. Vidu Mesariču za pomoč pri statistični obdelavi rezultatov meritev;*
- *Jerneji Renko za lektoriranje dela in*
- *vsem merjencem, ki so sodelovali na meritvah.*

*Tomaž Rant*

## KAZALO

1.	IZVLEČEK.....	7
2.	UVOD.....	8
2.1.	Športna vadba kot sistem in proces .....	8
2.2.	Nadzor procesa športne vadbe.....	9
2.3.	Biološke značilnosti skeletnih mišic .....	11
2.4.	Mehanske značilnosti skeletnih mišic .....	13
2.5.	Motorična enota.....	14
2.6.	Mehanizem mišičnega krčenja .....	16
2.7.	Biomehanske značilnosti skeletnih mišic .....	21
2.8.	Energijski procesi v skeletni mišici.....	24
2.9.	Možna mesta in vzroki za človeško utrujenost pri športni aktivnosti .....	27
2.10.	Vloga zgradbe mišičnih vlaken na produkcijo mišične sile in/ali mišične moči.....	40
3.	PREDMET IN PROBLEM TER NAMEN DELA .....	42
4.	CILJI RAZISKAVE .....	53
5.	HIPOTEZE .....	54
6.	METODE DELA .....	55
6.1.	Vzorec merjencev .....	55
6.2.	Vzorec neodvisnih spremenljivk .....	56
6.3.	Opis merskih postopkov neodvisnih spremenljivk.....	57
6.4.	Odvisna spremenljivka .....	66
6.5.	Opis merskega postopka odvisne spremenljivke.....	67
6.6.	Metode obdelave podatkov.....	68
7.	IZIDI MERITEV Z RAZPRAVO .....	70
7.1.	Osnovni porazdelitveni parametri spremenljivk.....	70
7.2.	Primerjava osnovnih porazdelitvenih parametrov spremenljivk med vzorcem moških in vzorcem žensk.....	77

7.3.	Povezanost med obravnavanimi spremenljivkami .....	80
7.4.	Hkratna povezanost neodvisnih spremenljivk z odvisno spremenljivko na podlagi multiple linearne regresijske analize.....	100
7.5.	Povezanost med odvisno spremenljivko in tekmovalnim uspehom.....	107
8.	SKLEP .....	112
9.	LITERATURA .....	115
10.	PRILOGA.....	128

*Ključne besede:* športno plezanje, meritve, reprezentanca, morfologija, motorika, korelacija, multipla korelacija, multipla linearna regresija.

## **POVEZANOST MORFOLOŠKIH IN MOTORIČNIH SPREMENLJIVK S SITUACIJSKIM TESTOM PRI ŠPORTNIH PLEZALCIH IN PLEZALKAH**

Tomaž Rant

Fakulteta za šport, Ljubljana, 2005

Strani: 128, slike: 18, preglednice: 36, sheme: 3, enačbe: 4, literatura: 118

### **1. IZVLEČEK**

V delu smo raziskovali povezanost med izbranimi neodvisnimi morfološkimi in motoričnimi spremenljivkami z odvisno spremenljivko Situacijski test na plezalni steni s spremenljivim naklonom pri športnih plezalcih in plezalkah. Morfološki prostor so opredeljevale tri, motorični prostor pa enajst neodvisnih spremenljivk. Vzorec merjencev je zajemal 45 slovenskih športnih plezalcev (25) in plezalk (20). Vsi merjenci so bili člani članske in/ali mladinske reprezentance v športnem plezanju. Vse obdelave razen multiple linearne regresijske analize so bile ločene po spolu. Ugotavljanje povezanosti med obravnavanimi spremenljivkami je bilo izvedeno s pomočjo Pearsonovega korelacijskega koeficienta. Analiza povezanosti med spremenljivkami, ki je bila najprej opravljena znotraj morfološkega in motoričnega prostora ter nato še med obema prostoroma, je pokazala, da je največ statistično značilnih povezanosti v morfološkem prostoru v obeh vzorcih ter v motoričnem prostoru v vzorcu moških. Največja možna hkratna povezanost med sistemom neodvisnih spremenljivk in odvisno spremenljivko za oba spola skupaj je bila določena z multiplim korelacijskim koeficientom. Vrednost multiplega korelacijskega koeficienta za morfološki prostor ni statistično značilna. Njegova vrednost za motorični ter morfološki in motorični prostor skupaj pa je statistično značilna na ravni 1,2 % oziroma 1,3 %. Analiza povezanosti med odvisno spremenljivko in tekmovalnim uspehom, ki je bila izvedena s pomočjo Spearmanovega korelacijskega koeficienta, je v obeh vzorcih pokazala srednjo oziroma močno povezanost. Ta je v vzorcu moških statistično značilna na ravni 1,3 %, v vzorcu žensk pa na ravni manjši od 1 %. Odvisna spremenljivka pojasnjuje v vzorcu moških 33 %, v vzorcu žensk pa več kot 82 % skupne variabilnosti spremenljivke Tekmovalni uspeh oziroma Vice versa.

## 2. UVOD

### 2.1. Športna vadba kot sistem in proces

Športno vadbo pojmuje in obravnavamo kot sistem, ki ga sestavlja množica sestavin in povezav med njimi. Najpomembnejše sestavine tega sistema predstavljajo športnik in trener s svojimi biološkimi, psihičnimi in socialnimi značilnostmi, vadba s svojimi zakonitostmi in z značilnostmi ter okolje, v katerem živita in delata športnik in trener (Shema 1). Športna vadba je dinamičen, nepredvidljiv, zapleten in kompleksen ter običajno reduciran sistem. Trener in športnik sta za učinkovito izvajanje procesa športne vadbe prisiljena oblikovati tak model športne vadbe, ki ga v danih pogojih in okolju še učinkovito obvladata. Običajno izbrani model športne vadbe zajema najožji izsek procesa športne vadbe in najpomembnejša opravila v procesu transformacije oziroma spreminjanja športnikovih lastnosti in značilnosti. (Ušaj, 1996)

*Shema 1:* Dejavniki, ki tvorijo najpomembnejše sestavine sistema športne vadbe (Ušaj, 1996, stran 18)

NAJPOMEMBNEJŠE SESTAVINE SISTEMA ŠPORTNE VADBE					
NEPOSREDNI DEJAVNIKI			POSREDNI DEJAVNIKI		
ŠPORTNIK	TRENER	VADBA	EKONOMSKI STATUS	SOCIALNI STATUS	ŽIVLJENJSKE NAVADE
Biološke značilnosti	Psihološke sposobnosti	Vaje	Zasluzek	Družina	Prehrana
Psihološke sposobnosti	Pedagoška usposobljenost	Količine	Podedovane materialne dobrine	Klub	Organiziranost vsakdanjega življenja
Psihomotorične sposobnosti	Izobraženost	Metode		Okolje	Hobi
Tehnika	Vrednote	Sredstva			Zabava
Taktika		Ciklizacija			
Zdravstveno stanje		Nadzor			
Vrednote		Oprema			



Takole pravi Harre: »Športna vadba je po znanstvenih, zlasti pedagoških načelih zgrajen proces športnega izpopolnjevanja, ki z načrtnim in sistematičnim delovanjem učinkuje na takšno tekmovalno zmogljivost, ki omogoča športniku najvišje tekmovalne dosežke v izbrani športni disciplini.« (Harre, 1973; v Ušaj, 1996, stran 21)

Sodelovanje športnika in trenerja z različnimi strokovnjaki z drugih znanstvenih področij, ki lahko posredno ali neposredno vplivajo na proces transformacije športnikovih sposobnosti in lastnosti ter s tem na doseganje optimalnih športnih rezultatov, omogoča izbiro kompleksnejšega modela športne vadbe. Oblikovanje strokovne skupine oziroma tima omogoča obravnavo procesa športne vadbe z nekaj vidikov. Večje število strokovnjakov lahko obvlada večje število dejavnikov potrebnih za proces športne vadbe. S tem se proces športne vadbe približa realnim razmeram, stopnja redukcije sistema športne vadbe pa je manjša.

Sistem športne vadbe zaradi svojih značilnosti zahteva od trenerja in športnika izvedbo nekaterih opravil, ki morajo biti v procesu športne vadbe opravljena dosledno in v pravilnem vrstnem redu. Najpomembnejša opravila so načrtovanje, izvedba, nadzor in ocena vadbenega procesa. (Ušaj, 1996) Predvsem dinamičnost in nepredvidljivost sistema športne vadbe sta značilnosti, ki zahtevata poleg natančnega načrtovanja tudi nenehen nadzor nad delovanjem tega sistema. Ugotavljanje smeri in velikosti sprememb športnikovih sposobnosti in lastnosti v transformacijskem procesu športne vadbe je eno izmed ključnih opravil tega procesa.

## **2.2. Nadzor procesa športne vadbe**

Nadzor procesa športne vadbe se izvaja na treh ravneh, in sicer kot nadzor vadbenega procesa, nadzor športnikovih sposobnosti in lastnosti ter nadzor okolja. (Ušaj, 1996)

Prva raven nadzora je primerjava med načrtovano vadbo in opravljeno vadbo in kaže, kolikšen delež načrtovane vadbe je dejansko opravljen. Ta raven nadzora poteka iz dneva v dan.

Druga raven nadzora so testiranja in preiskave športnikov, s katerimi se ugotavlja smer in velikost sprememb športnikovih sposobnosti in lastnosti oziroma ali je do sprememb sploh prišlo. Testiranja in preiskave športnikov se običajno izvajajo ob koncu nekega krajšega ali daljšega vadbenega cikla. Rezultati testiranj in preiskav se primerjajo s predhodnimi rezultati in na podlagi ugotovitev se oceni dejanski učinek vadbe.

Tekmovalni dosežek v športu je vedno odvisen od več dejavnikov, ki lahko delujejo hkrati ali v nekem zaporedju. Za nadzor sprememb športnikovih sposobnosti in lastnosti je potrebno za vsako športno disciplino posebej ugotoviti tiste kazalce, ki v največji meri pojasnjujejo tekmovalno zmogljivost v tej športni disciplini. Kombinacija tako izbranih kazalcev se imenuje model tekmovalne zmogljivosti. Model tekmovalne zmogljivosti omogoča trenerju oblikovanje ocene, ali s testi ugotovljene spremembe pomenijo tudi spremembo tekmovalne zmogljivosti. (Ušaj, 1996)

Testi, s katerimi se izvaja nadzor nad športnikovimi sposobnostmi in lastnostmi, so standardizirane motorične naloge. Izvajajo se v določenih časovnih presledkih, navadno ob koncu mezocikla. Pogostost testiranj se običajno določi v letnem načrtu procesa športne vadbe in je odvisna od načrtovanja in ciklizacije vadbe ter se spreminja skozi vadbena obdobja. Osnovni namen testiranj je ugotavljanje smeri in velikosti sprememb športnikovih sposobnosti in lastnosti oziroma ali je do sprememb sploh prišlo. Vzroke za spremembe rezultatov v uporabljenih testih se pretežno pripisuje športni vadbi v opazovanem obdobju. (Ušaj, 1996) Primerjava rezultatov istih testov pred in po opazovanem obdobju, na primer mezociklu, in ocena ugotovljenih sprememb ter ocena opravljene vadbe v istem obdobju predstavljajo osnovno izhodišče za izdelavo vadbenega načrta za naslednje vadbene obdobje. Rezultati testov omogočajo oceno trenutne tekmovalne zmogljivosti športnika.

V športu se uporabljajo testi, ki merijo vrednosti spremenljivk v območju največjega ali nenajvečjega napora in lahko v protokolu izvedbe uporabljajo enako ali spreminjajočo obremenitev. Testi se izvajajo po nekem vnaprej predpisanem in enakem protokolu ter vedno v enakih okoliščinah, zato je njihove rezultate mogoče med seboj primerjati. Na rezultate testov vpliva tudi motivacija merjenca, ki je običajno najvišja na tekmovanjih, nižja na testiranjih in najnižja na vadbi.

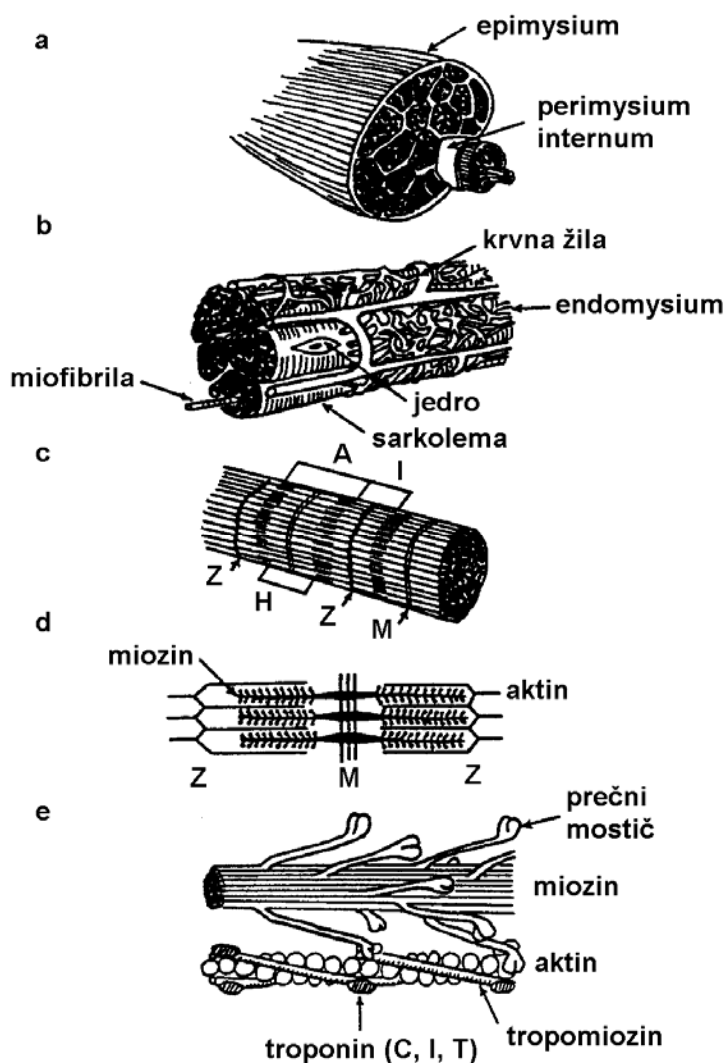
Za ugotavljanje smeri in velikosti sprememb športnikovih sposobnosti in lastnosti v transformacijskem procesu športne vadbe se uporabljajo laboratorijski in terenski testi. Prednosti in slabosti le-teh določajo njihovo uporabo v posamezni športni disciplini. Prednost laboratorijskih testov je, da omogočajo natančno standardizacijo postopka testiranja in njegovo ponovljivost, slabost pa, da v laboratoriju ni mogoče ustvariti realnih vadbeneh in tekmovalnih pogojev ter situacij. Terenski testi v nasprotju z laboratorijskimi potekajo v naravnem okolju in realnih situacijah, vendar je njihova standardizacija slabša in so večinoma neponovljivi.

Tretjo raven nadzora procesa športne vadbe pa predstavlja nadzor okolja. Cilj tega nadzora je ugotavljanje in izbira primernih podnebnih in terenskih razmer za vadbo, da bi se športnik nanje prilagodil ali da bi izzvali posebne vadbene učinke, ki lahko koristijo tekmovalni zmogljivosti športnika. (Ušaj, 1996)

### **2.3. Biološke značilnosti skeletnih mišic**

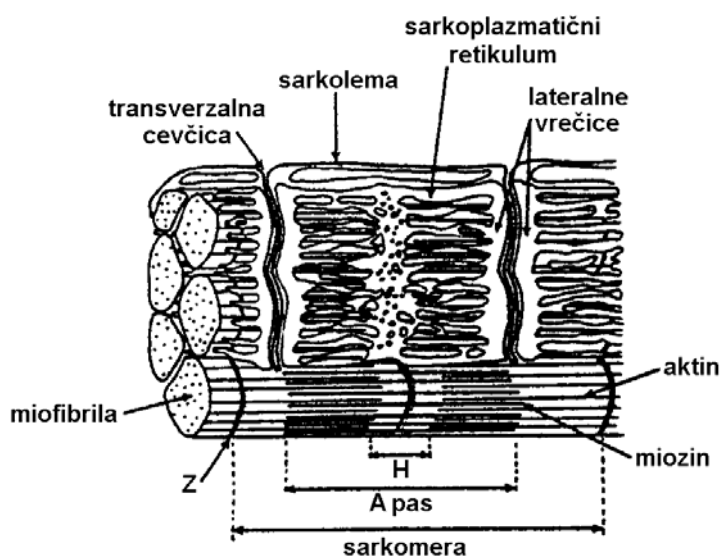
Sarkomera je osnovna krčljiva enota mišice. Sestavlja jo skupek prepletajočih se aktinskih in miozinskih krčljivih proteinov (miofilamenti) (Slika 1). Histološko predstavlja sarkomera pas miofibrile med dvema Z-linijama. Skupek prepletajočih se krčljivih miofilamentov oblikuje značilne pasove v sarkomeri. V A-pasu so prepletajoči se aktinski in miozinski miofilamenti, v H-pasu samo miozinski in v I-pasu samo aktinski miofilamenti. Vsak skupek miofilamentov se pripenja na osrednjo prečno linijo, miozinski na M-linijo, aktinski pa na Z-linijo. Miozinski in aktinski miofilamenti se povezujejo s strukturo prečnih mostičev. Miofibrila je niz zaporedno vezanih sarkomer. Več miofibril sestavljajo mišično celico (miofibrila) (Slika 2). Mišične celice pa v mišičnih snopih sestavljajo mišico. (Bravničar - Lasan, 1996; Enoka, 1994; Winter, 1990)

Slika 1: Zgradba skeletne mišice od celotne mišice do molekularne ravni: (a) celotna mišica, (b) skupina mišičnih vlaken, (c) miofibrila, (d) sarkomera, (e) dabel (miozin) in tanek (aktin) miofilament (Enoka, 1994, stran 131)



Mišične celice so med seboj povezane z mrežo kolagenskega vezivnega tkiva. Vezivno tkivo obdaja posamezne mišične celice, združuje mišične celice v snope in obdaja celotno mišico (Slika 1). To vezivno tkivo, ki obstaja po celotni mišici in ne samo na njenih skrajnih koncih, povezuje mišico s kito in jo preko nje pritrdjuje na kost. (Bravničar - Lasan, 1996; Tidball, 1991; v Enoka, 1994; Winter, 1990)

Slika 2: Položaj transverzalnih cevčic in sarkoplazmatičnega retikuluma glede na miofibrile. Slika prikazuje šest miofibril, ki pripadajo enemu mišičnemu vlaknu (Enoka, 1994, stran 131)



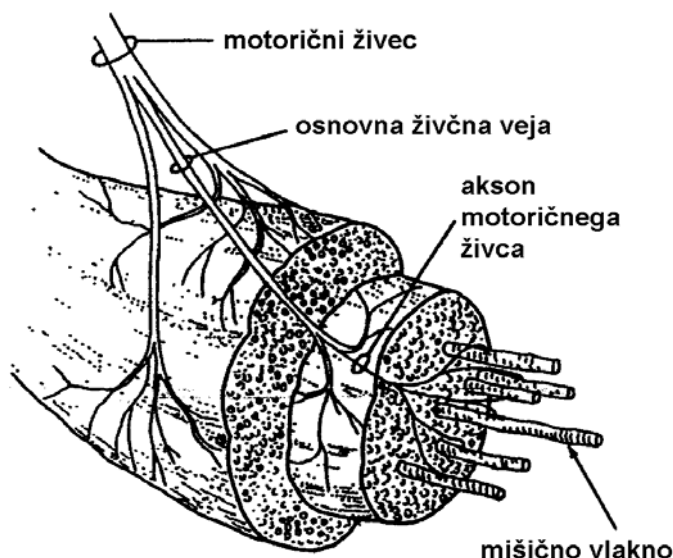
## 2.4. Mehanske značilnosti skeletnih mišic

Najpomembnejša lastnost skeletnih mišic je sposobnost pretvarjanja kemične energije v mehansko delo. Mehansko delo je mera pretoka energije iz enega telesa v drugo telo in da bi bilo to delo opravljeno, mora preteči čas. Mehanska energija pa je mera stanja telesa v nekem trenutku v času kot sposobnost, da opravi delo. (Winter, 1990) Mišice s svojim krčenjem proizvajajo mišično silo, ki se lahko preko telesnih segmentov prenaša na zunanja telesa. Kadar zaradi mišičnega krčenja prihaja do gibanja telesnih segmentov, mišice proizvajajo tudi moč. Moč je stopnja opravljanja dela. Mišice proizvajajo silo in moč s pretvarjanjem proste energije, ki se sprošča v procesu hidrolize ATP, v mehansko delo na ravni aktivnih prečnih mostičev. (Żołądź, 1999) Kljub temu, da je velikost sile, ki jo razvije posamezna miozinska glavica, relativno majhna, okrog 4 pN, (Woledge s sodelavci, 1985; Finer s sodelavci, 1994; v Żołądź, 1999) je lahko največja moč, ki jo razvije celotna mišica ali mišična skupina, zelo velika. Sargeant in Beelen (1993) sta v svoji raziskavi, kjer sta ugotavljala največjo mišično moč med kolesarjenjem na izokinetičnem ergometru pri optimalni hitrosti v časovnem obdobju 25 sekund, dobila, da je bila največja dosežena moč skoraj 2000 W. (Żołądź, 1999) Vendar pa lahko mišice razvijajo tako veliko moč le za zelo kratek čas, ki ne presega nekaj sekund. Podaljševanje časa opravljanja mišičnega mehanskega dela nujno povzroči upadanje produkcije moči.

## 2.5. Motorična enota

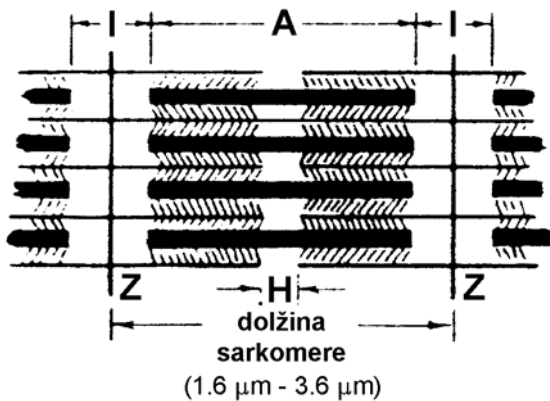
Motorična enota je najmanjša enota v mišici, ki jo je še mogoče nadzorovati. Oživčuje jo en akson motoričnega živca (Slika 3). Motorično enoto nevrološko sestavljajo sinaptična reža v sprednjem rogu hrbtenjače, akson motoričnega živca in motorična plošča na mišičnem vlaknu. Motorična enota nadzoruje od 3 do 2000 mišičnih vlaken. (Feinstein s sodelavci, 1955; v Winter, 1990) Število mišičnih vlaken v motorični enoti vpliva na natančnost nadzora gibanja. Očesne in očne mišice ter mišice prstov imajo majhno število kratkih vlaken v motorični enoti, medtem ko imajo velike mišice nog veliko število daljših vlaken v svojih motoričnih enotah. (Winter, 1990)

*Slika 3:* Podrazdelitev motoričnega živca do ravni posameznega aksona, ki oživčuje posamezna mišična vlakna (Enoka, 1994, stran 137)



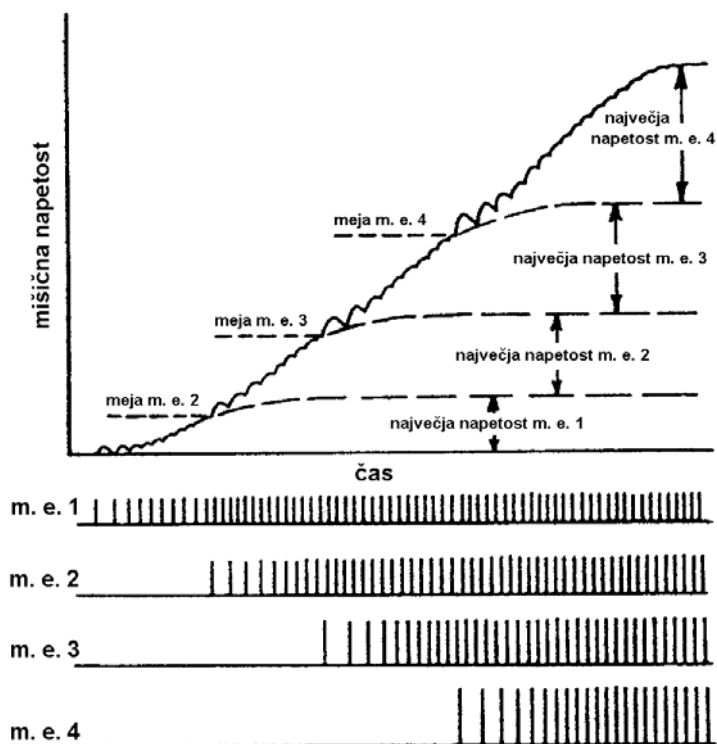
Miozin in aktin se povezujeta s strukturo prečnih mostičev. Na področju prečnih mostičev se ustvarja napetost in na tej ravni mišice prihaja do krčenja ali raztezanja. Termin krčljivi element opisuje del mišice, ki ustvarja napetost, in ta del mišice se krči ali razteza, kadar mišica opravlja pozitivno ali negativno delo (Slika 4). (Winter, 1990)

Slika 4: Osnovna struktura mišičnega krčljivega elementa (Winter, 1990, stran 166)



Mišica ima omejeno število motoričnih enot, vsako od njih pa oživčuje drug akson motoričnega živca. Vzdraženje vsake motorične enote je vse-ali-nič dogodek. Električni pokazatelj vzdraženja je akcijski potencial motorične enote, mehanična posledica pa mišični skrček. Povečanje napetosti se lahko doseže na dva načina: s povečanjem stopnje stimulacije za posamezno motorično enoto ali z vzdraženjem (naborom, rekrutacijo) dodatnih motoričnih enot. Nabor motoričnih enot poteka po principu velikosti motoričnih enot (Slika 5). (Henneman, 1974; v Winter, 1990) Pomeni, da se velikost na novo vzdražene motorične enote povečuje z ravnijo napetosti, pri kateri je vzdražena. Najmanjša motorična enota je vzdražena prva, največja pa zadnja. Manj silovita gibanja so zaradi nabora manjših motoričnih enot bolj natančna. Nasprotno pa je za gibanja, ki so bolj silovita in manj natančna, potreben nabor večjih motoričnih enot. Izklapljanje motoričnih enot poteka v obratnem vrstnem redu kot njihov nabor. (DeLuca s sodelavci, 1982; v Winter, 1990)

Slika 5: Princip velikosti motoričnih enot pri naboru motoričnih enot (Winter, 1990, stran 168)



Akcijski potencial motorične enote se povečuje z velikostjo motorične enote, s katero je povezan. (Milner - Brown in Stein, 1975; v Winter, 1990) Zdi se, da obstajata za to dva razloga. Prvič, večja kot je motorična enota, večji je motorični nevron, ki jo oživčuje, in večji je depolarizacijski potencial na motorični plošči. Drugič, večja kot je masa motorične enote, večja je sprememba električne napetosti v mišičnem vlaknu. Spremembo električne napetosti povzroča akcijski potencial motorične enote, ki se širi vzdolž mišičnega vlakna. (Winter, 1990)

Vsaka motorična enota ima svojstven časovni potek napetosti. Električni dražljaj motorične enote se kaže kot akcijski potencial motorične enote. Je kratkega trajanja in se pojmuje kot impulz. Mehanični odgovor na ta impulz je mišični skrček. (Winter, 1990)

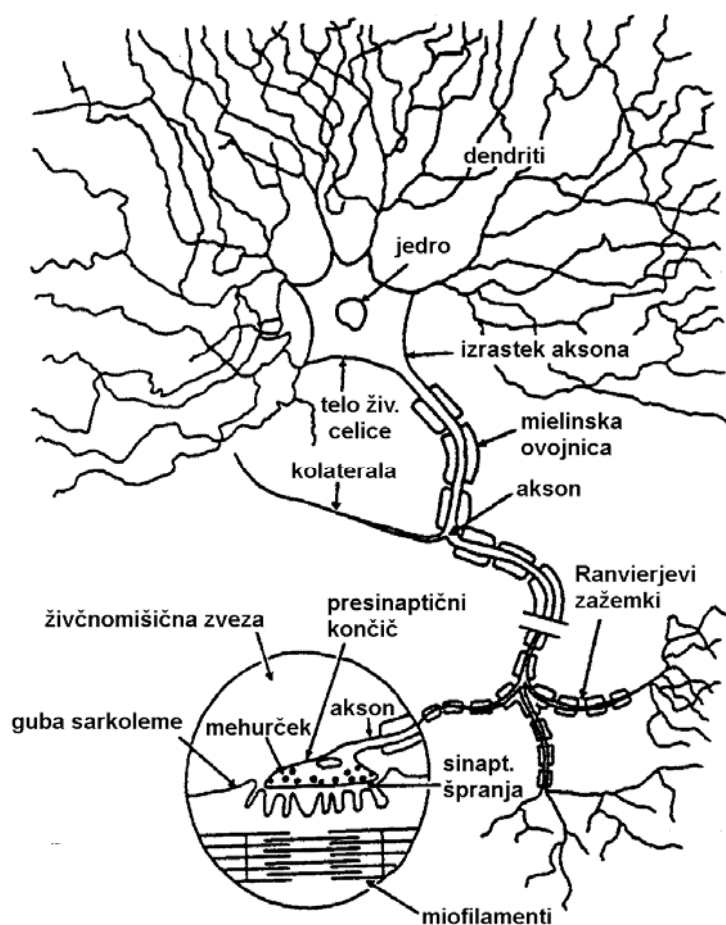
## 2.6. Mehanizem mišičnega krčenja

Alfa motonevroni so živčne celice, ki izhajajo iz sivine sprednjega roga hrbtenjače (spinalni živci) ali možganskega debla (možganski živci) in oživčujejo manjše ali večje število mišičnih



celic. Mišične celice, ki jih oživčuje en alfa motonevron, tvorijo z njim motorično enoto. (Bravničar - Lasan, 1996) Povezava (sinapsa) skrajnega končnega dela aksona alfa motonevrona (presinaptični končič) in mišične celice (postsinaptična membrana) tvori živčnomišično zvezo oziroma motorično končno ploščo (Slika 6). (Enoka, 1994)

*Slika 6:* Morfološke značilnosti nevrona: dendriti, telo živčne celice, akson in presinaptični končič (Enoka, 1994, stran 135)



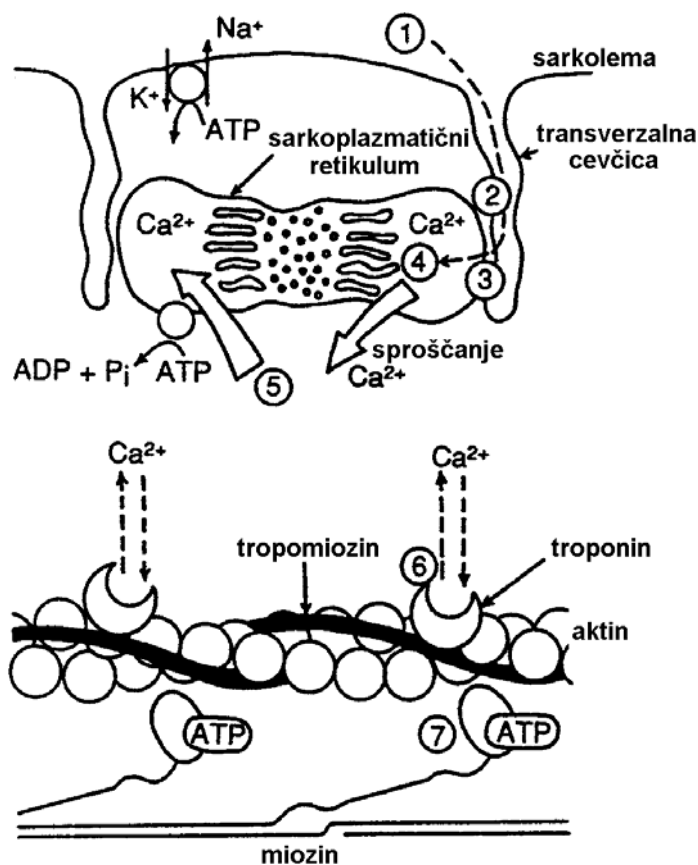
V presinaptičnem končiču so mehurčki z acetilholinom (ACh), ki je kemični prenašalec električnih dražljajev. Akcijski potencial odpre  $\text{Ca}^{2+}$  kanale in sproži vdor  $\text{Ca}^{2+}$  v presinaptični končič, kar povzroči odpiranje mehurčkov z acetilholinom. Acetilholin izstopi, difundira preko sinaptične špranje in se veže na receptorje za acetilholin na postsinaptični membrani. (Bravničar - Lasan, 1996) Vezava ACh na postsinaptične receptorje povzroči odpiranje  $\text{Na}^+$ - $\text{K}^+$  kanalov in

pritok  $\text{Na}^+$  v mišično celico in iztok  $\text{K}^+$  iz mišične celice. Prehajanje  $\text{Na}^+$  in  $\text{K}^+$  preko sarkoleme povzroči razvoj potenciala motorične končne plošče (sinaptični potencial), ki sproži akcijski potencial v sarkolemi. (Enoka, 1994)

Po preoblikovanju akcijskega potenciala aksona v akcijski potencial sarkoleme več različnih procesov v mišični celici poskrbi za nadaljnje preoblikovanje ukaza (akcijski potencial), katerega izvor je v alfa motonevronu, v silo, ki jo razvije mišična celica. Ti procesi so (Slika 7): (Enoka, 1994)

1. širjenje akcijskega potenciala sarkoleme,
2. širjenje akcijskega potenciala po transverzalnih cevčicah,
3. sklapljanje akcijskega potenciala s spremembo v prepustnosti membrane sarkoplazmatičnega retikuluma za  $\text{Ca}^{2+}$ ,
4. sproščanje  $\text{Ca}^{2+}$  iz sarkoplazmatičnega retikuluma,
5. vračanje  $\text{Ca}^{2+}$  v sarkoplazmatični retikulum,
6. vezava  $\text{Ca}^{2+}$  na troponin,
7. povezovanje miozina in aktina na ravni prečnih mostičev.

