



**UNIVERZA V LJUBLJANI**  
**Fakulteta za šport**

**Nadja Podmenik**

**KINEMATIČNA ANALIZA META IZ SKOKA GLEDE NA**  
**ODDALJENOST OD KOŠA**  
doktorska disertacija

Ljubljana, 2015

mentor:izr. prof. dr. Frane Erčulj  
somentor:izr. prof. dr. Matej Supej

**Ključne besede:** košarka, kadeti, branilci, tridimenzionalni prostor

## **KINEMATIČNA ANALIZA META IZ SKOKA GLEDE NA ODDALJENOST OD KOŠA**

**Nadja Podmenik**

### **POVZETEK**

Z večanjem oddaljenosti od koša se izmetni pogoji žoge pri metu iz skoka spreminjajo. Logično je pričakovati, da se bodo spreminjali tudi gibalni vzorci. Cilj raziskave je bilo v spočitih okoliščinah ugotoviti, kakšne so razlike v nekaterih kinematičnih parametrih pri metu iz skoka iz treh različnih razdalj (3.75 m, 5.25 m, 6.75 m). V vzorec smo vključili 14 mladih košarkarjev - branilcev, ki so na širšem seznamu kadetske reprezentance Slovenije. Povprečna starost ( $\pm$  S.D.) je bila 15.43 ( $\pm$ 0.51) let. Vsi merjenci so imeli izmetno roko desno. Meritve kinematičnih parametrov pri metu na koš smo opravili z inercialnim merilnim sistemom, meritve mišične jakosti zgornjih ekstremitet z izokinetičnim dinamometrom, meritve odrivne moči pa z bilateralno pritiskovno ploščo. V analizo je bilo vključenih 370 zadetih metov, pri katerih smo analizirali izbrane kinematične spremenljivke (položaj segmentov, koti v sklepih, kotna hitrost, hitrost segmentov) ter spremenljivko (standardni odklon položaja segmentov), ki opisujejo prostorsko variabilnost. Na bilateralni plošči smo opazovali parametre odrivne moči pri skoku z nasprotnim gibanjem (CMJ), z izokinetičnim dinamometrom pa parametre mišične jakosti iztegovalk komolca in upogibalk zapestja preko petih maksimalnih koncentričnih kontrakcij pri 60°/s. Statistično značilne razlike med razdaljami smo preverjali z enosmerno analizo variance (ANOVO) za odvisne vzorce s programskim paketom SPSS (verzija 18). Rezultati so pokazali, da je odklon v levo stran največji pri metu iz razdalje 6.75 m (za tri točke), prav tako je pri tej razdalji največja rotacija ramenske in kolčne osi v transverzalni ravnini. Izmet pri metu iz najkrajše razdalje (3.75 m) se zgodi šele po dosegu maksimalne višine centralnega težišča telesa, pri srednji razdalji (5.25 m) natančno v najvišji točki, pri najdaljši razdalji (6.75 m) pa že pred dosegom maksimalne višine centralnega težišča telesa. Z razdaljo meta se večja povezanost kotov v komolčnem in zapestnem sklepu v trenutku izmeta, katera je pri tretji razdalji tudi statistično značilna ( $p < 0.001$ ). Med ramenskim in komolčnim sklepom ni bila ugotovljena statistično značilna povezanost pri nobeni razdalji meta ( $p > 0.05$ ). Proksimalno – distalni princip maksimalnih kotnih hitrosti se pojavi, vendar je odvisen od razdalje meta. Pri najkrajši razdalji je ta princip upoštevan pri izmetni roki, pri tretji razdalji pa pri nogah. Od vseh spremenljivk,

vezanih na mišično jakost rok in odzivno močjo nog, se je največ povezav pokazalo s kotom največjega navora iztegovalk komolca. Zdi se, da omenjeni parameter igra veliko vlogo pri gibalnih vzorcih meta na koš, še zlasti pri izmetnem položaju segmentov desne roke. Pri opazovanju prostorske variabilnosti se je pokazalo, da se ta z distalnimi segmenti ne povečuje. Prav tako se ne povečuje z večanjem razdalje meta, vendar pa je pri srednji razdalji meta variabilnost najnižja. To potrjuje teorijo, da manjša avtomatiziranost giba (statistično so meti iz srednje razdalje najmanjkrat izvedeni) omogoča manjšo fleksibilnost gibalnemu sistemu. Ugotovitve raziskave so pomembne za mlade košarkarje in njihove trenerje, ki morajo biti seznanjeni s prilagoditvami tehnike iz različnih razdalj in hkrati to dejstvo upoštevati tudi pri samemu treningu meta. Priporočamo, da se že v starostni kategoriji kadetov (U16) met iz skoka trenira iz vseh razdalj in položajev.

**Ključne besede:** basketball, cadets, guards, three – dimensional space

## **KINEMATIC ANALYSIS OF JUMP SHOT ACCORDING TO THE DISTANCE FROM THE BASKET**

**Nadja Podmenik**

### **ABSTRACT**

With increased distance from the basket the throwing conditions of the jump shot change. Therefore it is logical to expect that the moving patterns will change also. The research's goal was to find out what are the differences in some kinematic parameters of the jump shot from three different distances (3.75 m, 5.25 m, 6.75 m) in rested conditions. We included 14 young basketball players – guards that are in the extended list of the cadet representation of Slovenia. The average age ( $\pm$  S.D.) was 15.43 ( $\pm$ 0.51) years. The shooting hand of all of them was right. The measurements of kinetic parameters of the shot were made with the inertial measure system, the measurements of the muscle strength of upper extremities with isokinetic dynamometer and the measurements of the jump off with bilateral pressure plate. 370 made shots in which we analysed selected kinematic variables (position of segments, angles joints, angle speed, speed of segments) and spatial variability (standard deviation of the positions of segments) were included into the analysis. We observed the parameters of the jump off power of the jump with opposite movement (CMJ) on the bilateral plate and the parameters of muscle strength of the elbow extension and wrist flexion through five maximal concentric contractions at 60°/s. Statistical representative differences were examined with ANOVA for dependent samples with program package SPSS (version 18). The results showed that the deviance to the left is the biggest in the shot from 6.75 m (for three points), the rotation of shoulder and hip axle in the transversal plane is also the biggest at this distance. The throw of the shot from the shortest distance (3.75 m) takes place after the maximal height of the center of mass is reached, at the exact high point in the middle distance (5.25 m) and before the maximal height is reached in the long distance shot (6.75 m). The connection of angles in elbow and wrist joints in the moment of throw, which is statistically representative at the third distance ( $p < 0.001$ ), is increasing with the distance of shot. No statistical representative connection in shot distance ( $p > 0.05$ ) was found out between shoulder and elbow joint. Proximal – distal principle of maximal angle speeds occurs but it is dependent of the distance of shot. This principle is considered in the throwing hand at the shortest distance and in the legs at third distance. Of all the variables, bounded on muscle strength of hands and take off power of legs, the angle of peak torque of elbow extensors showed the

most correlations. It seems that aforementioned parameter plays a big role in motion pattern of the jump shot, in particular in the throw positions of segments of the right hand. The observation of spatial variability showed that it is not increasing with the distal segments. It is also not increasing with increasment of shot distance, because the variability is the lowest in the middle distance shot. This confirms the theory that lesser flexibility of the system of movement is made possible by smaller automatization of movement (middle distance shots are statistically taken the least). The finding of research is important for young basketball players and their coaches who have to be acquainted with the adjustment of technique from different distances and at the same time consider this fact in the practise of shot. We recomend that already in the category of cadets (U16) jump shot is practised from all distances and positions.

## KAZALO

1	UVOD.....	11
1.1	Košarkarski met .....	11
1.2	Met iz skoka.....	12
1.2.1	Izmet.....	12
1.2.2	Spreminjanje izmetnih pogojev žoge z večanjem oddaljenosti od koša .....	15
1.2.3	Tehnika meta .....	18
1.3	Večsegmentno ujemanje .....	20
1.4	Variabilnost gibanja .....	23
1.4.1	Teorija sunek - variabilnost .....	23
1.4.2	Variabilnost pri tehniki gibanja .....	25
2	PREDMET IN PROBLEM.....	28
2.1	Spreminjanje kinematičnih parametrov pri metu na koš glede na oddaljenost .....	28
2.2	Proksimalno – distalni princip pri metih na koš .....	29
2.3	Variabilnost gibanja pri metu na koš .....	30
2.4	Namen naloge .....	33
2.4.1	Cilji .....	36
2.4.2	Hipoteze .....	36
3	METODE DELA.....	37
a)	Preizkušanci .....	37
b)	Pripomočki .....	37
c)	Postopek.....	40
4	REZULTATI.....	48
4.1	Položaj težišča telesa.....	48
4.1.1	Prikaz povprečij gibanja CTT med metom .....	49
4.1.2	Povezanost gibanja CTT z mišično jakostjo rok in odzivno močjo nog .....	50
4.2	Rotacija ramenske in kolčne osi .....	51
4.2.1	Prikaz povprečne rotacije ramenske in kolčne osi med metom.....	52
4.2.2	Povezanost izmetne rotacije ramenske in kolčne osi z mišično jakostjo rok.....	53
4.3	Položaj izmetne roke .....	53
4.3.1	Prikaz povprečij gibanja izmetne roke med metom.....	54

4.3.2	Povezanost položaja izmetne roke v trenutku izmeta z mišično jakostjo rok.....	54
4.4	Koti v sklepih.....	55
4.4.1	Odrivnost kotov v sklepih izmetne roke v trenutku izmeta .....	57
4.4.2	Povezanost kotov v sklepih z mišično jakostjo rok in odrivno močjo nog .....	58
4.5	Kotne hitrosti sklepov .....	58
4.5.1	Povezanost maksimalnih in izmetnih kotnih hitrosti z mišično jakostjo rok in odrivno močjo nog.....	60
4.6	Hitrost zgornjih in spodnjih okončin .....	61
4.6.1	Prikaz povprečnih hitrosti med metom .....	61
4.6.2	Povezanost hitrosti segmentov z mišično jakostjo rok in odrivno močjo nog .....	62
4.7	Prostorska variabilnost segmentov .....	63
4.7.1	Prikaz SD znotraj merjencev med metom.....	64
4.7.2	Povezanost SD znotraj merjencev pri izmetu z mišično jakostjo rok in odrivno močjo nog .....	65
5	RAZPRAVA.....	66
6	SKLEP .....	84
7	VIRI.....	88



## KAZALO SLIK

<i>Slika 1.</i> Manjšanje virtualnega obsega obroča pri različnih vstopnih kotih žoge.....	13
<i>Slika 2.</i> Uspešni prosti meti (Silverberg idr., 2003).....	14
<i>Slika 3.</i> Osnovni dejavniki, ki določajo uspešnost meta (Miller in Bartlett, 1993). ....	14
<i>Slika 4.</i> Obnašanje žoge pri trčenju ob sprednji (slika levo) .....	15
<i>Slika 5.</i> Zemljevid metov v 1. slovenski košarkarski ligi in Evroligi (Erčulj in Štrumbelj, 2013). .....	16
<i>Slika 6.</i> Prikaz virtualnega horizontalnega kota pri prostih metih ( $\beta'$ ) in metih iz večje oddaljenosti od koša ( $\beta''$ ) ter njune oddaljenosti ( $D'$ – razdalja pri prostih metih, .....	17
<i>Slika 7.</i> Rotacije telesnih segmentov in mišične akcije med odzivno akcijo pri vertikalnem skoku (van Ingen Schenau idr., 1990).....	22
<i>Slika 8.</i> Merjenec, oblečen v inercialno obleko MVN. ....	39
<i>Slika 9.</i> Kalibracija v treh položajih. ....	40
<i>Slika 10.</i> Prikaz merilnega protokola. ....	41
<i>Slika 11.</i> Izvajanje testa CMJ.....	42
<i>Slika 12.</i> Območje gibanja komolčnega in zapestnega sklepa .....	42
<i>Slika 13.</i> Priprava na meritve na izokinetičnem dinamometru. ....	43
<i>Slika 14.</i> Začetek in konec določene faze.....	44
<i>Slika 15.</i> Kot $\alpha$ glede na koordinatni sistem. ....	46
<i>Slika 16.</i> Grafični prikaz povprečnega gibanja težišča telesa (izhodišče je stopalo leve noge) v ciklu meta. Prekinjajoča črta na X osi predstavlja trenutek odziva, polna črta trenutek izmeta. ....	50
<i>Slika 17.</i> Povezanost kota maksimalnega navora iztegovalk komolca s povprečnimi premiki v smeri X pri izmetu pri prvi razdalji. ....	51
<i>Slika 18.</i> Grafični prikaz povprečne rotacije ramenske in kolčne osi v ciklu meta. Prekinjajoča črta na X osi predstavlja trenutek odziva, polna črta trenutek izmeta. ....	52
<i>Slika 19.</i> Povprečje gibanja desne dlani v smeri X, Y in Z v ciklu meta. Prekinjajoča črta na X osi predstavlja trenutek odziva, polna črta trenutek izmeta. ....	54
<i>Slika 20.</i> Povezanost položaja izmetne roke izbranih segmentov v trenutku izmeta in mišične jakostji rok. ....	55
<i>Slika 21.</i> Odvisnost komolečnega in zapestnega sklepa izmetne roke v trenutku izmeta. ....	57
<i>Slika 22.</i> Prikaz maksimalnih kotnih hitrosti sklepov ( $^{\circ}/s$ ) v ciklu meta. Prekinjajoča črta na X osi predstavlja trenutek odziva, polna črta trenutek izmeta. ....	60
<i>Slika 23.</i> Potek povprečne hitrosti dlani ( $ms^{-1}$ ) v smeri X, Y in Z v ciklu meta. Prekinjajoča črta na X osi predstavlja trenutek odziva, polna črta trenutek izmeta.....	62

<i>Slika 24.</i> Potek povprečne hitrosti stopala ( $\text{ms}^{-1}$ ) v smeri X, Y in Z v ciklu meta. Prekinjajoča črta na X osi predstavlja trenutek odziva, polna črta trenutek izmeta.....	62
<i>Slika 25.</i> Povezanost izmetne hitrosti dlani v smeri Y pri tretji razdalji in kota maksimalnega navora iztegovalk komolca.....	63
<i>Slika 26.</i> Potek povprečnega SD dlani izmetne roke znotraj merjencev v ciklu meta s pripadajočim 95% intervalom zaupanja. Prekinjajoča črta na X osi predstavlja trenutek odziva, polna črta trenutek izmeta. ....	65

# 1 UVOD

## 1.1 Košarkarski met

Košarka je moštvena (ekipna) športna igra, ki je tako tehnično kot taktično zahtevna in raznovrstna. Zaradi zelo bogate tehnike jo uvrščamo med večstrukturne sestavljene (polistrukturne kompleksne) športe (Dežman, 2000). Vse od svojega začetka, konec 19. stoletja, do danes se košarka intenzivno spreminja in razvija. S spremembami pravil igre, predvsem pa z bolj učinkovitim treningom in posledično boljše tehnično in kondicijsko pripravljenostjo košarkarjev, postaja košarkarska igra hitrejša in bolj učinkovita ter tehnično vse bolj raznovrstna in dovršena (Erčulj in Štrumbelj, 2013). Pri tem igra pomembno vlogo tudi razvoj košarkarske stroke h kateremu so v veliki meri pripomogla tudi znanstvena spoznanja.

Na košarkarski tekmi zmaga ekipa, ki zbere večje število točk, ki jih lahko dosega z uspešnimi meti na koš (zadetki). Met na koš je zato eden najbolj pomembnih in najpogosteje uporabljenih elementov košarkarske igre (Hay, 1994; Wissel, 2004), ki zahteva precejšnjo mero natančnosti. Okrogla žoga, težka povprečno 0.6 kg in povprečnega obsega 76.5 cm mora iti preko horizontalnega okroglega obroča diametra 0.45 m, ki je dvignjen 3.05 m nad tlom. Predstavlja tudi razmeroma kompleksno in koordinacijsko zahtevno gibalno akcijo, ki jo praviloma izvajamo v spreminjajočih pogojih igre, ki niso v naprej znani in določeni. Kljub temu, da ga pogosto izvajamo v zahtevnih gibalnih okoliščinah (velika hitrost, po obratu, v skoku, v pogojih utrujenosti, oviranje obrambnega igralca) terja (predvsem met iz večje razdalje) tudi veliko mero natančnosti. Met na koš je zato eden od tistih elementov košarkarske igre, ki mu posvečamo zelo veliko pozornosti v procesu treniranja košarkarjev. Je zanimiv fenomen, ki se pogosto obravnava, tako na strokovni, kot tudi na znanstveni ravni. Glede na številne raziskave, očitno predstavlja precejšen izziv znanstvenikom in raziskovalcem, ki skušajo pridobiti čim bolj uporabna spoznanja v zvezi z metom na koš.

Tekom razvoja košarke so se pojavljale tudi nove tehnike in načini metov na koš. Do leta 1930 so npr. košarkarji na koš metali skoraj izključno z obema rokama (danes takšnih metov praktično ne zasledimo več), po tem letu pa se je vse bolj množično začel uporabljati met z eno roko (Christgau, 1999). V sodobni košarki se tako uporablja več načinov meta na koš in sicer met iz mesta, izpred prsi ali brade, iznad glave, hkrati z odzivom, iz skoka iznad glave, z eno roko preko glave s strani, iz gibanja z enonožnim odzivom, iznad glave po dvokoraku, z eno roko od spodaj po dvokoraku (polaganje žoge) in z eno roko preko glave s strani po dvokoraku (Dežman, 2000).

V moški košarki pa velikokrat vidimo tudi tako imenovano »zabijanje«, pri katerem igralec potisne žogo neposredno v koš. Izbira ustreznega meta je odvisna od igralne situacije in oddaljenosti od koša (Tufegdžić, 1983).

Uvedba meta, ovrednotenega s tremi točkami (v sedemdesetih letih prejšnjega stoletja v ZDA in kasneje tudi v Evropi), je privedla do večjega števila metov z razdalje, ki terjajo večjo raven razvitosti moči in natančnosti. V sodobni košarki ekipe običajno dosežejo od 20 do 30 odstotkov vseh točk z metom za tri točke (Calvo, Gomez Ruano, Ortega Toro, Ibanez Godoy in Sampaio, 2010; Csataljay, O'Donoghue, Hughes in Dancs, 2009).

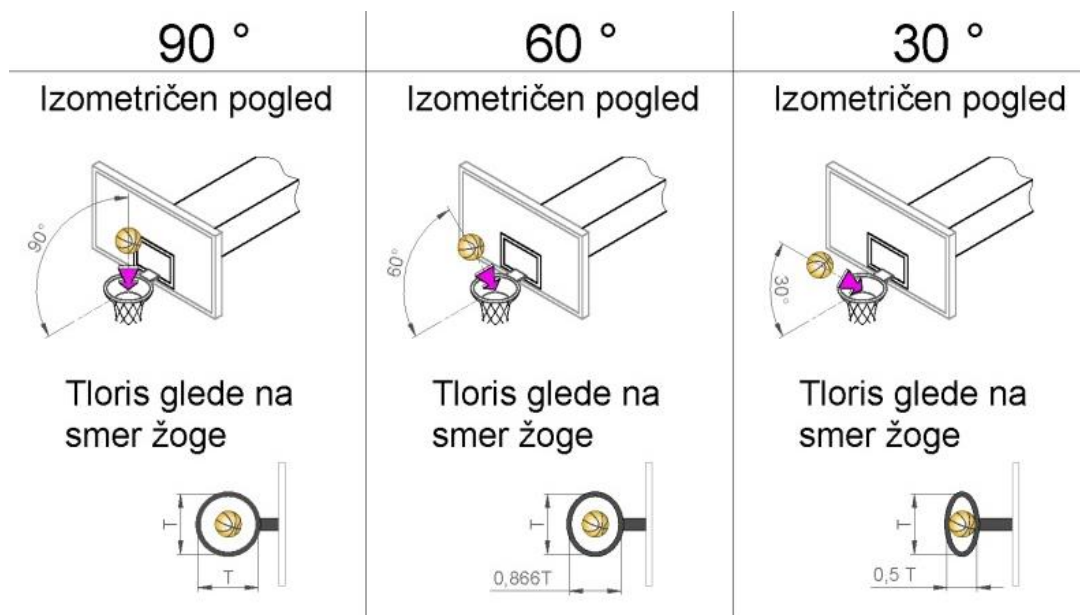
## **1.2 Met iz skoka**

Met iz skoka so po drugi svetovni vojni začeli množično uporabljati najprej azijski košarkarji, v petdesetih in šestdesetih letih prejšnjega stoletja pa se je razširil po vsem svetu (Hartyani, 2000). Že leta 1980 ga je Hess označil za najpomembnejšega od vseh metov v košarki (Hess, 1980, v Tsai, Ho, Lii in Huang, 2006). V sodobni košarki z metom iz skoka dosežemo preko 40 odstotkov vseh točk na tekmi (Erčulj in Štrumbelj, 2013; Tang in Shung, 2005).

Met iz skoka je zelo kompleksen ter tehnično in koordinacijsko zahteven met pri katerem vržemo žogo na koš v skoku po odzivu, torej v zraku. Verjetno predstavlja najzahtevnejšo obliko meta na koš, saj učenje pravilne izvedbe in učinkovite uporabe zahteva veliko časa, dovolj predznanja v smislu obvladavanja drugih tehnik meta ter zadovoljive ravni gibalnih sposobnosti (Vučkovič, 2012).

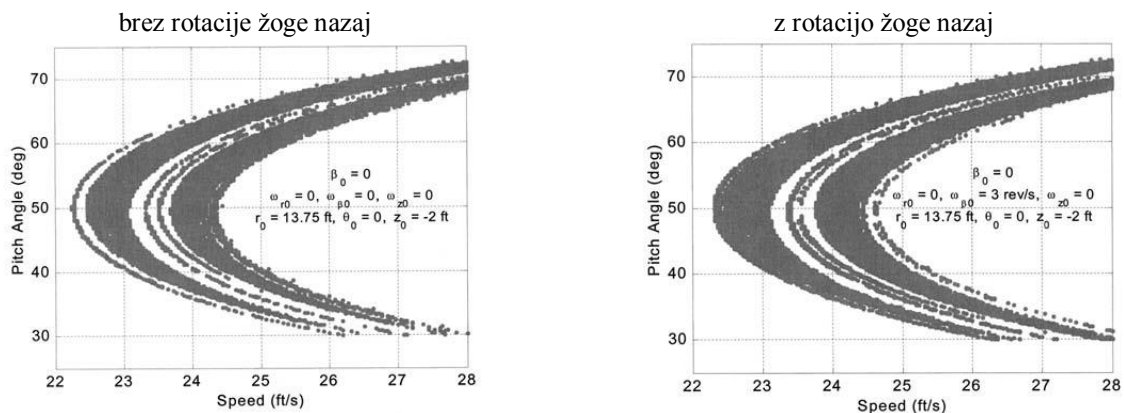
### **1.2.1 Izmet**

Natančnost meta na koš je zelo zapletena gibalna akcija, ki je odvisna od učinkovitosti centra za analizo gibalnega področja v velikih možganih. Le ta mora v zelo kratkem času obdelati informacije, ki so pridobljene s pomočjo kinestetičnih, vidnih, akustičnih in ostalih receptorjev (Jovanović – Golubović in Jovanović, 2003). Da bo met uspešen, je v veliki meri odvisen od velikosti vstopnega kota žoge v obroč. Projekcija leta žoge z zmanjšanjem vstopnega kota spreminja okrogel obroč v elipso.



Slika 1. Manjšanje virtualnega obsega obroča pri različnih vstopnih kotih žoge (oblikovano po Miller in Bartlett, 1993).

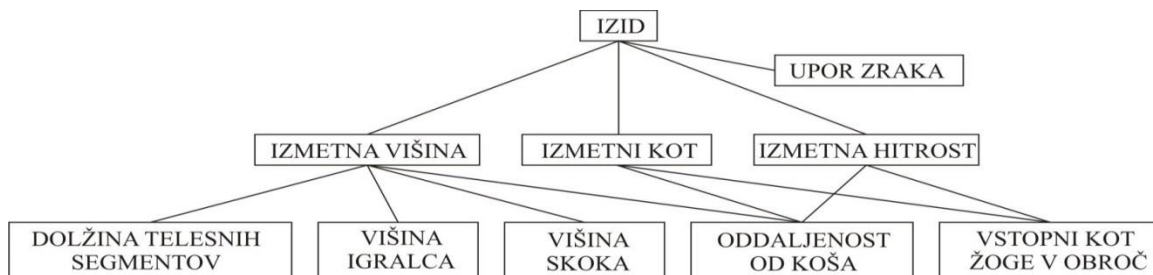
Ko projekcijski premer (dvakratnik male polosi elipse) obroča postane manjši od premera žoge, žoga ne gre več skozi obroč (Slika 1). Glede na običajno velikost košarkarske žoge (obseg med 749 mm in 780 mm oz. velikost 7) in obroča (notranji premer 450 mm), je teoretično najmanjši kot, pri katerem žoga še gre skozi obroč brez odboja,  $32.73^\circ$  (Podmenik, 2010). Ker pa žoga leti po paraboli (razen če žoga leti proti obroču pri kotu  $90^\circ$ ), saj nanjo deluje sila gravitacije, je uspešnost meta odvisna tudi od hitrosti žoge, ki jo ima v trenutku, ko se nahaja nad prednjim delom obroča. Tu je pomembno tudi, kako visoko od obroča se nahaja žoga (Fontanella, 2006). Vsi vstopni parametri žoge skozi obroč pa so neposredno vezani na izmetne parametre. Ker je možnosti, pri katerih bi bil met uspešen, veliko, bi preko sistematičnih meritev športnikov porabili ogromno časa, če bi želeli pridobiti vrednosti izmetnih parametrov. Zato se pogosto v takšne namene uporabljajo računalniške simulacije, ki omogočajo analizo velikega števila metov v zelo kratkem času (Silverberg, Tran in Adcock, 2003; Tran in Silverberg, 2008).



Slika 2. Uspešni prosti meti (Silverberg idr., 2003).

Na Sliki 2 je predstavljen primer takšnih računalniških simulacij. S črno so označeni polkrogi, ki predstavljajo uspešne mete. Prvi iz leve ima najnižjo začetno hitrost, kjer žoga zadane sprednji del obroča. Drugi polkrog predstavlja zadete mete brez dotika (najširši). Tretji in četrti polkrog predstavljata zadete mete, kjer se žoga dotakne zadnjega dela obroča. Peti polkrog so zadeti meti, kjer se žoga odbije od table. Šesti polkrog pa zadeti meti, kjer se po odboju od table žoga dotakne sprednjega dela obroča.

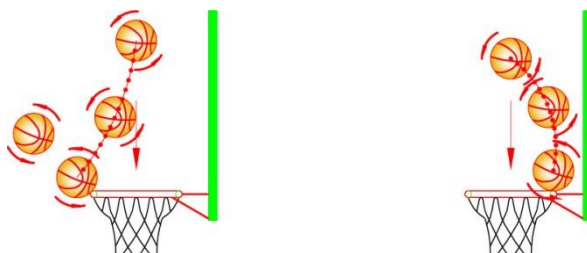
O natančnosti meta iz skoka ne odloča le en dejavnik, niti več posameznih dejavnikov, ampak prava kombinacija vseh (Rojas, Cepero, Onã in Gutierrez, 2000; Satti, 2004). Za zagotavljanje uspešnega meta je tako potrebno v trenutku izmeta zagotoviti kar najbolj optimalne pogoje. Ti pa so odvisni še od drugih dejavnikov.



Slika 3. Osnovni dejavniki, ki določajo uspešnost meta (Miller in Bartlett, 1993).

Na Sliki 3 so prikazani osnovni dejavniki, ki določajo uspešnost vrženega projektila, v našem primeru meta žoge na koš. Znotraj tega modela obstaja določeno bočno kotno odstopanje, ki še vedno prinese uspešnost izida. Ti principi veljajo, kadar gre žoga skozi obroč ne da bi se ga dotaknila. Glede na obliko obroča in žoge, je zelo težko napovedati uspešnost meta, če se žoga dotakne obroča (Miller in Bartlett, 1993). V takšnih primerih, ki jih je v košarki relativno veliko, k uspešnemu metu veliko pripomore rotacija žoge (Slika 4). Karalejić in Jakovljević (2008)

trdita, da dodatna rotacija v pozitivni smeri (gledano desno od merjenca iz strani) vektorja  $Y$  (vektor  $Y$  definira vektorski produkt med vektorjem izmetne hitrosti žoge in vektorjem gravitacije) da žogi ob udarcu ob obroč tendenco, da se odbije bolj vertikalno. Tako se lahko z večjo verjetnostjo pričakuje, da bo žoga pri padanju padla skozi obroč. To potrjujejo tudi računalniške simulacije, kjer je iz Sliki 2 razvidno, da sta z rotacijo  $3\text{s}^{-1}$  najširša polkroga večja od polkrogov brez rotacije (Silverberg idr., 2003).

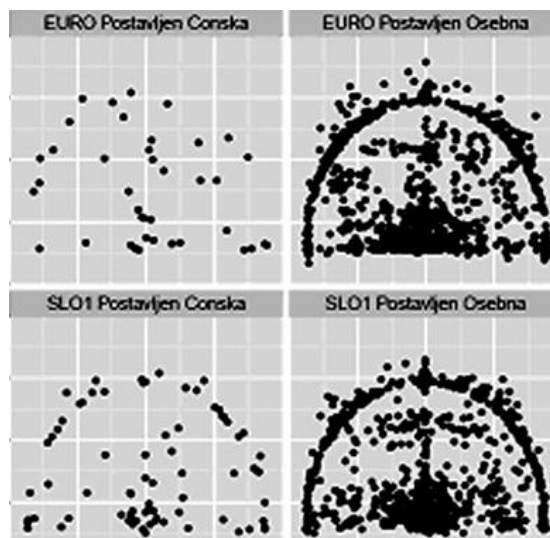


*Slika 4.* Obnašanje žoge pri trčenju ob sprednji (slika levo) in zadnji (slika desno) del obroča (Karalejić in Jakovljević, 2008).

Upor zraka ne vpliva veliko na krivuljo leta (Satti, 2004), saj je hitrost košarkarske žoge relativno majhna. Vsi ostali trije izmetni parametri (višina, hitrost in kot), ki so najpomembnejši za uspešnost meta, so odvisni od mnogih dejavnikov (Slika 3). Tako na primer na izmetno višino neposredno vpliva telesna višina posameznika, skočna višina in dolžina posameznih telesnih segmentov. Obstaja pa dejavnik, ki je skupen vsem trem izmetnim parametrom, in to je razdalja iz katere se meče.

### ***1.2.2 Spreminjanje izmetnih pogojev žoge z večanjem oddaljenosti od koša***

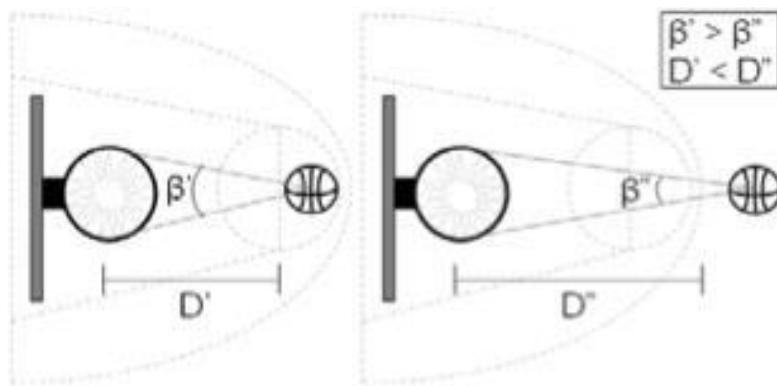
Gibalni vzorci meta na koš se z večanjem razdalje spreminjajo. Številni avtorji ugotavljajo, da se natančnost meta (delež uspešnih metov) z razdaljo zmanjšuje (Jovanović – Golubović in Jovanović, 2003; Liu in Barton, 1999; Okazaki in Rodacki, 2012). Zaradi tega se tudi število metov na koš (Slika 5) z razdaljo zmanjšuje, izjema so le meti izza črte za tri točke (razdalja 6.75 m), saj zadetek iz te razdalje šteje tri in ne dve točki (Erčulj in Štrubelj, 2013).



Slika 5. Zemljevid metov v 1. slovenski košarkarski ligi in Evroligi (Erčulj in Štrumbelj, 2013).

Za manjši odstotek zadetih metov iz večje razdalje je odgovorno tudi dejstvo, da se horizontalni (Slika 6) in vertikalni (Slika 1) namišljeni kot na obroč z večanjem oddaljenosti od koša zmanjšuje (Okazaki in Rodacki, 2012), medtem ko se pot žoge do obroča povečuje (Satern, 1993; Walters, Hudson in Bird, 1990). Tako se majhni lateralni odmiki pri izmetu z razdaljo povečujejo. Za primer, na razdalji 1.5 m od koša pri  $4^\circ$  lateralnega odmika bo met uspešen, medtem ko pa pri isti napaki iz razdalje 6 m bo met neuspešen (Miller in Bartlett, 1993). Pri metu z velike razdalje (met za tri točke) delež zadetih metov, tudi pri najuspešnejših košarkarjih praviloma ne preseže 50% (Erčulj, Marković, Štrumbelj in Jakovljević, 2014; Okazaki in Rodacki, 2012). V zahtevnih igralnih okoliščinah, ko napadalca pri metu pogosto tudi ovira obrambni igralec, je delež zadetih metov za tri točke običajno še nižji in znaša med 30% in 40% ali celo manj (Csataljay idr., 2009; Garcia, Ibáñez, Martinez De Santos, Leite in Sampaio, 2013; Lorenzo, Gómez, Ortega, Ibáñez in Sampaio, 2010; Štrumbelj, Vračar, Robnik Šikonja, Dežman in Erčulj, 2011). S povečevanjem razdalje meta mora košarkar v zelo kratkem času (izmetni čas je običajno dolg okoli 0.8 s (Erčulj idr., 2014; Rojas idr., 2000)) izdelati vse bolj natančen program vrženega projektila (žoge), posledica katerega je ustrezna kombinacija kinematičnih parametrov meta, predvsem izmetne višine, izmetnega kota in izmetne hitrosti.





Slika 6. Prikaz virtualnega horizontalnega kota pri prostih metih ( $\beta'$ ) in metih iz večje oddaljenosti od koša ( $\beta''$ ) ter njune oddaljenosti ( $D'$  – razdalja pri prostih metih,  $D''$  – razdalja iz večje oddaljenosti) (Okazaki in Rodacki, 2012).

Izmetna hitrost, izmetni kot in izmetna višina so povezani in medsebojno soodvisni. Vsi trije parametri pa so odvisni tudi od razdalje, iz katere se meče (Karalejić in Jakovljević, 2008). Kljub temu, da so vsi trije parametri odvisni tudi od spola, igralnega mesta in starosti, obstajajo splošne značilnosti, ki naj ne bi bile odvisne od omenjenih dejavnikov. Izmetna višina se s povečevanjem razdalje od koša praviloma zmanjšuje (Okazaki in Rodacki, 2012). Prav tako se z večanjem razdalje zmanjša maksimalna skočna višina (Miller in Bartlett, 1993). Pri metih iz manjše razdalje pride do izmeta (žoga zapusti roko) v trenutku, ko košarkar pri skoku doseže najvišjo točko, oziroma že v padanju (Okazaki in Rodacki, 2012; Podmenik, Supej in Erčulj, 2011). Z večanjem oddaljenosti od koša se ta izmetna točka niža, saj pride do izmeta že v zgodnejši fazi skoka (Okazaki in Rodacki, 2012). Seveda so možno tudi manjša odstopanja, ki so odvisna od tehnike posameznika in igralnih okoliščin. Minimalna začetna izmetna hitrost narašča s kvadratom razdalje do obroča (pri tem je zanemarjen upor žoge pri gibanju skozi zrak) (Miller in Bartlett, 1996). Tako npr. pri razdalji 2.8 m od koša znaša  $4.39 \text{ ms}^{-1}$ , pri razdalji 4.6 m znaša  $5.75 \text{ ms}^{-1}$ , pri razdalji 6.4 m pa  $6.89 \text{ ms}^{-1}$  (Okazaki in Rodacki, 2012). Izmetni kot se z večanjem razdalje praviloma zmanjšuje (Miller in Bartlett, 1996; Okazaki in Rodacki, 2012; Satern, 1993). Optimalni izmetni kot pri razdalji 4.57 m naj bi tako znašal  $52 - 55^\circ$  (Hay, 1994). Pri metih iz večje razdalje je izmetni kot manjši in sicer  $48 - 50^\circ$ . Obstajajo tudi raziskave, ki tega ne potrjujejo, saj se je kot z večanjem oddaljenosti od koša ohranjal (Miller in Bartlett, 1993). Se pa zato z razdaljo znižuje standardni odklon izmetnega kota. Za pojasnilo omenjenega rezultata avtorja predvidevata, da pri krajših razdaljah prihaja do strahu pred blokiranjem meta, kar pripelje do variranja izmetnega kota (Miller in Bartlett, 1993). Iz zgoraj opisanega lahko povzamemo, da se z večanjem razdalje izmetna višina in kot zmanjšujeta, medtem ko se izmetna hitrost povečuje.

