

BIOMEHANIČKA ANALIZA SMEČA IZ PREDNJE I STRAŽNJE ZONE U ODBOJCI

KINEMATICAL ANALYSIS OF THE FRONT AND BACK ZONE SPIKE IN VOLLEYBALL

Tomislav Đurković, Nenad Marelić, Željko Hraski, Ljiljana Šikanja

Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu

SAŽETAK

U današnjoj modernoj odbojci smeč iz stražnje zone, kao element napada zauzeo je važno mjesto. Osim atraktivnosti igre zaslužan je i za raznolikost u napadu. Namjera rada bila je da se napravi usporedna analiza dviju osnovnih tehnika smeča s mreže i iz stražnje zone (druge linije), izvedenih od članova nacionalne odbojkaške vrste.

Snimanje je izvršeno dvjema video kamerama, frekvencije od 60 slika u sekundi. Digitaliziranje i procesiranje podataka izvršeno je prema standardnoj APAS proceduri. Dobiveni rezultati opravdavaju tendenciju povećanja napada iz stražnje zone te omogućuju trenerima objektivniju sliku o razlikama ovih dviju vrsta smečeva.

Ključne riječi: biomehanika, kinematika, odbojka, smeč.

SUMMARY

In volleyball today, spike is becoming more and more important as a attack element. It makes the game more exciting and adds to a variety of attack moves. The aim of this thesis is to make a comparative analysis of two basic techniques: spike from the net and back row spike, performed by a National Volleyball League Player.

Two cameras recorded the spikes, with a frequency of 60 shots per second. Data was digitalised and processed in accordance with the APAS standard procedure.

The obtained results justify the tendency to increase the back row attack and give the coaches a clearer picture of the difference between the two spikes.

Key words: biomechanics, kinematics, volleyball, spike.

UVOD

Motorički stereotipi gibanja u odbojci vrlo kompleksni, mjerenje gibanja segmenata muskuloskeletnog sustava nužno se provodi stereofotogrametrijskim postupcima koji dozvoljavaju 3D- rekonstrukciju. Obzirom na zahtjeve analize u natjecateljskim uvjetima, od raspoloživih fotogrametrijskih sustava mogu se upotrijebiti samo oni koji se temelje na potpunom slikovnom zapisu gibanja. Za biomehaničke analize se danas koriste sustavi kod kojih se kinematička akvizicija provodi na temelju video-zapisa. Za tu namjenu postoje sustavi pod komercijalnim nazivima APAS (Ariel Performance Analysis Systems) i PEAK (Video & Computer Motion Measurement Systems). Oni posjeduju zadovoljavajuće ereofotogrametrijske karakteristike i uobičajene procedure za procesiranje podataka i grafičko numerički prikaz (1).

Slična istraživanja u odbojci imala su za cilj npr. usporediti različite vrste smečeva. Selinger (5) je izradio biomehaničke analize pet najboljih svjetskih igračica. Usporedbe tehnika smeča odraza s jednom ili s dvije noge (2) i kinematičke osnove analize tehnike skok servisa (4). Dobiveni kvantitativni indikatori analiza tehnika izvedbi odbojkaških elemenata omogućuju trenerima tj. radu u praksi objektivniju sliku o pojedinim tehničkim elementima, što rezultira unaprjeđenju tehnika, smanjenju grešaka u igri, kvalitetnijem programiranju trenažnih postupaka, pravilnijoj metodici rada i općenito produbljuje spoznaje o ovom kompleksnom polistrukturalnom sportu.