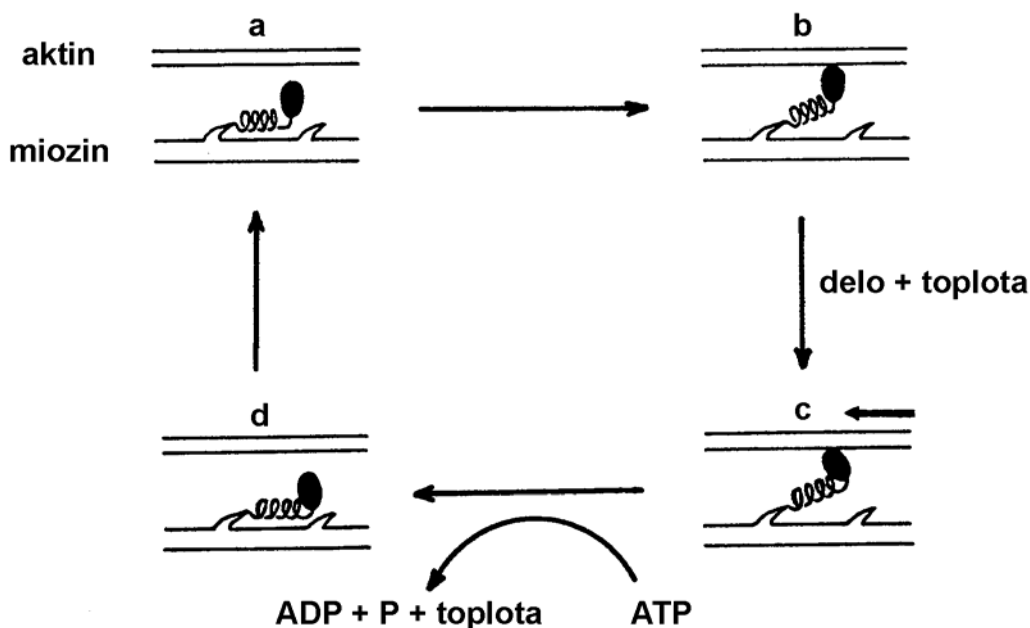
Slika 7: Procesi vključeni v preoblikovanje akcijskega potenciala sarkoleme v mišično silo (Enoka, 1994, stran 171)



V mirovanju povezovanje miozinskega in aktinskega miofilamenta preprečuje delovanje uravnalnih proteinov troponina (TN-C, TN-I, TN-T) in tropomiozina v aktinskem miofilamentu. Sproščanje  $\text{Ca}^{2+}$  iz sarkoplazmatskega retikuluma povzroči povečanje koncentracije  $\text{Ca}^{2+}$  v sarkoplazmi. V trenutku, ko doseže koncentracija  $\text{Ca}^{2+}$  v sarkoplazmi mejno vrednost ( $10^{-7}$  M), se začne vezava  $\text{Ca}^{2+}$  na element TN-C uravnalnega proteina troponin. Domneva se, da vezava  $\text{Ca}^{2+}$  na troponin povzroči strukturno spremembo v aktinskem miofilamentu tako, da se odkrijejo mesta na aktinu za povezovanje z miozinom. (Bravničar - Lasan, 1996; Enoka, 1994) Povezovanje miozinskega in aktinskega miofilamenta oziroma ciklus vzpostavljanja prečnih mostičev vključuje tri stopnje: vezavo, vrtenje in ločitev (Slika 8). V trenutku, ko postanejo mesta za vezavo na aktinu prosta, se prečni mostič (globularna glavica S1) miozina poveže z aktinom. Vsako molekulo miozina sestavljata dve globularni glavicici S1, od katerih ima ena

mesto za vezavo z aktinom, druga pa ima encim miozin ATP-aza za kataliziranje hidrolize ATP ( $ATP \Rightarrow ADP + P_i + H^+ + \Delta E$ ), ki zagotavlja energijo za cikel prečnih mostičev. (Bravničar - Lasan, 1996; Cooke, 1990; Huxley, 1985; Lieber, 1992; Zahalak, 1990; v Enoka, 1994)

*Slika 8: Ciklus vzpostavljanja prečnih mostičev: (a) mirovanje, (b) vezava, (c) vrtenje, (d) ločitev (Enoka, 1994, stran 173)*



Mišično krčenje predstavlja pretvorbo kemične energije v mehansko energijo. Kljub temu, da ostaja dejanski mehanizem pretvorbe kemične energije v mehansko energijo v procesu mišičnega krčenja neznan, se predpostavlja, da cepitev fosfata od molekule ATP zagotavlja energijo za vrtenje prečnega mostiča. (Huxley, 1985; v Enoka, 1994) Po vezavi prečnega mostiča (globularna glavica S1) miozina s prostim mestom na aktinu se S1 zavrti okoli gibljivega dela miozinske molekule S2 (težki meromiozin – HMM) proti LMM (lahki meromiozin) delu miozinske molekule. Vrtenje prečnega mostiča poteka medtem, ko sta miozin in aktin povezana, zato drsijo miozinski in aktinski miofilamenti eden mimo drugega in ustvarjena sila prečnih mostičev (krčljivi element) se prenaša na Z-liniji. Drsenje miofilamentov poteka v vsaki sarkomeri vzdolž miofibrile. Sila, ki se ustvari ob vrtenju prečnih mostičev, se preko skrajnih koncev vsake miofibrile in vezivnega tkiva, ki obdaja vsako miofibrilo in mišično celico, prenaša na kito in preko nje na kost. (Enoka, 1994) V končni točki vrtenja prečnega mostiča globularna

glavica S1 ponovno veže molekulo ATP in miozin se loči od aktina. (Enoka, 1994) Po ločitvi se prečni mostič vrne v položaj pred začetkom vrtenja in je razpoložljiv za ponovno vezavo s prostim mestom na aktinu.

Ko se akcijski potencial sarkoleme konča, se prepustnost membrane sarkoplazmatičnega retikuluma vrne na svojo normalno nizko raven,  $\text{Ca}^{2+}$  črpalke v membrani sarkoplazmatičnega retikuluma črpajo  $\text{Ca}^{2+}$  nazaj v sarkoplazmatični retikulum in ponovno se vzpostavi zaviralno delovanje uravnalnih proteinov troponina in tropomiozina. (Enoka, 1994) Povezovanje prečnih mostičev miozina z aktinom ni mogoče in miofilamenti se sprostijo.

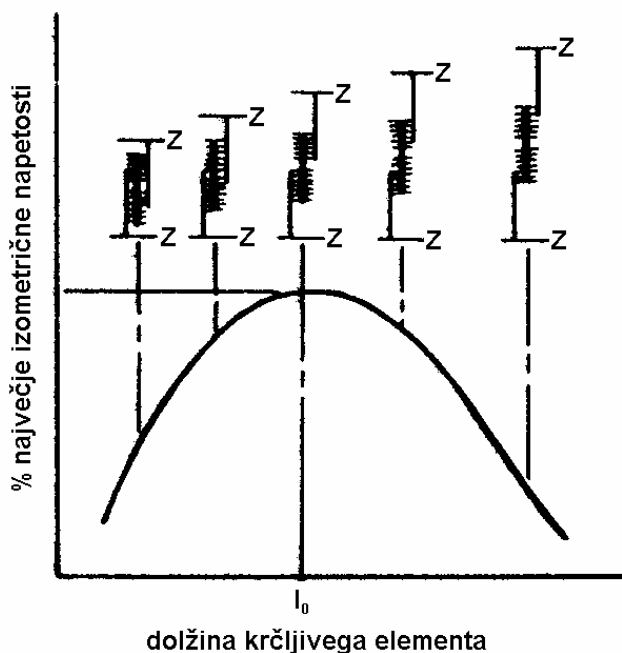
## **2.7. Biomehanske značilnosti skeletnih mišic**

Biomehanske značilnosti skeletnih mišic opisujejo značilnosti odnosov med mišično silo in dolžino skeletne mišice oziroma hitrostjo njenega krčenja.

### *Značilnosti odnosa med mišično silo in dolžino skeletne mišice*

Mišico sestavljata aktivni oziroma krčljivi element in pasivno vezivno tkivo. Tako značilnosti aktivnega kot značilnosti pasivnega elementa vplivajo na odnos med mišično silo in dolžino skeletne mišice. Spremembe strukture miofibril na ravni sarkomer določajo obliko krivulje, ki predstavlja odnos med mišično silo in dolžino skeletne mišice (Slika 9). (Gordon s sodelavci, 1966; v Winter, 1990)

Slika 9: Odnos med mišično silo in dolžino skeletne mišice (Winter, 1990, stran 173)



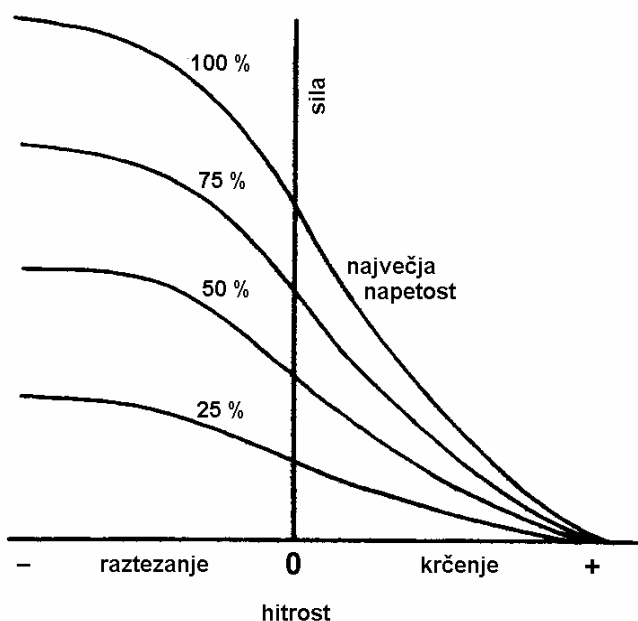
Največje število prečnih mostičev med filamenti se vzpostavi pri dolžini sarkomere v mirovanju (približno  $2,5 \mu\text{m}$ ). Zato lahko pri tej dolžini sarkomere prečni mostiči ustvarijo največjo napetost. Kadar se mišica razteza in se filamenti odmikajo drug od drugega, se število vzpostavljenih prečnih mostičev zmanjša, s tem pa se zmanjša tudi napetost, ki jo lahko razvije aktivni element. Pri največji dolžini sarkomere (približno  $4,0 \mu\text{m}$ ) med filamenti ne prihaja več do vzpostavitve prečnih mostičev in napetost v mišici pade na nič. Kadar se mišica krajša pod dolžino, ki jo zavzema v mirovanju, prihaja do delnega prekrivanja prečnih mostičev. To povzroči motnjo in posledica je zmanjšanje napetosti v mišici. Zmanjševanje napetosti se nadaljuje do popolnega prekrivanja prečnih mostičev, kar se zgodi pri dolžini sarkomere približno  $1,5 \mu\text{m}$ . Napetost v mišici se zelo zmanjša, vendar ne pade na nič. (Winter, 1990)

#### Značilnosti odnosa med mišično silo in hitrostjo krčenja skeletne mišice

Gibanja ni mogoče doseči brez spremembe v dolžini mišice. Vsako gibanje je posledica izmeničnega krčenja in raztezanja/sproščanja mišic, zato je pomembno poznati vplive hitrosti mišičnega krčenja na razvoj napetosti v mišici (Slika 10). Kadar se mišica, ki je pod vplivom

bremena, krajša, se napetost v mišici zmanjšuje. Izjema je izotonično mišično krčenje. V primerih, kadar je smer mišičnega navora enaka smeri kotne hitrosti v sklepu, prihaja do koncentričnega mišičnega krčenja. Mišica opravlja pozitivno delo. Odnos med mišično silo in hitrostjo krčenja skeletne mišice opisuje značilna krivulja.

Slika 10: Odnos med mišično silo in hitrostjo krčenja skeletne mišice (Winter, 1990, stran 179)



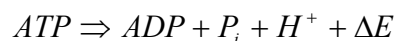
Zmanjševanju napetosti v mišici se medtem, ko se hitrost koncentričnega krčenja mišice povečuje, pripisujeta predvsem dva razloga. Zdi se, da je najpomembnejši razlog za zmanjševanje napetosti trganje oziroma razklapljanje prečnih mostičev v krčljivem elementu in njihovo preoblikovanje v skrajšanih pogojih. Drugi razlog pa bi lahko predstavljal vpliv viskoznosti tako v krčljivem elementu kot tudi v vezivnem tkivu. Viskoznost povzroča trenje, za premagovanje katerega je potrebna notranja sila. Rezultat tega je zmanjšana mišična sila na kiti. (Winter, 1990)

Kadar je smer mišičnega navora nasprotna smeri kotne hitrosti v sklepu, prihaja do ekscentričnega mišičnega krčenja. Običajno prihaja do tega takrat, kadar je velikost zunanje sile, ki deluje na segment, tako velika, da ustvarja navor v sklepu, ki je večji od mišičnega navora. Mišica opravlja negativno delo. Razloga za povečevanje napetosti v mišici, ko se hitrost

raztezanja mišice povečuje, sta podobna tistima pri koncentričnem mišičnem krčenju. Predpostavlja se, da je sila znotraj krčljivega elementa, ki je potrebna za trganje proteinskih vezi prečnih mostičev, večja od tiste, ki je potrebna za njihovo vzdrževanje pri izometrični dolžini. Pomemben pa je tudi vpliv trenja zaradi viskoznosti. Ker je smer gibanja segmenta pri ekscentričnem mišičnem krčenju nasprotna smeri pri koncentričnem mišičnem krčenju, mora biti sila na kiti zato, da bi premagala notranje trenje zaradi viskoznosti, večja. (Winter, 1990)

## 2.8. Energijski procesi v skeletni mišici

Mišica je organ, katerega osnovna naloga je krčenje in sproščanje, za opravljanje te naloge pa uporablja kemično energijo. Kemična energija prihaja v organizem preko vnosa hrane, ki se v prebavilih razgradi na svoje sestavne dele. Gorivo, ki se neposredno porablja pri krčenju skeletnih mišic, je visokoenergetska spojina adenzintrifosfat (ATP). Najuspešnejše obnavljanje porabljenih molekul ATP omogoča kreatinfosfat (CrP), ki se ravno tako kot ATP nahaja v mišici. Glikogen, ki se nahaja v mišici in tudi v jetrih, iz katerih se kot glukoza sprosti in vstopa v mišico kot zunanje gorivo, in maščobe, ki kot proste maščobne kisline in glicerol vstopajo v mišično celico po krvi iz podkožnega maščevja, kjer so pretežno shranjene, so z vidika hitrosti obnavljanja porabljenih molekul ATP manj uspešni. (Ušaj, 1996; Źoładź, 1999) Kemična energija potrebna za mišično delo se sprošča v procesu hidrolize ATP:



Pri tem se ATP razgradi na adenzin difosfat (ADP), anorganski fosfat ( $P_i$ ) in vodikov ion ( $H^+$ ). V procesu hidrolize ATP se ob cepitvi kovalentnih vezi med atomi molekule ATP sprosti energija, ki se v obliki proste energije ( $\Delta E$ ) neposredno porablja za mehansko delo na ravni aktivnih prečnih mostičev. (Źoładź, 1999) V aktivni mišici se največji delež proste energije porablja za molekularno povezovanje med miozinom in aktinom. (Kushmerick in Davis, 1969; Woledge s sodelavci, 1985; Woledge, 1998; v Źoładź, 1999) Prosta energija se porablja tudi za izvajanje drugih bioloških procesov, med katere sodita aktivni transport in biosinteza. (Newsholme, 1992; v Źoładź, 1999)

Kljub temu, da zunanji dokazi molekularnega dogajanja (produkcija sile in moči) na ravni aktivnih prečnih mostičev niso vprašljivi, pa je natančen mehanizem mišičnega krčenja še vedno

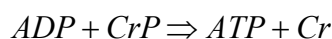


nepojasnen. Na osnovi trenutno veljavne teorije mišičnega krčenja (teorija nihajočih prečnih mostičev) temelji prepričanje, da je za vsak cikel sklapljanja in razklapljanja prečnih mostičev potrebna hidroliza ene molekule ATP. V zadnjem času pa se na osnovi nekaterih mehaničnih raziskav domneva, da se s hidrolizo ene molekule ATP lahko zgodi več kot en cikel sklapljanja in razklapljanja prečnih mostičev. (Yanagida s sodelavci, 1985; Higuchi s sodelavci, 1991; Brenner, 1991; v Źoładź, 1999)

Mišične zaloge ATP v človeški mišici so zelo omejene in so približno 8 mmol na liter (8 mmol/l) znotrajcelične tekočine (Jones, 1993; v Źoładź, 1999) in zagotavljajo energijo potrebno za mišično krčenje za zelo kratek čas. Med mišično aktivnostjo je za ohranjanje določene ravni produkcije mišične sile in/ali moči potrebna obnova hidrolizirane ATP s stopnjo, ki je enaka stopnji njene porabe. Metabolične poti, ki sodelujejo pri obnovi hidrolizirane ATP, so: anaerobna alaktatna pot, anaerobna laktatna pot in aerobna pot.

#### Anaerobna alaktatna pot

Najhitrejša obnova porabljene ATP poteka z razgradnjo kreatinfosfata (CrP).



Količina CrP v mišici je nekajkrat večja od zalog ATP in se pri visoko intenzivnih aktivnostih popolnoma izčrpa v 4 do 5 sekundah. Skupna znotrajmišična zaloga fosfagenskih goriv, torej ATP in CrP, zadošča za 6 do 8 sekund visoko intenzivne aktivnosti. (Bravničar - Lasan, 1996; Enoka, 1994; Ušaj, 1996)

#### Anaerobna laktatna pot

Proces obnove ATP po anaerobni laktatni poti porablja, razen v začetni fazi, za gorivo glikogen. Anaerobni laktatni energijski proces glikoliza ima ob sodelovanju procesa glikogenoliza manjšo moč, vendar večjo zmogljivost od anaerobnega alaktatnega energijskega procesa. To pomeni, da zagotavlja energijo za obnovo porabljene ATP pri naporih z manjšo intenzivnostjo in daljšim trajanjem. Poteka počasneje kot anaerobni alaktatni energijski proces in zagotavlja potrebno energijo za obnovo ATP pri naporih, ki trajajo do dveh minut. Produkt anaerobnega laktatnega energijskega procesa je mlečna kislina. Proces v tem času ne izčrpa zalog goriva, temveč ga

zavre lasten produkt, ki povzroči zakislenost organizma. (Bravničar - Lasan, 1996; Enoka, 1994; Ušaj, 1996)

### Aerobna pot

Obnova ATP po aerobni poti poteka najpočasneje in doseže največjo moč šele po nekaj minutah. Aerobni energijski procesi imajo najmanjšo moč in največjo zmogljivost med vsemi energijskimi procesi, ki sodelujejo pri obnovi hidrolizirane ATP. Meja aerobnega napora je približno 50 % največje porabe kisika. Pri naporih z večjo intenzivnostjo se dodatno začnejo vključevati tudi anaerobni laktatni procesi. (Brooks, 1985; v Ušaj, 1996) Aerobni energijski procesi porabljajo dve vrsti goriv: tista, ki izhajajo iz ogljikovih hidratov (glukoza in glikogen), in tista, ki izhajajo iz maščob (glicerol in proste maščobne kisline). (Keul s sodelavci, 1972; McGilvery, 1975; v Ušaj, 1996) V primerjavi z anaerobnimi energijskimi procesi je aerobna pot obnove ATP bolj kompleksna. Poteka v več fazah in ob sodelovanju večjega števila hormonov, ki uravnavajo porabo goriv v mišici in številne druge kemične procese v organizmu.

Sahlin (1986) je v svoji raziskavi ugotovil, da se zmogljivost izražena kot skupna količina ATP, ki se lahko obnovi, in moč izražena s stopnjo obnavljanja ATP (mmol/sek.) med posameznimi metaboličnimi potmi obnove ATP močno razlikujeta (Preglednica 1).

*Preglednica 1: Zaloge goriva, moč, čas pospeška in potreba po kisiku različnih energijskih virov (Sahlin, 1986; v Źołądź, 1999, stran 7)*

Proces	Razpoložljiva energija (mol ATP)	Čas dela pri 70 % VO <sub>2</sub> max (min)	Največja moč (mmol ATP/sek.)	Čas potreben za dosego največje moči	Potreba po O <sub>2</sub> (mmol O <sub>2</sub> /ATP)
<b>Anaerobni procesi:</b>					
ATP	0,02	0,03	11,2	< 1 sek.	0
CrP	0,34	0,5	8,6	< 1 sek.	0
CHO ⇒ laktat	0,7 do 5,2	0,9 do 6,9	5,2	< 5 sek.	0
<b>Aerobni procesi:</b>					
CHO ⇒ CO <sub>2</sub> + H <sub>2</sub> O	70	93	2,7	3 min.	0,167
FFA ⇒ CO <sub>2</sub> + H <sub>2</sub> O	8000	10600	1,4	30 min.	0,177

CHO – glukoza je lahko gorivo v anaerobnem laktatnem energijskem procesu (anaerobna glikoliza) in v aerobnem energijskem procesu (oksidacija glukoze oziroma Krebsov krog in oksidacijska fosforilacija), v slednjem so lahko gorivo tudi FFA – proste maščobne kisline. VO<sub>2</sub> max – največja poraba kisika.

Razlike v zmogljivosti obnavljanja ATP med naštetimi energijskimi procesi imajo neposreden vpliv na sposobnost produkcije mišične sile in/ali moči ter na odpornost na utrujenost. Ko se delež šibkejšega sistema za obnovo ATP poveča, se produkcija mehanske mišične moči zmanjša. Odnos med padcem produkcije mišične moči med podaljševanjem časa trajanja mišičnega dela opisuje krivulja »moč – trajanje« in ima obliko hiperbole. (Hill, 1927; v Źołądź, 1999)

## **2.9. Možna mesta in vzroki za človeško utrujenost pri športni aktivnosti**

Človeška utrujenost pri športni aktivnosti se izraža kot zmanjšanje produkcije največje mišične sile in/ali moči. (Asmussen, 1979; Edwards, 1981; v Źołądź, 1999) Po Edwards (1983) je utrujenost nezmožnost vzdrževanja potrebne ali pričakovane produkcije moči. Za pojav utrujenosti je lahko več vzrokov, ki se lahko pojavijo na različnih mestih v telesu in se razlikujejo med posameznimi tipi mišične aktivnosti. Pojav utrujenosti je lahko posledica sprememb v ravni delovanja različnih funkcionalnih podsistemov, kot so: vzdraženost

motoričnega korteksa, prenos vzdraženja do nižje ležečih motoričnih živcev (spinalni živci), vzdraženost motoričnih živcev, živčnomišični prenos, vzdraženost sarkoleme, sklapljanje akcijskega potenciala s spremembo v prepustnosti membrane sarkoplazmatičnega retikuluma za  $\text{Ca}^{2+}$ , krčljivi element in metabolično energijska oskrba. Velja prepričanje, da ima centralna utrujenost, katere izvor so spremembe v centralnem živčnem sistemu, pomembnejšo vlogo pri dalj časa trajajočih motoričnih aktivnostih, medtem ko periferna utrujenost (mišična utrujenost) predstavlja omejitveni dejavnik za kratkotrajne in visoko intenzivne motorične aktivnosti. (Bigland - Ritchie, 1981, 1984; v Źoładź, 1999) Manj poznani so vzroki za pojav centralne utrujenosti. Nekateri izmed vzrokov za miselno utrujenost bi bili lahko v spremembah koncentracije možganskega monoamina, kopičenju amoniaka v možganih in povečanju ravni prenašalca električnih dražljajev 5-HT v nekaterih delih možganov. (Newsholme in Blomstrand, 1995; v Źoładź, 1999)

Predpostavlja se, da so poslabšanje živčnomišičnega prenosa na mestu sinaptične reže, izčrpanje zalog CrP in glikogena, kopičenje nekaterih presnovnih produktov (ADP, AMP, IMP,  $\text{P}_i$ ,  $\text{H}^+$  in  $\text{NH}_3$ ) in povečanje temperature organizma zaradi telesne aktivnosti (Kozłowski s sodelavci, 1985; v Źoładź, 1999) nekateri izmed pomembnejših vzrokov za periferno utrujenost. (Fitts, 1994, 1996; Sahlin s sodelavci, 1998; v Źoładź, 1999) Produkt anaerobnih laktatnih energijskih procesov je mlečna kislina, ki razpade na laktatne ( $\text{LA}^-$ ) in vodikove ( $\text{H}^+$ ) ione. Prav kopičenje  $\text{H}^+$  bi bil lahko pomemben vzrok za periferno utrujenost. Zakislenost organizma lahko na več načinov negativno vpliva na delovanje mišice. (Sahlin, 1986; Allen s sodelavci, 1995; v Źoładź, 1999)

Ugotovitve nekaterih novejših raziskav pa so delno ovrgle vlogo  $\text{H}^+$  pri mišični utrujenosti. (Adams s sodelavci, 1991; Pate s sodelavci, 1995; Westerblad s sodelavci, 1997; v Źoładź, 1999)

Mišice med krčenjem pretvarjajo kemično energijo v mehansko delo. Zaradi tega je bil večji del pozornosti znanstvenega raziskovanja namenjen izčrpanju zalog virov energije kot možnemu vzroku utrujenosti. Izčrpanje zalog virov energije je gotovo eden izmed pomembnejših razlogov za pojav utrujenosti v večini primerov. (Bigland - Ritchie, 1987) Ostali dejavniki, ki vplivajo na raven energijskega izkoristka, vključujejo homeostatske spremembe v mišici (na primer spremembe vrednosti pH zaradi kopičenja laktata). Ustrezen pretok krvi skozi mišico je predpogoj za zadostno energijsko oskrbo mišice in vzdrževanje homeostatskega ravnovesja v

mišici. Zato pretok krvi skozi mišico igra osrednjo vlogo pri preprečevanju mišične utrujenosti. (Sjøgaard, 1987)

Znano je, da tako obnova mišične sile kot tudi hitrosti mišičnega krčenja ni mogoča, dokler ni vzpostavljena ponovna oskrba mišice s kisikom. (Bigland - Ritchie, 1987)

Velikost pretoka krvi skozi mišico je odvisna od povprečnega arterijskega krvnega pritiska (PAKP), venskega krvnega pritiska (VKP) in lokalnega žilnega (vaskularnega) upora (LVU). Odnos med spremenljivkami določa Haagen-Poiseuille enačba:

$$\text{pretok} = (\text{PAKP} - \text{VKP}) \times \text{LVU}^{-1}$$

Iz enačbe je razvidno, da se pretok krvi skozi mišico poveča, kadar se poveča povprečni arterijski krvni pritisk (PAKP) ali zmanjša lokalni žilni upor (LVU), medtem ko se pretok zmanjša, kadar se venski krvni pritisk (VKP) in/ali lokalni žilni upor (LVU) poveča. (Sjøgaard, 1987)

Spremenljivki Venski krvni pritisk (VKP) in Lokalni žilni upor (LVU) sta, med drugim, odvisni tudi od znotrajmišičnega pritiska. Kadar se znotrajmišični pritisk poveča, se pritisk na notranji strani krvnih žil zmanjša. Ker krvne žile niso trde cevi, se v trenutku, ko pritisk na notranji strani krvnih žil doseže kritično nizko točko, delno ali popolnoma sesedejo. Zaradi tega se poveča lokalni žilni upor (LVU). Za venski krvni pritisk (VKP) se domneva, da je enak znotrajmišičnemu pritisku, in glede na to naj bi pretok krvi skozi mišico postal ničeln v trenutku, ko znotrajmišični pritisk izenači ali preseže povprečni arterijski krvni pritisk (PAKP). (Sjøgaard, 1987)

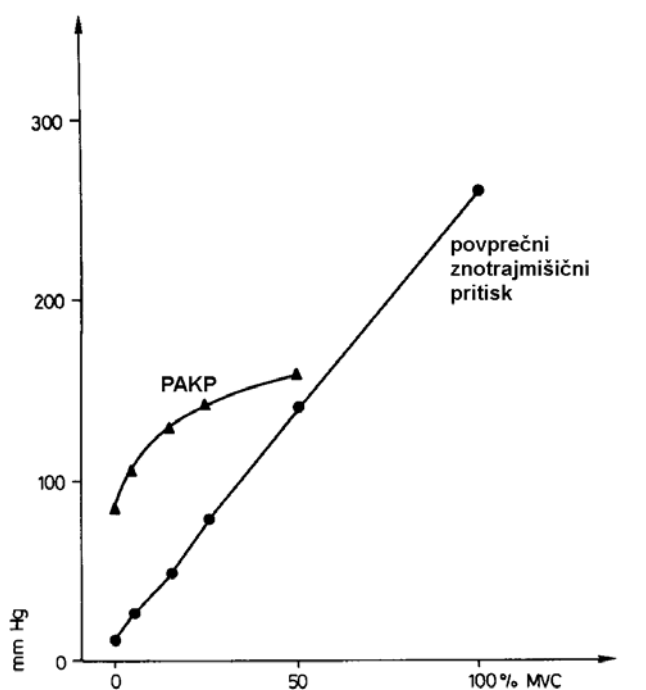
Pri nekaterih tipih mišične aktivnosti lahko pride do pomembnega zmanjšanja produkcije mišične sile in/ali moči kljub temu, da periodična biopsija obremenjenih mišic pokaže majhne spremembe v njihovi biokemični sestavi. (Bigland - Ritchie s sodelavci, 1986) Zdi se verjetno, da je v nekaterih od teh primerov eden izmed razlogov za zmanjšanje produkcije mišične sile in/ali moči tudi poslabšanje živčnomišičnega prenosa med živčnimi končiči in mišico, ki jo oživčujejo. (Aldrich s sodelavci, 1986; Bigland - Ritchie, 1987; Milner - Brown in Miller, 1986; Stephens in Taylor, 1972)

Naslednji pomemben dejavnik, ki prav tako lahko predstavlja enega izmed vzrokov za pojav utrujenosti, je sposobnost centralnega živčnega sistema, da vzdržuje potrebno raven prenosa vzdraženja do nižje ležečih motoričnih živcev (spinalni živci) oziroma pogona živčnih impulzov, brez katerih se mišice ne morejo krčiti, ne glede na to kako izdatna je njihova oskrba s kisikom ali z energijskimi substrati. (Asmussen, 1979; Bigland - Ritchie, 1987)

### Visoko intenzivno neprekinjeno izometrično mišično krčenje

Na osnovi ugotovitev nekaterih raziskav (Barcroft in Millen, 1939; Edwards s sodelavci, 1972; Sadomoto s sodelavci, 1983; Saltin s sodelavci, 1981; Sjøgaard s sodelavci, 1986) je bilo povečevanje znotrajmišičnega pritiska v mišicah iztegovalkah kolena razloženo s povečevanjem napetosti v teh mišicah. Ugotovljeno je bilo, da je pretok krvi skozi mišice iztegovalke kolena prekinjen že pri približno 50 % največjega zavestnega mišičnega krčenja (Slika 11). (Sjøgaard, 1987)

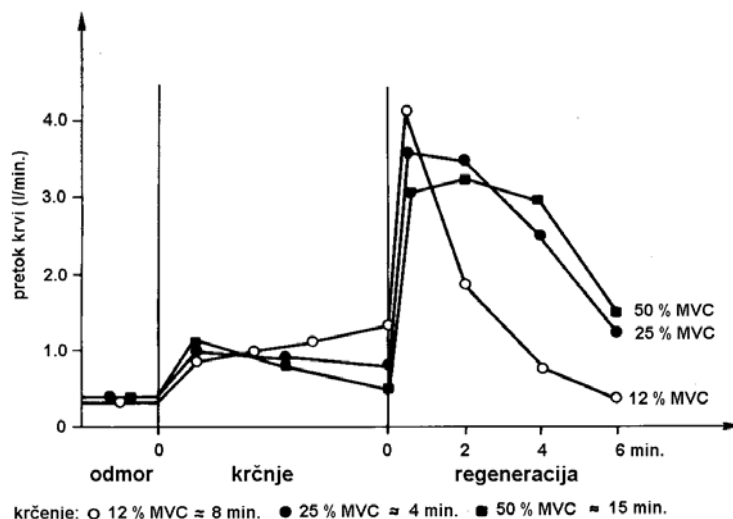
*Slika 11:* Odnos med povprečnim znotrajmišičnim pritiskom in povprečnim arterijskim krvnim pritiskom ter relativno silo mišičnega krčenja (Sjøgaard, 1987, stran 100)



Različne raziskave so prišle do nasprotnojučih si rezultatov o tem, pri katerem odstotku največjega zavestnega mišičnega krčenja je pretok krvi skozi mišico prekinjen. Sjøgaard s sodelavci (1986) meni, da bi bila lahko ena izmed razlag za takšne ugotovitve ta, da je povečevanje znotrajmišičnega pritiska različno med posameznimi mesti v mišični skupini in je med drugim odvisno tudi od globine v mišici. Tako lahko do delnega zapiranja krvnih žil in oviranja pretoka krvi skozi mišico pride že pri vrednostih, ki so veliko nižje kot 50 % največjega zavestnega mišičnega krčenja in tudi že pri okrog 20 % največjega zavestnega mišičnega krčenja. (Barcroft in Millen, 1939; Edwards s sodelavci, 1972)

Sjøgaard (1987) je ugotovila, da se samo pri zelo nizkih vrednostih povečevanja napetosti v mišici povečevanje pretoka krvi skozi mišico ujema s povečevanjem energijskih sprememb. Že pri vrednosti okrog 10–20 % največjega zavestnega mišičnega krčenja se začne razlika med povprečnim arterijskim krvnim pritiskom (PAKP) in povprečnim znotrajmišičnim pritiskom manjšati (Slika 11). To kaže na zmanjšanje pretoka krvi skozi mišico. Posledica je slabša energijska oskrba mišice, kar povzroči rušenje homeostatskega ravnovesja v mišici.

*Slika 12:* Pretok krvi skozi mišico med odmorom, mišičnim krčenjem pri 12, 25 in 50 % MVC ter med regeneracijo (Sjøgaard, 1987, stran 100)



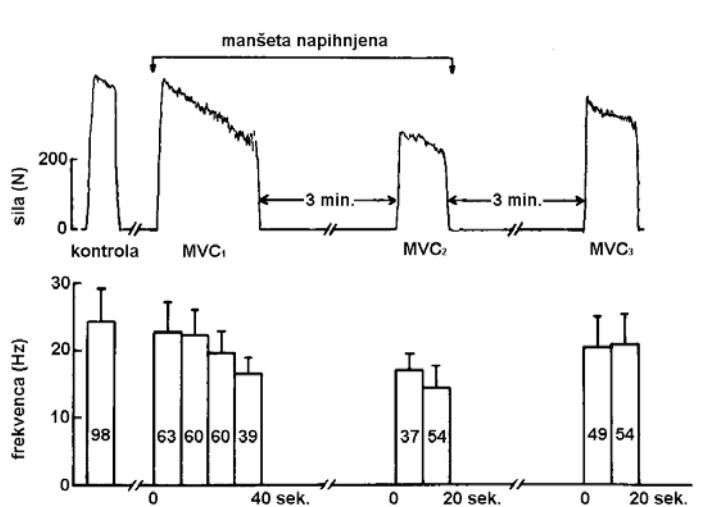
S Slike 12 je razvidno, da je bilo začetno povečevanje pretoka krvi skozi mišico pri 12, 25 in 50 % največjega zavestnega mišičnega krčenja podobno (Gaffney s sodelavci, 1987) in je bilo verjetno posledica simpatične vasodilatatorne aktivnosti. (Krogh in Lindhard, 1913) Med

nadaljevanjem krčenja je bila raven vzdrževanja pretoka krvi skozi mišico pri 12 % največjega zavestnega mišičnega krčenja višja kot v primerjavi s 25 ali 50 % največjega zavestnega mišičnega krčenja. Zdi se, da je bil celo pri 12 % največjega zavestnega mišičnega krčenja pretok krvi skozi mišico nezadosten, saj je v mišici prišlo do izrazitega kopičenja laktata (od 0,8 v mirovanju do 1,9 mmol/100 g suhe mase po 5 min. krčenja). (Sjøgaard, 1987) Potemtakem lahko nezadosten pretok krvi skozi mišico razloži pojav mišične utrujenosti pri napetosti v mišici, ki se pojavlja pri nekoliko nad 10 % največjega zavestnega mišičnega krčenja. (Sjøgaard, 1987)

Nekatere raziskave utrujenosti, ki se pojavlja pri največjem zavestnem neprekinjenem izometričnem mišičnem krčenju, so pokazale vzporedno upočasnjevanje delovanja motoričnega živca in hitrosti krčenja mišice. (Bigland - Ritchie s sodelavci, 1983) Ugotovitve teh raziskav kažejo na možnost, da je doseganje zgornje meje delovanja motoričnega živca, ki jo je še mogoče doseči zavestno, uravnano na način, da zadosti minimumu potrebnemu za največjo mišično aktivacijo. Pomeni, da se raven vzdraženosti, ki je potrebna za tetanično zlitje posameznih mišičnih krčenj, znižuje skupaj z upočasnjevanjem hitrosti krčenja mišice. Zdi se, da delovanje motoričnega živca ovira zaviralni refleks, katerega izvor je v mišici in ki nastane kot odgovor na eno izmed mnogih sprememb, ki jih povzroča utrujenost (Slika 13). Vzrok za nastanek refleksa se pripisuje predvsem presnovnim dejavnikom. (Bigland - Ritchie, 1987)



Slika 13: Dokaz obstoja in vplivanja zaviralnega refleksa na delovanje motoričnega živca (Bigland - Ritchie, 1987, stran 116)



Zgornji zapis: zapis mišične sile, spodnji zapis: skladne spremembe v delovanju motoričnega živca.