### 1.2.3 Tehnika meta

Uspešnost (natančnost) meta na koš je v veliki meri posledica treninga z velikim številom ponovitev meta in pravilne izvedbe (tehnike) samega meta (Bojan, 1987). Glede na to, da gre za zelo pomembno in kompleksno spretnost košarkarja, se učenju meta v košarki posveča premalo pozornosti (Filippi, 2011).

Cilj tehničnega treninga je odpraviti vse mehanične napake in razviti konsistentnost, ki pripelje do avtomatizacije meta. Metodika učenja košarkarskega meta je zahtevna in dolgotrajna. Zaradi svoje kompleksnosti in težavnosti predstavlja met iz skoka zadnjo stopnico v postopku učenja košarkarskih metov. Pri pregledu strokovne literature naletimo na določene nasprotujoče si trditve, vendar v splošnem mora met iz skoka slediti petim osnovnim mehanizmom. Igralec mora biti v **ravnotežnem položaju**, noge v širini ramen, stopala usmerjena proti košu. Teža je enakomerno razporejena na obe nogi in ne sme biti na petah (Filippi, 2011). Desno stopalo je pri igralcih, ki mečejo z desno roko (za levičarje velja obratno), od pol, pa do cele dolžine stopala, pred levo nogo (Wissel, 2004). Posledično so zarotirani tudi boki in ramenska os, tako da je dominantna roka rahlo spredaj (Miller in Bartlett, 1993). Obe stopali sta obrnjeni proti košu. Ramena so sproščena, trup je nagnjen rahlo naprej (Filippi, 2011; Wissel, 2004). Kot v komolcu in zapestju izmetne **roke** znaša približno  $90^\circ$  (Filippi, 2011). Žogo držimo s prsti, dlan se žoge ne dotika. Razmik med prsti obstaja, vendar ni pretiran. Palec, kazalec in sredinec nadzirajo met, medtem ko imata prstanec in mezinec samo funkcijo stabilizacije in ne prispevata nobene sile, niti ne usmerjata žoge pri metu. Enako funkcijo ima tudi druga roka, ki je na žogo položena s strani in žogo samo podpira (Palubinskas, 2004). Stopalo, koleno, komolec in zapestje na strani izmetne roke so **poravnani** v isti liniji. Komolec je pod žogo. Po izmetu sledi koordinirana **iztegnitev** komolca in upogib zapestja (Filippi, 2011). Optimalni kot roke po izmetu žoge, glede na tla, znaša  $45^\circ$  (Palubinskas, 2004). Dlan neizmetne roke je obrnjena proti žogi in po izmetu ostane v istem položaju (prsti so obrnjeni navzgor). Gibanje celotne kinematične verige pri metu na koš mora biti tekoče in usklajeno, kar v strokovni literaturi imenujejo kar **ritem**. Že Tufegdžić (1983) je zapisal, da so za uspešno tehniko meta na koš potrebni naslednji elementi: vzdrževanje ravnotežja, kar omogoča kontrolirano sproščanje energije mišic nog, trupa in rok; ustvarjanje energetskega sunka (lahkotno in tekoče gibanje zapestja ter prstov naprej, iztegnitev roke z zelo hitrim gibom v komolčnem in ramenskem sklepu, iztegnitev nog v kolenskem sklepu, s sočasnim dviganjem na prste); zaporednost gibanja pri katerem morajo posamezne faze potekati v točno določenem časovnem zaporedju; uporaba konic prstov pri zaključnem usmerjanju žoge; učinkovito spremljanje oziroma stopnjevanje gibanja. Avtor zelo poudarja ravnotežje in ritem (celo bolj kot samo tehnično postavitev). Pomen slednjega se zaveda tudi današnja strokovna

javnost. Na primer Palubinskas (2004) je mnenja, da se vso potrebno energijo za izvedbo meta iz skoka pri večji oddaljenosti pridobi preko nog in ne preko rok. Za to je potreben ritem, ki se vzpostavi preko koordinacije (časovne usklajenosti med sklepi) vseh segmentov (rok in nog) in je ključ do tekočega gibanja (Filippi, 2011; Palubinskas, 2004).

V nekateri strokovni literaturi poudarjajo tudi pomen vida. Kljub temu, da je latenca povratne informacije največja (180 – 220 ms) (Schmidt, 1991), kadar so nam na voljo vsi senzorični organi, najbolj zaupamo vidu (Magill, 1985). Vidne informacije o gibanju zaznavamo z dvema sistemoma, centralnim in perifernim vidom. Centralni ali fokalni vid je predvsem odgovoren za zavestno prepoznavanje stvari in lahko sprejema informacije le iz majhnega vidnega območja, in sicer 2 – 5° (Magill, 1993). Vickers (2007) je na podlagi centralnega vida oblikovala metodo, ki se imenuje »Quiet Eye«. Definirana je kot sposobnost, kjer smo s pogledom osredotočeni na eno točko, ki je znotraj vidnega kota 3° in traja vsaj 100 ms. Splošne ugotovitve so, da je karakteristika uspešnih metov hitrejši začetek QE in daljši čas trajanja QE (Harle in Vickers, 2001; Oudejans, Koedijker, Bleijendaal in Bakker, 2005), da ni tako pomembno, kam gledamo, temveč, da smo tekom celotnega meta osredotočeni na isto točko (Vickers, 2007), ter da je odločitev, kdaj uporabljamo QE odvisna od tehnike meta na koš in položaja žoge v začetku izmeta (Harle in Vickers, 2001; Oliveira, Oudejans in Beek, 2008; Oudejans, van de Langenberg in Hutter, 2002). V splošnem se pri metu uporabljata dve tehniki in sicer nizka in visoka (glej Oudejans idr., 2002). Prvo, zaradi pomanjkanja moči, uporabljajo predvsem mlajši košarkarji. V tem primeru igralec usmeri pogled proti košu nad žogo. V primeru visoke tehnike (ta prevladuje v košarki in predstavlja standard pri kakovostnejših košarkarjih), je pogled usmerjen proti košu pod žogo. Z ohranjanjem usmerjenosti pozornosti (metoda QE) pa lahko tudi ublažimo vpliv treme, bolje izvedemo nalogo (Behan in Wilson, 2008; Wilson, Vine in Wood, 2009) in zmanjšamo število poškodb (Janelle, 2002).

Košarka je situacijska igra, kjer se tudi met iz skoka izvaja v različnih okoliščinah. Dokazano je, da se tehnika meta spreminja, če mečemo neovirano ali preko obrambnega igralca (Oberle, 2010; Rojas idr., 2000; Vučković, 2012). Sama tehnika in natančnost meta je povezana z velikostjo žoge (Ferreira, Fernandes in Abrantes, 1996; Okazaki in Rodacki, 2005; Podmenik, Leskošek in Erčulj, 2012; Podmenik, Leskošek in Erčulj, 2014), z utrujenostjo (Erčulj in Supej, 2006; Michel, Zebas in Potteiger, 1995; Tsai idr., 2006; Uygur, Goktepe, Karabork in Korkusuz, 2010), z izkušnjami (Button, MacLeod, Sanders in Coleman, 2003; Hudson, 1985; Miller in Jackson, 1995; Oberle, 2010; Penrose in Blanksby, 1976), s spolom (Elliott, 1992), z igralnim mestom oz. tipom igralca (Miller in Bartlett, 1996), z močjo zgornjih ekstremitet igralca (Carroll, Carson in Riek, 2001; Justin, Strojnik in Šarabon, 2006; Kauranen, Siira in Vanharanta, 1998; Sklerynk in

Bedingfield, 1985; Tang in Shung, 2005; Woolstenhulme, Bailey in Allsen, 2004) in z razdaljo (Diehl, Tant, Emmons in Osborn, 1993; Elliott in White, 1989; Liu in Burton, 1999; Miller, 2002; Miller in Bartlett, 1992; 1993; 1996; Okazaki in Rodacki, 2012; Rein, Davids in Button, 2010; Robins, Wheat, Irwin in Bartlett, 2006; Robins, Davids, Bartlett in Wheat, 2008; Satern, 1993; Walters idr., 1990).

Ena izmed ključnih ugotovitev je, da se izmetni pogoji (izmetna višina, izmetna hitrost in izmetni kot) prilagajajo glede na specifične okoliščine/omejitve pri metu na koš. Na primer Rojas idr., (2000) so ugotovili, da kadar mečemo na koš preko obrambnega igralca, se izmetni kot in izmetna hitrost žoge povečujeta. Omenjeno je posledica povečanja kotnih premikov v kolenskem in ramenskem sklepu. Pokazalo se je tudi, da se izmet zgodi na višji višini, čeprav je višina skoka proti nasprotniku manjša (Rojas idr., 2000). To je morda povezano z zahtevami po hitrejšem izmetu žoge. Ta strategija omogoča nasprotniku manjše možnosti za blokiranje (preprečitev) meta.

### **1.2.3.1 Tehnika pri mlajših igralcih**

Kakor rečeno, sta tehnika in natančnost meta na koš povezani tudi z močjo zgornjih ekstremitet košarkarja (Justin idr., 2006; Kauranen idr., 1998; Sklerynk in Bedingfield, 1985; Tang in Shung, 2005; Woolstenhulme idr., 2004). Tang in Shung (2005) sta na vzorcu 22ih mladih košarkarjev, starih povprečno  $17.31 \pm 95$  let, ugotovila pozitivno in statistično značilno povezanost med navorom upogibalk zapestja in natančnostjo meta iz razdalje 3.22 m, ter navorom iztegovalk komolca in natančnostjo meta z razdalje 6.75 m. To sovпада z ugotovitvijo Millerja (1997), da se z večanjem razdalje zmanjšuje vloga upogibalk zapestja. Z elektromiografijo je na razdaljah 2.74, 4.57 in 6.40 ugotovil, da se z večanjem razdalje meta povečuje aktivacija vseh mišic. Znano je, da pri mlajših igralcih še ni prišlo do polnega razvoja telesnih sistemov in so posledično mišično šibkejši (Škof, 2007). Tako je problem prilagajanja tehnike meta s povečevanjem oddaljenosti še posebej izrazit in pomemben pri mlajših košarkarjih. Ti so zaradi pomanjkanja moči prisiljeni v modificiranje tehnike meta iz večje razdalje.

## **1.3 Večsegmentno ujemanje**

Koordinacija je sposobnost izvajanja usklajenega gibanja, posebno v nenaučenih, nepredvidljivih in zahtevnih gibalnih nalogah (Ušaj, 1997). Hudson (1986) jo označuje kot izdelavo optimalne

gibalne akcije, v katero so v smiselnem zaporedju integriranje posamezne sile. Osnovo koordinacije predstavlja pravilno časovno usklajevanje in zaporedje gibanja telesnih segmentov v smislu skladnega gibanja.

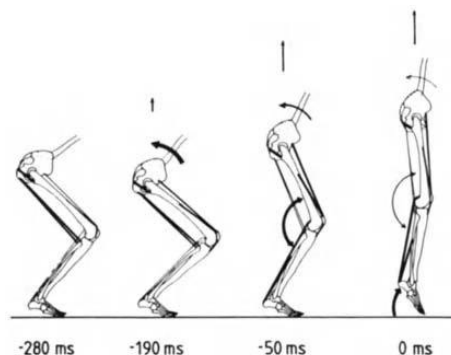
Met iz skoka je met, kjer se izmet zgodi v zraku. Tako je izmetna višina, ki je poleg hitrosti in izmetnega kota ena izmed ključnih faktorjev uspešnega meta, odvisna od samega skoka oziroma dela nog. Sonožni odziv se uporablja pri več kot 70% vseh metov na tekmi (Oudejans, Karamat in Stolk, 2012). Da bi dosegli čim večjo izmetno višino je zato potrebna čim večja zmogljivost košarkarjev pri odzivu oz. odzivna moč. Pomemben dejavnik odziva je fizikalno čim večja odzivna hitrost ob čim bolj iztegnjenih sklepih spodnjih okončin in pokončnem položaju trupa, kar zagotovi najdaljše možno pospeševanje in izkoristek vseh delujočih mišic, ki lahko doprinesejo k odzivni akciji (Bračič, 2010).

Silo, ki jo proizvedejo mišice pri izvajanju skoka, je potrebno usmeriti v vertikalno gibanje centralnega težišča telesa (CTT) (van Ingen Schenau, Bobbert in van Soest, 1990). Tako lahko govorimo o prenosu rotacijskega gibanja v translatorno gibanje. Takšen prenos je mogoč le ob koordiniranem delovanju enosklepnih in dvosklepnih mišic spodnjih okončin. Pomembnost dvosklepnih mišic je v tem, da se ohranja dolžina mišice glede na hkratnost upogiba in iztega sosednjih sklepov, kar omogoči razvijanje bistveno večjih sil kot jih razvijajo enosklepne mišice. Hkrati omogočijo enosklepnim iztegovalkam ohranjanje aktiviranosti tekom celotne faze iztegovanja, kar privede do večjega sunka sile na podlago (Bobbert in van Ingen Schenau, 1988). Preko njih pa pride tudi do prenosa mehanske moči iz enega sklepa v drugi sklep (Enoka, 1994), kar pripelje pri večsegmentnih gibanjih do vzajemnega delovanja gibanja sosednjih sklepov in posledično do prenosa kinetične energije (Pandy in Zajac, 1991; Ravn idr., 1999; van Ingen Schenau idr., 1990; Wells, 1988; Winter, 1984). Konkretno pri spodnjih ekstremitetah sta za to odgovorni prema stegenska mišica, ki prenese energijo iz kolka na koleno (Bobbert in van Ingen Schenau, 1988), ter dvoglava mečna mišica, ki prenese energijo iz kolena na gleženj (van Ingen Schenau, Bobbert in Rozendal, 1987).

Pri gibalnih nalogah, kjer je breme lahko oziroma kjer nastopi odprta kinetična veriga (meti), se gibanje izvaja na sekvenčni način. Tu se telesni segmenti gibljejo v določenem vrstnem redu (Hudson, 1986). Pri balističnih večsegmentnih gibanjih je skupek sil, ki delujejo na en sklep, prenešen na sosednji sklep in tako naprej, dokler ni prenešen na končni projektil/žogo. Posledično se skupek sunkov prenaša skozi celotno kinetično verigo. Ko pospeševanje zaporednega segmenta pojenja, hitrost projektila narašča (Stodden Fleisig, McLean, Andrews, 2005). To uspešno sodelovanje sosednjih sklepov v kinematični verigi se imenuje proksimalno

distalni princip (PDP). To je gibalna strategija večsklepnih akcij, kjer se v določenem zaporedju vključujejo posamezni telesni segmenti. Na začetku gibanja se premikajo proksimalni deli telesa, nato pa se v zaporedju vključujejo deli od proksimalnega k distalnim.

PDP prenosa energije velja na treh nivojih: 1) kinematičnem – z vidika premikanja telesnih segmentov (spreminjanje kotnih hitrosti, gibanja težišča telesa in rotacijskih energij), 2) mehanskem – z vidika spreminjanja navora in moči v sklepih (dinamika), ter 3) funkcionalnem – z vidika delovanja mišic (površinska elektromiografija). (Bobbert in van Ingen Schenau, 1988; Pandy in Zajac, 1991; Ravn idr., 1999)



Slika 7. Rotacije telesnih segmentov in mišične akcije med odzivno akcijo pri vertikalnem skoku (van Ingen Schenau idr., 1990).

Osnovni princip delovanja PDP pri odzivu je sledeči. V začetni fazi prispeva trup največ k dvigovanju CTT zaradi rotacije okoli kolčnih sklepov. Njegova vloga se manjša z dvigovanjem trupa proti navpični legi. Od trenutka, ko pospeševanje CTT zaradi rotacije trupa ni več dovolj učinkovito, mora priti do dvigovanja kolkov, da se zagotovi nadaljnje pospeševanja CTT. Do dviga kolkov pride zaradi rotacije stegen, kar je posledica iztegovanja v kolenskem sklepu. Ko so stegna toliko izravnana, da ne pripomorejo več k pospeševanju dvigovanja CTT je nadaljnje pospeševanje možno le z dvigovanjem kolen oziroma z rotacijo goleni. Na koncu odzivne faze skoka je pospeševanje odvisno le še od plantarne fleksije stopala (van Ingen Schenau idr., 1990) (Slika 7).

Prednost takšnega principa je tudi v tem, da je večina mišične mase bližje trupu (proksimalno), tako da so distalni segmenti manj obremenjeni z maso, ki zavira hitrost gibanja (Cleland, 1866). Tako je zagotovljena tudi lažja kontrola kompleksnih gibanj (Hogan, 1985).

Če posameznik želi povečati končno hitrost (projektila, žoge) ali če želi povečati maso, ki se giblje z določeno hitrostjo, lahko to stori s spremembami v medsegmentni koordinaciji. To

naredi tako, da sorazmerno povečuje silo v časovnem sosledju vseh sodelujočih mišic (Schmidt in Sherwood, 1982). Samo optimalno časovno vključevanje pasivnih in aktivnih mišičnih sil omogoča produkcijo maksimalne sile (Stodden idr., 2005; Zheng, Barrentine, Fleisig in Andrews, 2008). Transfer energije je odvisen tudi od kotov v sklepih, pri katerih se kotna hitrost in pospešek prenašata v linearno hitrost in pospešek (van Ingen Schenau idr., 1990). Ne glede na natančnost mehanizma, je potreba po optimalnem medsegmentnem ujemanju pri pridobivanju in transferju energije med segmenti ponazorjena z dejstvom, da so časovni in prostorski parametri distalnih segmentov neposredno pod vplivom proksimalnih segmentov (Hirashima, Yamane, Nakamura in Ohtsuki, 2008; Jegede, Watts, Stitt in Hore, 2005; Stodden idr., 2005). Tako bo vsako nihanje vplivalo na končno izvedbo naloge.

## 1.4 Variabilnost gibanja

### 1.4.1 Teorija sunek - variabilnost

Woodworth (1899) je naredil prvo študijo, ki je raziskovala vpliv hitrosti gibanja na natančnost. Glede na študijo je oblikoval dve fazi kontrole: odprta<sup>1</sup> in zaprta<sup>2</sup> zanka. Ena izmed ugotovitev je tudi, da se z večanjem hitrosti natančnost zmanjšuje.

Mnogo let kasneje je bil testiran odnos hitrost – natančnost (Fitts, 1954) po katerem je nastal Fittsov zakon, ki je tudi matematično podprt. Je model o človeških gibalnih vzorcev ki pravi, da je čas odvisen od razdalje in velikosti tarče. Odkril je, da več časa, ki ga imamo na voljo, omogoča zaznavo in odpravo napak ter tako omogoča večjo prostorsko natančnost. Tako se vzpostavi obratni odnos med zahtevnostjo naloge in hitrostjo, s katero jo lahko narediš.

Obstajajo številne študije, ki govorijo o pomanjkljivosti Fittsovega zakona. Še posebej ne gre v skladu z nalogami, kjer je potrebna natančnost pri predmetih, ki se človeku približujejo (npr. baseball). Pri takšnih nalogah se z večanjem hitrosti pokaže tako večja časovna konsistentnost

---

<sup>1</sup>- Vsak gibalni odgovor v verigi gibov je posledica ukazov iz centralnega živčnega sistema, ki temeljijo na povratnih informacijah prejšnjega giba.<sup>2</sup>- ni potrebna povratna senzorna informacija, temveč gibanje nadzorujejo višji centri centralnega živčnega sistema oz. gibalni program, ki vsebuje vse potrebne informacije za nadzor sestavljenega gibanja

kot povečanje prostorske natančnosti. Te rezultate so različni avtorji razlagali na dva načina: 1) pri hitrejših gibanjih ima merjenec pred začetkom gibalne akcije več časa da oceni, kje bo prišlo do stičišča, saj za gibanje porabi manj časa; 2) hitrejša gibanja imajo nižjo časovno variabilnost (Schmid, 1969a; 1969b). V nasprotju s Fittsovim zakonom so tudi tiste gibalne naloge, ki so odvisne od trajanja giba. Pri časovno krajših gibih (posledično gibanje pri večji hitrosti) se je pokazala večja prostorska natančnost (Newell, Hoshizaki, Carlton in Halbert, 1979). Hkrati se pri časovno krajših gibanjih (100 ms), kjer je razdalja konstantna, bolje ohranja časovna konsistentnost v primerjavi s časovno daljšimi gibanji (500 ms, 1000 ms) (Newell, Carlton, Carlton in Halbert, 1980). Tako se enako kot pri nalogah, kjer se predmet približuje, tudi pri časovno krajših oziroma hitrejših gibanjih časovna in prostorska napaka zmanjšuje (Jasiewicz in Simmons, 1996; Newell, idr., 1980; Newell, Carlton in Kim, 1994; Newell, Carlton, Kim in Chung, 1993; Schmidt in Sherwood, 1982). Da pa lahko na konstantni razdalji zagotovimo krajše trajanje giba, je potrebno povečati pospeške sil, ki so zadolženi za premikanje uda po prostoru.

Regulacija sile je osrednja lastnost vseh gibalnih akcijah, saj so vsa gibanja rezultat mišične aktivnosti. Ugotovljeno je bilo, da se variabilnost sile veča hkrati z večanjem obsega sile, vendar to razmerje ni sorazmerno (Provins, 1957). Tako je bila razvita sunek – variabilnostna teorija (Schmidt, Zelaznik, Hawkins, Frank in Quinn, 1979), ki je bila nadaljevanje odnosa hitrost – natančnost pri hitrih gibanjih (Fitts Law, 1954). Začetna hipoteza te teorije pravi, da je skupna variabilnost vseh sil linearno povezana z velikostjo proizvedene moči (Schmidt idr., 1979). Sherwood in Schmidt (1980) sta predlagala modifikacijo začetne teorije po tem ko sta ugotovila, da variabilnost sile pri gibalnih nalogah doseže vrh, ko sila doseže 65% posameznikove maksimalne moči, in nato začne padati, ko se sila povečuje do 92% maksimuma. Tako se pri gibalnih nalogah, kjer se spreminja velikost sile, spreminja tudi njena variabilnost. Takšen odnos opiše narobe obrnjena U – krivulja in velja pri dinamičnih gibanjih (Sherwood, Schmidt in Walter, 1988), medtem ko je pri izometričnih gibanjih odvisen tudi od samega časa trajanja gibalne akcije. Namreč pri časovno zelo kratkih gibanjih maksimalna sila ne doseže istih vrednosti kot pri časovno daljših gibanjih (Newell, Carlton in Hancock, 1984).

Narobe obrnjeno U – krivuljo, poleg odnosa velikost sile – variabilnost sile, opiše tudi odnos velikost sile – prostorska variabilnost. Pri gibanjih, kjer se spreminja masa, prostorska variabilnost narašča hkrati z večanjem sile in doseže vrh pri približno 61% maksimalne sile. Nato se variabilnost, z večanjem sile, začne zmanjševati (Schmidt in Sherwood, 1982). Tako ima prostorska variabilnost, z večanjem sile, enake značilnosti kot variabilnost sile. Enake značilnosti prostorske napake so tudi pri gibanjih, kjer se spreminja čas trajanja giba, medtem ko masa ostaja konstantna. Torej z zmanjševanjem časa gibanja se prostorska variabilnost veča. Ko pa se



čas tako skrajša, da preseže 60 – 70% maksimalne sile, se prostorska variabilnost zniža (Schmidt in Sherwood 1982).

Te ugotovitve so ravno v nasprotju s Fittsovim zakonom, ki je očitno omejen pri balističnih gibanjih, kjer je potreben velik začetni sunek sile. Tako sta variabilnost sile in prostorska variabilnost odvisna od moči, ki jo uporabljamo. Gibanja, ki so časovno ali prostorsko omejena so z večanjem hitrosti bolj natančna in konsistentna (Newell idr., 1980; Newell idr., 1979; Schmidt, 1969a; 1969b). Za lažje razumevanje vzemimo primer iz prakse. Včasih so pri »baseball-u« verjeli, da zmanjšan sunek sile (npr. lažji kij) povzroči manjšo prostorsko napako. Posledično je tudi žoga pri takšnem udarcu počasnejša in doseže krajšo razdaljo. Rezultati sunek – variabilnostne teorije pa predlagajo ravno nasprotno. Žogico je potrebno udariti z močjo večjo od 61%, saj tako zmanjšaš prostorsko variabilnosti in ohranjaš natančnost izvedbe.

Teorija sunek – variabilnost se v osnovi nanaša na enosegmentna gibanja. Kljub temu imajo ti principi pomembno vlogo tudi pri balističnih večsegmentnih gibanjih (npr. brcanje, udarjanje, metanje), kjer je najbolj pomemben pospešujoči začetni sunek sile. Ta se pri večsegmentnih gibanjih kaže kot točka udarca oziroma trenutek izmeta (Schmidt idr., 1979).

#### ***1.4.2 Variabilnost pri tehniki gibanja***

Za učinkovito izvajanje metov trenerji pogosto poudarjajo pomembnost konsistentnega in enotnega izvajanja gibalnih vzorcev (Wissel, 2004). Razlike v variabilnosti med merjenci so bile označene negativno, saj so bili trenerji mnenja, da morajo vsi imeti enake gibalne vzorce. Pri preučevanju kinematičnih spremenljivk je prihajalo do ogromnih razlik med merjenci, saj so uporabljali različne tehnike gibanja. Glede na kompleksnost človeškega gibanja in zaradi ugotovitev Bernstein-a (1967), da tudi pri popolnoma enakih pogojih ne moreta biti dva gibanja pri istem človeku popolnoma enaka, se je variabilnost začela upoštevati tako med merjenci (Newell in Corcos, 1993) kot tudi znotraj merjencev (Bartlett, Wheat in Robins, 2007). Rezultati teh raziskav imajo velik vpliv tudi na strokovno plat učenja in treniranja (Brisson in Alain, 1996; Glazier in Davids, 2005).

Pri preučevanju variabilnosti znotraj posameznika je tradicionalno bila variabilnost smatrana kot sinonim za šum oziroma napako, ki jo je potrebno odpraviti (Newell in Corcos, 1993). Ta je lahko posledica meritev ali pa živčno – mišičnega delovanja (Newell, Carlton in Carlton, 1982). Glede na sodobne tehnologije in izkušnosti merjencev bi tako morala biti gibalna akcija nespremenjena. Nato je bila variabilnost povezana z naključnostjo (Riley in Turvey, 2002),

vendar je bila z nadaljnimi raziskavami tudi ta teza zavržena. Tako je bistvenega pomena, da obstaja razlika med variabilnostjo, ki je posledica šuma v raziskavi (merilna napaka) ter variabilnostjo, ki je posledica dinamičnega gibanja (van Emmerik in van Wegen, 2002).

V splošnem obstajata dve teoriji, ki interpretirata variabilnost gibanja. Prva pravi, da je variabilnost domnevna kompenzacija napak v izvedbi gibanja (Robins idr., 2006). Pretirana variabilnost gibanja velja za neproduktivno in lahko posega v proizvodnjo zanesljivih in tipičnih gibalnih vzorcev. Iz teoretičnega stališča nekateri smatrajo variabilnost kot posledico napačnih informacij iz senzornega sistema (Newell idr., 1984). Iz praktičnega stališča pa variabilnost pogosto razumejo kot osnovo za razlikovanje med bolj in manj izkušenimi športniki, saj predstavlja stabilnost gibalnega vzorca (Fitts in Posner, 1967). Bernstein (1967) je predlagal, da začetniki zamrznejo (njihovo gibanje bolj togo) gibanje, da omejijo samega sebe, da lahko lažje kontrolirajo svoje telo pri večsegmentnih gibanjih, medtem ko izkušeni igralci lahko premikajo segmente telesa kot želijo. Ugotovljeno je bilo tudi ravno nasprotno, torej več kot imaš izkušenj pri določeni nalogi, manjša je variabilnost (Chapman, Vicenzio, Blanch in Hodges, 2009; Chow, Davids, Button in Koh, 2008; Darling in Cooke, 1987; Gabriel, 2002). Vendar obstajajo tudi raziskave, ki niso odkrile razlike (Anderson, Breen in Tucker, 2008; Chow, Davids, Button in Koh 2007) in takšne, kjer se je med odnosom pokazala narobe obrnjena U – krivulja (Wilson, Simpson, van Emmerik in Hamill, 2008). Te raziskave nasprotujejo tradicionalnem dojemanju variabilnosti in nakazujejo, da igralci izkoriščajo variabilnost v funkcionalne namene, da zadostijo vsem kriterijam določene gibalne naloge. Pri izvajanju določenega gibanja imajo na razpolago veliko stopenj prostosti, ki predstavljajo možnosti izvedbe le – tega (Reisman, 2008). Tako druga teorija pravi, da variabilnost gibanja daje gibalnemu sistemu fleksibilnost, dovoli prilagodljivo obnašanje pri spremenjenih okoliščinah in npr. omogoča širšo porazdelitev sil pri nepričakovanih trkih, kar zmanjša možnost akutnih poškodb (Barratt, Vonk Noordegraaf in Morrison, 2008; Bartlett idr., 2007; Hamill, 1999). Ta teoretična interpretacija je v skladu z domnevmi Fettera (2010), da je znižana variabilnost ovira pri razvijanju človeških spretnosti, saj je gibalni sistem omejen, s čimer inhibira raziskovalno obnašanje oziroma proces prilagajanja in popravljanja.

Pomembno je poudariti, da povečana variabilnost še ne pomeni zmanjšane kontrole gibanja in obratno (Li, 2000; van Emmerik in van Wegen, 2000). Posledično se ti dve spremenljivki (variabilnost in stabilnost) ne bi smeli uporabljati kot protipomenki, saj sta medsebojno neodvisni (Li, Haddad in Hamill, 2005). Glede na obe teoriji je se je logično strinjati z Stergiou, Harbourne in Cavanaugh (2006), ki govorijo o optimalni variabilnosti gibanja. Tako se na variabilnost gleda kot na funkcijo, ki določa uspešno tehniko (Robins idr., 2006) oziroma kot

optimalno odstopanje, ki še nakazuje pravilno tehniko (Dierks in Davis, 2007; Stergiou idr., 2006).

Značilnost večsegmentnih gibanj je neodvisnost posameznih segmentov in njihove kompenzacijske prilagoditve. Bootsma in van Wieringen (1990) sta na podlagi raziskave namizno teniškega udarca izoblikovala izraz kompenzacijska variabilnost, ki opiše spajanje zaporednih sklepov. Nespremenjenost izmetnih pogojev je ključnega pomena za uspešnost pri nalogah zadevanja tarče (Muller in Sternad, 2004). Vendar ni nujno, da konsistentnost izmetnih pogojev zahteva tudi konsistentnost gibanja sklepov.

## 2 PREDMET IN PROBLEM

### 2.1 Spreminjanje kinematičnih parametrov pri metu na koš glede na oddaljenost

Pri pregledu svetovne literature zasledimo kar nekaj člankov, ki raziskujejo spreminjanje izmetnih pogojev z oddaljenostjo od koša. Kako se spreminjajo izmetni pogoji vrženega projektila (žoge), je opisano že v uvodu, v nadaljevanju pa se bomo osredotočili na izmetne pogoje določenih segmentov človeškega telesa.

Če se izmetna hitrost žoge z razdaljo povečuje, je logična posledica tudi povečanje izmetnih kotnih hitrostih v sklepih. To povečanje se je pokazalo v sklepu ramena (upogib) in komolca (izteg) (Miller in Bartlett, 1996; Okazaki in Rodacki, 2012; Satern, 1993). Pri nekaterih raziskavah je prišlo tudi do povečanja izmetnih kotnih hitrosti v zapestju (Okazaki in Rodacki, 2012), kjer kotne hitrosti dosežejo vrh ravno v trenutku izmeta (Walters idr., 1990) oziroma nekaj trenutkov za izmetom (Miller in Bartlett, 1993). Druge raziskave pravijo, da so izmetne kotne hitrosti zapestja z oddaljenosti od koša znižujejo (Miller in Bartlett, 1996). Tu je potrebno poudariti, da so hitrosti odvisne tudi od spola, saj imajo pri isti oddaljenosti od koša ženske višjo izmetno hitrost. Za slednje je odgovorna izmetna višina, saj so moški v osnovi višji od žensk (Satern, 1993). Posledično s povečevanjem kotnih hitrosti se čas trajanja gibanja z večanjem razdalje skrajšuje (Miller in Bartlett, 1996; Okazaki in Rodacki, 2012). To privede do hitrejšje rotacije v ramenski osi v trenutku odriva (Miller in Bartlett, 1996).

Za zagotavljanje hitrejšega izmeta je pomembna tudi hitrost centralne točke težišča telesa (CTT). Horizontalna izmetna hitrost (v smeri proti košu) CTT se z oddaljenostjo od koša veča (Miller in Bartlett, 1993; 1996), prav tako se povečuje tudi maksimalna hitrost (Okazaki in Rodacki, 2012). Hitrost CTT ob odzivu je povezana z večjo kotno hitrostjo gležnja (Miller in Bartlett, 1993). Posledično se povečuje horizontalni premik CTT. Ta pri metu iz razdalje 7 m znaša povprečno 8 cm (Satern, 1993).

Z razdaljo se spreminjajo tudi izmetni koti v sklepih (koti v trenutku izmeta). Največje razlike so se pokazale v kotu komolčnega sklepa. Ta pri razdalji 3 m od koša znaša  $145.4^\circ$ , pri metu iz oddaljenosti 6 m pa  $165.3^\circ$  (Diehl idr., 1993). Okazaki in Rodacki (2012) poročata, da se maksimalne in minimalne vrednosti kotov v sklepih z razdaljo ne spreminjajo, izjema je maksimalni kot v komolcu. Ti rezultati so v nasprotju z raziskavo od Diehla idr., (1993), kjer se

je razlika med maksimalnimi in minimalnimi vrednosti pokazala v zapestnem sklepu. Ta je bistveno višja pri metu iz 6 m ( $43.1^\circ$ ) od koša glede na 3 m od koša ( $33.4^\circ$ ).

Raziskave se med seboj razlikujejo glede na število merjencev, spol, starost, igralno mesto (tip igralca), igralne izkušnje (kakovost igralcev) in samega protokola meritev. Za primer različnih protokolov lahko navedemo protokol Saterna (1993), kjer so merjenci najprej metali iz oddaljenosti 3 m od koša, nato 4.6 m, potem pa so postopoma povečevali oddaljenost za 0.6 m. To so počeli toliko časa, dokler so zadeli 3 od 10 metov. Avtor je namreč prepričan, da obstaja neka maksimalna razdalja, iz katere posameznik še lahko meče. Iz vidika starosti je največ raziskav na to temo narejenih na študentih, kjer so v analizo vzeli le en met posameznika iz vsake oddaljenosti od koša (Diehl idr., 1993; Miller in Bartlett, 1996; Satern, 1993; Walters idr., 1990). Meritve so bile opravljene preko video analize, kjer je bila kamera postavljena tako, da so opazovali gibanje v sagitalni ravnini. Ponekod so uporabili markerje oziroma so meritve snemali z večimi kamerami (Miller in Bartlett, 1993; 1996). Kljub temu, so podatki analizirani samo v dvodimenzionalni ravnini.

Raziskave se razlikujejo tudi glede na položaj, kje je met iz skoka bil izveden. Ker je košarka situacijska igra, kjer meti iz skoka niso standardizirani, rezultati teh raziskav tako niso povsem primerljivi med seboj. Dva članka opazujeta spreminjanje kinematičnih parametrov pri metih, ki se izvedeni pod kotom  $45^\circ$  glede na koš (Diehl idr., 1993; Walters idr., 1990). Več raziskav je narejenih na vzorcih metov, ki se izvajajo iz vzdolžne srednjice igrišča (Miller in Bartlett, 1996; Okazaki in Rodacki, 2012; Satern, 1993). Verjetno edino raziskavo, kjer so bili analizirani meti iz igre, sta naredila Miller in Bartlett (1993). V analizo sta vključila 15 metov, ki so bili vidni na obeh kamerah, ki sta bili namontirani 10 m nad igriščem. Mete sta razdelila v tri kategorije in sicer na mete, ki so bili izvedeni do oddaljenosti 3.66 m od koša, mete med 3.66 m in 5.49 m oddaljenostjo od koša ter mete nad 5.49 m od koša. To je tudi edina raziskava, ki nam ponuja povprečno gibanje kotne hitrosti komolca skozi celotni met pri vseh treh razdaljah. S tem, da so analizirali mete izvedene med tekmo, so pridobili realne mete, vendar tudi marsikaj izgubili. Kot glavno pomanjkljivost vidimo v tem, da ni kontrolirana oddaljenost od koša ter dejstvo, da pri različni oddaljenosti od koša mečejo različni merjenci in v različnih igralnih situacijah.

## **2.2 Proksimalno – distalni princip pri metih na koš**

Koordinacija pri balističnih, večsegmentnih akcijah vsebuje tri specifične značilnosti delovanja: 1) vključena moč/sila pri gibanju, b) medsegmentno časovno ujemanje, c) rezultanta hitrosti

distalnega segmenta oziroma projektila (Urbin, Stodden, Fischman, Weimar, 2011). Posledično gibalne spretnosti, kot so brci, udarci in meti, vsebujejo kompleksno koordinacijo in kontrolo več segmentov v prostoru in času. Uspešnost teh spretnosti zahteva učinkovito proizvodnjo in prenos energije skozi celotno kinetično verigo človeka, ki se konča s hitrostjo najbolj distalnega dela telesa oziroma projektila (Stodden, 2006). Ta maksimalen output je dosežen skozi PDP pospeševanja segmentov človeka (Urbin idr., 2011).