Biomehanička analiza modalne izvedbe tih elemenata, jedan je od načina dobivanja uvida u elementarnu strukturu gibanja smeča s mreže i smeča iz druge linije. Naime, biomehaničkom analizom moguće je kvantificirati cijelo gibanje te tako prikupiti čitav niz relevantnih parametara od kojih zavisi efikasna realizacija smeča. To bi prije svega bili parametri koji određuju horizontalnu i vertikalnu komponentu težišta tijela, visina udarca ruke po lopti, pomaci težišta tijela po osi y i tzv. "luk". Cilj rada bio je napraviti usporednu analizu dviju osnovnih tehnika smeča iz prednje zone i smeča iz stražnje zone. Prikupljeni podaci mogu poslužiti adekvatnom izboru trenažnih operatora za učenje i usavršavanje, te uočavanju i ispravljanju grešaka u izvedbi tehnike.

METODE RADA

UZORAK MOTORIČKIH STEREOTIPA

Odabrani za potrebnu analizu, smeč iz prednje i stražnje zone snimljeni su, u tu svrhu, na posebno organiziranom treningu. Ispitanik-seniorski reprezentativac izveo je po 20 smečeva sa svake pozicije, od čega je skupina eksperata odabrala po jedan sa svake pozicije za koje su smatrali da najbolje reprezentiraju osnovne tehnike izvedbe ovih smečeva.

UZORAK ISPITANIKA

Ispitanik je bio dvadesetogodišnjak, visok 198,0 cm i težak 98kg. Aktivni je igrač i višegodišnji reprezentativac s petnaest godina igračkog iskustva. U trenutku snimanja nije imao zdravstvenih poteškoća (ozljeda) i bio je u svakodnevnom režimu treniranja. Da bi kvaliteta smečeva bila što izjednačenija situacijskim uvjetima za vrijeme demonstracije smečeva zamoljen je dizač seniorske reprezentacije za izvođenje dizanja.

UZORAK VARIJABLI

Za potrebe dijagnosticiranja modalne izvedbe smeča iz prednje zone i smeča iz stražnje zone dobivene su slijedeće kinematičke varijable:

1. Početna visina CT
2. Minimalna visina CT u zadnjem koraku
3. Maksimalna visina CT u zadnjem koraku
4. Minimalna visina CT u pripreмноj fazi
5. Trajanje od minimalne visine CT u pripreмноj fazi do maksvisine CT u zadnjem koraku
6. Visina CT-a u trenutku kontakta s loptom
7. Maksimalna visina CT u fazi leta
8. Visina kontakta s loptom
9. Kut u koljenima kod minimalne visine CT u pripreмноj fazi
10. Fleksija koljena u amortizaciji
11. Minimalni kut u laktu (desna ruka) kod zamaha
12. Kut u laktu u trenutku udarca
13. Kut podlaktice u odnosu na podlogu u trenutku udarca
14. Kut dlana (nemamo prstiju)
15. Maksimalni kut podlaktice u zamahu
16. Brzina smečirane lopte
17. Horizontalna udaljenost CT od lopte u trenutku udarca
18. Maksimalni zasuk trupa
19. Kut trupa u trenutku udarca
20. Dužina leta

Snimanje video materijala izvršeno je na za tu svrhu posebno pripremljenom odbojkaškom treningu na Kineziološkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. Snimanje je izvršeno dvjema video kamerama, frekvencijom od 60 slika u sekundi. Kamere su bile postavljene fiksno, međusobno pod kutom od približno 90 stupnjeva. U prostor u kojem se odvijalo gibanje postavljen je referentni okvir d 8 točaka, koji je snimljen sa svakom kamerom, što je uobičajena procedura.

Procesiranje podataka izvršeno je pomoću APAS-a (Ariel Performance Analysis Systems). Slika je digitalizirana pomoću videoanalizatora i računala za svaku kameru zasebno. Na svakoj sekvenci snimljenog materijala digitalizirane su koordinate 18 antropometrijskih točaka (skočni zglob, koljeni zglob, kukovi, ručni zglob, lakatni zglob itd.). Tome je pridodana još jedna točka koja je definirala centar lopte. Povezivanjem unesenih točaka dobiven je četrnaest - segmentni model ljudskog tijela s loptom.