### Nizko intenzivno neprekinjeno izometrično mišično krčenje

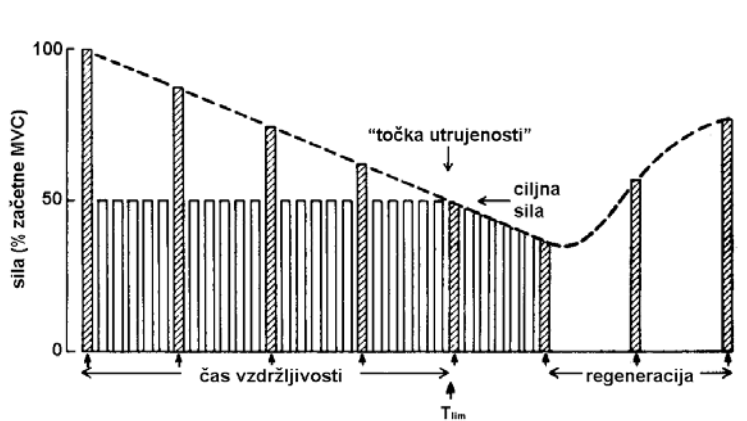
Kaže, da je pretok krvi skozi mišico pri zelo nizkih vrednostih napetosti v mišici (manj kot 10 % največjega zavestnega mišičnega krčenja) zadosten, da oskrbuje aktivno mišico s potrebnimi hranilnimi snovmi. (Sjøgaard, 1987) Kljub temu so številne raziskave (Bjorksten in Jonsson, 1977; Hagberg, 1981; Sjøgaard s sodelavci, 1986) pokazale, da do pojava utrujenosti pride tudi pri tako nizkih silah mišičnega krčenja. Sposobnost mišične vzdržljivosti je tudi pri nizkih vrednostih sile mišičnega krčenja zelo spremenljiva in ni odvisna samo od odstotka največjega zavestnega mišičnega krčenja, temveč tudi od dejavnikov, kot sta sestava mišičnih vlaken (počasna ali hitra mišična vlakna) in mišična zgradba. (Sjøgaard, 1987) Kljub temu, da je pri nizko intenzivnem izometričnem mišičnem krčenju oskrba mišice s potrebnimi hranilnimi snovmi zadostna, pa je prenos teh snovi znotraj mišice lahko oviran. Eden izmed možnih vzrokov utrujenosti pri tovrstnem mišičnem krčenju je povečanje vsebnosti vode v medceličnem prostoru. S tem se poveča razdalja med stenami krvnih žil in mišičnimi vlakni, preko katere poteka difuzija hranilnih snovi (tudi za 50 % na koncu enournega krčenja). (Sjøgaard, 1987) Odvajanje presežka vode iz medceličnine je naloga limfnega sistema. Ta je najbolj odvisen od mišičnega krčenja, ki kot črpalka potiska limfo proti centralnemu delu telesa. Ker pri izometričnem mišičnem krčenju ne prihaja do krčenja in sproščanja mišice (stiskanja), ostaja

presežek vode v medceličnini. Izostanek mišičnega krčenja lahko dodatno poslabša tudi enakomerno razporeditev hranilnih snovi v medceličnini. Stiskanje lahko mehanično povzroči mešanje hranilnih snovi v medceličnini, a ker pri izometričnem mišičnem krčenju do stiskanja ne prihaja, je prenos hranilnih snovi odvisen samo od principa difuzije.

### Prekinjajoče izometrično mišično krčenje

Utrujenost pri prekinjajočem se, ne največjem, izometričnem mišičnem krčenju ima nekoliko drugačne vzroke kot utrujenost pri neprekinjenem izometričnem mišičnem krčenju, tako visoko kot nizko intenzivnem.

Slika 14: Eksperimentalni protokol za ugotavljanje vzrokov utrujenosti pri prekinjajočem se, ne največjem, izometričnem mišičnem krčenju (Bigland - Ritchie, 1987, stran 113)

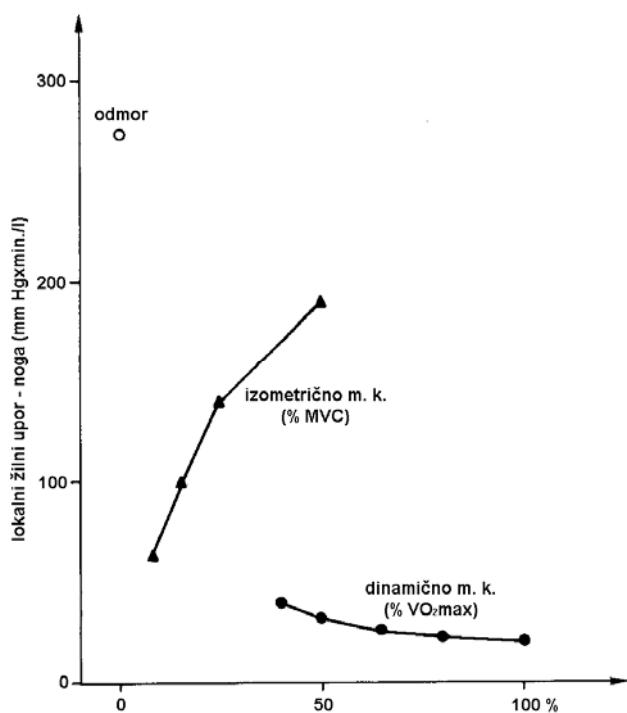


Slika 14 predstavlja eksperimentalni protokol v presledkih ponavljajočih se (6 sek. krčenje – 4 sek. odmor), ne največjih, mišičnih krčenj (50 % največjega zavestnega mišičnega krčenja). Mišična krčenja so se izvajala tudi preko trenutka (meja vzdržljivosti –  $T_{lim}$ ), ko ciljne sile mišičnega krčenja ni bilo več mogoče dosegati. Ugotovljeno je bilo, da je upadanje sile zavestnega mišičnega krčenja v večji meri ali celo izključno posledica odpovedovanja mišičnega krčljivega elementa v času trajanja eksperimenta. V raziskavi dobljene ugotovitve se pripisujejo periferni utrujenosti. (Bigland - Ritchie s sodelavci, 1986)

### Dinamično mišično krčenje z majhno mišično maso

Pri dinamični mišični aktivnosti obstaja pozitivna linearna zveza med pretokom krvi skozi mišico in intenzivnostjo obremenitve. To je v nasprotju z opažanji pri neprekinjenem izometričnem mišičnem krčenju, pri katerem se pretok krvi skozi mišico, ko se obremenitev poveča nad 10 % največjega zavestnega mišičnega krčenja, zmanjša. (Sjøgaard, 1987) Razlika v reakciji organizma na ti dve vrsti mišičnega krčenja je posledica različnega odziva lokalnega žilnega upora (LVU). S povečevanjem intenzivnosti izometričnega mišičnega krčenja se lokalni žilni upor (LVU) kot posledica povečevanja znotrajmišičnega pritiska poveča (Slika 15).

*Slika 15:* Vrednosti lokalnega žilnega upora med izometričnim in dinamičnim mišičnim krčenjem pri različnih intenzivnostih krčenja (Sjøgaard, 1987, stran 103)



Med dinamično mišično aktivnostjo v dobi krčenja mišice znotrajmišični pritisk nikoli ne preseže vrednosti 50 mm Hg. Te vrednosti ne preseže niti med največjo intenzivnostjo obremenitve. V dobi sprostitve mišice pa znotrajmišični pritisk pade na nič. (Sjøgaard, neobjavljeni podatki) Zaradi tega je vrednost povprečnega lokalnega žilnega upora (LVU) med dinamičnim mišičnim krčenjem zelo nizka in pada s povečevanjem intenzivnosti obremenitve.

Največje vrednosti pretoka krvi skozi mišico ( $250 \text{ ml}/100 \text{ g} \times \text{min.}^{-1}$ ) so bile objavljene za dinamično mišično krčenje z majhno mišično maso (manj kot 10 % skupne telesne mišične mase). (Andersen in Saltin, 1985)

Če je pretok krvi skozi mišico zadosten, lahko predstavlja prenos hranilnih snovi med stenami kapilar in znotrajceličnim prostorom mišičnih vlaken omejitveni dejavnik. Povečevanje pretoka krvi skozi mišico, v kateri je večina kapilar že napolnjenih (kar se predvideva pri največji intenzivnosti obremenitve), (Tymml, 1986) bo povzročilo zmanjšanje povprečnega prehodnega časa (PPČ). Povprečni prehodni čas (PPČ) predstavlja čas prehoda krvi skozi kapilaro.

Glavna prednost velike kapilarne gostote v mišici je najverjetneje relativno daljši povprečni prehodni čas (PPČ), ki omogoča optimalno izmenjavo hranilnih snovi, vključno s kisikom in presnovnimi produkti, preko kapilarne stene. Zaradi omejene topljivosti kisika v vodnih tekočinah lahko traja nekaj 100 ms, da kisik preko kapilarne stene vzpostavi difuzijsko ravnotežje. Zdi se, da padec povprečnega prehodnega časa (PPČ) pod 1.000 ms vpliva na prenos kisika do mišičnih vlaken, padec pod 500 ms pa predstavlja že kritično točko. (Saltin, 1985) Omejitveni dejavnik za sprejetje kisika v mišici lahko poleg pretoka krvi skozi mišico predstavlja tudi razpoložljiv čas za kisik in mogoče nekatere druge substance, da difundirajo preko kapilarne membrane. (Sjøgaard, 1987)

#### *Dinamično mišično krčenje z veliko mišično maso*

Pri telesni aktivnosti, kjer sodeluje celotno telo in je aktivne približno 50 % skupne telesne mišične mase, lahko sposobnost srčno-žilnega sistema predstavlja omejitveni dejavnik za mišično storilnost. (Sjøgaard, 1987)

Različna mogoča mesta omejenega prenosa v verigi prenosa hranilnih snovi v mišici in različni mogoči vzroki za omejen prenos so prikazani v Shemi 2.

*Shema 2: Shematični prikaz omejitvenih dejavnikov za prenos hranilnih snovi v skeletni mišici (Sjøgaard, 1987, stran 105)*

Vrsta mišične aktivnosti	Mesto omejenega prenosa	Vzrok za omejen prenos
<b>Izometrično mišično krčenje:</b>		
Visoko intenzivno	Pretok krvi skozi mišico	Povečan znotrajmišični pritisk $\Rightarrow$ povečan lokalni žilni (vaskularni) upor (LVU)
Nizko intenzivno	Prenos znotraj mišice (medceličnina)	Kopičenje $H_2O_e$ (edem) in pomanjkanje mehničnega mešanja medceličnine
<b>Dinamično mišično krčenje:</b>		
Majhna mišična skupina	Prenos preko kapilarne stene	Zmanjšan povprečni prehodni čas (PPČ) $\Rightarrow$ zmanjšan čas difuzije (kritičen predvsem za kisik)
Celotno telo	Pretok krvi skozi mišico	Omejena sposobnost srčno-žilnega sistema

*Vloga koncentracije kalija v mišični celici pri pojavu mišične utrujenosti*

Splošna domneva je, da predstavlja ciklični proces povezovanja aktina in miozina glavnega porabnika energijskih substratov iz krvi. Kakor koli, Edwards in Wiles (1981) sta na osnovi svojih raziskav zaključila, da izčrpanje energijskih substratov potrebnih za mehanizem krčenja ni omejitveni dejavnik, ki bi določal trajanje neprekinjenega izometričnega mišičnega krčenja. Ugotovitve raziskav, ki so obravnavale vzdraženost membrane mišičnega vlakna, (Bigland - Ritchie s sodelavci, 1979) napeljujejo celo na to, da bi bila lahko membrana mišičnega vlakna tisto mesto, kjer je zahteva po energiji odločilnega pomena. Vzdraženost membrane mišičnega vlakna je odvisna od potenciala membrane, ki pa je odvisen zlasti od prehajanja kalijevih ionov ( $K^+$ ) preko membrane. Med mišičnim krčenjem se koncentracija  $K^+$  v mišičnem vlaknu zmanjša (Preglednica 2). Naloga Na-K črpalke je črpanje  $K^+$  nazaj v mišično celico, ta proces pa zahteva energijo.

*Preglednica 2: Pregled izgube K<sup>+</sup> iz mišice pri izometričnem in dinamičnem mišičnem krčenju (Sjøgaard, 1987, stran 106)*

Mišično krčenje	Intenzivnost obremenitve (%)	Čas trajanja obremenitve (min.)	Pretok plazme skozi mišico (l/min.)	(v-a) K <sup>+</sup> (mmol/l)	Izguba K <sup>+</sup> (mmol/min.)	Skupna izguba K <sup>+</sup> (mmol)
<b>Izometrično (% MVC):</b>	50 <sup>1</sup>	1,3	0,35	0,90	0,32	1,0
	25 <sup>1</sup>	3	0,40	1,10	0,44	1,3
	15	5	0,55	0,60	0,33	1,7
	5	60	0,90	0,25	0,23	13,0
<b>Dinamično (% VO<sub>2</sub> max):</b>	100 <sup>1</sup>	6,5	3,2	0,80	2,56	17
	60 <sup>1</sup>	120	2,0	0,17	0,34	40
	35	/	1,7	0,11	0,19	/

<sup>1</sup> Ohranjanje stanja mišičnega krčenja do izčrpanosti. MVC – največje zavestno mišično krčenje, VO<sub>2</sub> max – največja poraba kisika.

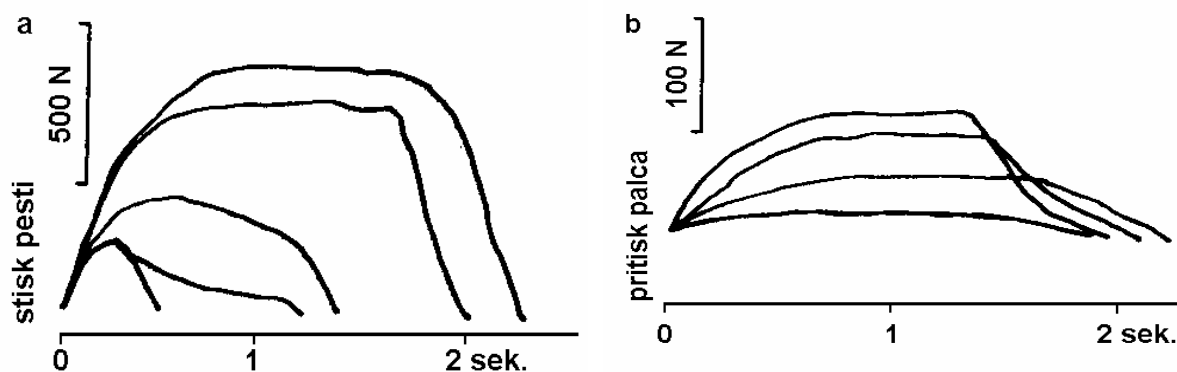
Pri pojavu periferne utrujenosti ima pretok krvi skozi mišico dvojno vlogo (Shema 3). Na eni strani pretok krvi z oskrbovanjem mišice z energijskimi substrati in odstranjevanjem metabolitov in toplote preprečuje nastanek utrujenosti, medtem ko na drugi strani z odplakovanjem K<sup>+</sup> stopnjuje utrujenost. Sjøgaard (1987) je ugotovila tesno povezanost med odzivom srčno-žilnega sistema (srčni utrip) in K<sup>+</sup> v venozni krvi tako med izometričnim kot tudi med dinamičnim mišičnim krčenjem.

Shema 3: Shematični prikaz vplivov pretoka krvi skozi mišico na preprečevanje in stopnjevanje periferne utrujenosti (Sjøgaard, 1987, stran 107)

PRETOK KRVI SKOZI MIŠICO			
Vpliv 1:		Vpliv 2:	
Oskrbovanje			Odstranjevanje
Substrati		Metaboliti	Kalij
		Toplota	Zmanjšana koncentracija znotrajceličnega K <sup>+</sup>
Vzdrževanje homeostaze			Zmanjšana vzdraženost celične membrane
Predpogoj za pretvorbo energije			Stopnjevanje
Preprečevanje			
PERIFERNA UTRUJENOST			

Utrujenost na splošno bolj prizadene hitra mišična vlakna kakor počasna mišična vlakna. (Garnett s sodelavci, 1979) Kadar je periferna (mišična) utrujenost posledica zmanjšane ali prekinjenega pretoka krvi skozi obremenjeno mišico, utrujenost v večji meri prizadene raven povečevanja napetosti v mišici kot pa trajanje mišičnega krčenja (Slika 16b). Pri ponavljajočih se, največjih zavestnih mišičnih krčenjih, kjer pretok krvi ni oviran, se lahko raven povečevanja napetosti v mišici ohranja, zmanjša pa se čas trajanja mišičnega krčenja (Slika 16a). Zdi se, da je utrujenost pri ponavljajočih se, največjih zavestnih mišičnih krčenjih odvisna od dejavnikov centralnega živčnega sistema (psihološki dejavniki). (Secher, 1987)

Slika 16: Zapisi mišične sile pri dveh različnih eksperimentalnih protokolih: (a) ponavljajoče stiskanje pesti (MVC), (b) ponavljajoč pritisk palca (MVC) ob prekinjenem pretoku krvi (Secher, 1987, stran 153)



## 2.10. Vloga zgradbe mišičnih vlaken na produkcijo mišične sile in/ali mišične moči

Človeške skeletne mišice so sestavljene iz presnovno in funkcionalno različnih mišičnih vlaken, ki so organizirana v različne motorične enote. Vsako motorično enoto sestavljajo en akson motoričnega živca in skupina presnovno in funkcionalno homogenih mišičnih vlaken, ki jih ta živec oživčuje. Dokazano je bilo, da je največja hitrost krčenja mišičnega vlakna ( $V_{max}$ ) pomemben parameter razlikovanja med posameznimi mišičnimi vlakni. (Close, 1965; v Žołądź, 1999) Največja hitrost krčenja posameznega mišičnega vlakna ( $V_{max}$ ) pa je proporcionalna z aktivnostjo miozin ATP-aze, ki jo aktivira aktin. (Barany, 1967; v Žołądź, 1999)

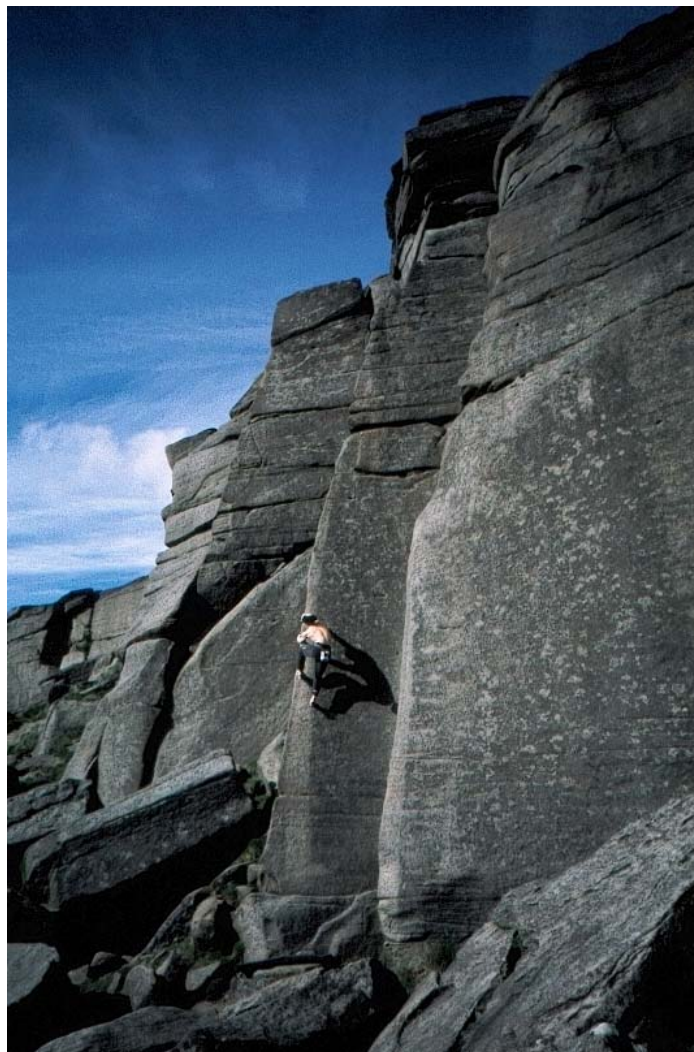
Klasifikacija mišičnih vlaken zajema naslednje tipe mišičnih vlaken: tip I, tip IIA in tip IIB. (Guth in Samaha, 1969; Guth in Samaha, 1970; Brooke in Kaiser, 1970; v Žołądź, 1999)

Zdi se, da je relativni delež težkih verig miozina v tipih I, IIA in IIB v posameznih človeških mišičnih vlaknih glavni določitelj največje hitrosti krčenja posameznega mišičnega vlakna ( $V_{max}$ ). (Larsson in Moss, 1993; v Žołądź, 1999) Ker je zmožnost produkcije mišične moči v aktivni mišici rezultat mišične sile in hitrosti njenega krčenja, (Hill, 1938; Woledge s



sodelavci, 1985; v Źoładź, 1999) ima zgradba mišičnih vlaken neposreden vpliv na produkcijo mišične moči. (Bottinelli s sodelavci, 1996) Ugotovitve nekaterih raziskav (Gollnick s sodelavci, 1974; Vollestad s sodelavci, 1984; Vollestad in Blom, 1985; v Źoładź, 1999) kaŹejo, da je za razvoj manjše mišične moči dovolj Źe nabor večinoma mišičnih vlaken tipa I, medtem ko je za opravljanje nalog, ki zahtevajo produkcijo veĹje mišične moĹi, potreben nabor veĹjega deleŹa mišičnih vlaken tipa II. Mišična vlakna doseŹejo najveĹjo produkcijo moĹi, kadar se krĹijo s hitrostjo, ki ustreza 17–38 % njihove najveĹje hitrosti krĹenja ( $V_{max}$ ). (Rome s sodelavci, 1988; Rome, 1993) To pomeni, da ima hitrost gibanja pomemben vpliv na produkcijo mišične moĹi.

*Slika 17: Plezalec v naravni steni (plezalec: BlaŹ Rant; plezaliŹe: Peak District – Velika Britanija; fotografski arhiv Rant)*



### 3. PREDMET IN PROBLEM TER NAMEN DELA

Z namenom osvetlitve predmeta dela so za ugotavljanje stanja in spremljanja sprememb sposobnosti in lastnosti športnika oziroma športnega plezalca/plezalk v tem poglavju predstavljena pomembna dejstva, ugotovitve in hipoteze. K spoznanju o hipotetični pomembnosti nekaterih morfoloških in motoričnih dimenzij ter k oblikovanju preprostejšega, učinkovitejšega in zanesljivejšega skupka testov za ugotavljanje in nadzor sprememb sposobnosti ter lastnosti športnih plezalcev/plezalk v disciplini težavnostno plezanje pripomorejo tako dejstva o testiranjih kot tudi spoznanja, ugotovljena v raziskavah opravljenih na področju športnega plezanja.

Športni dosežek je posledica kompleksnega vplivanja mnogih dejavnikov. Izmed njih so genetsko podedovane sposobnosti in lastnosti tiste, ki mogoče v največji meri določajo športnikovo uspešnost v določeni športni panogi. Mednje sodijo tako antropometrične značilnosti, sposobnosti in lastnosti srčno-žilnega sistema ter delež posameznih tipov mišičnih vlaken v zgradbi mišice kot tudi sposobnost napredovanja in razvoja pod vplivom športne vadbe. (Bouchard, 1986; v MacDougall s sodelavci, 1991) Dejavnik, ki ima prav tako zelo velik vpliv na športni dosežek, je količina in primernost športne vadbe v obdobju pred tekmovanjem. Na športni dosežek poleg mnogih psiholoških in socioloških dejavnikov vplivata tudi zdravstveno stanje športnika in njegove prehranjevalne navade. (MacDougall s sodelavci, 1991)

Podrobno poznavanje sposobnosti in lastnosti športnika omogoča izdelavo optimalnega vadbenega programa in v zadnjem koraku procesa športne vadbe tudi oblikovanje najučinkovitejšega pristopa k tekmovanju. Za ugotavljanje in nadzor sprememb sposobnosti in lastnosti športnika se uporabljajo izbrani laboratorijski in/ali terenski testi. Testiranja se izvajajo periodično in po vnaprej izdelanem programu, ki sledi ciklizaciji športne vadbe v obdobju vsaj ene tekmovalne sezone in se znotraj nje ne spreminja.

Prednosti oblikovanja in izvajanja programa testiranj so: (MacDougall s sodelavci, 1991)

1. Rezultati testiranj pokažejo športnikove močne in šibke točke v odnosu do njegove športne panoge ter hkrati predstavljajo izhodiščne podatke za izdelavo individualnega programa športne vadbe za naslednje vadbeno obdobje.

2. Rezultati testiranj predstavljajo povratno informacijo. Primerjava rezultatov testiranj z rezultati predhodnih testiranj predstavlja osnovo za ugotavljanje učinkovitosti in uspešnosti programa športne vadbe izvajanega v obdobju med dvema testiranjema.
3. Rezultati testiranj lahko predstavljajo informacijo o zdravstvenem stanju športnika. Za pridobitev takšnih informacij so potrebna bolj obsežna testiranja in meritve, ki vključujejo tudi prisotnost medicinskega osebja.
4. Program testiranj in njihovo izvajanje je izobraževalni proces, v katerem športnik spoznava zahteve svoje športne panoge in jih hkrati začne tudi bolje razumevati. Proces interpretacije rezultatov meritev postane medij, preko katerega športnik spozna delovanje nekaterih najpomembnejših fizioloških procesov, ki sodelujejo pri športni aktivnosti, poleg tega pa tudi vlogo zavedanja in občutenja svojega telesa v procesu športne vadbe in tekmovanj.

Testiranja imajo tudi svoje omejitve. Predvsem laboratorijski testi in tako pridobljeni rezultati ter iz njih izpeljane ugotovitve služijo v prvi vrsti samo kot pripomoček pri načrtovanju, izvajanju, nadzoru in oceni vadbenega procesa. Športni dosežek katerega koli športnika je sestavljen iz množice različnih dejavnikov, od katerih je fiziološka sposobnost organskih sistemov samo ena. Zato je v športnih panogah, kjer tehnični, taktični in psihološki elementi športne priprave odločilno vplivajo na športni rezultat, nesmiselno poskušati predvidevati športni dosežek na osnovi enega fiziološkega testa ali skupine fizioloških testov. Šele primerjava rezultatov laboratorijskih in terenskih testov ter tekmovalnih rezultatov omogoča oblikovanje verodostojne ocene trenutne športnikove športne pripravljenosti. (MacDougall s sodelavci, 1991; Ušaj, 1996)

Značilnosti učinkovitega programa testiranj so: (MacDougall s sodelavci, 1991)

- Ustreznost testiranih spremenljivk za določeno športno panogo. Pozitivna ali negativna sprememba vrednosti teh spremenljivk ima pomemben vpliv na športni rezultat v določeni športni panogi.
- Veljavnost in zanesljivost izbranih testov. Testi dejansko merijo tisto sposobnost ali lastnost merjenca, ki je predvidena za obravnavo (veljavnost), enaka kvaliteta izvedbe testov pa da vedno enako vrednost rezultata (zanesljivost).
- Občutljivost in objektivnost izbranih testov. Testi so občutljivi takrat, kadar so sposobni zaznati majhne razlike med merjenci, objektivni pa takrat, kadar so rezultati testov odvisni samo od merjenca in ne od merilca.

- Specifičnost oblike in izvedbe testov za določeno športno panogo. Rezultati tako oblikovanih testov imajo največjo pojasnjevalno vrednost in praktično uporabnost.
- Natančna opredeljenost izvajanja testov in testiranj. Standardizacija postopka izvajanja testov zajema vrstni red izvajanja testov in ostalih protokolov, aktivnosti in naloge pred in med izvajanjem testov, navodila merjencem, nadzor okolja in opreme ter drugih za kvaliteto rezultatov testov pomembnih dejavnikov. Zajema tudi zapis zdravstvenega in psihološkega stanja športnika ter vadbenega obdobja, v katerem se športnik nahaja. Vsako ponovno izvajanje testiranj v celoti sledi standardiziranemu postopku.
- Spoštovanje človekovih pravic športnika. Pred pričetkom testiranj je potrebno merjence temeljito seznaniti z namenom testiranj ter morebitnimi fizičnimi in psihološkimi tveganji ob izvajanju testov oziroma v času izvajanja testiranj. Potrebno je zagotoviti tajnost podatkov in rezultatov testiranj.
- Ponavljanje testiranj v rednih presledkih. Samo testiranja, ki sledijo različnim ciklom vadbenega procesa, omogočajo ugotavljanje učinkovitosti vadbenega procesa v tem obdobju. Testiranja, ki se izvajajo preveč poredko ali celo enkrat na leto, imajo majhno praktično uporabnost za športnika in trenerja. Rezultati tako redkih testiranj so uporabni predvsem za znanstveno obravnavo.
- Osebna interpretacija rezultatov testiranj športniku in trenerju. Rezultati testiranj morajo biti športniku in trenerju predstavljeni takoj po končani obdelavi in interpretirani v jeziku in na način, ki ga oba razumeta. Brez ustrezne interpretacije rezultatov celoten postopek testiranj izgubi svoj namen.

Glavni in hkrati končni cilj procesa športne vadbe v vrhunskem športu predstavlja optimalen tekmovalni nastop. Uspešnost tekmovalnega nastopa je odvisna od številnih dejavnikov, od katerih vsak prispeva različno velik delež h končni oziroma tekmovalni storitvi. Testi omogočajo merjenje specifičnih osnovnih dejavnikov, za katere se predvideva, da so pomembni za kvaliteto neke storitve. Na osnovi rezultatov merjenj teh dejavnikov se oblikujejo vadbeni programi. Cilj vadbenih programov je izboljšanje kvalitete posameznih dejavnikov ter posredno, v povezavi z drugimi dejavniki, tudi kvalitete tekmovalnega nastopa.

Med dejavniki, ki določajo uspešnost tekmovalnega nastopa, obstajajo številne posredne in neposredne povezave. Ugotavljanje pomembnosti in vpliva teh povezav na tekmovalni nastop ter s tem na tekmovalni dosežek je za športnika in trenerja preveč zahtevno opravilo.

Oblikovanje modela tekmovalne zmogljivosti, ki na osnovi kombinacije izbranih kazalcev v kar največji meri določa tekmovalno zmogljivost športnika, zahteva znanstven pristop in je zato naloga znanstvenih ustanov. (Ušaj, 1996)

Tudi na področju športnega plezanja so bile opravljene raziskave, ki so ugotovljale pomembnost in vpliv posameznih dejavnikov morfološkega in motoričnega prostora na plezalno sposobnost oziroma tekmovalni rezultat.

Opravljene raziskave, ki so ugotovljale morfološke značilnosti športnih plezalcev in plezalk, so obravnavale večino antropometričnih značilnosti. V raziskavah je bila večja pozornost posvečena predvsem spremenljivkam, kot so Telesna masa, Telesna višina in Kožne gube ter Dolžine, Obsegi in Širine zgornjih okončin.

Watts in sodelavci (1993) so v svoji raziskavi obravnavali vzorec devetintridesetih polfinalistov tekme svetovnega pokala v športnem plezanju, izmed katerih se je sedem moških in šest žensk kasneje uvrstilo v finalni del tekmovanja. Ugotovili so, da so vrhunski športni plezalci majhne do srednje postave (AT:  $62,4 \pm 4,5$  kg – finalisti; AV:  $179,3 \pm 5,2$  cm – finalisti) in imajo zelo majhen delež maščobne mase ( $4,8 \pm 2,3$  % – finalisti). Vrednosti razmerja med telesno višino in telesno maso ter vsote sedmih kožnih gub pri ženskah finalistkah so bile zelo podobne vrednostim pri moških finalistih. Zaključili so, da sta zmanjšanje telesne mase in deleža maščobne mase primarni prilagoditvi pri teh športnih plezalkah. Plezalna sposobnost oziroma tekmovalni rezultat pa je bil predvidljiv na osnovi vpliva spremenljivk Stisk pesti relativno (% telesne mase) in Delež maščobne mase, vendar je bil multipli korelacijski koeficient nizek.

Uлага (1999) je na vzorcu štirinajstih vrhunskih slovenskih športnih plezalcev dobila podobne vrednosti aritmetične sredine spremenljivk Telesna masa (AT:  $61,94 \pm 5,36$  kg) in Telesna višina (AV:  $174,50 \pm 5,20$  cm).

V raziskavi Viviani in Calderan (1991; v Uлага, 1999) so bile na vzorcu enaintridesetih evropskih športnih plezalcev ugotovljene vrednosti morfoloških spremenljivk Telesna masa (AT:  $63,6 \pm 4,5$  kg), Telesna višina (AV:  $175,9 \pm 6,2$  cm) in Delež maščobne mase: 8,3 %.