Chiang in Liu (2006) sta želela opisati PDP pri metu na koš pri različnih razdaljah od koša. Trije merjenci, različno izkušeni, so metali met iz skoka iz linije prostih metov. Nato so se premikali nazaj za 20 cm, vse do dveh metrov za črto, ki predstavlja met za tri točke. Iz vsake razdalje so v analizo vzeli šest metov vsakega merjenca. Rezultati so pokazali, da se generalno vrhovi kotnih hitrosti pojavijo najprej pri spodnjih okončinah, kjer je zaporedje vrhov od kolka do gležnjev, vendar le pri izkušeni oz. kakovostnejši igralcih. Pri slabših igralcih se je namreč pokazala časovna sinhronizacija vrhov pri kolčnem in kolenskem sklepu. Omenjeno sta potrdila tudi Miller in Jackson (1995) pri prostih metih, kjer je pri izkušenemu igralcu moč zaslediti PDP pri spodnjih ekstremitetah, medtem ko je začetnik največje vrednosti dosegel hkrati. Časovni prehod v najvišjih vrednostih med sklepi v zgornjih in spodnjih udih je z nižanjem izkušenj daljši. Pri izkušenemu igralcu ramenski sklep doseže najvišje kotne hitrosti v trenutku, ko se začne komolec premikati v smeri proti košu. Enak princip se ponovi še med komolčnim in zapestnim sklepom. Pri začetnikih pa se komolec premika v smeri proti košu še preden ramenski sklep doseže vrh. Najvišji kotni hitrosti v ramenu in komolcu se zgodita hkrati z izmetom. Z omenjenim se ne strinjata Chiang in Liu (2006), saj se je pri izkušenemu igralcu pokazala nepovezanost zgornjih ekstremitet, kar nakazuje na večjo fleksibilnost. Avtorja sta prepričana, da se z razdaljo spreminja gibanje spodnjih ekstremitet, medtem ko se pri zgornjih ekstremitetah gibanje ohranja. To nakazuje na to, da ima gibanje nog pomembno vlogo predvsem pri metih iz večje razdalje, medtem ko so roke odgovorne za fino uravnavanje natančnosti meta. Pri omenjenih raziskavah je potrebno poudariti, da je v analizo vzeto malo igralcev (iz vsake kategorije glede na izkušnost po eden merjenec), katera starosti ni znana oziroma je razpon štirih merjencev zelo širok (začetnik star 11 let).

### **2.3 Variabilnost gibanja pri metu na koš**

V uvodu je pojasnjeno, da je bila ugotovljena funkcionalna vloga variabilnosti. Ker pa je ta odvisna od specifičnih pogojev gibanja (Newell in James, 2008), jo je potrebno preučevati v

točno določenih gibanjih. To nam ponuja teoretični vpogled v določeno gibanje pri posameznem tehničnem elementu in visoko uporabnost v praksi (Robins, 2013).

Okazaki, Okazaki, Sasaki in Keller (2007) so preverjali odnos hitrost – natančnost pri metih iz skoka. 15 igralcev (starih povprečno  $24.0 \pm 5.1$  let) je metalo izza črte, ki označuje proste mete. Z digitalno kamero so posneli sagitalno ravnino, kjer so merili izmetno hitrost. Merjenci so lahko manipulirali z izmetno višino in izmetnim kotom, s katerim so uravnavali izmetno hitrost. Prostorsko natančnost so določili z lestvico, ki opisuje, na kakšen način žoga doseže obroč. Ugotovili so, da je povezanost med hitrostjo in natančnostjo majhna ( $r = 0.22$ ;  $p > 0.05$ ), tako da izmetna hitrost ni najpomembnejši faktor, ki bi odločil o uspešnosti meta. Verjamejo, da je hitrejša izmetna hitrost uravnavana z večjim izmetnim kotom, kar omogoča večji vstopni kot žoge skozi obroč in zmanjša stopnje napake. Tako manjša izmetna hitrost zagotovi manjšo variabilnost.

Verjetno edina raziskava, ki je bila narejena za direktno preverjanje sunek – variabilnostne teorije na metih, je raziskava od Urbin-a, Stodden-a, Boros-a in Shannos-a (2012). Namen raziskave je bil preučiti hitrostno in prostorsko variabilnost pri metih iznad glave pri različnih odstotkih maksimalne moči. S tem so avtorji želeli preveriti narobe obrnjeno U – krivuljo, katero so predpostavili pri teoriji sunek – variabilnost ter krivuljo hitrost – natančnost, ki je nadaljevanje Fittsovega zakona. Merjenci (16 izkušenih in 14 neizkušenih), so metali teniško žogico s 40, 50, 60, 70, 80, 90 in 100 odstotki maksimalne hitrosti (merili so jo z radarjem) v naključnem vrstnem redu v tarčo, ki je bila oddaljena 9.14 m. Ugotovili so, da variabilnost pri hitrosti do 60% maksimalne hitrosti narašča in doseže vrh, nato pa vse do 100% maksimalne hitrosti pada. Rezultati podpirajo narobe obrnjeno U – krivuljo pri odnosu odstotek maksimalne hitrosti in njene variabilnosti tako pri izkušeni kot neizkušeni skupini. Se je pa pokazalo, da ima neizkušena skupina statistično značilno nižjo variabilnost glede na izkušeno skupino. Izjema je hitrost pri 90% in 100%. To kaže na izboljšano sposobnost reguliranja produkcije moči in medsegmentnega ujemanja pri izkušenih metalcih pri metih izvedenih blizu posameznikovega maksimuma. Medtem ko rezultati variabilnosti hitrosti predlagajo manjšo variabilnost pri pospeševanju sile in časovnemu medsegmentnemu ujemanju pri maksimalnih obremenitvah, prostorska napaka projektila ne sledi temu trendu. Ti rezultati so v nasprotju z sunek – variabilnostno teorijo, ki pravi, da je napaka prostorske trajektorije uda odvisna od variabilnosti mišične sile in navorov ki delujejo na ud.

Pri koordinacijski variabilnosti je Millerja (2002) zanimalo, če je značilnost neuspešnih metov povečana variabilnost. Raziskoval je spremembe v absolutni (SD) in relativni (koficient

variacije) variabilnosti pri izmetni linearni hitrosti segmentov pri uspešnih metih iz treh razdalj (2.74 m, 4.25 m, 6.40 m). Hkrati je v analizo vključil še neuspešne proste mete (razdalja 4.25 m). Rezultati variabilnosti izmetnih pogojev žoge med velikimi in kratkimi razdaljami so neskladni. Te kažejo, da je variabilnost pri večjih razdaljah večja pri izmetni višini in izmetnemu kotu žoge, medtem ko je pri izmetni hitrosti žoge ravno obratno. Pri povezavi s telesnimi segmenti je odkril pozitivno povezanost med izmetno hitrostjo segmentov in variabilnostjo, kjer imajo segmenti pri metih iz večje oddaljenosti večjo variabilnost. Prav tako imajo vsi segmenti pri zgrešenih prostih metih višjo variabilnost (SD) linearne izmetne hitrosti glede na zadete proste mete. Pri prostih metih očitno obstaja povezava, kjer je nižja variabilnost segmentov povezana z uspešnostjo meta, kar velja tudi za variabilnost izmetne hitrosti žoge. S tem se ne strinjata Mullineaux in Uhl (2010), ki sta prav tako ugotavljala razliko v variabilnosti pri zadetih in zgrešenih prostih metih. Raziskava narejena na 15 (šest žensk, devet moških) igralcih, starih povprečno 19 let. V raziskavo so vključili tri zadete in tri zgrešene mete vsakega merjenca. Ugotovila sta, da je izmetna hitrost žoge pri zgrešenih metih nižja, medtem ko izmetna hitrost zapestja ostaja enaka. Velik razpon podatkov v rezultatih nakazuje, da so merjenci uporabljali različne tehnike meta. Vendar kljub temu so očitno vse tehnike pripeljale do konsistentne hitrosti zapestja pri izmetu. Da je temu tako sta avtorja mnenja, da je za doseg ustrežne hitrosti potrebno zagotoviti ustrezno delo nog, trupa in zgornjega dela rok. Hkrati sta se osredotočila tudi na odnos koordinacija – variabilnost med komolcem in zapestjem. Ugotovljena je bila povečana koordinacijska variabilnost v trenutku izmeta pri zgrešenih metih, s čimer podpirata tezo, da uspešni meti narekujejo, da je variabilnost gibanja omejena na dopustno, funkcionalno velikost.

Absolutna izmetna variabilnost (SD) hitrosti se povečuje z distalnimi segmenti kinematične verige, medtem ko je pri relativni variabilnosti (koeficient variance) mogoče zaslediti obraten trend. Pri tej interpretaciji podatkov je potrebna pazljivost, saj pri kinematični verigi avtor poudarja delovanje zaporednih sklepov gledano od glažnja do zapestja in ne po PDP (Miller, 2002). Da se variabilnost z distalnimi segmenti povečuje, so odkrili tudi Robins idr., (2006), ki so raziskovali variabilnost pri metih iz 4.25 m, 5.25 m in 6.25 m oddaljenosti od koša. Merjenci so izvedli pet uspešnih metov na vsaki razdalji. Odkrili so, da se v trenutku izmeta variabilnost kotov v sklepih povečuje z distalnimi deli v kinetični verigi. Kljub temu ni bilo povečanja variabilnosti pri kotih v sklepu z večanjem razdalje od koša.

Nadalje je raziskovalce (Robins idr., 2008) zanimalo, kako oddaljenost in izkušnje vplivajo na variabilnost parametrov izmetne roke. 30 merjencev so razdelili v tri skupine: izkušene (povprečna starost  $24.1 \pm 4.1$  let), srednje izkušene (povprečna starost  $21.8 \pm 4.1$  let) in začetnike (povprečna starost  $26.8 \pm 2.8$  let). Metali so iz treh oddaljenosti od koša in sicer iz 4.25 m, 5.25 m



in 6.25 m. Meritve posnete z 8 kamerami, kar omogoča analizo v tridimenzionalnem prostoru, vendar so analizirali gibanja samo v sagitalni ravnini. Rezultati so pokazali, da se koordinacija sklepov izmetne roke z izkušnjami večja. Avtorji verjamejo, da se napake, narejene v sklepih, ki se nahajajo bližje trupu, lahko popravijo z distalnimi sklepi. Posledično se variabilnost proti distalnemu segmentu večja. Enako so ugotovili tudi Button idr. (2003) ki ugotavljajo, da se ta povečanost variabilnosti distalnih segmentov pojavi kot učinek treninga (Vereijken, van Emmerik, Whiting in Newell, 1992) in je priporočljiva, saj se z njo doseže manjša variabilnost izmetnih parametrov žoge. Ta zmanjšana variabilnost izmetnih parametrov žoge pa je v nasprotju z raziskavo Millerja (2002), kjer so rezultati pokazali večjo variabilnost pri zadetih prostih metih pri izmetni višini žoge in izmetnemu kotu žoge. Potrebno je pojasniti, da so v raziskavi Robins-a idr., (2008) merjenec v skupine razdelili na podlagi enostavnega pred – testa, tako da je kriterij izkušenosti igralcev vprašljiv.

## **2.4 Namen naloge**

V svetu današnjega vrhunškega športa se strokovnjaki pri svojem delu ne morejo več zanašati samo na izkušnje, občutke in opažanja. Poleg navedenih lastnosti je danes potrebno za odgovorno in strokovno delo v športu bazirati tudi na strokovni izobraženosti, interdisciplinarnosti, poznavanju teoretičnih modelov, raziskovalnih izsledkov in uporabi modernih tehnologij. Uporaba številnih razpoložljivih informacij je v košarki splošno razširjena predvsem pri taktični pripravi in v namene statistike igre, veliko redkeje pa za analizo tehnike gibanja.

Met iz skoka je kompleksen in tehnično zahteven met pri katerem vržemo žogo na koš v skoku po odzivu, torej v zraku. Če želimo, da bo uspešen (natančen), je potrebno v trenutku izmeta zagotoviti kar najbolj optimalne pogoje. Večina dosedanjih raziskav se osredotoča ravno na izmetne parametre. Zagotavljanje le – teh je odvisno od tehnike meta na koš. Za objektivno določitev tehnike meta na koš pa ni zadosti samo poznavanje izmetnih pogojev, poznati je potrebno celotni gibalni vzorec. Znano je namreč, da se lahko preko različnih prostorskih stopenj človeškega telesa, začne in konča gibanje v istem položaju, vmes pa prihaja do različnih vzorcev gibanja (Menzel, 1999). Tako se ne moremo sprijazniti s trditvijo, da je uspešnost pri metu na koš prirojena. Strokovna javnost se zaveda, da je natančnost pri metu močno povezana s tehniko, ki je tako ključnega pomena za uspešnost meta (Wissel, 2004). Tako je izrednega pomena poznavanje gibalnih vzorcev pri metu na koš, ter kako se le ti spreminjajo pri kvalitetnih igralcih.

Tu je mišljen predvsem vzročno posledični odnos med posameznimi parametri, saj vemo, da je uspešnost meta odvisna od prave kombinacije večih dejavnikov (Rojas idr., 2000; Satti, 2004).

V športu je znano, kakšni so gibalni vzorci in rezultati testov vrhunskih športnikov, ni pa znano, kakšni so rezultati testov istih športnikov v mladih letih (Ušaj, 1997). Zmotno je namreč aplicirati model vrhunškega športnika na mlade športnike. Pri mlajših športnikih še ni prišlo do polnega razvoja telesnih sistemov in so posledično mišično šibkejši (Škof, 2007). Ker sta tehnika in natančnost meta na koš povezani tudi z močjo zgornjih ekstremitet košarkarja (Justin idr., 2006; Kauranen idr., 1998; Sklerynk in Bedingfield, 1985; Tang in Shung, 2005; Woolstenhulme idr., 2004), ne preseneča, da nekateri košarkarski strokovnjaki pri mlajših košarkarjih opažajo razlike v obvladovanju tehnike meta glede na različno oddaljenost od koša. Ti naj bi pri metu na koš z manjše razdalje uporabljali pravilno tehniko meta, pri metu od daleč, pa naj bi se njihova tehnika spremenila oz. prilagajala novim pogojem izvedbe, ki pa hkrati vseeno omogoča ohranjati čim večjo mero uspešnosti. Tovrstna opažanja in ugotovitve strokovnjakov žal še vedno niso podprte z ustreznimi raziskavami. Omenjena raziskava bo tako omogočila vpogled v gibalne vzorce mladih kvalitetnih košarkarjev pri metu iz skoka, ki tovrstno tehniko šele razvijajo in prilagajajo svojim sposobnostim. Problem je postal še bolj pomemben in zanimiv, ko je leta 2010 prišlo do sprememb v košarkarskih pravilih (FIBA Official Basketball Rules 2010). Ena izmed sprememb je bila namreč tudi povečanje razdalje črte za tri točke. Po novem šteje zadetek za tri točke pri metu z razdalje 6.75 m ali več (prej 6.25 m).

Touwen (1993) in Heiderscheit (2000) opozarjata, da vsaka oblika variabilnosti ne more biti posplošena, temveč jo je potrebno interpretirati znotraj tipa gibanja in starosti. Predhodni raziskovalci so prepričani, da se z novimi merilnimi napravami, ki omogočajo tri – dimenzionalno zajemaje slike, da pridobiti informacije, ki se nanašajo na medsegmentno ujemanje v časovnem in prostorskem smislu. Glede na to, da ima medsegmentna variabilnost gibanja segmentov, ki velja za ključni faktor ohranjanja konsistentnih gibalnih vzorcev (Bartlett idr., 2007) direkten vpliv na končno izvedbo gibanja je tako bistvenega pomena celovita analiza gibanja, ki bo omogočila širšo razumevanje kontrole gibanja mladih košarkarjev pri metu na koš. Ker naj bi se na variabilnost gledalo kot na funkcijo, ki določa uspešno tehniko (Robins idr., 2006), bomo iz analize samo uspešnih metov pridobili podatke o tem, kakšno odstopanje še omogoča uspešnost meta. Ker pa na variabilnost vplivajo tudi različni pogoji naloge (na primer oddaljenost od koša), bo cilj raziskave ugotoviti, kako se prostorska variabilnost spreminja glede na razdaljo meta.

Pri pregledu literature je jasno, da so kinematični parametri, ki so bili predmet dosedanjih raziskav nanašajo predvsem na fazo izmeta, večinoma na sam trenutek izmeta. Razumljivo je, da so različni avtorji dajali večji poudarek na izmetne parametre, saj se tehnika meta na koš ocenjuje na podlagi uspešno zadetih metov. Dosedanje raziskave temeljijo na malem številu merjencev in metov, zato je reprezentativnost teh podatkov vprašljiva. Prav tako so bili kinematični parametri pri metu na koš v dosedanjih raziskavah analizirani samo v sagitalni ravnini. Slednje je razumljivo, saj kakršno koli stransko odstopanje ni zaželeno, niti ga ne zasledimo s prostim očesom. Zgoraj omenjene raziskave o variabilnosti ponujajo možnost obstoja kompenzacijskega obnašanja, kar daje fleksibilnost gibalnemu sistemu. Nakazana je sprememba kompenzacijske variabilnosti glede na izkušnost (igralno kvaliteto) merjencev. Te razlike se glede na izkušnost igralcev pojavljajo tudi pri preučevanju PDP, vendar rezultati na nobenem področju niso skladni. Še manj pa je znano, kakšna je variabilnost in PDP pri talentiranih mladih košarkarjih pri metu iz skoka, ter kako se ta spreminja z večanjem oddaljenosti od koša. Kljub številnim in pomembnim razlogom za poznavanje gibalnih vzorcev pri metu na koš, pa v mednarodni literaturi nismo zasledili niti ene raziskave, s katero bi avtorji skušali celostno na istem vzorcu in v tri dimenzionalnem prostoru opisati tehniko meta na koš, kakšni so izmetni parametri segmentov, kakšna je prostorska variabilnost izmetnih parametrov, kakšno je medsegmentno ujemanje spodnjih in zgornjih udov ter kako se vse omenjene spremenljivke spreminjajo z oddaljenostjo od koša.

V doktorski raziskavi želimo pri spočitih merjencih v tridimenzionalnem prostoru ugotoviti, kako se s povečevanjem oddaljenosti meta spreminja položaj telesa in posameznih telesnih segmentov v različnih fazah meta pri starostni kategoriji kadetov. Predvsem nas bo zanimalo gibanje v lateralni smeri (smer Y), ki pri metu na koš še ni bilo preučevano. Ker je pomembno, kako igralci kontrolirajo medsegmentno koordinacijo za izvedbo čim bolj stabilnega in natančnega meta (Chiang in Liu, 2006) predpostavljamo, da z večanjem oddaljenosti od koša obstaja trend spreminjanja kinematičnih parametrov, ki omogoča doseganje optimalnih/uspešnih izmetnih pogojev. Tako nas bo za zgornje in spodnje ude zanimalo, kakšno je medsegmentno ujemanje oziroma če prihaja do proksimalno – distalnega principa. Hkrati nas bo zanimala tudi prostorska variabilnost (variabilnost gibanja segmentov v prostoru) znotraj posameznikov. Glede na to, da v svetovni literaturi nismo zasledili podatkov oz. raziskav (izjema je trenutek izmeta), ki bi potrdili (ali zavrgli) to predpostavko, se bomo v doktorski disertaciji osredotočili predvsem na razlike pri naslednjih odvisnih spremenljivkah: položaj težišča telesa, položaj izmetne roke, koti v sklepih, kotne hitrosti, hitrosti segmentov in standardni odklon znotraj merjenca pri položaju segmentov. Omenjene predpostavke smo želeli preveriti na vzorcu najboljših slovenskih mladih košarkarjev. Za lažjo utemeljitev sprememb (razlik) v tehniki

metov iz različne oddaljenosti pri posameznikih si bomo pomagali z rezultati pridobljenimi iz izokinetičnih meritev (mišična jakost iztegovalk komolca in upogibalk zapestja) in meritev na pritiskovni plošči (odrivna moč).

### **2.4.1 Cilji**

- Ugotoviti, kako se parametri (položaji segmentov, koti v sklepih, kotne hitrosti in hitrosti segmentov) spreminjajo med metom pri različnih oddaljenosti od koša
- Ugotoviti, kakšno je medsegmentno ujemanje maksimalnih kotnih hitrosti spodnjih in zgornjih udov glede na oddaljenost meta od koša
- Ugotoviti, ali je tehnika (kinematika) meta iz različnih oddaljenosti povezana z mišično jakostjo rok in odzivno močjo nog
- Ugotoviti, kakšna je izmetna prostorska variabilnost segmentov izmetne roke
- Ugotoviti, kako se prostorska variabilnost dlani spreminja med metom pri različnih oddaljenosti od koša

### **2.4.2 Hipoteze**

#### **DELOVNE HIPOTEZE**

H1: Premiki težišča telesa v smeri proti košu se bodo z oddaljevanjem od koša povečevali (bolj pri merjencih z nižjim navorom iztegovalk komolca).

H2: Razlika med absolutno (maksimalno) in relativno (izmetno) višino CTT se bo z oddaljevanjem od koša zniževala (bolj pri merjencih, ki dosegajo slabše rezultate v testu odzivne moči (CMJ)).

H3: Rotacija ramenske in kolčne osi se bo v transverzalni ravnini z oddaljevanjem od koša povečevala (bolj pri merjencih z nižjim navorom mišic iztegovalk komolca).

H4: Odmik izmetne roke v stran (smer Y) bo v trenutku izmeta enak, ne glede na razdaljo.

H5: Maksimalne vrednosti kotov v sklepih spodnjih okončin se bodo z oddaljevanjem od koša povečevale (bolj pri merjencih z nižjim navorom mišic iztegovalk komolca).

H6: Izmetne kotne hitrosti v komolčnem sklepu izmetne roke se bodo z oddaljevanjem od koša povečevale (bolj pri merjencih z nižjim navorom mišic iztegovalk komolca).

H7: Izmetne kotne hitrosti v zapestnem sklepu izmetne roke se bodo z oddaljevanjem od koša zmanjševale (bolj pri merjencih z nižjim navorom mišic upogibalk zapestja).

H8: Razmerja maksimalnih vrednosti kotnih hitrosti v ramenskem, komolčnem in zapestnem sklepu (neodvisno od časa) se z oddaljevanjem od koša ne bodo spremenila.

H9: Prostorska variabilnost segmentov izmetne roke se bo pri izmetu z oddaljevanjem od koša zniževala (bolj pri merjencih z nižjim navorom mišic iztegovalk komolca).

### **3 METODE DELA**

#### **a) Preizkušanci**

Osnovni kriterij izbora merjencev je bila starost in tip igralca (igralno mesto). V vzorec merjencev smo zajeli 14 najboljših slovenskih mladih košarkarjev – branilcev, starih  $15.43 \pm 0.51$  let, ki so bili na ožjem ali širšem seznamu igralcev kadetske reprezentance Slovenije. Vsi merjenci so imeli izmetno roko desno. Podpisali so pisno privolitev in so na meritvah, ki so bile odobrene s strani etične komisije, sodelovali prostovoljno. Merjenci so bili brez poškodb, ki bi lahko vplivale na rezultate in izvedbo meta na koš. Povprečna višina merjencev je znašala  $187.14 \pm 5.57$  cm, povprečna teža pa  $74.76 \pm 5.41$  kg.

Za vzorec branilcev smo se odločili, ker se s povečevanjem oddaljenosti od koša kinematični parametri pri metu na koš bolj enakomerno spreminjajo pri branilcih (Miller in Bartlett, 1996; Walters idr., 1990) in ker se le-ti najpogosteje odločijo za met iz večje razdalje (Trninić, 1996). Raziskave tudi kažejo na visoko stopnjo povezanosti med igralnim mestom in antropometrijskimi značilnostmi oziroma da slednje v veliki meri diferencirajo različne tipe košarkarjev (Erčulj, 1998; Dežman, Trninić in Dizdar, 2001; Carter, Ackland, Kerr in Stapff, 2005; Erčulj in Bračič, 2010). Izbor enega tipa igralcev nam tako zagotavlja večjo homogenost vzorca glede na telesne značilnosti igralcev.

#### **b) Pripomočki**

Pripomočki in tehnična oprema uporabljena v raziskavi:

- Košarkarska žoga SPALDING TF-1000 (Russell Corp., Alexander City, AL, ADA)
- inercialna obleka MVN »MVN - Inertial motion capture« (Xsense, Enschede, Netherlands)
- visokofrekvenčna kamera Casio Exilim EX-F1 (Casio computer co., Tokyo, Japan)
- kamera AXIS P5534 Network Camera (Axis communications AB, Lund, Sweden)

- bilateralna pritiskovna plošča 600 x 600 ARS (S2P, Ljubljana, Slovenija)
- izokinetični dinamometer (Biodex Medical system III, ZDA)
- antropometrični inštrumentarij
- Računalniška programska oprema:
  - a. Microsoft Office 10 (Microsoft Corp., Redmond, WA, ZDA)
  - b. IBM SPSS Statistics 18 (International Business Machines Corp., Armonk, NY, ZDA)
  - c. Kinovea
  - d. MVN Studio (Xsense, Enschede, Netherlands)
  - e. Moven 2 Excell (Supej, 2012)
  - f. Plug-in SRS1 Cubic Spline for Excel
- druga (manjša) oprema:
  - a. prenosni računalnik
  - b. stojalo za visokofrekvenčno kamero
  - c. lepilni trakovi
  - d. merilni trakovi

Za analiziranje tehnike meta oz. kinematičnih parametrov pri metu iz skoka smo uporabili inercialno obleko MVN BIOMECH »MVN – Inertial motion capture« (Xsense, Enschede, Netherlands) (Slika 8). Sistem je edinstven v pristopu ocenjevanja orientacije in položaja segmentov med gibanjem s povezovanjem signalov iz giroskopa in pospeškometra. Ta dva kontinuirano prenašata posodobljene podatke glede na spremembe, ki se dogajajo na biomehničnem modelu človeškega telesa. Programska oprema omogoča prikaz v realnem času in meri s 120 meritvami na sekundo. S programom lahko uporabnik opazuje, posname in izvozi podatke v tridimenzionalnem prostoru (Roetenberg, Luinge in Slycke, 2009). Pretekle študije so pokazale, da je taka oprema pri časovno kratkih gibalnih akcijah, kamor sodi tudi met iz skoka, primerna za analizo športnih gibanj (Krüger in Edelmann – Nusser, 2010; Supej, 2010; Supej, 2011).



*Slika 8.* Merjenec, oblečen v inercialno obleko MVN.

Trenutek, ko žoga zapusti roko, ni mogoče določiti v programu MVN, zato smo celotne meritve posneli s kamero Casio Exilim – F1, ki snema s 300 slikami na sekundo. Z njo smo določili točko natančnega izmeta žoge. Postavljena je bila pravokotno na smer meta na strani izmetne roke. Ker kamera in program MVN nista časovno usklajeni, smo ju sinhronizirali. To smo naredili tako, da je vsak merjenec pred začetkom meritev (meti na koš) udaril z desno nogo ob tla. Ta dotik stopala s tlemi je natančno viden tako na kameri kot tudi preko pospeškometra na desni nogi v obleki MVN. Tako smo dobili točko, ki bo predstavljala začetno izhodišče v času.

Hkrati smo snemali še s kamero AXIS P5534 Network Camera, ki je v dvorani nameščena na strop in je snemala celoten potek meritev. Dajala nam je informacije o uspešnosti vsakega meta oziroma kako se je žoga dotaknila obroča ali table. Košarkarji so uporabljali košarkarsko žogo odobreno s strani FIBE in sicer SPALDING TF-1000 (standardna velikost 7).

Poleg že omenjenega sistema so bili merjenci deležni še antropometričnih meritev, meritev na bilateralni pritiskovni plošči in izokinetičnih meritev. Na bilateralni pritiskovni plošči 600 x 600 smo opazovali skok z nasprotnim gibanjem (CMJ), pri izokinetiki pa navor mišic iztegovalk komolca in upogibalk zapestja, ki bodo izmerjeni na izokinetičnem dinamometru. Iz rezultatov izokinetičnih meritev smo vključili sledeče spremenljivke: maksimalni navor, maksimalni navor glede na telesno težo, kot maksimalnega navora (je tisti kot, pri katerem je navor maksimalen),

skupno delo in delo glede na telesno težo za upogibalke zapestja in iztegovalke komolca izmetne roke. Iz rezultatov meritev na pritiskovni plošči smo vključili sledeče spremenljivke: čas skoka, čas zaviranja, čas pospeševanja, maksimalna moč glede na telesno težo, višina skoka (izračunana iz časa leta), maksimalna sila glede na telesno težo.

### c) Postopek

#### PROTOKOL MERITEV META NA KOŠ

##### Preglednica 1

##### *Opis antropometričnih mer*

Telesna višina	od tal do temena (vertex) glave v izravnani stoji
Dolžina športne obutve	vrh sprednjega dela športne obutve do konca pete
Razpon rok	vrh mečice sredinca (točka daktylion) leve in desne roke v T - položaju
Višina gležnja	od tal do najbolj oddaljenega lateralnega dela malleolare
Višina bokov	od tal do lateralnega dela velikega trohanterja
Širina bokov	od leve do desne trna na sprednji strani (točka iliospinale)
Višina kolena	od tal do najbolj izbočenega dela zgornjega roba sklepne površine golenice (točka tibiale)
Širina ramen	od levega do desnega zunanjšega roba akromiona
Višina podplata športne obutve	debelina podplata uporabljenih športne obutve

Standardni postopek pred pričetkom merjenja zahteva pravilno nameščeno opremo in vnešene antropometrične mere (Preglednica 1). Ker je sama postavitvev senzorjev izredno pomembna, saj napačna postavitvev lahko vpliva na rezultate, smo temu opravilu namenili veliko časa in natančnosti.

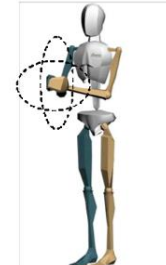
N položaj



T položaj



gibanje rok

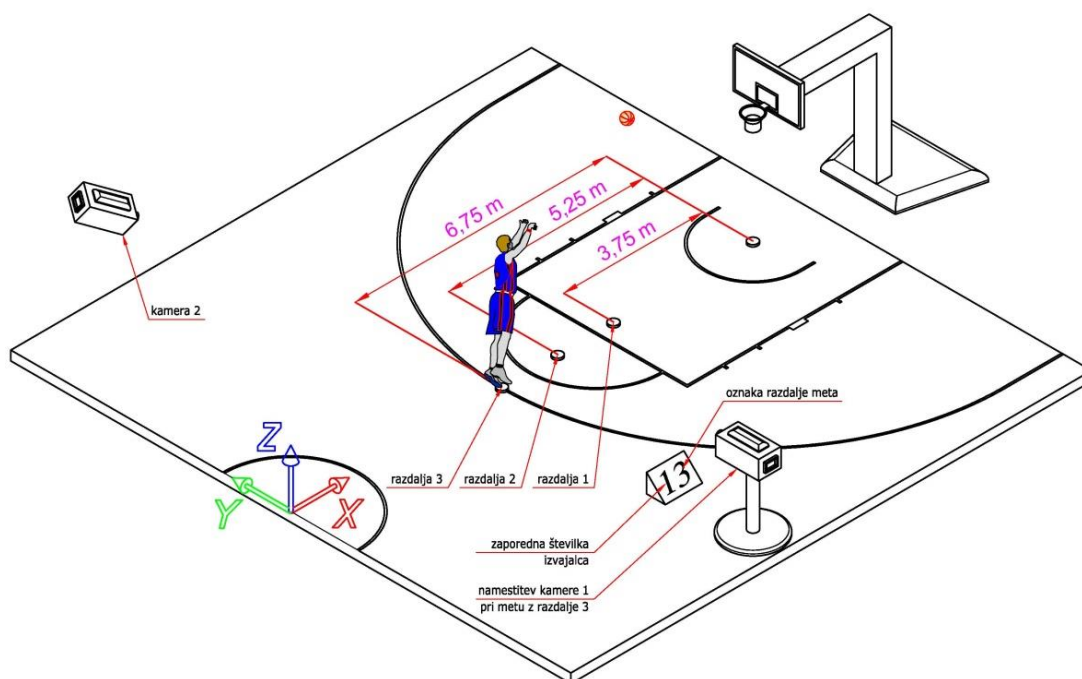


Slika 9. Kalibracija v treh položajih.

Sledi kalibracija merjenca. Osnovni položaj je iztegnjen položaj merjenca brez športne obutve viden na Sliki 9, označen kot N položaj. Pri tem položaju so roke in noge iztegnjene, stopala v širini ramen, pogled je usmerjen naprej. Po tem položaju se uravnavajo koti v sklepih in znašajo



0°. Tako na primer kot v zapestju znaša 0°, kadar je tretja metatarzalna kost paralelna na radialno kost (Wu idr., 2005). Nato sledita dva testa, ki zagotavljata natančnost podatkov.



Slika 10. Prikaz merilnega protokola.

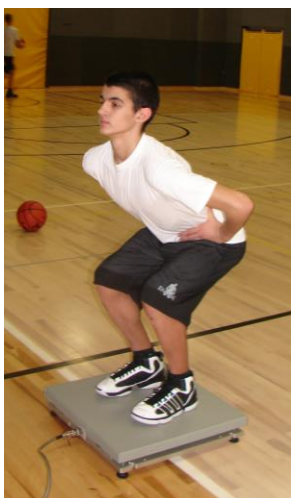
Po začetnem 10 min ogrevanju so merjenci metali neovirano iz treh položajev (razdalj), ki ležijo na vzdolžni srednjici igrišča in so med sabo oddaljeni 1.5 m. Vsak merjenec je najprej metal iz 1. razdalje (3.75 m), nato iz 2. razdalje (5.25 m) in nazadnje iz 3. razdalje (6.75 m) (Slika 10). Razdalja 6.75 m predstavlja mejo področja od koder je uspešen met ovrednoten s tremi točkami. Tako so bili po košarkarskih merilih v analizo vključeni meti iz kratke, srednje in velike razdalje. Razdalje so večje v primerjavi s prejšnjimi raziskavami (Diehl idr., 1993; Miller in Bartlett, 1993; 1996; Robins idr., 2008; Satern, 1993; Walters idr., 1990), saj so se pravila in s tem tudi območje za tri točke v tem času spremenila oziroma povečala (Official Basketball Rules, 2010). Merjenci so dobili navodila naj izvajajo met iz skoka, ki je čim boljši približek meta, ki ga uporabljajo na treningih in tekmah. Ker nismo želeli vplivati na naravno tehniko posameznika in posledično na rezultate meritev (Miller in Bartlett, 1996), so merjenci stali na mestu, eno nogo pa so lahko imeli v rahlem zakoraku. Dobili so navodilo, naj mečejo direktno na koš, brez odboja od table. Na vsaki razdalji je merjenec najprej vrgel nekaj poskusnih metov. Za potrebe sinhronizacije je merjenec pred izvajanjem naloge udaril z desno nogo ob tla. Da se je merjenec lahko osredotočil samo na met, je žogo pobirala tretja oseba, ki mu je žogo podajala izpod koša in dajala tudi znak za met. Cilj merjencev je bil zadeti 10 metov iz vsake razdalje. Metali so na koš v razmaku 10 sekund, saj smo v raziskavi želeli analizirati tehniko meta v spočitih

okoliščinah. V skladu s tem ciljem, torej preprečiti utrujenost, je bilo maksimalno število vrženih metov iz ene razdalje 25. V nadaljno analizo so bili vključeni samo uspešni meti, kjer se žoga ni odbila od table oziroma obroča.

## PROTOKOL MERITEV MOČI SPODNJIH IN ZGORNJIH UDOV

Za merjenje teh sposobnosti so bili opravljeni sledeči testi:

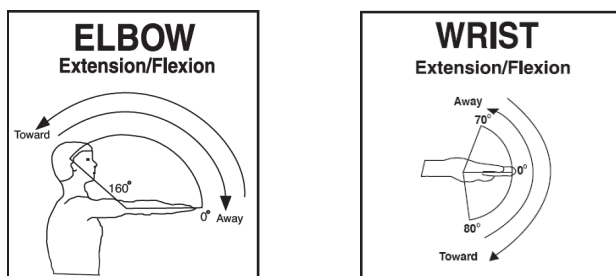
**Skok z naspornim gibanjem (CMJ)** je bil opravljen na pritiskovni plošči.



*Slika 11.* Izvajanje testa CMJ.

V začetnem položaju merjenec stoji na stegnjenih nogah, roke so v boku, pogled usmerjen naprej. Gibanje je tekoče, kjer gre telo najprej v polčep, sledi eksploziven vertikalni odziv. Naročeno jim je bilo, naj skočijo čim višje, kjer naj bo prehod v fazo odziva čim krajši. Po štirih ogrevalnih skokih, je vsak merjenec opravil dva veljavna skoka.