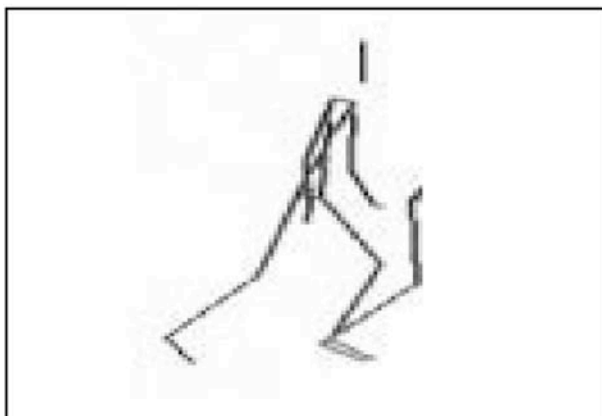
U postupku digitalizacije nije moguće izbjeći manje pogreške, pa je zbog toga nužno filtriranje digitaliziranih podataka. Filtriranje koordinata obavljeno je pomoću Cubic Spline – filtra. Potom su na osnovu tako pripremljenih podataka izračunati svi relevantni parametri koji se odnose na kinematiku smeča sa mreže i smeča iz druge linije (prostorni i kutni pomaci, brzine, ubrzanja itd.). Podaci se mogu prikazati grafički i numerički. Grafički je moguće prikazati linearne i kutne pomake te brzine i ubrzanja značajnih dijelova tijela.

REZULTATI

Svaka se odbojkaška tehnika prema Jankoviću i Mareliću (3) može podijeliti u četiri faze izvođenja: početna, pripremna, osnovna i završna. Na taj način pokušati će se i interpretirati dobiveni podaci ovog istraživanja unutar svake faze izvođenja.

POČETNA FAZA

Kod izvođenja svih akcija smeča iz prednje i stražnje zone vizualno je nesumnjivo utvrđeno da u početnoj fazi izvođenja ispitanik se nalazi u visokom odbojkaškom stavu i dijagonalnom obzirom na položaj stopala



Slika 1. Početna faza izvođenja smeča
Figure 1. First phase of spike

U obje demonstracije primijećeno je da neposredno prije početka pripremne faze tj. zaleta za smeč ispitanik «gura» ramena prema naprijed te time prebacuje težište tijela na prednji dio stopala.

Za vrijeme cijele akcije smeča ispitanik je vizualno bio usredotočen na loptu, te je niti jednog trenutka nije «gubio iz vida».

Početni stav i mjesto «polaska» za smeč iz prednje zone ispitanik je zauzeo u zoni 4 (lijevi dio mreže) oko četiri metra udaljen od mreže i oko jedan metar izvan odbojkaškog polja u autu. Tijelo je okrenuto prema dizaču koji se nalazio na sredini mreže. Početna visina CT-a iznosila je 102 cm.

Početni stav i mjesto «polaska» za smeč iz stražnje zone ispitanik je zauzeo u zoni 1 (desni dio stražnjeg polja) na bočnoj crti i oko 6-7 metara udaljen od mreže. Početna visina CT-a iznosila je 110 cm.

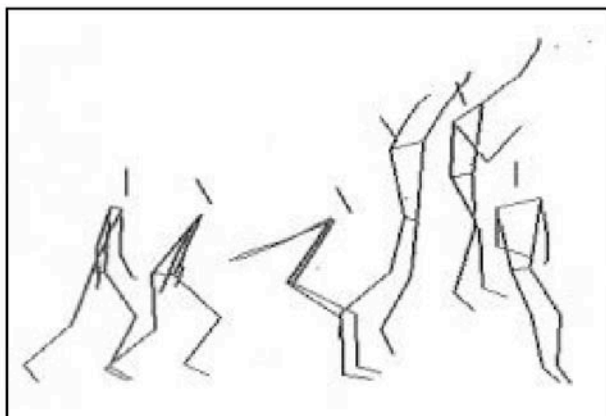
PRIPREMNA FAZA

Pripremna faza započinje zaletom za smeč. Obzirom na početni stav ispitanika, pravac zaleta u izvođenju smeča iz prednje zone nije bio okomit na mrežu već pravolinijski i oko 45° u odnosu na mrežu. Tako da je ispitanik tijekom akcije smeča u svakom trenutku zadržavao lijevo rame ispred desnog (u odnosu na mrežu).

Ispitanik je koristio četiri koraka u zaletu i to D-L-(DL) kao na Slici 2.

Zadnji naskok DL u stvari nije bio istovremeni sunožni naskok, već je prvi kontakt s podlogom ostvarila prvo desno te onda lijevo stopalo. Zadnji korak ispitanik nije izvodio akcijom peta-prsti stopala već je kratko postavio neposredno prije odraza samo prste stopala lijeve noge. Maksimalna visina CT-a u zadnjem koraku iznosila je 103 cm.

Prema Jankoviću i Mareliću (3) prvi korak u zaletu obično je kratak, brzina kretanja u tom segmentu je umjerena i taj korak određuje orijentacijski smjer zaleta. Drugi korak je nešto dulji, brzina kretanja se povećava. Treći korak je najdulji, a cilj je da horizontalnu brzinu zaleta pretvori u vertikalni skok. Brzina kod trećeg koraka je gotovo maksimalna i pri izvođenju tog koraka težište tijela ostaje iza nogu smečera.



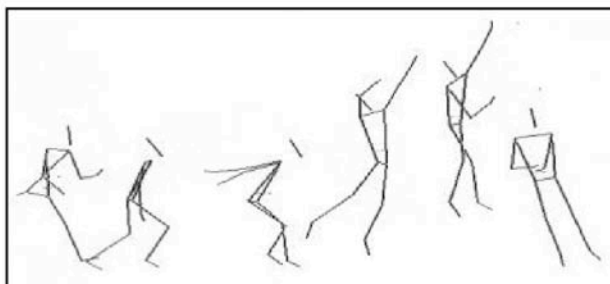
Slika 2. Četiri koraka u zaletu iz prednje zone
Figure 2. Four steps during approach in front zone

Početni stav i mjesto «polaska» za smeč iz stražnje zone ispitanik je zauzeo u zoni 1 (desni dio stražnjeg polja) na bočnoj crti i oko 6-7 metara udaljen od mreže.

Položaj tijela ispitanika tj. zalet (dešnjak) bio je u ovom slučaju okomit u odnosu na mrežu. Ispitanik je koristio isti broj koraka (Slika 3) i tehniku zaleta za smeča opisanu smečem iz prednje zone.

Ono što je zanimljivo istaknuti je da je osim nižeg početnog stava u odnosu na smeč iz prednje zone, niža bila i maksimalna visina CT-a u zadnjem koraku koja je iznosila 96 cm. To je razumljivo jer ove dvije vrste smeča razlikuju se po visini dignute lopte od dizača. Smeč iz prednje zone visokom loptom pripada u sistematizaciji vrsta smečeva u tzv. smeč III tempa čiji let lopte traje iznad 1,2 sekunde, dok smeč iz stražnje zone pripada skupini vrsta smeča tzv. II tempa traje 0,7 do 1,2 sekunde

(3). To znači da smečeri imaju kraće vrijeme za reakciju na dignutu loptu, te moraju biti spremniji (u nižoj poziciji).

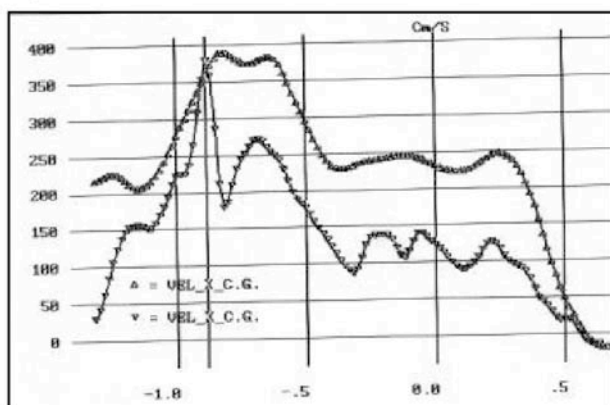


Slika 3. Četiri koraka u zaletu iz stražnje zone
Figure 3. Four steps during approach in back zone

Ruke u pripreмноj fazi za vrijeme zaleta imaju isti pokret u obje analizirane vrste smeča. Ruke izvode zamah koji započinje s drugim korakom, ruke se lagano odmiču od tijela i idu kružno prema nazad u zaručenje te se kreću prema naprijed-gore, sve do trenutka kad su ruke uznesene ispred tijela u visini ramena. Obzirom da kod smeča na mreži ispitanik ima više vremena za procjenu trajektorije dignute lopte i pravilan «timing» za očekivati je da i kut između nadlaktice i podlaktice bude veći tj. ruke opruženije za vrijeme zamaha (maksimalni kut u laktu desne ruke u zamahu 47°) u odnosu na zamah kada se izvodi smeč iz stražnje zone (maksimalni kut u laktu desne ruke u zamahu 44°).

Vrijedno je istaknuti rezultate horizontalne i vertikalne komponente brzine zaleta. Kod smeča iz stražnje zone horizontalna komponenta brzine u završnom koraku u prosjeku je oko 380 cm/s i ne pada do trenutka prije doskoka ispod 220 cm/s .

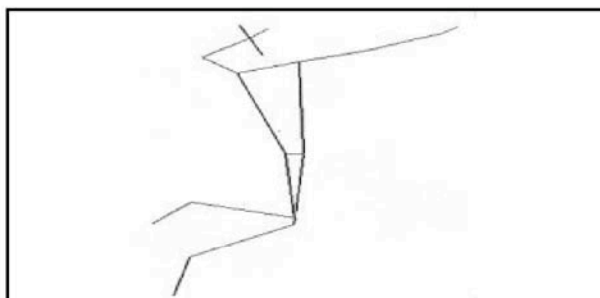
Horizontalna komponenta brzine smeča s mreže ima najveću vrijednost 390 cm/s u trenutku prije odraza te dolazi do naglog pada brzine na vrijednost od 170 cm/s . Dok vrijednost horizontalne komponente brzine od trenutka odraza do trenutka amortizacije iznosi 130 cm/s što je daleko manje od smeča iz stražnje zone gdje je ta vrijednost 230 cm/s . slika 4.



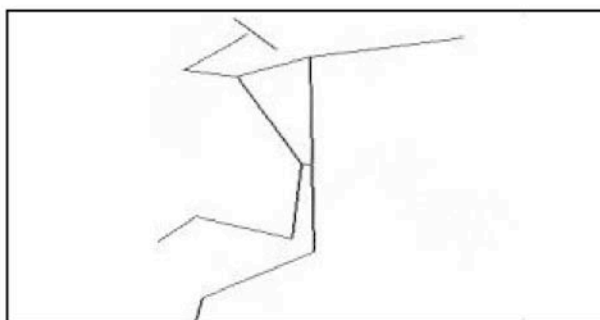
Slika 4. Horizontalna i vertikalna komponenta brzine težišta tijela kod smeča iz stražnje zone
Figure 4. Horizontal and vertical velocity component of the centre of gravity during spike in back zone

Neposredno prije odraza smeč se spušta u «polučučanj». Kut u koljenskom zglobu dobiven u ovom istraživanju različit kod prednje i stražnje zone. Kut u koljenima kod minimalne visine CT-a izvođenjem smeča iz prednje zone je L noga 137 stupnjeva, D noga 118 stupnjeva, dok kod izvođenja smeča iz stražnje zone taj kut je viši i iznosi L noga 151 stupanj a D noga 123 stupnja.

U trenutku odraza, tijelo igrača se kreće uvis i nešto naprijed, gornji dio tijela ide nešto malo u zaklon, zamah udarne ruke produljuje kretanje iza glave, dlan je savijen u zapešću (sastavljenih prstiju), a noge su nešto savijene u koljenima, tako da se, gledajući tijelo sa strane može uočiti tzv. napeti luk tijela neposredno prije udarca po lopti. Udarca je ruka u svom krajnjem položaju savijena u laktu. Zaklon tijela i savijene noge u koljenima stvaraju optimalne uvjete za maksimalnu tenziju pri izvođenju udarca. Kod obje demonstracije uočava se velika sličnost u poziciji tijela u zraku neposredno prije kontakta s loptom (Slika 5 i 6).



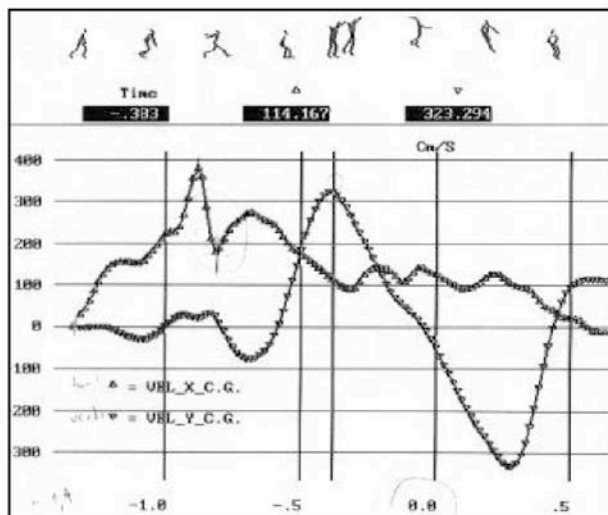
Slika 5. «Napeti luk» smeč iz prednje zone
Figure 5. “Strained arch” during spike in front zone



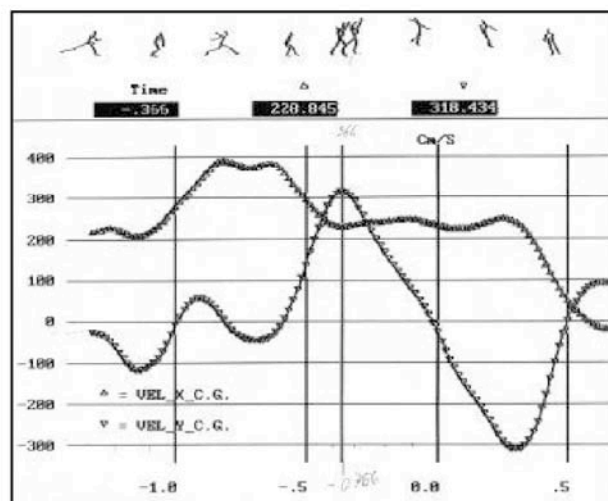
Slika 6. «Napeti luk» smeč iz stražnje zone
Figure 6. “Strained arch” during spike in back zone

Zanimljivo je da je u obje demonstracije ispitanik izveo smeč tako da je podigao CT u fazi leta na oko 185 cm bez obzira što je postojala razlika kutova u koljenskim zglobovima u početnoj fazi i u pripreмноj fazi neposredno prije odražavanja.

Razlika u vertikalnoj komponenti brzine (odrazu) između smeča iz prednje i smeča iz stražnje zone je vidljiva prije odraza (Slike 7. i 8.). Amplituda je puno blaža kod smeča s mreže, te vrijednosti idu od -80 do $+30$ dok kod smeča iz stražnje zone, a amplituda ima sinusoidni oblik s vrijednostima od -120 do $+60 \text{ cm/s}$. Poslije odraza vertikalna komponenta brzine gotovo je identična.



Slika 7. Horizontalna i vertikalna komponenta brzine težišta tijela u zaletu za smeč iz prednje zone
 Figure 7. Horizontal and vertical velocity component of the centre of gravity during pounce for spike in front zone



Slika 8. Horizontalna i vertikalna komponenta brzine težišta tijela u zaletu za smeč iz stražnje zone
 Figure 8. Horizontal and vertical velocity component of the centre of gravity during pounce for spike in back zone

Zanimljiva je istaknuti i vrijednosti horizontalne udaljenost CT od lopte u trenutku udarca, kod smeča s mreže iznosi 59 cm, a kod smeča iz stražnje zone 35 cm, što je za posljedicu imalo manju visinu kontakta s loptom, kod smeča s mreže koji iznosi 297 cm, a kod smeča iz stražnje zone 303.2.

Brzina smečirane lopte je kod smeča iz prednje zone 21.5 m/s, što je rezultat veće horizontalne brzine, a i kuta u laktu u trenutku udarca kod smeča iz prednje zone iznosi 146°, a kod smeča iz stražnje zone 159°.

Najzanimljivija varijabla što se tiče razlike u vrijednostima dobivenih rezultata je u dužini leta, koji iznosi 79 cm kod smeča iz prednje zone, a kod smeča iz stražnje zone 165 cm. Što je posljedica također veće horizontalne komponente brzine. Moguće je uočiti iz

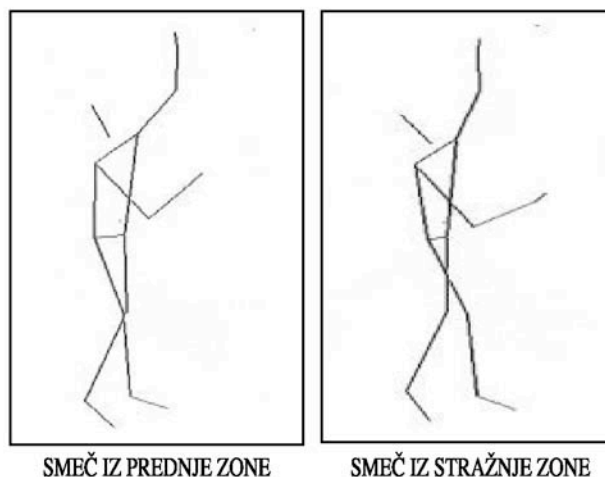
slika 7. i 8. da je vertikalna komponenta brzine nakon odraza gotovo identična kod jednog i drugog smeča, to je moguće jer je taj rezultat uvjetovan većom horizontalnom komponentom brzine kod smeča iz stražnje zone.

OSNOVNA FAZA

Udarac po lopti izvodi se u najvišoj točki dohвата, tj. pruženom rukom ispred tijela servera za otprilike dužinu podlaktice.

Snaga mišića ruku i ramenog pojasa, te snaga mišića trbuha, uz maksimalni dohvat i istodobno maksimalno brzo preklapanje u zglobu šake udarne ruke (što povećava prednju rotaciju lopti), čine skok servis najefikasnijim servisom u modernoj odbojci.

Udarca ruka principom "biča" eksplozivno se pruža iz savijenog položaja i lagano savijenim dlanom vrši se udarac po gornjoj i stražnjoj strani lopte i to ispred tijela i oko 50 do 70 cm - najvišoj točki dohвата (maksimalni dohvat). Lopta se poklapa kao kod tenis servisa (od nazad-dolje prema naprijed-gore).



Slika 9. Položaj ispitanika u trenutku kontakta s loptom kod smeča iz prednje i stražnje zone
 Figure 9. The position of the subject at moment of the contact with a ball during spikes in front and back zone

Visina kontakta s loptom zabilježena za vrijeme izvođenja smeča iz prednje zone bila je 297 centimetara, a kod smeča iz stražnje zone zabilježena je viša visina i iznosila je 303 centimetra.

ZAVRŠNA FAZA

Nakon udarca po lopti, igrač doskače na obje noge istodobno (amortizacija) i prelazi u polučučanj oko pola metra naprijed od mjesta odraza. Prizemljenje se izvodi mekano na prednji dio stopala sa savijenim koljenima, što omogućava amortizaciju težine tijela (oko 160 do 180

skokova na jednoj utakmici itekako mogu prouzročiti traume, naročito u koljenskom zglobu, ukoliko doskok nije pravilan). Zabilježena fleksija koljena u amortizaciji kod smeča iz prednje zone imala je slijedeće vrijednosti D-noga 118°, L-noga 76°, a kod smeča iz stražnje zone D-noga 105°, L-noga 113°. Razlike se mogu objasniti pravcem zaleta i položajem tijela za vrijeme smečiranja. Smeč iz prednje zone koji se izvodi zaletom od oko 45 stupnjeva u odnosu na mrežu zahtijeva da igrači i nakon udarca po lopti doskaču tako da je lijevo rame naprijed. Taj položaj tijela od ispitanika zahtijeva da u trenutku doskoka spriječi daljnje kretanje tijela prema mreži većom amortizacijom u koljenima i to posebno lijeve noge koja je bliža mreži (dodir mreže ili prelazak u suprotno polje je greška po pravilima). Dok kod izvođenja smeča iz stražnje zone pravac zaleta je gotovo okomit na mrežu tako da je sunožni doskok ravnomjernije raspoređen na obje noge te smečer ima i više prostora za zaustavljanje kretanja tijela.

Danas u modernoj odbojci preferira se sve više napad iz stražnje zone zbog većeg broja igrača koji mogu sudjelovati u fazi napada, tj. smanjuje se mogućnost dvojnog odnosno trojnog protivničkog bloka.

Činjenica je da se u današnjoj modernoj odbojci smeč iz stražnje zone (pozicije 1, 6 i 5) prednje zone koristi puno više nego u prošlosti, stoga su rezultati ovog rada upotrebljivi u svrhu unapređenja treninga, njegovu planiranju i programiranju, kao i samom procesu trenažnog rada.

ZAKLJUČAK

Razlika koja se pokazala kod slijedećih parametara; dužini leta, zatim u vertikalnoj i horizontalnoj komponenti brzine, te brzini lopte nakon smeča navodi na razmišljanje. Naime, dužina leta smečera iz druge linije govori o različitosti u pripremnoj fazi tehnike. Let igrača kod smeča iz stražnje zone je više prema gore i naprijed. Takav let omogućuje znatno "probojniji" smeč (veća je i horizontalna i vertikalna komponenta brzine) te danas u vrhunskoj odbojci mjesto korektora (napadača iz stražnje zone 1.) postaje najopterećenije i najučinkovitiji. Tehnika napada iz stražnje zone može se reći da je slična je izvođenju skok servisa. Ta uska povezanost rezultira time da su napadači iz stražnje zone ujedno i najbolji skok serveri pojedinih odbojkaških ekipa.

Dobivene razlike u brzini smečirane lopte opravdavaju tendenciju povećanja napada iz stražnje zone i to ne samo iz zone 1, već i iz zone 6. Vjerojatno u budućnosti zbog prednosti veće brzine leta lopte, višeg dohvata i inercije tijela napadača (snaga udarca na smeču nije samo iz ruku) iz stražnje zone da će i napad iz zone 5. odbojkaškog polja (naravno oviseći i od ekipne taktike) u praksi zauzeti važnije mjesto u distribuciji napada pojedinih odbojkaških ekipa.

Literatura

1. APAS (1995). Ariel Performance Analysis System User Manual.
2. Huang C, Liu GC, Sheu TY. Kinematic Analysis of the Volleyball Back Row Jump Spike, Taipei, Taiwan, 1999.
3. Janković V, Marelić N. Odbojka. Zagreb: Fakultet za fizičku kulturu, 1995.
4. Marelić N, Hraski Ž, Janković V. Kinematičke osnove skok servisa. Hrv Športskomed Vjesn 1995; 2:83-7.
5. Selinger A. Arie Selinger's Power Volleyball. Nw York: St. Martin's Press, 1986.