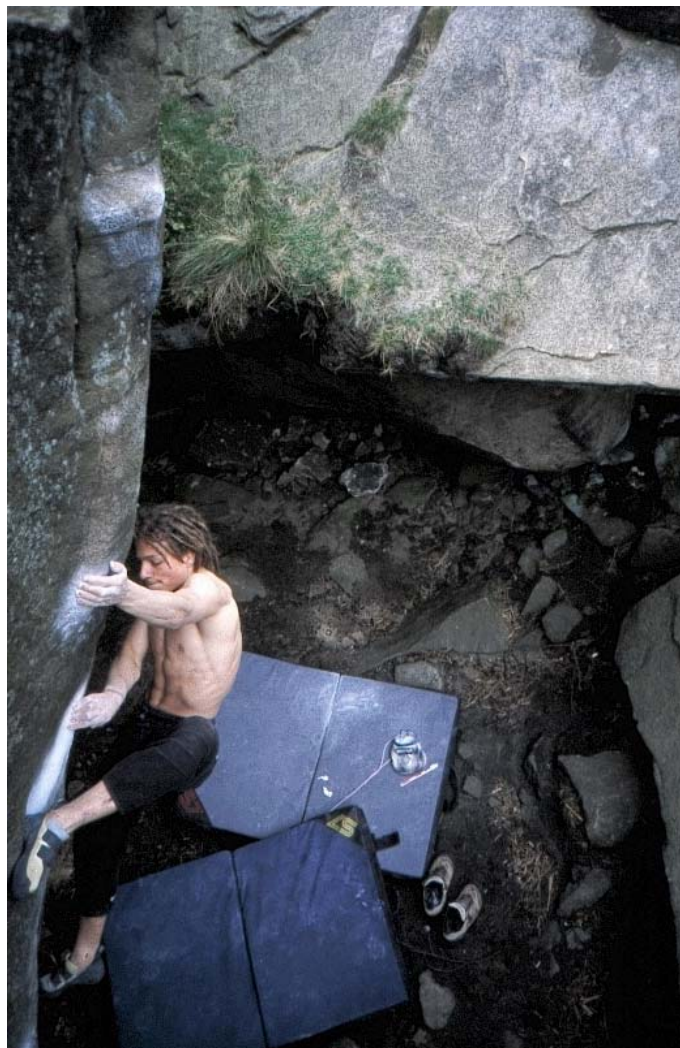
Watts in sodelavci (2003) so v raziskavi antropometričnih značilnosti, ki je bila opravljena na vzorcu devedesetih mladih (starost – leta:  $13,5 \pm 3,0$ ) ameriških športnih plezalcev (vsi udeleženci Junior Competition Climbers Association US National Championship), ugotovili, da se le-ti v skoraj vseh merjenih antropometričnih spremenljivkah razlikujejo od kontrolne skupine petinštiridesetih mladih neplezalcev. Kljub podobnosti v spremenljivki Starost v obeh skupinah je bila med njima ugotovljena statistično značilna razlika na ravni manjši od 1 % v spremenljivkah Telesna višina, Telesna masa, Razmerje med razponom zgornjih okončin in telesno višino, Razmerje med širino medenice in širino ramen, Vsota sedmih in Vsota devetih kožnih gub, Delež maščobne mase in Stisk pesti relativno (% telesne mase). Kljub statistično značilnim razlikam v spremenljivkah Vsoti kožnih gub in Delež maščobne mase med skupinama niso bile ugotovljene razlike v spremenljivki Indeks telesne mase (BMI). Na osnovi ugotovitev so zaključili, da so mladi športni plezalci v osnovnih antropometričnih značilnostih podobni odraslim vrhunskim športnim plezalcem. Podobnost se nanaša na relativno majhno postavo, majhno telesno maso, majhno vsoto kožnih gub in visoko vrednost stiska pesti relativno (% telesne mase). V odnosu do vrstnikov neplezalcev se zdi, da imajo športni plezalci ožja ramena glede na boke. Kljub temu, da so bile med športnimi plezalci in neplezalci ugotovljene podobne vrednosti spremenljivke Indeks telesne mase (BMI), med njimi obstajajo razlike v sestavi telesa.

Čeprav je večina raziskav ugotovila značilne morfološke lastnosti športnih plezalcev ali povezanost antropometričnih značilnosti športnih plezalcev s plezalnimi sposobnostmi oziroma tekmovalnim uspehom, so Mermier in sodelavci (2000) prišli do drugačnih zaključkov. Ugotovili so, da v njihovi raziskavi antropometrične značilnosti pojasnjujejo samo 0,3 % celotne variabilnosti plezalnega nastopa. Te ugotovitve ne podpirajo prepričanja, da morajo imeti športni plezalci značilne antropometrične lastnosti za dosego uspeha v športnem plezanju.

Raziskave, ki so bile na področju športnega plezanja opravljene na hipotetično pomembnih spremenljivkah motoričnega prostora, se v splošnem delijo na raziskave, ki so ugotavljale predvsem fiziološki in metabolični oziroma presnovni odziv organizma pri športnem plezanju, in na raziskave, ki so podrobneje obravnavale nekatere, za uspeh v športnem plezanju hipotetično pomembne motorične spremenljivke.

Uлага (1999) je v svoji raziskavi poleg morfoloških in psiholoških spremenljivk obravnavala tudi šestnajst motoričnih spremenljivk. Obravnavane spremenljivke so hipotetično zajemale prostor največje moči in vzdržljivosti v moči mišic zgornjih okončin, vzdržljivosti v moči trebušnih mišic in gibljivosti v nekaterih sklepih. Na osnovi ekspertnega sistema je bilo pojasnjenih 40 % celotne variabilnosti spremenljivke Tekmovalni uspeh. Ugotovljeno je bilo, da je visoka povezanost ( $r = -,635$ ) s spremenljivko Tekmovalni uspeh posledica predvsem vpliva motoričnega prostora, medtem ko sta morfološki in psihološki prostor prispevala dosti manjši delež k pojasnjevanju celotne variabilnosti spremenljivke Tekmovalni uspeh.

*Slika 18:* Plezalec pri premagovanju balvanskega problema v naravni steni (plezalec: Blaž Rant; balvanski problem: Brad Pitt 8a Fb; plezališče: Peak District – Velika Britanija; fotografski arhiv Rant)



Hoffmann (1999; v Ulaga 1999) je z uporabo petih motoričnih testov v vzorcu dvestotih plezalcev ugotavljal povezanost dobljenih vrednosti v teh testih s plezalnimi sposobnostmi merjencev. Obravnavane spremenljivke so hipotetično zajemale prostor največje moči prstov, mišic rok in ramenskega obroča ter vzdržljivosti v moči prstov. Rezultati raziskave so pokazali, da se plezalne sposobnosti merjencev povečujejo s povečevanjem hipotetične največje moči prstov, mišic rok in ramenskega obroča ter vzdržljivosti v moči prstov.

Watts in sodelavci (1996) so raziskovali povezanost mišične moči in mišične vzdržljivosti mišic upogibalk prstov ter gibanja koncentracije laktata s trenutkom pojava utrujenosti (konec plezanja) in potekom obnove v času odmora pri športnem plezanju. S pomočjo dinamometra je bila izmerjena največja zavestna mišična sila. Mišična vzdržljivost je bila določena kot čas vzdrževanja sile večje od 70 % največje zavestne mišične sile. Povprečni čas plezanja je bil  $12,9 \pm 8,5$  min., povprečna preplezana dolžina smeri, merjena v uspešno preplezanih krogih, pa  $2,8 \pm 2,2$ . Ugotovili so, da se je mišična sila upogibalk prstov v povprečju zmanjšala za 22 %, mišična vzdržljivost pa za 57 % glede na začetne izmerjene vrednosti. Vrednosti obeh spremenljivk sta ostali pod začetno izmerjeno vrednostjo tudi po dvajsetih minutah po koncu plezanja. Vrednost laktata se je z začetne vrednosti  $1,4 \pm 0,8$  mmol/l statistično značilno povečala na  $6,1 \pm 1,4$  mmol/l ob koncu plezanja in je ostala povečana ( $2,3 \pm 0,8$  mmol/l) tudi po dvajsetih minutah obnove v času odmora. Odstotek zmanjšanja mišične sile upogibalk prstov je bil v statistično značilni povezanosti s časom plezanja ( $r = ,70$ ), številom uspešno preplezanih krogov ( $r = ,70$ ) in z laktatom ( $r = ,76$ ). Odstotek zmanjšanja mišične vzdržljivosti upogibalk prstov je bil v statistično značilni povezanosti s časom plezanja ( $r = ,70$ ) in številom uspešno preplezanih krogov ( $r = ,80$ ), ne pa tudi z laktatom ( $r = ,56$ ). Raziskovalci so zaključili, da se mišična sila in mišična vzdržljivost mišic upogibalk prstov zmanjšata kot posledica neprekinjenega plezanja in ostaneta zmanjšani tudi po dvajsetih minutah obnove v času odmora. Prav tako se zdi, da se mišična sila obnovi hitreje kot mišična vzdržljivost.

Za plezanje značilno mišično vzdržljivost mišic upogibalk prstov so raziskovali Grant in sodelavci (2003). Primerjali so vzdržljivost mišic upogibalk prstov med plezalci, veslači in atleti. Izmerjeno je bilo največje zavestno mišično krčenje (MVC) in merjenci so izvajali različne oblike izometričnega mišičnega krčenja pri 40 % največjega zavestnega mišičnega krčenja (MVC). Skupine so primerjali v treh različnih testih: neprekinjeno krčenje, šest sekund krčenje – štiri sekunde odmor in osemnajst sekund krčenje – dvanajst sekund odmor.



Raziskovalci so spremljali vrednosti spremenljivk Krvni pritisk, Laktat in Zaznava bolečine. Plezalci so imeli statistično značilno večjo vrednost največjega zavestnega mišičnega krčenja (MVC) od ostalih dveh obravnavanih skupin. V času trajanja izvajanja katerega koli izmed treh testov med skupinami niso bile ugotovljene statistično značilne razlike. Samo v testu osemnajst sekund krčenje – dvanajst sekund odmor je bila v skupini plezalcev ugotovljena statistično značilna večja vrednost koncentracije laktata od skupine veslačev. Med skupinami niso bile ugotovljene statistično značilne razlike v spremembah krvnega pritiska.

V raziskavi Grant s sodelavci (1996) je bilo ugotovljeno, da so vrhunski plezalci v prostoru največje moči mišic upogibalk prstov, vzdržljivosti mišic rok in ramenskega obroča ter gibljivosti v kolčnem sklepu statistično značilno boljši od rekreativnih plezalcev in neplezalcev.

Metabolični oziroma presnovni odziv organizma pri športnem plezanju so z opazovanjem vrednosti, velikosti in smeri spreminjanja vrednosti spremenljivk ugotavljali v številnih raziskavah. Najpogosteje opazovane spremenljivke so Srčni utrip, Poraba kisika ( $VO_2$ ) in Laktat. Mermier in sodelavci (1997) so ugotavljali povezanost vrednosti srčnega utripa, porabe kisika ( $VO_2$ ) in laktata s plezanjem treh smeri na treh različnih naklonih umetne plezalne stene ( $90^\circ$ ,  $106^\circ$  in  $151^\circ$ ). Ugotovljene so bile statistično značilne razlike med posameznimi smermi v vseh treh spremenljivkah. Vrednosti spremenljivk so se povečevale s povečevanjem naklona umetne plezalne stene. Raziskovalci so zaključili, da je športno plezanje na umetnih plezalnih stenah lahko takšna športna dejavnost, ki izboljšuje delovanje srčno-žilnega sistema in mišične vzdržljivosti. Uporaba klasičnega odnosa med srčnim utripom in porabo kisika ( $VO_2$ ), ki je značilen za kolesarjenje na ergometru, pa ni primerna za analiziranje in načrtovanje intenzivnosti vadbe v športnem plezanju.

Do zelo podobnih ugotovitev o odnosu med srčnim utripom in porabo kisika pri športnem plezanju so v svojih raziskavah prišli tudi Billat s sodelavci (1995) ter Sheel s sodelavci (2003).

Tudi Watts in Drobish (1998) sta raziskovala fiziološki odziv organizma pri plezanju na različnih naklonih umetne plezalne stene ( $80^\circ$ – $102^\circ$ ). Plezanje je potekalo na umetni plezalni steni s spreminjajočim naklonom in premikajočo plezalno površino. Spremljala sta

spreminjanje vrednosti spremenljivk Srčni utrip, Poraba kisika ( $VO_2$ ), Laktat, Sila stiska pesti in Raven zaznanega napora. Ugotovila sta, da se je vrednost srčnega utripa povečala s povečanjem naklona plezalne stene, medtem ko se vrednost porabe kisika ( $VO_2$ ) ni statistično značilno spremenila. Vrednost laktata se je začela statistično značilno povečevati v trenutku, ko je naklon plezalne stene presegel vertikalni položaj ( $91^\circ$ ), in se je povečevala pri nadaljnjem povečevanju naklona plezalne stene. Sila stiska pesti je upadala s povečevanjem naklona plezalne stene in je bila v negativni korelaciji z laktatom ( $r = -0,96$ ). Prav tako se je raven zaznanega napora povečala s povečevanjem naklona plezalne stene.

Kljub temu, da velike absolutne vrednosti mišične moči niso neobičajne, je relativna mišična moč (% telesne mase) pri vrhunskih športnih plezalcih zelo velika. Dokazano je, da sta mišična moč in mišična vzdržljivost zgornjega dela telesa pomembni za uspeh v športnem plezanju. Športni plezalci običajno nimajo izredno visokih vrednosti aerobne moči ( $VO_2 \text{ max}$ ). Vrednosti aritmetičnih sredin največje porabe kisika ( $VO_2 \text{ max}$ ) se gibljejo med 52 in 55 ml/(kg·min.). Čas običajnega tekmovalnega nastopa traja od 2 do 7 minut in poraba kisika ( $VO_2$ ) se v tem času v povprečju giblje med 20 in 25 ml/(kg·min.). Trenutna poraba kisika ( $VO_2$ ) pa je lahko tudi preko 30 ml/(kg·min.). Poraba kisika ( $VO_2$ ) se običajno med plezanjem ustali na določeni ravni in ostane povečana tudi v obdobju obnavljanja po koncu plezanja. Med plezanjem prihaja do kopičenja laktata, katerega vrednost ostane povečana več kot dvajset minut tudi v obdobju obnavljanja po koncu plezanja. Pri plezanju težkih smeri se vzdržljivost mišic upogibalk prstov zmanjša bolj kot moč teh istih mišic. (Watts, 2004)

V primerjavi z drugimi raziskovalci so Booth in sodelavci (1999) dobili nekoliko večje vrednosti spremenljivk Srčni utrip, Poraba kisika ( $VO_2$ ) in Koncentracija laktata pri športnem plezanju. Pri plezanju na umetni plezalni steni s premikajočo plezalno površino so bile ob koncu plezanja izmerjene vrednosti porabe kisika ( $VO_2$ ):  $43,8 \pm 2,2$  ml/(kg·min.), srčnega utripa:  $190 \pm 4$  ut./min. in koncentracije laktata:  $10,2 \pm 0,6$  mmol/l.

Watts in sodelavci (2000) so poleg metaboličnega oziroma presnovnega odziva organizma pri športnem plezanju ugotavljali tudi učinke aktivnega (1. skupina – kolesarjenje pri 25 W) in pasivnega (2. skupina) odmora po koncu plezanja. Ugotovili so, da se je vrednost laktata med plezanjem statistično značilno povečala v obeh opazovanih skupinah. Vrednost laktata je ostala v 2. skupini (pasivni odmor) povečana vse do tridesete minute po koncu plezanja,

medtem ko se je v 1. skupini (aktivni odmor) vrnila na raven pred začetkom plezanja v dvajsetih minutah. Moč mišic upogibalk prstov se je statistično značilno zmanjšala v prvi minuti po koncu plezanja v 1. skupini (aktivni odmor), medtem ko v 2. skupini (pasivni odmor) tega ni bilo zaslediti. Zdi se, da nizko intenzivni aktivni odmor pomembno zmanjša vrednost nakopičenega laktata v prvih dvajsetih minutah po koncu plezanja, vendar pa ostaja nepojasnjena vloga (pozitivna ali negativna) aktivnega odmora na kasnejše plezalne sposobnosti.

Poleg laktata in srčnega utipa so Schoeffl in sodelavci (2004) ugotavljali tudi velikost znotrajmišičnega pritiska v mišicah globokih upogibalkah prstov pri športnih plezalcih. Vzorec je sestavljalo deset športnih plezalcev. Vrednost laktata se je povečala s povečanjem fizičnega napora in dosegla aritmetično sredino pri 3,48 mmol/l. Prav tako se je s povečanjem fizičnega napora povečal tudi znotrajmišični pritisk, ki je presegel vrednost 30 mm Hg pri samo treh merjenjih. Vrednost znotrajmišičnega pritiska večja od 40 mm Hg ni bila ugotovljena. Po koncu plezanja se je pri sedmih merjenjih znotrajmišični pritisk vrnil na raven v mirovanju v treh minutah. Trije merjenji, pri katerih so bile izmerjene večje vrednosti znotrajmišičnega pritiska ( $> 30$  mm Hg), so potrebovali daljši čas za obnovo.

Ferguson in Brown (1997) pa sta preučevala odziv srčno-žilnega sistema na neprekinjeno in prekinjajoče (pet sekund krčenje – dve sekundi odmor) izometrično mišično krčenje mišic podlakti pri 40 % največjega zavestnega mišičnega krčenja (MVC). Natančneje sta ugotavljala spremembe arterijskega krvnega pritiska in žilne (vaskularne) prevodnosti v mišicah podlakti med skupino vrhunskih plezalcev in skupino neplezalcev. V spremenljivki Čas trajanja neprekinjenega izometričnega mišičnega krčenja med skupinama niso bile ugotovljene statistično značilne razlike. Vendar pa so bile največje vrednosti povečanja sistoličnega krvnega pritiska statistično značilno manjše pri plezalcih ( $25 \pm 13$  mm Hg) kot pri neplezalcih ( $48 \pm 17$  mm Hg). Podobne vrednosti povečanja so bile ugotovljene tudi pri diastoličnem krvnem pritisku. Takoj po koncu neprekinjenega izometričnega mišičnega krčenja je bila žilna prevodnost v mišicah podlakti večja v skupini plezalcev kot v skupini neplezalcev in je na tej ravni ostala prvi dve minuti odmora. Pri prekinjajočem izometričnem mišičnem krčenju mišic podlakti je bil čas do trenutka pojava utrujenosti pri plezalcih ( $853 \pm 76$  sek.) dvakrat daljši kot pri neplezalcih ( $420 \pm 69$  sek.). Žilna prevodnost v mišicah podlakti je bila tako med izvajanjem kot tudi po koncu izvajanja prekinjajočega izometričnega mišičnega krčenja večja v skupini plezalcev kot v skupini neplezalcev.

Nekatere raziskave fiziologije napora, v katerih so ugotavljali metabolični oziroma presnovni odziv organizma na zelo visoko intenzivne in kratkotrajajoče napore pri dinamičnem mišičnem krčenju in neprekinjenem izometričnem mišičnem krčenju, so pokazale, da se pri premagovanju tovrstnega napora v krvi lahko pojavi znatno kopičenje amoniaka. (Milić in Leskošek, 2003) Na osnovi teh ugotovitev sta Milić in Leskošek (2003) v svoji raziskavi ugotavljala vpliv amoniaka na pojav periferne utrujenosti pri športnih plezalcih. Vzorec je sestavljalo šest slovenskih vrhunskih športnih plezalcev (dve ženski in štirje moški). Plezanje je potekalo na umetni plezalni steni s spreminjajočim naklonom. Naloga merjencev je bila preprijemanje z dveh višje ležečih na dva nižje ležeča oprimka v ritmu 60 preprijemov na minuto (diktirano z metronomom). Povprečni čas plezanja je bil  $183,5 \pm 56,2$  sec. Med vrednostima pred in po testu je bila tako za amoniak (pred:  $33,83 \pm 4,54$  mmol/l; po:  $112,83 \pm 43,82$  mmol/l) kot za laktat (pred:  $2,03 \pm 0,14$  mmol/l; po:  $5,25 \pm 0,26$  mmol/l) ugotovljena statistično značilna razlika.

Pregled opravljenih raziskav pokaže, da so raziskovalci v svojih raziskavah obravnavali relativno majhno število večinoma podobnih ali enakih spremenljivk. Prav tako so bile raziskave večinoma opravljene samo na enem spolu, čeprav empirične izkušnje nakazujejo na možnost, da so tekmovalne smeri v vrhunskem športnem plezanju za moške motorično bolj kompleksne od tekmovalnih smeri za ženske. Zdi se, da so raziskovalci prezrli dejstvo oziroma domnevo, da je delež težkih ali zelo težkih gibov, ki zahtevajo primerno razvitost motoričnih sposobnosti, vzdržljivost v moči in največja moč, v moških smereh večji od deleža podobnih gibov v ženskih smereh. Z namenom zapolnitve dela vrzeli v razumevanju in poznavanju morfološke in motorične strukture športnih plezalcev in plezalk se zdi izdelava tega dela upravičena. Predmet dela predstavlja ugotavljanje povezanosti med morfološkimi in motoričnimi spremenljivkami pri športnih plezalcih in plezalkah, problem pa ugotavljanje hipotetične motorične sposobnosti, ki jo meri izbrana odvisna motorična spremenljivka.

#### **4. CILJI RAZISKAVE**

1. Ugotoviti, ali med spremenljivkami morfološkega in motoričnega prostora med vzorcem moških in vzorcem žensk obstajajo statistično značilne razlike.
2. Ugotoviti obliko, smer in velikost povezanosti med spremenljivkami uporabljenih motoričnih in morfoloških testov pri meritvah športnih plezalcev.
3. Ugotoviti povezanost morfoloških neodvisnih spremenljivk z odvisno motorično spremenljivko.
4. Ugotoviti povezanost motoričnih neodvisnih spremenljivk z odvisno motorično spremenljivko.
5. Ugotoviti povezanost morfoloških značilnosti z motoričnimi spremenljivkami, neodvisnimi in odvisno.
6. Ugotoviti, ali predstavlja odvisna motorična spremenljivka Situacijski test na plezalni steni s spremenljivim naklonom (ST) takšno motorično sposobnost, kakršne ne meri nobena izmed preostalih uporabljenih neodvisnih motoričnih spremenljivk.
7. Ugotoviti povezanost odvisne motorične spremenljivke Situacijski test na plezalni steni s spremenljivim naklonom (ST) s tekmovalnim uspehom.

## 5. HIPOTEZE

- H01: Korelacija med neodvisnimi spremenljivkami znotraj morfološkega prostora je statistično značilna na ravni 5 % tveganja.
- H02: Korelacija med neodvisnimi spremenljivkami znotraj motoričnega prostora je statistično značilna na ravni 5 % tveganja.
- H03: Korelacija med neodvisnimi spremenljivkami motoričnega prostora in odvisno motorično spremenljivko je statistično značilna na ravni 5 % tveganja.
- H04: Korelacija med neodvisnimi spremenljivkami morfološkega in motoričnega prostora je statistično značilna na ravni 5 % tveganja.
- H05: Korelacija med neodvisnimi spremenljivkami morfološkega prostora in odvisno motorično spremenljivko je statistično značilna na ravni 5 % tveganja.
- H06: Največja možna korelacija, določena z multiplim korelacijskim koeficientom, med sistemom neodvisnih spremenljivk in odvisno motorično spremenljivko je statistično značilna na ravni 5 % tveganja.
- H07: S pomočjo multiple regresije izračunana prediktivna ocena za posamezno neodvisno spremenljivko je statistično značilna na ravni 5 % tveganja.

## **6. METODE DELA**

Meritve športnih plezalcev so potekale na Fakulteti za šport v Ljubljani.

### **6.1. Vzorec merjencev**

Populacijo merjencev so predstavljali vsi člani članske in/ali mladinske reprezentance v športnem plezanju v obdobju med letoma 1999 in 2003.

V vzorec merjencev so bili zajeti vsi, v času meritev nepoškodovani in zdravi člani reprezentanc. Za člane mladinske reprezentance je bila udeležba na meritvah obvezna, medtem ko so se člani samo članske reprezentance o sodelovanju na meritvah samostojno odločali.

Vzorec merjencev je zajemal 45 slovenskih športnih plezalcev (20 deklet in 25 fantov), ki so se v obdobju med letoma 1999 in 2003 udeležili meritev na Fakulteti za šport. Vsi merjenci so bili člani članske in/ali mladinske reprezentance v športnem plezanju.

V raziskavi vsak merjenec nastopa enkrat in z rezultati zadnjih meritev, pri katerih je sodeloval.

Vsi merjenci so bili na dan meritev nepoškodovani in zdravi.

Pogoji merjenja so bili pri vseh merjencih enaki. Meritve so se izvajale v istih prostorih in z istimi merilnimi napravami. Vse meritve je vodil in izmeril isti merilec.

Vse meritve so potekale v sredini meseca decembra in vedno teden dni po zadnjem tekmovanju na državni, evropski ali svetovni ravni.

Pred začetkom meritev so bili vsi merjenci seznanjeni z namenom in vsebino meritev ter mogočimi fizičnimi ali fiziološkimi tveganji pri izvajanju posameznih testov. Zaradi čim večje objektivnosti rezultatov meritev so bili vsi merjenci seznanjeni tudi z naslednjimi pravili:

- Dan pred meritvami se izogibajte težjemu treningu ali fizičnemu delu.

- Privoščite si zadosten spanec.
- Zadnji obrok pred meritvami naj bo lahek, zaužijte ga najkasneje dve uri pred začetkom meritev.
- Ne uživajte alkohola ali večjih količin kave.

Zagotovljena je bila tajnost podatkov in rezultatov testiranja.

## 6.2. Vzorec neodvisnih spremenljivk

Vzorec neodvisnih spremenljivk je bil izbran tako, da v večji meri pokriva motorični prostor (Rant, neobjavljeni podatki; Ulaga, 1999) in delno morfološki prostor športnih plezalcev ter v čim večji meri določa rezultat odvisne spremenljivke. Posamezen prostor opredeljujejo naslednje spremenljivke:

### Motorične spremenljivke

V raziskavi so bile uporabljene naslednje motorične spremenljivke oziroma testi:

- **MMRTDT30** – dviganje trupa na klopi z nagibom 30°
- **SMMZGIB1** – zgiba z eno roko na drogu
- **SMMZGIBR1** – SMMZGIB1 relativno (% dvignjene telesne mase)
- **SMMZGIB2** – zgiba z obema rokama na drogu
- **SMMZGIBR2** – SMMZGIB2 relativno (% dvignjene telesne mase)
- **SMMSBLOK (100 % AT)** – blokada na eni roki pod kotom 90° (100 % AT)
- **SMMSBLOK (80 % AT)** – blokada na eni roki pod kotom 90° (80 % AT)
- **SMVRABC** – ABC – 123 test na drogu
- **SMMVIS1P** – vesa na najmanjšem oprimku z eno roko
- **SMVVESA** – visenje na oprimku 1,5 cm
- **SMEVPREP** – preprijeti na oprimkih 1,5 cm–2,5 cm

Podroben opis merskih postopkov za ugotavljanje vrednosti motoričnih spremenljivk je prikazan v poglavju Opis merskih postopkov motoričnih spremenljivk.



### Morfološke spremenljivke

V raziskavi so bile uporabljene naslednje morfološke spremenljivke oziroma meritve:

- **AT** – telesna masa
- **AV** – telesna višina

Merjenje morfoloških spremenljivk je potekalo na način, kot ga predpisuje mednarodni biološki program. (Bravničar, 1990; Bravničar, 1994)

- **BMI** – indeks telesne mase

Podroben opis merskih postopkov za ugotavljanje vrednosti morfoloških spremenljivk je prikazan v poglavju Opis merskih postopkov morfoloških spremenljivk.

### **6.3. Opis merskih postopkov neodvisnih spremenljivk**

#### Opis merskih postopkov motoričnih spremenljivk

Prikazana sta opis in postopek merjenja motoričnih spremenljivk. (Rant, neobjavljeni podatki; prilagojeno po Leskošek, 1990; v Ulaga 1999)

- **MMRTDT30** – dviganje trupa na klopi z nagibom 30°

Oprelitev hipotetične motorične sposobnosti: Dinamična (koncentrično-ekscentrična) vzdržljivost v moči trebušnih mišic.

Opis testne naloge: Merjenec se uleže na klop tako, da ima noge v gležnju pričvrščene na klop. Telo in noge morajo biti iztegnjene. Z rokami prime palico in si jo položi na tilnik. Iz opisanega položaja se dvigne v sed tako, da je kot med iztegnjenimi nogami in trupom 90°. V tem položaju mu primaknemo stojali tako, da se jih merjenec dotika s koncema palice. Iz začetnega položaja (leža na hrbtu) se merjenec dviguje do seda. Pri vsakem sedu se mora s

palico dotakniti stojal. Naloga merjenca je, da v času 30 sekund čim večkrat dvigne trup do seda. Merjenec prične izvajati nalogo sam, ko je pripravljen.

Prostor: Na letvenik pod kotom 30° nad horizontalo postavimo švedsko klop, v njen podaljšek pa blazino debeline 5 cm. Nad zgornjo prečko klopi pritrdimo pas tako, da oklepa zgornjo ploskev klopi. Na vsako stran klopi postavimo eno stojalo.

Merilni pripomočki: Švedska klop, blazina, dve stojali za skok v višino, palica dolžine 1,5 m, usnjen pas, štoparica in letvenik.

Število merilcev: Eden.

Število ponovitev testne naloge: Ena ponovitev, ki traja 30 sekund.

Rezultat testne naloge: Število pravilno izvedenih dvigov.

- **SMMZGIB1** – zgiba z eno roko na drogu

Oprelitev hipotetične motorične sposobnosti: Dinamična (koncentrična) največja moč rok in ramenskega obroča.

Opis testne naloge: Merjenec iz vese na eni, popolnoma iztegnjeni roki v poljubnem prijemu (podprijem, nadprijem ali vmes) izvede zgibo z eno roko do višine, pri kateri brada preide višino droga. Merjenec izvede zgibo z močnejšo roko. Naloga se izvede z največjo dodatno maso (pri tem je utež z vponko pritrjena na plezalni pas in prosto visi med nogami merjenca) oz. najmanjšo protiutežjo (utež je vpeta preko škripca na drogu na plezalni pas merjenca). Spodnji rob uteži mora biti na začetku (pri protiuteži na koncu) naloge postavljen tako visoko, da se ne dotakne tal, ko se merjenec obesil na iztegnjeno roko, oziroma pri protiuteži, ko merjenec z brado preide višino droga. Merjenec mora izvesti zgibo nesunkovito, brez zamaha z nogami.

Prostor: Prostor, kjer je drog dosežne višine.

Merilni pripomočki: Drog (dosežne višine), uteži (2,5 kg, 5,0 kg, 7,5 kg, 10,0 kg in 12,5 kg), plezalni pas (spodnji del), dve plezalni vponki, škripec, najlonski trak in prusikova vrvica ( $\phi = 6 \text{ mm}$ ,  $l = 3 \text{ m}$ ).

Število merilcev: Eden.

Število ponovitev testne naloge: Masa dodatne uteži oz. protiuteži se postopoma, po 2,5 kg, povečuje do faze, ko merjenec ni več sposoben pravilno izvesti testne naloge.

Rezultat testne naloge: Rezultat je skupna masa dvignjenih uteži, merjena na 2,5 kg natančno. Rezultatu se prišteje konstanta 100, da se izognemo negativnim rezultatom pri protiuteži (npr. 12,5 kg protiuteži pomeni rezultat 87,5, 12,5 kg dodatne mase pa 112,5).

- **SMMZGIB1** – SMMZGIB1 relativno (% dvignjene telesne mase)

Odstotek dvignjene telesne mase se računa po formuli:

$$SMMZGIB1 = ((AT - (100 - SMMZGIB1)) \times 100) / AT$$

- **SMMZGIB2** – zgiba z obema rokama na drogu

Oprelitev hipotetične motorične sposobnosti: Dinamična (koncentrična) največja moč rok in ramenskega obroča.

Opis testne naloge: Merjenec iz vese na obeh, popolnoma iztegnjenih rokah v nadprijemu izvede zgibo z obema rokama do višine, pri kateri brada preide višino droga. Naloga se izvede z največjo dodatno maso (pri tem je utež z vponko pritrjena na plezalni pas in prosto visi med nogami merjenca). Spodnji rob uteži mora biti na začetku naloge postavljen tako visoko, da se ne dotakne tal, ko se merjenec obesi na iztegnjeni roki. Merjenec mora izvesti zgibo nesunkovito, brez zamaha z nogami.

Prostor: Prostor, kjer je drog dosežne višine.

Merilni pripomočki: Drog (dosežne višine), uteži (2,5 kg, 5,0 kg, 7,5 kg, 10,0 kg in 12,5 kg), plezalni pas (spodnji del), dve plezalni vponki in najlonski trak.

Število merilcev: Eden.

Število ponovitev testne naloge: Masa dodatne uteži se postopoma, po 2,5 kg, povečuje do faze, ko merjenec ni več sposoben pravilno izvesti testne naloge.

Rezultat testne naloge: Rezultat je skupna masa dvignjenih uteži, merjena na 2,5 kg natančno.

- **SMMZGIBR2** – SMMZGIB2 relativno (% dvignjene telesne mase)

Odstotek dvignjene telesne mase se računa po formuli:

$$SMMZGIBR2 = (SMMZGIB2 \times 100) / AT$$

- **SMMSBLOK (100 % AT)** – blokada na eni roki pod kotom 90° (100 % AT)

Oprelitev hipotetične motorične sposobnosti: Neprekinjajoča statična (izometrična) vzdržljivost v moči rok in ramenskega obroča.

Opis testne naloge: Merjenec z močnejšo roko prime drog v podprijem, s šibkejšo roko pa v poljuben prijem. S pomočjo merilca se merjenec z obema rokama dvigne v zgibo (kot med podlaktjo in nadlaktjo je 90°), nato ga merilec umiri v ravnotežnem položaju. Ko je merjenec pripravljen, spusti prijem s slabšo roko in takrat se začne meriti tudi čas. Naloga merjenja je, da se čim dlje obdrži v položaju, v katerem je kot med podlaktjo in nadlaktjo 90°.

Prostor: Prostor, kjer je drog dosežne višine.

Merilni pripomočki: Drog (dosežne višine) in stoparica.

Število merilcev: Eden.

Število ponovitev testne naloge: Ena ponovitev.

Rezultat testne naloge: Rezultat je čas drže v zahtevanem položaju na eno sekundo natančno.

- **SMMSBLOK (80 % AT)** – blokada na eni roki pod kotom 90° (80 % AT)

Oprelitev hipotetične motorične sposobnosti: Neprekinjajoča statična (izometrična) vzdržljivost v moči rok in ramenskega obroča.

Opis testne naloge: Merjenec z močnejšo roko prime ročaj vadbene naprave v podprijem, s šibkejšo roko pa v poljuben prijem. Nato stopi na premično podporno ploskev, se z obema rokama dvigne v zgibo (kot med podlaktjo in nadlaktjo je 90°) in umiri v ravnotežnem položaju. Ko je merjenec pripravljen, spusti prijem s slabšo roko in takrat se začne meriti tudi čas. Naloga se izvede s protiutežjo, katere vrednost je 20 % telesne mase merjenca in deluje nanj preko premične podporne ploskve, na kateri merjenec med izvajanjem testne naloge stoji. Naloga merjenca je, da se čim dlje obdrži v položaju, v katerem je kot med podlaktjo in nadlaktjo 90°.