### Mišična jakost iztegovalk komolca in upogibalk zapestja:



*Slika 12.* Območje gibanja komolčnega in zapestnega sklepa na izokinetičnem dinamometru (biodes multi – joint system – pro).

Meritve so potekale v sedečem položaju. Merjenci so izvedli pet maksimalnih koncentričnih kontrakcij za oba sklepa pri 60°/s. Izokinetični dinamometer je bil pripravljen po standardnih napotkih (biodex) (Slika 12). Izjema je bil prijem ročke pri merjenju navora iztegovalk komolčnega sklepa, kjer so zaradi čim boljše podobnosti vzorca gibanja z metom na koš, merjenci držali ročko v pronaciji zapestja (Slika 13).

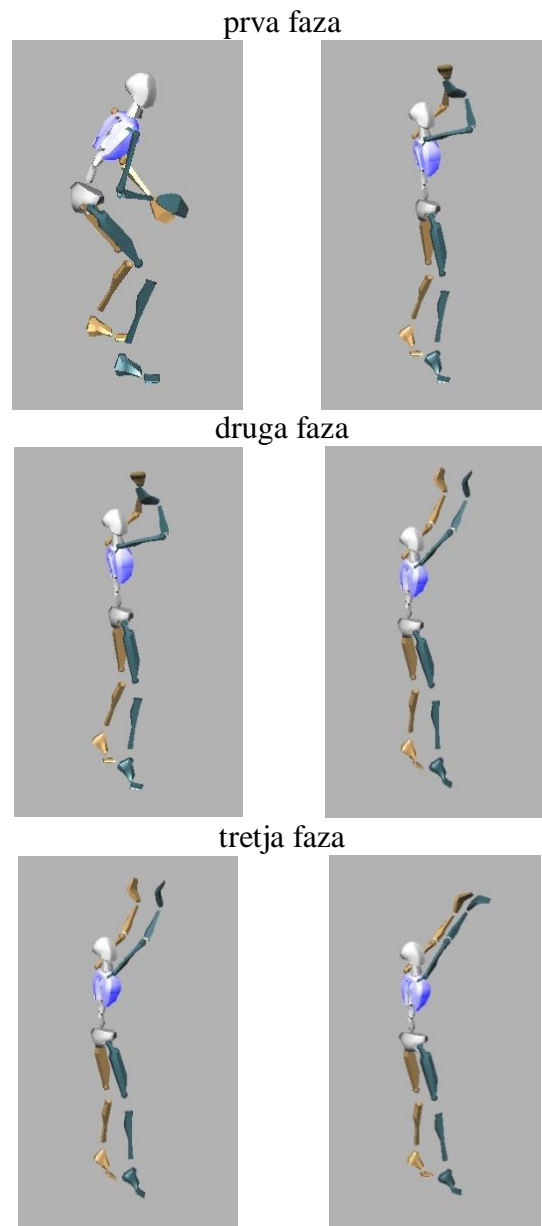


*Slika 13.* Priprava na meritve na izokinetičnem dinamometru.

## OBDELAVA PODATKOV

V analizo je bilo vključenih 370 zadetih metov. Od tega iz prve (najkrajše) razdalje 128, iz druge 129 in iz tretje 113. Ker MVN Studio (Xsense, Enschede, Netherlands) omogoča zgolj prikazovanje izmerjenih podatkov iz inercialne obleke MVN, smo za potrebe nadaljnje obdelave podatke prenesli v Excel (Microsoft, Redmond, ZDA) s pomočjo lastno razvitega programa Moven 2 Excell (Supej, 2012).

Met smo razdelili na 3 faze, ki se v večini skladajo s predhodnimi raziskavami (Hidrian, 2010; Lamb, Bartlett in Robins, 2010; Miller in Bartlett, 1996) in upoštevajo definicijo meta iz skoka (Official Basketball Rules 2012). Pri fazah je pomembno, da se lahko začetek in konec faze zanesljivo in točno določi, saj to zagotavlja ponovljivost analiz. Meti na koš iz skoka so si med seboj različni. Vsak posameznik ima svoj stil metanja, kjer lahko prihaja do velikih razlik med parametri. Tudi v starostni kategoriji članov (tudi pri vrhunskih košarkarjih), kjer imajo igralci že razvito mišično in skeletno strukturo, prihaja do takšnih razlik, da je težko določiti zakonitosti v kinematičnih parametrih. Razlike postanejo še večje, če pogledamo košarkarice (ženske) ali mlajše starostne kategorije (otroke). Zato smo se odločili za spodaj navedene faze, ki jih določa zunanji dejavnik in so značilne za vse merjence, ne glede na spol in starostno kategorijo.



*Slika 14.* Začetek in konec določene faze.

Prva faza traja od trenutka gibanja navzdol oz priključitve zadnje noge k stojni (če je merjenec pred metom premaknil nogo) do trenutka, ko obe nogi zapustita tla (odriv). Merjenci so vse mete iz vseh razdalj izvajali na isti način. Druga faza traja od odriva do izmeta, torej trenutka, ko žoga zapusti roko. Tretja faza traja od izmeta do trenutka, ko se obe nogi dotakneta tal (doskok) (Slika 14).

V MVN Studiu je globalni koordinatni sistem definiran kot desno sučni kartezični koordinatni sistem, kjer X os kaže proti severnemu magnetnemu polju, Y os proti zahodu in Z os pravokotno

na prejšnji dve (MVN User manual, 2010). Za lažje razumevanje rezultatov smo ga obrnili okrog Z osi tako, da je X kazal v smeri bočne črte (v smeri proti košu), Y pa v smeri čelne črte (enačba 1). To smo storili tako, da je merjenec hodil 20 m po bočni črti košarkarskega igrišča v smeri proti košu, na katerega so metali med meritvami. Nato je bila izvedene linearna regresija. Preko nje je bil izračunan kot zasuka koordinacijskega sistema (enačba 2 in 3).

$$\begin{aligned} X_{novi} &= -X * \cos(\varphi) + Y * \sin(\varphi) \\ Y_{novi} &= -X * \sin(\varphi) - Y * \cos(\varphi) \end{aligned} \quad (1)$$

$$X_n, Y_n = (X_k - X_z, Y_k - Y_z) \quad (2)$$

$$\tan \varphi = \frac{Y_n}{X_n} \quad (3)$$

Za izhodišče koordinatnega sistema smo določili stopalo leve noge v začetku prve faze (enačba 4). Tako smo dobili natančne podatke premikov, saj je bila postavitev leve noge pred izmetom natančno določena. Kljub temu, da smo imeli po telesnih značilnostih homogen vzorec, saj smo izbrali samo branilce, smo podatke po Z osi normalizirali v odstotkih telesne višine. To smo naredili z enačbo 5. Za lažji pregled časovnega poteka smo določili čas 0, ki je v trenutku izmeta. Tega smo določili preko video posnetka, katerega smo prenesli v kinematične podatke pridobljene iz obleke MVN.

$$\begin{aligned} X_{n\_premik} &= X_n - X_{pf\ stopalo} \\ Y_{n\_premik} &= Y_n - Y_{pf\ stopalo} \end{aligned} \quad (4)$$

pf ... začetek prve faze.

$$Z_{n\_novi} (\%) = \frac{Z_n}{TV * 100} \quad (5)$$

TV ... telesna višina merjenca

Zaradi potreb po primerjavi metov med seboj, so bili podatki interpolirani (enačba 6) tako, da se vsi meti od prve do zadnje točke vsake faze ujemajo po številu točk. Tako interpolirane faze vsakega meta smo združili v celoten met. Namen interpolacije je odprava časovne neenakosti trajanja metov tako znotraj merjenecv kot med merjenci. Število delov v vsaki fazi smo določili

na podlagi povprečja časov posameznih faz vseh merjencev. Prva faza tako traja 60%, druga 15% in tretja 25% časa meta. Za interpolacijo smo uporabili Cubic Spline funkcijo v Excelu s plug-in(om) SRS1 Cubic Spline for Excel.

$$X_{CS} = Cubis\_Spline(\text{čas1}_{zf}; \text{čas1}_{kf}; X_{zf}; X_{kf}; \text{čas2})$$

$$\text{čas2} = (\text{čas1}_{kf} - \text{čas1}_{zf})/N \quad (6)$$

zf ... začetek faze

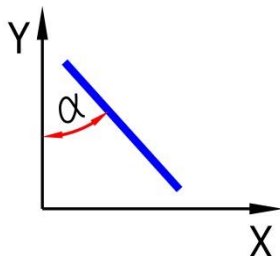
kf ... konec faze

N ... število vrstic v fazi

Kotna hitrost sklepov je bila izračunana iz kotov sklepov (enačba 7), ki so v stopinjah ( $^{\circ}$ ). Z enačbo 8 smo izračunali rotacijo kota ( $\alpha$ ) osi v ramenu in kolku v transverzalni ravnini. Kot  $\alpha$  predstavlja kot, ki je med ramensko (oziroma kolčno) osjo in Y osjo.

$$\omega = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t} \quad (7)$$

$$\tan \alpha = \frac{Y_L - Y_D}{X_L - X_D} \quad (8)$$



Slika 15. Kot  $\alpha$  glede na koordinatni sistem.

Pri opazovanju gibanja kotov v sklepih smo to opazovali samo v eni smeri in sicer pri večini opazovanih sklepov v smeri upogib/izteg. V ramenskem sklepu smo opazovali gibanje v smeri antefleksija/retroflexija ter pri zgornjem skočnem sklepu (ZSS) v smeri plantarna/dorzalna fleksija. Sklepi v programu MVN sledijo določilam določenim v International Society Biomechanics (ISB). Glede na nevtralni položaj (položaj N pri kalibraciji) predstavlja upogib pozitivne vrednosti, izteg negativne vrednosti. Pri ZSS oziroma pri ramenskem sklepu pozitivne vrednosti predstavlja dorzalna fleksija oziroma retroflexija, negativne vrednosti pa plantarna

fleksija oziroma antefleksija. Pri oprazovanju segmentov nam program MVN ne podaja točko težišča segmenta, temveč najbolj proksimalno točko segmenta.

## STATISTIČNA ANALIZA

Dobljene rezultate smo obdelali s programskim paketom SPSS (verzija 18) (IBM, Armonk, New York). Statistično značilne razlike med razdaljami (3.75 m, 5.25 m in 6.75 m od koša) smo preverjali z enosmerno analizo variance (ANOVA) za odvisne vzorce. Za preverjanje predpostavk o normalni porazdelitvi, homogenost variance in sferičnosti smo preverjali s Shapiro – Wilk – ovim, Levene – evim in Mauchly – evim testom. Če je bila predpostavka o sferičnosti kršena, smo uporabili Greenhouse – Geisser oziroma Huynh – Feldt metodo. Katero od metod smo uporabili je bilo odvisno od ocene sferičnosti ( $\epsilon$ ). Kadar je bila ta večja od 0.75 smo uporabili Huynh – Feldt metodo, kadar pa manjša od 0.75 pa Greenhouse – Geisser metodo. Kjer so bile razlike statistično značilne, smo za podrobnejšo analizo razlik med razdaljami uporabili Bonferronijev test mnogoterostnih primerjav, ki spada med post – hoc teste. Ta nam je podal jasne informacije, med katerimi razdaljami je prihajalo do statistično značilnih razlik. Statistična značilnost je bila preverjena z uporabo dvostranskega testa in je bila definirana s 5 – odstotno alfa napako.

Pri računanju povprečnih, maksimalnih in minimalnih vrednosti, so le te izračunane iz povprečja metov vsakega igralca. Primerjava določenih parametrov med levo in desno nogo ter rotacija med ramensko in kolčno osjo je bila testirana z dvosmernim t – testom za neodvisne vzorce. Zraven povprečja je prikazan standardni odklon (SD) med merjenci, medtem ko je SD, ki je prikazan v preglednicah in grafih samostojno, povprečna mera variabilnosti znotraj merjencev. Za grafični prikaz poteka celotnega meta so uporabljeni linijski grafikoni, za prikaz povezanosti med spremenljivkami pa razsevni grafikoni.

Kvadratna regresijska analiza (R) je bila uporabljena za ugotavljanje odnosa kotov v sklepu zapestje – komolec in komolec – rama izmetne roke v trenutku izmeta. Omenjena analiza je bila označena za primerno pri ugotavljanju medsegmentne koordinacije in je bila v preteklosti že uporabljena (Wilson idr., 2008). Še pomembneje, Robins (2013) je uporabil kvadratno regresijsko analizo neposredno pri metu na koš. Opazoval je odnos izmetnih kotov v sklepu zapestja, komolca in ramena. Za ugotavljanje povezanosti med spremenljivkami je bil uporabljen Pearsonov koeficient korelacije (r).

## 4 REZULTATI

### 4.1 Položaj težišča telesa

Premik CTT v smeri proti košu (smer X) se z oddaljenostjo povečuje (Preglednica 2). Skupen premik CTT proti košu pri metih iz različnih razdalj tako znaša od 28 do 32 cm, gledano od začetka meta do doskoka. V smeri Y je odmik v desno glede na stojno nogo (negativne vrednosti) v trenutku prve faze v povprečju največji pri tretji (najdaljši) razdalji. Najmanjši je pri drugi (srednji) razdalji, kjer so razlike statistično značilne. Že pri odzivu se pri tretji razdalji odmik CTT pomakne najbolj v levo, kar velja tudi ob izmetu. Pri doskoku odmiki znašajo od 9 do 11 cm v levo (glede na začetek). Višina CTT (smer Z) se v začetni fazi z oddaljenostjo povečuje, v naslednjih fazah pa zmanjšuje. V fazi izmeta je sicer razlika v višini CTT, če med seboj primerjamo mete iz vseh treh oddaljenosti, samo 0.8%. Časovno se čas pred izmetom z razdaljo meta skrajšuje, po izmetu pa podaljšuje.

#### Preglednica 2

*Položaj težišča telesa v trenutku začetka, odziva, izmeta in doskoka v vseh treh smereh (v smeri X in Y so prikazani premiki CTT glede na stopalo leve noge v začetku prve faze, v smeri Z so vrednosti podane v odstotkih telesne višine) ter časa, kdaj se določen trenutek pojavi glede na izmet*

		Smer X (m)	Smer Y (m)	Smer Z (%)	Čas (s)
	R	M±SD	M±SD	M±SD	M±SD
<b>Začetek</b>	<b>3.75</b>	-0.1±0.06 <sup>a</sup>	-0.12±0.06 <sup>a</sup>	58.56±2.39	-0.62±0.15
	<b>5.25</b>	<b>-0.09±0.07<sup>b</sup></b>	<b>-0.11±0.06<sup>b</sup></b>	58.87±2.89	-0.6±0.2
	<b>6.75</b>	<b>-0.07±0.07<sup>c</sup></b>	-0.13±0.06	59.07±2.73	-0.55±0.19 <sup>c</sup>
<b>Odriv</b>	<b>3.75</b>	<b>0.04±0.06<sup>a</sup></b>	<b>-0.09±0.03<sup>a</sup></b>	69.88±2.55	<b>-0.18±0.06<sup>a</sup></b>
	<b>5.25</b>	<b>0.08±0.06<sup>b</sup></b>	-0.07±0.04	69.73±2.65	<b>-0.13±0.05<sup>b</sup></b>
	<b>6.75</b>	<b>0.13±0.07<sup>c</sup></b>	<b>-0.06±0.04<sup>c</sup></b>	69.49±2.54	<b>-0.09±0.04<sup>c</sup></b>
<b>Izmet</b>	<b>3.75</b>	0.11±0.11	-0.03±0.05	73.24±4.33	0
	<b>5.25</b>	0.15±0.11	-0.03±0.05	73.06±3.83	0
	<b>6.75</b>	0.18±0.1	-0.02±0.05	72.45±3.49	0
<b>Doskok</b>	<b>3.75</b>	0.18±0.12	-0.01±0.05	66.93±2.56	<b>0.17±0.07<sup>a</sup></b>
	<b>5.25</b>	0.24±0.13	-0.02±0.05	66.48±2.76	<b>0.24±0.06<sup>b</sup></b>
	<b>6.75</b>	0.23±0.14	-0.02±0.08	66.01±2.66	<b>0.31±0.04<sup>c</sup></b>

*Legenda:* R – razdalje (m); M – povprečje; SD - standardni odklon; <sup>a</sup> – statistično značilne razlike med prvo in drugo razdaljo; <sup>b</sup> – statistično značilne razlike med drugo in tretjo razdaljo; <sup>c</sup> – statistično značilne razlike med prvo in tretjo razdaljo; odebeljeno – p < 0.01

Maksimalna, minimalna (Preglednica 3) in izmetna (Preglednica 2) višina CTT se z oddaljenostjo meta v povprečju znižujejo, vendar razlike niso statistično značilne. Razlika med absolutno (maksimalno) in relativno (izmetno) višino v CTT pri prvi razdalji znaša 1.4%, pri drugi razdalji 0.68%, pri tretji razdalji pa 0.92%. Če na primer vzamemo 185 cm visokega



igralca ta razlika znaša 2.6 cm pri prvi, 1.3 cm pri drugi in 1.7 cm pri tretji razdalji. Razlika je najmanjša pri drugi razdalji, kjer rezultati kažejo, da do izmeta pride v najvišji točki (Slika 16). Razlike med razdaljami so statistično značilne pri njihovih časih, kjer se čas najvišje in najnižje točke CTT z razdaljo zgodi bližje izmetu oziroma po izmetu. Kljub temu, da razlike v višini CTT med posameznimi razdaljami meta niso statistično značilne, pa lahko zasledimo statistično značilne razlike v časovnih spremenljivkah. Ugotovimo lahko, da pri metu iz najkrajše razdalje (3.75 m) CTT igralcev v povprečju doseže najvišjo točko 0.05 s pred izmetom, pri drugi razdalji (5.25 m) doseže CTT najvišjo točko hkrati z izmetom, pri metu iz največje razdalje (6.75 m) pa 0.03 s po izmetu. Podoben časovni trend lahko zasledimo tudi pri najnižji točki CTT, pri čemer CTT doseže najnižjo točko (višino) od 0.43 s (prva razdalja) do 0.34 s (tretja razdalja) pred izmetom.

### Preglednica 3

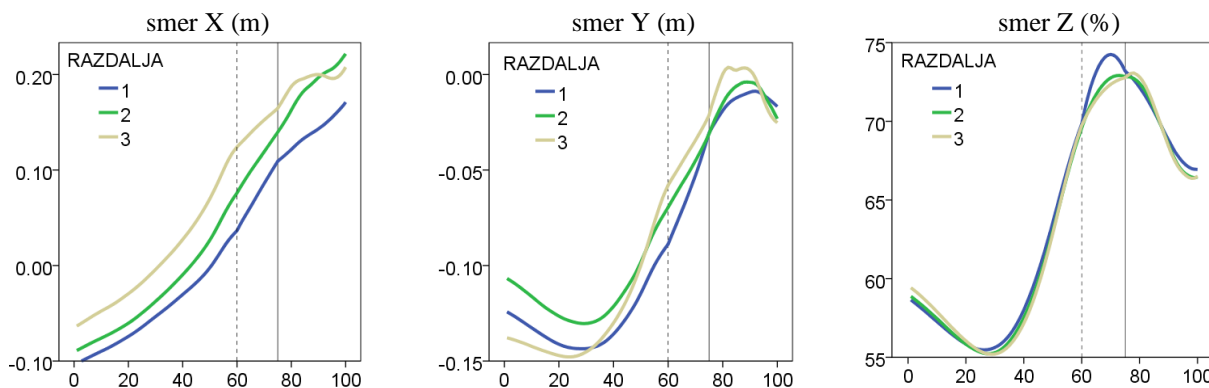
#### *Največje in najnižje vrednosti višine centralnega težišča telesa in njenega časa*

	CTT_Zmax (%)	Čas_max (s)	CTT_Zmin (%)	Čas_min (s)
<b>R</b>	<b>M±SD</b>	<b>M±SD</b>	<b>M±SD</b>	<b>M±SD</b>
<b>3.75</b>	74.64±4.03	<b>-0.05±0.05<sup>a</sup></b>	54.72±3.29	<b>-0.43±0.05<sup>a</sup></b>
<b>5.25</b>	73.75±3.73	<b>0.00±0.05<sup>b</sup></b>	54.45±3.63	<b>-0.39±0.05<sup>b</sup></b>
<b>6.75</b>	73.37±3.46	<b>0.03±0.04<sup>c</sup></b>	54.13±4.32	<b>-0.34±0.05<sup>c</sup></b>

*Legenda:* R – razdalje (m); CTT\_Zmax – maksimalna višina CTT; Čas\_max – kdaj je glede na izmet prišlo do maksimalne višine CTT; CTT\_Zmin – minimalna višina CTT; Čas\_min - kdaj je glede na izmet prišlo do minimalne višine CTT; M – povprečje; SD - standardni odklon; <sup>a</sup> – statistično značilne razlike med prvo in drugo razdaljo; <sup>b</sup> – statistično značilne razlike med drugo in tretjo razdaljo; <sup>c</sup> – statistično značilne razlike med prvo in tretjo razdaljo; odebeljeno –  $p < 0.01$

#### **4.1.1 Prikaz povprečij gibanja CTT med metom**

Premik proti košu (smer X) je največji pri metu iz tretje (najdaljše) razdalje skozi vse faze meta, šele pri doskoku pa največjo vrednost dosežejo meti iz druge (srednje) razdalje. V smeri Y je krivulja pri tretji razdalji najbolj strma. Začne se najnižje, že pred odzivom pa je najvišje glede na prvo in drugo razdaljo. Pri izmetu so razlike med razdaljami najmanjše, saj se črte na Sliki 16 ponovno zblížajo. Gibanje CTT v smeri Z nam pokaže, da se izmet glede na oddaljenost od koša zgodi v različni fazi leta (skoka). Do izmeta žoge pri prvi razdalji pride šele po tem, ko je CTT doseglo najvišjo točko in se njegova višina že zmanjšuje. Pri drugi razdalji lahko rečemo, da do izmeta pride približno takrat, ko CTT doseže najvišjo točko, medtem ko se pri tretji razdalji to zgodi pred dosego najvišje višine.



Slika 16. Grafični prikaz povprečnega gibanja težišča telesa (izhodišče je stopalo leve noge) v ciklu meta. Prekinjajoča črta na X osi predstavlja trenutek odziva, polna črta trenutek izmeta.

#### 4.1.2 Povezanost gibanja CTT z mišično jakostjo rok in odzivno močjo nog

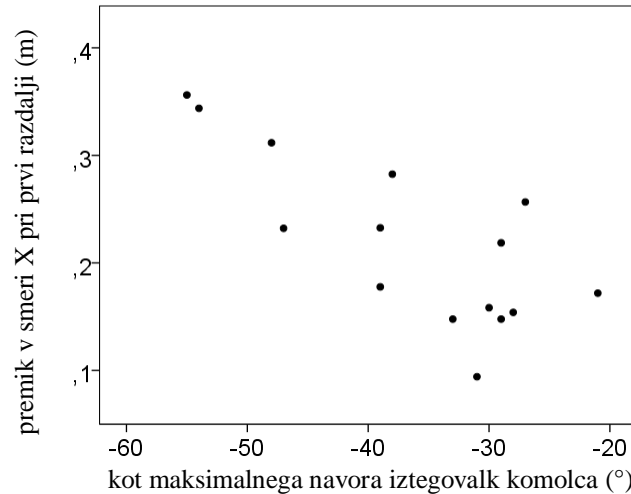
Maksimalni navor upogibalk zapestja je povezan s premiki CTT proti košu (v smeri X) pri prvi in drugi razdalji (Preglednica 4). Merjenci, ki imajo večji maksimalni navor in opravijo več skupnega dela z zapestnim sklepom, pri metu manj skačejo v smeri koša. Edina spremenljivka vezana na komolčni sklep, kjer se je pokazala povezanost z gibanjem CTT v trenutku izmeta, je kot maksimalnega navora iztegovalk komolčnega sklepa. Merjenci, ki so imeli kot maksimalnega navora pri večji iztegnitvi (Slika 17), so pri prvi in drugi razdalji manj skakali v smeri proti košu. Pri omenjeni spremenljivki je bila ugotovljena tudi povezanost s povprečnimi premiki v smeri Y v trenutku izmeta, vendar samo pri prvi razdalji ( $r_{3,75} = -0.564$ ). Povezanost je negativna, kar pomeni, da merjenci, ki dosežejo maksimalni navor pri večji iztegnitvi, pri izmetu manj skačejo v levo. Povezanosti med amplitudami CTT in maksimalnim navorom mišic iztegovalk komolčnega sklepa nismo ugotovili.

Preglednica 4

*Povezanost spremenljivk gibanja CTT v smeri X v trenutku izmeta in mišične jakosti rok*

	R	KE_A_PKTQ	ZF_PKTQ	ZF_PKTQ/BW	ZF_TW	ZF_WRK/BW
Premik v smeri X	3.75	<b>-0.767</b>	<b>-0.658</b>	<b>-0.651</b>	<b>-0.545</b>	<b>-0.546</b>
	5.25	<b>-0.669</b>	<b>-0.559</b>	-0.5	-0.508	-0.488
	6.75	-0.096	-0.370	-0.221	-0.397	-0.232

*Legenda:* KE\_A\_PKTQ – kot maksimalnega navora upogibalk komolčnega sklepa (°); ZF\_PKTQ – maksimalni navor upogibalk zapestnega sklepa (Nm); ZF\_PKTQ/BW – maksimalni navor upogibalk zapestnega sklepa glede na telesno težo (%); ZF\_TW – skupno delo upogibalk zapestnega sklepa (J); ZF\_TW/BW – delo upogibalk zapestnega sklepa glede na telesno težo (%); odebeljeno –  $p < 0.05$



Slika 17. Povezanost kota maksimalnega navora iztegovalk kopolca s povprečnimi premiki v smeri X pri izmetu pri prvi razdalji.

Odrivna moč nog ni povezana niti z absolutno (maksimalno) višino CTT, niti ne z relativno (izmetno) višino CTT. Prav tako nismo ugotovili povezanosti med odrivno močjo in razliko maksimalne in izmetne višine CTT.

## 4.2 Rotacija ramenske in kolčne osi

Na Sliki 15 je prikazano, kateri kot rotacije se opazuje. Rotacija v ramenski in kolčni osi že v samem začetku pri prvi razdalji znaša 22.3° oziroma 22.8° in se z razdaljo povečuje. Razlike med razdaljami so statistično značilno največje pri tretji razdalji tako pri ramenski kot pri kolčni osi (Preglednica 5). Pri opazovanju razlik med obema osema t – test za neodvisne vzorce ni pokazal statistično značilnih razlik.

## Preglednica 5

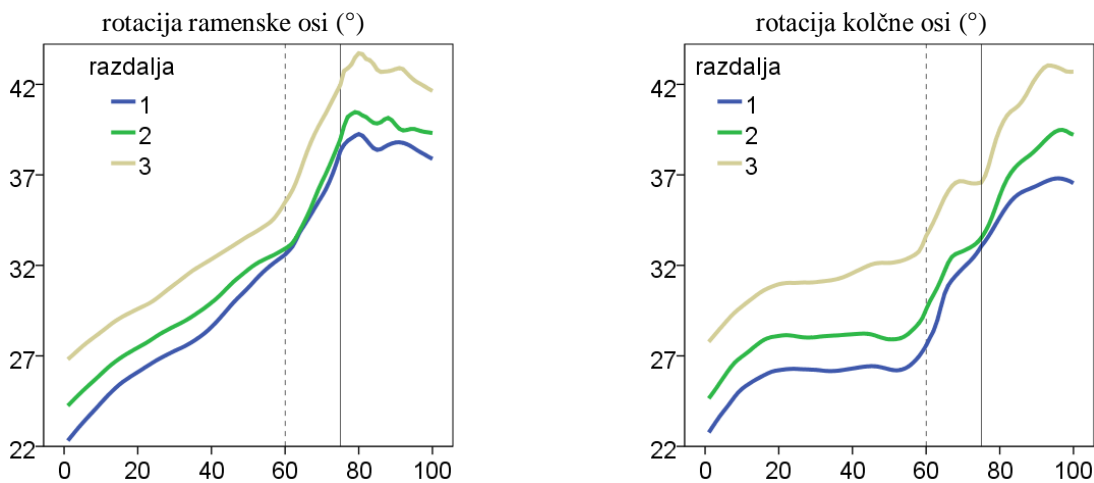
Rotacija ramenske in kolčne osi v trenutku začetka, odriva, izmeta in doskoka v transverzalni ravnini

	R	Ramenska os (°)	Kolčna os (°)
		M±SD	M±SD
Začetek	3.75	22.3±6.51	22.8±7.95
	5.25	24.2±6.62 <sup>b</sup>	24.6±7.82 <sup>b</sup>
	6.75	26.8±6.51 <sup>c</sup>	27.8±7.87 <sup>c</sup>
Odriv	3.75	32.6±9.64	27.6±7.22
	5.25	32.9±9.38 <sup>b</sup>	29.6±8.36 <sup>b</sup>
	6.75	35.5±9.62 <sup>c</sup>	33.6±7.76 <sup>c</sup>
Izmet	3.75	38.3±10.13	33.1±7.86
	5.25	39±10.21 <sup>b</sup>	33.5±8.49 <sup>b</sup>
	6.75	42±10.56 <sup>c</sup>	36.6±8.35 <sup>c</sup>
Doskok	3.75	37.9±9.47	36.5±8.05
	5.25	39.3±10.2	39.2±10.69
	6.75	41.6±10.89 <sup>c</sup>	42.7±10.71 <sup>c</sup>

Legenda: R – razdalje (m); M – povprečje; SD - standardni odklon; <sup>a</sup> – statistično značilne razlike med prvo in drugo razdaljo; <sup>b</sup> – statistično značilne razlike med drugo in tretjo razdaljo; <sup>c</sup> – statistično značilne razlike med prvo in tretjo razdaljo; odebeljeno –  $p < 0.01$

### 4.2.1 Prikaz povprečne rotacije ramenske in kolčne osi med metom

Na Sliki 18 je prikazana rotacija ramenske in kolčne osi tekom celotnega meta. Rotacija v pripravljalni fazi (pred odzivom) je pri kolčni osi podobna, medtem ko se v ramenski osi konstantno povečuje. V trenutku odziva je ta rotacija pri prvi in drugi razdalji enaka. Po odzivu sledi večja rotacija tako v ramenski kot v kolčni osi. Rotacija obeh osi je najmanjša pri prvi razdalji in največja pri tretji razdalji. Razlike se pojavijo od samega začetka in se v večini ohranjajo skozi celoten met.



Slika 18. Grafični prikaz povprečne rotacije ramenske in kolčne osi v ciklu meta. Prekinjajoča črta na X osi predstavlja trenutek odziva, polna črta trenutek izmeta.

## 4.2.2 Povezanost izmetne rotacije ramenske in kolčne osi z mišično jakostjo rok

Povezanost se je pokazala med rotacijo ramena iz druge razdalje pri izmetu in s kotom maksimalnega navora iztegovalk komolčnega sklepa ( $r_{5,25} = -0.547$ ). Merjenci, ki so imeli kot maksimalnega navora pri večji iztegnitvi so imeli ramensko os v transverzalni ravnini manj zarotirano. Z drugimi razdaljami se statistično značilne razlike niso pokazale.

## 4.3 Položaj izmetne roke

Z večanjem razdalje meta se v trenutku izmeta izmetna roka (dlan, podlaht in nadlaht) vse bolj približuje košu (Preglednica 6). Razlika med prvo in tretjo razdaljo je statistično značilna in pri dlani znaša 10 cm. V smeri Y pri vseh segmentih izmetne roke prihaja do statistično značilnih razlik glede na tretjo razdaljo. Pri slednji je glede na stojno/levo stopalo v začetni fazi največji odklik v levo. Distalni segmenti izmetne roke so v trenutku izmeta pozicionirani višje od proksimalnih. Izmetna višina se z razdaljo niža. Razlika med povprečno maksimalno (absolutno) višino CTT in izmetno (relativno) višino dlani znaša pri prvi razdalji  $43.28 \pm 6.29\%$ , pri drugi razdalji  $43.28 \pm 5.02\%$ , pri tretji razdalji pa  $42.16 \pm 5.52\%$ . Omenjene vrednosti se pri metih iz različnih razdalj statistično značilno ne razlikujejo.

### Preglednica 6

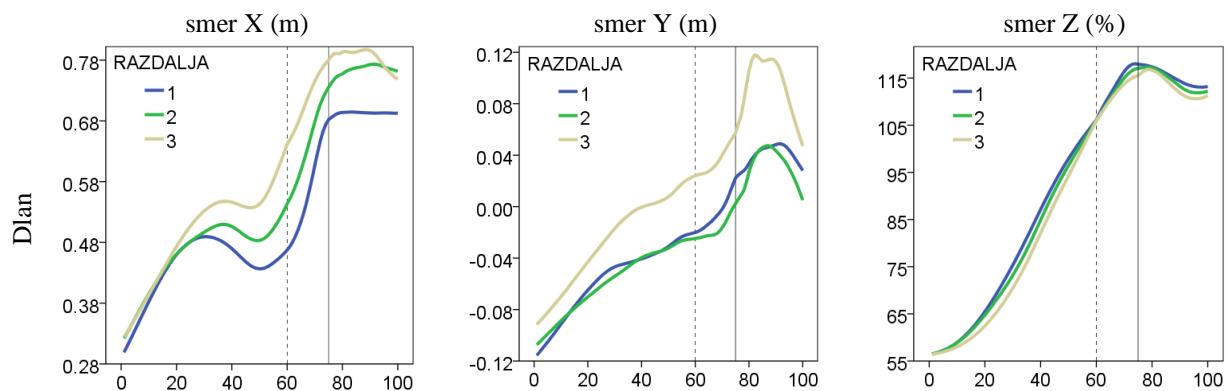
*Položaj izmetne (desne) roke v trenutku izmeta v vseh treh smereh (v smeri X in Y so prikazani premiki glede na stopalo leve noge v začetku prve faze, v smeri Z so vrednosti podane v odstotkih telesne višine)*

		Smer X (m)	Smer Y (m)	Smer Z (%)
	R	M±SD	M±SD	M±SD
Nadlaht	3.75	0.35±0.11	-0.1±0.08	94.47±4.42
	5.25	0.39±0.12	<b>-0.12±0.08<sup>b</sup></b>	94.14±3.94
	6.75	0.43±0.1 <sup>c</sup>	<b>-0.06±0.08<sup>c</sup></b>	93.32±3.84
Podlaht	3.75	0.54±0.13	-0.01±0.08	106.65±4.17
	5.25	0.59±0.12	<b>-0.03±0.08<sup>b</sup></b>	105.93±3.95
	6.75	0.63±0.1 <sup>c</sup>	<b>0.03±0.08<sup>c</sup></b>	104.86±4.49
Dlan	3.75	0.68±0.12 <sup>a</sup>	0.02±0.09	117.92±3.87
	5.25	0.73±0.13	<b>0.00±0.09<sup>b</sup></b>	117.03±3.81 <sup>b</sup>
	6.75	<b>0.78±0.11<sup>c</sup></b>	<b>0.06±0.1<sup>c</sup></b>	115.53±4.47 <sup>c</sup>

*Legenda:* R – razdalje (m); M – povprečje; SD - standardni odklon; <sup>a</sup> – statistično značilne razlike med prvo in drugo razdaljo; <sup>b</sup> – statistično značilne razlike med drugo in tretjo razdaljo; <sup>c</sup> – statistično značilne razlike med prvo in tretjo razdaljo; odebeljeno –  $p < 0.01$

### 4.3.1 Prikaz povprečij gibanja izmetne roke med metom

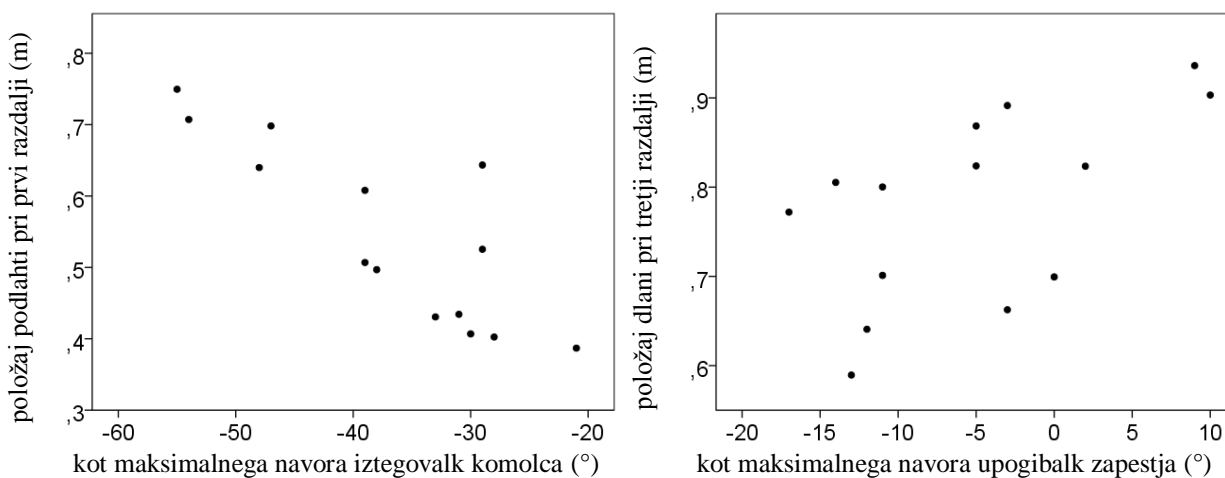
V drugi polovici pripravljalne faze meta se v smeri proti košu (smer X) začnejo kazati razlike glede na oddaljenost meta od koša. Z večanjem razdalje se večja premik (Slika 19). Tako velja vse do doskoka, kjer se premik pri tretji razdalji izzenači s premikom pri drugi razdalji. V smeri Y med prvo in drugo razdaljo ni večjih razlik, medtem ko je odklik v levo pri tretji razdalji občutno večji. Višina dlani (smer Z) je tekom celotnega meta najvišja pri prvi razdalji. Kljub temu, da razlike na prvi pogled delujejo minimalne, so te zaradi majhnega standardnega odklona očitne. To dokazujejo tudi statistično značilne razlike med razdaljami pri izmetu (Preglednica 6). Zelo podoben trend gibanja se je pokazal tudi pri podlahti in nadlahti.