Prostor: Prostor, kjer je vadbena naprava s premično podporno ploskvijo.

Merilni pripomočki: Vadbena naprava s premično podporno ploskvijo, ki se ji da nastaviti protiutež na 2,5 kg natančno, in štoparica.

Število merilcev: Eden.

Število ponovitev testne naloge: Ena ponovitev.

Rezultat testne naloge: Rezultat je čas drže v zahtevanem položaju na eno sekundo natančno.

- **SMVRABC** – ABC – 123 test na drogu

Oprelitev hipotetične motorične sposobnosti: Dinamična (koncentrično-ekscentrična) in prekinjajoča statična (izometrična) vzdržljivost v moči rok in ramenskega obroča.

Opis testne naloge: Začetni položaj je vesa v nadprijemu tako, da sta roki v širini ramen. En cikel naloge obsega:

1. faza: Merjenec izvede dve zgibi in potem zadrži (blokira) sedem sekund v položaju, v katerem je brada nad višino droga.
2. faza: Nato se merjenec spusti v veso na iztegnjenih rokah, iz katere izvede ponovno dve zgibi in se spusti v položaj, v katerem je kot med podlaktjo in nadlaktjo  $90^\circ$ . V tem položaju vztraja sedem sekund.
3. faza: Merjenec se zopet spusti v veso na iztegnjenih rokah, izvede dve zgibi in se spusti v položaj, v katerem je kot med podlaktjo in nadlaktjo  $120^\circ$ . V tem položaju vztraja sedem sekund.

Merjenec poskuša izvesti čim večje število ciklov.

Prostor: Prostor, kjer je drog dosežne višine.

Merilni pripomočki: Drog (dosežne višine) in stoparica.

Število merilcev: Eden.

Število ponovitev testne naloge: Ena ponovitev.

Rezultat testne naloge: Rezultat je maksimalno število ponovitev testne naloge. Šteje se cikel in faza, npr. C2 pomeni dokončano 2. fazo 3. cikla. Rezultat C2 se nato pretvori v številčni rezultat, ki predstavlja skupno število dokončanih faz ( $C2 = 8$ ).

- **SMMVISIP** – vesa na najmanjšem oprimku z eno roko

Oprelitev hipotetične motorične sposobnosti: Največja statična (izometrična) moč prstov.

Opis testne naloge: Merjenec mora oprimek brez truda doseči, v nasprotnem primeru mu postavimo podstavek. Oprimek prime v popolnem vzročenju na poljuben način. Ko dvigne obe nogi od tal, se začne meriti čas. Poskus je uspešen, če se merjenec dotakne tal po preteku

dveh sekund. Če je poskus neuspešen, poskuša na nekoliko večjem oprimku, sicer pa lahko oprimek zmanjša.

Prostor: Prostor, kjer je plezalna deska.

Merilni pripomočki: Plezalna deska z oprimkom, ki se mu da nastaviti globino na 1 mm natančno (Preglednica 3), in štoparica.

*Preglednica 3:* Meri oprimka za merjenje spremenljivke Vesa na najmanjšem oprimku z eno roko (SMMVIS1P)

Meri oprimka	
Širina:	9,5 cm
Višina:	4,0 cm

Število merilcev: Eden.

Število ponovitev testne naloge: Na vsakem oprimku ima merjenec največ tri poskuse.

Rezultat testne naloge: Rezultat predstavlja najmanjši oprimek, ki ga je merjenec uspel zadržati dve sekundi. Rezultat se vpiše v milimetrih, ki predstavljajo velikost oprimka.

- **SMVVESA** – visenje na oprimku 1,5 cm

Oprelitev hipotetične motorične sposobnosti: Neprekinjajoča statična (izometrična) vzdržljivost v moči prstov.

Opis testne naloge: Merjenec s prsti prime oprimek v položaj nadprijema tako, da s palcema ne drži zgornjega roba oprimkov, pač pa ju ima lahko prislonjena na notranjem robu. Nato se spusti v veso na iztegnjenih ali rahlo pokrčenih rokah. Ko dvigne obe nogi od tal, se začne meriti čas. Merjenec poskuša v položaju vese vztrajati čim dlje.

Prostor: Prostor, kjer je plezalna deska.

Merilni pripomočki: Plezalna deska z dvema oprimkoma globine 1,5 cm, ki sta v širini ramen in dosežni višini (Preglednica 4), ter štoparica.

*Preglednica 4:* Mere oprimkov in razdalja med oprimkoma za merjenje spremenljivke Visenje na oprimku 1,5 cm (SMVVESA)

<b>Mere oprimkov in razdalja med oprimkoma</b>	
Globina (oprimek):	1,5 cm
Širina (oprimek):	10,0 cm
Višina (oprimek):	8,0 cm
Razdalja med levim in desnim oprimkom (notranji rob):	38,0 cm

Število merilcev: Eden.

Število ponovitev testne naloge: Ena ponovitev.

Rezultat testne naloge: Meri se najdaljši čas vztrajanja v opisanem položaju, merjen do sekunde natančno.

- **SMEVPREP** – preprijemi na oprimkih 1,5 cm–2,5 cm

Oprelitev hipotetične motorične sposobnosti: Prekinjajoča statična (izometrična) vzdržljivost v moči prstov in dinamična (koncentrično-ekscentrična) vzdržljivost v moči rok in ramenskega obroča.

Opis testne naloge: Merjenec iz vese na zgornjih dveh oprimkih (2,5 cm) preprime na spodnja dva oprimka (1,5 cm) in zopet nazaj na zgornja dva oprimka, kar predstavlja en cikel. Merjenec med cikli na sme počivati in preprijemi morajo biti izmenični. Merjenec poskuša izvesti čim večje število ciklov.

Prostor: Prostor, kjer je plezalna deska.



Merilni pripomočki: Plezalna deska z dvema oprimkoma globine 2,5 cm, ki sta nameščena v širini ramen in dosežni višini. 15,0 cm pod njima (razdalja med zgornjimi robovi oprimkov) sta še dva oprimka globine 1,5 cm (Preglednica 5).

*Preglednica 5: Mere oprimkov in razdalje med oprimki za merjenje spremenljivke Preprijemi na oprimkih 1,5 cm–2,5 cm (SMEVPREP)*

<b>Mere oprimkov in razdalje med oprimki</b>	
Globina (večji oprimek):	2,5 cm
Širina (večji oprimek):	12,0 cm
Višina (večji oprimek):	6,5 cm
Razdalja med levim in desnim večjim oprimkom (notranji rob):	36,0 cm
Globina (manjši oprimek):	1,5 cm
Širina (manjši oprimek):	10,0 cm
Višina (manjši oprimek):	8,0 cm
Razdalja med levim in desnim manjšim oprimkom (notranji rob):	38,0 cm
Razdalja med večjim in manjšim oprimkom (zgornji rob):	15,0 cm

Število merilcev: Eden.

Število ponovitev testne naloge: Ena ponovitev.

Rezultat testne naloge: Največje število dokončanih ciklov.

#### *Opis merskih postopkov morfoloških spremenljivk*

Prikazana sta opis in postopek merjenja morfoloških spremenljivk. (Bravničar, 1990; Bravničar, 1994) Merjenje morfoloških spremenljivk je potekalo na način, kot ga predpisuje mednarodni biološki program.

- **AT** – telesna masa

Meri se z elektronsko medicinsko tehtnico, ki mora v času merjenja stati na ravni podlagi. Pred pričetkom meritev jo je potrebno umeriti. Merjenec je oblečen samo v spodnje perilo. Z

obema nogama stopi na tehtnico in počaka, da se rezultat umiri. Merilec odčita rezultat z natančnostjo 0,5 kg, pri čemer se vmesne vrednosti zaokrožijo navzdol.

- **AV** – telesna višina

Telesno višino merimo z antropometrom. Merjenec stoji v standardnem položaju. Merilec stoji levo od merjenca in postavi antropometer pravokotno na podlago neposredno za merjencem. Z desno roko spusti kovinski drsnik antropometra tako, da se vodoravna letvica dotakne merjenčevega temena (vertex), ki ga otipa z levo roko. Rezultat se odčita v milimetrih.

- **BMI** – indeks telesne mase

Stanje prehranjenosti na osnovi podatkov o telesni višini in telesni masi se določa z izračunavanjem indeksa telesne mase ali Body mass indeksa (BMI) in predstavlja razmerje med telesno višino in telesno maso.

$$BMI = AT / \left( \frac{AV}{100} \right)^2$$

#### **6.4. Odvisna spremenljivka**

Izbrana je bila ena odvisna spremenljivka:

- **ST** – situacijski test na plezalni steni s spremenljivim naklonom

Odvisna spremenljivka je bila izbrana na osnovi domneve, da med vsemi uporabljenimi testi v sklopu meritev športnih plezalcev v največji meri posnema dejansko plezalno situacijo. Glede na obliko in izvedbo testa se tudi domneva, da je visok rezultat v tem testu v pozitivni zvezi s tekmovalnim rezultatom v športnem plezanju.

## 6.5. Opis merskega postopka odvisne spremenljivke

Prikazan je opis in postopek merjenja motorične odvisne spremenljivke. (Rant, neobjavljeni podatki; prilagojeno po Milić in Leskošek, 2003)

- **ST** – situacijski test na plezalni steni s spremenljivim naklonom

Oprelitev hipotetične motorične sposobnosti: Prekinjajoča statična (izometrična) vzdržljivost prstov in dinamična (koncentrično-ekscentrična) vzdržljivost rok in ramenskega obroča.

Opis testne naloge: Začetni položaj merjenca je kvadripedalni vertikalni položaj na zgornjih dveh oprimkih. Naloga merjenca je preprijemanje z dveh višje ležečih na dva nižje ležeča oprimka v ritmu 60 preprijemov na minuto (diktirano z metronomom). Med izvajanjem naloge ima merjenec nogi na istem mestu (stopih). Merjenec med preprijemi ne sme počivati in preprijemi morajo biti izmenični. Ob začetku izvajanja testne naloge je plezalna stena od navpičnice odklonjena za  $20^\circ$ . Vsakih 30 sekund se naklon plezalne stene poveča za deset obratov vitla ali  $1,3^\circ$ . Merjenec poskuša čim dlje opravljati testno nalogo v predpisanem ritmu.

Prostor: Prostor, kjer je plezalna stena s spremenljivim naklonom.

Merilni pripomočki: Plezalna stena s spremenljivim naklonom s štirimi oprimki globine 1,5 cm (Preglednica 6) in šestimi stopi za nogi, metronom, gravitacijski goniometer ali kotomer in štoparica. Oprimki so nameščeni v širini ramen in v dveh vrstah. Zgornja dva oprimka sta v dosežni višini. 30,0 cm pod njima (razdalja med zgornjim robom oprimkov) sta še dva oprimka. Trije stopi na vsaki strani telesa so na medsebojno enakih razdaljah, v skupni razdalji 36,0 cm, nameščeni v poševni smeri pod kotom  $56^\circ$  nad horizontalo proti središnji liniji telesa. Stopi so v vodoravni smeri nameščeni tako, da merjencu glede na njegove antropometrične značilnosti omogočajo postavitev nog približno v širini bokov.

*Preglednica 6: Mere oprimkov in razdalje med oprimki ter stopi za merjenje spremenljivke Situacijski test na plezalni steni s spremenljivim naklonom (ST)*

<b>Mere oprimkov in razdalje med oprimki in stopi</b>	
Globina (oprimek):	1,5 cm
Širina (oprimek):	9,0 cm
Višina (oprimek):	4,5 cm
Razdalja med levima in desnima oprimkoma (notranji rob):	31,0 cm
Razdalja med zgornjima in spodnjima oprimkoma (zgornji rob):	30,0 cm
Razdalja med levim in desnim stopom v prvi vrsti:	60,0 cm
Razdalja med levim in desnim stopom v drugi vrsti:	80,0 cm
Razdalja med levim in desnim stopom v tretji vrsti:	100,0 cm
Razdalja med prvo in drugo ter drugo in tretjo vrsto stopov:	15,0 cm
Razdalja od spodnjega roba spodnjih oprimkov do stopov v prvi vrsti:	133,0 cm

Število merilcev: Eden.

Število ponovitev testne naloge: Ena ponovitev.

Rezultat testne naloge: Meri se najdaljši čas opravljanja testne naloge, merjen do sekunde natančno.

## **6.6. Metode obdelave podatkov**

- Izračunane so bile nove vrednosti nekaterih spremenljivk (SMMZGIBR1, SMMZGIBR2 in BMI).
- Za vse spremenljivke so bili izračunani osnovni opisni statistični parametri (aritmetična sredina, standardna deviacija, najmanjši in največji rezultat, asimetričnost ter koničavost/sploščenost) in preverjena je bila normalnost porazdelitve s Kolmogorov-Smirnovim testom.
- Preverjena je bila linearnost povezanosti spremenljivk in v primeru, da je bila povezanost spremenljivk nelinearna, so bile le-te z ustreznimi matematičnimi postopki linearilizirane.

- Povezanost parov spremenljivk znotraj motoričnega in morfološkega prostora ter med motoričnim in morfološkim prostorom je bila določena s Pearsonovim korelacijskim koeficientom.
- Linearna korelacija med sistemom neodvisnih spremenljivk in odvisno spremenljivko je bila določena z multiplim korelacijskim koeficientom.
- S pomočjo linearne multiple regresije je bila izračunana prediktivna ocena za posamezno neodvisno spremenljivko in določen model povezanosti.

Vse obdelave razen multiple regresijske analize so bile ločene po spolu. Regresijska analiza je bila zaradi majhnega števila merjencev izvedena za oba vzorca skupaj, pri čemer je bila indikatorska spremenljivka Spol vključena v regresijsko enačbo.

## 7. REZULTATI Z RAZPRAVO

Rezultati statistične analize so podani v petih vsebinsko zaokroženih sklopih.

### 7.1. Osnovni porazdelitveni parametri spremenljivk

Za vse spremenljivke motoričnega in morfološkega prostora so bili izračunani osnovni opisni statistični parametri. Normalnost porazdelitve je bila preverjena s Kolmogorov-Smirnovim testom.

Legenda:	N	število merjencev
	min	minimalna vrednost
	max	maksimalna vrednost
	XA	aritmetična sredina
	SE	standardna napaka
	SD	standardni odklon
	KV	koefficient variacije
	K-S Z	vrednost Kolmogorov-Smirnovega testa
	K-S Sig.	statistična značilnost Kolmogorov-Smirnovega testa (dvosmerno testiranje)
	SKEW	asimetričnost porazdelitve
	SE <sub>skew</sub>	standardna napaka asimetričnosti porazdelitve
	KURT	koničavost/sploščenost porazdelitve
	SE <sub>kurt</sub>	standardna napaka koničavosti/sploščenosti porazdelitve
	t	vrednost t-testa
	Sig. t	statistična značilnost t-testa (dvosmerno testiranje)

*Preglednica 7:* Osnovni statistični parametri in vrednost testiranja statistične značilnosti razlike v spremenljivki Starost med vzorcem moških in vzorcem žensk

Spremenljivke	N	min	max	XA	SD	t	Sig. t
Starost – moški	25	14	21	17,1200	1,9000	0,812	0,4237
Starost – ženske	20	14	20	16,6500	1,9541		
Starost – skupaj	45	14	21	16,9111	1,9167		

Povprečna starost vseh merjencev je bila 16,9 let, v vzorcu moških 17,1 leto in v vzorcu žensk 16,7 let (Preglednica 7). Med obravnavanima vzorcema, v spremenljivki Starost, ni statistično značilnih razlik.

*Preglednica 8:* Osnovni statistični parametri morfoloških spremenljivk za moške

Spremenljivke	N	min	max	XA	SE	SD	K-S Z	K-S Sig.
AT	25	47,5	72,5	61,700	1,2981	6,4904	0,992	0,278
AV	25	156,8	190,2	175,524	1,6110	8,0548	0,410	0,996
BMI	25	16,89	22,24	20,0064	0,29312	1,46562	0,561	0,911

Vse morfološke spremenljivke za moške so normalno porazdeljene (Preglednica 8). Večja razpršenost vrednosti spremenljivk od aritmetične sredine vzorca je pri spremenljivkah Telesna masa (AT:  $61,70 \pm 10,52$ ) in Indeks telesne mase (BMI:  $20,01 \pm 7,33$ ) (Preglednica 9).

*Preglednica 9:* Vrednosti koeficientov variacije in porazdelitve morfoloških spremenljivk za moške

Spremenljivke	XA	SD	KV	SKEW	SE <sub>skew</sub>	KURT	SE <sub>kurt</sub>
AT	61,700	6,4904	10,5193	-0,735	0,464	0,065	0,902
AV	175,524	8,0548	4,5890	-0,370	0,464	0,074	0,902
BMI	20,0064	1,46562	7,32576	-0,259	0,464	-0,864	0,902

Dobljene vrednosti osnovnih porazdelitvenih parametrov morfoloških spremenljivk za moške so podobne vrednostim, ki so jih dobili tudi drugi raziskovalci na vzorcih vrhunskih športnih plezalcev (Preglednica 10).

*Preglednica 10:* Povprečne vrednosti in standardni odkloni v telesni masi in telesni višini pri drugih raziskovalcih (Uлага, 1999, stran 86 in 87)

Avtorji raziskav	AT – telesna masa (kg)	AV – telesna višina (cm)
Viviani in Calderan (1991)	63,6 ± 4,5	175,9 ± 6,2
Watts s sod. (1993)	62,4 ± 4,5	179,3 ± 5,2
Uлага (1999)	61,94 ± 5,36	174,50 ± 5,20

Uлага (1999) je na vzorcu štirinajstih vrhunskih slovenskih športnih plezalcev prav tako dobila zelo podobne vrednosti aritmetične sredine in nekoliko manjše vrednosti standardnega odklona telesne mase in telesne višine, kot so bile ugotovljene v vzorcu moških (Preglednica 11). Sklepamo lahko, da sta si obravnavana vzorca v teh dveh spremenljivkah zelo podobna, saj med njima ni statistično značilnih razlik.

*Preglednica 11:* Vrednosti testiranja statistične značilnosti razlik med spremenljivkama Telesna masa in Telesna višina med vzorcema moških v raziskavah Rant (neobjavljeni podatki) in Uлага (1999)

Spremenljivki		N	XA	SD	t	Sig. t
AT – telesna masa (kg)	Rant	25	61,700	6,4904	-0,124	0,9013
	Uлага	14	61,94	5,36		
AV – telesna višina (cm)	Rant	25	175,524	8,0548	0,481	0,6337
	Uлага	14	174,50	5,20		

Z izjemo spremenljivke Zgiba z eno roko na drogu relativno (SMMZGIBR1) so vse spremenljivke motoričnega prostora za moške normalno porazdeljene (Preglednica 12). Večja razpršenost vrednosti spremenljivk od aritmetične sredine vzorca je pri spremenljivkah Blokada na eni roki pod kotom 90° (100 % AT) (SMMSBLOK (100 % AT): 12,92 ± 54,45) in Preprijemi na oprimkih 1,5 cm–2,5 cm (SMEVPREP: 11,16 ± 39,62) (Preglednica 13).



*Preglednica 12: Osnovni statistični parametri motoričnih spremenljivk za moške*

Spremenljivke	N	min	max	XA	SE	SD	K-S Z	K-S Sig.
MMRTDT30	25	14	27	20,32	0,787	3,934	0,561	0,912
SMMZGIB1	25	85,0	107,5	98,800	1,1558	5,7789	1,311	0,064
SMMZGIBR1	25	73,7	112,1	97,592	2,0150	10,0752	1,372	0,046
SMMSBLOK (100 % AT)	25	2	27	12,92	1,407	7,035	0,557	0,916
SMVRABC	25	5	9	7,28	0,242	1,208	0,876	0,426
SMMVISIP	25	8	28	17,48	1,055	5,277	0,804	0,537
SMVVESA	25	24	78	54,76	2,689	13,445	0,994	0,277
SMEVPREP	25	1	19	11,16	0,884	4,422	0,817	0,516
ST	25	97	262	155,08	8,391	41,954	0,890	0,406

*Preglednica 13: Vrednosti koeficientov variacije in porazdelitve motoričnih spremenljivk za moške*

Spremenljivke	XA	SD	KV	SKEW	SE <sub>skew</sub>	KURT	SE <sub>kurt</sub>
MMRTDT30	20,32	3,934	19,360	-0,028	0,464	-1,114	0,902
SMMZGIB1	98,800	5,7789	5,8491	-0,875	0,464	0,119	0,902
SMMZGIBR1	97,592	10,0752	10,3238	-1,066	0,464	0,463	0,902
SMMSBLOK (100 % AT)	12,92	7,035	54,4505	0,298	0,464	-0,720	0,902
SMVRABC	7,28	1,208	16,5934	0,026	0,464	-1,124	0,902
SMMVISIP	17,48	5,277	30,1888	0,355	0,464	-0,466	0,902
SMVVESA	54,76	13,445	24,5526	-0,760	0,464	-0,205	0,902
SMEVPREP	11,16	4,422	39,6237	0,022	0,464	-0,129	0,902
ST	155,08	41,954	27,0531	0,998	0,464	0,688	0,902

Primerjava vrednosti nekaterih motoričnih spremenljivk našega vzorca z vzorcem športnih plezalcev v raziskavi Ulaga (1999) pokaže, da med vzorcema v sedmih od osmih primerjanih spremenljivk ni statistično značilnih razlik (Preglednica 14). Statistično značilna razlika je dobljena le pri spremenljivki Dviganje trupa na klopi z nagibom 30° (MMRTDT30). Ulaga (1999) je v svoji raziskavi pri spremenljivki Dviganje trupa na klopi uporabila večji kot nagiba klopi in to spremenljivko opredelila kot Dviganje trupa na klopi z nagibom 45° (MMRTDT45). Dobljene razlike med našim vzorcem in vzorcem v raziskavi Ulaga (1999) so zato lahko posledica dveh vzrokov. Prvi vzrok lahko predstavlja razlika v vrednosti nagiba

klopi med uporabljenima spremenljivkama. Drugi vzrok pa je lahko razlika v merjeni hipotetični motorični sposobnosti, dinamični vzdržljivosti v moči trebušnih mišic, med primerjanima vzorcema.

V raziskavi je bilo na podlagi primerjave vrednosti dveh spremenljivk morfološkega in osmih spremenljivk motoričnega prostora našega vzorca z vzorcem v raziskavi Ulaga (1999) ugotovljeno, da ni večjih odstopanj od aritmetične sredine obravnavanih spremenljivk in da obe raziskavi opisujeta zelo podoben vzorec.

*Preglednica 14:* Primerjava osnovnih statističnih parametrov in vrednosti testiranja statistične značilnosti razlik med aritmetičnimi sredinami nekaterih motoričnih spremenljivk med vzorcema moških v raziskavah Rant (neobjavljeni podatki) in Ulaga (1999)

Spremenljivke		N	XA	SD	t	Sig. t
MMRTDT30 (45)	Rant	25	20,32	3,934	2,337	0,0248
	Ulaga	14	17,43	3,57		
SMMZGIB1	Rant	25	98,800	5,7789	0,394	0,7005
	Ulaga	14	97,68	9,73		
SMMZGIBR1	Rant	25	97,592	10,0752	0,24	0,8119
	Ulaga	14	96,52	14,93		
SMMSBLOK (100 % AT)	Rant	25	12,92	7,035	-1,369	0,1861
	Ulaga	14	17,14	10,26		
SMVRABC	Rant	25	7,28	1,208	-1,347	0,206
	Ulaga	14	8,21	2,42		
SMMVIS1P	Rant	25	17,48	5,277	-1,151	0,2744
	Ulaga	14	20,36	8,49		
SMVVESA	Rant	25	54,76	13,445	-0,691	0,5027
	Ulaga	14	59,29	22,36		
SMEVPREP	Rant	25	11,16	4,422	0,047	0,9633
	Ulaga	14	11,07	6,39		

Vse spremenljivke morfološkega prostora za ženske so normalno porazdeljene (Preglednica 15). Večja razpršenost vrednosti spremenljivk od aritmetične sredine vzorca je pri spremenljivkah Telesna masa (AT:  $51,13 \pm 10,36$ ) in Indeks telesne mase (BMI:  $19,23 \pm 8,80$ ) (Preglednica 16).

*Preglednica 15:* Osnovni statistični parametri morfoloških spremenljivk za ženske

Spremenljivke	N	min	max	XA	SE	SD	K-S Z	K-S Sig.
AT	20	42,5	60,5	51,125	1,1843	5,2962	0,600	0,865
AV	20	148,7	174,2	163,065	1,4079	6,2964	0,454	0,986
BMI	20	16,31	21,88	19,2280	0,37838	1,69216	0,510	0,957

*Preglednica 16:* Vrednosti koeficientov variacije in porazdelitve morfoloških spremenljivk za ženske

Spremenljivke	XA	SD	KV	SKEW	SE <sub>skew</sub>	KURT	SE <sub>kurt</sub>
AT	51,125	5,2962	10,3593	0,189	0,512	-1,187	0,992
AV	163,065	6,2964	3,8613	-0,365	0,512	-0,083	0,992
BMI	19,2280	1,69216	8,80050	-0,065	0,512	-0,888	0,992

Spremenljivke motoričnega prostora za ženske so normalno porazdeljene (Preglednica 17). Večja razpršenost vrednosti spremenljivk od aritmetične sredine vzorca je pri spremenljivkah Blokada na eni roki pod kotom 90° (80 % AT) (SMMSBLOK (80 % AT): 26,90 ± 50,87), Preprijemi na oprimkih 1,5 cm–2,5 cm (SMEVPREP: 6,25 ± 49,76) in Dviganje trupa na klopi z nagibom 30° (MMRTDT30: 16,85 ± 39,76) (Preglednica 18).

*Preglednica 17:* Osnovni statistični parametri motoričnih spremenljivk za ženske

Spremenljivke	N	min	max	XA	SE	SD	K-S Z	K-S Sig.
MMRTDT30	20	0	27	16,85	1,498	6,699	0,787	0,566
SMMZGIB2	20	12,5	32,5	22,875	1,2470	5,5769	0,657	0,781
SMMZGIBR2	20	25,1	67,0	44,980	2,5538	11,4209	0,525	0,946
SMMSBLOK (80 % AT)	20	4	53	26,90	3,060	13,684	0,479	0,976
SMVRABC	20	3	7	5,25	0,228	1,020	0,909	0,381
SMMVIS1P	20	15	35	20,20	1,178	5,268	0,962	0,313
SMVVESA	20	28	59	43,65	2,108	9,427	0,491	0,970
SMEVPREP	20	1	14	6,25	0,695	3,110	0,922	0,363
ST	20	80	231	158,40	9,989	44,671	0,643	0,803

*Preglednica 18: Vrednosti koeficientov variacije in porazdelitve motoričnih spremenljivk za ženske*

Spremenljivke	XA	SD	KV	SKEW	SE <sub>skew</sub>	KURT	SE <sub>kurt</sub>
MMRTDT30	16,85	6,699	39,7567	-0,663	0,512	0,585	0,992
SMMZGIB2	22,875	5,5769	24,3799	-0,114	0,512	-0,846	0,992
SMMZGIBR2	44,980	11,4209	25,3911	0,131	0,512	-0,606	0,992
SMMSBLOK (80 % AT)	26,90	13,684	50,8699	0,382	0,512	-0,539	0,992
SMVRABC	5,25	1,020	19,4286	-0,228	0,512	0,047	0,992
SMMVIS1P	20,20	5,268	26,0792	1,464	0,512	2,284	0,992
SMVVESA	43,65	9,427	21,5968	0,010	0,512	-1,133	0,992
SMEVPREP	6,25	3,110	49,76	0,919	0,512	0,847	0,992
ST	158,40	44,671	28,2014	-0,057	0,512	-1,191	0,992

Spremenljivke morfološkega in motoričnega prostora za oba spola skupaj so normalno porazdeljene (Preglednica 19). Med morfološkimi spremenljivkami je bila največja razpršenost ugotovljena pri spremenljivki Telesna masa (AT:  $57,00 \pm 13,96$ ), med motoričnimi spremenljivkami pa pri spremenljivki Preprijemi na oprimkih 1,5 cm–2,5 cm (SMEVPREP:  $8,98 \pm 50,95$ ) (Preglednica 20).

*Preglednica 19: Osnovni statistični parametri morfoloških in motoričnih spremenljivk za oba spola skupaj*

Spremenljivke	N	min	max	XA	SE	SD	K-S Z	K-S Sig.
AT	45	42,5	72,5	57,000	1,1863	7,9580	0,757	0,615
AV	45	148,7	190,2	169,987	1,4276	9,5764	0,379	0,999
BMI	45	16,31	22,24	19,6604	0,23857	1,60036	0,662	0,774
MMRTDT30	45	0	27	18,78	0,828	5,555	0,778	0,581
SMVRABC	45	3	9	6,38	0,225	1,512	1,184	0,121
SMMVIS1P	45	8	35	18,69	0,803	5,389	1,070	0,203
SMVVESA	45	24	78	49,82	1,933	12,967	0,707	0,700
SMEVPREP	45	1	19	8,98	0,682	4,575	0,749	0,629
ST	45	80	262	156,56	6,368	42,715	0,754	0,620

*Preglednica 20:* Vrednosti koeficientov variacije in porazdelitve morfoloških in motoričnih spremenljivk za oba spola skupaj

Spremenljivke	XA	SD	KV	SKEW	SE <sub>skew</sub>	KURT	SE <sub>kurt</sub>
AT	57,000	7,9580	13,9614	-0,026	0,354	-1,094	0,695
AV	169,987	9,5764	5,6336	0,055	0,354	-0,519	0,695
BMI	19,6604	1,60036	8,14002	-0,238	0,354	-0,816	0,695
MMRTDT30	18,78	5,555	29,5793	-0,930	0,354	1,598	0,695
SMVRABC	6,38	1,512	23,6991	0,100	0,354	-0,534	0,695
SMMVIS1P	18,69	5,389	28,8336	0,730	0,354	0,941	0,695
SMVVESA	49,82	12,967	26,0277	-0,102	0,354	-0,932	0,695
SMEVPREP	8,98	4,575	50,9465	0,481	0,354	-0,382	0,695
ST	156,56	42,715	27,2835	0,477	0,354	-0,415	0,695

## 7.2. Primerjava osnovnih porazdelitvenih parametrov spremenljivk med vzorcem moških in vzorcem žensk

Legenda:	SS	vsota kvadratov
	df	stopnje prostosti
	MS	povprečni kvadrat
	F	vrednost F-testa
	Sig. F	statistična značilnost F-testa

Primerjava osnovnih statističnih porazdelitvenih parametrov je bila opravljena med vsemi morfološkimi spremenljivkami in nekaterimi spremenljivkami motoričnega prostora, ki so skupne vzorcu moških in vzorcu žensk (Preglednici 21 in 22). Protokoli izvajanja motoričnih testov Zgiba z eno roko na drogu (SMMZGIB1), Zgiba z eno roko na drogu relativno (SMMZGIBR1) in Blokada na eni roki pod kotom 90° (100 % AT) (SMMSBLOK (100 % AT)) za moške ter Zgiba z obema rokama na drogu (SMMZGIB2), Zgiba z obema rokama na drogu relativno (SMMZGIBR2) in Blokada na eni roki pod kotom 90° (80 % AT) (SMMSBLOK (80 % AT)) za ženske se razlikujejo. Njihova primerjava ni mogoča, zato so bili iz primerjave izvzeti.

Primerjava vrednosti morfoloških spremenljivk med vzorcema pokaže, da obstajajo statistično značilne razlike pri spremenljivkah Telesna masa (AT) in Telesna višina (AV), medtem ko pri spremenljivki Indeks telesne mase (BMI) med vzorcema ni statistično značilnih razlik (Preglednica 22).

Med neodvisnimi spremenljivkami motoričnega prostora so bile med vzorcema ugotovljene statistično značilne razlike pri štirih od petih spremenljivk (Preglednica 22). Razlike so značilne pri spremenljivkah Dviganje trupa na klopi z nagibom 30° (MMRTDT30), ABC – 123 test na drogu (SMVRABC), Visenje na oprimku 1,5 cm (SMVVESA) in Preprijemi na oprimkih 1,5 cm–2,5 cm (SMEVPREP). Pri spremenljivki Vesa na najmanjšem oprimku z eno roko (SMMVIS1P) med vzorcema ni statistično značilnih razlik.

Pri analizi odvisne motorične spremenljivke Situacijski test na plezalni steni s spremenljivim naklonom (ST) je bilo ugotovljeno, da med vzorcema ni statistično značilnih razlik (Preglednica 22).

*Preglednica 21: Primerjava osnovnih statističnih parametrov morfoloških spremenljivk in nekaterih motoričnih spremenljivk med vzorcem moških in vzorcem žensk*

Spremenljivke		N	XA	SD	SE	95 % interval zaupanja za XA		min	max
						Spodnja meja	Zgornja meja		
AT	1	25	61,700	6,4904	1,2981	59,021	64,379	47,5	72,5
	2	20	51,125	5,2962	1,1843	48,646	53,604	42,5	60,5
	skupaj	45	57,000	7,9580	1,1863	54,609	59,391	42,5	72,5
AV	1	25	175,524	8,0548	1,6110	172,199	178,849	156,8	190,2
	2	20	163,065	6,2964	1,4079	160,118	166,012	148,7	174,2
	skupaj	45	169,987	9,5764	1,4276	167,110	172,864	148,7	190,2
BMI	1	25	20,0064	1,46562	,29312	19,4014	20,6114	16,89	22,24
	2	20	19,2280	1,69216	,37838	18,4360	20,0200	16,31	21,88
	skupaj	45	19,6604	1,60036	,23857	19,1796	20,1412	16,31	22,24
MMRTDT30	1	25	20,32	3,934	,787	18,70	21,94	14	27
	2	20	16,85	6,699	1,498	13,71	19,99	0	27
	skupaj	45	18,78	5,555	,828	17,11	20,45	0	27
SMVRABC	1	25	7,28	1,208	,242	6,78	7,78	5	9
	2	20	5,25	1,020	,228	4,77	5,73	3	7
	skupaj	45	6,38	1,512	,225	5,92	6,83	3	9
SMMVIS1P	1	25	17,48	5,277	1,055	15,30	19,66	8	28
	2	20	20,20	5,268	1,178	17,73	22,67	15	35
	skupaj	45	18,69	5,389	,803	17,07	20,31	8	35
SMVVESA	1	25	54,76	13,445	2,689	49,21	60,31	24	78
	2	20	43,65	9,427	2,108	39,24	48,06	28	59
	skupaj	45	49,82	12,967	1,933	45,93	53,72	24	78
SMEVPREP	1	25	11,16	4,422	,884	9,33	12,99	1	19
	2	20	6,25	3,110	,695	4,79	7,71	1	14
	skupaj	45	8,98	4,575	,682	7,60	10,35	1	19
ST	1	25	155,08	41,954	8,391	137,76	172,40	97	262
	2	20	158,40	44,671	9,989	137,49	179,31	80	231
	skupaj	45	156,56	42,715	6,368	143,72	169,39	80	262

Primerjava osnovnih statističnih porazdelitvenih parametrov, ki je bila opravljena med vsemi morfološkimi spremenljivkami in nekaterimi spremenljivkami motoričnega prostora med vzorcem moških in vzorcem žensk, je pokazala, da obstajajo statistično značilne razlike pri šestih od devetih spremenljivk. Pri treh spremenljivkah teh razlik ni zaslediti. V morfološkem prostoru razlike med vzorcema, ki se pojavljajo pri spremenljivkah Telesna masa (AT) in Telesna višina (AV), delno izniči spremenljivka Indeks telesne mase (BMI), ki predstavlja razmerje med telesno višino in telesno maso. V motoričnem prostoru, upoštevajoč neodvisne spremenljivke in odvisno spremenljivko, so statistično značilne razlike ugotovljene pri štirih

od šestih spremenljivk. Sklepamo lahko, da sta v raziskavi obravnavana vzorca statistično različna.

*Preglednica 22:* Testiranje razlik med aritmetičnimi sredinami morfoloških spremenljivk in nekaterih motoričnih spremenljivk med vzorcem moških in vzorcem žensk

Spremenljivke		SS	df	MS	F	Sig. F
AT	med skupinama	1242,563	1	1242,563	34,606	,000
	znotraj skupin	1543,938	43	35,906		
	skupaj	2786,500	44			
AV	med skupinama	1724,741	1	1724,741	32,100	,000
	znotraj skupin	2310,371	43	53,730		
	skupaj	4035,112	44			
BMI	med skupinama	6,732	1	6,732	2,732	,106
	znotraj skupin	105,958	43	2,464		
	skupaj	112,690	44			
MMRTDT30	med skupinama	133,788	1	133,788	4,700	,036
	znotraj skupin	1223,990	43	28,465		
	skupaj	1357,778	44			
SMVRABC	med skupinama	45,788	1	45,788	35,935	,000
	znotraj skupin	54,790	43	1,274		
	skupaj	100,578	44			
SMMVIS1P	med skupinama	82,204	1	82,204	2,957	,093
	znotraj skupin	1195,440	43	27,801		
	skupaj	1277,644	44			
SMVVESA	med skupinama	1371,468	1	1371,468	9,785	,003
	znotraj skupin	6027,110	43	140,165		
	skupaj	7398,578	44			
SMEVPREP	med skupinama	267,868	1	267,868	17,636	,000
	znotraj skupin	653,110	43	15,189		
	skupaj	920,978	44			
ST	med skupinama	122,471	1	122,471	,066	,799
	znotraj skupin	80158,640	43	1864,154		
	skupaj	80281,111	44			

### 7.3. Povezanost med obravnavanimi spremenljivkami

Ugotavljanje povezanosti med obravnavanimi spremenljivkami je bilo izvedeno s pomočjo Pearsonovega korelacijskega koeficienta. Analiza povezanosti med spremenljivkami je bila najprej opravljena znotraj morfološkega in motoričnega prostora ter nato še med obema prostoroma.



Ocena moči oziroma velikosti vrednosti medsebojne povezanosti med obravnavanimi spremenljivkami je bila izbrana po kriteriju: (Hyllegard s sodelavci, 1996)

- močna: 1,0–0,80;
- srednja: 0,79–0,50;
- šibka: 0,49–0,20;
- neznatna: 0,19–0,0.

Legenda: N           število merjencev  
r           vrednost Pearsonovega korelacijskega koeficienta  
Sig.       statistična značilnost Pearsonovega korelacijskega koeficienta (dvosmerno testiranje)

Povezanost med morfološkimi spremenljivkami

Vrednosti medsebojne povezanosti med spremenljivkami morfološkega prostora za moške so prikazane v Preglednici 23.

*Preglednica 23:* Prikaz medsebojne povezanosti med spremenljivkami morfološkega prostora za moške

Spremenljivke		AT	AV	BMI
AT	r	1	,736(**)	,554(**)
	Sig.		,000	,004
	N	25	25	25
AV	r	,736(**)	1	-,153
	Sig.	,000		,467
	N	25	25	25
BMI	r	,554(**)	-,153	1
	Sig.	,004	,467	
	N	25	25	25

Statistična značilnost ( $p \leq 0,01$ ) je označena z dvema zvezdicama (\*\*).

Analiza medsebojne povezanosti med spremenljivkami morfološkega prostora za moške je pokazala srednje močno povezanost med spremenljivkami Telesna masa (AT) in Telesna višina (AV) ter Telesna masa (AT) in Indeks telesne mase (BMI) (Preglednica 23). Parna

povezanost med temi spremenljivkami je statistično značilna na ravni manjši celo od 1 %. Srednje velika vrednost povezanosti med spremenljivkama Telesna masa (AT) in Telesna višina (AV), ki je bila dobljena na našem vzorcu, potrjuje splošno zakonitost, ki velja med tema dvema morfološkima spremenljivkama v širši populaciji in je bila zato pričakovana. Odnos med spremenljivkama Telesna masa (AT) in Indeks telesne mase (BMI) pa kaže na večji vpliv, ki ga ima spremenljivka Telesna masa (AT) od spremenljivke Telesna višina (AV) pri izračunu vrednosti spremenljivke Indeks telesne mase (BMI). Vpliv spremenljivke Telesna višina (AV) v odnosu s spremenljivko Indeks telesne mase (BMI) ni statistično značilen. Ugotovitve dobljene na našem vzorcu potrjujejo in se skladajo z definicijo izračuna indeksa telesne mase (BMI), ki ocenjuje stanje prehranjenosti na osnovi podatkov o telesni višini in telesni masi.

Vrednosti medsebojne povezanosti med spremenljivkami morfološkega prostora za ženske so prikazane v Preglednici 24.

*Preglednica 24:* Prikaz medsebojne povezanosti med spremenljivkami morfološkega prostora za ženske

Spremenljivke		AT	AV	BMI
AT	r	1	,540(*)	,696(**)
	Sig.		,014	,001
	N	20	20	20
AV	r	,540(*)	1	-,228
	Sig.	,014		,334
	N	20	20	20
BMI	r	,696(**)	-,228	1
	Sig.	,001	,334	
	N	20	20	20

Statistična značilnost ( $p \leq 0,01$ ) je označena z dvema zvezdicama (\*\*), statistična značilnost ( $p \leq 0,05$ ) pa z eno zvezdico (\*).

V raziskavi so bile tako kot na vzorcu moških tudi na vzorcu žensk ugotovljene srednje velike vrednosti medsebojne povezanosti med spremenljivkami morfološkega prostora (Preglednica 24). Vzorec povezanosti je med obema obravnavanima vzorcema zelo podoben in kaže na srednje veliko povezanost med spremenljivkami Telesna masa (AT) in Telesna višina (AV) ter Telesna masa (AT) in Indeks telesne mase (BMI). Parna povezanost med prvima dvema je

statistično značilna na ravni 1,4 %, med drugima dvema pa na ravni manjši od 1 %. Nekoliko manjšo vrednost povezanosti med spremenljivkama Telesna masa (AT) in Telesna višina (AV) v vzorcu žensk ( $r = ,540^*$ ) se lahko, z zadržkom, razloži z domnevo, da je telesna masa (AT) v vzorcu žensk manj odvisna od telesne višine (AV). Pomeni, da so v raziskavi obravnavane športne plezalke v povprečju težje v odnosu na telesno višino (AV) od vzorca športnih plezalcev. To potrjuje tudi dejstvo, da med vzorcema v spremenljivki Indeks telesne mase (BMI) ni statistično značilnih razlik (Preglednica 22). Ob predpostavki, da je v obravnavanem vzorcu žensk delež maščobne mase bolj izražen od deleža mišične mase v primerjavi z vzorcem moških, lahko sklepamo, da je prav visok delež maščobne mase odločilen v odnosu med telesno maso (AT) in telesno višino (AV) v vzorcu žensk.

Na osnovi analize spremenljivk, dobljenih vrednostih medsebojne povezanosti in statistične značilnosti povezanosti med neodvisnimi spremenljivkami morfološkega prostora v vzorcu moških in v vzorcu žensk je bilo ugotovljeno, da med večino obravnavanimi neodvisnimi spremenljivkami obstajajo statistično značilne povezanosti. Zato lahko ničelno hipotezo o statistično značilni korelaciji med neodvisnimi spremenljivkami znotraj morfološkega prostora tako v vzorcu moških kot v vzorcu žensk sprejmemo ( $H_0$ ).

#### *Povezanost med motoričnimi spremenljivkami*

Vrednosti medsebojne povezanosti med spremenljivkami motoričnega prostora za moške so prikazane v Preglednici 25.

*Preglednica 25:* Prikaz medsebojne povezanosti med spremenljivkami motoričnega prostora za moške

Spremenljivke		MMRTDT30	SMMZGIB1	SMMZGIBR1
MMRTDT30	r	1	,228	,209
	Sig.		,272	,316
	N	25	25	25
SMMZGIB1	r	,228	1	,992(**)
	Sig.	,272		,000
	N	25	25	25
SMMZGIBR1	r	,209	,992(**)	1
	Sig.	,316	,000	
	N	25	25	25
SMMSBLOK (100 % AT)	r	,269	,735(**)	,733(**)
	Sig.	,194	,000	,000
	N	25	25	25
SMVRABC	r	,462(*)	,557(**)	,575(**)
	Sig.	,020	,004	,003
	N	25	25	25
SMMVIS1P	r	-,373	-,551(**)	-,554(**)
	Sig.	,066	,004	,004
	N	25	25	25
SMVVESA	r	,495(*)	,539(**)	,574(**)
	Sig.	,012	,005	,003
	N	25	25	25
SMEVPREP	r	,349	,525(**)	,561(**)
	Sig.	,087	,007	,003
	N	25	25	25
ST	r	,600(**)	,163	,151
	Sig.	,002	,437	,472
	N	25	25	25

Statistična značilnost ( $p \leq 0,01$ ) je označena z dvema zvezdicama (\*\*), statistična značilnost ( $p \leq 0,05$ ) pa z eno zvezdico (\*).

Spremenljivke		SMMSBLOK (100 % AT)	SMVRABC	SMMVIS1P	SMVVESA	SMEVPREP	ST
MMRTDT30	r	,269	,462(*)	-,373	,495(*)	,349	,600(**)
	Sig.	,194	,020	,066	,012	,087	,002
	N	25	25	25	25	25	25
SMMZGIB1	r	,735(**)	,557(**)	-,551(**)	,539(**)	,525(**)	,163
	Sig.	,000	,004	,004	,005	,007	,437
	N	25	25	25	25	25	25
SMMZGIBR1	r	,733(**)	,575(**)	-,554(**)	,574(**)	,561(**)	,151
	Sig.	,000	,003	,004	,003	,003	,472
	N	25	25	25	25	25	25
SMMSBLOK (100 % AT)	r	1	,459(*)	-,502(*)	,690(**)	,449(*)	,135
	Sig.		,021	,011	,000	,024	,520
	N	25	25	25	25	25	25
SMVRABC	r	,459(*)	1	-,310	,602(**)	,358	,364
	Sig.	,021		,132	,001	,079	,074
	N	25	25	25	25	25	25
SMMVIS1P	r	-,502(*)	-,310	1	-,601(**)	-,598(**)	-,246
	Sig.	,011	,132		,001	,002	,237
	N	25	25	25	25	25	25
SMVVESA	r	,690(**)	,602(**)	-,601(**)	1	,556(**)	,383
	Sig.	,000	,001	,001		,004	,059
	N	25	25	25	25	25	25
SMEVPREP	r	,449(*)	,358	-,598(**)	,556(**)	1	,023
	Sig.	,024	,079	,002	,004		,913
	N	25	25	25	25	25	25
ST	r	,135	,364	-,246	,383	,023	1
	Sig.	,520	,074	,237	,059	,913	
	N	25	25	25	25	25	25

Statistična značilnost ( $p \leq 0,01$ ) je označena z dvema zvezdicama (\*\*), statistična značilnost ( $p \leq 0,05$ ) pa z eno zvezdico (\*).

Analiza vrednosti medsebojne povezanosti med spremenljivkami motoričnega prostora za moške se na prvi ravni omejuje na spremenljivke, ki hipotetično opredeljujejo posamezno motorično sposobnost na določenem ožjem funkcionalnoanatomskem delu telesa (Preglednica 25). Med vsemi spremenljivkami, ki hipotetično opredeljujejo motorični sposobnosti največja moč (SMMZGIB1, SMMZGIBR1) ter vzdržljivost v moči (SMMSBLOK (100 % AT), SMVRABC) rok in ramenskega obroča, je bila ugotovljena statistično značilna povezanost. Največja vrednost medsebojne povezanosti ( $r = ,992^{**}$ ) je bila pričakovano dobljena med spremenljivkama Zgiba z eno roko na drogu (SMMZGIB1) in Zgiba z eno roko na drogu relativno (SMMZGIBR1). Moč medsebojne povezanosti med ostalimi pari spremenljivk, ki hipotetično opredeljujejo motorični sposobnosti največja moč ter vzdržljivost v moči rok in ramenskega obroča, je srednja. Izstopa le povezanost med spremenljivkama Blokada na eni

roki pod kotom 90° (100 % AT) (SMMSBLOK (100 % AT)) in ABC – 123 test na drogu (SMVRABC), ki je po izbranem kriteriju šibka, statistična značilnost njune medsebojne povezanosti pa je na ravni 2,1 %.

Spremenljivke, ki hipotetično opredeljujejo motorični sposobnosti največja moč (SMMVIS1P) in vzdržljivost v moči (SMVVESA, SMEVPREP) prstov, so medsebojno statistično značilno povezane (Preglednica 25). Povezanost med njimi je statistično značilna na ravni manjši od 1 %. Vse parne povezanosti med neodvisnimi spremenljivkami, ki po funkcionalnoanatomskem kriteriju opredeljujejo področje prstov, so srednje močne. Ugotovljena je bila tudi negativna smer povezanosti med spremenljivko, ki hipotetično meri največjo moč prstov, Vesa na najmanjšem oprimku z eno roko (SMMVIS1P), in spremenljivkama, ki hipotetično merita vzdržljivost v moči prstov, Visenje na oprimku 1,5 cm (SMVVESA) ter Preprijemi na oprimkih 1,5 cm–2,5 cm (SMEVPREP). Pomeni, da boljši rezultat v spremenljivki Vesa na najmanjšem oprimku z eno roko (SMMVIS1P) (boljši rezultat pomeni manjšo vrednost v spremenljivki merjeno v mm) predvideva boljši rezultat tudi v spremenljivkah Visenje na oprimku 1,5 cm (SMVVESA) in Preprijemi na oprimkih 1,5 cm–2,5 cm (SMEVPREP). Ugotovitve se skladajo z našimi empiričnimi spoznanji in s teorijo športnega treniranja, ki predpostavlja, da največja moč posamezne mišice ali mišične skupine pomembno vpliva na vzdržljivost v moči v tej mišici ali mišični skupini.

V raziskavi Zatsiorsky s sodelavci (1965) je bila ugotovljena zelo podobna povezanost med mišično močjo in vzdržljivostjo v moči kot v vzorcu moških v naši raziskavi.

Na drugi ravni, ki ocenjuje vrednosti medsebojne povezanosti med spremenljivkami motoričnega prostora med posameznimi funkcionalnoanatomskimi deli telesa, je analiza pokazala statistično značilne in v veliki večini srednje močne povezanosti tako med spremenljivkami, ki hipotetično merijo največjo moč (SMMZGIB1, SMMZGIBR1, SMMVIS1P), kot med spremenljivkami, ki hipotetično merijo vzdržljivost v moči (SMMSBLOK (100 % AT), SMVRABC, SMVVESA, SMEVPREP) (Preglednica 25). V odnosu do spremenljivk, ki po funkcionalnoanatomskem kriteriju opredeljujejo področje prstov, izstopa le spremenljivka ABC – 123 test na drogu (SMVRABC). Odstopanje v tem odnosu ni nepričakovano, saj je protokol izvajanja tega motoričnega testa takšen, da ga uvršča, glede na opredelitev hipotetične motorične sposobnosti, na nejasno mejo med testom, ki meri vzdržljivost v moči, in testom, ki meri dolgotrajno vzdržljivost. Dobljene ugotovitve

nakazujejo, da spremenljivka ABC – 123 test na drogu (SMVRABC) bolj kot vzdržljivost v moči meri hipotetično motorično sposobnost vzdržljivost rok in ramenskega obroča.

Povezanost spremenljivke Dviganje trupa na klopi z nagibom 30° (MMRTDT30) s spremenljivkama ABC – 123 test na drogu (SMVRABC) in Visenje na oprimku 1,5 cm (SMVVESA) je šibka in statistično značilna na ravni manjši od 5 % (Preglednica 25). Spremenljivka Dviganje trupa na klopi z nagibom 30° (MMRTDT30) hipotetično meri motorično sposobnost vzdržljivost v moči trebušnih mišic. Zato lahko hipotetična razlaga tega vzorca povezanosti med temi tremi spremenljivkami temelji na dejstvu, da povezanost obstaja prav s spremenljivkama, katerih čas izvedbe je najdaljši in pri izvajanju katerih se na podlagi empiričnih spoznanj aktivno vključujejo tudi trebušne mišice. Z zadržkom se lahko sklepa, da primerna raven razvitosti mišic upogibalk trupa zagotavlja boljšo oporo mišicam rok in ramenskega obroča in v nadaljevanju kinetične verige tudi prstom, s tem pa manjši omejitveni dejavnik uspešnosti v testih ABC – 123 test na drogu (SMVRABC) in Visenje na oprimku 1,5 cm (SMVVESA).

Med vsemi neodvisnimi spremenljivkami in odvisno spremenljivko Situacijski test na plezalni steni s spremenljivim naklonom (ST) znotraj motoričnega prostora, razen v primeru spremenljivke Dviganje trupa na klopi z nagibom 30° (MMRTDT30), ni bilo ugotovljenih medsebojnih povezanosti (Preglednica 25). Kljub temu je bilo zaslediti šibko povezanost odvisne spremenljivke (ST) z neodvisnima spremenljivkama ABC – 123 test na drogu (SMVRABC) in Visenje na oprimku 1,5 cm (SMVVESA), ki pa ni statistično značilna. Vendar je podrobnejša analiza medsebojne povezanosti med neodvisnimi spremenljivkami Dviganje trupa na klopi z nagibom 30° (MMRTDT30), ABC – 123 test na drogu (SMVRABC) in Visenje na oprimku 1,5 cm (SMVVESA) ter njihove povezanosti z odvisno spremenljivko (ST) pokazala hipotetični vzorec odnosa med temi štirimi spremenljivkami. Značilnost hipotetičnega vzorca odnosa opredeljujeta povezanost vseh spremenljivk s spremenljivko Dviganje trupa na klopi z nagibom 30° (MMRTDT30) in relativno daljši čas izvajanja teh testov. Predpostavlja se lahko, da pri vseh spremenljivkah, ki hipotetično merijo motorični sposobnosti vzdržljivost v moči ali vzdržljivost tako rok in ramenskega obroča kot prstov, neprimerna razvitost mišic upogibalk trupa predstavlja omejitveni dejavnik uspešnosti.

Odnos odvisne spremenljivke Situacijski test na plezalni steni s spremenljivim naklonom (ST) z neodvisnimi spremenljivkami znotraj motoričnega prostora, predvsem s tistimi, ki merijo

motorične sposobnosti rok in ramenskega obroča ter prstov, je svojstven (Preglednica 25). Kaže namreč, da odvisna spremenljivka (ST) ni z nobeno od teh neodvisnih spremenljivk v statistično značilni povezanosti. To nakazuje na hipotetično možnost, da meri odvisna spremenljivka Situacijski test na plezalni steni s spremenljivim naklonom (ST) takšno motorično sposobnost, kakršne ne meri nobena izmed preostalih uporabljenih neodvisnih spremenljivk. Izbrana hipotetična motorična sposobnost prekinjajoča izometrična vzdržljivost prstov za odvisno spremenljivko (ST) se zdi pravilna.

Uлага (1999) je v svoji raziskavi dobila zelo podobne vrednosti povezanosti med večino neodvisnih spremenljivk, ki so bile uporabljene tudi v naši raziskavi. Manjše vrednosti povezanosti od naših je dobila le med spremenljivkama Vesa na najmanjšem oprimku z eno roko (SMMVIS1P) in Preprijemi na oprimkih 1,5 cm–2,5 cm (SMEVPREP) ter preostalimi neodvisnimi motoričnimi spremenljivkami.

Vrednosti medsebojne povezanosti med spremenljivkami motoričnega prostora za ženske so prikazane v Preglednici 26.



*Preglednica 26:* Prikaz medsebojne povezanosti med spremenljivkami motoričnega prostora za ženske

Spremenljivke		MMRTDT30	SMMZGIB2	SMMZGIBR2
MMRTDT30	r	1	,488(*)	,404
	Sig.		,029	,078
	N	20	20	20
SMMZGIB2	r	,488(*)	1	,921(**)
	Sig.	,029		,000
	N	20	20	20
SMMZGIBR2	r	,404	,921(**)	1
	Sig.	,078	,000	
	N	20	20	20
SMMSBLOK (80 % AT)	r	,375	,752(**)	,888(**)
	Sig.	,103	,000	,000
	N	20	20	20
SMVRABC	r	,306	,654(**)	,779(**)
	Sig.	,189	,002	,000
	N	20	20	20
SMMVIS1P	r	-,142	-,173	-,343
	Sig.	,550	,466	,139
	N	20	20	20
SMVVESA	r	,142	-,087	,076
	Sig.	,549	,714	,750
	N	20	20	20
SMEVPREP	r	,244	,313	,389
	Sig.	,299	,179	,090
	N	20	20	20
ST	r	,005	,297	,468(*)
	Sig.	,984	,203	,037
	N	20	20	20

Statistična značilnost ( $p \leq 0,01$ ) je označena z dvema zvezdicama (\*\*), statistična značilnost ( $p \leq 0,05$ ) pa z eno zvezdico (\*).

Spremenljivke		SMMSBLOK (80 % AT)	SMVRABC	SMMVIS1P	SMVVESA	SMEVPREP	ST
MMRTDT30	r	,375	,306	-,142	,142	,244	,005
	Sig.	,103	,189	,550	,549	,299	,984
	N	20	20	20	20	20	20
SMMZGIB2	r	,752(**)	,654(**)	-,173	-,087	,313	,297
	Sig.	,000	,002	,466	,714	,179	,203
	N	20	20	20	20	20	20
SMMZGIBR2	r	,888(**)	,779(**)	-,343	,076	,389	,468(*)
	Sig.	,000	,000	,139	,750	,090	,037
	N	20	20	20	20	20	20
SMMSBLOK (80 % AT)	r	1	,730(**)	-,160	,207	,377	,490(*)
	Sig.		,000	,501	,382	,102	,028
	N	20	20	20	20	20	20
SMVRABC	r	,730(**)	1	-,470(*)	,059	,245	,591(**)
	Sig.	,000		,036	,805	,298	,006
	N	20	20	20	20	20	20
SMMVIS1P	r	-,160	-,470(*)	1	-,328	-,283	-,478(*)
	Sig.	,501	,036		,158	,227	,033
	N	20	20	20	20	20	20
SMVVESA	r	,207	,059	-,328	1	,377	,116
	Sig.	,382	,805	,158		,102	,627
	N	20	20	20	20	20	20
SMEVPREP	r	,377	,245	-,283	,377	1	-,055
	Sig.	,102	,298	,227	,102		,819
	N	20	20	20	20	20	20
ST	r	,490(*)	,591(**)	-,478(*)	,116	-,055	1
	Sig.	,028	,006	,033	,627	,819	
	N	20	20	20	20	20	20

Statistična značilnost ( $p \leq 0,01$ ) je označena z dvema zvezdicama (\*\*), statistična značilnost ( $p \leq 0,05$ ) pa z eno zvezdico (\*).

V vzorcu žensk je bila med vsemi spremenljivkami, ki hipotetično opredeljujejo motorični sposobnosti največja moč (SMMZGIB2, SMMZGIBR2) in vzdržljivost v moči (SMMSBLOK (80 % AT), SMVRABC) rok in ramenskega obroča ugotovljena statistično značilna povezanost (Preglednica 26). Moč medsebojne povezanosti med temi pari spremenljivk je srednja ali močna, statistična značilnost njihove medsebojne povezanosti pa je na ravni manjši od 1 %.

Spremenljivke, ki hipotetično opredeljujejo motorični sposobnosti največja moč (SMMVIS1P) in vzdržljivost v moči (SMVVESA, SMEVPREP) prstov, niso v medsebojni statistično značilni povezanosti (Preglednica 26). Ugotovitve o odnosu med spremenljivkami, ki po funkcionalnoanatomskem kriteriju opredeljujejo področje prstov, so presenetljive in v

nasprotju z našimi pričakovanji. Primerjava vrednosti motorične spremenljivke Vesa na najmanjšem oprimku z eno roko (SMMVIS1P) in morfološke spremenljivke Telesna masa (AT) med vzorcem moških in vzorcem žensk pa je pokazala, da med obravnavanima vzorcema v prvi spremenljivki ni statistično značilnih razlik, medtem ko v drugi spremenljivki te razlike obstajajo. Prav ugotovitve o obstoju ali izostanku statistično značilnih razlik v teh dveh spremenljivkah med obema vzorcema lahko predstavljajo hipotetične razloge za ugotovljene značilnosti v vzorcu žensk. Na podlagi ugotovitev, da med vzorcema ni statistično značilnih razlik v spremenljivki Vesa na najmanjšem oprimku z eno roko (SMMVIS1P), lahko sklepamo, da predstavlja dobljena vrednost aritmetične sredine te spremenljivke za oba vzorca absolutno in ne relativno merilo. To pomeni, da razlike v odnosu posameznega vzorca do te spremenljivke določa spremenljivka Telesna masa (AT). Razlika med aritmetičnima sredinama vzorcev v spremenljivki Telesna masa (AT) je 10,58 kg (Preglednica 21). Tolikšna razlika med aritmetičnima sredinama vzorcev v spremenljivki Telesna masa (AT) pa ima lahko ob premagovanju absolutnega merila, ki ga v tem primeru predstavlja aritmetična sredina spremenljivke Vesa na najmanjšem oprimku z eno roko (SMMVIS1P), pomembno vlogo. Sklepamo lahko, da je povprečna relativna moč vzorca žensk večja od povprečne relativne moči vzorca moških. Ker predstavljata tudi spremenljivki Visenje na oprimku 1,5 cm (SMVVESA) in Preprijemi na oprimkih 1,5 cm–2,5 cm (SMEVPREP) absolutno merilo in se izvajata z obema rokama, obstaja možnost, da v vzorcu žensk ti dve spremenljivki predstavljata obremenitev na eno roko, ki je za toliko manjša od obremenitve na eno roko v vzorcu moških, da v vzorcu žensk postanejo vrednosti v spremenljivkah (SMVVESA, SMEVPREP) neodvisne od vrednosti v spremenljivki Vesa na najmanjšem oprimku z eno roko (SMMVIS1P).

Zelo podobno povezanost med vzdržljivostjo v moči in mišično močjo kot v vzorcu žensk v naši raziskavi, in sicer v primerih, kadar obremenitev postane relativno majhna glede na največjo mišično moč, je zaslediti v raziskavi Zatsiorsky s sodelavci (1965).

Vrednosti medsebojne povezanosti med spremenljivkami motoričnega prostora med posameznimi funkcionalnoanatomskimi deli telesa niso statistično značilne (Preglednica 26). Povezanost ni bila ugotovljena niti med spremenljivkami, ki hipotetično merijo največjo moč (SMMZGIB2, SMMZGIBR2, SMMVIS1P), niti med spremenljivkami, ki hipotetično merijo vzdržljivost v moči (SMMSBLOK (80 % AT), SMVRABC, SMVVESA, SMEVPREP).

V vzorcu žensk je spremenljivka Dviganje trupa na klopi z nagibom 30° (MMRTDT30) v šibki in statistično značilni povezanosti samo s spremenljivko Zgiba z obema rokama na drogu (SMMZGIB2) (Preglednica 26).

Med neodvisnimi spremenljivkami in odvisno spremenljivko Situacijski test na plezalni steni s spremenljivim naklonom (ST) znotraj motoričnega prostora je bila ugotovljena medsebojna statistično značilna povezanost med štirimi pari spremenljivk (Preglednica 26). Prevladuje povezanost z neodvisnimi spremenljivkami, ki opredeljujejo hipotetične motorične sposobnosti v predelu rok in ramenskega obroča (SMMZGIBR2, SMMSBLOK (80 % AT), SMVRABC). Ta povezanost je šibka ali srednja. Šibka je povezanost tudi z neodvisno spremenljivko Vesa na najmanjšem oprimku z eno roko (SMMVIS1P).

Dobljene vrednosti povezanosti odvisne spremenljivke Situacijski test na plezalni steni s spremenljivim naklonom (ST) z neodvisnimi spremenljivkami znotraj motoričnega prostora pokažejo zanimiv vzorec. Medtem ko med neodvisnimi spremenljivkami, ki opredeljujejo predela rok in ramenskega obroča ter prstov, ni bilo ugotovljenih nikakršnih pomembnih povezanosti, pa predstavlja odvisna spremenljivka (ST) tisto hipotetično motorično sposobnost, ki v določeni meri te spremenljivke medsebojno poveže.

Na osnovi analize spremenljivk, dobljenih vrednostih medsebojne povezanosti in statistične značilnosti povezanosti med neodvisnimi spremenljivkami motoričnega prostora v vzorcu moških je bilo ugotovljeno, da med večino obravnavanimi neodvisnimi spremenljivkami obstajajo statistično značilne povezanosti. Zato lahko ničelno hipotezo o statistično značilni korelaciji med neodvisnimi spremenljivkami znotraj motoričnega prostora v vzorcu moških sprejmemo (H02). Med neodvisnimi spremenljivkami motoričnega prostora in odvisno spremenljivko pa je bila ugotovljena samo ena statistično značilna povezanost. Zato lahko ničelno hipotezo o statistično značilni korelaciji med neodvisnimi spremenljivkami motoričnega prostora in odvisno spremenljivko v vzorcu moških zavrnamo (H03).

V vzorcu žensk je bilo med neodvisnimi spremenljivkami motoričnega prostora ugotovljenih relativno majhno število statistično značilnih povezanosti. Zato lahko ničelno hipotezo o statistično značilni korelaciji med neodvisnimi spremenljivkami znotraj motoričnega prostora v vzorcu žensk zavrnamo (H02). Med neodvisnimi spremenljivkami motoričnega prostora in odvisno spremenljivko je bilo ugotovljenih enako število statistično značilnih kot statistično

neznačilnih povezanosti. Ob upoštevanju samo spremenljivk za spremljanje specifičnih plezalskih motoričnih sposobnost pa se delež prevesi v korist statistično značilnih povezanosti. Kljub temu ničelne hipoteze o statistično značilni korelaciji med neodvisnimi spremenljivkami motoričnega prostora in odvisno spremenljivko v vzorcu žensk ne moremo v celoti sprejeti (H03).

#### *Povezanost med morfološkimi in motoričnimi spremenljivkami*

Vrednosti medsebojne povezanosti med spremenljivkami morfološkega in motoričnega prostora za moške so prikazane v Preglednici 27.

Preglednica 27: Prikaz medsebojne povezanosti med spremenljivkami morfološkega in motoričnega prostora za moške

Spremenljivke		AT	AV	BMI	MMRTDT30	SMMZGIB1	SMMZGIBR1
AT	r	1	,736(**)	,554(**)	,077	,420(*)	,451(*)
	Sig.		,000	,004	,716	,036	,024
	N	25	25	25	25	25	25
AV	r	,736(**)	1	-,153	-,337	,365	,406(*)
	Sig.	,000		,467	,100	,072	,044
	N	25	25	25	25	25	25
BMI	r	,554(**)	-,153	1	,520(**)	,173	,173
	Sig.	,004	,467		,008	,407	,410
	N	25	25	25	25	25	25
MMRTDT30	r	,077	-,337	,520(**)	1	,228	,209
	Sig.	,716	,100	,008		,272	,316
	N	25	25	25	25	25	25
SMMZGIB1	r	,420(*)	,365	,173	,228	1	,992(**)
	Sig.	,036	,072	,407	,272		,000
	N	25	25	25	25	25	25
SMMZGIBR1	r	,451(*)	,406(*)	,173	,209	,992(**)	1
	Sig.	,024	,044	,410	,316	,000	
	N	25	25	25	25	25	25
SMMSBLOK (100 % AT)	r	,268	,128	,239	,269	,735(**)	,733(**)
	Sig.	,196	,541	,249	,194	,000	,000
	N	25	25	25	25	25	25
SMVRABC	r	,218	,094	,195	,462(*)	,557(**)	,575(**)
	Sig.	,294	,655	,349	,020	,004	,003
	N	25	25	25	25	25	25
SMMVIS1P	r	-,310	-,176	-,231	-,373	-,551(**)	-,554(**)
	Sig.	,131	,399	,267	,066	,004	,004
	N	25	25	25	25	25	25
SMVVESA	r	,478(*)	,243	,410(*)	,495(*)	,539(**)	,574(**)
	Sig.	,016	,241	,042	,012	,005	,003
	N	25	25	25	25	25	25
SMEVPREP	r	,351	,287	,154	,349	,525(**)	,561(**)
	Sig.	,085	,164	,461	,087	,007	,003
	N	25	25	25	25	25	25
ST	r	-,172	-,331	,163	,600(**)	,163	,151
	Sig.	,411	,106	,435	,002	,437	,472
	N	25	25	25	25	25	25

Statistična značilnost ( $p \leq 0,01$ ) je označena z dvema zvezdicama (\*\*), statistična značilnost ( $p \leq 0,05$ ) pa z eno zvezdico (\*).

Spremenljivke		SMMSBLOK (100 % AT)	SMVRABC	SMMVIS1P	SMVVESA	SMEVPREP	ST
AT	r	,268	,218	-,310	,478(*)	,351	-,172
	Sig.	,196	,294	,131	,016	,085	,411
	N	25	25	25	25	25	25
AV	r	,128	,094	-,176	,243	,287	-,331
	Sig.	,541	,655	,399	,241	,164	,106
	N	25	25	25	25	25	25
BMI	r	,239	,195	-,231	,410(*)	,154	,163
	Sig.	,249	,349	,267	,042	,461	,435
	N	25	25	25	25	25	25
MMRTDT30	r	,269	,462(*)	-,373	,495(*)	,349	,600(**)
	Sig.	,194	,020	,066	,012	,087	,002
	N	25	25	25	25	25	25
SMMZGIB1	r	,735(**)	,557(**)	-,551(**)	,539(**)	,525(**)	,163
	Sig.	,000	,004	,004	,005	,007	,437
	N	25	25	25	25	25	25
SMMZGIBR1	r	,733(**)	,575(**)	-,554(**)	,574(**)	,561(**)	,151
	Sig.	,000	,003	,004	,003	,003	,472
	N	25	25	25	25	25	25
SMMSBLOK (100 % AT)	r	1	,459(*)	-,502(*)	,690(**)	,449(*)	,135
	Sig.		,021	,011	,000	,024	,520
	N	25	25	25	25	25	25
SMVRABC	r	1	,459(*)	-,502(*)	,690(**)	,449(*)	,135
	Sig.		,021	,011	,000	,024	,520
	N	25	25	25	25	25	25
SMMVIS1P	r	-,502(*)	-,310	1	-,601(**)	-,598(**)	-,246
	Sig.	,011	,132		,001	,002	,237
	N	25	25	25	25	25	25
SMVVESA	r	,690(**)	,602(**)	-,601(**)	1	,556(**)	,383
	Sig.	,000	,001	,001		,004	,059
	N	25	25	25	25	25	25
SMEVPREP	r	,449(*)	,358	-,598(**)	,556(**)	1	,023
	Sig.	,024	,079	,002	,004		,913
	N	25	25	25	25	25	25
ST	r	,135	,364	-,246	,383	,023	1
	Sig.	,520	,074	,237	,059	,913	
	N	25	25	25	25	25	25

Statistična značilnost ( $p \leq 0,01$ ) je označena z dvema zvezdicama (\*\*), statistična značilnost ( $p \leq 0,05$ ) pa z eno zvezdico (\*).