Slika 19. Povprečje gibanja desne dlani v smeri X, Y in Z v ciklu meta. Prekinjajoča črta na X osi predstavlja trenutek odziva, polna črta trenutek izmeta.

### 4.3.2 Povezanost položaja izmetne roke v trenutku izmeta z mišično jakostjo rok

Z vsemi spremenljivkami položaja izmetne roke v trenutku izmeta se je pokazal enak trend povezanosti in sicer s kotom maksimalnega navora iztegovalk komolčnega sklepa in kotom maksimalnega navora upogibalk zapestnega sklepa. S kotom maksimalnega navora iztegovalk komolčnega sklepa so povezani povprečni premiki v smeri X iz vseh treh razdalj tako pri dlani, podlahti in nadlahti. Pearsonov koeficient korelacije pri podlahti pri metu iz prve razdalje znaša -0.834, iz druge razdalje -0.826, iz tretje razdalje pa -0.707. S premiki v smeri proti košu (smer X) se je pokazala povezanost tudi s kotom maksimalnega navora upogibalk zapestnega sklepa, vendar le pri metih iz največje razdalje. Povezanost se je pokazala tako pri dlani ( $r = 0.574$ ), podlahti ( $r = 0.564$ ) in nadlahti ( $r = 0.569$ ). Z najkrajšo razdaljo meta se je kot maksimalnega navora iztegovalk komolčnega sklepa povezoval tudi s povprečnimi odkliki v smeri Y. Ta pri dlani znaša -0.592, pri podlahti -0.618 in pri nadlahti -0.679.



Slika 20. Povezanost položaja izmetne roke izbranih segmentov v trenutku izmeta in mišične jakostji rok.

Pri tistih relacijah, ki niso prikazane z razsevnim grafikonom, je prihajalo do zelo podobnih trendov, kot je prikazano na Sliki 20. Merjenci, ki so imeli kot maksimalnega navora iztegovalk komolčnega sklepa pri večjemu upogibu, so pri razdaljah, kjer je prihajalo do korelacij, imeli izmetno roko v trenutku izmeta bližje košu. Maksimalni navor upogibalk zapestnega sklepa se je povezoval s premiki v smeri X pri tretji razdalji. Tisti, ki so imeli kot maksimalnega navora pri upogibu zapestja v večjem upogibu, imajo v trenutku izmeta roko bližje košu.

#### 4.4 Koti v sklepih

Izmet je izveden, ko je ramenski sklep v položaju antefleksije, komolčni sklep v rahlem upogibu in zapestje v iztegu. V trenutku izmeta so koti izmetne roke ne glede na razdaljo meta gibljejo okoli istih vrednosti (Preglednica 7). Pri nobenem sklepu nismo ugotovili statistično značilnih razlik med razdaljami. So se pa v komolčnem sklepu med razdaljami pokazale razlike v kotu, kjer kotne hitrosti dosežejo najvišje vrednosti. Tu je pri prvi razdalji kot z največjo kotno hitrostjo pri večjem upogibu.

Preglednica 7

*Povprečni koti in njihovi standardni odkloni v sklepih izmetne roke (upogib/izteg) v trenutku izmeta ter kota, pri katerem je kotna hitrost maksimalna*

	Ramenski sklep		Komolčni sklep	Zapestni sklep
	R	M±SD	M±SD	M±SD
Koti (°)	3.75	-125.4±15.26	3.7±13.28	-8.1±16.26
	5.25	-124.5±16.55	4.2±15.02	-11.1±15.91
	6.75	-125.4±16.82	2.4±17.7	-10.4±19.63
Kot max kh (°)	3.75	-105.7±24.81	<b>35.7±11.52<sup>a</sup></b>	-2.6±17.48
	5.25	-112.1±17.71	29.6±14.64	-0.3±17.78
	6.75	-111.6±17.21	<b>28.8±14.84<sup>c</sup></b>	-0.7±14.79

*Legenda:* R – razdalje (m); M – povprečje; SD - standardni odklon; <sup>a</sup> – statistično značilne razlike med prvo in drugo razdaljo; <sup>b</sup> – statistično značilne razlike med drugo in tretjo razdaljo; <sup>c</sup> – statistično značilne razlike med prvo in tretjo razdaljo; kot max kh – kot, pri katerem je kotna hitrost maksimalna; odebeljeno – p < 0.01

V Preglednici 8 je prikazan maksimalni upogib v kolčnem in kolenskem sklepu ter upogib (dorzalna fleksija) v zgornjem skočnem sklepu. Vidimo, da glede na čas, do statistično značilnih razlik med posameznimi razdaljami metov prihaja pri vseh spremenljivkah. Maksimalni koti v sklepih se z večanjem razdalje pojavijo bližje izmeta in se z razdaljo tudi povečujejo, izjema je gleženj leve noge. Koti v levem kolenskem sklepu in levem zgornjem skočnem sklepu dosegajo višje vrednosti glede na desna sklepa. Razlike v doseganju maksimalnih vrednosti med levo in desno nogo niso statistično značilne v nobenem sklepu niti ne v njihovih časih.

Preglednica 8

*Povprečne maksimalne vrednosti kotov v sklepih spodnjih okončin in čas, kdaj so se pojavili*

	R	Kolčni sklep		Kolenski sklep	ZSS
		M±SD	M±SD	M±SD	M±SD
Maksimalni kot (°)	3.75	Leva	42.7±11.73	77.7±10.89	27.4±7.39 <sup>a</sup>
		Desna	42.4±11.54	75.6±11.49	25.2±8.3
	5.25	Leva	43.3±11.81	79.4±12.47	28.6±7.59
		Desna	43.5±10.63	77.6±12.72	26.1±9.06 <sup>b</sup>
	6.75	Leva	44.3±13.58	80.1±14.28	28.5±7.73
		Desna	45.4±10.89	78±14.48	26.8±9.3 <sup>c</sup>
Čas (s)	3.75	Leva	<b>-0.51±0.06<sup>a</sup></b>	<b>-0.39±0.05<sup>a</sup></b>	<b>-0.41±0.06<sup>a</sup></b>
		Desna	<b>-0.53±0.06<sup>a</sup></b>	<b>-0.4±0.05<sup>a</sup></b>	<b>-0.42±0.08<sup>a</sup></b>
	5.25	Leva	<b>-0.45±0.07<sup>b</sup></b>	<b>-0.34±0.04<sup>b</sup></b>	<b>-0.37±0.08<sup>b</sup></b>
		Desna	<b>-0.48±0.06<sup>b</sup></b>	<b>-0.36±0.04<sup>b</sup></b>	<b>-0.37±0.08<sup>b</sup></b>
	6.75	Leva	<b>-0.4±0.06<sup>c</sup></b>	<b>-0.3±0.04<sup>c</sup></b>	<b>-0.32±0.08<sup>c</sup></b>
		Desna	<b>-0.43±0.06<sup>c</sup></b>	<b>-0.32±0.04<sup>c</sup></b>	<b>-0.34±0.09<sup>c</sup></b>

*Legenda:* R – razdalje (m); M – povprečje; SD - standardni odklon; <sup>a</sup> – statistično značilne razlike med prvo in drugo razdaljo; <sup>b</sup> – statistično značilne razlike med drugo in tretjo razdaljo; <sup>c</sup> – statistično značilne razlike med prvo in tretjo razdaljo; ZSS – zgornji skočni sklep; odebeljeno – p < 0.01

Kot v sklepu, pri katerem se pojavi maksimalna kotna hitrost pri metu na koš (Preglednica 9) se v kolčnem in kolenskem sklepu z razdaljo večja. Največje razlike so v kolenskem sklepu, kjer so se tudi pokazale statistično značilne razlike. Pri kolčnem in kolenskem sklepu je kot, pri katerem



se pojavi maksimalna kotna hitrost pri levi nogi višji kot pri desni. Pri ZSS so te vrednosti v plantarni fleksiji in so si podobne ne glede na razdaljo oziroma levo ali desno nogo.

#### Preglednica 9

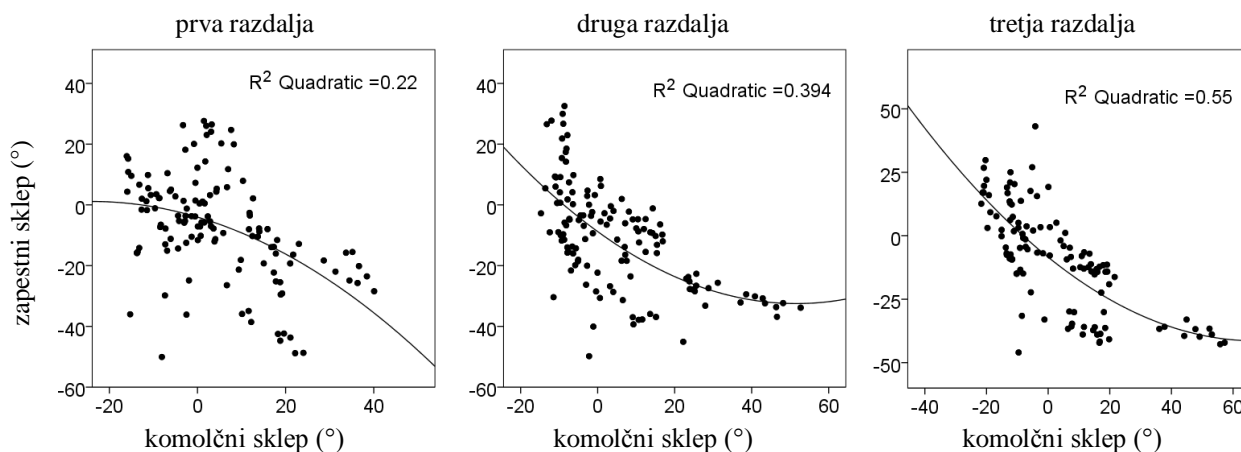
*Kot, pri katerem je kotna hitrost maksimalna v sklepih spodnjih okončin*

		Kot max kh (°)		
		3.75	5.25	6.75
Noga		M±SD	M±SD	M±SD
<b>Kolčni sklep</b>	Leva	11.7±10.9	12.6±12.07	13.3±12.74
	Desna	8.3±11.26	9.8±11.43	11.3±11.92
<b>Kolenski sklep</b>	Leva	<b>36.5±11.2<sup>a</sup></b>	41.5±12.56	<b>44.7±13.13<sup>c</sup></b>
	Desna	<b>33.4±13.26<sup>a</sup></b>	36.8±15.72	38.6±16.53
<b>ZSS</b>	Leva	-11.1±6.11	-10.5±5.34	-10.4±5.55
	Desna	-10.9±5.66	-10.7±6.48	-11.4±5.4

*Legenda:* M – povprečje; SD - standardni odklon; <sup>a</sup> – statistično značilne razlike med prvo in drugo razdaljo; <sup>b</sup> – statistično značilne razlike med drugo in tretjo razdaljo; <sup>c</sup> – statistično značilne razlike med prvo in tretjo razdaljo; ZSS – zgornji skočni sklep; kot max kh – kot, pri katerem je kotna hitrost maksimalna; odebeljeno –  $p < 0.01$

#### 4.4.1 Odvisnost kotov v sklepih izmetne roke v trenutku izmeta

Kvadratna regresijska analiza v trenutku izmeta med komolčnim in zapestnim sklepom (smer upogib – izteg) je pokazala, da se odvisnost obeh spremenljivk z razdaljo veča (Slika 21). Pri najmanjši oddaljenosti meta znaša  $R = 0.455$ , pri največji pa  $R = 0.724$ ,  $p < 0.001$ . Odvisnost v odnosu ramenski – komolčni sklep je bistveno nižja in ni statistično značilna pri nobeni oddaljenosti meta ( $R^2_{3.75} = 0.125$ ;  $R^2_{5.25} = 0.209$ ;  $R^2_{6.75} = 0.111$ ).



Slika 21. Odvisnost komolečnega in zapestnega sklepa izmetne roke v trenutku izmeta.

#### 4.4.2 Povezanost kotov v sklepih z mišično jakostjo rok in odzivno močjo nog

Rezultati niso pokazali povezanosti med maksimalnimi koti v sklepih spodnjih okončin pri metu na koš ter navorom mišic iztegovalk komolca. Odzivna moč nog ne korelira niti z maksimalnimi koti spodnjih okončin kot tudi ne z izmetnimi koti v sklepih izmetne roke.

Kot, pri katerem se zgodijo maksimalne kotne hitrosti komolčnega in zapestnega sklepa pri metu na koš ni povezan s spremenljivkami, pridobljenimi s pomočjo izokinetičnega dinamometra. Tu je bila mišljena predvsem povezava s kotom, kjer prihaja do maksimalnega navora iztegovalk komolca in upogibalk zapestja. Prav tako nismo ugotovili povezanosti med izmetnim kotom določenega segmenta izmetne roke in kotom maksimalne kotne hitrosti pri metu na koš tega istega segmenta.

#### 4.5 Kotne hitrosti sklepov

V Preglednici 10 so prikazane izmetne in maksimalne kotne hitrosti, ter čas, kdaj se glede na izmetne maksimalne vrednosti pojavijo. Maksimalne kotne hitrosti komolčnega in ramenskega sklepa se z večanjem razdalje povečujejo, prav tako izmetne kotne hitrosti. Slednje velja tudi za zapestje, s tem da so izmetne vrednosti pri drugi (srednji) razdalji višje kot pri tretji (največji) razdalji. Maksimalna kotna hitrost se z večanjem razdalje tekom meta pojavi vse kasneje glede na začetek meta.

Preglednica 10

*Kotne hitrost izmetne (desne) roke (v smeri upogib/izteg) v trenutku izmeta, v trenutku maksimalne kotne hitrosti in časa maksimalne kotne hitrosti*

	R	IKH (°/s)	MKH (°/s)	ČMKH (s)
<b>Ramenski sklep</b>	3.75	233.3±88.72	<b>443.2±78.92<sup>a</sup></b>	-0.11±0.13
	5.25	288.6±128.61	<b>566.6±118.03<sup>b</sup></b>	-0.03±0.02
	6.75	305.1±203.44	<b>718.6±174.26<sup>c</sup></b>	-0.02±0.02
<b>Komolčni sklep</b>	3.75	541.4±235.21	<b>923.4±86.45<sup>a</sup></b>	<b>-0.04±0.02<sup>a</sup></b>
	5.25	706.1±309.42	<b>1063.4±123.9<sup>b</sup></b>	-0.03±0.02
	6.75	715.7±372.34	<b>1212.4±158.82<sup>c</sup></b>	<b>-0.03±0.02<sup>c</sup></b>
<b>Zapestni sklep</b>	3.75	1157.1±349.02	1528.3±383.25	0.00±0.02
	5.25	1217.4±328.11	1690.1±586.66	0.00±0.02
	6.75	1204.6±371.87	1731.4±658.59	0.01±0.02

*Legenda:* R – razdalje (m); M – povprečje; SD - standardni odklon; <sup>a</sup> – statistično značilne razlike med prvo in drugo razdaljo; <sup>b</sup> – statistično značilne razlike med drugo in tretjo razdaljo; <sup>c</sup> – statistično značilne razlike med prvo in tretjo razdaljo; IKH – izmetna kotna hitrost; MKH – maksimalna kotna hitrost; ČMKH – čas maksimalne kotne hitrosti; odebeljeno –  $p < 0.01$

Pri odzivni kotni hitrost spodnjih okončin (Preglednica 11) prihaja do razlik med levo in desno nogo. Pri kolenskem in zgornjem skočnem sklepu so hitrosti višje pri levi nogi medtem ko so kotne hitrosti v MF sklepu višje pri desnem stopalu. Do razlik med razdaljami metov prihaja v kolenskem sklepu in levemu kolčnem sklepu, kjer so odzivne kotne hitrosti statistično značilno višje pri prvi razdalji. Maksimalne kotne hitrosti so praviloma med prvo in drugo razdaljo podobne, se pa pri tretji razdalji povečajo. Te se z večanjem razdalje meta tekom meta pojavijo kasneje (bližje izmetu) in se statistično značilno razlikujejo glede na oddaljenost meta od koša. Pri maksimalnih vrednostih ter pri času, kdaj se glede na izmet maksimalne vrednosti pojavijo, med levo in desno nogo ni statistično značilnih razlik.

#### Preglednica 11

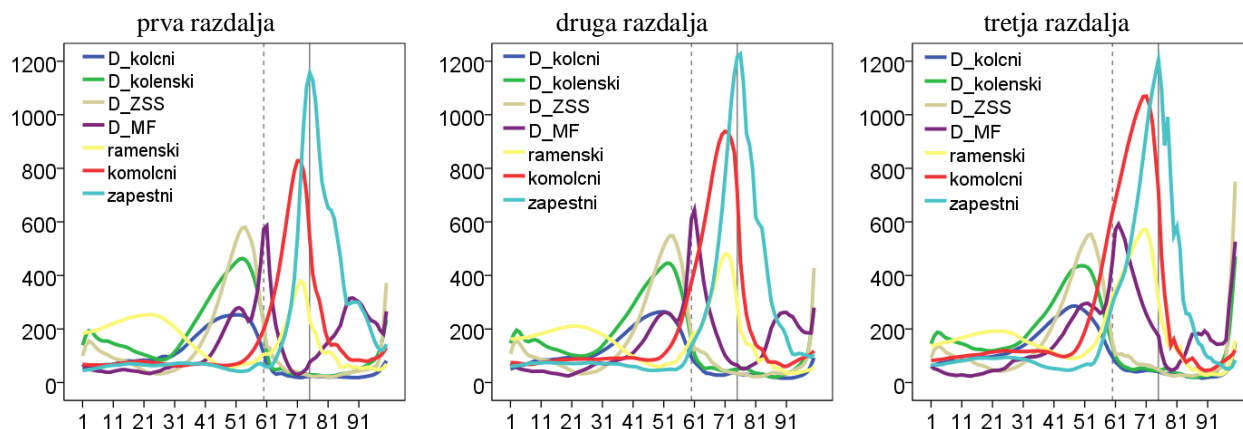
*Kotne hitrosti spodnjih okončin v trenutku odriva, maksimalne kotne hitrosti in časa maksimalne kotne hitrosti*

	R	OKH (°/s)	MKH (°/s)	ČMKH (s)
<b>Desni kolčni sklep</b>	3.75	109.3±75.14	290±75.96	<b>-0.25±0.05<sup>a</sup></b>
	5.25	94.1±46.74	<b>297.6±66.15<sup>b</sup></b>	-0.21±0.05 <sup>b</sup>
	6.75	96.4±50.63	335.7±60.84 <sup>c</sup>	<b>-0.19±0.03<sup>c</sup></b>
<b>Levi kolčni sklep</b>	3.75	<b>123.1±70.89<sup>a</sup></b>	290.4±74.89	<b>-0.25±0.05<sup>a</sup></b>
	5.25	90.9±53.64	<b>292.4±61.38<sup>b</sup></b>	<b>-0.2±0.04<sup>b</sup></b>
	6.75	88.4±59.46	332.9±62.38 <sup>c</sup>	<b>-0.17±0.03<sup>c</sup></b>
<b>Desni kolenski sklep</b>	3.75	<b>225.3±102.45<sup>a1</sup></b>	486.1±96.1	<b>-0.26±0.08<sup>a</sup></b>
	5.25	<b>161.4±84.59<sup>1</sup></b>	478.5±96.01	-0.21±0.06
	6.75	137.6±88.29 <sup>c</sup>	500.8±82.25	<b>-0.18±0.05<sup>c</sup></b>
<b>Levi kolenski sklep</b>	3.75	<b>310±78.89<sup>a1</sup></b>	472.4±96.12	<b>-0.24±0.05<sup>a</sup></b>
	5.25	<b>241.7±65.66<sup>1</sup></b>	462.8±100.07	<b>-0.19±0.04<sup>b</sup></b>
	6.75	<b>194.5±95.83<sup>c</sup></b>	482.2±78.52	<b>-0.16±0.03<sup>c</sup></b>
<b>Desni ZSS</b>	3.75	<b>213.8±77.58<sup>1</sup></b>	636.1±138.95	<b>-0.23±0.05<sup>a</sup></b>
	5.25	<b>178.8±104.31<sup>1</sup></b>	<b>638.5±157.56<sup>b</sup></b>	<b>-0.18±0.05<sup>b</sup></b>
	6.75	<b>149.9±94.79<sup>1</sup></b>	696.2±128.02 <sup>c</sup>	<b>-0.15±0.04<sup>c</sup></b>
<b>Levi ZSS</b>	3.75	<b>364.8±131.28<sup>1</sup></b>	654.7±131.67	<b>-0.22±0.06<sup>a</sup></b>
	5.25	<b>342.4±114.43<sup>1</sup></b>	662.8±148.7	<b>-0.16±0.05<sup>b</sup></b>
	6.75	<b>335.7±119.6<sup>1</sup></b>	694.6±114.13	<b>-0.13±0.04<sup>c</sup></b>
<b>Desni MF sklep</b>	3.75	<b>572.4±325.47<sup>1</sup></b>	870.5±304.58	-0.17±0.06 <sup>a</sup>
	5.25	<b>611.7±358.97<sup>1</sup></b>	855±331.66	<b>-0.13±0.05<sup>b</sup></b>
	6.75	<b>452.5±316.28<sup>1</sup></b>	856.6±332.33	<b>-0.08±0.05<sup>c</sup></b>
<b>Levi MF sklep</b>	3.75	<b>173.5±105.69<sup>1</sup></b>	991.1±246.87	<b>-0.16±0.06<sup>a</sup></b>
	5.25	<b>136.4±84.57<sup>1</sup></b>	1006.4±273.33	<b>-0.1±0.05<sup>b</sup></b>
	6.75	<b>178.9±148.24<sup>1</sup></b>	970.5±300.82	<b>-0.07±0.05<sup>c</sup></b>

*Legenda:* R – razdalje (m); M – povprečje; SD - standardni odklon; <sup>a</sup> – statistično značilne razlike med prvo in drugo razdaljo; <sup>b</sup> – statistično značilne razlike med drugo in tretjo razdaljo; <sup>c</sup> – statistično značilne razlike med prvo in tretjo razdaljo; <sup>1</sup> – statistično značilne razlike med levo in desno nogo; MF sklep – metatarzofalangealni sklepi; ZSS – zgornji skočni sklep; OKH – odzivna kotna hitrost; MKH – maksimalna kotna hitrost, ČMKH – čas maksimalne kotne hitrost; odebeltano – p < 0.01

Iz Slike 22 je razvidno, kdaj se tekom meta pojavijo maksimalne kotne hitrosti v sklepih desne noge (kolčni sklep, kolenski sklep, ZSS in MF sklep) ter izmetne roke (ramenski, komolčni in zapestni sklep). Maksimalne kotne hitrosti zapestnega sklepa so približno enake, medtem ko se

kotne hitrosti ramenskega in komolčnega sklepa statistično značilno povečajo. Časovno si pri metu iz najkrajše razdalje vrhovi sledijo v zaporedju ramenski, komolčni, zapestni sklep, medtem ko se pri metu iz druge razdalje vrha pri ramenskem in komolčnem sklepu zgodita skoraj istočasno. Pri metu iz največje razdalje se vrh komolčnega sklepa pojavi pred vrhom ramenskega sklepa. Pri sklepih desne noge je trend ravno nasproten, saj se pri najkrajši in srednji razdalji meta maksimalne vrednosti kolenskega in kolčnega sklepa zgodita skoraj istočasno, medtem ko je pri tretji razdalji sosledje sklepov v zaporedju kolčni, kolenski, ZSS, MF sklep.



Slika 22. Prikaz maksimalnih kotnih hitrosti sklepov ( $^{\circ}/s$ ) v ciklu meta. Prekinjajoča črta na X osi predstavlja trenutek odriva, polna črta trenutek izmeta.

Razmerja maksimalnih kotnih hitrosti izmetne roke se z večanjem razdalje meta spreminjajo. Pri prvi razdalji razmerje ramenski : komolčni : zapestni sklep znaša 1 : 2.14 : 3.52, pri drugi razdalji znaša 1 : 1.94 : 3.06, pri tretji pa 1 : 1.75 : 2.53. Tako se vrednosti kotnih hitrosti distalnih sklepov (komolčni in zapestni sklep) glede na proksimalne (ramenski sklep) znižujejo. Razlike med razdaljami so statistično značilne tako med razmerjem komolec : rama ( $p < 0.017$ ) kot tudi med razmerjem zapestje : rama ( $p < 0.024$ ). Nižajo se tudi razmerja maksimalnih kotnih hitrosti v sklepih desne noge.

#### 4.5.1 Povezanost maksimalnih in izmetnih kotnih hitrosti z mišično jakostjo rok in odzivno močjo nog

Ugotovimo lahko povezanost med maksimalno kotno hitrostjo zapestnega sklepa in višino skoka iz pritiskovne plošče ( $r_{3.75} = -0.597$ ;  $r_{5.25} = -0.546$ ;  $r_{6.75} = -0.595$ ). Povezanost je negativna kar pomeni, da tisti, ki skočijo višje imajo nižjo maksimalno kotno hitrost pri vseh treh razdaljah. Pri vseh ostalih sklepih izmetne roke se pri maksimalnih kotnih hitrosti ni pokazala povezanost z drugimi spremenljivkami mišične jakosti rok in spremenljivkami odzivne moči nog. Prav tako se

ni pokazala kakršnakoli povezanost med izmetno kotno hitrostjo sklepov in spremenljivkami pridobljenimi iz pritiskovne plošče, niti s spremenljivkami pridobljenimi z izokinetičnim dinamometrom.

## 4.6 Hitrost zgornjih in spodnjih okončin

V Preglednici 12 je skupaj prikazana izmetna hitrost dlani in odzivna hitrost levega in desnega stopala. Izmetna hitrost dlani v smeri Z je statistično značilno različna med razdaljami. Pri prvi razdalji je ta negativna, nato pa se z večanjem razdalje povečuje. Izmetna hitrost dlani in odzivna hitrost stopala v smeri proti košu je najvišja pri drugi razdalji, v smeri Y pa je ta hitrost najvišja pri tretji razdalji. Razlike obstajajo med levo in desno nogo in sicer so te statistično značilne v smeri proti košu pri prvi razdalji ter v smeri Z pri drugi razdalji.

Preglednica 12

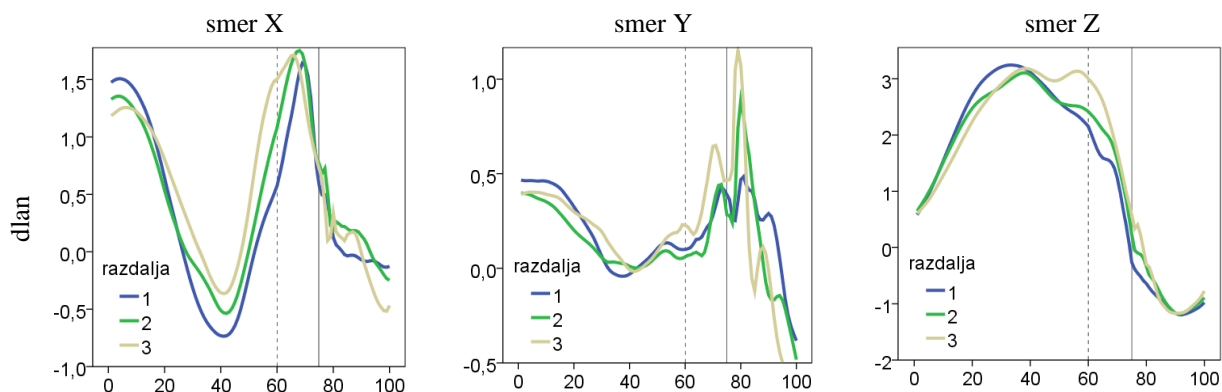
*Izmetna hitrost dlani in odzivna hitrost stopala v vseh treh smereh*

	R	Smer X (ms <sup>-1</sup> )	Smer Y (ms <sup>-1</sup> )	Smer Z (ms <sup>-1</sup> )
		M±SD	M±SD	M±SD
<b>dlan</b>	3.75	0.57±0.58	0.39±0.43	<b>-0.27±0.72<sup>a</sup></b>
	5.25	0.76±0.73	0.28±0.45	0.23±0.75 <sup>b</sup>
	6.75	0.72±0.97	0.46±0.57	<b>0.58±0.89<sup>c</sup></b>
<b>D stopalo</b>	3.75	1.21±0.51	0.41±0.36	1.46±0.5
	5.25	1.34±0.5	0.49±0.41	1.38±0.43 <sup>1</sup>
	6.75	1.27±0.54	0.68±0.39	1.15±0.47
<b>L stopalo</b>	3.75	<b>1.1±0.31<sup>a</sup></b>	0.89±0.4	1.14±0.32
	5.25	1.26±0.37	0.78±0.46	1.03±0.28 <sup>1</sup>
	6.75	1.16±0.44	0.9±0.49	1.07±0.26

*Legenda:* R – razdalje (m); M – povprečje; SD - standardni odklon; <sup>a</sup> – statistično značilne razlike med prvo in drugo razdaljo; <sup>b</sup> – statistično značilne razlike med drugo in tretjo razdaljo; <sup>c</sup> – statistično značilne razlike med prvo in tretjo razdaljo; <sup>1</sup> – statistično značilne razlike med levo in desno nogo; odebeljeno – p < 0.01

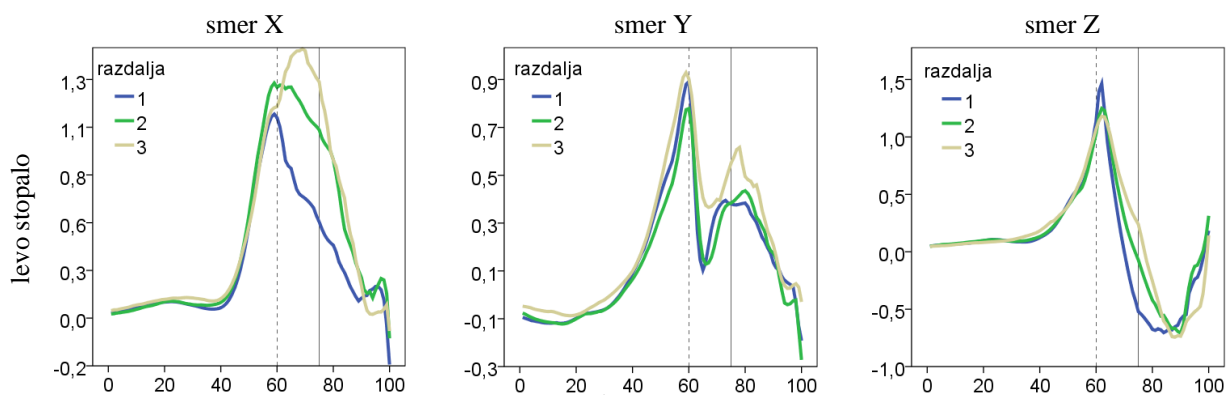
### 4.6.1 Prikaz povprečnih hitrosti med metom

Horizontalna hitrost dlani (smer X) je kmalu po začetku in vse do odziva najvišja pri tretji razdalji (Slika 23). V času počepa je hitrost pri vseh razdaljah negativna, kar pomeni da se dlan v tem obdobju giblje stran od koša. V smeri Y je hitrost med odzivom in maksimalnimi vrednostmi najvišja pri tretji razdalji. To gibanje je pri vseh razdaljah sunkovito. Največje razlike v vertikalni hitrosti (smer Z) med razdaljami so v času odziva, kjer je hitrost najvišja pri tretji razdalji. Hitrost po odzivu se zmanjšuje in gre po izmetu pri vseh razdaljah v negativne vrednosti.



Slika 23. Potek povprečne hitrosti dlani ( $\text{ms}^{-1}$ ) v smeri X, Y in Z v ciklu meta. Prekinjajoča črta na X osi predstavlja trenutek odriva, polna črta trenutek izmeta.

Horizontalna hitrost (smer X) levega stopala se po odrivu z večanjem razdalje od koša povečuje (Slika 24). Maksimalna vertikalna hitrost (smer Z), ki je dosežena malo po odrivu, se z razdaljo niža, medtem ko je v trenutku izmeta ravno obratno. Torej izmetna vertikalna hitrost je najvišja pri tretji razdalji in najmanjša pri prvi razdalji. Tekom celotnega meta je hitrost v smeri Y najvišja pri tretji razdalji. Pri vseh razdaljah zasledimo dva vrha hitrosti, ki se zgodita pri odrivu in izmetu. Razlika je največja po odrivu, kjer se hitrost pri tretji razdalji najmanj zniža.

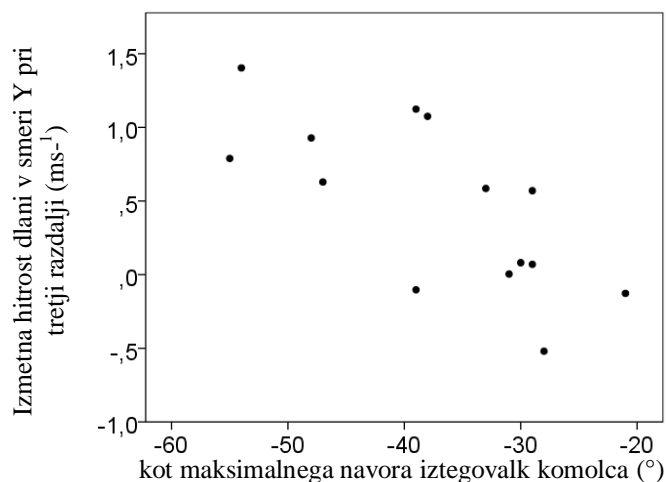


Slika 24. Potek povprečne hitrosti stopala ( $\text{ms}^{-1}$ ) v smeri X, Y in Z v ciklu meta. Prekinjajoča črta na X osi predstavlja trenutek odriva, polna črta trenutek izmeta.

#### 4.6.2 Povezanost hitrosti segmentov z mišično jakostjo rok in odrivno močjo nog

Ugotovimo lahko povezanost med kotom maksimalnega navora iztegovalk komolčnega sklepa in povprečno izmetno hitrostjo dlani v smeri Y (Slika 25). Ta iz prve (najkrajše) razdalje znaša -0.442, iz druge -0.554 ter iz tretje -0.713. Z drugimi spremenljivkami, pridobljenimi iz

izokinetičnega dinamometra oziroma pritiskovne plošče se ni pokazala nobena druga povezanost z izmetnimi oziroma odrivnimi hitrosti.



Slika 25. Povezanost izmetne hitrosti dlani v smeri Y pri tretji razdalji in kota maksimalnega navora iztegovalk komolca.

#### 4.7 Prostorska variabilnost segmentov

V Preglednici 13 je prikazan povprečni SD med meti posameznika pri položaju segmentov v trenutku izmeta. Standardni odklon znotraj merjencev v smeri X in Y je praviloma pri vseh segmentih najmanjši pri drugi razdalji ter največji pri tretji razdalji. Tudi v smeri Z je najmanjši pri drugi razdalji (pri podlahti ta znaša  $0.991 \pm 0.449$ ), medtem ko je največji pri prvi razdalji (pri podlahti ta znaša  $1.385 \pm 0.555$ ). Statistično značilne razlike so se pokazale samo v smeri Z in sicer med 1. in 2. razdaljo ( $p < 0.01$ ). To velja za vse segmente.