V raziskavi je bilo v vzorcu moških med neodvisnimi spremenljivkami morfološkega in motoričnega prostora ugotovljenih manjše število statistično značilnih povezanosti (Preglednica 27). Med morfološkimi spremenljivkami je spremenljivka Telesna masa (AT) tista, ki ima največje število teh povezanosti. Vendar v odnosu med spremenljivko Telesna masa (AT) in motoričnimi spremenljivkami ni bilo ugotovljenega pričakovanega

pomembnega vpliva prve na večje število drugih. V nasprotju s pričakovanji je vpliv spremenljivke Telesna masa (AT) dokaj neznačilen in ga lahko zasledimo samo na dve spremenljivki, ki hipotetično merita največjo moč (SMMZGIB1, SMMZGIBR1), in samo na eno spremenljivko, ki hipotetično meri vzdržljivost v moči (SMVVESA). Nekoliko nepričakovana je tudi pozitivna smer povezanosti med vsemi temi štirimi spremenljivkami. Pozitivno smer povezanosti med prvima dvema oziroma tremi spremenljivkami je do neke mere mogoče razložiti ob predpostavki, da je spremenljivka Telesna masa (AT) tudi v obravnavanem vzorcu v pozitivni zvezi z anatomskim prečnim presekom mišic rok in ramenskega obroča, ki pomembno vpliva na sposobnost razvoja mišične sile in/ali moči, medtem ko je pozitivno smer povezanosti med spremenljivkama Telesna masa (AT) in Visenje na oprimku 1,5 cm (SMVVESA) težje pojasniti. Zdi se, da ima anatomski prečni presek mišic upogibalk prstov pri spremenljivki, ki hipotetično meri neprekinjajočo statično (izometrično) vzdržljivost v moči prstov in se izvaja istočasno z obema rokama (SMVVESA), značilno vlogo. Kljub pričakovanjem pa podobnega vpliva, predvsem pri spremenljivkah, ki hipotetično merita največjo statično (izometrično) moč prstov (SMMVIS1P) in prekinjajočo statično (izometrično) vzdržljivost v moči prstov (SMEVPREP), ni opaziti.

Med neodvisnimi morfološkimi spremenljivkami in odvisno motorično spremenljivko Situacijski test na plezalni steni s spremenljivim naklonom (ST) v vzorcu moških ni bilo ugotovljenih statistično značilnih povezanosti (Preglednica 27).

Vrednosti medsebojne povezanosti med spremenljivkami morfološkega in motoričnega prostora za ženske so prikazane v Preglednici 28.



Preglednica 28: Prikaz medsebojne povezanosti med spremenljivkami morfološkega in motoričnega prostora za ženske

Spremenljivke		AT	AV	BMI	MMRTDT30	SMMZGIB2	SMMZGIBR2
AT	r	1	,540(*)	,696(**)	,210	,134	-,257
	Sig.		,014	,001	,375	,573	,274
	N	20	20	20	20	20	20
AV	r	,540(*)	1	-,228	-,004	-,058	-,273
	Sig.	,014		,334	,985	,808	,244
	N	20	20	20	20	20	20
BMI	r	,696(**)	-,228	1	,251	,216	-,055
	Sig.	,001	,334		,286	,362	,819
	N	20	20	20	20	20	20
MMRTDT30	r	,210	-,004	,251	1	,488(*)	,404
	Sig.	,375	,985	,286		,029	,078
	N	20	20	20	20	20	20
SMMZGIB2	r	,134	-,058	,216	,488(*)	1	,921(**)
	Sig.	,573	,808	,362	,029		,000
	N	20	20	20	20	20	20
SMMZGIBR2	r	-,257	-,273	-,055	,404	,921(**)	1
	Sig.	,274	,244	,819	,078	,000	
	N	20	20	20	20	20	20
SMMSBLOK (80 % AT)	r	-,367	-,300	-,161	,375	,752(**)	,888(**)
	Sig.	,112	,198	,497	,103	,000	,000
	N	20	20	20	20	20	20
SMVRABC	r	-,372	-,038	-,395	,306	,654(**)	,779(**)
	Sig.	,107	,874	,085	,189	,002	,000
	N	20	20	20	20	20	20
SMMVIS1P	r	,489(*)	,183	,406	-,142	-,173	-,343
	Sig.	,029	,440	,075	,550	,466	,139
	N	20	20	20	20	20	20
SMVVESA	r	-,414	-,487(*)	-,053	,142	-,087	,076
	Sig.	,069	,029	,823	,549	,714	,750
	N	20	20	20	20	20	20
SMEVPREP	r	-,173	-,581(**)	,295	,244	,313	,389
	Sig.	,466	,007	,206	,299	,179	,090
	N	20	20	20	20	20	20
ST	r	-,508(*)	,011	-,596(**)	,005	,297	,468(*)
	Sig.	,022	,965	,006	,984	,203	,037
	N	20	20	20	20	20	20

Statistična značilnost ( $p \leq 0,01$ ) je označena z dvema zvezdicama (\*\*), statistična značilnost ( $p \leq 0,05$ ) pa z eno zvezdico (\*).

Spremenljivke		SMMSBLOK (80 % AT)	SMVRABC	SMMVIS1P	SMVVESA	SMEVPREP	ST
AT	r	-,367	-,372	,489(*)	-,414	-,173	-,508(*)
	Sig.	,112	,107	,029	,069	,466	,022
	N	20	20	20	20	20	20
AV	r	-,300	-,038	,183	-,487(*)	-,581(**)	,011
	Sig.	,198	,874	,440	,029	,007	,965
	N	20	20	20	20	20	20
BMI	r	-,161	-,395	,406	-,053	,295	-,596(**)
	Sig.	,497	,085	,075	,823	,206	,006
	N	20	20	20	20	20	20
MMRTDT30	r	,375	,306	-,142	,142	,244	,005
	Sig.	,103	,189	,550	,549	,299	,984
	N	20	20	20	20	20	20
SMMZGIB2	r	,752(**)	,654(**)	-,173	-,087	,313	,297
	Sig.	,000	,002	,466	,714	,179	,203
	N	20	20	20	20	20	20
SMMZGIBR2	r	,888(**)	,779(**)	-,343	,076	,389	,468(*)
	Sig.	,000	,000	,139	,750	,090	,037
	N	20	20	20	20	20	20
SMMSBLOK (80 % AT)	r	1	,730(**)	-,160	,207	,377	,490(*)
	Sig.		,000	,501	,382	,102	,028
	N	20	20	20	20	20	20
SMVRABC	r	,730(**)	1	-,470(*)	,059	,245	,591(**)
	Sig.	,000		,036	,805	,298	,006
	N	20	20	20	20	20	20
SMMVIS1P	r	-,160	-,470(*)	1	-,328	-,283	-,478(*)
	Sig.	,501	,036		,158	,227	,033
	N	20	20	20	20	20	20
SMVVESA	r	,207	,059	-,328	1	,377	,116
	Sig.	,382	,805	,158		,102	,627
	N	20	20	20	20	20	20
SMEVPREP	r	,377	,245	-,283	,377	1	-,055
	Sig.	,102	,298	,227	,102		,819
	N	20	20	20	20	20	20
ST	r	,490(*)	,591(**)	-,478(*)	,116	-,055	1
	Sig.	,028	,006	,033	,627	,819	
	N	20	20	20	20	20	20

Statistična značilnost ( $p \leq 0,01$ ) je označena z dvema zvezdicama (\*\*), statistična značilnost ( $p \leq 0,05$ ) pa z eno zvezdico (\*).

V vzorcu žensk je bilo med neodvisnimi spremenljivkami morfološkega in motoričnega prostora ugotovljeno manjše število statistično značilnih povezanosti (Preglednica 28). Pomembna se zdi šibka povezanost spremenljivke Telesna masa (AT) s spremenljivko Vesa na najmanjšem oprimku z eno roko (SMMVIS1P). Smer povezanosti med tema dvema spremenljivkama je pozitivna. To pomeni, da večja vrednost v spremenljivki Telesna masa

(AT) pomeni večjo vrednost in zato slabši rezultat v spremenljivki Vesa na najmanjšem oprimku z eno roko (SMMVIS1P).

V raziskavi sta bili ugotovljeni srednje veliki in statistično značilni povezanosti neodvisnih morfoloških spremenljivk Telesna masa (AT) in Indeks telesne mase (BMI) z odvisno motorično spremenljivko Situacijski test na plezalni steni s spremenljivim naklonom (ST) (Preglednica 28). Dobljene vrednosti povezanosti med temi spremenljivkami se med vzorcema razlikujejo. Sklepamo lahko, da ima v vzorcu žensk spremenljivka Telesna masa (AT) pomemben vpliv na rezultat v odvisni spremenljivki (ST), medtem ko v vzorcu moških tega vpliva ne zasledimo.

Na osnovi analize spremenljivk, dobljenih vrednostih medsebojne povezanosti in statistične značilnosti povezanosti med neodvisnimi spremenljivkami morfološkega in motoričnega prostora v vzorcu moških in v vzorcu žensk je bilo ugotovljeno, da med obravnavanimi neodvisnimi spremenljivkami obstaja relativno majhno število statistično značilnih povezanosti. Zato lahko ničelno hipotezo o statistično značilni korelaciji med neodvisnimi spremenljivkami morfološkega in motoričnega prostora, tako v vzorcu moških kot v vzorcu žensk, zavrnemo (H04). Med neodvisnimi spremenljivkami morfološkega prostora in odvisno spremenljivko v vzorcu moških ni bilo ugotovljenih statistično značilnih povezanosti. Zato lahko ničelno hipotezo o statistično značilni korelaciji med neodvisnimi spremenljivkami morfološkega prostora in odvisno spremenljivko v vzorcu moških zavrnemo (H05). V vzorcu žensk so bile med neodvisnimi spremenljivkami morfološkega prostora in odvisno spremenljivko ugotovljene statistično značilne povezanosti. Ničelno hipotezo o statistično značilni korelaciji med neodvisnimi spremenljivkami morfološkega prostora in odvisno spremenljivko v vzorcu žensk lahko sprejmemo (H05).

#### 7.4. Hkratna povezanost neodvisnih spremenljivk z odvisno spremenljivko na podlagi multiple linearne regresijske analize

Legenda:	R	vrednost multiplega korelacijskega koeficienta
	$R^2$	determinacijski koeficient
	Adj. $R^2$	popravljeni determinacijski koeficient
	SEE	standardna napaka ocene odvisne spremenljivke
	SS	vsota kvadratov
	df	stopnje prostosti
	MS	povprečni kvadrat
	F	vrednost F-testa za $H_0: R = 0$
	Sig. F	statistična značilnost multiplega korelacijskega koeficienta
	B	nestandardizirani regresijski koeficient
	SE B	standardna napaka nestandardiziranega regresijskega koeficienta
	$\beta$	standardizirani regresijski koeficient
	t	vrednost t-testa za $H_0: \beta = 0$
	Sig. t	statistična značilnost regresijskih koeficientov

Največja možna hkratna povezanost med sistemom neodvisnih spremenljivk in odvisno spremenljivko je bila določena z multiplim korelacijskim koeficientom. Multipla regresijska analiza je bila zaradi majhnega števila merjencev izvedena za oba spola skupaj, pri čemer je bila indikatorska spremenljivka Spol, kot neodvisna spremenljivka, vključena v regresijsko enačbo. Analiza hkratne povezanosti med neodvisnimi spremenljivkami in odvisno spremenljivko je bila najprej opravljena ločeno za morfološki in motorični prostor ter nato še za oba prostora skupaj.

Vrednosti hkratne povezanosti neodvisnih spremenljivk morfološkega prostora z odvisno spremenljivko za oba spola skupaj so prikazane v Preglednici 29.

*Preglednica 29:* Prikaz hkratne povezanosti neodvisnih spremenljivk morfološkega prostora (a) z odvisno spremenljivko (b) za oba spola skupaj; (a): AT, AV, BMI, Spol; (b): ST

R	R <sup>2</sup>	Adj. R <sup>2</sup>	SEE
,338(a)	,115	,026	42,157

	SS	df	MS	F	Sig. F
Regresija	9193,937	4	2298,484	1,293	,289(a)
Razlika	71087,174	40	1777,179		
Skupaj	80281,111	44			

Spremenljivke	B	SE B	$\beta$	t	Sig. t
Konstanta	1894,873	1728,741		1,096	,280
AT	11,993	15,443	2,234	,777	,442
AV	-9,308	10,213	-2,087	-,911	,368
BMI	-41,385	44,479	-1,551	-,930	,358
Spol <sup>1</sup>	-18,037	17,641	-,212	-1,022	,313

<sup>1</sup> Kodiranje spola: 1 = moški, 2 = ženske.

Vrednost multiplega korelacijskega koeficienta med sistemom neodvisnih spremenljivk morfološkega prostora in odvisno spremenljivko (ST) za oba spola skupaj ni statistično značilna (Preglednica 29).

Vrednosti hkratne povezanosti neodvisnih spremenljivk motoričnega prostora z odvisno spremenljivko za oba spola skupaj so prikazane v Preglednici 30.

*Preglednica 30:* Prikaz hkratne povezanosti neodvisnih spremenljivk motoričnega prostora (a) z odvisno spremenljivko (b) za oba spola skupaj; (a): MMRTDT30, SMVRABC, SMMVIS1P, SMVVESA, SMEVPREP, Spol; (b): ST

R	R <sup>2</sup>	Adj. R <sup>2</sup>	SEE
,579(a)	,335	,231	37,470

	SS	df	MS	F	Sig. F
Regresija	26929,487	6	4488,248	3,197	,012*(a)
Razlika	53351,624	38	1403,990		
Skupaj	80281,111	44			

Spremenljivke	B	SE B	$\beta$	t	Sig. t
Konstanta	71,556	71,292		1,004	,322
MMRTDT30	,827	1,172	,108	,706	,485
SMVRABC	14,107	5,919	,499	2,383	,022
SMMVIS1P	-2,466	1,331	-,311	-1,853	,072
SMVVESA	,444	,618	,135	,718	,477
SMEVPREP	-3,959	1,800	-,424	-2,200	,034
Spol <sup>1</sup>	27,026	16,050	,318	1,684	,100

<sup>1</sup> Kodiranje spola: 1 = moški, 2 = ženske.

Med sistemom neodvisnih spremenljivk motoričnega prostora in odvisno spremenljivko (ST) za oba spola skupaj je bila ugotovljena statistično značilna hkratna povezanost (Preglednica 30). Vrednost multiplega korelacijskega koeficienta je statistično značilna na ravni 1,2 %, moč hkratne povezanosti pa je po izbranem kriteriju srednja ( $R = ,579$ ). Sistem neodvisnih spremenljivk motoričnega prostora z indikatorsko spremenljivko Spol pojasnjuje 34 % skupne variabilnosti odvisne spremenljivke Situacijski test na plezalni steni s spremenljivim naklonom (ST) oziroma Vice versa. Pomeni, da preostalih 66 % celotne variabilnosti odvisne spremenljivke (ST) pojasnjujejo druge, v raziskavi neobravnavane antropološke značilnosti. Na osnovi analize vplivov posameznih neodvisnih spremenljivk na odvisno spremenljivko (ST) se lahko zaključi, da imata največji in statistično značilen vpliv spremenljivki ABC – 123 test na drogu (SMVRABC) ( $\beta = ,499$ ; Sig. t = ,022) in Preprijemi na oprimkih 1,5 cm–2,5 cm (SMEVPREP) ( $\beta = -,424$ ; Sig. t = ,034). Hkraten vpliv v raziskavi uporabljenih

neodvisnih motoričnih spremenljivk na predvidevanje odvisne spremenljivke Situacijski test na plezalni steni s spremenljivim naklonom (ST) za oba spola skupaj je statistično značilen.

Na osnovi dobljene vrednosti multiplega korelacijskega koeficienta ter standardiziranih in nestandardiziranih regresijskih koeficientov motoričnega prostora za oba spola skupaj sta bili oblikovani standardizirana (Enačba 1) in nestandardizirana (Enačba 2) oblika regresijske enačbe.

*Enačba 1:* Standardizirana oblika regresijske enačbe za ugotavljanje pomembnosti posamezne neodvisne spremenljivke motoričnega prostora pri pojasnjevanju odvisne spremenljivke (ST) za oba spola skupaj:

$$ST = 0,108 \times MMRTDT30 + 0,499 \times SMVRABC - 0,311 \times SMMVIS1P + 0,135 \times SMVVESA - 0,424 \times SMEVPREP + 0,318 \times spol$$

*Enačba 2:* Nestandardizirana oblika regresijske enačbe za izračun predvidene vrednosti odvisne spremenljivke (ST) na osnovi neodvisnih spremenljivk motoričnega prostora za oba spola skupaj:

$$ST = 0,827 \times MMRTDT30 + 14,107 \times SMVRABC - 2,466 \times SMMVIS1P + 0,444 \times SMVVESA - 3,959 \times SMEVPREP + 27,026 \times spol$$

Vrednosti hkratne povezanosti neodvisnih spremenljivk morfološkega in motoričnega prostora z odvisno spremenljivko za oba spola skupaj so prikazane v Preglednici 31.

*Preglednica 31:* Prikaz hkratne povezanosti neodvisnih spremenljivk morfološkega in motoričnega prostora (a) z odvisno spremenljivko (b) za oba spola skupaj; (a): AT, AV, BMI, MMRTDT30, SMVRABC, SMMVIS1P, SMVVESA, SMEVPREP, Spol; (b): ST

R	R <sup>2</sup>	Adj. R <sup>2</sup>	SEE
,650(a)	,422	,274	36,408

	SS	df	MS	F	Sig. F
Regresija	33887,075	9	3765,231	2,841	,013*(a)
Razlika	46394,036	35	1325,544		
Skupaj	80281,111	44			

Spremenljivke	B	SE B	$\beta$	t	Sig. t
Konstanta	363,921	1611,336		,226	,823
AT	-,766	14,371	-,143	-,053	,958
AV	-,894	9,468	-,200	-,094	,925
BMI	-4,645	41,701	-,174	-,111	,912
MMRTDT30	1,185	1,260	,154	,941	,353
SMVRABC	12,509	6,056	,443	2,066	,046
SMMVIS1P	-1,958	1,366	-,247	-1,434	,160
SMVVESA	,702	,619	,213	1,134	,265
SMEVPREP	-3,370	1,780	-,361	-1,893	,067
Spol <sup>1</sup>	6,545	18,418	,077	,355	,724

<sup>1</sup> Kodiranje spola: 1 = moški, 2 = ženske.

V raziskavi je bila med sistemoma neodvisnih spremenljivk morfološkega in motoričnega prostora in odvisno spremenljivko (ST) za oba spola skupaj ugotovljena statistično značilna hkratna povezanost (Preglednica 31). Vrednost multiplega korelacijskega koeficienta je statistično značilna na ravni 1,3 %. Moč hkratne povezanosti je srednja ( $R = ,650$ ). Sistem neodvisnih spremenljivk morfološkega in motoričnega prostora z indikatorsko spremenljivko Spol pojasnjuje 42 % skupne variabilnosti odvisne spremenljivke Situacijski test na plezalni steni s spremenljivim naklonom (ST). Največji in statistično značilen vpliv na odvisno spremenljivko (ST) ima neodvisna spremenljivka ABC – 123 test na drogu (SMVRABC) ( $\beta = ,443$ ; Sig. t = ,046). Sklepamo lahko, da je hkraten vpliv v raziskavi uporabljenih neodvisnih



morfoloških in motoričnih spremenljivk na predvidevanje odvisne spremenljivke Situacijski test na plezalni steni s spremenljivim naklonom (ST) za oba spola skupaj statistično značilen.

V raziskavi dobljene vrednosti multiplega korelacijskega koeficienta ter standardiziranih in nestandardiziranih regresijskih koeficientov morfološkega in motoričnega prostora za oba spola skupaj so omogočile oblikovanje standardizirane (Enačba 3) in nestandardizirane (Enačba 4) oblike regresijske enačbe.

*Enačba 3:* Standardizirana oblika regresijske enačbe za ugotavljanje pomembnosti posamezne neodvisne spremenljivke morfološkega in motoričnega prostora pri pojasnjevanju odvisne spremenljivke (ST) za oba spola skupaj:

$$ST = -0,143 \times AT - 0,200 \times AV - 0,174 \times BMI + 0,154 \times MMRTDT30 + 0,443 \times SMVRABC - 0,247 \times SMMVIS1P + 0,213 \times SMVVESA - 0,361 \times SMEVPREP + 0,077 \times \text{spol}$$

*Enačba 4:* Nestandardizirana oblika regresijske enačbe za izračun predvidene vrednosti odvisne spremenljivke (ST) na osnovi neodvisnih spremenljivk morfološkega in motoričnega prostora za oba spola skupaj:

$$ST = -0,766 \times AT - 0,894 \times AV - 4,645 \times BMI + 1,185 \times MMRTDT30 + 12,509 \times SMVRABC - 1,958 \times SMMVIS1P + 0,702 \times SMVVESA - 3,370 \times SMEVPREP + 6,545 \times \text{spol}$$

Na osnovi dobljenih vrednostih hkratne povezanosti in statistične značilnosti hkratne povezanosti med neodvisnimi spremenljivkami morfološkega in motoričnega prostora z indikatorsko spremenljivko Spol in odvisno spremenljivko Situacijski test na plezalni steni s spremenljivim naklonom (ST) za oba spola skupaj je bilo ugotovljeno, da obstajajo razlike v statistično značilni hkratni povezanosti neodvisnih spremenljivk z odvisno spremenljivko glede na obravnavane prostore. Vrednost multiplega korelacijskega koeficienta med sistemom neodvisnih spremenljivk morfološkega prostora in odvisno spremenljivko (ST) za oba spola skupaj ni statistično značilna. Zato lahko ničelno hipotezo o statistično značilni multipli

korelaciji med sistemom neodvisnih spremenljivk morfološkega prostora in odvisno spremenljivko (ST) za oba spola skupaj zavrnilo (H06). Med sistemom neodvisnih spremenljivk motoričnega prostora in odvisno spremenljivko (ST) za oba spola skupaj je bila ugotovljena statistično značilna hkratna povezanost. Zato lahko ničelno hipotezo o statistično značilni multipli korelaciji med sistemom neodvisnih spremenljivk motoričnega prostora in odvisno spremenljivko (ST) za oba spola skupaj sprejmemo (H06). Vrednost multiplega korelacijskega koeficienta med sistemoma neodvisnih spremenljivk morfološkega in motoričnega prostora in odvisno spremenljivko (ST) za oba spola skupaj je statistično značilna. Ničelno hipotezo o statistično značilni multipli korelaciji med sistemoma neodvisnih spremenljivk morfološkega in motoričnega prostora in odvisno spremenljivko (ST) za oba spola skupaj lahko sprejmemo (H06).

Med sistemom neodvisnih spremenljivk morfološkega prostora in odvisno spremenljivko (ST) za oba spola skupaj ni bila ugotovljena statistično značilna hkratna povezanost. Po pravilu tudi ni bila ugotovljena statistična značilnost nobenega izmed  $\beta$ -koeficientov neodvisnih spremenljivk v tem prostoru. V tem primeru predstavlja hkraten vpliv neodvisnih spremenljivk na odvisno spremenljivko (ST) neko slučajnost, ki jo je težko smiselno interpretirati. Zato lahko ničelno hipotezo o statistično značilni prediktivni oceni za posamezno neodvisno spremenljivko morfološkega prostora na odvisno spremenljivko (ST) za oba spola skupaj zavrnilo (H07). V motoričnem prostoru je bila ugotovljena statistična značilnost  $\beta$ -koeficientov neodvisnih spremenljivk ABC – 123 test na drogu (SMVRABC) in Preprijemi na oprimkih 1,5 cm–2,5 cm (SMEVPREP). Ničelno hipotezo o statistično značilni prediktivni oceni za posamezno neodvisno spremenljivko motoričnega prostora na odvisno spremenljivko (ST) za oba spola skupaj za neodvisni spremenljivki ABC – 123 test na drogu (SMVRABC) in Preprijemi na oprimkih 1,5 cm–2,5 cm (SMEVPREP) lahko sprejmemo (H07). Za preostale štiri neodvisne spremenljivke motoričnega prostora pa tega ne moremo storiti. Med neodvisnimi spremenljivkami morfološkega in motoričnega prostora je bila v raziskavi ugotovljena statistična značilnost  $\beta$ -koeficienta samo pri neodvisni spremenljivki ABC – 123 test na drogu (SMVRABC). Ničelno hipotezo o statistično značilni prediktivni oceni za posamezno neodvisno spremenljivko morfološkega in motoričnega prostora na odvisno spremenljivko (ST) za oba spola skupaj za neodvisno spremenljivko ABC – 123 test na drogu (SMVRABC) lahko sprejmemo (H07). Za preostalih osem neodvisnih spremenljivk morfološkega in motoričnega prostora tega ne moremo storiti.

## 7.5. Povezanost med odvisno spremenljivko in tekmovalnim uspehom

Legenda:	N	število merjencev
	$\rho$	vrednost Spearmanovega korelacijskega koeficienta
	Sig.	statistična značilnost Spearmanovega korelacijskega koeficienta (dvosmerno testiranje)

Ugotavljanje povezanosti med odvisno spremenljivko in tekmovalnim uspehom je bilo izvedeno s pomočjo Spearmanovega korelacijskega koeficienta. Analiza povezanosti med spremenljivkama je bila opravljena ločeno za moški vzorec in ženski vzorec. Ugotavljanje povezanosti med spremenljivkama je bilo izvedeno z namenom osvetlitve namena raziskave in potrditve ali zavrnitve hipotetične domneve, da odvisna spremenljivka med vsemi uporabljenimi testi v sklopu meritev športnih plezalcev v največji meri posnema dejansko plezalno situacijo in da je visok rezultat v tej spremenljivki v pozitivni zvezi s tekmovalnim rezultatom v športnem plezanju. Obravnavana vzorca moških in žensk sta bila pri analizi povezanosti odvisne spremenljivke s tekmovalnim uspehom zaradi večje verodostojnosti vrednosti povezanosti nekoliko manjša. Vzorca so sestavljali samo merjenci, ki so bili merjeni v letu 2003 in so v tem letu tekmovali v starejših tekmovalnih kategorijah (mladinci/mladinke in člani/članice). Spremenljivko Tekmovalni uspeh je v obeh obravnavanih vzorcih opredeljevala končna uvrstitev v skupni razvrstitvi državnega prvenstva Republike Slovenije v športnem plezanju v letu 2003, v disciplini težavnostno plezanje.

Vrednosti medsebojne povezanosti med odvisno spremenljivko in tekmovalnim uspehom za moške so prikazane v Preglednici 32.

*Preglednica 32:* Prikaz medsebojne povezanosti med odvisno spremenljivko (ST) in tekmovalnim uspehom za moške

Spremenljivka		TEKMOVALNI USPEH
ST	$\rho$	,573(*)
	Sig.	,013
	N	18

Statistična značilnost ( $\rho \leq 0,05$ ) je označena z eno zvezdico (\*).

Analiza medsebojne povezanosti med odvisno spremenljivko (ST) in tekmovalnim uspehom v vzorcu moških je pokazala srednjo povezanost, ki je statistično značilna na ravni 1,3 % (Preglednica 32). Odvisna spremenljivka (ST) v vzorcu moških tako pojasnjuje 33 % skupne variabilnosti spremenljivke Tekmovalni uspeh. Preostalih 67 % celotne variabilnosti spremenljivke Tekmovalni uspeh pojasnjujejo druge antropološke značilnosti.

Na osnovi dobljenih vrednosti povezanosti odvisne spremenljivke Situacijski test na plezalni steni s spremenljivim naklonom (ST) s tekmovalnim uspehom v vzorcu moških lahko sklepamo naslednje. Hipotetična motorična sposobnost prekinjajoča izometrična vzdržljivost prstov, ki jo meri odvisna spremenljivka (ST), je pomembna in statistično značilna za doseganje visokih vrednosti v spremenljivki Tekmovalni uspeh v vzorcu moških. Odstotek pojasnjene skupne variabilnosti spremenljivke Tekmovalni uspeh, ki ga pojasnjuje odvisna spremenljivka (ST), predstavlja tretjino celotne variabilnosti te spremenljivke in je visok ter pomemben za vodenje transformacijskega procesa športnega plezalca. Na pojasnjevanje preostalih dveh tretjin celotne variabilnosti spremenljivke Tekmovalni uspeh v vzorcu moških pa vplivajo še nekatere druge antropološke značilnosti. Empirične izkušnje nakazujejo na možnost, da so tekmovalne smeri v športnem plezanju za moške, ne glede na razlike med spoloma, motorično bolj kompleksne od tekmovalnih smeri za ženske oziroma da je delež težkih ali zelo težkih gibov, ki zahtevajo primerno razvitost motoričnih sposobnosti vzdržljivost v moči in največja moč, v moških smereh večji od deleža podobnih gibov v ženskih smereh. Zdi se, da se te hipotetične ugotovitve skladajo z ugotovitvami dobljenimi v naši raziskavi.

Vrednosti medsebojne povezanosti med odvisno spremenljivko in tekmovalnim uspehom za ženske so prikazane v Preglednici 33.

*Preglednica 33:* Prikaz medsebojne povezanosti med odvisno spremenljivko (ST) in tekmovalnim uspehom za ženske

Spremenljivka		TEKMOVALNI USPEH
ST	$\rho$	,908(**)
	Sig.	,000
	N	13

Statistična značilnost ( $\rho \leq 0,01$ ) je označena z dvema zvezdicama (\*\*).

V vzorcu žensk sta bili ugotovljeni zelo visoki vrednosti povezanosti med odvisno spremenljivko (ST) in tekmovalnim uspehom (Preglednica 33). Povezanost med spremenljivkama je močna ( $\rho = ,908$ ) in statistično značilna na ravni manjši od 1 %. Odvisna spremenljivka (ST) v vzorcu žensk pojasnjuje več kot 82 % skupne variabilnosti spremenljivke Tekmovalni uspeh oziroma Vice versa.

Tako visok odstotek pojasnjene skupne variabilnosti med obravnavanima spremenljivkama v vzorcu žensk nakazuje, da je oblika in izvedba situacijskega testa na plezalni steni s spremenljivim naklonom (ST) v veliki meri podobna dejanski plezalni situaciji, s katero se na tekmovanjih srečujejo tekmovalke. Ugotovljene vrednosti povezanosti med spremenljivkama v vzorcu žensk torej potrjujejo domnevo, da je visok rezultat v tem testu v močni in statistično značilni pozitivni zvezi s tekmovalnim rezultatom v športnem plezanju za vzorec žensk. Delež drugih antropoloških značilnosti pri pojasnjevanju celotne variabilnosti spremenljivke Tekmovalni uspeh v vzorcu žensk je precej manjši od deleža v vzorcu moških. Te ugotovitve se skladajo z empiričnimi izkušnjami in ugotovitvami in nakazujejo na to, da je za uspeh v ženskih tekmovalnih smereh potrebna predvsem hipotetična motorična sposobnost prekinjajoča izometrična vzdržljivost prstov, v manjšem deležu pa druge motorične sposobnosti.

V raziskavi je bilo ugotovljeno, da precejšen delež variabilnosti spremenljivke Tekmovalni uspeh ostaja nepojasnen. Z namenom osvetlitve vpliva še dveh drugih hipotetičnih motoričnih sposobnosti, ki sta bili tudi merjeni v raziskavi, največja moč prstov (SMMVIS1P) in vzdržljivost v moči prstov (SMVVESA), na tekmovalni uspeh, je bila opravljena analiza parne povezanosti tudi med temi spremenljivkami (Preglednici 34 in 35).

*Preglednica 34:* Prikaz medsebojne povezanosti med neodvisnima spremenljivkama (SMMVIS1P, SMVVESA) in tekmovalnim uspehom za moške

Spremenljivki		TEKMOVALNI USPEH
SMMVIS1P	$\rho$	,220
	Sig.	,380
	N	18
SMVVESA	$\rho$	,327
	Sig.	,185
	N	18

*Preglednica 35:* Prikaz medsebojne povezanosti med neodvisnima spremenljivkama (SMMVIS1P, SMVVESA) in tekmovalnim uspehom za ženske

Spremenljivki		TEKMOVALNI USPEH
SMMVIS1P	$\rho$	,500
	Sig.	,082
	N	13
SMVVESA	$\rho$	-,124
	Sig.	,687
	N	13

Tako v vzorcu moških (Preglednica 34) kot v vzorcu žensk (Preglednica 35) ni bilo ugotovljenih statistično značilnih povezanosti med temi tremi spremenljivkami. Te ugotovitve se v veliki meri skladajo z ugotovitvami dobljenimi že pri analizi povezanosti neodvisnih spremenljivk (SMMVIS1P, SMVVESA) z odvisno spremenljivko (ST) ločeno v obeh vzorcih. Manjše odstopanje je le pri povezanosti neodvisne spremenljivke (SMMVIS1P) z odvisno spremenljivko (ST) v vzorcu žensk. To odstopanje v določeni meri nakazuje tudi vrednost povezanosti med neodvisno spremenljivko (SMMVIS1P) in spremenljivko Tekmovalni uspeh v vzorcu žensk.

Sklepamo lahko, da neodvisni spremenljivki Vesa na najmanjšem oprimku z eno roko (SMMVIS1P) in Visenje na oprimku 1,5 cm (SMVVESA) merita takšni hipotetični motorični sposobnosti, ki nista v pomembni povezanosti s spremenljivko Tekmovalni uspeh.

V raziskavi dobljene vrednosti povezanosti odvisne spremenljivke Situacijski test na plezalni steni s spremenljivim naklonom (ST) s tekmovalnim uspehom so podobne vrednostim, ki so jih pri podobnih testih dobili tudi drugi raziskovalci v vzorcih vrhunskih športnih plezalcev (Preglednica 36). Binney in Cochrane (2000) sta v vzorcu desetih moških in v vzorcu osmih žensk vrhunskih britanskih športnih plezalcev ugotovila zelo podobne vrednosti povezanosti motoričnih testov, ki hipotetično merijo največjo moč in vzdržljivost v moči prstov ter vzdržljivost prstov, rok in ramenskega obroča, s tekmovalnim uspehom. Močna in statistično značilna povezanost na ravni 5 % s tekmovalnim uspehom je bila v obeh vzorcih ugotovljena samo s situacijskim testom, ki je hipotetično meril prekinjajočo statično (izometrično) vzdržljivost prstov in dinamično (koncentrično-ekscentrično) vzdržljivost rok in ramenskega obroča. Testi največje statične (izometrične) moči in neprekinjajoče statične (izometrične)

vzdržljivosti v moči prstov niso pokazali statistično značilnih povezanosti s tekmovalnim uspehom.