Preglednica 13

Standardni odklon segmentov izmetne roke znotraj merjencev pri izmetu

	R	Smer X (m)	Smer Y (m)	Smer Z (%)
		M±SD	M±SD	M±SD
Ključnica	3.75	0.034±0.017	0.031±0.015	<b>1.333±0.611<sup>a</sup></b>
	5.25	0.031±0.014	0.031±0.016	0.91±0.391
	6.75	0.044±0.024	0.04±0.021	0.979±0.773
Nadlaht	3.75	0.034±0.017	0.032±0.015	<b>1.326±0.595<sup>a</sup></b>
	5.25	0.031±0.015	0.031±0.017	0.922±0.411
	6.75	0.044±0.024	0.041±0.021	1.001±0.781
Podlaht	3.75	0.036±0.019	0.031±0.014	<b>1.385±0.555<sup>a</sup></b>
	5.25	0.034±0.013	0.032±0.016	0.991±0.449
	6.75	0.043±0.025	0.041±0.021	1.206±0.706
Dlan	3.75	0.036±0.019	0.031±0.013	<b>1.437±0.574<sup>a</sup></b>
	5.25	0.034±0.014	0.031±0.016	1.057±0.476
	6.75	0.045±0.023	0.04±0.022	1.228±0.712

*Legenda:* R – razdalje (m); M – povprečje; SD - standardni odklon; <sup>a</sup> – statistično značilne razlike med prvo in drugo razdaljo; <sup>b</sup> – statistično značilne razlike med drugo in tretjo razdaljo; <sup>c</sup> – statistično značilne razlike med prvo in tretjo razdaljo; odebeljeno –  $p < 0.01$

V Preglednici 14 je prikazan povprečni SD med meti posameznika pri položaju segmentov desne noge v trenutku izmeta. Enako kot pri segmentih izmetne roke, se tudi pri segmentih desne noge pojavi enak trend SD znotraj merjencev. SD je pri vseh segmentih najnižji pri drugi razdalji, in sicer pri vseh treh smereh. V smeri X in Y je največji pri tretji razdalji, v smeri Z pa pri prvi razdalji. Pokazale so se statistično značilne razlike ( $p < 0.01$ ) v smeri Z med meti iz prve (najkrajše) in druge (srednje) razdalje.

Preglednica 14

*Standardni odklon segmentov desne noge znotraj merjencev pri izmetu*

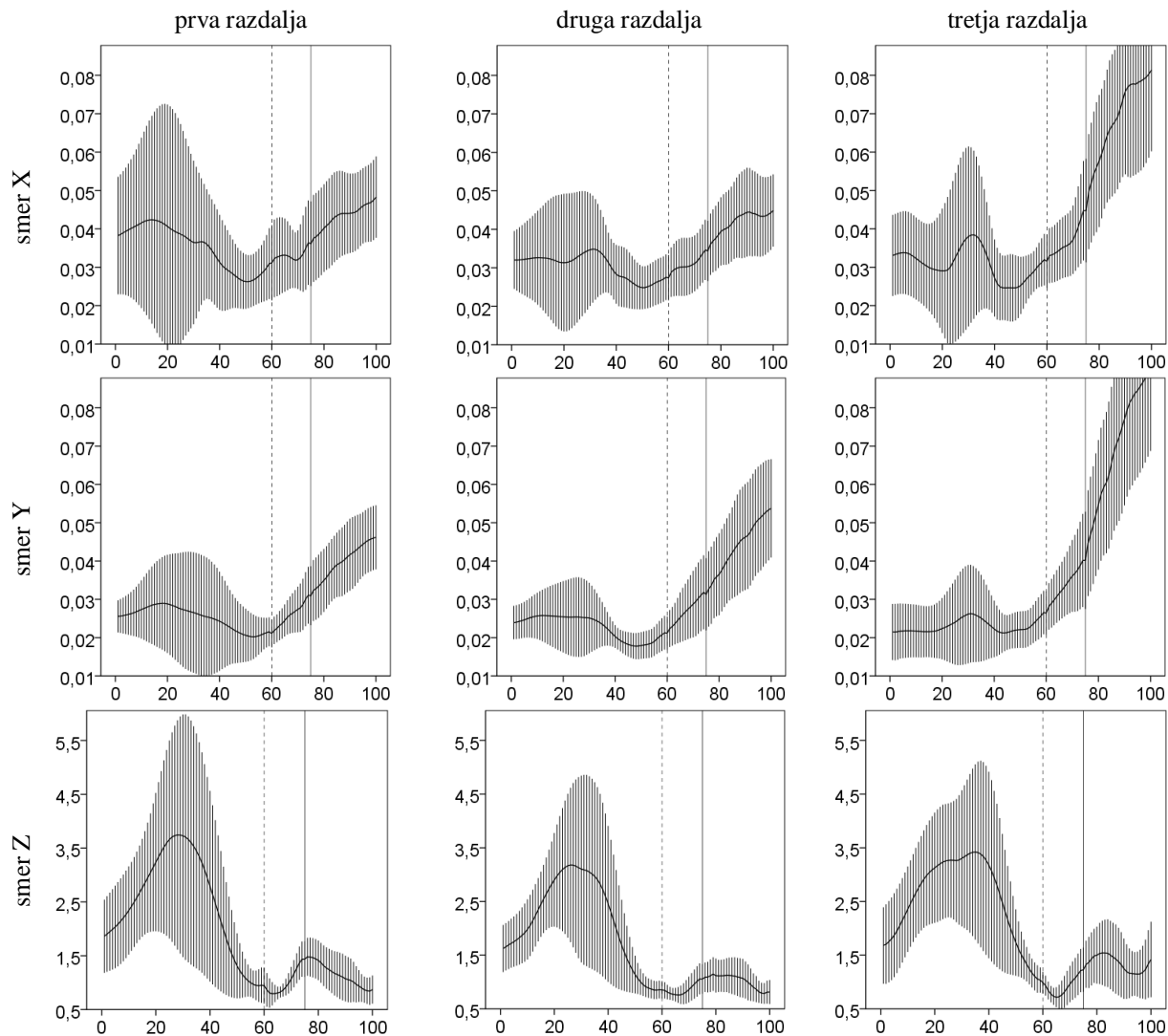
	R	Smer X (m)	Smer Y (m)	Smer Z (%)
		M±SD	M±SD	M±SD
Medenica	3.75	0.033±0.016	0.034±0.014	<b>1.359±0.635<sup>a</sup></b>
	5.25	0.032±0.013	0.03±0.018	0.921±0.382
	6.75	0.045±0.025	0.04±0.021	0.999±0.791
Stegnjenica	3.75	0.035±0.017	0.034±0.014	<b>1.353±0.656<sup>a</sup></b>
	5.25	0.032±0.014	0.031±0.018	0.922±0.39
	6.75	0.045±0.025	0.041±0.021	1.005±0.795
Golen	3.75	0.036±0.018	0.036±0.015	<b>1.36±0.672<sup>a</sup></b>
	5.25	0.032±0.014	0.032±0.016	0.918±0.4
	6.75	0.044±0.022	0.039±0.023	1.011±0.79
Stopalo	3.75	0.038±0.021	0.04±0.015	<b>1.4±0.698<sup>a</sup></b>
	5.25	0.03±0.014	0.035±0.015	0.951±0.426
	6.75	0.044±0.023	0.04±0.025	0.989±0.802

*Legenda:* R – razdalje (m); M – povprečje; SD - standardni odklon; <sup>a</sup> – statistično značilne razlike med prvo in drugo razdaljo; <sup>b</sup> – statistično značilne razlike med drugo in tretjo razdaljo; <sup>c</sup> – statistično značilne razlike med prvo in tretjo razdaljo; odebeljeno –  $p < 0.01$

#### 4.7.1 Prikaz SD znotraj merjencev med metom

Na Sliki 26 je grafično ponazorjeno, kako varira gibanje dlani med metom. V začetnem delu pripravljalne faze je v vseh smereh pri prvi razdalji meta SD najvišji. SD med razdaljami ohranja enak trend gibanja krivulje. S tem da se pri tretji razdalji v smeri X in Y po izmetu ta krivulja obrne strmo navzgor.





Slika 26. Potek povprečnega SD dlani izmetne roke znotraj merjencev v ciklu meta s pripadajočim 95% intervalom zaupanja. Prekinjajoča črta na X osi predstavlja trenutek odriva, polna črta trenutek izmeta.

#### 4.7.2 Povezanost SD znotraj merjencev pri izmetu z mišično jakostjo rok in odrivno močjo nog

Med mišično jakostjo rok in SD položaja segmentov zgornjih udov v trenutku izmeta nismo ugotovili povezanosti. Prav tako se ni pokazala povezanost med SD položaja segmentov spodnjih udov v trenutku izmeta in odrivno močjo nog.

## 5 RAZPRAVA

Študija je imela dva glavna cilja. Želeli smo ugotoviti, kako se parametri (položaji, koti, kotne hitrosti in hitrosti) segmentov spreminjajo pri metih iz različnih oddaljenosti od koša in kako se prostorska variabilnost med metom spreminja glede na oddaljenost meta od koša.

Rezultati pričujoče raziskave kažejo, da se premiki proti košu (smer X) z razdaljo povečujejo (Preglednica 2). V primerjavi z raziskavo Okazakija in Rodackija (2012) lahko v našem primeru govorimo o manjših premikih CTT v smeri proti košu v trenutku izmeta. Omenjena avtorja poročata, da se pri metu z razdalje 6.4 m CTT v povprečju premakne za 0.5 m proti košu, medtem ko se je v naši raziskavi iz največje razdalje (6.75 m) za 0.29 m. Glede na to, da so bili udeleženci njune študije odrasli igralci (povprečna starost 25 let) za katere predpostavljamo, da so imeli precej bolj izraženo mišično moč kot udeleženci naše raziskave, so rezultati nekoliko presenetljivi. Rezultati omenjene študije lahko kažejo na slabo kakovost (izkušnost) izbranih košarkarjev, hkrati pa so rezultati naše študije v skladu s strokovno doktrino, ki teži k temu, da naj bi bil omenjeni premik čim manjši (Filippi, 2011). Prevelik premik CTT proti košu ni zaželen tudi z vidika pravil igre. S tem se namreč poveča možnost, da igralec naredi pri metu osebno napako v napadu, če pride do kontakta z obrambnim igralcem. Skladna s tem je tudi ugotovitev Rojasa idr. (2000), ki pri metu preko obrambnega igralca ugotavljajo manjši premik proti košu, kot pri metu, ki ni oviran s strani obrambnega igralca. Igralci, ki pri metu skačejo bolj proti košu so v tem primeru prisiljeni, da prilagodijo tehniko meta glede na dano situacijo. Iz vidika ohranjanja gibalnih vzorcev (na podlagi teorije, da stabilnost gibalnih vzorcev povečujejo možnosti uspešnega meta) ne glede na okoliščine je logično sklepati, da so manjši premiki bolj zaželeni pri metu iz skoka. Možno je tudi, da pri mlajših košarkarjih (kamor lahko uvrstimo tudi merjence naše raziskave) vertikalna komponenta gibanja ni tako izrazita oz. da starejši košarkarji (ki so jih v večini analizirali omenjeni avtorji) skočijo pri metu višje, vendar hkrati zato tudi bolj naprej v smeri koša. Glede na to, da je v časovno krajšem obdobju premik proti košu do izmeta pri tretji razdalji največji, lahko sklepamo, da se hitrost v smeri proti košu CTT z večanjem razdalje povečuje. To so potrdili tudi druge raziskave (Millerja in Bartletta, 1996; Walters idr., 1990). Nekateri verjamejo, da ta strategija pomaga k zagotavljanju hitrosti pri večjih razdaljah (Okazaki in Rodacki, 2012).

Premiki proti košu se z razdaljo povečujejo do trenutka izmeta. Po odzivu je premik še vedno največji pri tretji razdalji, vendar je krivulja položnejša. Razlog za takšno gibanje CTT je morda v skladu z ugotovitvami Saterna (1993) ter Millerja in Bartletta (1996), ki so ugotovili, da je za

met iz večje razdalje potreben večji začetni sunek sile. Tako se gibanje CTT upočasnijo oziroma celo ustavi, zato je premik v trenutku doskoka manjši kot pri drugi razdalji. Izmet pri največji razdalji meta je izveden v fazi dvigovanja (v nadaljevanju podrobneje opisano). Prevladuje splošno mnenje, da se tako kinetično energijo prenaša iz nog na roke (Elliott, 1992; Knudson, 1993). Drugi mislijo, da se ta prezgodnji izmet zgodi zato, da energijo pridobljeno v fazi dvigovanja optimizirajo sam začetni sunek žoge (Elliott, 1992; Knudson, 1993). Kljub temu, da se izmet zgodi pred doseženo maksimalno višino CTT (Preglednica 3), merjenci z nogami očitno ne razvijejo dovolj sile. Posledično je potreben večji sunek sile z rokami, s čimer pa verjetno poslabšajo uspešnost (natančnost) meta na koš. Dokazano je namreč, da večji sunek sile zmanjša natančnost meta na koš (Miller in Bartlett, 1996).

Tretja koordinata, ki v dvodimenzionalni ravnini ni obravnavana (opazuje se smer X in Z), je koordinata v smeri čelne črte na košarkarskem igrišču. V naši raziskavi to koordinato ponazarja smer Y. Ravno v tej smeri je najbolj očitno, da pri večji razdalji prihaja do spremembe v tehniki meta na koš. Namreč gibanje CTT je pri vseh treh razdaljah v levo, vendar je pri tretji razdalji ta odmik glede na stopalo leve noge največji (Slika 16). Pri tej razdalji se začne najbolj v desno (vsi merjenci so metali z desno roko), še pred odzivom pa je že najbolj v levo. Pri odzivu se povprečni odmik zgodi že kar 7 cm levo od začetka meta. Seveda k temu nekaj pripomore položaj rok in žoge pred metom, oz. tehnika v začetni fazi meta, kar pojasni začetni premik v desno. Gre za t.i. položaj trojne grožnje (žoga ob desnem boku, ki napadalnemu igralcu omogoča, da je hkrati nevaren za met na koš, prodor in podajo (Dežman, 2000)). Če igralec drži žogo pred metom ob boku in ne pred seboj, žoga v časovno krajši akciji (Preglednica 2) opravi daljšo pot, kar posledično pomeni večjo hitrost. Možno je, da ta gibalna akcija pripomore k večjim premikom v levo. Zanimivo bi bilo vedeti, če je do takšnega premika v Y smeri prihajalo že pri razdalji 6.25 m, ki je označevala met za tri točke pred letom 2010. Po našem mnenju obstaja velika verjetnost, da so morali mladi košarkarji z manj mišične moči po spremembi pravila oz. oddaljitvi črte za tri točke spremeniti tehniko meta in si med drugim pomagati tudi z dodatnimi gibanji v Y smeri.

V smeri Z prihaja do statistično značilnih razlik v drugi fazi meta/fazi leta, kar je posledica višine skoka. Maksimalna in izmetna višina CTT se z večanjem razdalje zmanjšuje, kar potrjujejo tudi druge raziskave (Miller in Bartlett, 1993). Vendar zmanjševanje izmetne višine ni toliko posledica nižje višine skoka, temveč tega, da se izmet zgodi na različni stopnji krivulje leta CTT. Zato so tudi razlike v izmetni višini manjše kot pri maksimalnih višinah, kjer je skok iz prve razdalje občutno višji. Pri metu iz najkrajše razdalje je do izmeta žoge prišlo po tem, ko je bila dosežena največja višina skoka, pri srednji razdalji je prišlo do izmeta skoraj v najvišji točki skoka, pri metu iz največje razdalje pa še preden je igralec dosegel najvišjo točko skoka.

Omenjene ugotovitve nam pojasnijo tudi razlike v časih med razdaljami (Preglednica 2), kjer se čas začetka meta in odriva glede na izmet z večanjem razdalje zmanjšuje, čas do doskoka pa povečuje. Rezultati so v skladu z raziskavama Millerja in Bartletta (1993; 1996). Okazaki in Rodacki (2012) sta ugotovila, da se pri metu za tri točke izmet zgodi pri najvišji hitrosti CTT. Takšne strategije gibanja so našli pri metih iz večjih razdalj (Elliott, 1992), pri igralcih z manjšo močjo in pri manj izkušenih igralcih (Okazaki, Rodacki, Dezan in Sarraf, 2006).

Oudejans idr. (2002) poudarjajo, da je met iz skoka dinamična gibalna akcija, med katero se giblje celotno telo. V najvišji točki skoka so dinamični parametri gibanja še najbolj stabilni, saj je vertikalna hitrost nič. Predvidevajo, da vrhunski košarkarji izkoristijo ta stabilni položaj pri samemu izmetu (Oudejans idr., 2002). Skladno s to teorijo jo v naši raziskavi kadeti izkoriščajo samo iz druge razdalje. Pri najkrajši in najdaljši razdalji temu ni tako. Kot že napisano, prihaja pri največji oddaljenosti do izmeta preden se doseže maksimalna višina skoka. S tem želijo igralci kinetično energijo pridobljeno z nogami prenesti na roke (Elliott, 1992; Knudson, 1993). Tako je potreba pri zagotavljanju moči pomembnejša od same stabilnosti gibalnega vzorca meta. V primeru poznavanja strategij meta na koš samo iz druge in tretje razdalje bi bil lahko logičen zaključek, da je iz vidika natančnosti potrebno zagotoviti stabilnost meta, vendar se pri metu za tri točke ta potreba po stabilnosti zamenja z zagotavljanjem moči. Vendar se ta teorija postavi pod vprašaj tudi pri najkrajši razdalji (3.75 m), kjer vidik moči ni vprašljiv. Namreč izmet se v povprečju zgodi 0.05 s po dosegu maksimalne višine CTT. Tako izmet ni koordiniran z najvišjo višino skoka, temveč prihaja do njega z določeno zakasnitvijo. S tem se pridobi določen čas, ki ga v košarkarskem žargonu imenujemo »hang time«. Kljub temu, da je metanje iz višje višine bolj natančno (če izmetno višino zvišamo iz 2.13 na 2.74 m, se bo možnost uspešnega meta povečala za 18%) (Maugh, 1981 v Miller in Bartlett, 1993), temu ni tako. Mišljenje, da so meti iz kratkih razdalj izvedeni v najvišji točki, kar omogoča znižanje izmetnega kota (kljub temu je izmetni kot vedno večji od 45° (Hay, 1994)) in izmetne hitrosti (Knudson, 1993) in kjer ima posledično žoga krajšo pot in so zato začetni sunki nižji, kar zagotavlja večjo natančnost meta (Okazaki in Rodacki, 2012), so tako morda napačni in vsaj v našem primeru ne držijo. Ne glede na razlog, zakaj se odločijo za takšen met, pa je dejstvo, da so igralci avtomatizirali takšno strategijo meta na koš in mečejo na takšen način tudi v laboratorijskih pogojih, brez prisotnosti obrambnega igralca.

Maksimalna odzivna moč nog glede na telesno težo ( $P_{max}/tt$ ) je pozitivno povezana z maksimalnim navorom iztegovalk komolčnega sklepa ( $KE\_PKTQ/tt$ ) ( $r = 0.542$ ,  $p < 0.05$ ), kar pomeni, da so merjenci v celoti bolj ali slabše pripravljeni. Rezultati kažejo, da maksimalni navor upogibalk zapestja vpliva na gibanje CTT v smeri proti košu pri metih iz manjše razdalje

(Preglednica 4). Igralci, ki imajo nižji maksimalni navor skačejo bolj v smeri proti košu. Če to povežemo z izsledki Tang in Shung (2005), ki sta ugotovila pozitivno povezanost med maksimalnim navorom zapestja in natančnostjo meta iz manjše razdalje, lahko rečemo, da gibanje v smeri naprej ni zaželeno tako iz vidika natančnosti kot tudi iz vidika samih pravil košarkarske igre. Posledično so v prednosti tisti košarkarji, ki imajo višji maksimalni navor upogibalk zapestja. Pričakovano maksimalni navor upogibalk zapestja in ostale opazovane spremenljivke vezane na zapestje nimajo vpliva na met iz razdalje 6.75 m, kar se sklada z ugotovitvami Millerja (1997). Smo pa pri metu iz največje razdalje pričakovali višjo povezanost z maksimalnim navorom iztegovalk komolca. V raziskavi nismo uspeli potrditi povezanosti s to spremenljivko. Očitno sama moč iztegovalk komolcev pri metih iz večje razdalje pri tej starostni kategoriji ne igra pomembne vloge oziroma ta ne vpliva na gibanje CTT. Tudi Tang in Shung (2005) nista odkrila nobene povezave med maksimalno močjo iztegovalk komolca in natančnostjo pri metih iz večjih razdaljah pri kotni hitrosti  $60^\circ/\text{sek}$ . Se je pa zanimivo pokazala povezanost s kotom maksimalnega navora iztegovalk komolca (Slika 17). Povezanost kaže na to, da so bili igralci, ki so imeli kot maksimalnega navora pri večjem upogibu komolca v trenutku izmeta pri metu na koš bližje košu.

Pri prvi delovni hipotezi (H1) smo predpostavili, da se bodo premiki težišča telesa v smeri proti košu (smer X) z oddaljevanjem od koša povečevali. Glede na rezultate v Preglednici 2, to hipotezo lahko potrdimo. Hkrati smo pri isti hipotezi tudi predpostavili, da bodo merjenci z nižjim navorom mišic iztegovalk komolca imeli večje premike v smeri proti košu. Glede na Preglednico 4 sprejememo ničelno hipotezo, ki pravi, da ni razlik v premikih v smeri X glede na mišični navor iztegovalk komolca.

Razlika med absolutno (maksimalno – Preglednica 3) in relativno (izmetno – Preglednica 2) višino CTT se z razdaljo ne znižuje, zato drugo delovno hipotezo (H2) zavrnamo. Ker nismo odkrili povezave med razliko v absolutni in relativni višini CTT ter odzivno močjo nog zavrnamo tudi del hipoteze, ki pravi, da bodo merjenci, ki dosegajo slabše rezultate v testu odzivne moči imeli manjše razlike med omenjenima višinama.

Že Ingram in Snowden (1989) sta zapisala, da mora biti rotacija ramenske osi med  $29^\circ$  in  $55^\circ$  v začetni (pripravljalni) fazi meta, katero nekateri označujejo kot enega izmed najpomembnejših faktorjev uspešnega meta (Miller in Bartlett, 1993). Rezultati so pokazali, da pri odzivu znaša med  $32.6^\circ$  in  $35.5^\circ$  (Preglednica 5). Rotacija kolčne osi je glede na ramensko os nekoliko manjša. Obe se z večanjem razdalje meta povečujeta. Razlike so statistično značilne med tretjo in prvo ter med tretjo in drugo razdaljo tako pri odzivu kot pri izmetu. Pomembno je poudariti, da je

rotacija večja že na začetku meta ter to razliko ohranja tekom celotnega meta (Slika 18). Takšna rotacija je po našem mnenju predvsem posledica same začetne postavitve. Namreč desno stopalo je postavljeno pred levo (velja za igralce, ki mečejo z desno roko). Nekateri so mnenja, da mora biti zamaknjeno za celo stopalo (Wissel, 2004), medtem ko je v določenih člankih razlika natančno določena. Palubinskas (2004) navaja, da mora biti ta razdalja 5 cm, medtem ko sta Miller in Bartlett (1993) ugotovila, da je razdalja med levo in desno nogo v smeri proti košu pri oddaljenosti do 3.66 m od koša 17 cm. V raziskavi Podmenik idr. (2011) je ta razdalja pri oddaljenosti 3.75 m od koša znašala 12.5 cm in se je z oddaljenostjo od koša povečevala. Na razdalji 6.75 m je znašala 16.4 cm. Posledično je tudi izmetna roka spredaj. Omenjena rotacija ramenske osi naj bi tudi olajšala poravnavo ramena, komolca in zapestja z očmi (Hay, 1994), kar potencialno povečuje natančnost. Hkrati z rotacijo prihaja do podaljšanja ročice, preko katere delujemo na izmet žoge v smeri proti košu. Možno je, da se tako poveča tudi gibalna učinkovitost.

Sama rotacija ramenske osi med odzivom in izmetom se z razdaljo večja, vendar so razlike zelo majhne. Te razlike pa niso tako majhne, če spremembo opazujemo hkrati še iz časovnega vidika, kjer vemo, da je čas med odzivom in izmetom pri tretji razdalji najkrajši. Tako se rotacija ramenske osi pri tretji razdalji v časovno najkrajšem obdobju poveča za največ. Glede na to, da se pri tretji razdalji ni pokazala povezanost med gibanjem CTT v smeri proti košu in maksimalnim navorom iztegovalk komolca, lahko predvidevamo, da si igralci za zagotavljanje zadostne moči pri metu pomagajo z rotacijo ramenske osi v transverzalni ravnini. Miller in Bartlett (1996) sta, pri sicer starejših košarkarjih, ugotovila nasprotno, saj se je ta rotacija z razdaljo manjšala. Skladno s temi rezultati se je v naši raziskavi manjšala rotacija kolčne osi med odzivom in izmetom (pri najkrajši razdalji znaša  $5.5^\circ$ , pri najdaljši  $3^\circ$ ). Tako v fazi leta pred izmetom prihaja do rahle torzije v trupu. Glede na to, da je rotacija ramenske in kolčne osi velika že pred odzivom, lahko predvidevamo, da taka postavitve omogoča lažjo izvedbo meta iz večjih razdalj. Namreč Miller in Bartlett (1996) sta na starostni kategoriji članov ugotovila manjšo rotacijo, ki pri izmetu znaša med  $16 - 21^\circ$ . Možno je tudi, da se povečana predhodna rotacija osi pojavi zaradi tega, ker se z večanjem razdalje izmet dogodi prej.

Rezultati kažejo tudi na povezanost med rotacijo ramena v trenutku izmeta s kotom maksimalnega navora iztegovalk komolca. Merjenci, ki so imeli kot maksimalnega navora pri večji iztegnitvi, so imeli manjšo rotacijo v ramenski osi. Glede na to, da se je omenjena povezanost pokazala samo pri drugi razdalji ji težko pripisujemo večji pomen.

Rotacija ramenske in kolčne osi v transverzalni ravnini se z večanjem razdalje povečuje. Razlike med prvo in tretjo razdaljo so statistično značilne pri vseh fazah meta. Tako tretjo delovno hipotezo (H3), ki pravi, da se bo rotacija ramenske in kolčne osi v transverzalni ravnini z oddaljevanjem od koša povečevala, potrdimo. Ker se med rotacijo ramenske in kolčne osi ter navorom mišic iztegovalk komolca ni pokazala povezanost, ta del hipoteze zavrnamo.

Podoben trend kot pri gibanju CTT se je pokazal tudi pri gibanju izmetne roke. Gibanje v smeri proti košu se z večanjem razdalje veča. Podobno se zgodi izmet na različni stopnji krivulje leta (smer Z), s tem da so pri dlani v trenutku izmeta razlike pri tretji razdalji statistično nižje. Najbolj očitna razlika v gibanju med razdaljami se je pokazala v smeri Y. V tej smeri je gibanje pri tretji razdalji najbolj v levo. Razlike so v trenutku izmeta statistično značilne pri vseh treh segmentih (dlan, podlaht in nadlaht) (Preglednica 6). Glede na začetno izhodišče znaša odmik dlani v levo v trenutku izmeta 15 cm. Seveda je odmik velik tudi zaradi začetnega položaja trojne grožnje, vendar je iz Slike 19 razvidno, da ta položaj ni tako izrazit pri največji razdalji (dlan bolj proti levemu stopalu). Tako ta teorija pri CTT ne velja, saj žoga ni izrazito na desnem boku, kar pomeni da je tudi pot proti sredini krajša. Odmik v levo v trenutku izmeta je pri prvi in drugi razdalji podoben, razlika v primerjavi s tretjo razdaljo znaša 4 cm oziroma 6 cm. Glede na to, da je bil položaj merjenca določen na vzdolžni srednjici igrišča (marker je bil postavljen na sredini med levim in desnim stopalom) odmik 6 cm v levo pomeni ogromno razliko, katero more igralec uravnavati z drugimi parametri, če želi ohraniti natančnost meta. Z upoštevanjem dejstva, da se izmet pri največji razdalji zgodi v fazi dvigovanja, torej je čas do izmeta statistično značilno krajši, je ta odmik v levo še toliko bolj izrazit. Očitno gre za ne zmožnost izvesti met iz skoka na podoben ali enak način kot pri krajših razdaljah. Glede na to, da smo v našo analizo vzeli samo zadete mete, bi bilo zanimivo videti, kakšen je ta odmik pri zgrešenih metih.

S položajem izmetne roke je prihajalo do zelo zanimivih povezav z mišično jakostjo rok. Z vsemi segmenti se je pokazala enaka povezanost. Kot maksimalnega navora iztegovalk komolca je povezan s premiki proti košu iz vseh treh razdalj (Slika 20). Povezanost je negativna, kar pomeni, da igralci, ki imajo kot največjega navora pri večjem upogibu komolca so imeli roko bližje košu. Kar pomeni, da pri metu ti skočijo bolj proti košu. Enaka povezanost se je pokazala tudi s povprečnimi premiki v smeri Y, vendar samo pri prvi razdalji. Pokazala se je tudi povezanost s kotom maksimalnega navora upogibalk zapestja, vendar zanimivo samo s tretjo razdaljo. To je v nasprotju s teorijo Tanga in Shunga (2005), ki pravita, da zapestje nima vloge pri metih iz večje razdalje. Zanimivo je, da se je največ spremenljivk povezovalo s kotom največjega navora. Očitno je, da ima omenjeni parameter pomembno vlogo pri sami karakteristiki meta na koš. Kotu maksimalnega navora (tako iztegovalk komolca kot upogib

zapestja) pripisujemo pomembno vlogo pri tehniki meta na koš, še zlasti pri položaju izmetne roke.

Odmik desne nadlahti, podlahti in dlani v smeri Y se pri tretji razdalji v trenutku izmeta statistično značilno razlikuje glede na prvo in drugo razdaljo. Posledično ničelno hipotezo 4 ( $H_04$ ) zavrnilo in sprejmemo alternativno, ki pravi, da obstajajo razlike v odmiku pri izmetni roki v trenutku izmeta.

Rezultati Okazakija in Rodackija (2012) kažejo, da z večanjem razdalje pride do znižanja upogiba ramena v trenutku izmeta (kot pri razdalji 2.8 m znaša  $122.4^\circ$ ; kot pri razdalji 4.6 m znaša  $118.6^\circ$ ; kot pri razdalji 6.4 znaša  $117.5^\circ$ ), kar privede do znižanja višine izmetne dlani. Predlagano je bilo, da kot v ramenskem sklepu določi tudi izmetni kot (Okazaki, Okazaki in Kopp, 2008). Naši rezultati, opravljeni na vzorcu kadetov, temu nasprotujejo. Izmetni koti izmetne roke kažejo (Preglednica 7), da med razdaljami ne prihaja do bistvenih razlik. Tako so rezultati v nasprotju z Waltersom idr. (1990), ki pravi, da se z večanjem razdalje znižuje izmetni kot v ramenskem sklepu, kar nakazuje na povečano uporabo "vzorca potiskanja" pri izmetu. Glede na to, da je bilo ugotovljeno, da se naklon trupa naprej (glede na horizontalo) z razdaljo ne povečuje (Miller in Bartlett, 1996), lahko sklepamo, da tega "vzorca potiskanja" pri kadetih ni. Medtem ko nekatere raziskave kažejo, da ne prihaja do popolne iztegnitve v komolčnem sklepu pri izmetu (Miller in Bartlett, 1993; 1996), v naši raziskavi ugotavljamo, da je roka v komolcu pri izmetu skoraj popolnoma iztegnjena. Kot znaša med  $2.4 - 4.2^\circ$  (popolna iztegnitev je  $0^\circ$ ), odvisno od razdalje in je v skladu s tem, kar je ugotovil Stimpson (1986). Zdi se, da je ključ do uspešnih metov obvladovanje gibalnih strategij, ki omogoča ohranjanje optimalnega izmetnega kota (Brancazio, 1981; Miller in Bartlett, 1996). Do sedaj je veljalo prepričanje, da se ga doseže s spreminjanjem izmetnih kotov v sklepih izmetne roke. Rezultati naše raziskave so pokazali, da kakovostni igralci v starostni kategoriji kadetov, ohranjajo izmetne kote izmetne roke ne glede na razdaljo od koša. Vendar pa je kvadratna regresijska analiza podala zelo zanimive rezultate (Slika 21). Namreč z večanjem razdalje se je pokazala močna kovarianca med komolčnim in zapestnim sklepom. Odvisnost med njima pri tretji razdalji znaša  $0.724$  ( $p < 0.001$ ). To pomeni, da sta izmetna kota med seboj usklajena oziroma je sprememba pri obeh spremenljivkah podobna. Tako igralci večanje razdalje meta ne rešujejo z različnimi izmetnimi koti temveč z večjim medsegmentnim ujemanjem med komolčnim in zapestnim sklepom. Predhodne raziskave so ugotovile, da je močna kovarianca značilnost izkušenih igralcev, ki nakazuje na povečano kompenzacijsko kontrolo midsosednjih sklepov izmetne roke (Robins, 2013). Tu se je regresijska povezanost pokazala pri vseh treh razdaljah (4.25 m, 5.25 m, 6.25 m). Razlog za te razlike je moč iskati v starosti merjencev, saj je pri omenjeni raziskavi povprečna starost znašala



24.4 ( $\pm 4.4$ ) let. Pomembno je poudariti, da se je močna regresijska povezanost pokazala samo med komolčnim in zapestnim sklepom, in ne med ramenskim in komolčnim sklepom.

Gledano časovno se z večanjem razdalje maksimalni koti sklepov spodnjih okončin pojavijo bližje izmetu (Preglednica 8). Razlog za to se nahaja pri časovni strukturi celotnega meta, kjer so koti že rečeno (Preglednica 2) z večanjem razdalje čas do odrida in izmeta krajša. Čas, do maksimalnega kota v sklepih spodnjih okončin, je večji pri desni nogi. To je posledica odrida, ki ni povsem sonožen, saj desna noga zapusti tla pred levo. Med levo in desno nogo ne prihaja do statistično značilnih razlik pri maksimalnih vrednostih kotov spodnjih okončin. Ti se z razdaljo večajo (večji maksimalni upogibi), kar pomeni, da prihaja do večjih amplitud, vendar so razlike minimalne. Počep pred metom omogoči, da se shrani elastična energija v mišično tetivnem sistemu in tako posledično omogoči večje hitrosti pri odridu. Do sedaj so bili prepričani, da se pri metih iz krajših razdalj ta elastična energija uporablja za doseg višine in tako ohraniti natančnost meta (Miller in Bartlett, 1993). Glede na trenutek, kdaj se izmet na krivulji leta CTT zgodi (v fazi padanja) je jasno, da se ta energija uporablja za doseganje višine, vendar ne zaradi ohranjanja natančnosti. Morda sama natančnost pri kratkih razdaljah ni tako pomembna, saj dovoljuje največja horizontalna in vertikalna odstopanja (Okazaki in Rodacki, 2012). Pri večjih razdaljah, kjer se izmet zgodi prej, se elastična energija uporablja tako za povečanje izmetne hitrosti kot za pomoč pri zagotavljanju začetnega sunka (Miller in Bartlett, 1993).

Transfer energije je odvisen tudi od kotov v sklepih, pri katerih se kotna hitrost in pospešek prenašata v linearno hitrost in pospešek (van Ingen Schenau idr., 1990). Zavoľjo tega je pri rezultatih prikazan kot, pri katerem je kotna hitrost najvišja (Preglednica 7 in 9). Vidimo, da je kot v kolčnem in kolenskem sklepu, pri katerem je kotna hitrost maksimalna, z večanjem razdalje v večjem upogibu. Največje razlike so v kolenskem sklepu, kjer so te vrednosti pri prvi razdalji tudi statistično značilno različne. Pri kotih izmetne roke ni moč zaslediti nekega trenda, izjema je le komolčni sklep, kjer se pri prvi razdalji kot, pri katerem je kotna hitrost maksimalna pojavi pri večjem upogibu komolca. Iz vidika kota, pri katerem se pojavijo maksimalne kotne hitrosti, tako največjo vlogo odigrata komolčni in kolenski sklep, saj se pri omenjenima sklepa pojavijo razlike med razdaljami od koša.

Maksimalne vrednosti kotov v sklepih spodnjih okončin se z večanjem razdalje v večini povečujejo, vendar razlike niso statistično značilne, tako peto delovno hipotezo (H5) zavrnamo. Ker se maksimalne vrednosti niso povezovale z navorom mišic iztegovalk komolca, zavrnamo tudi ta del pete delovne hipoteze.

Izmetne kotne hitrosti izmetne roke se v večini večajo, vendar razlike med razdaljami metov niso statistično značilne (Preglednica 10). Kljub temu, da se razdalje enakomerno povečujejo (med razdaljami je 1.5 m razlike) temu ni tako pri povečevanju kotnih hitrosti sklepov. Te se zelo povečajo pri drugi razdalji glede na prvo, medtem ko so pri tretji razdalji podobni drugi. Miller in Bartlett (1996) kljub krajšim razdaljam meta, pri odraslih košarkarjih, poročata o višjih izmetnih kotnih hitrosti v ramenskem in komolčnem sklepu. Te pri razdaljah 2.74 m, 4.57 m in 6.4 m od koša za ramenski sklep znašajo 241 °/s, 338 °/s in 430 °/s, ter za komolčni sklep 647 °/s, 791 °/s in 905 °/s. Kot vidimo se tudi z večanjem razdalje bolj enakomerno povečujejo. Enako se je pokazalo tudi v raziskavi Okazakija in Rodackija (2012), ki sta prav tako preučevala odrasle košarkarje. Tu na primer kotne hitrosti v ramenskem sklepu znašajo 223.1 °/s (razdalja 2.8 m), 272.7 °/s (razdalja 4.6 m) ter 346.5 °/s (razdalja 6.4 m). Razlog za takšne razlike lahko tiči v starosti merjencev, kjer je bila povprečna starost v prvi omenjeni raziskavi 24.8 ( $\pm 4.2$ ) let, v drugi pa 25 ( $\pm 2$ ) let. Glede na to, da so v tej starosti gibalne sposobnosti že v popolnosti razvite (Škof, 2007), je očitno, da mlajši igralci uporabljajo drugačno tehniko meta na koš. Drugače je pri maksimalni kotni hitrosti, kjer se kotne hitrosti z razdaljo v ramenskem in komolčnem sklepu statistično značilno višajo. Te kotne hitrosti so tudi višje glede na kotne hitrosti zgoraj omenjenih raziskav. Za primer pri komolcu iz razdalje 2.8 m znašajo 665.8 °/s, iz razdalje 4.6 m 743.3 °/s, iz razdalje 6.4 m pa 851.6 °/s (Okazaki in Rodacki, 2012). Možno je, da mlajši košarkarji ob izmetu niso sposobni razviti takšnih hitrosti ob hkratni kontroli gibanja, ki bi še omogočala natančnost meta. Nižanje razmerji med maksimalnimi kotnimi hitrosti izmetne roke kaže na to, da se z razdaljo kotna hitrost proksimalnih delov bolj povečuje. Sklep, pri katerem so izmetne kotne hitrosti med razdaljami najmanjše, je zapestje. Razlike med maksimalnimi kotnimi hitrosti med razdaljami prav tako niso statistično značilne, do česar verjetno prihaja zaradi visokih vrednosti standardnega odklona. Ta je namreč občutno višji glede na komolčni in ramenski sklep. Predvidevamo, da je to posledica tega, da se maksimalne kotne hitrosti zgodijo skoraj ob izmetu.

Pričakovali smo, da se bo kotna hitrost sklepov spodnjih okončin ob odzivu z razdaljo povečevala (Preglednica 11), vendar temu ni tako. Rezultati so pokazali, da se odzivna kotna hitrost celo zniža (izjema metatarzalni sklep). Pri odzivni kotni hitrosti so se pokazale tudi razlike med levo in desno nogo. Ponovno je to predvsem posledica ne sočasnega odziva z levo in desno nogo. V večini najprej tla zapusti desna noga, nato leva (tu je tudi določen trenutek odziva, saj je bil za kriterij določen trenutek, ko obe nogi zapustita podlago). To potrjujejo tudi časi, kdaj kotne hitrosti dosežejo maksimalne vrednosti, iz katerih je razvidno, da maksimalne vrednosti doseže najprej desna, nato leva noga. Omenjeno velja pri vseh sklepih in pri vseh razdaljah. Zato so tudi odzivne kotne hitrosti v kolenskem sklepu in ZSS višje pri levi nogi, saj se po odzivu kotne

hitrosti desne noge že bistveno zmanjšajo. Pri metatarzalnem sklepu pa je ravno nasprotno, saj se kotne hitrosti leve noge še povečujejo in so zato statistično značilno nižje glede na desni metatarzalni sklep. Maksimalne vrednosti kotnih hitrosti med levo in desno nogo niso statistično značilne, vendar se je pokazalo, da desna noga dosega višje vrednosti v kolčnem in kolenskem sklepu, od gležnja dalje pa višje vrednosti dosega leva noga. Morda je to posledica tega, da imajo desničarji bolj močno proksimalno desno stran, saj je to stran, ki je v vsakdanjem življenju bolj obremenjena. Vendar pa je v košarki večina enonožnih odzivov izvedena z nogo, ki je nasprotna dominantni roki (v primeru igralcev, ki mečejo z desno roko je to leva noga), saj je ta noga tudi močnejša (Fryer, 2011). Posledično je verjetno leva noga tista, na katero se pri distalnih segmentih bolj opiramo in katera tudi pri gležnju in metatarzalnemu sklepu dosega višje maksimalne kotne hitrosti. Pri tretji razdalji se statistično značilno povečajo maksimalne kotne hitrosti kolčnega sklepa in desnega ZSS, medtem ko se maksimalne kotne hitrosti v ramenskem in komolčnem sklepu statistično značilno povečujejo pri vseh razdaljah. Tako težko govorimo o tem, da so le noge tiste, ki so zadolžene za premagovanje večanja oddaljenosti od koša (Chiang in Liu, 2006), saj se tudi maksimalne kotne hitrosti izmetne roke z večanjem razdalje povečujejo.

Met iz skoka je gibalna spretnost, kjer je pomembna tako hitrost izvedbe kot natančnost. Bunne (1972) je zapisal, da se pri gibanjih, kjer je pomembna končna maksimalna hitrost, hitrost med segmenti razvija. To je posledica tega, da se gibanje segmenta začne ob maksimalni hitrosti predhodnega sosednjega segmenta. To časovno ujemanje je označeno kot PDP (proksimalno distalni princip). Glede na razlago je najboljšje pogledati vrhove kotnih hitrosti segmentov, vključenih v kinematično verigo. S tem vidimo, ali prihaja do hkratnega ali zaporednega (sekvenčnega) vključevanja. Ker je bilo zgoraj ugotovljeno, da se z razdaljo odzivne kotne hitrosti nižajo, verjetno ravno uravnavanje maksimalnih kotnih hitrosti omogoča medsegmentno ujemanje, kar pripelje do optimalnih odzivnih hitrosti segmentov. Iz vidika medsegmentnega ujemanja si pri izmetni roki pri prvi razdalji vrhovi sledijo v zaporedju ramenski:komolčni:zapestni sklep (Preglednica 10 in Slika 22). Takšno sodelovanje sosednjih sklepov v kinematični verigi (PDP) ima namen prenesti energijo preko kinetične verige (Stodden idr., 2005). Pričakovali bi, da se bo takšno zaporedje vrhov pojavljalo tudi pri metih iz večjih razdalj, vendar temu ni tako. Pri drugi razdalji se vrha v ramenskem in komolčnem sklepu zgodita skoraj istočasno medtem ko se pri tretji razdalji vrh komolčnega sklepa pojavi celo pred vrhom maksimalne kotne hitrosti v ramenskem sklepu. Pri sklopih desne noge je trend ravno nasproten, saj se pri prvi in drugi razdalji maksimalne vrednosti kolenskega in kolčnega sklepa pojavita skoraj istočasno, medtem ko je pri tretji razdalji sosledje sklepov v zaporedju kolčni:kolenski:ZSS:MF sklep. PDP spodnjih udov je tako opažen samo pri tretji razdalji.

Nekateri avtorji so mnenja, da je uporaba PDP odvisna od igralčevih izkušenj (Chiang in Liu, 2006; Miller in Jackson, 1995). Omenjeni princip naj bi se pojavil pri izkušenih oz. kvalitetnih igralcih, medtem ko sta pri začetnikih vrhova kolčnega in kolenskega sklepa časovno sinhronizirana. Omenjeni raziskavi sta si v nasprotju pri uporabi PDP pri izmetni roki. Pri prvi raziskavi se je pokazalo, da tudi tu izkušeni igralci uporabljajo PDP, medtem ko se v drugi raziskavi ni in avtorja zagovarjata večjo fleksibilnost igralcev. Za te neenakosti jo lahko odgovoren nehomogen vzorec, kot tudi različne uporabljene razdalje. V naši raziskavi je PDP spodnjih udov opazen samo pri tretji razdalji, medtem ko je pri zgornjih udih opazen samo pri prvi razdalji. Časovni prehod med sklepi zgornjih in spodnjih udov (natančneje desnega ZSS in ramenskega sklepa) je najkrajši pri prvi razdalji (0.12 s), najdaljši pa pri drugi razdalji (0.15 s). Pri tretji razdalji je zelo podoben prvi (0.13 s). Podobne značilnosti časovnega prehoda so tudi med MF sklepom desne noge in ramenskim sklepom (0.06 s; 0.1 s; 0.06 s) s tem da so razlike med razdaljami nekoliko večje. Glede na ugotovitve, da se čas prehoda z nižanjem izkušenj igralcev veča (Miller in Jackson, 1995), lahko sklepamo, da so meti iz srednje razdalje iz tega vidika najmanj ugodni.

Glavna ugotovitev je, da je PDP pri kakovostnih mlajših igralcih (kadetih) odvisen tudi od razdalje iz katere se meče. Tako se z razdaljo spreminja gibanje zgornjih in spodnjih ekstremitet. Omenjeno zavrača teorijo, da se z razdaljo spreminja gibanje spodnjih ekstremitet, medtem ko se pri zgornjih ekstremitetah gibanje ohranja, kar omogoča fino uravnavanje pri zadevanju (Chiang in Liu, 2006). Glede na teorijo ki pravi, da s PDP zagotovimo maksimalne izhodne vrednosti (Urbin idr., 2011), so rezultati nekoliko nepričakovani. Pri prvi razdalji, kjer vidik moči ni vprašljiv, merjenci pri izmetni roki uporabljajo PDP, medtem ko ga pri nogah ne. A vendar je skok pri tej razdalji najvišji (ne glede na izmet). Da kljub PDP iz največje razdalje ne skočimo najvišje je verjetno posledica tega, da odziv ni nujno namenjen doseganju višje izmetne višine. Zdi se, da pri kratkih razdaljah, kjer bi lahko na koš uspešno vrgli tudi brez gibanja nog, za zagotavljanje natančnosti uporabimo PDP izmetne roke. Pri metih za tri točke, kjer pa je moč izmetne roke prenizka, jo je potrebno zagotoviti s samim skokom. Ker se izmet dogodi v fazi dvigovanja, je PDP nog tisti, ki pomaga zagotavljati natančnost meta. Logično lahko tako zaključimo, da PDP pri akcijah ciljanja tarče ne igra tolikšne vloge samo iz vidika zagotavljanja maksimalne moči, temveč ima pri mladih košarkarjih vlogo tudi pri nalogah natančnosti. Hkrati se poraja vprašanje ali je optimalna strategija za doseganje najvišjih sposobnosti enako uporabna tudi pri specifičnih gibalnih spretnostih. Konkretnije, če je PDP enako uporaben pri metu na koš kot pri dosegu maksimalne višine.

Ugotovimo lahko tudi povezanost med maksimalno kotno hitrostjo zapestja in višino skoka. Sama povezanost je pričakovana, saj se nakazuje logična povezanost z izmetnimi parametri žoge, ki pravi, da višja izmetna višina potrebuje nižjo izmetno hitrost, kar posledično pomeni manjši sunek sile in večjo natančnost. Ker pa se je povezanost pokazala z višino skoka izvedenega na pritiskovni plošči je tu potreben razmislek. Nismo namreč potrdili povezanosti med višino skoka izvedenega na pritiskovni plošči ter dejanske izmetne višine zapestja (ki je tudi posledica višine skoka). Tako v naši raziskavi žal ne moremo potrditi, da igralci z večjo odzivno močjo to tudi izkoriščajo pri samemu metu iz skoka. Predvidevamo, da je to zaradi tega, ker so se merjenci osredotočili na natančnost meta, ki pa ni nujno povezana z višino odziva.

Izmetne kotne hitrosti v komolčnem sklepu se pri metih iz večje oddaljenosti od koša povečujejo, vendar razlike niso statistično značilne. Tako šesto delovno hipotezo (H6) zavrnamo. Prav tako zavrnamo del hipoteze, ki je vezan na navor mišic iztegovalk komolca.

Izmetne kotne hitrosti v zapestnem sklepu imajo ne glede na razdaljo približno enake vrednosti, zato sedmo delovno hipotezo (H7) zavrnamo. Prav tako zavrnamo del hipoteze, vezan na navor mišic iztegovalk komolca.

Razmerja maksimalnih vrednosti kotnih hitrosti v ramenskem, komolčnem in zapestnem sklepu (neodvisno od časa) se z oddaljevanjem od koša nižajo, zato tudi osmo delovno hipotezo (H8), ki pravi, da se bodo omenjena razmerja z večanjem razdalje ohranjala, zavržemo.

Povečevanje razdalje od koša povzroča povečanje izmetne hitrosti žoge. Dlan izmetne roke predstavlja segment človeškega telesa, ki je v kinetični verigi akcije meta na koš zadnji člen (kasneje le še prsti, katere parametre se z merilno napravo, ki je bila uporabljena za namene tega dela, ne da meriti), ki je pred izmetom v stiku z žogo. Glede na to, da se z večanjem razdalje časovno celotna akcija meta do izmeta skrajšuje (Preglednica 2) in da je gibanje v smeri proti košu z razdaljo večje, je pričakovati povečanje horizontalne hitrosti segmentov. To se je tudi pri dlani izmetne hitrosti pokazalo (Slika 23). Hitrost dlani se tekom meta z razdaljo povečuje, vendar pa v trenutku izmeta temu ni tako (Preglednica 12). Tu je največja horizontalna hitrost pri drugi razdalji ( $0.76 \text{ ms}^{-1}$ ), najmanjša pa pri prvi ( $0.57 \text{ ms}^{-1}$ ), vendar razlike niso statistično značilne. Razlike so v trenutku izmeta statistično značilne pri vertikalni hitrosti (smer Z). Te so posledica izmeta, izvedenega na različni stopnji krivulje. Ker se izmet pri prvi razdalji zgodi v fazi padanja, je logično da je vertikalna hitrost že negativna. Pri drugi razdalji, kjer je izmet najbolj sinhroniziran z maksimalno skočno višino, vertikalna hitrost znaša  $0.23 \text{ ms}^{-1}$ . Pri tretji razdalji je ta hitrost najvišja ( $0.58 \text{ ms}^{-1}$ ), saj je izvedena v fazi dvigovanja. Po izmetu je pri vseh

treh razdaljah moč zaslediti počasnejše zniževanje hitrosti. Morda je razlog temu vztrajnost, ki jo povzroči hitro iztegovanje izmetne roke. Do sedaj nepoznani smeri Y hitrost sledi trendu gibanja dlani, ki je največja pri tretji razdalji. Hitrost v tej smeri je najvišja po izmetu, kar na Sliki 23 ponazarja oster vrh. Vendar to ne velja za prvo (najkrajšo) razdaljo, kjer se ta hitrost najmanj izrazito spreminja.

Hitrost pri levemu stopalu v smeri X in Y je podobna hitrosti dlani (Slika 24). Tako je tekom večine meta najvišja pri tretji razdalji. Statistične razlike pri odzivu, ki se pokažejo med levim in desnim stopalom, so posledica neskladnega odziva, kar je opisano že zgoraj. Odzivna vertikalna hitrost je najvišja pri prvi razdalji in se z večanjem razdalje niža. Obratno je pri izmetni vertikalni hitrosti, kjer je hitrost levega stopala najvišja pri tretji razdalji. Kot že povedano je hitrost pri tej razdalji najvišja zaradi tega, ker se izmet dogodi v fazi dvigovanja. Predlagano je bilo, da je z večanjem razdalje potrebno zagotoviti večjo horizontalno hitrost kot pomoč za zagotavljanje izmetne hitrosti (Miller in Bartlett, 1996). Res je, da je tekom meta horizontalna hitrost najvišja pri tretji razdalji, kar celoten položaj segmentov približa košu. Vendar horizontalna hitrost dlani pri izmetu ni najvišja pri tretji razdalji. Tako rezultati kažejo, da je vertikalna hitrost tista, ki zagotavlja dovolj veliko izmetno hitrost. Glede na hitrosti stopala, kjer se odzivne hitrosti z večanjem razdalje nižajo, kaže na to, da namen skoka pri večjih razdaljah ni v doseganju (ohranjanju) izmetne višine, temveč zagotavljanju neke optimalne izmetne hitrosti. Morda je tudi zato pri tretji razdalji moč zaslediti PDP maksimalnih kotnih hitrosti nog, kjer je doseganje optimalne vertikalne hitrosti ključno za ohranjanje natančnosti. Pri prvi razdalji, kjer vidik moči ni vprašljiv, pa z nogami želimo doseči čim višjo izmetno višino (zaradi obrambe), nato pa za natančnost skrbi PDP rok.

Izmetna hitrost dlani v smeri Y se je povezovala s kotom maksimalnega navora iztegovalk komolca (Slika 25). Povezanost se je pokazala pri vseh treh razdaljah meta. Zdi se, da imajo merjenci, ki dosežejo maksimalni navor iztegovalk komolca v večjem upogibu sklepa, višjo izmetno hitrost v omenjeni smeri. Zanimivo, da se je tudi tu pokazala povezanost s kotom maksimalnega navora in ne z maksimalnim navorom.

Standardni odklon segmentov nam podaja informacijo o prostorski variabilnosti (Preglednica 13 in 14). Če pogledamo variabilnost segmentov v trenutku izmeta lahko opazimo, da se variabilnost pri določeni razdalji pri različnih segmentih giblje okoli istih vrednosti. Z distalnimi deli naj bi popravljali napake, storjene v segmentih, ki se nahajajo bližje telesu, zato naj bi variabilnost od proksimalnih do distalnih segmentov naraščala (Robins idr., 2008). Omenjeno so ugotovili tudi Robins idr. (2006), kjer se je variabilnost izmetnih kotov z distalnimi deli

povečuje. Vendar rezultati naše raziskave kažejo, da se s kinematično verigo SD ne povečuje. Ta je namreč zelo podoben ne glede na to, kje se določeni segment v verigi proksimalno – distalno nahaja.

Ugotovljeno je bilo, da je variabilnost gibanja povezana z velikostjo začetnega sunka (Schmidt idr., 1979). Z večanjem razdalje se tudi pri metu na koš mora zagotavljati večja sila, da je met lahko uspešen. Tako je pri metu na koš pri košarki značilnost ohranjanja mase žoge, medtem ko se čas trajanja meta skrajšuje. Pri takšnih gibanjih naj bi odnos sila – prostorska variabilnost opisala narobe U – krivuljo. Ta krivulja naj bi vrh dosegla pri 60 – 70% maksimalne sile (Schmidt in Sherwood 1982). Glede na to, da je variabilnost odvisna od specifičnosti gibanja (Newell in James, 2008), je bil naš namen ugotoviti, kakšna je prostorska variabilnost in kako se spreminja z oddaljenostjo. V naši raziskavi žal ne vemo, koliko moči merjenci uporabijo pri metu iz določene razdalje, vendar je dejstvo, da jo z večanjem razdalje potrebujejo več. Predvidevamo, da je pri metu za tri točke v starostni kategoriji kadetov pri mnogih igralcih mišično naprežanje blizu maksimalnega. Zato smo pričakovali, da je prostorska variabilnost med meti povezana z razdaljo in da se bo z večanjem razdalje zniževala. Med razdaljami pri izmetu prihaja v smeri X in Y do največjih razlik pri tretji razdalji, medtem ko je SD pri prvi in drugi zelo podoben. Drugače je v smeri Z, kjer do največjih razlik prihaja pri prvi razdalji, kjer je SD tudi statistično značilno višji glede na drugo razdaljo. Omenjeno drži za vse segmente. Tako se SD pri izmetu z večanjem razdalje ne povečuje. Omenjeno je bilo ugotovljeno tudi pri izmetnih kotih v sklepkih, kjer se variabilnost z razdaljo ni povečevala (Robins idr., 2006), se pa je z razdaljo povečala izmetna variabilnost hitrosti segmentov (Miller, 2002).

Odstotek zadetih metov z razdaljo pada (Okazaki in Rodacki, 2012). Vendar ko pridemo do razdalje 6.75 m od koša, zadeti met znaša tri točke. Ugotovljeno je bilo, da ekipa, ki za tri točke meče 33% natančno, doseže enako število točk kot ekipa, ki meče 50% natančno iz območja, kjer so uspešni meti vredni dve točki (Lenz, 1997). Tako se poraja vprašanje, zakaj sploh metati iz t.i. polrazdalje oz. območja med poljem omejitve (raketo) in črto, ki označuje mete za tri točke, če je iz te oddaljenosti natančnost bistveno nižja od krajših razdalj ter je hkrati ovrednotena samo z dvema točkama. Tega se zavedajo tudi trenerji, saj statistični podatki kažejo, da je od vseh metov na tekmi izvedenih samo 11.5% iz tega območja (Lenz, 1997). To je pokazala tudi statistična analiza, narejena na tekmah 1. Slovenske lige in Evrolige (Erčulj in Štrumbelj, 2013), kot tudi študentske lige (Pomeroy, 2008). Posledično se tudi na treningih, met iz tega območja najmanj trenira (Lenz, 1997). Nekateri so celo mnenja, da so meti iz polrazdalje najmanj učinkoviti meti, katerih bi se morali igralci v celoti izogibati (Paine, 2012). Če omenjeno drži tudi pri igralcih, vključenih v našo raziskavo nam podatki razkrivajo odgovor na

ključno vprašanje. In sicer ali je večja variabilnost značilnost bolj ali manj avtomatiziranih gibalnih akcij? Logično je pričakovati, da večji kot so premiki segmentov v prostoru večji bo tudi SD. Vendar se je zanimivo pokazalo, da je v trenutku izmeta SD v vseh treh smereh najnižji pri drugi razdalji. Tu namreč premiki v nobeni smeri niso največji. Enako potrjuje tudi SD dlani med metom (Slika 26), kjer lahko opazimo, da je povprečni SD in njegov 95% interval zaupanja v pripravljalni fazi pri prvi razdalji največji in to v vseh treh smereh. Po izmetu pa je največji pri tretji razdalji. Glede na to, da se mete iz druge razdalje verjetno najmanj trenira, so to posledično najmanj avtomatizirana gibanja, kar enačimo z manjšimi izkušnjami in posledično to pripelje do nižje variabilnosti. Tako prostorska variabilnost pritrjuje teoriji, ki zagovarja tezo, da večja variabilnost omogoči večjo fleksibilnost gibalnemu sistemu (Barratt, Vonk Noordegraaf in Morrison, 2008; Bartlett idr., 2007). S tem igralci pri izvajanju določenega giba koristijo variabilnost v funkcionalne namene, ki jim omogoča večje možnosti za izvedbo le – tega. To je dobrodošlo tudi glede na dejstvo, da je košarka situacijska igra, kjer pri metu iz skoka ni standardiziranih pogojev. Tako lahko s fleksibilnostjo lažje zagotovijo vsem kriterijam okolja.

Deveta delovna hipoteza (H9) pravi, da se bo prostorska variabilnost segmentov izmetne roke pri izmetu z oddaljevanjem od koša zniževala. Glede na rezultate, podane v Preglednici 14, omenjeno hipotezo zavrnamo. Prav tako zavrnamo del hipoteze, ki se nanaša na navor mišic iztegovalk komolca, saj ni bila ugotovljena nobena povezava.

Izbrane spremenljivke so se redko povezovale s spremenljivkami pridobljenimi iz pritiskovne plošče. S spremenljivkami, vezanimi na navor zapestja se je pokazalo več povezav. Šlo je predvsem za povezanost s povprečnimi premiki CTT v smeri X iz prve in druge razdalje ter s premiki segmentov izmetne roke v smeri X, vendar le pri prvi razdalji. Spremenljivka, s katero se je pokazalo največ povezanosti, je kot maksimalnega navora iztegovalk komolca. Povezave kažejo, da igralci, ki imajo kot maksimalnega navora iztegovalk komolca pri večji iztegnitvi, imajo v trenutku izmeta najmanjše premike v smeri X (tako CTT kot segmente izmetne roke) ter pri prvi razdalji manjši odmik v levo. Igralci z omenjeno značilnostjo imajo tudi ramensko os v transverzalni ravnini manj zarotirano pri drugi razdalji in imajo izmetno hitrost v smeri Y nižjo pri vseh treh razdaljah. Ker so v raziskavo vključeni samo uspešni meti, težko govorimo, kakšne lastnosti privedejo k večji natančnosti. Vendar iz strokovnega vidika in vidika košarkarskih pravil lahko zaključimo, da so v prednosti igralci, ki imajo kot maksimalnega navora iztegovalk komolca pri večji iztegnitvi v komolčnem sklepu.

Kot najpomembnejše dejavnike uspešnega meta lahko izpostavimo izmetno višino, izmetno hitrost in izmetni kot žoge (Brancazio, 1981; Miller in Bartlett, 1996). Večanje izmetnega kota



dovoljuje večje vertikalne napake vendar se hkrati dovoljena horizontalna napaka znižuje. Tako lahko razberemo, da ima večji ali nižji izmetni kot svoje prednosti in svoje slabosti. Z večanjem razdalje se izmetni kot žoge praviloma znižuje (Miller in Bartlett, 1996; Okazaki in Rodacki, 2012; Satern, 1993), prav tako se znižuje izmetna višina (Okazaki in Rodacki, 2012), medtem ko izmetna hitrost žoge z razdaljo narašča (Miller in Bartlett, 1996). Z večanjem oddaljenosti od koša se vertikalni (Miller in Bartlett, 1993) in horizontalni namišljeni kot na obroč zmanjšuje (Okazaki in Rodacki, 2012), medtem ko se pot žoge do obroča povečuje (Satern, 1993; Walters idr., 1990). Vstopni kot žoge skozi obroč je odvisen od izmentega kota in izmetne hitrosti in je eden izmed ključnih faktorjev, ki odloča o tem ali bo met uspešen. Vertikalni vstopni kot žoge na obroč omogoča največje odstopanje. Ta se z zmanjševanjem kota spreminja v elipso do kota, ko je premer žoge večji od navideznega premera obroča (Slika 1). Da pa žoga vstopi v obroč pod večjim kotom je potreben večji izmetni kot, ki terja večjo izmetno hitrost. Pri takšnem metu žoga naredi večjo pot, v primerjavi z nižjim izmetom, kjer so mogoče večje napake. Vendar so te napake manj škodljive za uspešnost meta kot manjši izmetni kot (Miller in Bartlett, 1993). Optimalni izmetni kot žoge pri razdalji 4.57 m naj bi znašal 52 – 55° (Hay, 1994). Rezultati meritev, izvedenih na branilcih kažejo, da izmetni kot žoge iz razdalje 2.74 m znaša 55°, iz razdalje 4.57 znaša 52°, iz razdalje 6.4 m pa 50° (Miller in Bartlett, 1996). Izmetni kot žoge, ki je eden izmed ključnih faktorjev uspešnosti meta, se tako z večanjem razdalje zmanjšuje.

Ker se izmetni pogoji z razdaljo spreminjajo, se morajo posledično prilagajati tudi gibalni vzorci. Rezultati naloge omogočajo nazorno predstavitev gibalnih vzorcev (tehnike) pri metu iz skoka v starostni kategoriji kadetov, ter kako se le – ti spreminjajo z večanjem oddaljenosti od koša. Te ugotovitve so pomemben znanstveni doprinos pričujoče raziskave. Ugotovili smo, da kadeti, na igralnem mestu branilec, omenjene spremenjene izmetne pogoje rašujejo na sledeče načine. Pri metu za tri točke, so se pokazali največji odmiki segmentov kot tudi CTT, kar pomeni, da igralci skačejo najbolj v levo. Pri tej razdalji so se pokazale največje rotacije ramenske in kolčne osi v transverzalni ravnini. Pri tretji razdalji je prišlo tudi do PDP spodnjih okončin (pri krajših razdaljah ne), kjer pride do izmeta v fazi dvigovanja. Poudarjene so spremembe, katerim pripisujemo največje zasluge, za omogočanje natančnosti metov tudi iz večjih razdalj.

Ker smo za našo raziskavo izbrali homogen vzorec merjencev, ne moremo govoriti, kakšna je razlika v variabilnosti med bolj ali manj izkušenimi (kakovostnimi) igralci. Prav tako ne moremo govoriti, kakšna je variabilnost pri neuspešnih metih, saj smo v analizo vzeli samo zadete mete. Omenjeno velja tudi pri opazovanju kinematičnih parametrov. Vendar se glede na statistične podatke (Lenz, 1997; Erčulj in Štrumbelj, 2013; Pomeroy, 2008) in poročevanja trenerjev, met iz druge razdalje najmanjkrat izvede na tekmah kot na treningih. Na podlagi teh dejstev, kot tudi

prostorske variabilnosti lahko zaključimo, da je variabilnost odvisna od stopnje treniranosti. Večja prostorska variabilnost je po vsej verjetnosti lastnost metov, ki se jih na treningih in tekmah večkrat izvaja. Tako je omenjena variabilnost ob hkratni uspešnosti (natančnosti) metov zaželena lastnost, saj se izmetni pogoji v igralnih okoliščinah nenehno spreminjajo in terjajo prilagoditve tudi v smislu kinematike meta (različne razdalje meta, oviranje obrabnega igralca, različne tehnike metov, ki so posledica različnih igralnih situacij,...). Hkrati v "škodo" metov iz druge razdalje, če predpostavimo, da je to razdalja, iz katere se najmanjkrat meče, ne kaže samo variabilnost, temveč tudi drugi kinematični parametri. Pri metih iz te razdalje se ne pri rokah ne pri nogah ni pokazal PDP. Prav tako je čas prehoda maksimalnih kotnih hitrosti med nogami in rokami največji, medtem ko naj bi se ta z izkušnjami skrajševal. Iz vidika vseh parametrov, ki so bili predstavljeni v rezultatih lahko vidimo, da ima vsak met svoje značilnosti.

Strokovna javnost že dolgo opozarja na koordinirano in ritmično izvedbo meta iz skoka. Met mora biti izveden tekoče in usklajeno. Omenja se tudi zaporednost gibanja pri katerem morajo posamezne faze potekati v točno določenem časovnem zaporedju. Kakšno je to zaporedje in kaj pomeni usklajeno gibanje pa ni nikjer točno zapisano. V naši nalogi pa se razkrivajo smernice, ki bodo morda pomagale najti ustrezen odgovor na to vprašanje. To koordinirano in usklajeno gibanje se pri tretji razdalji izraža v PDP spodnjih udov ter odvisnosti med komolčnim in zapestnim sklepom izmetnega kota. Še zlasti PDP spodnjih udov, kjer se izmet zgodi v fazi dvigovanja, ponuja nov fokus o razporeditvi vlog spodnjih in zgornjih udov, ki pripomorejo pri natančnosti metov za tri točke.

Tako imajo rezultati disertacije uporabno vrednost tudi za prakso. Ugotovitve so zelo pomembne za trenerje mladih igralcev, ki morajo biti seznanjeni s prilagojeno tehniko in hkrati to dejstvo upoštevati tudi pri treniranju mladih košarkarjev. Rezultati natančno prikazujejo, katere so glavne značilnosti meta iz skoka ter kako kadeti premagujejo povečevanje razdalje ob hkratnem zagotavljanju natančnosti. Trenerjem jasno prikazuje, na katere elemente je potrebno dati poudarek pri učenju meta iz skoka iz večjih razdalj. Sicer je trening meta na koš prilagojen strategiji in taktiki posamezne ekipe, vendar priporočamo, da se met iz skoka trenira iz vseh razdalj in položajev, še zlasti pri igralcih nižjih starostnih kategorij.

Včasih je veljalo, da je konsistentnost metov povezana z natančnostjo in da je za zagotavljanje maksimalne natančnosti potrebno zgraditi in proizvesti uspešen gibalni vzorec pri vsakem metu (Higgins in Speath, 1972). Enaka priporočila je mogoče zaslediti tudi v strokovni literaturi (Wissel, 1994), saj trenerji zagovarjajo ohranjanje gibalnih vzorcev. To nakazuje na to, da je za natančna gibanja značilna visoka ponovljivost gibalnih vzorcev med meti. Iz tega se sklepa, da

vsak odklon od ustaljenega gibalnega vzorca povzroča nenatančnost meta. Vendar naši rezultati kažejo, da pri metu na koš v starostni kategoriji kadetov temu ni tako, saj se tako kinematični parametri segmentov kot prostorska variabilnost z razdaljo spreminjajo. Se pa te spremembe z večanjem oddaljenosti ne spreminjajo enakomerno. Z drugimi besedami, če bo nek parameter pri drugi razdalji nižji kot pri prvi, to še ne pomeni, da bo še nižji pri tretji razdalji. Ali do tega prihaja zaradi dejstva, da so merjenci mladi košarkarji, ki še nimajo polno razvite mišične moči težko rečemo. Odgovor na to vprašanje bi dobili, če bi tovrstno študijo izvedli na vrhunskih odraslih košarkarjih.

## 6 SKLEP

Met na koš je eden najbolj pomembnih in najpogosteje uporabljenih elementov košarkarske igre (Hay, 1994; Wissel, 2004), met iz skoka pa so označil za najpomembnejšega od vseh metov v košarki (Hess, 1980, v Tsai, Ho, Lii in Huang, 2006). Je kompleksen in tehnično zahteven met pri katerem vržemo žogo na koš v zraku. Če želimo, da bo uspešen, je potrebno v trenutku izmeta zagotoviti kar najbolj optimalne pogoje. Zagotavljanje le – teh pa je odvisno od tehnike meta na koš. Dokazano je, da košarkarji niso zmožni ohranjati enake izmetne pogoje žoge pri metih iz različnih razdalj, saj se z večanjem razdalje znižuje izmetni kot žoge in izmetna višina žoge (Miller in Bartlett, 1996; Okazaki in Rodacki, 2012; Satern, 1993), medtem ko se izmetna hitrost žoge povečuje (Miller in Bartlett, 1996). Zato se tudi gibalni vzorci spreminjajo. Ker pa je tehnika meta na koš povezana z močjo košarkarja (Justin idr., 2006; Kauranen idr., 1998; Sklerynk in Bedingfield, 1985; Tang in Shung, 2005; Woolstenhulme idr., 2004) smo sklepali, da se ti gibalni vzorci med razdaljami spreminjajo in da je to še posebej poudarjeno pri mlajših košarkarjih, ki hkrati še niso bili predmet obravnave v dosedanjih raziskavah. To je bil tudi razlog, da smo v vzorec merjencev zajeli kakovostne 15 in 16 letne košarkarje, ki imajo sicer že dobro razvito tehniko meta, nimajo pa še polno razvitega mišičnega sistema in so zato telesno šibkejši od odraslih košarkarjev.

Met iz skoka je dinamična spretnost, ki zahteva precejšnjo natančnost. Omenjeno natančnost zagotavlja gibanje pri metu, ki je eden od najbolj pomembnih in temeljnih faktorjev, ki vplivajo na izmetne pogoje. Ker je to gibanje večsegmentno, mora metalec uskladiti več segmentov, tako časovno kot prostorsko, da zagotovi uspešnost meta (Chiang in Liu, 2006). Glede na to, da smo v raziskavo vključili samo zadete mete in da smo imeli homogen vzorec merjencev, je bila naš cilj ugotoviti, kakšni so gibalni vzorci pri specifičnem vzorcu ter kako se spreminjajo glede na oddaljenost od koša. Takšna raziskava, narejena na vzorcu kakovostnih kadetskih igralcev, ki igrajo na igralnem mestu branilec, daje vpogled, kaj se dogaja s kinematičnimi parametri pri metu na koš glede na različno oddaljenost od koša. Pri tem je še posebej potrebno poudariti met iz razdalje 6.75 m, ki po spremembi pravil leta 2010, velja kot met za tri točke. Pred tem so se košarkarji le redko odločali za met iz te razdalje, po spremembi pravil pa so postali meti iz takšne razdalje zelo pogosti. To velja tudi za mlajše starostne kategorije, pri katerih je problematika prilagajanja tehnike pri metih iz velike razdalje zaradi manj razvite mišične moči še bolj izrazita.

Kljub homogenosti vzorca (isto igralno mesto, podobne telesne značilnosti, majhne razlike v starosti) je med merjenci prisoten relativno velik standardni odklon. To pomeni, da obstajajo razlike med merjenci in da ima večina posameznikov svoj način metanja. Te so lahko posledica različnih dolžin segmentov zgornjega dela telesa (Kornecki, Lenart in Siemieński, 2002), notranje dinamike (Kelso, 1995), izkušnje posameznika (Okazaki, Okazaki, Rodacki in Lima, 2009) in verjetno tudi drugih dejavnikov. Ker pa smo v vzorec vzeli po izkušnjah in telesni specifikaciji podobne merjence, nam podatki razkrivajo smernice, ki ponazarjajo razlike med meti iz različne oddaljenosti. Ugotovljene so bile naslednje strategije: 1) povečan odmik (skok) v levo stran (ob predpostavki da igralci mečejo z desno roko) pri tretji razdalji, 2) izmet se zgodi na različni stopnji krivulje leta centralnega težišča telesa, saj se pri metu iz prve razdalje ta zgodi po dosegu maksimalne višine, pri drugi razdalji je prišlo do izmeta v najvišji točki skoka, pri metu iz tretje razdalje pa še preden je igralec dosegel najvišjo točko skoka, 3) rotacija ramenske in kolčne osi v transverzalni ravnini je največja pri tretji razdalji, 4) največ povezav je bilo ugotovljenih s kotom največjega navora iztegovalk komolca, še zlasti z izmetnem položaju segmentov desne roke, 5) odvisnost (kovarianca) izmetnega kota komolčnega in zapestnega sklepa pri tretji razdalji, 6) proksimalno – distalni princip maksimalnih kotnih hitrosti je odvisen od razdalje, saj je pri prvi razdalji ta princip upoštevan pri izmetni roki, pri tretji razdalji pa pri nogah, 7) prostorska variabilnost se z distalnimi deli in z večanjem oddaljenosti od koša ne povečuje.

Pomembno je opozoriti, da je pri dosedanjih raziskavah, ki so obravnavale kinematiko meta potrebno biti pozoren, kaj je predmet opazovanja. V večini raziskavah se osredotočijo na izmetne pogoje žoge, medtem ko se v nekaterih raziskavah na izmetne pogoje segmentov človeškega telesa. Tudi pri opazovanju variabilnosti je potrebno biti pozoren na isto stvar, saj se tudi tu lahko opazuje variabilnost parametrov vrženega projektila ali pa variabilnost parametrov segmenta. Večkrat je predmet raziskovanja variabilnost izmetnih parametrov žoge, medtem ko jo variabilnosti segmentov meta na koš le redko preučevana.

Kljub skrbno načrtovanemu protokolu meritev, pa se po analiziranju podatkov postavlja vprašanje, kaj bi lahko naredili drugače. Začetni del meta je bil prepuščen izbiri merjencev. Tako so se lahko odločili ali bodo met začeli z rahlim zakorakom ali brez. S tem smo merjencem omogočili naravno tehniko (Miller in Bartlett, 1996), katero verjetno na tekmah tudi pogosteje uporabljajo. Vendar pa različen začetek meta verjetno vpliva na same začetne vrednosti parametrov. Namreč pri meru iz zakoraka smo za začetek vzeli trenutek, ko se zadnja noga priključi h stojni (levi) nogi. V tem trenutku se že dogodijo določene spremembe, ki so drugačne kot pri drugem načinu meta na koš. Omenjeno je potrebno upoštevati pri interpretaciji rezultatov

v začetni fazi meta. Za voljo standardizacije pogojev, kjer bi rezultati točno opisali določeno gibanje, bi bilo verjetno bolje natančno določiti začetni položaj, čeprav ima tudi to svoje slabosti. Glede na to, da so se merjenci na začetku odločili, na kakšen način bodo izvedli met in ga nato tako izvajali iz vseh treh razdalj, je razlika v rezultatih enaka in tako ne vpliva na primerjavo podatkov med razdaljami. Kot glavno omejitev pričujoče raziskave vidimo v tem, da merilna tehnologija, s katero smo zajemali podatke, ne meri parametre prstov na roki, ki so zadnji segment, ki deluje neposredno na žogo. Posledično so tako pomemben člen v kinematični verigi pri metu na koš. Pomembno se je zavedati, da tako sama merilna naprava kot tudi sam protokol meritev (merjenje antropometričnih spremenljivk, postavitev senzorjev, položaj kalibracije...) vsebuje določeno stopnjo napake. Vendar je napaka enaka ne glede na razdaljo iz katere se meče. Ker pa je opazovanje razlik med razdaljami meta na koš naš poglavitni cilj, smatramo, da naloga iz tega vidika podaja verodostojne in zanesljive rezultate.

Da smo odkrili zelo malo povezav z mišično jakostjo rok in odzivno močjo nog je na prvi pogled nekoliko presenetljivo. Razloge za to pripisujemo dejstvu, da smo imeli zelo homogen vzorec. Udeleženci raziskave so pripadali isti starostni kategoriji in istemu tipu igralcev (branilcev), ki so si po telesni konstituciji zelo podobni. Po našem mnenju je predvsem to razlog, da nismo ugotovili razlik pri strategijah gibalnih vzorcev meta na koš glede na moč. Da se z odzivno močjo ni pokazala nobena povezanost je verjetno posledica tega, da so merjenci na pritiskovni plošči izvajali klasični CMJ brez gibanja rok. Znano je namreč, da pri metu iz skoka roke opravljajo delo, ki lahko omogočajo doseganje višje skočne višine (Hara, Shibayama, Takeshita in Fukashiro, 2006). To se je tudi pokazalo na študiji 20 mladih igralcev (povprečna starost  $18.4 \pm 1.3$  let), kjer so bili rezultati (odrivni čas, maksimalna odzivna moč, povprečna odzivna moč, maksimalna doskočna sila) pri metu na koš boljši kot pri samemu skoku z nasprotnim gibanjem (Struzik, Pietraszewski in Zawadzki, 2014). V naši raziskavi so meritve na izokinetičnem dinamometru potekale pri  $60^\circ/\text{s}$ . Tako z maksimalno močjo iztegovalk komolca nismo ugotovili povezave z spremenljivkami pri tretji razdalji. Tudi Tang in Shung (2005) nista odkrila nobene povezave med maksimalno močjo iztegovalk komolca in metov iz večjih razdalj pri kotni hitrosti  $60^\circ/\text{s}$ . Odkrila pa sta jo pri kotni hitrosti  $180^\circ/\text{s}$  in  $300^\circ/\text{s}$ . V bodoče bi bilo smotrno preveriti, če se pri omenjenih hitrostih pojavi povezava med maksimalnim navorom iztegovalk komolca ter spremenljivkami, izbranimi v tej raziskavi. Glede na naš vzorec merjencev bi bilo prav tako zanimivo pogledati, kako se ti vzorci gibanja ohranijo oziroma spremenijo pri starejših kvalitetnih košarkarjih, kjer je že prišlo do polnega razvoja telesnih sistemov, tako v strukturnem kot funkcionalnem pomenu. Priporočljiva bi bile tudi hkratna analiza z elektromiografijo (EMG), ki bi podajala še natančnejše informacije o mišični aktivnosti pri metih iz različnih razdalj. Ker so bili v raziskavo vključeni najboljši slovenski branilci,

pričakujemo, da bo nekaterim merjencem uspel tudi preboj v najkvalitetnejše lige v članski kategoriji. Če se bo takrat enake meritve opravilo na omenjenih igralcih, verjamemo, da bo raziskava v tem primeru še pridobila na veljavi.

## 7 VIRI

Anderson, R., Breen, S. in Tucker, C. (2008). Movement variability: A comparison between novice, experienced and elite performers. V *26 International Conference on Biomechanics in Sport* (str. 542–545). Seoul.

Bartlett, R. M., Wheat, J. in Robins, M. T. (2007). Is movement variability important for sports biomechanists. *Sports Biomechanics*, 6(2), 224–243.

Barratt, R., Vonk Noordegraaf, M. in Morrison, S. (2008). Gender differences in the variability of lower extremity kinematics during treadmill locomotion. *Journal of Motor Behavior*, 40(1), 62–70.

Behan, M. in Wilson, M. (2008). State anxiety and visual attention: The role of the quiet eye period in aiming to a far target. *Journal of Sport Sciences*, 26(2), 207–215.

Bernstein, N. (1967). *The Coordination and Regulation of Movement*. London: Pergamon Press.

Bobbert, M. F. in van Ingen Schenau, G. J. (1988). Coordination in vertical jumping. *Journal of Biomechanics*, 21(3), 249–262.

Bojan, M. (1987). *Analiza preciznosti pri metu na koš*. Diplomsko delo, Ljubljana: Univerza Edvarda Kardelja v Ljubljani, Fakulteta za telesno kulturo.

Bootsma, R. J. in Van Wieringen, P. C. W. (1990). Timing an attacking forehand drive in table tennis. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 16, 21–29.

Bračič, M. (2010). *Biodinamične razlike v vertikalnem skoku z nasprotnim gibanjem in bilateralni deficit pri vrhunskih sprinterjih*. Doktorska disertacija, Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za šport.

Brancazio, P. J. (1981). Physics of basketball. *American Journal of Physics*, 48, 356–365.

Brisson, T. A. in Alain, C. (1996). Should common optimal movement patterns be identified as a criterion to be achieved? *Journal of Motor Behavior*, 2(3), 211–223.



Bunne, J. W. (1972). *Scientific principles of coaching*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, inc.

Button, C., MacLeod, M., Sanders, R. in Coleman, S. (2003). Examining movement variability in the basketball free-throw action at different skill levels. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 74(3), 257–269.

Calvo, A. L., Gómez Ruano, M. A., Ortega Toro, E., Ibañez Godoy, S. J. in Sampaio, J. (2010). Game related statistics which discriminate between winning and losing under-16 male basketball games. *Journal of Sports Science and Medicine*, 9(4), 664–668.

Carroll, T. J., Carson, R. G. in Riek, S. (2001). Neural adaptations to resistance training. Implications for movement control. *Sports Medicine*, 31(12), 829–40.

Carter, J. E. L., Ackland, T. R., Kerr, D. A. in Stapff, A. B. (2005). Somatotype and size of elite female basketball players. *Journal of Sports Sciences*, 23(10), 1057–1063.

Chapman, A., Vicenzio, B., Blanch, P. in Hodges, P. (2009). Do differences in muscle recruitment between novice and elite cyclists reflect different movement patterns or less skilled muscle recruitment. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 12, 31–34.

Chiang, H. Y. in Liu, Y. (2006). Coordination of basketball shooting movement of different skill level players. V 24 *International Symposium on Biomechanics in Sports* (str. 1–4). Salzburg.

Chow, J. Y., Davids, K., Button, C. in Koh, M. (2007). Variation in coordination of a discrete multi – articular action as a function of skill level. *Journal of Motor Behavior*, 39, 463–479.

Chow, J. Y., Davids, K., Button, C. in Koh, M. (2008). Coordination changes in a discrete multi – articular action as a function of practice. *Acta Psychologica*, 127, 163–176.

Christgau, J. (1999). *The origins of the jump shot: eight men who shook the world of basketball*. Lincoln: University of Nebraska Press.

Cleland, J. (1866). On the actions of muscles passing over more than one joint. *Journal of Anatomical Physiology*, 1(1), 85–93.

Csataljay, G., O'Donoghue, P., Hughes, M. in Dancs, H. (2009). Performance indicators that distinguish winning and losing teams in basketball. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 9(1), 60–66.

Darling, W. G. in Cooke, D. (1987). Changes in the variability of movement trajectories with practice. *Journal of Motor Behavior*, 19(3), 291–309.

Dežman, B. (2000). *Košarka za mlade igralce in igrake*. Ljubljana: Fakulteta za šport, Inštitut za šport.

Dežman, B., Trninić, S. in Dizdar, D. (2001). Models of expert system and decision-making systems for efficient assessment of potential and actual quality of basketball players. *Kinesiology*, 2(33), 207–215.

Diehl, D., Tant, C. L., Emmons S. in Osborn, R. (1993). A comparison of the basketball set shot and jump shot at two different distances. V *18 International Symposium on Biomechanics in Sports* (str. 309–312). Amherst.

Dierks, T. A. in Davis, I. (2007). Discrete and continuous joint coupling relationship in uninjured recreational runners. *Clinical Biomechanics*, 22(5), 581–591.

Elliott, B. (1992). A kinematic comparison of the male and female two – point and three – point jump shots in basketball. *Australian Journal of Science and Medicine in Sport*, 24 (4), 111–118.

Elliott, B. in White, E. (1989). A kinematic and kinetic analysis of the female two point and three point jump shots in basketball. *The Australian Journal of Science and Medicine in Sport*, 21(2), 7–11.

Enoka, R. (1994). *Neuromechanical basis of Kinesiology*, 2nd ed. Champaign (IL): Human Kinetics.

Erčulj, F. (1998). *Morfološko-motorični potencial in igralna učinkovitost mladih košarkarskih reprezentanc Slovenije*. Doktorska disertacija, Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za šport.

Erčulj, F. in Bračič, M. (2010). Differences between various types of elite young female basketball players in terms of their morphological characteristics. *Kinesiologia Slovenica*, 16(1/2), 51–60.

Erčulj, F., Marković, M., Štrumbelj, E. in Jakovljević, S. (2014). Analiza vpliva kinematičnih parametrov meta na koš s pomočjo “pametne žoge”. *Šport*, 62(3-4), 134–140.

Erčulj, F. in Supej, M. (2006). Vpliv utrujenosti na natančnost pri metu na koš iz velike razdalje. *Šport*, 54(4), 22–26.

Erčulj, F. in Štrumbelj, E. (2013). Analiza izvedbe metov na koš v Evroligi in 1. Slovenski ligi. *Šport*, 61(3/4), 83–88.

Ferreira, A., Fernandes O. in Abrantes, J. (1996). Kinematic analysis of basketball shooting. Preliminary results. V *14 International Symposium on Biomechanics in Sports* (str. 471–474). Funchal.

Fetters, L. (2010). Perspective on variability in the development of human action. *Physical Therapy*, 90(12), 1860–1867.

Filippi, A. (2011). *Shoot like the pros. The road to a successful shooting technique*. Illinois: Triumph Books.

Fitts, P. M. (1954). The information capacity of the human motor system in controlling the amplitude of movement. *Journal of Experimental Psychology*, 47(6), 381–391.

Fitts, P. M. in Posner, M., I. (1967). *Human performance*. Belmont, CA: Brooks/Cole.

Fontanella, J. J. (2006). *The physics of basketball*. Baltimore: The Johns Hopkins University Press.

Fryer, T. (2011). 10 fundamentals for proper footwork. Pridobljeno 14. 01. 2015 iz <http://www.usab.com/youth/news/2011/06/10-fundamentals-for-proper-footwork.aspx>

Gabriel, D. A. (2002). Changes in kinematic and EMG variability while practicing a maximal performance task. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 12, 407–412.

Garcia, J., Ibáñez, S. J., Martinez De Santos, R., Leite, N. in Sampaio, J. (2013). Identifying basketball performance indicators in regular season and playoff games. *Journal of human kinetics*, 36(1), 161–168.

Glazier, P. in Davids, K. (2005). Is there such a thing as a „perfect“ golf swing?. Pridobljeno 10. 08. 2012 iz [http://www.sweatpit.com/forum/ubbthreads.php?ubb=golf\\_swing](http://www.sweatpit.com/forum/ubbthreads.php?ubb=golf_swing)

Hamill, J., van Emmerik, R. E. A., Heiderscheit, B. C. in Li, L. (1999). A dynamical systems approach to lower extremity running injuries. *Clinical Biomechanics*, 14, 297–308.

Hara, M., Shibayama, A., Takeshita, D. in Fukashiro, S. (2006). The effect of arm swing on lower extremities in vertical jumping. *Journal of Biomechanics*, 39(13), 2503–2511.

Harle, S. K. in Vickers, J. N. (2001). Training Quiet Eye Improves Accuracy in the Basketball Free Throw. *The Sport Psychologist*, 15, 289–305.

Hartyani, Z. (2000). Basketball for Everyone. Munchen, FIBA (International Basketball Federation).

Hay, J. G. (1994). *The Biomechanics of Sports Techniques*. Englewood Cliffs, N. J.: Prentice–Hall.

Heiderscheit, B. C. (2000). Movement variability as a clinical measure of locomotion. *Journal of Applied Biomechanics*, 16, 419–427.

Hidrian, A. (2010). The basketball set shot. *Kinesiology II.4 – Human movement analysis*, Pridobljeno 3. 6. 2011, iz <http://www.scribd.com/doc/26028188/Human-Movement-Analysis-Basketball-Set-Shot>

Higgins, J. R. in Spaeth, R. K. (1972). Relationship between consistency of movement and environmental condition. *Quest*, 17, 61–69.

Hirashima, M., Yamane, K., Nakamura, Y. in Ohtsuki, T. (2008). Kinetic chain of overarm throwing in terms of joint rotations revealed by induced acceleration analysis. *Journal of Biomechanics*, 41, 2874–2883.

Hogan, N. (1985). The mechanics of multi – joint posture and movement control. *Biological Cybernetics*, 52(5), 315–331.

Hudson, J. L. (1985). Prediction of basketball skill using biomechanical variables. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 56(2), 115–121.

Hudson, J. L. (1986). Coordination of segments in the vertical jump. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 18(2), 24–251.

Ingram, B. In Snowden, S. (1989). Face up to good shooting technique. *Scholastic Coach*, 59, 58-59.

Janelle, C. M. (2002). Anxiety, arousal and visual attention: a mechanistic account of performance variability. *Journal of Sport Sciences*, 20, 237–251.

Jasiewicz, J. in Simmons, R. W. (1996). Response timing accuracy as a function of movement velocity and distance. *Journal of Motor Behavior*, 28, 224–232.

Jegede, E., Watts, S., Stitt, L. in Hore, J. (2005). Timing of ball release on overarm throws affects ball speed in unskilled but not skilled individuals. *Journal of Sports Sciences*, 23, 805–816.

Jovanović-Golubović, D. in Jovanović, I. (2003). *Antropološke osnove košarke*. Niš: Univerzitet u Nišu, Fakultet fizičke kulture.

Justin, I., Strojnik, V. in Šarabon, N. (2006). Vpliv povečanja maksimalne moči iztegovalk kromolca na sposobnost natančnega zadevanja pri metu pikada in metu za tri točke v košarki. *Šport*, 54(2), 51–55.

Karalejić, M. in Jakovljević, S. (2008). *Teorija i metodika košarke*. Beograd: Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja Beograd.

Kauranen, K. J., Siira, P. T. in Vanharanta, H. V. (1998). A 10-week strength training program: effect on the motor performance of an unimpaired upper extremity. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 79(8), 925–930.

Kelso, J. A. S. (1995). *Dynamic patterns: The self – organization of brain and behaviour*. Bradford: Cambridge.

Knudson, D. (1993). Biomechanics of the basketball jump shot – six key points. *Journal of Physical Education, Recreation and Dance*, 64, 67–73.

Kornecki, S., Lenart, I. in Siemieński, A. (2002). Dynamical analysis of basketball jump shot. *Biology of Sport*, 19(1), 73–90.

Krüger, A. in Edelman-Nusser, J. (2010). Application of a full body inertial measurement system in alpine skiing: A comparison with an optical video based system. *Journal of Applied Biomechanics*, 26, 516–521.

Lamb, P., Bartlett, R. in Robins, A. (2010). Self – Organising Maps: An Objective Method for Clustering Complex Human Movement. *International Journal of Computer Science in Sport*, 9(1), 20–29.

Lenz, D. (1997). What the three – point shot can do for you. *Coach & Athletic Director*, 24–26.

Li, L. (2000). Stability landscapes of walking and running near gait transition speed. *Journal of Applied Biomechanics*, 16, 428–435.

Li, L., Haddad, J. M. in Hamill, J. (2005). Stability and variability may respond differently to changes in walking speed. *Human Movement Science*, 24, 257–267.

Liu, S. in Burton, A. W. (1999). Changes in basketball shooting patterns as a function of distance. *Perceptual and Motor Skills*, 89, 831–845.

Lorenzo, A., Gómez, M. A., Ortega, E., Ibáñez, S. J. in Sampaio, J. (2010). Game related statistics which discriminate between winning and losing under – 16 male basketball games. *Journal of Sports Science and Medicine*, 9, 664–668.

Magill, R. A. (1985). *Motor Learning: Concepts and Applications*, 2nd ed. Dubuque: Brown Publishers.

Magill, R. A. (1993). *Motor Learning: Concepts and Applications*, 4th ed. Madison: WCB Brown&Benchmark.

Menzel, H. J. (1999). Movement pattern changes of basketball jump shooting in relation to distance based on the analysis of time courses. V *17 International Symposium on Biomechanics in Sports* (str. 85–89). Perth.

Michel, S. L., Zebas, C. J. in Potteiger, J. A. (1995). Effects of perceived neuromuscular fatigue on kinematic variables of the basketball jump shot. V *13 International Symposium on Biomechanics in Sports* (str. 105–108). Thunder Bay.

Miller, S. (1997). Contribution of selected muscles to basketball shooting. V *15 International Symposium on Biomechanics in Sports* (str. 475–481). Denton.

Miller, S. A. (2002). Variability in basketball shooting: practical implications. V Y. Hong (Ur.), *International Research in Sports Biomechanics* (str. 27–34). London: Routledge.

Miller, S. in Bartlett, R. (1992). The effects of increased distance on basketball shooting kinematics. V *10 International Symposium on Biomechanics in Sports* (str. 44–47). Milan.

Miller, S. in Bartlett, R. (1993). The effects of increased shooting distance in the basketball jump shot. *Journal of Sport Sciences*, *11*, 285–293.

Miller, S. in Bartlett, R. (1996). The relationship between basketball shooting kinematics, distance and playing position. *Journal of Sport Sciences*, *14*, 243–253.

Miller, S. A. in Jackson, S. L. (1995). Kinematic comparative analysis of the coordination pattern of the basketball free throw. V *13 International Symposium on Biomechanics in Sports* (str. 71–74). Ontario.

Muller, H. in Sternad, D. (2004). Decomposition of variability in the execution of goal-orientated tasks: three components of skill improvement. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *30*, 212–233.

Mullineaux, D. R. in Uhl, T. L. (2010). Coordination – variability and kinematics of misses versus swishes of basketball free-throws. *Journal of Sports Sciences*, *28*(9), 1017–1024.

MVN User Manual, Document MV0319P, Revision B, 26.05.2010.

Newell, K. M., Carlton, L. G. in Carlton, M. J. (1982). The relationship of impulse to response timing error. *Journal of Motor Behavior*, 14(1), 24–45.

Newell, K. M., Carlton, L. G., Carlton, M. J. in Halbert, J. A. (1980). Velocity as a factor in movement timing accuracy. *Journal of Motor Behavior*, 12, 47–56.

Newell, K. M., Carlton, L. G. in Hancock, P. A. (1984). Kinetic analysis of response variability. *Psychological Bulletin*, 96, 133–151.

Newell, K. M., Carlton, L. G. in Kim, S. (1994). Time and spacetime movement accuracy. *Human Performance*, 7(1), 1–21.

Newell, K. M., Carlton, L. G., Kim, S. in Chung, C. (1993). Space time accuracy of rapid movements. *Journal of Motor Behavior*, 25, 8–20.

Newell, K. M. in Corcos, D. M. (1993). *Variability and Motor Control*. Champaign, Illinois: Human Kinetics.

Newell, K. M., Hoshizaki, L. E. F., Carlton, M. J. in Halbert, J. A. (1979). Movement time and velocity as determinants of movement timing accuracy. *Journal of Motor Behavior*, 11, 49–58.

Newell, K. M. in James, E. G. (2008). The amount and structure of human movement variability. V Y. Hong in R. Bartlett (Ur.), *Handbook of Biomechanics and Human Movement Science* (str. 93–104). London: Routledge.

Oberle, C. D. (2010). Attentional style and susceptibility to distraction in novice and expert basketball players. *Journal of Sport and Recreation Research and Education*, 2(1), 1–7.

Official Basketball Rules 2010. (17. 4. 2010). Pridobljeno 20. 3. 2011, iz:  
<http://www.fiba.com/downloads/Rules/2010/OfficialBasketballRules2010.pdf>

Official Basketball Rules 2012. (29. 4. 2012). Pridobljeno 25. 3. 2013, iz:  
<http://www.fiba.com/downloads/Rules/2012/OfficialBasketballRules2012.pdf>



Okazaki, V. H. A., Okazaki, F. H. A. in Kopp, N. (2008). Temporal organization of arm movements in accurate throws. *Fédération Internationale D'éducation Physique*, 78, 625–626.

Okazaki, V. H. A., Okazaki, F. H. A, Rodacki, A. L. F. in Lima, A. C. (2009). Inter – individual variability in the temporal structure of the basketball shot. *Motriz: physical education journal*, 14, 831–841.

Okazaki, V. H. A., Okazaki, F. H. A., Sasaki, J. E. in Keller. B. (2007). Speed – accuracy relationship in basketball shoot. *The Fiep Bulletin*, 77, 745–747.

Okazaki, V. H. A. in Rodacki, A. L. F. (2005). Changes in Basketball Shooting Coordination in Children Performing With Diferent Balls. *Fédération Internationale D'éducation Physique*, 75(2), 368–371.

Okazacki, V. H. A. in Rodacki, A. L. F. (2012). Increased distance of shooting on basketball jump shot. *Journal of Sport Science and Medicine*, 11, 231–237.

Okazaki, V. H. A., Rodacki, A. L. F., Dezan, V. H. in Sarraf, T. A. (2006). Basketball jump shooting coordination performed by children and adults. *Brazilian Journal of Biomechanics*, 7, 15–22.

Oliveira, R. F., Oudejans, R. R. D. in Beek, P. J. (2008). Gaze Behavior in Basketball Shooting: Further Evidence for Online Visual Control. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 79(3), 1–6.

Oudejans, R. R. D., Karamat R. S. In Stolk, M. H. (2012). Effects of actions preceding the jump shot on gaze behavior and shooting performance in elite female basketball players. *International Journal of Sports Science and Coaching*, 7(2), 255–267.

Oudejans, R. R. D., Koedijker, J. M., Bleijendaal, I. in Bakker F. C. (2005). The education of attention in aiming at a far target: Training visual control in basketball jump shooting. *International Journal of Sport and Exercise Psychology*, 3, 197–221.

Oudejans, R. R. D., van de Langenberg, R. W. in Hutter, R. I. (2002). Aiming at a far target under different viewing conditions: Visual control in basketball jump shooting. *Human Movement Science*, 21, 457–480.

Paine, N. (2012). The value of inefficiency. Insider, Pridobljeno 10. 06. 2015 iz [http://insider.espn.go.com/nba/insider/story/\\_/id/7791774/nba-midrange-game-case-good-inefficiency](http://insider.espn.go.com/nba/insider/story/_/id/7791774/nba-midrange-game-case-good-inefficiency)

Palubinskas, E. (2004). The jump shot. *Fiba assist magazine*, 7, 6–11.

Pandy, M. G. in Zajac, F. E. (1991). Optimal muscular coordination strategies for jumping. *Journal of Biomechanics*, 24(1), 1–10.

Penrose, T. in Blanksby, B. (1976). Film analysis: Two methods of basketball jump shooting techniques by two groups of different ability levels. *The Australian Journal of Health, Physical Education and Recreation*, 15, 14–23.

Podmenik, N. (2010). *Vpliv uvedbe manjše in lažje žoge na natančnost meta na koš pri košarkaricah*. Diplomsko delo. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za šport.

Podmenik, N., Leskošek, B. in Erčulj, F. (2012). The Effect of Introducing a Smaller and Lighter Basketball on Female Basketball Players' Shot Accuracy. *Journal of Human Kinetics*, 31, 131–137.

Podmenik, N., Leskošek, B. in Erčulj, F. (2014). The impact of introducing a lighter and reduced – diameter basketball on shot performance in young female basketball players. *Kinesiology*, 46, 61–68.

Podmenik, N., Supej, M. In Erčulj, F. (2011). Kako se tehnika meta na koš spreminja glede na oddaljenost od koša. *Šport*, 59(3/4), 179–184.

Pomeroy, K. (2008). Shot selection. Basketball Prospectus, Pridobljeno 10. 06. 2015 iz <http://www.basketballprospectus.com/article.php?articleid=191>

Provins, K. A. (1957). Sensory factors in the voluntary application of pressure. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 9, 28–41.

Ravn, S., Voigt, M., Simonsen, E. B., Alkjær, T., Bojsen-Møller, F. in Klausen, K. (1999). Choice of jumping strategy in two standard jumps, squat and countermovement jump – effect of training background or inherited preference? *Scandinavian Journal of Medical Science and Sport*, 99(9), 201–208.

Rein, R., Davids, K. in Button, C. (2010). Adaptive and phase transition behaviour in performance of discrete multi – articular actions by degenerate neurobiological systems. *Experimental Brain Research*, 201, 307–322.

Reisman, U. (2008). *Gibalne strategije med skoki iz polčepa*. Magistrska naloga, Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za šport.

Riley, M. A. in Turvey, M. T. (2002). Variability and determinism in motor behavior. *Journal of Motor Behavior*, 34(2), 99–125.

Robins, M. T. (2013). *Constraints on movement variability during a discrete multi – articular action*. Doktorsko delo, South Yorkshire: Sheffield Hallam University.

Robins, M. T., Wheat, J., Irwin, G. in Bartlett, R. (2006). The effect of shooting distance on movement variability in basketball. *Journal of Human Movement Studies*, 50, 217–238.

Robins, M., Davids, K., Bartlett, R. in Wheat, J. S. (2008). Changes in compensatory variability as a function of task expertise and distance during basketball shooting. V *26 International Symposium on Biomechanics in Sports* (str. 473–476). Seoul.

Roetenberg, D., Luinge, H. in Slycke P. (2009). Xsens MVN: Full 6DOF human motion tracking using miniature inertial sensors. *Xsens Technologies*.

Rojas, F. M., Cepero, M., Onä, A. in Gutierrez, M. (2000). Kinematic adjustments in the basketball jump shot against an opponent. *Ergonomics*, 43(10), 1651–1660.

Satern, M. N. (1993). Kinematic parameters of basketball jump shots projected from varying distances. V *11 International Symposium on Biomechanics in Sports* (str. 313–317). Amherst.

Satti, S. (2004). *The Perfect Basketball Shot*. Neobjavljeno delo.

Schmidt, R. A. (1969a). Intra – limb specificity of motor response consistency. *Journal of Motor Behavior*, 1(2), 89–99.

Schmidt, R. A. (1969b). Consistency of response components as a function of selected motor variables. *Research Quarterly*, 40, 561–566.

Schmidt, R. A. (1991). *Motor Learning & Performance*. Illinois: Human Kinetics.

Schmidt, R. A. in Sherwood, D. E. (1982). An inverted – U relation between spatial error and force requirements in rapid limb movements. Further evidence for the impulse – variability model. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 8, 158–170.

Schmidt, R. A., Zelaznik, H. N., Hawkins, B., Frank, J. S. in Quinn, J. T. (1979). Motor – output variability: a theory for the accuracy of rapid motor acts. *Psychological Review*, 86, 415–451.

Sherwood, D. E. in Schmidt, R.A. (1980). The relationship between force and force variability in minimal and near – maximal static and dynamic contractions. *Journal of Motor Behavior*, 12(1), 75–89.

Sherwood, D. E., Schmidt, R. A. in Walter, C. B. (1988). The force/force – variability relationship under controlled temporal conditions. *Journal of Motor Behavior*, 20(2), 106–116.

Silverberg, L. M., Tran, C. M. in Adcock, M. F. (2003). Numerical analysis of the basketball shot. *Journal of Dynamic Systems, Measurement, and Control*, 125, 531–540.

Sklerynk, B. N. in Bedingfield, E. W. (1985). *Ball size and performance*. Neobjavljeno delo.

Stergiou, N., Harbourne, R. T. in Cavanaugh, P. T. (2006). Optimal movement variability: a new theoretical perspective for neurologic physical therapy. *Journal of Neurological Physical Therapy*, 30, 120–129.

Stimpson, P. (1986). *Basketball: The skills of the game*. London: Crowood Press.

Stodden, D. F. (2006). Facilitating the acquisition of complex ballistic motor skills: Promoting proximal or distal system perturbations? *Journal of Human movement studies*, 51, 197–220.

Stodden, D. F., Fleisig, G. S., McLean, S. P. in Andrews, J. R. (2005). Relationship of biomechanical factors to baseball pitching velocity: Within pitcher variation. *Journal of Applied Biomechanics*, 21, 44–56.

Struzik, A., Pietraszewski, B. in Zawadzki, J. (2014). Biomechanical analysis of the jump shot in basketball. *Journal of Human Kinetics*, 42, 73–79.

Supej, M. (2010). 3D measurements of alpine skiing with an inertial sensor motion capture suit and GNSS RTK system. *Journal of Sport Sciences*, 28(7), 759–769.

Supej, M. (2011). Nova metodologija 3D merjenja v športu s poudarkom na alpskem smučanju: MVN in RTK GNSS. *Šport*, 59(3), 171–178.

Supej, M. (2012). Moven 2 Excell [Računalniški program]. Ljubljana: izdano v samozaložbi.

Škof, B. (2007). *Šport po meri otrok in mladostnikov (pedagoško – psihološki in biološki vidiki kondicijske vadbe mladih)*. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za šport.

Štrumbelj, E., Vračar, P., Robnik Šikonja, M., Dežman, B. in Erčulj, F. (2011). Statistična analiza prednosti domačega igrišča in vplivov spremembe pravil v 1. A in 1. B slovenski moški košarkarski ligi. *Šport*, 59(3/4), 102–106.

Tang, W. T. in Shung, H. M. (2005). Relationship between isokinetic strength and shooting accuracy at different shooting ranges in Taiwanese elite high school basketball players. *Isokinetics and Exercise Science*, 13, 169–174.

Tran, C. M. in Silverberg, L. M. (2008). Optimal release conditions for the free throw in men's basketball. *Journal of Sports Sciences*, 26(11), 1147–1155.

Trninić, S. (1996). *Analiza i učenje košarkarske igre*. Pula: Vikta.

Tršinar, A. (1985). *Analiza rezultatov pri meritvah košarkarjev in košarkaric v nekaterih kinezioloških podprostorih*. Diplomsko delo, Ljubljana: Univerza Edvarda Kardelja, Fakulteta za telesno kulturo.

Tsai, C. Y., Ho, W. H., Lii, Y. K. in Huang, C. L. (2006). The kinematic analysis of basketball three point shoot after high intensity program. V *24 International Symposium on Biomechanics in Sports* (str. 276–279). Salzburg.

Touwen, B. C. L. (1993). How normal is variable, or how variable is normal? *Early Human Development*, *34*, 1–12.

Tufegdžić, T. (1983). *Analiza meta na koš*. Diplomsko delo, Ljubljana: Univerza Edvarda Kardelja v Ljubljani, Fakulteta za telesno kulturo.

Urbin, M. A., Stodden, D. F., Fischman, M. G. in Weimar, W. H. (2011). Impulse – variability theory: implications for ballistic, multijoint motor skill performance. *Journal of Motor Behavior*, *43*(3), 275–283.

Urbin, M. A., Stodden, D., Boros, R. in Shannos, D. (2012). Examining impulse – variability in overarm throwing. *Motor Control*, *16*(1), 19–30.

Ušaj, A. (1997). *Kratek pregled osnov športnega treniranja*. Ljubljana: Fakulteta za šport, Inštitut za šport.

Uygun, M., Goktepe, A., Ak, E., Karabork, H. in Korkusuz, F. (2010). The effect of fatigue on the kinematics of free throw shooting in basketball. *Journal of Human Kinetics*, *24*, 51–56.

van Emmerik, R. E. A. in van Wegen, E. E. H. (2000). On variability and stability in human movement. *Journal of Applied Biomechanics*, *16*, 394–406.

van Emmerik, R. E. A. in van Wegen, E. E. H. (2002). On the functional aspects of variability in postural control. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, *30*(4), 177–183.

Van Ingen Schenau, G. J., Bobbert, M. F. in Rozendal, R. H. (1987). The unique action of bi articular muscles in complex movements. *Journal of Anatomy*, *155*, 1–5.

Van Ingen Schenau, G. J., Bobbert, M. F. in van Soest, A. J. (1990). The unique Action of bi articular muscles in leg extensions. V J. M. Winters in S. L–Y. Woo (ur.), *Multiple muscle systems. Biomechanics and Movement Organization* (str. 639–652). New York: Springer – Verlag.

Vereijken, B., van Emmerik, R. E. A., Whiting, H. T. A. in Newell, K. (1992). Freezing degrees of freedom in skill acquisition. *Journal of Motor Behavior*, 24(1), 133–142.

Vickers, J. N. (2007). *Perception, Cognition and Decision Training: The Quiet Eye in Action*. Stanningley: Human Kinetics.

Vučković, A. (2012). *Biomehanska analiza meta iz skoka po predhodnem gibanju*. Diplomsko delo, Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za šport.

Walters, M., Hudson, J. in Bird, M. (1990). Kinematic adjustments in basketball shooting at three distances. V *8 International Symposium on Biomechanics in Sports* (str. 219–223). Prague.

Wells, R. P. (1988). Mechanical energy costs of human movement: An approach to evaluating the transfer possibilities of two – joint muscles. *Journal of Biomechanics*, 21(11), 955–964.

Wilson, C., Simpson, S., van Emmerik, R. E. A. in Hamill, J. (2008). Coordination variability and skill development in elite triple jumpers. *Sports Biomechanics*, 7(1), 2–9.

Wilson, M. R., Vine S. J., Wood, G. (2009). The Influence of Anxiety on Visual Attentional Control in Basketball Free Throw Shooting. *Journal of Sport & Exercise Psychology*, 31, 152–168.

Winter, D. A. (1984). Kinematic and kinetic patterns in human gait; variability and compensating effects. *Human Movement Science*, 3, 51–76.

Wissel, H. (2004). *Basketball: Steps to success*. Campaign: Human Kinetics.

Woo, B. H., Kim, C. W. in Lim, Y. K. (2007). Variability of basketball free throw. *Journal of Biomechanics*, 40, 763–767.

Woodworth, R. S. (1899). The accuracy of voluntary movement. *Psychological Review*, 3, 1–119.

Woolstenhulme M. T., Bailey, B. K. in Allsen, P. E. (2004). Vertical jump, anaerobic power and shooting accuracy are not altered 6 hours after strength training in collegiate women basketball players. *Journal of Strength and Conditioning research*, 18(3), 422–425.

Wu, G., van der Helm, F. C. T., Veeger, H. E. J., Makhsous, M., Roy, P. V., Anglin, C., Nagels, J., Karduna, A. R., McQuade, K., Wang, X., Werner, F. W. In Buchholz, B. (2005). ISB recommendation on definitions of joint coordinate systems of various joints for the reporting of human joint motion – Part II: shoulder, elbow, wrist and hand. *Journal of Biomechanics*, 38, 981 – 992.

Zheng, N., Barrentine, S. W., Fleisig, G. S. in Andrews, J. R. (2008). Kinematic analysis of swing in pro and amateur golfers. *International Journal of Sports Medicine*, 29, 487–493.