Tudi Köstermeyer (2000) je v svoji raziskavi ugotavljal povezanost situacijskega testa, ki je hipotetično meril prekinjajočo statično (izometrično) vzdržljivost prstov in dinamično (koncentrično) vzdržljivost rok in ramenskega obroča, s tekmovalnim uspehom. V vzorcu 16 moških vrhunskih nemških športnih plezalcev je med spremenljivkama ugotovil močno in statistično značilno povezanost na ravni 1 %.

*Preglednica 36:* Prikaz medsebojne povezanosti med spremenljivko Situacijski test in tekmovalnim uspehom pri drugih raziskovalcih (Binney in Cochrane, 2000, stran 18; Köstermeyer, 2000, stran 35)

Avtorji raziskav	Spremenljivki	TEKMOVALNI USPEH (moški)	TEKMOVALNI USPEH (ženske)
Binney in Cochrane (2000)	situacijski test	$\rho = ,92(*)$	$\rho = ,82(*)$
Köstermeyer (2000)	situacijski test	$\rho = ,848(**)$	/

Statistična značilnost ( $\rho \leq 0,01$ ) je označena z dvema zvezdicama (\*\*), statistična značilnost ( $\rho \leq 0,05$ ) pa z eno zvezdico (\*).

Opredelitvi in izvedbi situacijskih testov v raziskavah Binney in Cochrane (2000) ter Köstermeyer (2000) sta v glavnih značilnostih zelo podobni situacijskemu testu na premični plezalni steni (ST), ki je bil uporabljen v diplomskem delu. Zdi se, da ti testi merijo enako oziroma zelo podobno hipotetično motorično sposobnost. Podobnost dobljenih vrednosti povezanosti situacijskih testov s tekmovalnim uspehom med raziskavami podpira tako ugotovitev.

## 8. SKLEP

Športni plezalci za doseg svojih športnih ciljev v svojem vadbenem procesu izbirajo in uporabljajo različna vadbena sredstva in metode. Ker je športna vadba dinamičen, nepredvidljiv, zapleten in kompleksen ter običajno reduciran sistem, je poznavanje hierarhične strukture motoričnih sposobnosti, ki pomembno vplivajo na tekmovalni uspeh v športnem plezanju, za športnika in trenerja velikega pomena. Pri spoznavanju te strukture pa lahko pomembno vlogo odigra prav poglobljeno znanstvenoraziskovalno delo. Zato je sodelovanje športnika in trenerja z različnimi strokovnjaki z drugih znanstvenih področij, ki lahko posredno ali neposredno vplivajo na proces transformacije športnikovih sposobnosti in lastnosti ter s tem na doseganje optimalnih športnih rezultatov, potrebno.

Namen dela je bilo ugotoviti obliko, smer, velikost in strukturo povezanosti med izbranimi neodvisnimi morfološkimi in motoričnimi spremenljivkami z odvisno spremenljivko Situacijski test na plezalni steni s spremenljivim naklonom (ST) pri športnih plezalcih. Za doseg zastavljenih ciljev je bil morfološki prostor opredeljen s tremi, motorični prostor pa z enajstimi neodvisnimi spremenljivkami. Vzorec merjencev je zajemal 45 slovenskih športnih plezalcev (20 deklet in 25 fantov). Vsi merjenci so bili člani članske in/ali mladinske reprezentance v športnem plezanju. Vse obdelave razen multiple linearne regresijske analize so bile ločene po spolu.

Analiza povezanosti med spremenljivkami, ki je bila najprej opravljena znotraj morfološkega in motoričnega prostora ter nato še med obema prostoroma, je pokazala, da je največ statistično značilnih povezanosti v morfološkem prostoru v obeh vzorcih ter v motoričnem prostoru v vzorcu moških. Zato lahko ničelni hipotezi o statistično značilni korelaciji med neodvisnimi spremenljivkami znotraj morfološkega prostora ( $H_{01}$ ), tako v vzorcu moških kot v vzorcu žensk, in statistično značilni korelaciji med neodvisnimi spremenljivkami znotraj motoričnega prostora ( $H_{02}$ ) v vzorcu moških sprejmemo. Med neodvisnimi spremenljivkami motoričnega prostora in odvisno spremenljivko v vzorcu moških je bila ugotovljena samo ena statistično značilna povezanost. To nakazuje na hipotetično možnost, da meri odvisna spremenljivka Situacijski test na plezalni steni s spremenljivim naklonom (ST) v vzorcu moških takšno motorično sposobnost, kakršne ne meri nobena izmed preostalih uporabljenih neodvisnih spremenljivk. Izbrana hipotetična motorična sposobnost prekinjajoča izometrična vzdržljivost prstov za odvisno spremenljivko (ST) se zdi pravilna.



V vzorcu žensk je bilo med neodvisnimi spremenljivkami motoričnega prostora ugotovljenih relativno majhno število statistično značilnih povezanosti. Zato lahko ničelno hipotezo o statistično značilni korelaciji med neodvisnimi spremenljivkami znotraj motoričnega prostora v vzorcu žensk zavrremo (H02). Med neodvisnimi spremenljivkami motoričnega prostora in odvisno spremenljivko (ST) je bilo ugotovljenih enako število statistično značilnih kot statistično neznačilnih povezanosti. Ob upoštevanju samo spremenljivk za spremljanje specifičnih plezalskih motoričnih sposobnosti se delež sicer prevesi v korist statistično značilnih povezanosti. Kljub temu ničelne hipoteze o statistično značilni korelaciji med neodvisnimi spremenljivkami motoričnega prostora in odvisno spremenljivko (ST) v vzorcu žensk ne moremo v celoti sprejeti (H03). Zdi pa se, da predstavlja odvisna spremenljivka (ST) v vzorcu žensk tisto hipotetično motorično sposobnost, ki v določeni meri te spremenljivke medsebojno poveže.

Med neodvisnimi spremenljivkami morfološkega in motoričnega prostora, tako v vzorcu moških kot v vzorcu žensk, je bilo ugotovljeno relativno majhno število statistično značilnih povezanosti. V vzorcu moških med neodvisnimi spremenljivkami morfološkega prostora in odvisno spremenljivko (ST) ni bilo ugotovljenih statistično značilnih povezanosti, medtem ko so bile v vzorcu žensk takšne povezanosti ugotovljene.

V raziskavi je bilo ugotovljeno, da vrednost multiplega korelacijskega koeficienta za morfološki prostor ni statistično značilna. Njegova vrednost za motorični ( $R = ,579$ ) ter morfološki in motorični prostor skupaj ( $R = ,650$ ) pa je statistično značilna na ravni 1,2 % oziroma 1,3 %. Sistem neodvisnih spremenljivk motoričnega prostora pojasnjuje 34 %, medtem ko skupna obravnava neodvisnih spremenljivk morfološkega in motoričnega prostora pojasnjuje 42 % skupne variabilnosti odvisne spremenljivke Situacijski test na plezalni steni s spremenljivim naklonom (ST).

Analiza povezanosti med odvisno spremenljivko (ST) in tekmovalnim uspehom je v vzorcu moških pokazala srednjo ( $\rho = ,573$ ), v vzorcu žensk pa močno povezanost ( $\rho = ,908$ ). Ta je v prvem vzorcu statistično značilna na ravni 1,3 %, v drugem pa na ravni manjši celo od 1 %. Odvisna spremenljivka (ST) v vzorcu moških pojasnjuje 33 %, v vzorcu žensk pa več kot 82 % skupne variabilnosti spremenljivke Tekmovalni uspeh oziroma Vice versa.

Raziskava je pokazala, da je hipotetična motorična sposobnost prekinjajoča izometrična vzdržljivost prstov, ki jo meri odvisna spremenljivka (ST), pomembna in statistično značilna za doseganje visokih vrednosti v spremenljivki Tekmovalni uspeh tako v vzorcu moških kot v vzorcu žensk. Vendar je v vzorcu moških delež drugih antropoloških značilnosti pri pojasnjevanju celotne variabilnosti spremenljivke Tekmovalni uspeh dokaj velik. Predvidevamo, da velik delež nepojasnjene variabilnosti predstavljata predvsem hipotetični motorični sposobnosti največja moč in vzdržljivost v moči. V raziskavi dobljena visoka vrednost pojasnjene skupne variabilnosti med obravnavanima spremenljivkama v vzorcu žensk pa nakazuje, da je oblika in izvedba situacijskega testa na plezalni steni s spremenljivim naklonom (ST) v veliki meri podobna dejanski plezalni situaciji, s katero se na tekmovanjih srečujejo tekmovalke. Delež drugih nepoznanih antropoloških značilnosti pri pojasnjevanju celotne variabilnosti spremenljivke Tekmovalni uspeh v vzorcu žensk je precej manjši od deleža v vzorcu moških.

Opravljen raziskovalno delo je s svojimi ugotovitvami prispevalo k boljšemu razumevanju hierarhične strukture motoričnih sposobnosti, ki pomembno vplivajo na tekmovalni uspeh v športnem plezanju, v disciplini težavnostno plezanje. Osvetlitev problema kompleksnosti športne vadbe v športnem plezanju, ločeno za tekmovalce in tekmovalke, z zornega kota povezanosti in pojasnjevalne moči morfoloških in motoričnih spremenljivk, ki je bila opravljena v tej raziskavi, lahko v pomembni meri vpliva na načrtovanje, izvedbo, nadzor in oceno vadbenega procesa v športnem plezanju.

Nadaljnje raziskave bi bilo smiselno usmeriti v oblikovanje takšnih motoričnih testov in v iskanje tistih spremenljivk, ki bi v čim večji meri pokrile področji hipotetičnih motoričnih sposobnosti največja moč in vzdržljivost v moči v športnem plezanju. Dobljene ugotovitve v opravljeni raziskavi bi bilo smiselno podkrepiti v še večjem vzorcu.

## 9. LITERATURA

1. Adams G. R., M. J. Fisher, R. A. Meyer, (1991). Hypercapnic acidosis and increased  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  concentration do not decrease force in cat skeletal muscle. *American Journal of Physiology*, 260, str. 805–812.
2. Aldrich T. K., I. C. Shander, H. Nagashima, (1986). Fatigue of isolated rat diaphragm: role of impaired neuromuscular transmission. *Journal of Applied Physiology*, 61, str. 1077–1083.
3. Allen D. G., H. Westerblad, J. Lännergren, (1995). The role of intracellular acidosis in muscle fatigue. V: Fatigue. *Neural and Muscular Mechanisms. Advances in Experimental Medicine and Biology*, vol. 384. New York: Plenum Press, str. 57–68.
4. Andersen P., B. Saltin, (1985). Maximal perfusion of skeletal muscle in man. *Journal of Physiology*, 366, str. 233–249.
5. Asmussen E., (1979). Muscle Fatigue. *Medicine Science in Sports and Exercise*, 11, str. 313–321.
6. Barany M., (1967). ATPase activity of myosin correlated with speed of muscle shortening. *Journal of General Physiology*, 50, str. 197–218.
7. Barcroft H., J. L. E. Millen, (1939). The blood flow through muscle during sustained contraction. *Journal of Physiology*, 97, str. 17–31.
8. Bigland - Ritchie B., D. A. Jones, J. J. Woods, (1979). Excitation frequency and muscle fatigue: Electrical responses during human voluntary and stimulated contractions. *Journal of Neuropathology & Experimental Neurology*, 64, str. 414–427.
9. Bigland - Ritchie B., (1981). EMG and fatigue of human voluntary and stimulated contractions. V: Human Muscle Fatigue: Physiological Mechanisms, Ciba Foundation Symposium 82. London: Pitman Medical, str. 130–156.

10. Bigland - Ritchie B., R. Johansson, O. C. J. Lippold, S. Smith, J. J. Woods, (1983). Changes in motoneurone firing rates during sustained maximal voluntary contractions. *Journal of Physiology*, 340, str. 335–346.
11. Bigland - Ritchie B., R. Johansson, O. C. J. Lippold, J. J. Woods, (1983). Contractile speed and EMG changes during fatigue of sustained maximal voluntary contractions. *Journal of Neurophysiology*, 50, str. 313–324.
12. Bigland - Ritchie B., (1984). Muscle fatigue and the influence of changing neural drive. *Clinical Chest Medicine*, 5, str. 21–34.
13. Bigland - Ritchie B., E. Cafarelli, N. K. Vøllestad, (1986). Fatigue of submaximal static contractions. Lars Hermanson Memorial Symposium. Exercise in human physiology. *Acta Physiologica Scandinavica*, 128, str. 137–148.
14. Bigland - Ritchie B., F. Furbush, J. J. Woods, (1986). Fatigue of intermittent, submaximal voluntary contractions. Central and peripheral factors in different muscles. *Journal of Applied Physiology*, 61, str. 421–429.
15. Bigland - Ritchie B., (1987). Fatigue of Human Limb and Respiratory Muscles. V: Muscular Function in Exercise and Training, 3rd International Symposium on Biological Sciences in Sport. Medicine and Sport Science, vol. 26. Basel: Karger, str. 110–118.
16. Billat V., P. Palleja, T. Charlaix, P. Rizzardo, N. Janel, (1995). Energy specificity of rock climbing and aerobic capacity in competitive sport rock climbers. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 35, str. 20–24.
17. Binney D. M., T. Cochrane, (2000). Identification of selected attributes which significantly predict competition climbing performance in elite British male and female competitive rock climbers. V: Making the Difference, International High Performance Seminar – Proceedings. Manchester: British Mountaineering Council, str. 15–18.

18. Bjorksten M., B. Jonsson, (1977). Endurance limit of force in long-term intermittent static contractions. *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health*, 3, str. 23–27.
19. Booth J., F. Marino, C. Hill, T. Gwinn, (1999). Energy cost of sport rock climbing in elite performers. *British Journal of Sports Medicine*, 33, str. 14–18.
20. Bottinelli R., M. Canepari, M. A. Pellegrino, C. Reggiani, (1996). Force-velocity properties of human skeletal muscle fibres: myosin heavy chain isoform and temperature dependence. *Journal of Physiology*, 495, str. 573–586.
21. Bouchard C., (1986). Genetics of aerobic power and capacity. V: *Sport and Human Genetics*. Champaign: Human Kinetics, str. 59–88.
22. Bravničar M., (1990). *Antropometrija*. Ljubljana: Fakulteta za telesno kulturo, 75 str.
23. Bravničar M., (1994). *Fiziologija športa – vaje 1*. Ljubljana: Fakulteta za šport, 68 str.
24. Bravničar - Lasan M., (1996). *Fiziologija športa – harmonija med delovanjem in mirovanjem*. Ljubljana: Fakulteta za šport, 208 str.
25. Brenner B., L. C. Yu, J. M. Chalovich, (1991). Parallel inhibition of active force and relaxed fiber stiffness in skeletal muscle by caldesmon: implications for the pathway to force generation. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 88, str. 5739–5743.
26. Brooke M. H., K. K. Kaiser, (1970). Muscle fibers types: how many and what kind? *Archives of Neurology*, 23, str. 369–379.
27. Brooks G. A., (1985). Anaerobic Threshold: Review of the Concept and Directions for Future Research. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 17, str. 22–31.
28. Brumec V., L. Vučetić - Zavrnik, (1989). *Funkcionalna anatomija človeka*. Ljubljana: Fakulteta za telesno kulturo, 158 str.

29. Close R., (1965). The relationship between intrinsic speed of shortening and duration of the active state of muscle. *Journal of Physiology*, 180, str. 542–559.
30. Duncan MacDougall J., H. A. Wenger, H. J. Green, (1991). Physiological testing of the high – performance athlete. Champaign: Human Kinetics, 432 str.
31. DeLuca C. J., R. S. LeFever, M. P. McCue, A. P. Xenakis, (1982). Control Scheme Governing Concurrently Active Motor Units during Voluntary Contractions. *Journal of Physiology*, 329, str. 129–142.
32. Edwards R. H. T., D. K. Hill, M. McDonald, (1972). Myothermal and intramuscular pressure measurements during isometric contractions of the human quadriceps muscle. *Journal of Physiology*, 224, str. 58–59.
33. Edwards R. H. T., (1981). Human muscle function and fatigue. V: Human Muscle Fatigue: Physiological Mechanisms, Ciba Foundation Symposium 82. London: Pitman Medical, str. 1–18.
34. Edwards R. H. T., C. M. Wiles, (1981). Energy exchange in human skeletal muscle during isometric contraction. *Circulation Research*, 48, str. 11–17.
35. Edwards R. H. T., (1983). Biochemical bases of fatigue in exercise performance: catastrophe theory of muscular fatigue. V: Biochemistry of Exercise. Champaign: Human Kinetics, str. 3–28.
36. Enoka R. M., (1994). Neuromechanical basis of kinesiology. Champaign: Human Kinetics, 466 str.
37. Feinstein B., B. Lindgard, E. Nyman, G. Wohlfart, (1955). Morphological Studies of Motor Units in Normal Human Muscles. *Acta Anatomica*, 23, str. 127–142.

38. Ferguson R. A., M. D. Brown, (1997). Arterial blood pressure and forearm vascular conductance responses to sustained and rhythmic isometric exercise and arterial occlusion in trained rock climbers and untrained sedentary subjects. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 76, str. 174–180.
39. Fitts R. H., (1994). Cellular mechanisms of muscle fatigue. *Physiological Reviews*, 74, str. 49–94.
40. Fitts R. H., (1996). Cellular, molecular and metabolic basis of muscle fatigue. V: *Handbook of Physiology*, section 12: Exercise: Regulation and Integration of Multiple Systems. New York: Oxford University Press, str. 1151–1183.
41. Gaffney F. A., G. Sjøgaard, B. Saltin, (v tisku, 1987). Local and central hemodynamic response to sustained static contraction in man.
42. Gandevia S. C., R. M. Enoka, A. J. McComas, D. G. Stuart, C. K. Thomas, (1995). V: Fatigue. Neural and Muscular Mechanisms. *Advances in Experimental Medicine and Biology*, vol. 384. New York: Plenum Press.
43. Garnett R. A. F., M. J. O'Donovan, J. A. Stephens, A. Taylor, (1979). Motor unit organization of human medial gastrocnemius. *Journal of Physiology*, 287, str. 33–43.
44. Gollnick P., K. Piehl, B. Saltin, (1974). Selective glycogen depletion pattern in human muscle fibres after exercise of varying intensity and at varying pedaling rates. *Journal of Physiology*, 241, str. 45–57.
45. Gordon A. M., A. F. Huxley, F. J. Julian, (1966). The Variation In Isometric Tension with Sarcomere Length in Vertebrate Muscle Fibres. *Journal of Physiology*, 184, str. 170.
46. Grant S., (2000). A comparison of the anthropometric, strength, endurance and flexibility characteristics in elite, recreational climbers and non-climbers. V: *Making the Difference, International High Performance Seminar – Proceedings*. Manchester: British Mountaineering Council, str. 19–22.

47. Grant S., V. Hynes, A. Whittaker, T. Aitchison, (1996). Anthropometric, strength, endurance and flexibility characteristics of elite and recreational climbers. *Journal of Sports Sciences*, 14, str. 301–309.
48. Grant S., C. Shields, V. Fitzpatrick, W. M. Loh, A. Whittaker, I. Watt, J. W. Kay, (2003). Climbing – specific finger endurance: a comparative study of intermediate rock climbers, rowers and aerobically trained individuals. *Journal of Sports Sciences*, 21, str. 621–630.
49. Guth L., F. J. Samaha, (1969). Qualitative differences between actomyosin ATPase of slow and fast mammalian muscle. *Experimental Neurology*, 25, str. 138–152.
50. Guth L., F. J. Samaha, (1970). Procedure for the histochemical demonstration of actomyosin ATPase. *Experimental Neurology*, 28, str. 365–367.
51. Hagberg M., (1981). Muscular endurance and surface electromyogram in isometric and dynamic exercise. *Journal of Applied Physiology*, 51, str. 1–17.
52. Harre D., (1973). *Priručnik za trenere: uvod u opštu metodiku treninga*. Beograd: Sportska knjiga, 286 str.
53. Henneman E., (1974). *Organization of the Spinal Cord. V: Medical Physiology*, vol. 1. St. Louis: Mosby.
54. Higuchi H., Y. E. Goldman, (1991). Sliding distance between actin and myosin filaments per ATP molecule hydrolysed in skinned muscle fibres. *Nature*, 352, str. 352–354.
55. Hill A. V., (1927). *Muscular Movement in Man: The Factors Governing Speed and Recovery from Fatigue*. New York: McGraw - Hill.
56. Hill A. V., (1938). The heat of shortening and the dynamic constants of muscle. *Proceedings of the Royal Society of London, Series B*, 126, str. 136–195.
57. Hyllegard R., D. P. Mood, J. R. Morrow Jr., (1996). *Interpreting research in sport and exercise science*. St. Louis: Mosby, 449 str.



58. Jereb B., (1995). Primerjava treh testov vzdržljivosti v moči z nekaterimi biomehanskimi, biokemijskimi in elektromiografskimi metodami. Magistrska naloga. Ljubljana: Fakulteta za šport, 104 str.
59. Jereb B., (1998). Živčnomišična utrujenost pri najintenzivnejših gibanjih različnega trajanja. Doktorska disertacija. Ljubljana: Fakulteta za šport, 156 str.
60. Jones D. A., (1993). How far can experiments in the laboratory explain the fatigue of athletes in the field. V: Neuromuscular Fatigue. Amsterdam: Royal Netherlands Academy of Arts and Science, str. 100–108.
61. Keul J., E. Doll, D. Keppeler, (1972). Energy Metabolism of Human Muscle. V: Medicine and Sport Science, vol. 7. Basel: Karger, 311 str.
62. Kiss F., J. Szentágothai, (1966). Anatomski atlas čovjekova tijela. Ljubljana: DZS, 225 str.
63. Kozłowski S., Z. Brzezinska, B. Kruk, H. Kaciuba-Uściłko, J. E. Greeleaf, K. Nazar, (1985). Exercise hyperthermia as a factor limiting physical performance. Journal of Applied Physiology, 59, str. 766–773.
64. Köstermeyer G., (2000). Strength endurance training for climbers. V: Making the Difference, International High Performance Seminar – Proceedings. Manchester: British Mountaineering Council, str. 33–44.
65. Krogh A., J. Lindhard, (1913). The regulation of respiration and circulation under the initial stages of muscular work. Journal of Physiology, 47, str. 112–136.
66. Kushmerick M. J., R. E. Davies, (1969). The chemical energetics of muscle contraction. II. The chemistry, efficiency and power of maximally working sartorius muscles. Appendix. Free energy and enthalpy of ATP hydrolysis in the sarcoplasm. Proceedings of the Royal Society of London, Series B, 174, str. 315–353.

67. Larsson L., R. L. Moss, (1993). Maximum velocity of shortening in relation to myosin isoform composition in single fibres from human skeletal muscles. *Journal of Physiology*, 472, str. 595–614.
68. Leskošek B., (2000). Evaluating of morphologic, motoric and psychological fitness of top Slovenian climbers and alpinists. V: *Making the Difference, International High Performance Seminar – Proceedings*. Manchester: British Mountaineering Council, str. 109–116.
69. Malacko J., D. Popović, (1997). *Metodologija kineziološko antropoloških istraživanja*. Priština: Fakultet za fizičku kulturu, 365 str.
70. McGilvery R. W., (1975). The use of fuels for muscular work. V: *Metabolic Adaptation to Prolonged Physical Exercise*. Basel: Birkhauser Verlag, str. 12–30.
71. Mermier C. M., R. A. Robergs, S. M. McMinn, V. H. Heyward, (1997). Energy expenditure and physiological responses during indoor rock climbing. *British Journal of Sports Medicine*, 31, str. 224–228.
72. Mermier C. M., J. M. Janot, D. L. Parker, J. G. Swan, (2000). Physiological and anthropometric determinants of sport climbing performance. *British Journal of Sports Medicine*, 34, str. 359–365.
73. Milić R., B. Leskošek, (2003). Peripheral fatigue in rock climbing: possible role of ammonia. V: *8th Annual Congress of the European College of Sport Science – Book of abstracts*. Salzburg: University of Salzburg, str. 254.
74. Milner - Brown H. S., R. G. Miller, (1986). Muscle membrane excitation and impulse propagation velocity are reduced during fatigue. *Muscle Nerve*, 9, str. 367–374.
75. Milner - Brown H. S., R. B. Stein, (1975). The Relation between the Surface Electromyogram and Muscular Force. *Journal of Physiology*, 246, str. 549–569.

76. Newsholme E. A., A. R. Leech, (1992). *Biochemistry for the Medical Sciences*. New York: J. Wiley & Sons.
77. Newsholme E. A., E. Blomstrand, (1995). Tryptophan, 5-hydroxytryptamine and a possible explanation for central fatigue. V: *Fatigue. Neural and Muscular Mechanisms. Advances in Experimental Medicine and Biology*, vol. 384. New York: Plenum Press, str. 315–320.
78. Pate E., M. Bhimani, K. Franks-Skiba, R. Cooke, (1995). Reduced effect of pH on skinned rabbit psoas muscle mechanics at high temperatures: Implications for fatigue. *Journal of Physiology*, 486, str. 689–694.
79. Pecher A., (2000). Physical training for climbers. V: *Making the Difference, International High Performance Seminar – Proceedings*. Manchester: British Mountaineering Council, str. 45–49.
80. Pedersen L., (2000). Forearm fatigue: Adaptations and training methods. V: *Making the Difference, International High Performance Seminar – Proceedings*. Manchester: British Mountaineering Council, str. 25–31.
81. Petz B., (1985). *Osnovne statističke metode za nematematičare*. Zagreb: Liber, 409 str.
82. Quaine F., M. Luc, J. P. Blanchi, (1997). The Effect of Body Position and Number of Supports on Wall Reaction Forces in Rock Climbing. *Journal of Applied Biomechanics*, 13, str. 14–23.
83. Sodomoto T., F. Bonde - Petersen, Y. Suzuki, (1983). Skeletal muscle tension, flow, pressure and EMG during sustained isometric contractions in humans. *European Journal of Applied Physiology*, 51, str. 395–408.
84. Sahlin K., (1986). Metabolic changes limiting muscle performance. V: *Biochemistry of exercise*, VI. *International Series on Sport Sciences*, vol. 16. Champaign: Human Kinetics, str. 323–343.

85. Sahlin K., M. Tonkonogi, K. Soderlund, (1998). Energy supply and muscle fatigue in humans. *Acta Physiologica Scandinavica*, 162, str. 261–266.
86. Saltin B., G. Sjøgaard, F. A. Gaffney, L. B. Rowell, (1981). Potassium, lactate and water fluxes in human quadriceps muscle during static contractions. *Circulation Research*, 48, str. 18–24.
87. Saltin B., (1985). Hemodynamic adaptation to exercise. *American Journal of Cardiology*, 55, str. 42–47.
88. Sargeant A. J., A. Beelen, (1993). Human muscle fatigue in dynamic exercise. V: Neuromuscular Fatigue. Amsterdam: Royal Netherlands Academy of Arts and Science, str. 81–92.
89. Sargeant A. J., (1994). Human power output and muscle fatigue. *International Journal of Sports Medicine*, 15, str. 116–121.
90. Sargeant A. J., D. A. Jones, (1995). The significance of motor unit variability in sustaining mechanical output of muscle. V: Fatigue. Neural and Muscular Mechanisms. *Advances in Experimental Medicine and Biology*, vol. 384. New York: Plenum Press, str. 323–338.
91. Schoeffl V., S. Klee, W. Strecker, (2004). Evaluation of physiological standard pressures of the forearm flexor muscles during sport specific ergometry in sport climbers. *British Journal of Sports Medicine*, 38, str. 422–425.
92. Secher N. H., (1987). Motor Unit Recruitment. A Pharmacological Approach. V: Muscular Function in Exercise and Training, 3rd International Symposium on Biological Sciences in Sport. *Medicine and Sport Science*, vol. 26. Basel: Karger, str. 152–162.
93. Sheel W. A., N. Seddon, A. Knight, D. C. McKenzie, R. D. E. Warburton, (2003). Physiological responses to indoor rock-climbing and their relationship to maximal cycle ergometry. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 35, str. 1225–1231.

94. Sjøgaard G., B. Kiens, K. Jørgensen, B. Saltin, (1986). Intramuscular pressure, EMG and blood flow during low-level prolonged static contraction in man. *Acta Physiologica Scandinavica*, 128, str. 475–484.
95. Sjøgaard G., (1987). Muscle Fatigue. V: Muscular Function in Exercise and Training, 3rd International Symposium on Biological Sciences in Sport. *Medicine and Sport Science*, vol. 26. Basel: Karger, str. 98–109.
96. Stephens J. A., A. Taylor, (1972). Fatigue of maintained voluntary muscle contractions in man. *Journal of Physiology*, 220, str. 1–18.
97. Tysl K., (1986). Capillary recruitment and heterogeneity of microvascular flow in skeletal muscle before and after contraction. *Microvascular Research*, 32, str.84–98.
98. Ulaga M., (1999). Povezanost morfoloških, motoričnih in psiholoških dimenzij z uspešnostjo v športnem plezanju. Magistrska naloga. Ljubljana: Fakulteta za šport, 171 str.
99. Ušaj A., (1996). Kratek pregled osnov športnega treniranja. Ljubljana: Fakulteta za šport, 299 str.
100. Vollestad N. K., O. Vaage, L. Hermansen, (1984). Muscle glycogen depletion patterns in type I and subgroups of type II fibres during prolonged severe exercise in man. *Acta Physiologica Scandinavica*, 122, str. 433–441.
101. Vollestad N. K., P. C. S. Blom, (1985). Effect of varying exercise intensity on glycogen depletion in human muscle fibres. *Acta Physiologica Scandinavica*, 125, str. 395–405.
102. Wall C. B., J. E. Starek, S. J. Fleck, W. C. Byrnes, (2004). Prediction of indoor climbing performance in women rock climbers. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18, str. 77–83.
103. Watts P. B., (2004). Physiology of difficult rock climbing. *European Journal of Applied Physiology*, 91, str. 361–372.

104. Watts P. B., D. T. Martin, S. Durtschi, (1993). Anthropometric profiles of elite male and female competitive sport rock climbers. *Journal of Sports Sciences*, 11, str. 113–117.
105. Watts P. B., V. Newbury, J. Sulentic, (1996). Acute changes in handgrip strength, endurance, and blood lactate with sustained sport rock climbing. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 36, str. 255–260.
106. Watts P. B., K. M. Drobish, (1998). Physiological responses to simulated rock climbing at different angles. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 30, str. 1118–1122.
107. Watts P. B., M. Daggett, P. Gallagher, B. Wilkins, (2000). Metabolic response during sport rock climbing and the effects of active versus passive recovery. *International Journal of Sports Medicine*, 21, str. 185–190.
108. Watts P. B., L. M. Joubert, A. K. Lish, J. D. Mast, B. Wilkins, (2003). Anthropometry of young competitive sport rock climbers. *British Journal of Sports Medicine*, 37, str. 420–424.
109. Westerblad H., J. D. Bruton, J. Lännergren, (1997). The effect of intracellular pH on contractile function of intact, single fibres of mouse declines with increasing temperature. *Journal of Physiology*, 500, str. 193–204.
110. Williams E. S., P. Taggart, M. Carruthers, (1978). Rock climbing: observations on heart rate and plasma catecholamine concentrations and the influence of oxprenolol. *British Journal of Sports Medicine*, 12, str. 125–128.
111. Winter D. A., (1990). *Biomechanics and motor control of human movement*. New York: J. Wiley & Sons, 277 str.
112. Winter D. A., (1979). *Biomechanics of human movement*. New York: J. Wiley & Sons, 202 str.
113. Woledge R. C., N. A. Curtin, E. Homsher, (1985). *Energetic aspects of muscle contraction*. Monographs of the Physiological Society No. 41. London: Academic Press.

114. Woledge R. C., (1998). Possible effects of fatigue on muscle efficiency. *Acta Physiologica Scandinavica*, 162, str. 267–273.
115. Yanagida T., T. Arata, F. Oosawa, (1985). Sliding distance of actin filament induced by a myosin crossbridge during one ATP hydrolysis cycle. *Nature*, 316, str. 366–369.
116. Zatsiorsky V. M., N. Volkov, N. Kulik, (1965). Two Types of Endurance Indices. *Theory and Practice of Physical Culture*, 27, str. 35–41.
117. Zatsiorsky V. M., (1995). *Science and practice of strength training*. Champaign: Human Kinetics, 243 str.
118. Żołądź J. A., (1999). *Power output, mechanical efficiency and fatigue in human skeletal muscles*. Kraków: Akademia wychowania fizycznego im. Bronisława Czecha, 101 str.

## 10. PRILOGA

### MERITVE ŠPORTNIH PLEZALCEV – OSEBNI LIST

Ime in priimek: \_\_\_\_\_

Datum rojstva: \_\_\_\_\_

Klub: \_\_\_\_\_

Datum meritev: \_\_\_\_\_

#### I. Osnovni podatki:

##### 1. V času meritev sem (obkroži):

- a) popolnoma zdrav
- b) bolan: \_\_\_\_\_
- c) poškodovan: \_\_\_\_\_

##### 2. Čas meritev glede na tekmovalno sezono (obkroži):

- a) pred pripravljalnimi obdobjem
- b) po pripravljalnem obdobju
- c) pred tekmovalnim obdobjem
- d) po tekmovalnem obdobju
- e) drugo: \_\_\_\_\_

#### II. Rezultati morfoloških spremenljivk:

- AT – telesna masa: \_\_ . \_\_ kg
- AV – telesna višina: \_\_\_\_ . \_\_ cm

#### III. Rezultati motoričnih spremenljivk:

- MMRTDT30 – dviganje trupa na klopi z nagibom 30°: \_\_ pon.
- SMMZGIB1 – zgiba z eno roko na drogu: \_\_\_\_ . \_\_ kg
- SMMZGIBR1 – % dvignjene telesne mase: \_\_\_\_ . \_\_ %
- SMMZGIB2 – zgiba z obema rokama na drogu: \_\_\_\_ . \_\_ kg
- SMMZGIBR2 – % dvignjene telesne mase: \_\_\_\_ . \_\_ %
- SMMSBLOK (100 % AT) – blokada na eni roki pod kotom 90°: \_\_ sek.
- SMMSBLOK (80 % AT) – blokada na eni roki pod kotom 90°: \_\_ sek.
- SMVRABC – ABC – 123 test na drogu: \_\_ krat
- SMMVIS1P – vesa na minimalnem oprimku z eno roko: \_\_ mm
- SMVVESA – visenje na oprimku 1,5 cm: \_\_\_\_ sek.
- SMEVPREP – preprijemi na oprimkih 1,5 cm–2,5 cm: \_\_ cikel
- Situacijski test na plezalni steni: \_\_ sek.

Merilec: