

TARTU ÜLIKOOL
Kehakultuuriteaduskond
Spordibioloogia ja füsioteraapia instituut

Helen Reino

**ERINEVA TASEMEGA MEESSULGPALLURITE EESKÄEHOIDEGA
MADALA JA KÕRGE SERVI BIOMEHAANILINE ANALÜÜS**

Magistritöö

liikumis- ja sporditeaduste erialal

uurimisvaldkond: kinesioloogia ja biomehaanika

Juhendaja: lektor, PhD Jaan Ereline

TARTU 2009

SISUKORD

Avaldatud publikatsioonid.....	3
Töös kasutatud lühendid	4
SISSEJUHATUS	5
1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE	6
1.1. Servi osakaal võistlusmängu tulemusele	6
1.2. Sulgpalli serv	8
1.2.1 Kõrge serv eeskäehoidega	10
1.2.2 Madal serv eeskäehoidega	12
1.2.3 Teised serviviisid	15
1.3. Sulgpalli servi määrused	16
1.4. Biomehaanilised uuringud sulgpallis	18
2. TÖÖ EESMÄRK JA ÜLESANDED	20
3. TÖÖ METOODIKA	21
3.1 Vaatlusaluste kontingent	21
3.2 Vaatluste organisatsioon	22
3.3 Eksperimendi korraldus	22
3.4 Ülakeha ja reketi liikumise määramine	28
3.5 Tulemuste statistiline töötlus	33
4. TÖÖ TULEMUSED	34
4.1. Eeskäehoidega kõrge - ja madala servi kinemaatilised näitajad	34
4.2. Eeskäehoidega kõrge - ja madala servi energeetilised näitajad	41
4.3. Korrelatiivsed seosed	42
5. TÖÖ TULEMUSTE ARUTELU	44
5.1. Eeskäehoidega kõrge ja madala servi kinemaatilised näitajad	44
5.2. Eeskäehoidega kõrge ja madala servi energeetilised näitajad	48
5.3. Eeskäehoidega kõrge ja madala servi karakteristikute seosed	49
6. JÄRELDUSED	50
KASUTATUD KIRJANDUS	51
SUMMARY	55
LISA	57

AVALDATUD PUBLIKATSIOONID

Artiklid.

1. Reino H, Ereline J, Gapeyeva H, Pääsuke M. (2009). Erineva tasemega Eesti meessulgpallurite puusade liikumine madalal ja kõrgel eeskäeservil. Konverentsi „*Teadus, sport ja meditsiin*” artiklite kogumik. Tartu: Atlex, lk. 56-58.

Konverentsi ettekanded.

1. Reino H, Ereline J, Gapeyeva H, Pääsuke M. (2009). Erineva tasemega Eesti meessulgpallurite puusade liikumine madalal ja kõrgel eeskäeservil. Konverentsi „*Teadus, sport ja meditsiin*” (stendettekanne).
2. Reino H, Ereline J, Gapeyeva H, Pääsuke M. (2009). Biomechanical analysis of low and high serve in different level of Estonian men badminton players. 2nd Baltic States Sport Science Conference „*Scientific management of high performance athletes' training*”. 23-25 Arpil, Vilnius. (stendettekanne).

Töös kasutatud lühendid

- 3-D – Kolmemõõtmeline
- BMI – kehamassi indeks (kg/m^2)
- C7 – kael (marker on asetatud kaelalüli seitsmendale lülile)
- Pkasi – käsi (marker on asetatud parema käe kolmandale metakarpaalluule)
- Pkl – ranne (marker on asetatud parema randmeliigese frontaalteeljele)
- Ppuus – parem vaagen (marker asus paremal eesmisel ülemisel niudeluuharjal)
- Prellat – reket (marker on paigutatud reketi välimisele küljele)
- Prekmed – reket (marker on paigutatud reketi sisemisele küljele)
- Prl – küünarliiges (marker on asetatud parema küünarliigese frontaalteeljele)
- Psh – parem õlg (marker on asetatud parema õlaliigese frontaalteeljele)
- PSIS – tagumine ülemine niudeluuhari
- sacrum – ristluu (marker asub PSIS parema ja PSIS vasaku poole keskel)
- Vsh – vasak õlg (marker on asetatud vasaku õlaliigese frontaalteeljele)
- Vpuus – vasak vaagen (marker asus vasakul eesmisel ülemisel niudeluuharjal)

SISSEJUHATUS

Andmeid sulgpalli mängimise algaegadest võib leida arvukatest mängu ajalugu käsitlevates töödes (Рыбаков, Штильман, 1978; Смирнов, 1990; Lees, 2003). Alates sulgpalli algaegadest on sulgpall arenenud nii tehniliselt kui ka määruste poolest märkimisväärselt. Näiteks oli algaegadel sulgpallis ülesandeks hoida pall võimalikult kaua mängus, kuid aja möödudes mängu mõte muutus ning eesmärgiks sai vastasele maha löömine (Davis, 1995; Grice, 1996). Palli mängushoidmise aeg on vähenenud (Davis, 1995).

Sulgpall on mitmekülgne mäng, kus ühel hetkel peab mängija kogu oma jõust lööma ning teisel hetkel lööma väga õrnalt nii, et pall kukuks millimeetrilise täpsusega joone peale. Sulgpalli loetakse kiiremaks reketispordialaks (Davis, 1995). Põhieesmärgiks on lüüa pall sellise trajektooriga, et vastasmängijal oleks seda raskem kätte saada. Sellisel juhul on vastane sunnitud tegema vea - lüües, kas võrku, väljakult välja või lüües harva ka pallist mööda (Subramaniam, 2004).

Juba parkümmend aastat tagasi mõisteti, et sulgpallis on tähtsal kohal, võrreldes mängija füüsilise tasemega, tehnilised oskused (Downey, Brodie, 1980). Vaadates, missugused nõudmised on esitatud sulgpallurile, et olla edukas mängija, peab leidma võimalikult vähe energiat kulutavaid viise, et mängus vastu pidada ning sooritada võimalikult täpseid lööke (Downey, Brodie, 1980). Löögid peavad olema biomehaaniliselt sooritatud nii, et see annaks võimalikult hea teravuse, kiiruse, jõu ja täpsuse ning samas kulutaks vähe energiat.

Nii nagu tennisel või teistes pallimängudes, pannakse ka sulgpallis pall mängu serviga (Лившиц, Галицкий, 1984). Servides võrku, auti või tsooni antakse koheselt punkt vastasele. Kehva ning ebatäpse servi korral on vastasel võimalik saada mängu dikteerimis- ja rünnakuvõimalus ning lõppkokkuvõttes võita ka punkt.

Kirjandusest võib leida servi tehnilise soorituse kirjeldusi, mis näitavad vastavate tehniliste elementide õiget kinemaatilist sooritust, kuid puuduvad täpsemad teaduslikult selgitatud arvulised näitajad (Grice, 1996). Kuna sulgpalli servi on biomehaaniliselt vähe uuritud, määrataksegi antud töös, kasutades optilis-elektronilist süsteemi Elite 2002, eeskäega madala ja kõrge servi sooritamisel erineva tasemega meessulgpallurite servi biomehaanilisi karakteristikuid ning uuritaksegi kahe servi ja kahe grupi vahelisi erinevusi.

1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE

1.1. Servi osakaal võistlusmängu tulemusele

Knudson *et al.* (2004) väitis oma töös, et tennises on vaieldavalt üheks tähtsamaks löögiks serv. Samasugune suundumus eksisteerib ka sulgpallis ning saab väita, et ka selles mängus on üheks tähtsamaks löögiks just serv (Grice, 1996). Olenevalt servi kvaliteedist, on võimalik juba alguses mängijal endale väike edumaa ning initsiatiiv luua. Halvema servi soorituse tõttu aga sattuda koheselt vastase rünnaku alla, mis võib viia punkti või lõppkokkuvõttes mängu kaotuseni. Iga uus punkt algab alati serviga. Servi mõte on panna pall mängu ja samas saavutada initsiatiiv koheselt mängu alguses (Xiang, 1988). Raske on võita punkti, kui juba serv sooritatakse halvasti (Grice, 1996).

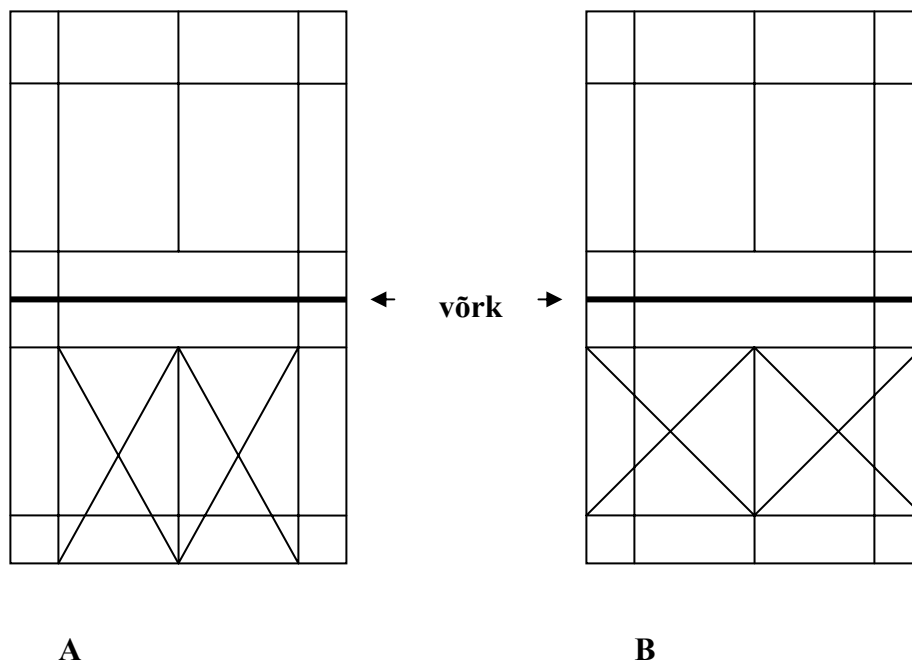
Tähtis on servi kvaliteet ja stabiilsus. Serv on kvaliteetne, kui vastab määrustele ja pall lendab võimalikult madalalt või kõrgelt soovitud kohale vastavalt vastase servikasti. Stabiilsus saavutatakse, kui kõik servid sooritatakse kvaliteetselt (Reino, 2005). Selleks, et suuta pingelistes mängudes säilitada servi stabiilsus, tuleb treenida korduvalt võistluslähedastes situatsioonides (Pearce *et al.*, 2006).

Analoogselt tennises või võrkpallis kasutatavale servile, ei saa aga sulgpallis servida ülevalt alla suunas. Sulgpallireeglid on selles osas eriti piiravad, kui puudutada servi kohta käivaid teemasid. Sulgpallur servimisel peab lootma millimeetrilisele täpsusele ning vahel ka vastase petmisele (Davis, 1995). Madal serv nõuab mängijalt täpsust, samal ajal, kui kõrge serv lisaks täpsusele ka jõudu (Edwards *et al.*, 2005).

Üksik- ja paarismänguservid ei erine palju tehniliselt vaid taktikaliselt. Paarismängus on kasulikum sooritada madal serv, kuna vastane asub servijale lähemal ning lubatud servimiskasti pikkus on lühem. Kõrge serviga annaks see hea võimaluse vastasele koheseks rünnakuks. Üksikmängus servitakse põhiliselt kõrget servi, kuna vastav serv ei anna kohest võimalust rünnata. Erandiks võib siin siiski tuua maailmaklassi mängijad, kes on piisavalt tugevad, et rünnata ka tagant väljakult (Davis, 1995).

Tänapäeva probleemiks on servi õigsus (Ming, 1994). Kuna hea servi sooritus võib anda juba mängu alguses servijale eelised, siis sellest tingituna servitakse võimalikult määruste

piiril. Mängija eesmärgiks on reketipea servi sooritamisel määrustes lubatud viimase piirini tõstes saada väike võimalus sooritada täpsem ja ründavam serv.



Joonis 1. Väljak ja ühe väljakupoole servikastid üksikmängus, kuhu tohib servida (A). Väljak ja ühe väljakupoole servikastid paarismängus, kuhu tohib servida (ristiga on märgistatud ühe väljakupoole ala, kuhu tohib servida) (B).

Võib öelda, et Eestis treenitakse servi, võrreldes teiste mänguelementidega vähem (Reino, 2005). Võistlustel võib märgata sagedasi servivigu paarismängus. Madal serv langeb võrku, tsooni või kõrge lennukaare tõttu lüüakse vastuvõtja poolt kohe maha. Harva esineb väljaku taha ossa joonele langevat kõrget kaarservi. Vähene praktika näitab probleemi servi kindluses ja oskuses taktikaliselt väljakul õigesse kohta servida. Vähesed mängijad kontsentreerivad piisavalt (Grice, 1996).

1.2. Sulgpalli serv

Sulgpall on osavust nõudev ala, kus hea võistlussportlane omab ja valitseb paljusid erinevaid lööke. Löögitehnikat õpetatakse selleks, et sooritus oleks küllalt võimas ja võimalikult vähe organismi väsitav. Tihti traumade põhjuseks on organismi ülekoormatus (Sipiläinen *et al.*, 1997). Kokkuvõtteks saab väita, et löögi tehniline sooritus peab toimuma automaatselt, ilma selle peale mõtlemata, kuna palli liikumise kiirus on suur ning reageerimiseks jääb vähe aega (Reino, 2005). Serv on esimene löök sulgpallis, mida sooritatakse ning üks esimesi tehnilisi elemente, mida õpetatakse treeneri poolt mängijale selgeks. Servimisel on kaks eesmärki: kahandada vastase võimalusi koheselt rünnata ja suurendada enda võimalusi asuda ründele. (Лифшиц, 1994). Ära ei tohiks unustada servi kindlust. Chen (2001) uuris maailma tipp-klassi meespaarismängus servi ja leidis, et sooritati rohkem passiivset servi (64,9 %). Servi, kus ülesandeks on pall lihtsalt mängu panna, mitte lootes koheselt servist paremat rünnakuvõimalust saada.

Kui tennisel tohib servida suunaga ülevalt alla ründavalt, siis sulgpallis ei tohi reketipea tõusta kõrgemale altpoolt esimesest roidest. Seetõttu on „ässasid” sulgpallis tunduvalt vähem, kui seda tennisel (Lintulaakso, 2002). Sulgpall saab kiidelda suure hulga erinevate servi variantidega nii ees- kui tagakäehoidega (joonised 2 ja 3) (Davis, 1995).

Olemas on neli erinevat põhiservi – pikk kõrge serv (*long high service*), kõrge serv (*high clear service*), lame serv (*flat service*) ning madal serv. See, millise servi mängija valib, oleneb – mängija oskustest, vastase asukohast väljakul, mänguliigist (Reino, 2005). Soovitav on varieeruda serviliigutusi, nii et vastane ei arvaks ära, kuhu serv tuleb (Xiang, 1988). Vastavas uuringus sooritatakse eeskäega kõrget ja madalat servi.



Joonis 2. Tagakähoidega serv.



Joonis 3. Eeskähoidega serv.

Kuna keskmiselt 40 % löökidevahetusest koosneb servist ja selle vastuvõtust, on mõlema võimalikult täpne sooritamise väga vajalik. Võib arvata, et madal keskmine on tingitud suure osa löökidevahetuse pikkuse piirdumisest (Sulgpalli tehnika, 1992):

- ühe löögiga: serv, kas võrku või väljaku piiridest välja;
- kahe löögiga: vilets serv, mis laseb vastasel löökidevahetuse kohe lõpetada;
- kolme löögiga: servi kehv vastuvõtt, mis laseb servinud poolel löökidevahetuse lõpetada.

1.2.1. Kõrge serv eeskäehoidega

Kõrge serv on põhiline serv üksikmängus, kuna paarismängus asub servi sooritamisel vastase väljaku tagumine piir võrgule lähemal (0,76 m), kui üksikmängus (Downey, 1998; Subramaniam, 2004). Vastav serv suunab palli kõrgele, kaugele ning võimalikult tagumise servijoonel juurde (Grice, 1996). Kõrge servi mõte on suruda vastane väljaku otsajoonel, nüristades vastase koheseid rünnakuvõimalusi. Kuigi tuleb olla ettevaatlik kõrge servi kasutamist kogenud, tugeva rabakulöögiga mängija vastu. Soovitatav oleks kasutada siis madalat servi, et ise mitte koheselt ründe alla jääda (Davis, 1995; Subramaniam, 2004).

Kõrge serv on tehniliselt raskem kui seda on tagakäega madal serv (Tzetzis, Votsis, 2006). Kõrge üksikmänguserv nõuab mängijalt lisaks täpsusele ka jõudu. Lõök sarnaneb eeskäega altviibutamise liigutusega (Edwards *et al.*, 2005; Grice, 2008).

Võrreldes madala serviga on tehnika erinev. Pikk kaarjas liigutus, mis on vajalik kõrge ja kauge löögi sooritamiseks, nõuab tingimata eeskäega löömist. Palli pika lennuaja tõttu pole mõtet oma kavatsusi varjata (Rorep, 1984).

Eeskäega kõrgel servil hoitakse reketit universaalhoides. Universaalhoidel võetakse löögikäega reketi käepidemest kinni nii, et reketilaba on vertikaalselt. Servi lähteasendiks on õlgade laiuselt natukene suurem hark asend. Servi sooritades tuleb seista sulgpalliväljaku keskjoone lähedal, ligikaudu 1,5 m eesmisest servijoonest. Selle asendiga ollakse lähemal keskväljakule ja ligikaudselt ühekaugusel kõikidest väljaku nurkadest (Grice, 1996; Lintulaakso, 2002; Grice, 2008). Paremakäelisel mängijal vasak külg ees, vasak õlg ja labajalg suunatud diagonaalselt vastase väljaku suunas (Davis, 1995; Sipiläinen, 1997). Serv

parempoolsest kastist on eespool olev jalg suunatud otse ette ning tagapool olev jalg parempoolse võrguposti poole. Serv vasakpoolsest kastist osutub eespool olev jalg paremale ning tagapool olev jalg tagajoone suunal. Enne servimist on reketikäsi taga, reketipea algasendis üleval (Sipiläinen, 1997).

Servi ettevalmistusel on keharaskus mõlemal jalal. Palli hoitakse põidla ja nimetissõrme vahel väljasirutatud käega õla kõrgusel 30-40 cm kehast eespool, nii et, kui pall lahti lasta, langeb pall väljaspool eesolevat jalga (Davis, 1995; Sipiläinen, 1997; Grice, 1996; Grice, 2008). Künarnuki ja reketipea tahaviimisega kantakse samal ajal ka keharaskus tagapool olevale jalale. Käe ja randme taha paindumisega, hoitakse reketit üleval peaaegu vertikaalselt taha suunatud ja reiest paremal. Avades põidla ja nimetissõrme lastakse pallil kukkuda otse alla (Davis, 1995). Samaaegselt kandub keharaskus tagapool olevalt jalalt eespool olevale jalale ja toimub löök. Keharaskuse viimisel eespool olevale jalale pöörduvad puusad paremalt küljelt ettepoole üles (Sipiläinen *et al.*, 1997; Grice, 2008). Servi alguses on vabakäe õlg võrgu poole, saatmise lõppedes aga reketikäe õlg suunatud ette paremale (Лившиц, Галицкий, 1976). Palli saadetakse pärast lööki ning löögiliigutuse aeglane pidurdus toimub pärast tabamust. Kogu servi sooritamise ajal hoitakse selg sirgena ning mõlemad jalad peavad mingi osaga jääma maaga kontakti. Peale servi taastatakse koheselt kaitseoleku positsioon (Lintulaakso, 2002).

Servi parim koht kõrgel servil, kuhu pall peaks lendama, on diagonaalselt vastase väljaku tagumise joone ja keskjoone nurga juurde või tagumise joone ja paarismängu tagumise servi joone vahele (Sipiläinen *et al.*, 1997; Grice, 2008).

Asend on lõdvestunud ja enesekindel, mitte jäik. Reketipea kindlalt kontrollitud palli löömise ajal (Davis, 1995). Tähtis on ühesugune serviliigutus, kui serv lüüakse auti ei tohi muuta serviliigutust, vaid astuda esialgsest servimiskohast samm või kaks taha poole (Sipiläinen *et al.*, 1997).



Joonis 4. Eeskäehoidega kõrge serv (Davis, 1995).

Üldised vead, mida sooritatakse kõrge servi sooritamisel (Sipiläinen *et al.*, 1997).

- Palli ei lasta langeda.
- Löögikäe küünarnukk liiga kõverdatud – serv liiga kõrge.
- Ununeb keharaskuse ülekandmine ja puusa pööre.
- Õlad ei pöördu servi sooritamise ajal.
- Löögi saatmine suundub vasaku õla kaenla alla või palli saatmine viiakse reketikäe poole.

1.2.2. Madal serv eeskäehoidega

Paarismängus on parimaks serviviisiks võimalikult lühike, napilt üle võrgu lendav serv, s.o. madal serv (Пасынкова, 1983). Madala servi põhimõte on lüüa pall madalaimal võimalikul trajektooriga, nii et pall hakkab langema enne, kui möödub eesmisest servijoontest. Millimeetrilise täpsusega servimine on vajalik, kuna paarismängus võib vastuvõtja seista varvas servijoone juures, reket hoitud ähvardavalt 1,5m võrgulindi ees. Ühe väljaastega võib vastane maha lüüa alles tõusvat palli (Davis, 1995).

Lühike reageerimisaeg ja palli allapoole suunatud lennujoon, niipea, kui see on ületanud võrgu, jätab vastuvõtjale vähe võimalusi otseseks ja koheseks rünnakuks. Vastuvõtja servi vastuvõtt võrgu ette annab servijale võimaluse rünnakuks. Servimisel tuleb luua selleks vastavad tingimused. Servija võib seista servikasti tsoonijoonele maksimaalselt lähedal, reket ja pall võivad olla tsooni kohal (Sulgpalli tehnika, 1992).

Pidevalt ühtmoodi servimine muutub vastasele ootuspäraseks ning seetõttu saab vastane selle enda kasuks pöörata. Madal serv peab võimaldama variatsioone, kusjuures need ei tohi enne servi sooritamist vastasele märgatavad olla (Rorep, 1984).

Madal serv on paarismängus põhiline ja efektiivsem kuid seda servi kasutatakse ka üksikmängus, sageli mängutempo muutmiseks (Grice, 1996; Bloss, Hales, 1998; Poole, 1998). Hong ja Tong'i (2000) uuringust leidub, et kümme maailma parimat meesüksikmängijat kasutavad servides enam madalat servi. Kuna tippmängijad suudavad ka tagajoonel koheselt rünnata. Sarnaselt kõrgele servile tuleb madala eeskäe servi puhul seista paremakäelisel mängijal diagonaalselt vastase suunas jalad õlgade laiuselt, vasak jalg ja õlg eespool, selg sirge, keharaskus tagapool oleval jalal. Palli hoitakse sulgedest või palli korgist nimetissõrme ja põidlaga nii, et kui pall lahti lastakse, kukub see paremale juhtiva jala poole (Davis, 1995, Sipiläinen *et al.*, 1997).

Reketit hoitakse eeskäehoidega, kus põial on peaaegu käepideme äärel, et reketi keelestu oleks paralleelselt võrguga. Hoidena võetakse universaalhoie ning reketit hoitakse käepidemest normaalselt kõrgemal. Reket suunatud alla, natukene paremale poole ja kergelt parema reie taha. Kuna kõrget servi ei toimu, pole erilist jõudu vaja. Reketikäsi kuni küünarnukini asub pallile lähenedes keha lähedal ning alates küünarnukist on reketikäsi selgelt kehast eemal. Reketipea tuuakse vertikaalselt üles nii kõrgele kui võimalik ja määrustes lubatud. See annab pallile lamedama trajektoori. Ranne on kindlalt painutatud taha ja hoitud dorsaalfleksioonis taga terve servi sooritamise ajal. Järgnevalt valitakse märkkoht, kuhu plaanitakse servida. Servi ei tohi kunagi sooritada kiiruga vaid soovitatav on eelnevalt lõdvestuda, keskenduda ja seejärel servida (Davis, 1995, Sipiläinen *et al.*, 1997).

Servi sooritamise alguses on keharaskus mõlemal jalal. Küünarnuki ja reketipea tahaviimisel kandub keharaskus tagapool olevale jalale. Servi sooritamise hetkel siirdub raskus eespool olevale jalale, samaaegselt toimub puusa pööre ning puus tõuseb ette üles,

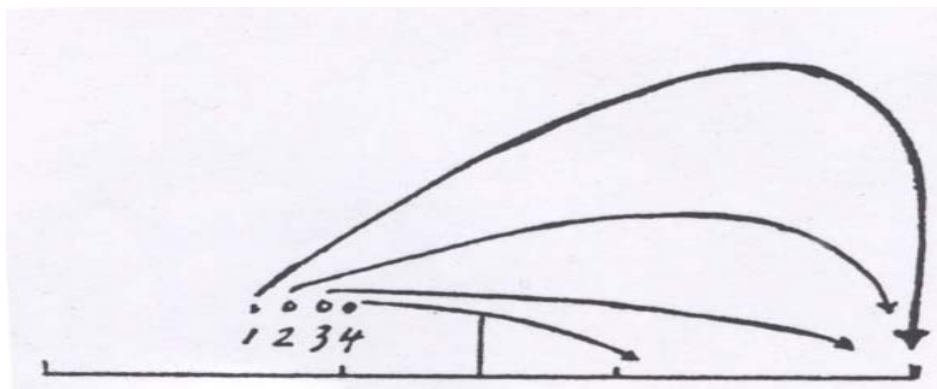
mitte aga nii palju, kui seda kõrgel servil. Künarnukk liigub ette, käsi eemaldub kehast. (Sipiläinen *et al.*, 1997).



Joonis 5. Eeskäehoidega madal serv (Grice, 1996).

Vead, mida sooritatakse madalal servil (Sipiläinen *et al.*, 1997).

- Reket on liiga horisontaalselt, löök tuleb ebatäpne, toimub reeglite rikkumine.
- Käsi alates küünarnukist on löögi algusest saadik kehast kaugemal, mille tagajärjel kaob täpsus.
- Löögis kasutatakse, kas rannet, küünarnuki pööret või mõlemat.



Joonis 6. Madala (nr.4) ja kõrge (nr.2) servi kohad, kuhu pall peaks langema peale vastava servi sooritamist (nr.1 *high clear* serv, nr.3 *flat* serv) (Xiang, 1988).

Tähtis on servi maandumise koht, mida hea mängija peab oskama varieerida. Madala otse servi puhul lüüakse keskjoone ja tsoonijoone lõikepunkti juurest samasse kohta vastase väljakule. Kõige rohkem servivad mängijad vastavasse kohta. (Rorep, 1984).

1.2.3. Teised serviviisid

Sulgpallis ei piirdu servid vaid kahe eelnevalt kirjeldatud serviga. Järgnevalt lühikirjeldus teistest serviviisidest.

Tagakäega diagonaalis servil tuleks pall pöörata enne servi reketi juures nii, et suled osutuksid diagonaalse nurga suunas. Vastav serv on ootamatu vastasele, kuna liigutus toimub otse aga pall lendab diagonaalis. Eriti efektiivne on paremakäelistele seda kasutada parempoolsest servikastist servides. Vasakpoolsest servikastist servides tuleks aga palli liiga palju pöörata, mistõttu selles servikastis pole vastaval servi sooritamisel mõtet. Vastasele oleks see liiga läbinähtav (Davis, 1995).

Alternatiiviks kasutatakse veel *flick* servi, kus servi alguses näidatakse, et sooritatakse madal serv, kuid viimasel hetkel lüüakse kõrge serv. Kuni palli ja reketipea kohtumiseni toimub kõik nagu madala servi puhul. Sarnane serv flick servile on veel *drive serv*, kuid pall lendab kaugemale lamedamalt kui *flick* servi puhul. Et sooritada vastavaid serve efektiivselt, peab olema servil kiirust ja üllatusmoment. Väga kõrge servi puhul servitakse serv kõrgemale, kui kõrge servi puhul. Siin tuleb keha pööret ja rannet veel rohkem ja teravamalt kasutada (Davis, 1995). Vastavaid serve kasutatakse siis, kui nad on kõige vähem oodatud. Vastavas uuringus kasutati ainult eeskäega madalat ja kõrget servi.

Tehniliselt on mitmeid erinevaid servimisviise aga üks on kindel, tuleb osata hästi nii madalat kui kõrget servi. Eelkõige tuleb servimisel järgida reegleid, mistõttu soovitatakse mitte kasutada lubatavuse piirimail olevaid liigutusi vaid vaieldamatult õppida servima reeglitekohaselt (Rorep, 1984).

Erinevate servide sooritamisel peaks kehaasend olema sarnane. Kui mängija servib erinevatest asenditest annab see informatsiooni servi sooritamise alguses vastasele servimissuuna kohta. Küll aga võib seda teadlikult kasutada, kui on harjutatud samasse kohta servima erinevatest asenditest (Rorep, 1984).

1.3. Sulgpalli servi määrused

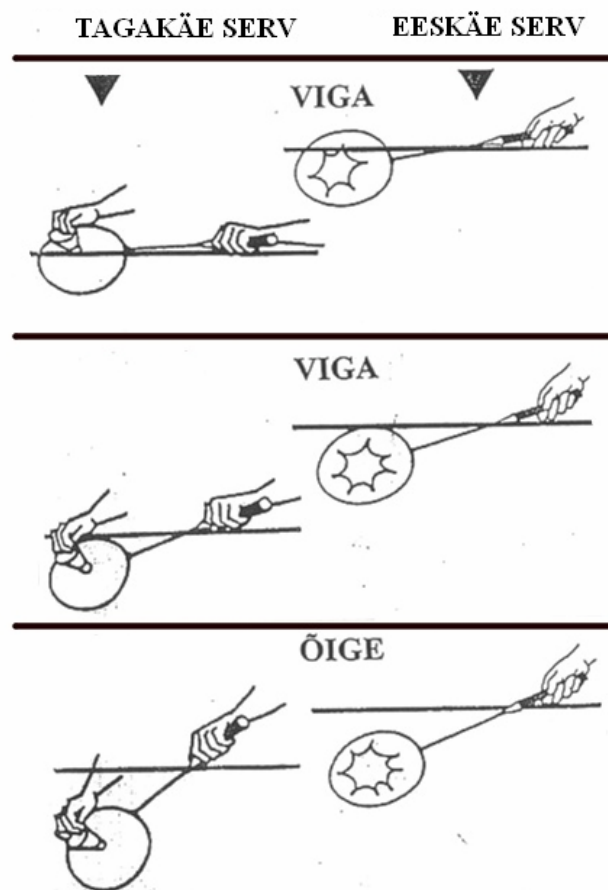
Õppides tehniliselt õige servi sooritamist tuleb jälgida, et serv oleks õpitud ja sooritatud määruste päraselt. Vastavalt töö teemale toon välja servi määrused.

Õige servi sooritamine (International Badminton Federation, 2001; 2005).

- Kumbki pool ei tohi põhjustada lubamatut viivitust servi sooritamisel, kui servija ja vastuvõtja on serviks valmis.
- Servija ja vastuvõtja peavad seisma diagonaalselt vastaspoole servi väljakul nii, et ei puuduta nende servijoonte piirjooni.
- Servija ja vastuvõtja mingi osa mõlemast jalast peavad jääma kontakti väljaku pinnaga statsionaarses positsioonis servi algusest kuni serv on sooritatud.
- Servija reket peab tabama sulepallinuppu.
- Terve sulepall peab olema servija taljest all pool, kui servija tabab palli reketiga. Taljeks arvestatakse kujutletavat joont ümber keha, servija alumise roide alumisest kohast.
- Servija reketivars hetkel, kui tabatakse servimisel palli, peab olema suunatud allapoole.
- Servija reketi liikumine peab jätkuma edasi servi algusest kuni servi sooritamiseni.

Kui serv ei ole korrektselt eelnevate määruste punkte arvestades sooritatud on serv sooritatud määrustele mitte vastavalt ja seda võetakse veana.

Mängija servib parempoolsest kastist, siis kui ta alustab mängu ja punktisumma on „0” või, kui punkte on servijal paarisarv. Vasakust kastist servitakse paarituarvulise punktisumma korral. Paarismängus, kui paar võidab punkti oma servist, jätkab sama servija edasi servimist. Mängija või paar, kes võitis geimi, servib järgmise geimi alguses (Subramaniam, 2004).



Joonis 7. Reketi ja servija käe asend palli tabamise hetkel (International Badminton Federation 2001).

Kui mõlemad mängijad on mängu alustamiseks valmis, siis servija esimene liikumine reketipeaga peab olema servi algus. Servi ei tohi sooritada enne, kui vastuvõtja on valmis palli vastu võtma. Vastuvõtja on valmis siis, kui ta on sooritanud servi vastuvõtu. Vastast võib petta juba servimisel. Eriti on seda näha maailmaklassi mängu jälgides. Kasutatakse viimasel hetkel kiirenevat või aeglustavat reketi liikumist palli löömisel. Määruses on kirjutatud, et servi sooritamise ajal peab olema reketi liikumine ühtlane, ei tohi sooritada stoppe – reketit ei tohi poole servimise pealt peatada. Kui nii juhtub võetakse seda veana ja servija kaotab punkti ning järgneva servi sooritamise võimaluse (International Badminton Federation 2001; 2005).

Üks teravamaid probleeme servi õigel sooritamisel on palli tabamispunkti kõrgus. Määrused näevad ette, et võistlustel peab olema servikohtunik, kes jälgib servi õiget

sooritamist ning seetõttu ka, kui kõrgel on servi ajal reketipea keha suhtes palli tabamise momendil. Visuaalselt on raske määrata palli ja reketi kohtumise kõrgust, kui servi lähteasendis on pall õigel kõrgusel, kuid palli tabamise hetkel võib olla tõstetud kõrgemale. Rahvusvahelistel võistlustel on olemas servikohtunikud, kellel on õigus serviõigus ära võtta, kui sooritatakse määrustele mittevastava serv. Eestis on seni vähestel võistlustel servikohtunikud (Reino, 2005).

1.4. Biomehaanilised uuringud sulgpallis

Tehnoloogia arenemine on võimaldanud detailset 3-dimensionaalsete uurimismeetodite abil reketioskuste avaldamist kinemaatiliste karakteristikute kaudu ning biomehaaniliselt uurida alusmehhanisme, mida kasutatakse, et sooritada reketiga lööke. Lisaks võimaldanud uurida vigastuste tekke mehhanisme. Kinemaatilised karakteristikud kirjeldavad kvantitatiivselt sulgpalli mängija liikumise välist, silmaga nähtavat osa, võimaldades määrata mängija keha ja selle segmentide asukohta ruumis, keha orientatsiooni ja poosi suvalisel ajahetkel, samuti selgitada keha liikumise ruumilisi ning ajalisi aspekte (Lees, 2004).

Sulgpallis on tehtud erinevaid kinemaatilisi uuringuid mõistmaks enam mängus toimuvat. Uuritud on Taiwani erineva tasemega sulgpallurite ees- ja tagakäe rabaku, tilkpalli, tagant taha löögi ning Taiwani ja Saksamaa sulgpallurite hüppelt rabaku sooritamisel ülajäsemete kinemaatilisi muutujaid löögi ettevalmistavas faasis ning enne ja pärast reketi kohtumist palliga. Kasutatud on kiirvideokaameraid, et salvestada 2-D ja 3-D karakteristikuid (Tang *et al.*, 1993; Tsai, *et al.*, 1998; Tsai *et al.*, 2001; Huang *et al.*, 2002; Liu *et al.*, 2002; Tsai *et al.*, 2004;; Jaitner *et al.*, 2007a). Analüüsitud ülajäsemete kinemaatikat ja pindmise EMG meetodiga uuritud rabaku ja tilkpalli sooritust kahe digitaalse kaamera abil, et salvestada 3-D kinemaatilisi näitajaid ning Biovision EMG süsteemi (Tsai *et al.*, 2005). Jaitner'i ja Gawin'i (2007b) uuringus uuriti spetsiaalse liikuva mõõtevahendiga ülajäsemete segmente ja reketi kiirendust, kasutades vastavaid markereid. Lisaks on Tsai *et al.* (2006) uurinud Taiwani sulgpallurite ülajäseme lihaste pindmist EMG aktiivsust ees-ja tagakäe rabaku sooritamisel.

Rabak on kõige võimsam löök sulgpallis (Liu *et al.*, 2002; Tsai *et al.*, 2006). Sellest järeldub huvi uurida rabaku löögi sooritamisel toimuvaid kinemaatilisi muutusi ja erinevate

ülajäsemete lihasrakendusi soorituse ajal. Peamised kinemaatilised teaduslikud uuringud on keskendunud tagant taha, tilkpalli ja rabaku löögi uurimisele (Carazo *et al.*, 2004). Nähes, kui palju on uuritud sulgpalli rabakut ja tilkpalli on õigustatud uuring sulgpalli servist, mille uuringute andmed on puudulikud.

2. TÖÖ EESMÄRK JA ÜLESANDED

Käesoleva töö eesmärgiks oli uurida erineva tasemega meessulgpallurite eeskäehoidega madala ja eeskäehoidega kõrge sulgpalliservi sooritamisel määratud biomehaanilisi näitajaid.

Töös püstitati järgmised ülesanded:

1. Määrata meessulgpallurite eeskäehoidega madala ja kõrge servi biomehaanilised näitajad.
2. Teostada kahe erineva tugevusgrupi vahel eeskäehoidega madala ja kõrge servi biomehaaniliste näitajate võrdlus ja leida seosed.
3. Teostada meessulgpallurite eeskäehoidega madala ja kõrge servi biomehaaniliste näitajate võrdlus ja leida seosed.

3. TÖÖ METOODIKA

3.1. Vaatlusaluste kontingent

Katse sooritajateks oli 16 Eesti noor ja täiskasvanud meessulgpallurit vanuses 10 kuni 31 aastat. 14 mängijat olid pärit Tartu klubidest, 1 Tallinna ja 1 Nõo klubist. Sulgpallurid jagati kaheks grupiks vastavalt tugevuse järgi – A ja B grupp. Tugevuse hindamiseks võeti aluseks Eesti võistluste edetabel üksikmängus 2006. aasta märtsi seisuga. Eesti võistluste edetabeli A ja B liiga mängijad moodustasid vaatlusaluste A grupi, C ja D liiga mängijad vastavalt B gruppi. Keskmise sulgpalli treeningustaaž A grupis oli $12 \pm 1,95$ aastat ning B grupis $5,5 \pm 1,20$ aastat. Vaatlusaluste antropomeetrilised näitajad on toodud tabelis 1. Väikseim kehamassi indeks (BMI) oli antud uuringu ajal A grupis $19,14 \text{ kg/m}^2$ ning B grupis $16,52 \text{ kg/m}^2$. Suurim BMI vastavas uuringus A grupis $25,30 \text{ kg/m}^2$, B grupis $29,37 \text{ kg/m}^2$.

Tabel 1. Vaatlusaluste antropomeetrilised näitajad ($\bar{X} \pm SE$).

Vaatlus- alused n=16	Vanus (aastates)	Pikkus (cm)	Kehamass (kg)	BMI (kg/m ²)	Treeningu- staaž (aastates)
A grupp n=8	$20,75 \pm 2,10$	$181,31 \pm 2,13$ **	$70,25 \pm 3,14$	$21,37 \pm 0,91$	$12 \pm 1,95$ ***
B grupp n=8	$17,25 \pm 2,98$	$166,15 \pm 3,83$	$62,28 \pm 6,69$	$22,10 \pm 1,47$	$5,5 \pm 1,20$

Statistiliselt oluline erinevus B-grupiga. ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$.

A ja B grupi keskmiste vanuste, kehamassi ja BMI vahel statistiliselt olulist erinevust ei esinenud. Statistiline erinevus leiti kahe grupi pikkuse vahel.

3.2. Vaatluste organisatsioon

Antud uurimustöö eksperimentaalne osa viidi läbi Tartu Ülikooli Akadeemilise Spordiklubi spordihalli kolmandas saalis 2006.aasta märtsi alguses.

Uuringud teostati vastavas järjekorras.

1. Vaatlusaluste antropomeetriliste näitajate määramine mõõtmise teel ning andmete kogumine ankeetküsitluse abil.
2. Eeskäega madala ja kõrge sulgpalliservi sooritamisel löögikäe kinemaatiliste parameetrite registreerimine.
3. Registreeritud parameetrite uuring laboriarvutis vastava programmi abil.
4. Registreeritud parameetrite analüüs personaalarvutis.

3.3. Eksperimendi korraldus

Käesoleva uurimustöö jaoks kasutati Itaalia firma BTS Bioengineering' u poolt välja töötatud optilis-elektronilist süsteemi Elite 2002, millega teostati liigutustegevuse 3-dimensionaalne (3-D) kinemaatiline analüüs 6 infrapunakaamera (kaamera sagedus 100 Hz) baasil. Kaamerate soojusundlikkus on seatud kõrgemaks, kui inimese kehatemperatuur, et uuritava objekti enda soojuslikud omadused uuringut ei segaks. Uuritava keha sõlmpunktidesse paigutatakse infrapunases alas kiirgavad fluorestseeruvad andurid. Vaatlusaluse liigutused salvestatakse fluorestsentsi kasutades. Iga kaamera koosneb mehaanilisest aspektist lähtudes kolmest erinevast lülist (joonis 8). Esimesed kaks lüli (1, 2) on iseloomulikud ka tavalisele videokaamerale. Kolmas osa on rõngakujuline valgusdiodidest koosnev infrapuna valgusallikas ümber infrapunatundliku objektiiv, mis tagab vaatlusaluse kehal olevate andurite liikumise fikseerimise kaamerate abil.



Joonis 8. Infrapunakaamera. CCD tehnoloogial põhinev videokaamera (1), infrapunatundliku suurendusega (zoom) objektiiv (2), rõngakujuline valgusdiodidest koosnev infrapuna valgusallikas ümber infrapunatundliku objektiivi (3).

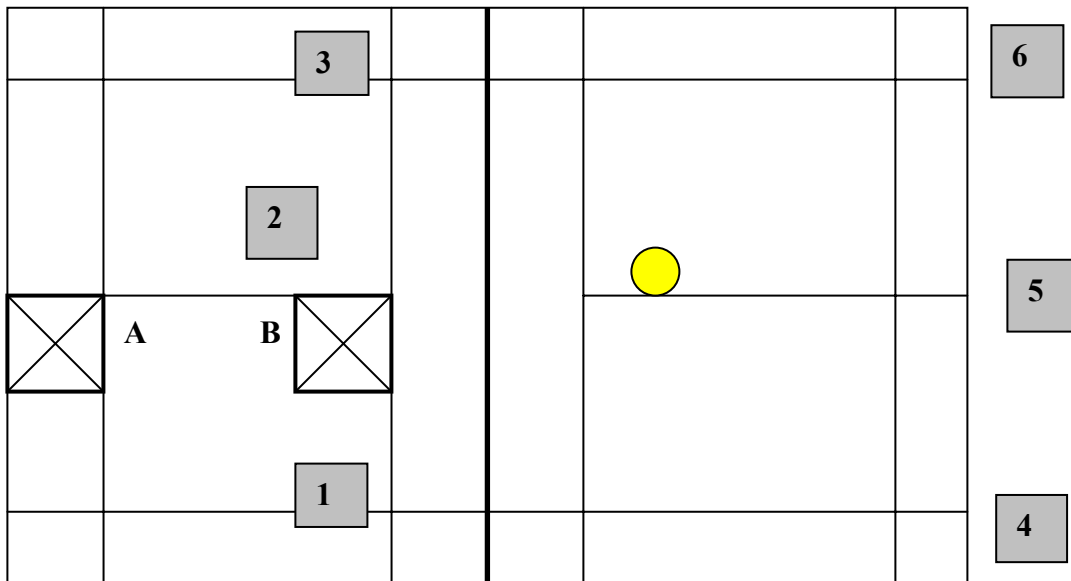
Kaamerad paigutati Tartu Ülikooli Akadeemilise Spordiklubi spordihalli kolmandasse saali. Katse sooritati ühel sulgpalliväljakul. Mõlemal väljakupoolel paiknesid kolm infrapunakaamerat nagu on näidatud joonistel 9, 10 ja 11.



Joonis 9. Infrapunakaamerate paigutus sulgpalliväljaku poolel, kust vaatlusalune servis. Vasakult poolt esimene kaamera on videokaamera, mis jäädvustas kõik katsed, et hilisemate küsimuste tekkimisel oleks võimalik korrata katseid.



Joonis 10. Infrapunakaamerate paigutus sulgpalliväljaku poolel, kuhu serv sooritati.



Joonis 11. Infrapunakaamerate (hallid kastid) paigutus sulgpalliväljakul. Kaamerad on suunatud vaatlusaluse (kollane ring) poole. Kaks ristiga kasti A ja B märgivad kohti, kuhu vaatlusalusel tuli serv sooritada.

Sulgpallivõrk oli keeratud üles, et ei häiriks infrapunakaamerate tööd. Valged kastid sulgpalliväljaku parempoolsest kastist märgistavad kohta, kuhu vaatlusalune pidi servima.

Väljaku kõrval hindasid kolm spetsialisti spetsiaalsete kriteeriumite alusel (Lisa 1) mängija servi tehnilist sooritust ja täpsust. Servide paremus tehti kindlaks spetsialistide andmete järgi. Madalal ja kõrgel servil võeti arvesse katsed, mis olid hinnatud kõigi kolme spetsialisti poolt parimaks nii tehnilise soorituse kui ka maandumisasukohaga märgitud alasse. Lisaks oli mõlemale poole posti külge kinnitatud 50 cm pikkused mõõtpulgad, mille peal oli märgitud 10 cm sammuga mõõteskaala. Need andsid spetsialistidele parema ülevaate servi täpsusest ja kõrgusest.

Esmalt toimus vaatlusaluse antropomeetriliste mõõtmete määramine markerite paigutamiseks keha pinnale. Selleks mõõdeti vaatlusalusel kehamass, pikkus, kaal, puusa laius, parema ja vasaku jala pikkus, põlve, pahkluu ja jala diameetrid. Lisaks pidi vaatlusalune täitma ankeedi, kus olid küsimused tema varasemate vigastuste ja haiguste kohta.

Peale mõõtmiste teostamist asetati spetsiaalsed markerid (andurid) kahepoolse teibiga vaatlusaluse kehaosade sõlmpunktidesse: kaelalüli ogajätke C7 (*processus spinosus*), vasak õlg (Vsh), parem õlg (Psh), sacrum, parema puus (Ppuus), vasak puus (Vpuus), küünarliiges (Prl), ranne (Pkl), käsi (Pkasi), reketile mediaalsele ja lateraalsele poolele (joonis 12,13,15).



Joonis 12. Markerite (infrapunases alas kiirgavad fluorestseeruvad markerid) kinnitamine keha pinnale (pildil puuduvad puusade peale pandavad markerid ning ei ole näha selja peale pantud C7 ja sacrum markereid).

Selles uuringus kasutati kokku 11 markerit. Kõik vaatlusalused olid paremakäelised ja markerid asetati vastavalt paremale käele. Katsealune kasutas servide sooritamisel isiklikku reketit. Markerite abil oli võimalik jälgida ülajäseme liikumise trajektoori ning hinnata: nihet ruumis, kiirust ja kiirendust .



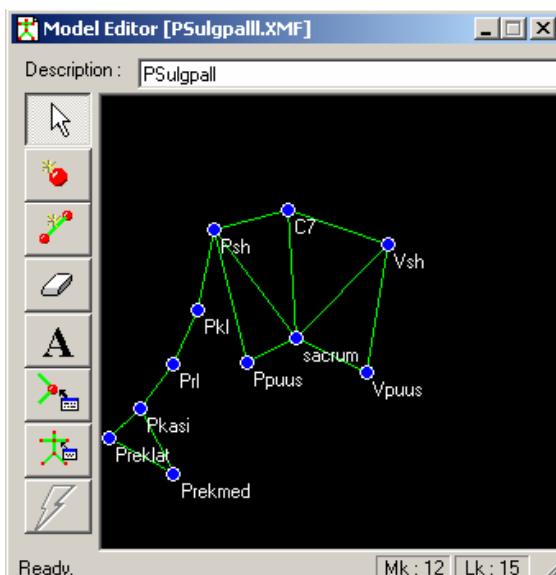
Joonis 13. Markerite asetus reketipea lateraalsel ja mediaalsel küljel.

Enne katse sooritamist kirjeldati vaatlusalusele täpselt, kuhu ja kuidas ta peab servima. Järgnevalt sisestati arvuti vastavasse programmi vaatlusaluse antropomeetriselised näitajad.

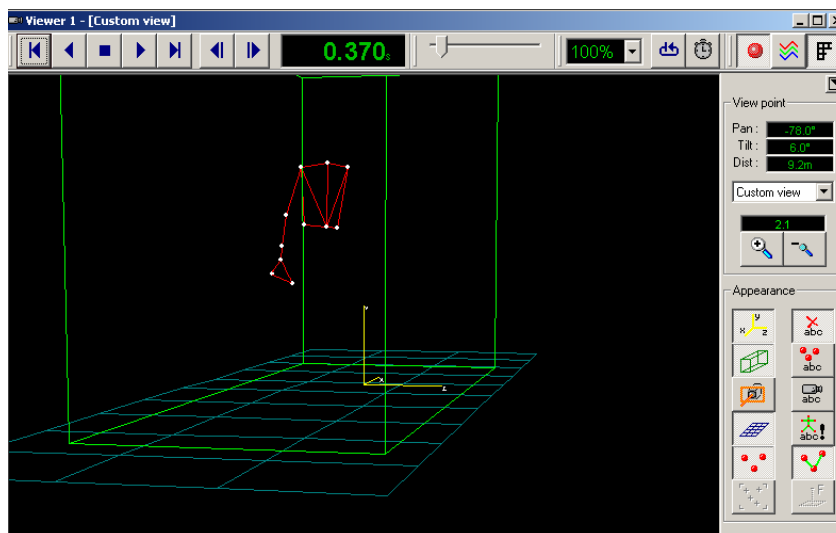


Joonis 14. Vaatlusaluse asend ülakeha mudeli koostamiseks enne katse sooritamist sulgpalliväljakul.

Sulgpalliväljakule seisis vaatlusalune määratud kohta, ligikaudu 0,5-1 meetrit eespool olevast servijoonest, kuhu kõik kaamerad olid suunatud. Algasendina näoga võrgu suunas, jalad kõrvuti ja käed all (joonis 14). Järgnevalt koostati keha mudel ning määrati markerite asukohad kolme mõõtmelises ruumis koordinaatidega X, Y ja Z.



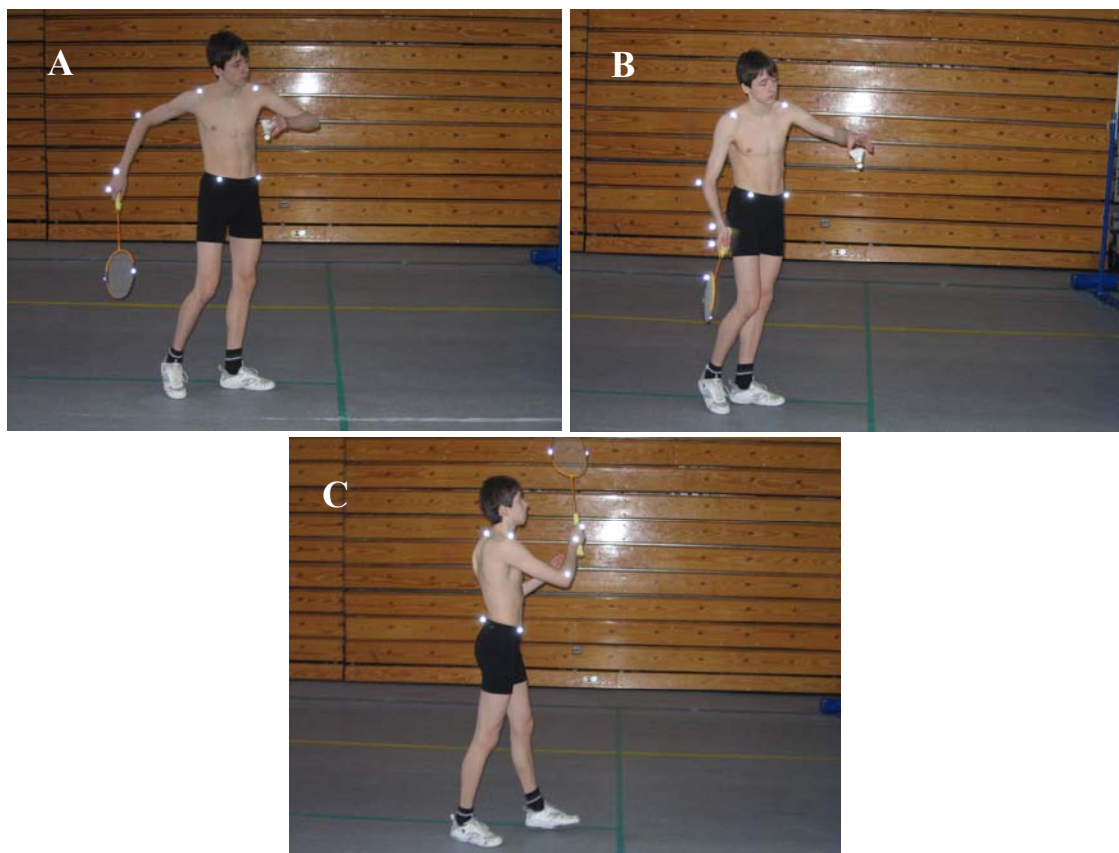
Joonis 15. Graafiliselt kujutatud ülakeha mudel koos reketiga, kus markerid on omavahel ühendatud ning millest kujuneb keha mudel (antud töös kasutati Tartu Ülikooli kinesioloogia ja biomehaanika labori poolt välja töötatud sulgpalluri ülakeha ja parem käsi koos reketiga mudelit).



Joonis 16. Markeritest moodustunud ja ühendatud keha kujutise mudel 3-e mõõtmelises ruumis arvuti ekraanil.

3.4. Ülakeha ja reketi liikumise määramine

Pärast ülakeha mudeli koostamist sooritas vaatlusalune peale märguannete servi. Selleks võttis servi algasendi ning sooritas vastavalt madala või kõrge servi. Peale servi sooritamist võttis vaatlusalune uuesti algasendi, et järgmist servi sooritada. Vaatlusalune servis parempoolsest kastist diagonaalis vastaspoole parempoolsesse kasti. Väljakupoolele, kuhu serviti, oli maha märgistatud valge teibiga kaks kasti, üks ette ja teine väljaku taha. Väljaku taha ossa oli kast märgitud väljaku tagumise joone ja keskjoone nurka. Eesolev kast paiknes tsoonijooone ja keskjooneristumiskohas. Mõlemad kastid olid laiusega 1,295 m ning pikkusega 0,76 m. Selleks, et mängija ei kohaneks ära ühesuguse liigutusega, servis mängija vastavatesse kastidesse vahelduvalt. Nii sooritati vaheldumisi 6 madalat ja 6 kõrget servi, kokku 12 servi.



Joonis 17. Eeskäehoidega kõrge sulgpalliservi sooritamine (A – asend enne lööki; B – asend löögi sooritamise hetkel; C – asend peale löögi sooritamist).



Joonis 18. Eeskäehoidega madala sulgpalliservi sooritamise (A – asend enne lööki; B – asend löögi sooritamise hetkel; C – asend peale löögi sooritamist).

Enne katse sooritust oli igal katsealusel üks madala ja kõrge servi prooviserv. Katseservid sooritati kahe Yonex 50 sulgpalliga. Peale igat servi toodi pallid tagasi vaatlusalusele.

Katse soorituste ajal oli kasutuses videokaamera ja digifotoaparaat jäädvustamiseks katse sooritusi hilisemate küsimuste tekkimisel.

Vastavas uuringus analüüsiti parema käe ja ülakeha kinemaatilised näitajaid ka reketi kohtumisel palliga. Personaalarvutis registreeriti Elite 2002 infrapunakaamerate poolt markerite abil liikumine kolmel teljel (Y – vertikaaltelg; X – sagitaaltelg; Z – frontaaltelg):

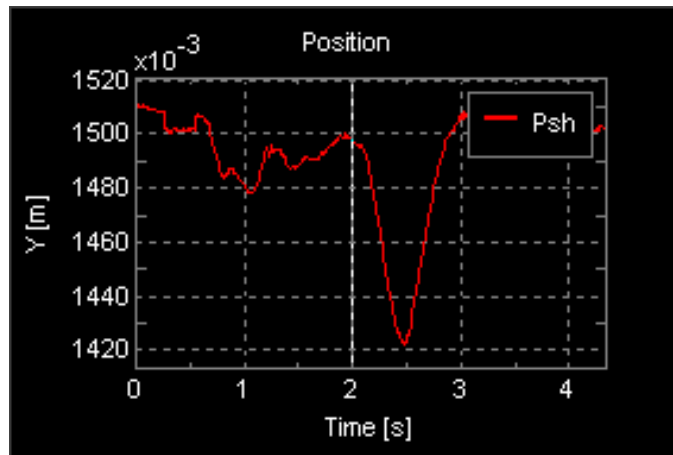
1. Z - teljel parema käe frontaalsuunaline liikumine;
2. Y – teljel parema käe vertikaalsuunaline liikumine;
3. X – teljel parema käe sagitaalsuunaline liikumine;
4. Z – teljel parema puusa frontaalsuunaline nihkumine;
5. Y- teljel parema puusa vertikaalsuunaline nihkumine;

6. X – teljel parema puusa sagitaalsuunaline nihkumine.

Fikseerimaks markerit on vaja, et vähemalt kolm Elite 2002 infrapunakaamerat fikseeriks vastava markeri. Kohtumise hetk palli ja reketi vahel leiti vastavaid kiiruse graafikuid kasutades. Tulemusi analüüsidest leiti järgmised näitajad.

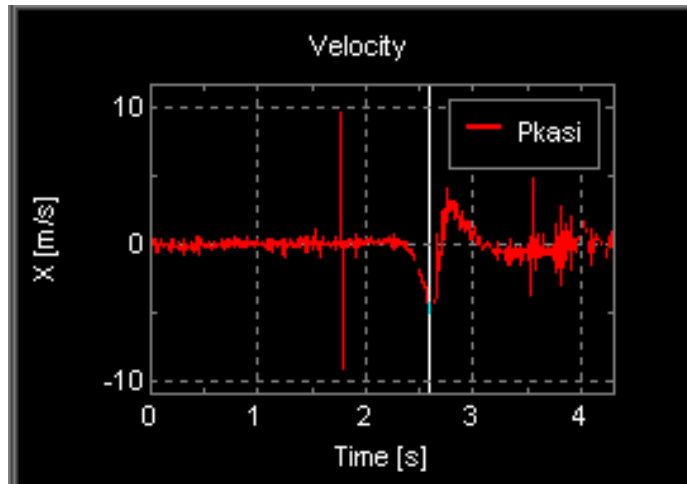
1. Reketi tahaviimise aeg – aeg, kus reketi taha viies on maksimaalsel kaugusel enne käe ja reketi liikumise alustamist ette suunas. Jälgiti graafikut, kui parema õla (Psh) marker hakkas liikuma ette.
2. Reketi ja palli kohtumise hetk (kiiruse graafikute alusel).

Esimese punkti puhul leiti parema õla (Psh, joonis 15) markeri nihked vertikaalteljel. Määrati maksimaalne punkt enne vertikaaltelje näitajate langemist. Parema õlga koos käega liikus algselt taha-üles, kus toimus pidurdus, järgnevalt hakkas parem õlg ja käsi liikuma ette-alla enne palliga kohtumist. Neid liikumisi on näha uurides vastavaid graafikuid (joonis 19). Alla liikumine näitab parema õla (Psh) markeri vertikaalteljel näitajate langemist. Siit võime järeldada, et maksimaalne näitaja enne palliga kohtumist paremal õlal (Psh) vertikaalteljel on koht, kus reket on maksimaalselt taga ja järgneb õla, käe ja reketi liikumine ette suunas.



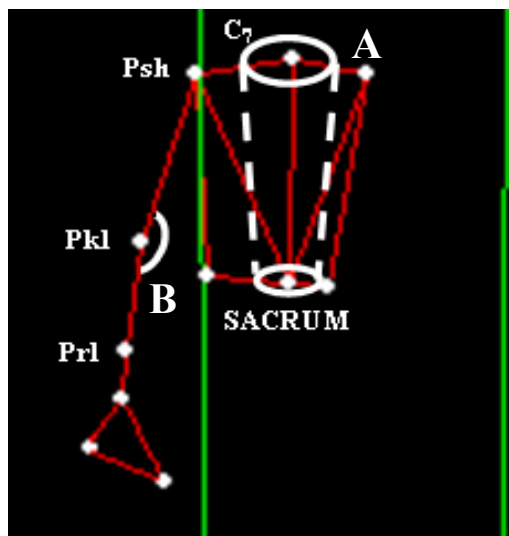
Joonis 19. Parema õla nihe vertikaalteljel. Katkendliku joonega on märgitud hetk, kus parem õlg on viidud maksimaalselt ülesse .

Reketi ja palli kohtumise hetk leiti uurides parema käe (Pkasi, joonis 15) markeri kiiruse minimaalset väärtust sagitaalteljel. Peale minimaalset kiirust järgnes kiire ja kohene kiiruse näitajate tõus paremal käel sagitaalteljel (joonis 20). Palliga kohtumisel toimus käe ja reketi pidurdus ning peale lööki kiirus järsult taas suurenes.



Joonis 20. Käe (Pkasi, joonis 15) kiirus sagitaalteljel. Valge joon märgib kohta, kus reket kohtus palliga.

Parema puusa nihe määrati sagitaal-, vertikaal- ja frontaalsuunas, lähtudes parema puusa (Ppuus, joonis 15) nihke näitajate graafikutest (alghetkest kuni hetkeni, mil pall kohtus reketiga).



Joonis 21. Ülakeha 3-e mõõtmelisel mudelil määratud keha sõlmpunktidevahelised sirged. A – C7-sacrum, B – \angle (Psh-Pkl-Prl) vaheline nurk.

Servi sooritamisel leiti lisaks kiiruse ja nihke näitajatele kere kalde ja küünarliigeses tekkinud nurk ajal, kui reket kohtus palliga. Selleks kasutati keha kolme mõõtmelist mudelit. Mudelil (joonis 21) määrati kaelalüli ogajätke (C7 (*processus spinosus*)) markeri ja ristluu (*os*

sacrum) markeri vahel sirge. Antud sirge kaldenurga muutus ruumis iseloomustab kere käitumist eeskäega madala ja kõrge servi sooritamisel. Antud uuringus määrati nimetatud punktide vahel sirged vastava võrrandiga ruumis (sirge võrrand ruumis),

$$\frac{x - x_1}{x_2 - x_1} = \frac{y - y_1}{y_2 - y_1} = \frac{z - z_1}{z_2 - z_1}$$

kus marker A on määratud koordinaatidega (x_1, y_1, z_1) ja marker B vastavalt (x_2, y_2, z_2) . Järgnevalt arvutati sirgete vahelised nurgad võrrandiga (sirge sihivektorite vaheline nurk),

$$\cos \alpha = \frac{X_1 \cdot X_2 + Y_1 \cdot Y_2 + Z_1 \cdot Z_2}{\sqrt{X_1^2 + Y_1^2 + Z_1^2} \cdot \sqrt{X_2^2 + Y_2^2 + Z_2^2}}$$

kus sirgete sihivektorid on antud koordinaatidega (X_1, Y_1, Z_1) ja (X_2, Y_2, Z_2) . Kõik nurgad määrati esimese (algasendiga) määratud sirge suhtes.

Teine sirge määrati parema käe õla (Psh, joonis 15), küünarliigese (Pkl, joonis 15) ning randme (Prl, joonis 15) markerite vahel, et leida nurk küünarliigeses hetkel, kui reket kohtus palliga. Nurk leiti vastavate vektorite \vec{a} ja \vec{b} vahel, kus \vec{a} moodustus markerite Psh ja Pkl vahel ning \vec{b} moodustus markerite Pkl ja Prl vahel.

Käe üldine liikumise kiirus ruumis arvutati võrrandiga,

$$V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2 + V_z^2}$$

kus V_x on liikumise kiirus X – teljel, V_y on liikumise kiirus Y – teljel ja V_z on liikumise kiirus Z – teljel.

Löögienergia arvutati võrrandiga,

$$E = \frac{m \cdot V^2}{2}$$

kus m on sulgpalli mass ja V on käe liikumise kiirus ruumis palliga kohtumise hetkel.

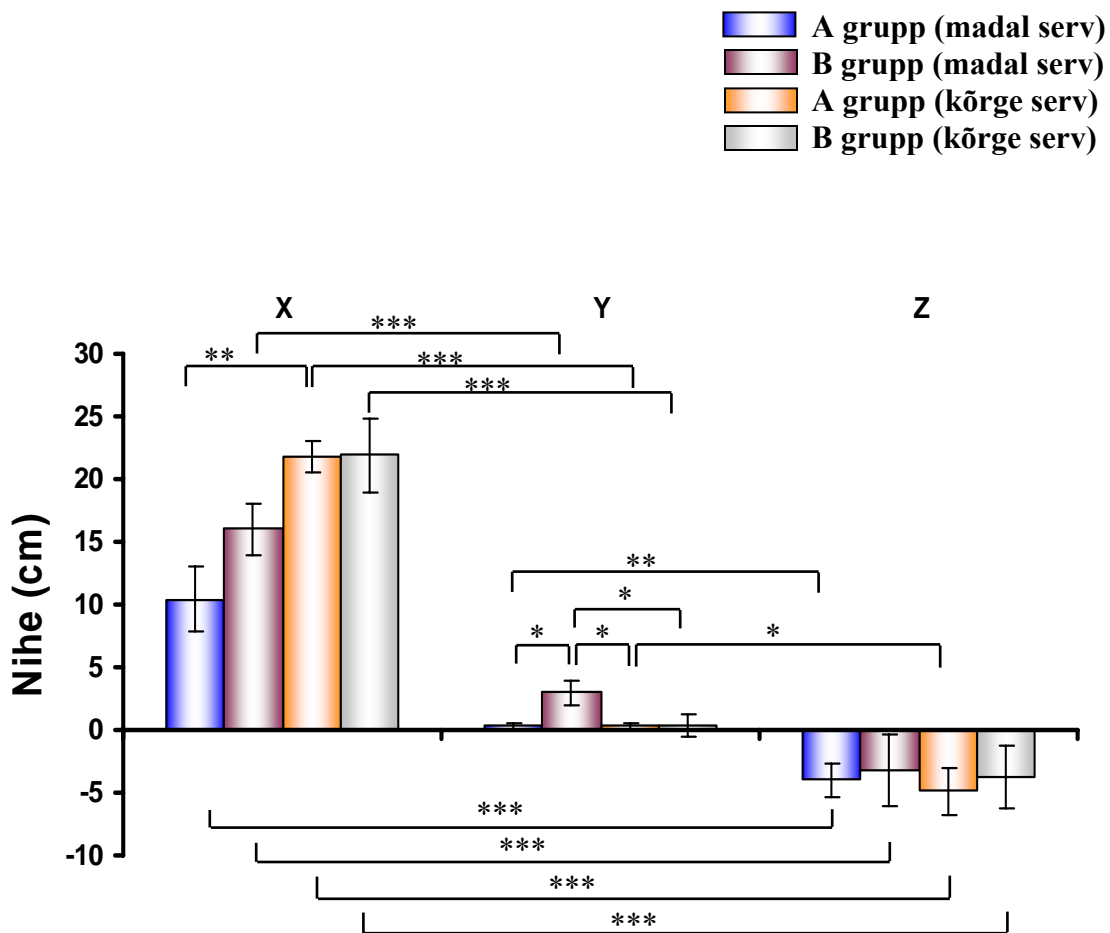
3.5. Tulemuste statistiline töötlus

Uurimistöö tulemuste statistiline töötlus ja analüüs toimus programmi STATISTICA 4.5 abil. Kõigi näitajate osas määrati aritmeetiline keskmine (\bar{X}) ja standardviga ($\pm SE$). Statistiliselt oluliste erinevuste hindamiseks erinevate tunnuste vahel kasutati Student'i t-testi. Arvuliste tunnuste vahelise seoste hindamiseks kasutati Pearsoni lineaarset korrelatsioonikordajat. Statistiliselt oluliseks loeti erinevust nivool $p < 0,05$.

4. TÖÖ TULEMUSED

4.1. Eeskäehoidega kõrge ja madala servi kinemaatilised näitajad

Eeskäehoidega kõrge ja eeskäehoidega madala servi korral määrati puusanihe sagitaal- (ette-taha suunas) (X), vertikaal- (Y) ja frontaalteelje (külgsuunas) (Z) suhtes. Nimetatud nihke määramiseks kasutati markeri Ppuus (joonis 15) liikumisel tekkinud trajektoori ruumis. Töös vaadeldud gruppide A ja B puusanihe madala ja kõrge servi korral on kujutatud joonisel 22. Kõrgema tasemega mängijatel (A grupp) madala servi korral oli puusanihe ette-taha suunas 30% võrra lühem võrreldes madalama tasemega mängijatega (B grupp).



Joonis 22 Löögikäe poolse puusa liikumine ette-taha- (X), vertikaal- (Y) ja külgsuunas (Z).

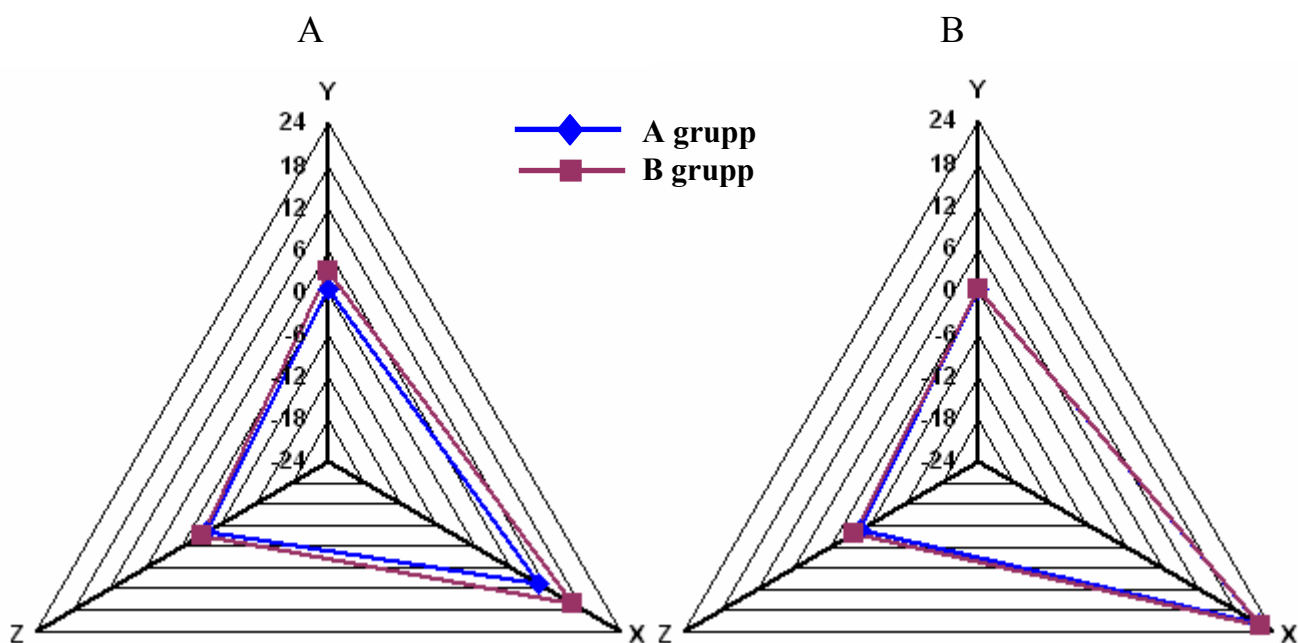
($\bar{X} \pm SE$). * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$.

Nimetatud nihe ei olnud aga statistiliselt oluline ($p > 0,05$). Kõrge servi korral töös vaadeldud gruppide vastavates näitajates arvulisi erinevusi ei olnud. Kõrgema tasemega sportlastel oli kõrge servi korral puusanihe 52% suurem võrreldes madala serviga. Nimetatud erinevus oli statistiliselt oluline nivool $p < 0,01$.

Madala servi korral vertikaalsuunas oli madalama tasemega mängijate puusanihe oluliselt suurem võrreldes kõrgema tasemega mängijatega. Nihe oli oluline nivool $p < 0,05$.

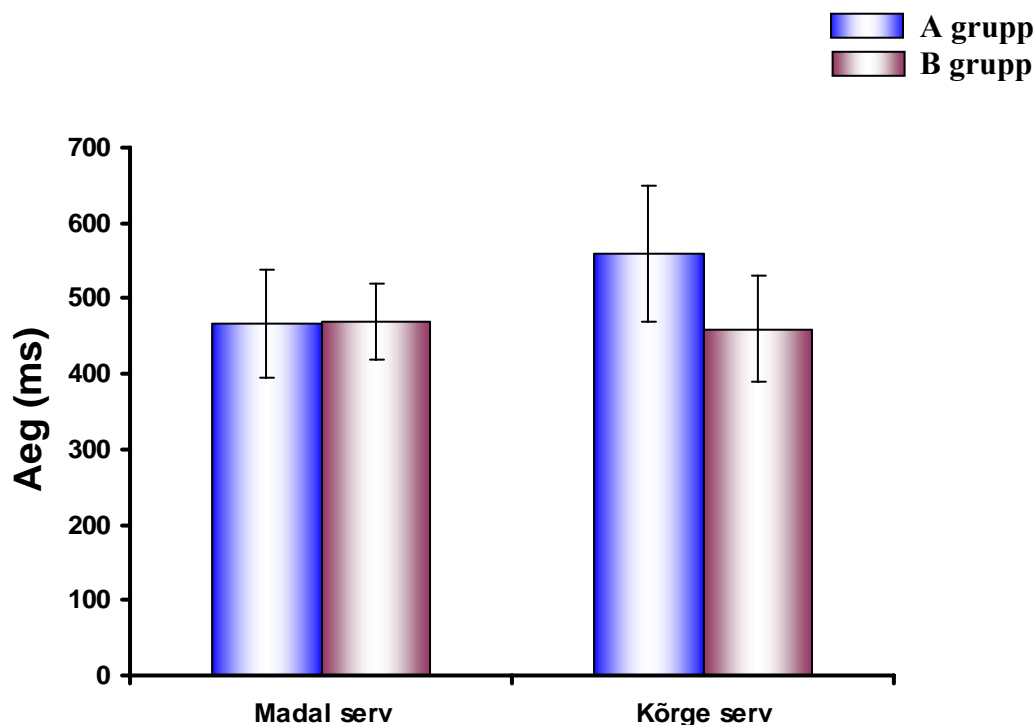
Külgsuunas nimetatud gruppide ning erinevate servide korral määratud puusanihete vahel olulisi erinevusi ei täheldatud.

A grupi vastavad näitajad erinesid oluliselt madalal ja kõrgel servil ette-taha ja külgsuunas ($p < 0,001$), madalal servil ette-taha ja vertikaalsuunas ($p < 0,01$) ning kõrgel servil ette-taha ja vertikaalsuunas ($p < 0,001$). B grupi puusanihetes olid statistiliselt olulised erinevused madalal servil ette-taha ja külgsuunas ($p < 0,001$), kõrgel servil ette-taha ja külgsuunas ($p < 0,001$), madalal servil ette-taha ja vertikaalsuunas ($p < 0,001$) ning kõrgel servil ette-taha ja vertikaalsuunas ($p < 0,001$).



Joonis 23. Kolmemõõtmeline tasand löögikäe poolse puusa liikumisest ette-taha- (X), vertikaal- (Y) ja külgsuunas (Z) eeskäehoidega madalal (A) ja kõrgel servil (B).

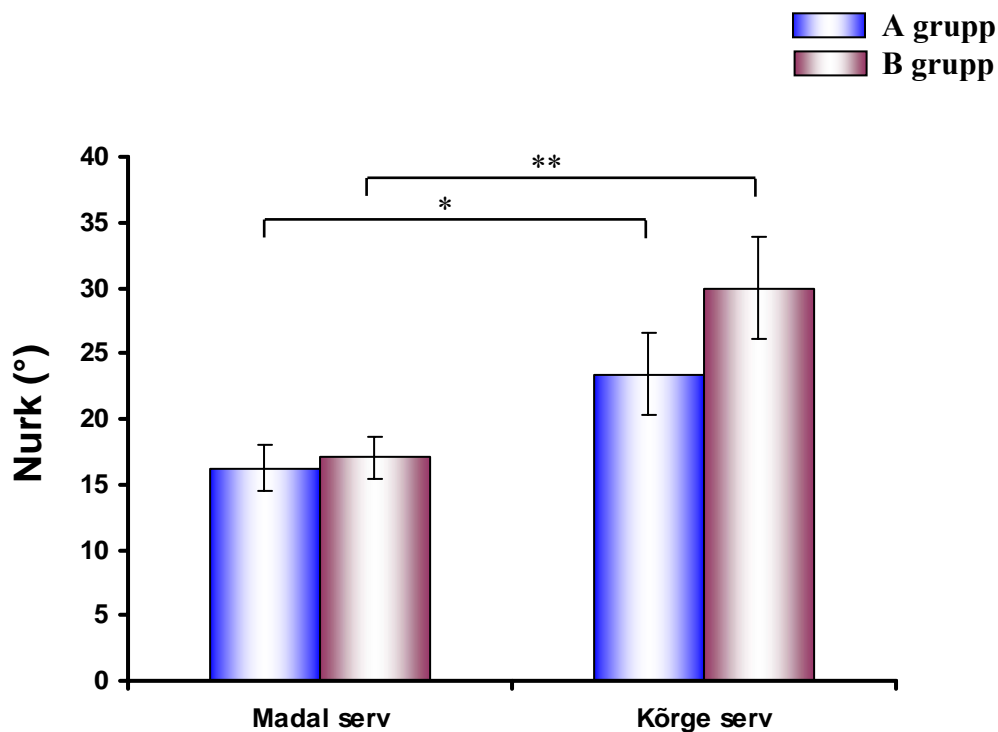
Puusanihetest kolmemõõtmelisel tasandil annab ülevaate joonis 23. Jooniselt nähtub, et eeskäehoidega kõrge servi korral on ette-taha suunalised nihked mõlema vaadeldud grupi korral väiksemad kui madala servi sooritamisel. Eeskäehoidega kõrge servi korral puusanihe vertikaalsuunas oli mõlemal nimetatud grupil arvväärtuselt sama. Oluline erinevus oli aga madala servi korral ($p < 0,05$). Kõrgema tasemega mängijate nihe oli 110% võrra väiksem võrreldes madalama tasemega mängijatega.



Joonis 24. Reketi liikumise aeg.

$$(\bar{X} \pm SE).$$

Reketi liikumise aeg on toodud joonisel 24. See oli ajahetk reketi liikumisel taga asendist ette kuni palliga kohtumiseni. Reketi liikumise aeg eeskäehoidega madalal servil erines vaadeldud gruppide vahel ainult 1 % võrra. Kõrge servi korral oli kõrgema tasemega mängijate (A grupp) reketi liikumise aeg võrreldes madalama tasemega mängijatega (B grupp) 22 % võrra suurem, kuid sellele vaatamata erinevus ei olnud statistiliselt oluliselt erinev ($p > 0,05$).

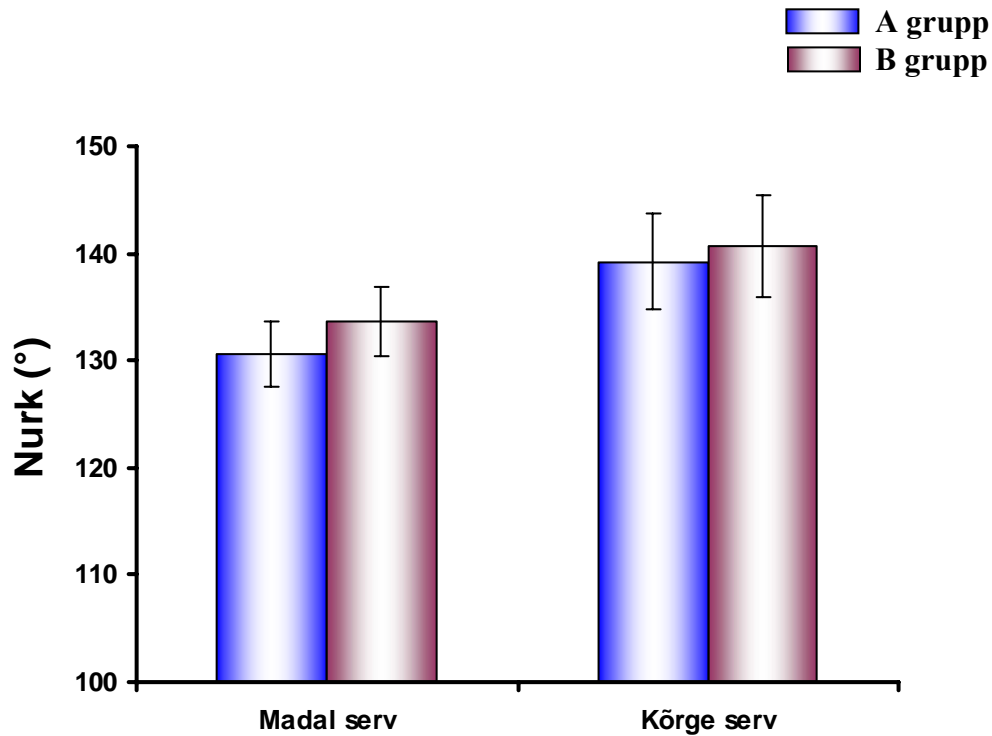


Joonis 25. Kere kalde nurk vertikaaltelje suhtes madala ja kõrge servi korral.

($\bar{X} \pm SE$). * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$.

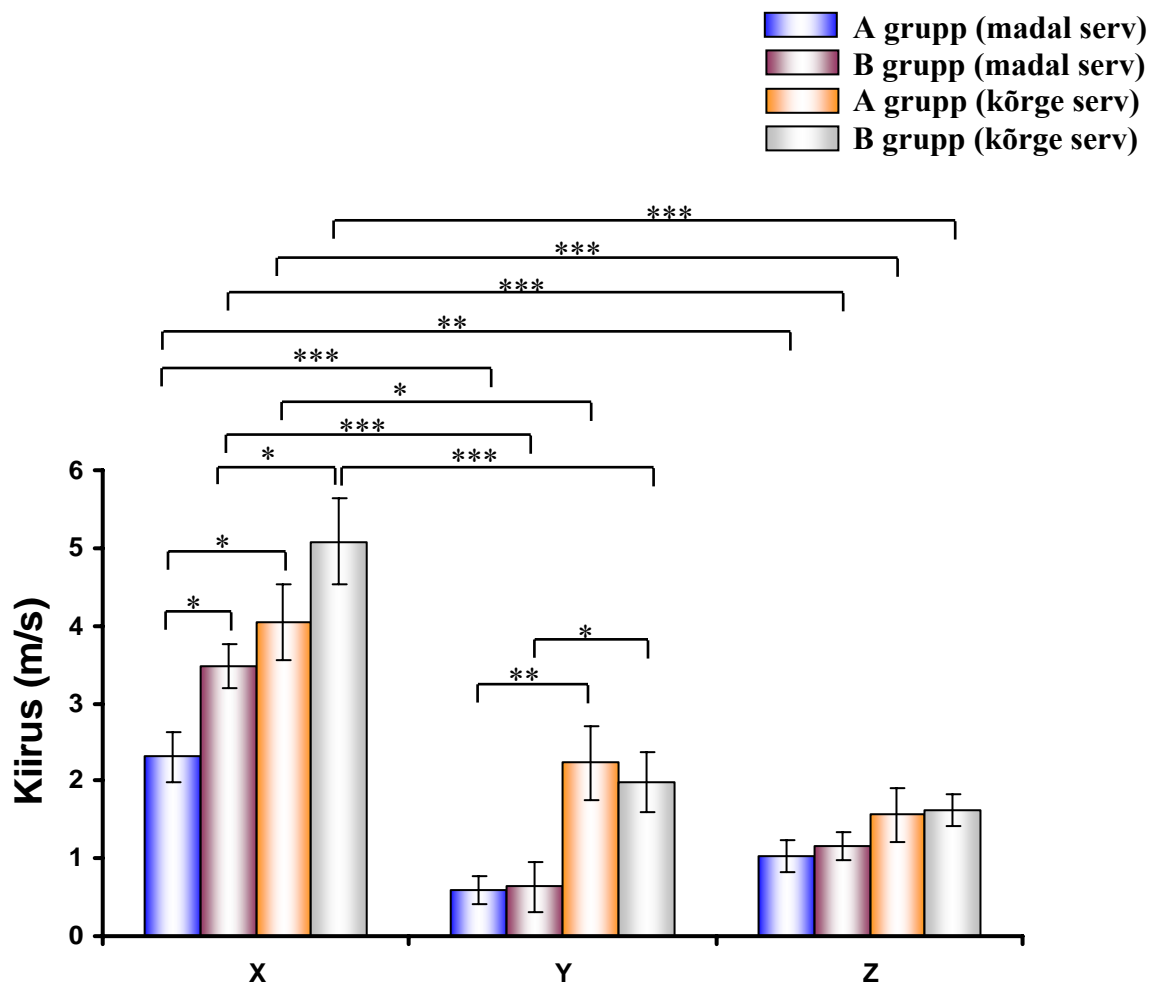
Kere kalde nurga muutustest annab ülevaate joonis 25. Nurga määramiseks moodustati vektor, mis ühendas markereid sacrum ja C7 (joonis 15). Jooniselt on näha liigutuse käigus määratud maksimaalne nurk nimetatud vektori ja vertikaaltelje vahel. Eeskäehoidega madala servi korral A grupi vastav näitaja oli 5% võrra väiksem võrreldes B grupi vastavast näitajast. Kõrge servi korral oli vastav erinevus 22%, kuid kummalgi juhul ei olnud erinevused statistiliselt olulised ($p > 0,05$).

Jooniselt nähtub, et A grupi madala ja kõrge servi korral kere kalde nurkade vahel on statistiline oluline erinevus nivool $p < 0,05$. A grupil oli kõrgel servil kere kalle 44% võrra suurem kui madalal servil. B grupil oli kõrgel servil kere kalle 76% võrra suurem kui madalal servil. B grupi vastavate näitajate vahel oli statistiliselt oluline erinevus nivool $p < 0,01$.



Joonis 26. Õlavarre ja küünarvarre vaheline nurk madala ja kõrge servi korral.
($\bar{X} \pm SE$).

Õlavarre ja küünarvarre vahelise nurga määramiseks kasutati markereid Ps1, Pk1 ja Psh (joonis 15) ning leiti vastav nurga muut $\angle(\text{Ps1 Pk1 Psh})$ kogu liikumise jooksul. Õlavarre ja küünarvarre vahelise nurga muutused madala ja kõrge servi korral A ja B grupi vahel on välja toodud joonisel 26. Kahe grupi õlavarre ja küünarvarre vaheline nurk eeskäehoidega madalal servil oli kõrgema tasemega mängijatel 6% ning kõrge servi puhul 3% võrra väiksem. Mõlema servi korral oli suurem nurk servi ajal õlavarre ja küünarvarre vahel madalama tasemega mängijatel (B grupp). Statistilist olulist erinevust siiski ei esinenud kahe vaadeldud grupi nurga näitajate vahel mõlema servi korral. Õlavarre ja küünarvarre vaheline nurk erines madala ja kõrge servi korral A grupil 14 % ning B grupil 11 % võrra, kuid antud näitajate erinevus ei olnud statistiliselt oluliselt erinev.



Joonis 27. Käe liikumise kiirus ette-taha- (X), vertikaal- (Y) ja külgsuunas (Z). ($\bar{X} \pm SE$).

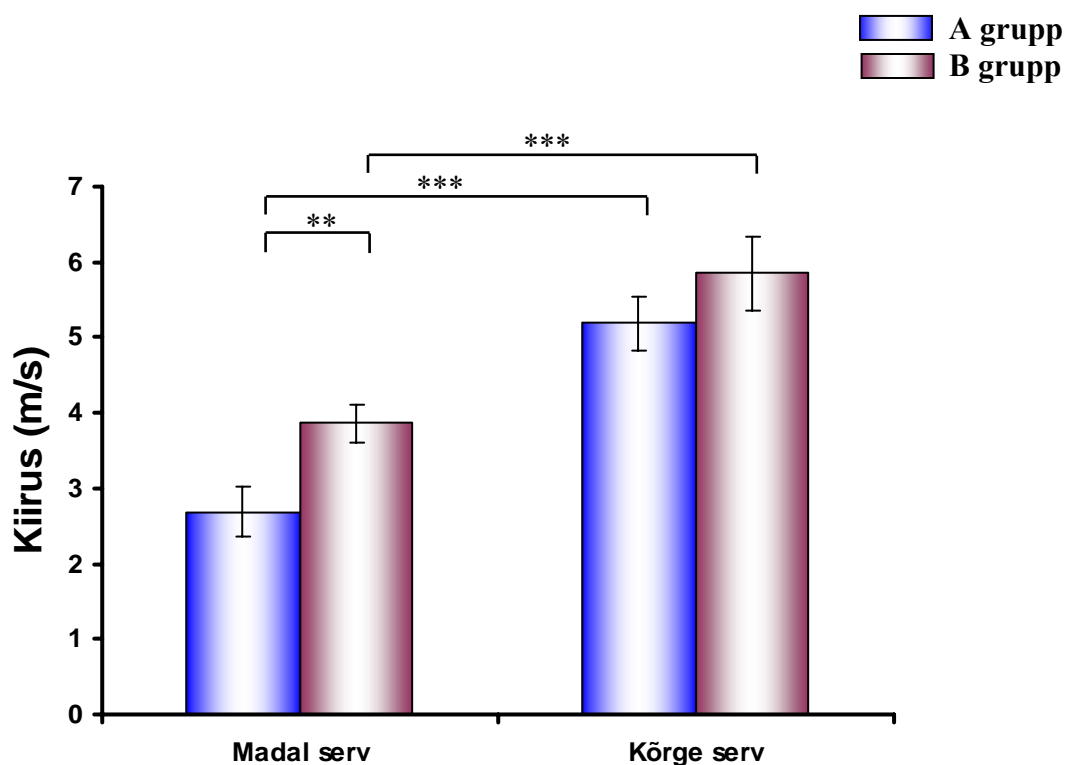
* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$

Käe liikumise kiiruse määramiseks kasutati markerit Pkasi (joonis 15) ning selle muutustest annab ülevaate joonis 27. Käe liikumise kiirus eeskäehoidega madalal servil ettesuunas oli A grupil 51% võrra väiksem võrreldes B grupiga ning kahe näitaja vahel esines oluline erinevus nivool $p < 0,05$. A grupil oli käe liikumise kiirus ettesuunas kõrge servi korral 75% võrra suurem võrreldes madala servi vastava näitajaga ning erinevus oli oluline nivool $p < 0,05$. B grupi madala ja kõrge servi käe liikumise kiiruse erinevus ette suunas oli 46%, kus esines ka statistiliselt oluline erinevus ($p < 0,05$).

Vertikaalsuunas oli oluline erinevus käe liikumise kiirustes A grupi madala ja kõrge servi puhul nivool $p < 0,01$, kus kõrge servi korral käe liikumise kiirus oli 2,8 korda suurem madala

servi käe liikumise kiirusest. B grupis oli käe liikumise kiirus kõrge servi korral 2 korda suurem madala servi korral määratud käe liikumise kiirusest vertikaalsuunas ning erinevus oli statistiliselt oluline nivool $p < 0,05$.

Statistiliselt olulised erinevused esinesid käe liikumise kiiruse osas ette- ning vertikaalsuuna vahel A grupis kõrgel ($p < 0,05$) ning madalal servil ($p < 0,001$) ja B grupis kõrgel ($p < 0,001$) ning madalal servil ($p < 0,001$). Ettesuunas ja külgsuunas käe liikumise kiiruses A grupis madalal servil esines statistilise olulise erinevus nivool $p < 0,01$ ning kõrgel servil nivool $p < 0,001$. B grupis oli oluline erinevus käe liikumise kiirusel ettesuuna ja külgsuuna vahel madalal servil $p < 0,001$ ja kõrgel servil $p < 0,001$.



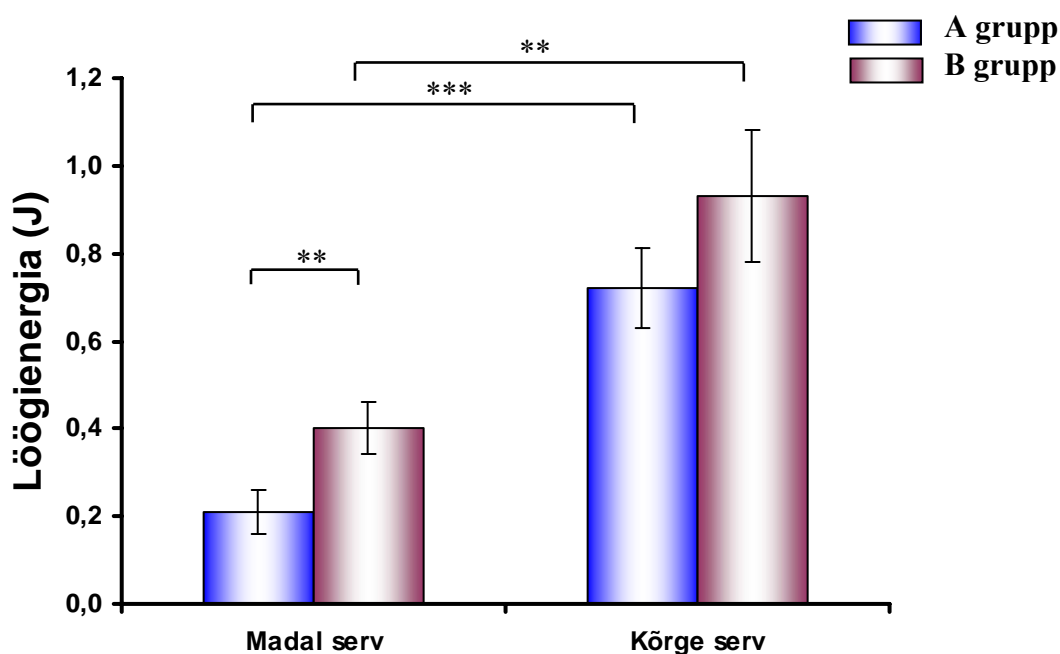
Joonis 28. Käe liikumise kiirus ruumis.

($\bar{X} \pm SE$). ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$.

Käe liikumise kiiruse muutustest ruumis annab ülevaate joonis 28. Eeskäehoidega madalal servil oli käe liikumise kiirus ruumis kõrge tasemega mängijatel (A grupp) oluliselt ($p > 0,01$) väiksem kui madalama tasemega mängijatel (B grupp). Kõrgel servil oli A grupi kiiruse

näitajad 14 % võrra väiksemad, kui B grupil, kuid vastav erinevus ei olnud statistiliselt oluline ($p>0,05$). Kõrgema tasemega mängijate käe liikumise kiirus kõrgel servil oli 46 % võrra suurem madala servi korral määratud näitajast ning erinevus oli oluline nivool $p<0,001$. Madalama tasemega mängijate korral oli analoogne erinevus 36 %, mis oli samuti statistiliselt oluline nivool $p<0,001$.

4.2. Eeskäehoidega kõrge ja madala servi energeetilised näitajad



Joonis 29. Löögienergia madala ja kõrge servi korral.

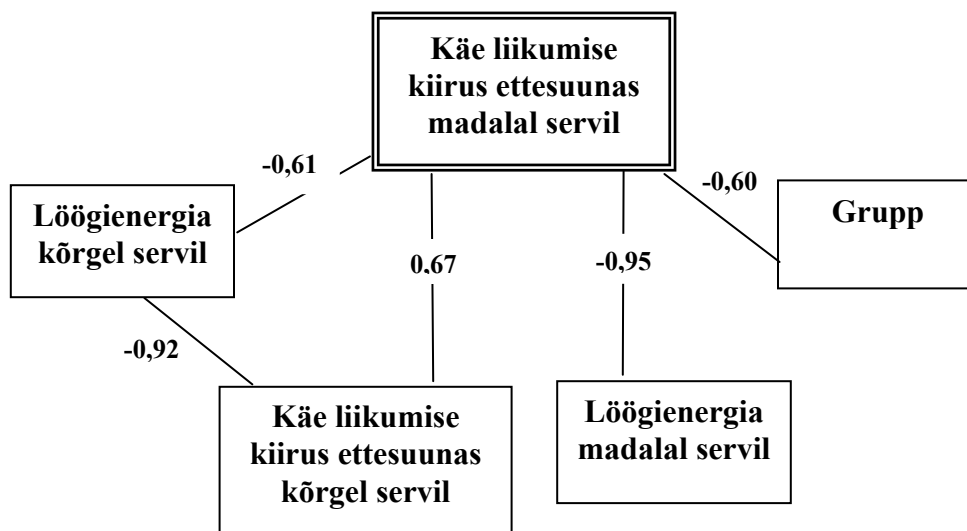
($\bar{X} \pm SE$). ** $p<0,01$; *** $p<0,001$.

Energeetilistest näitajatest arvutati löögienergia, mis kajastub joonisel 29. Jooniselt nähtub, et madala servi korral oli kõrgema tasemega mängijate löögienergia oluliselt väiksem ($p<0,01$), kui madalama tasemega mängijatel. Analoogne tendents valitses ka eeskäehoidega kõrge servi korral. Siin oli kõrgema tasemega mängijate löögienergia 23 % võrra väiksem madalama tasemega mängijate vastavast näitajast, kuid erinevus ei olnud statistiliselt oluline ($p>0,05$).

Eeskäehoidega madala servi korral kõrgema tasemega mängijate poolt arendatud löögienergia oli 71 % võrra väiksem kõrge servi puhul määratud näitajast ning erinevus oli statistiliselt oluline nivool $p < 0,001$. Analoogne suund oli ka madalama tasemega mängijate puhul. Siin oli vastav erinevus 43 % ning löögienergiate erinevus madala ja kõrge servi korral oli oluline nivool $p < 0,01$.

4.3. Korrelatiivsed seosed

Eeskäehoidega madalal servil oli käe liikumise (Pkasi, joonis 15) kiirus x-teljel sulgpalliga kohtumise hetkel positiivses korrelatsioonis käe liikumise kiirusega x-teljel kõrgel servil ($r = 0,67$). Tugevas negatiivses korrelatsioonis olid omavahel madala servi löögienergia ning käe liikumise kiirus x-teljel madalal servil ($r = -0,95$). Kõrgel servil oli löögienergia tugevas negatiivses seoses kõrge servi käe liikumise kiirusega x-teljel ($-0,92$) ning väiksemas negatiivses seoses käe liikumise kiirusega x-teljel madalal servil ($r = -0,61$). Grupiga (esimese grupi moodustasid kõrgema tasemega mängijad ning teise grupi madalama tasemega mängijad) oli negatiivses korrelatiivses seoses käe liikumise kiirus ettesuunas madalal servil ($r = -0,60$). Madalama tasemega mängijate käe liikumise kiirus ettesuunas madalal servil on suurem kui kõrgema tasemega mängijatel.



Joonis 30. Korrelatiivsed seosed. $|r_{xy}| \geq 0,6$.

Üksikud korrelatiivsed seosed olid madala servi käe liikumise kiirusega y-teljel ning kõrge servi puusanihke z-telje näitaja vahel ($r=0,72$). Käe liikumise kiirus y-teljel madalal servil oli omakorda positiivses korrelatiivses seoses madala servi ajaga ($r=0,65$). Puusanihe x-teljel kõrgel servil oli negatiivses seoses kõrge servi ajaga ($r=-0,66$) ning puusanihe z-teljel madalal servil oli negatiivses seoses kõrge servi puusanihkega y-teljel ($-0,74$).

5. TÖÖ TULEMUSTE ARUTELU

5.1. Eeskäehoidega kõrge ja madala servi kinemaatilised näitajad

1992 aastal kasvas sulgpalli populaarsus, kui mäng lisati ametlikult Barcelonas Olümpiamängude kavva (Cabello Manrique, Gonzalez-Badillo, 2003). Sulgpalli ja teiste reketisportialade kommertsialiseerumine viimastel aastatel on tähelepanu fokuseerinud mängija tegevusele ning tema rekети valdamise tehniliste külgedele. See on viinud rohkem spetsiifilisema lähenemisele teaduslikele uuringutele, et mõista kõiki aspekte sulgpallis. Matemaatiliselt on modelleeritud mängija tegevust, et kirjeldada sulgpalli mängu strateegiat ning erinevaid mängu mustreid (Hughes *et.al.*, 2007). Sellised uuringud on aidanud selgitada erinevate mänguelementide omavahelisi seoseid ning osatähtsust sulgpallis. Mitmetest uuringutest on välja koorunud teadmised, kuidas tuleks erinevaid sooritusi sulgpallis arendada, et mängu tulemus oleks efektiivsem ning teisest küljest on aidanud need uuringud mõistmaks sulgpallis mängijal tekkinud vigastuste mehhanismi (Hughes *et.al.*, 2007). Uuringud on aidanud kaasa ühelt poolt sulgpalli mängu tehnilisemaks ning kiiremaks muutmisele ning teiselt poolt andnud uusi väljakutseid erinevate mänguelementide tähtsuse selgitamiseks ning nende analüüsiks (Lees, 2003). Brancazio (1984) väitis oma artiklis, et iga eduka tehnika ning soorituse taga on fundamentaalne teaduslik uuring. Sulgpalli mängus kasutatavaid erinevaid lööke, nagu ka teisi inimese liikumise vorme, saab biomehaaniliselt analüüsida, kasutamaks erinevaid 3-D analüüsi vorme (Ranzmeyer, Niesner, 1987).

Servi nimetatakse üheks tähtsamaks löögiks mängus. Kui ei servita hästi või serv ebaõnnestub, ei ole kuigi suurt võimalust punkte võita (Sulgpalli tehnika, 1992; Sheung, 1998). Arvestades servi tähtsust sulgpallis, uuritigi antud töös optilis-elektronilise süsteemi BTS Elite 2002-ga Eesti erineva tasemega meessulgpallurite eeskäehoidega madala ja kõrge servi sooritamisel määratud biomehaanilisi karakteristikuid, et hinnata erinevusi vastavates näitajates kõrge ja madalama tasemega mängijate vahel. Kahjuks ei leitud sarnase suunaga teaduslikke uurimustöid sulgpalli servist, mis annaks võimaluse vastava töö tulemusi võrrelda teiste tööde või maailma tasemega mängijate tulemustega.

Analoogne uuring on tehtud Springs *et al.* (1994) poolt tennisese servi kohta, kus kasutati markereid, et registreerida reketikäe ja reketi segmentide positsioonid ja liikumissuunad. Kuna tennisese servi tehnika erineb biomehaaniliselt sulgpalliservi tehnikast, puudub võimalus Springs'i uuringu tulemusi võrrelda saadud uuringu tulemustega.

Vastavas uuringus uuriti kõrgema ja madalama tasemega mängijate eeskäega madalat ja kõrget servi ning leiti järgmised näitajad – kui palju ja mis suunas toimub puusa liikumine, reketi liikumise aeg tagant asendist ette kuni reketi kohtumiseni palliga, kere kalde nurk, õlavarre ning küünarvarre vahelist nurga suurus, käe liikumise kiirus kolmes suunas ning ruumis ja löögienergia suurus. Kõik need näitajad iseloomustavad kahe servi vahelisi erinevusi ja servi kui ühte tähtsamat lööki sulgpallis.

Kõrgel servil peab pall lendama kaugemale ja kõrgemale kui madalal. Seetõttu võib öelda, et üheks jõuallikaks, mis võimaldab löögile anda jõu, on puusapööre (Sulgpalli tehnika, 1992). Ainult käe jõuga on võimalik servida kõrget servi kuid selle efektiivsus, kõrgus ja kaugus jäävad lühemaks. Samuti kannatab täpsus (Grice, 2008). Sulgpalli õige kinemaatilise liikumise eesmärgiks on võimalikult vähese energiaga sooritada kiire ja täpne löök. Kõrget servi sooritades viiakse keharaskus enne lööki eespool olevale jalale ning samaaegselt pöörduvad puusad paremalt küljelt ettepoole üles. Madalal servil liigub puus ette üles, kuid mitte nii palju nagu seda kõrgel servil (Sipiläinen *et al.*, 1997; Grice, 2008). Mängijatel võib esineda viga, kus unustatakse keharaskuse ülekandmine ja puusa pööre. Nende puudumine võib viia palli lennukaare ja kauguse vähenemiseni kõrgel servil (Sipiläinen *et al.*, 1997). Antud uuringust leitud keskmised arväärtused kinnitavad kirjanduses kirjeldatud tehnilist sooritust, kus toimub puusa liikumine ette, üles ja külgsuunas.

Kõrge servi korral löögikäe poolse puusa nihked ette- ja ülessuunas olid kõrgema ($21,8 \pm 1,3$ cm ja $0,3 \pm 0,3$ cm) ja madalama ($21,9 \pm 3$ cm ja $0,4 \pm 0,9$ cm) tasemega mängijatel sarnased. Külgsuunas oli puusa liikumine kõrgema tasemega mängijate keskmine 6% võrra väiksem madalama tasemega mängijate keskmisest. Kõrgema tasemega mängijatel madalal servil liigub löögikäe poolne puus ette suunas keskmiselt 30% võrra vähem, kui madalama tasemega mängijatel. Vertikaalsuunas aga väga vähe ($0,3 \pm 0,3$ cm). Selline näitajate muutus viitab asjaolule, et kõrgema tasemega mängijad rõhuvad löögi täpsusele. Kui aga löögikäe poolse puusa liikumine ette ja üles madalal servil on ülemäära suur, võib see samuti viia palli lennukaare muutusele ning löögi täpsuse vähenemisele (Sipiläinen *et al.*, 1997). Keskmine

puusa liikumine vertikaalsuunas on madalama tasemega mängijatel tunduvalt suurem kui kõrgema tasemega mängijatel (vahe oli keskmiselt 80%). See näitab madalama tasemega mängijate põhjendamatu ette- ja ülesuunalist puusa liikumise rakendamist, kuna madalal servil ei ole tarvis kasutada puusa liikumisest saadavat suurt lisajõu, mis on tehniliselt ebakorrektn.

Madala ja kõrge servi võrdluses mõlemas grupis oli näha erinevusi, kus kõrge servi sooritamisel pöördub löögikäe poolne puus rohkem ette (joonis 22, 23). A grupis oli madala ja kõrge servi vahel oluline erinevus puusa nihkes ette. Sarnased näitajad olid madalal ja kõrgel servil mõlemas grupis üles ja külgsuunas. Vertikaalsuunas võrreldes kahte servi olid näitajad sarnased kui välja arvata madala tasemega mängijate keskmist näitajat madalal servil.

Kõrgel servil viiakse reket kehast tunduvalt tahapoole kui madalal servil, kuna on vaja rakendada suuremat jõudu, et pall lendaks väljaku taha ossa (Sulgpalli tehnika, 1992; Davis, 1995). Selgitamaks rekети liikumise aega, võeti vahemik, kus reket hakkab liikuma tagant asendist ette kuni kohtumiseni palliga. Madalal servil erines A ja B grupi rekети liikumise aeg vaid 1% võrra, kuid kõrgel servil oli kõrgema tasemega mängijatel rekети liikumise aeg tagant asendist ette 22% võrra pikem. Võis oletada, et reket on viidud rohkem taha asendisse ning hoovõtumaa seetõttu löögiks pikem. See annab parema võimaluse rakendada suuremat jõudu kõrge servi sooritamiseks, mille tõttu on ka löök täpsem (Davis, 1995; Sipiläinen *et al.*, 1997).

Võrreldes madalat ja kõrget servi, olid B grupis erinevused rekети liikumise aegades väga väikesed, vaid 2%, kuid kõrgema tasemega mängijatel oli rekети liikumise aeg kõrgel servil 16% võrra pikem kui madalal.

Uuringus selgitati, kas on toimunud kere kalle servikäe poolsele küljele ajal, kui reket kohtub palliga. Selleks leiti C7 ja sacrumi vahele kujundatud sirge nurga muutused võrreldes algasendiga. Vaadeldes madalama tasemega mängijate kere kalde nurga näitajat kõrgel servil, nähtus, et kõrgema tasemega mängijate nurk oli 22% võrra väiksem. Siit võis järeldada, et madalama tasemega mängija peab löögi jõu saavutamiseks suurendama kere kalde nurka ühe jõuallikana, et lüüa kõrge servi korral palli võimalikult kaugemale. Madalal servil oli madalal tasemega mängijatel kere kalde nurk 5% suurem kui kõrgema tasemega mängijatel. Erinevus oli väike ning ei olnud statistiliselt oluline.

Esinesid grupi sisesed erinevused, kus leiti mõlemat gruppi uurides statistiliselt olulised erinevused madala ja kõrge servi vahel. Vastav uuring näitas, et kõrget servi sooritades on C7

ja sacrumi vahelise sirge nurk algasendi suhtes suurem kui seda madalat servi sooritades. Põhjuseks võib olla, et kõrgel servil peab rakendama suuremat jõudu kui madalal servil (Sipiläinen *et al.*, 1997).

Madalal servil asub reketikäe õlavarre osa pallile lähenedes keha lähedal ning küünarvars on selgelt kehast eemal. Reket tuuakse määrustes lubatud piires võimalikult kõrgele ja horisontaali lähedasse asendisse. Selline tegevus annab pallile lamedama trajektoori. (Davis, 1995, Sipiläinen, 1997). Sagedamini esinevateks vigadeks on palli tabamine servil vöökohast kõrgemal ning õlavarreosa hoidmine löögi algusest peale kehast kaugemal, mille tagajärjel kaob löögil täpsus. Vead tulenevad soovist suurendada löögi tugevust ja teravust (Sulgpalli tehnika, 1992; Sipiläinen, 1997; Grice, 2008).

Soovides madalal servil lüüa võimalikult horisontaalse reketi asendiga vöökoha kõrguse lähedal, vähendatakse küünarvarre ja õlavarre vahelist nurka. Vastavas uuringus leiti õlavarre ja küünarvarre vaheline nurk markerite Psh-Pkl ja Pkl-Prl ühendamisel. Kirjanduse alusel on madalal servil küünarvarre nurk väiksem kui kõrgel servil (Sipiläinen, 1997). Nii nähtub ka vastavas uuringus, kus õlavarre ja küünarvarre vaheline nurk kõrgema tasemega mängijatel madalal servil on keskmiselt $130,66 \pm 3,02$ kraadi ning kõrgel servil $139,25 \pm 4,53$ kraadi. Sarnased arvvaartuste erinevused esinesid ka madalama tasemega mängijatel kahe servi võrdlusel, kuid kummalgi grupil ei olnud erinevused statistiliselt olulised. Vastav uuring kinnitab kirjanduses avaldatud lähtekohti ning annab konkreetseid arvvaartused (Sipiläinen, 1997).

Uurimaks käe liikumise kiirust hetkel, kui reket kohtub palliga, leiti vastavas uuringus käe liikumine kolmes suunas: ette-taha, vertikaal- ja külgsuunas. Madalal servil on mõlemal grupil käe liikumise kiirus ettesuunas väiksem kui kõrgel servil. Kuna kõrgel servil on vaja rakendada suuremat löögijõudu, et pall lendaks kaugemale, peab ka käe liikumise kiirus olema suurem. Mõlema tasemega mängijatel esinesid statistiliselt olulised erinevused ettesuunas nii madala kui ka kõrge servi vahel. Kahe grupi vahel madalal servil esines statistiliselt oluline erinevus käe liikumisel ettesuunas, kus kõrgema tasemega mängijatel oli palliga kohtumise hetkel käe kiirus väiksem kui seda madalama tasemega mängijatel. Kõrgel servil olid sarnaselt madalale servile käe ette liikumise kiirus suurem madalama tasemega mängijatel, kuid erinevus ei olnud statistiliselt oluline. Vertikaalsuunas oli käe liikumise kiirus hetkel, kui reket kohtus palliga, madalamal servil väiksem kui kõrgel servil. Mõlemal

grupil esines statistiline oluline erinevus vastavate servide vahel vertikaalsuunas. Madalal servil olid mõlema grupi näitajad sarnased, kõrgel servil oli vertikaalsuunas käe liikumise kiirus natukene suurem kõrgema tasemega mängijatel, kuid mitte oluliselt. Sarnaselt ette-taha ja vertikaalsuunas käe liikumise kiirusega oli külgsuunas madalal servil käe liikumise kiirus väiksem kui kõrgel servil, kuid mitte oluliselt. Uuringust nähtus, et kõrgema tasemega mängijatel liigub käsi madalal servil rohkem ettesuunas ja vähemal määral üles. Esineb ka külgsuunalist liikumist. Nii madala kui kõrge servi puhul oli näha, et madalama tasemega mängijatel on käe liikumise kiiruse näitajad suuremad kui seda kõrgema tasemega mängijatel. Põhjuseks võiks olla asjaolu, et kõrgema tasemega mängijad kasutavad kõrge servi sooritamiseks minimaalset vajalikku energiat ning rõhuvad löögi täpsusele (Sipiläinen,1997; Grice, 2008).

Käe liikumise kiirus ruumis madalal ja kõrgel servil oli suurem madalama tasemega mängijatel. Madalal servil oli käe liikumise kiirus ruumis suurem 14% võrra madalama tasemega mängijatel ning esines statistiliselt oluline erinevus kahe grupi vahel. Kõrgema tasemega mängijatel oli kõrgel servil käe liikumise kiirus ruumis 46% võrra suurem kui madalal servil. Võrreldes madalat ja kõrget servi oli näha, et käe liikumise kiirus ruumis on suurem kõrgel servil ning mõlema tasemega mängijatel esines kahe servi vahel oluline erinevus.

5.2. Eeskäehoidega kõrge ja madala servi energeetilised näitajad

Madalal servil on palli lennu distantis väljaku ette ossa lubatud piiridesse lühem ning seetõttu rakendatakse madala servi löömiseks väiksem löögienergia hulk (Grice, 2008). Vastav uuring kinnitab madala ja kõrge servi vahelisi erinevusi mõlemas grupis, kus madala servi keskmised näitajad on väiksemad kui kõrgel servil. Üllatav oli, et madalal servil esineb löögienergias gruppide vahelisi erinevusi, kus kõrgema tasemega mängijate keskmine löögienergia näitaja eeskäega servil oli väiksem kui madalama tasemega mängijatel .

5.3. Eeskäehoidega kõrge ja madala servi karakteristikute seosed

Leiti korrelatiivsed seosed käe ettesuunas liikumise kiiruse ja löögienergia vahel nii madalal kui kõrgel servil. Esines negatiivne korrelatiivne seos madalal (-0,95) ja kõrgel servil (-0.92) käe liikumise kiirusega ettesuunas ja löögienergia vahel. See näitab, et suurendades käe liikumise kiirust ettesuunas nii madalal kui kõrgel servil väheneb löögienergia madalal ja kõrgel servil vertikaal- ja külgsuunalise kiiruse vähenemise arvelt. Kuna nii madala kui kõrge servi kiirus ruumis V sõltub kõikide telgedel olevatest väärtustest, siis vastav negatiivne seos näitab ainult ettesuunas käe liikumise kiirust. Vertikaal- ja külgsuunaline kiirus vähenevad seetõttu, et enne sulgpalliga kohtumist püüab mängija reketi asendit korrigeerida tingimusel, et saavutada võimalikult täpne pallitabamine ning seejuures püüab ka arvestada palli lennu trajektoori ning tabamist väljaku vastavasse piirkonda (Grice, 2008).

6. JÄRELDUSED

1. Eeskäehoidega madalal servil oli kõrgema tasemega meessulgpalluritel löögikäe poolne puusanihe vertikaalsuunas, käe liikumise kiirus ning löögienergia oluliselt väiksemad kui madalama tasema meessulgpalluritel.
2. Kõrgema tasemega meessulgpalluritel oli reketi liikumise aeg eeskäehoidega kõrgel servil pikem kui madalama tasemega meessulgpalluritel.
3. Eeskäehoidega kõrgel servil oli nii kõrgema kui ka madalama tasemega meessulgpalluritel suurem löögikäe poolse puusa liikumine ettesuunas, kere kalde nurk, õlavarre ja küünarvarre vaheline nurk, käe liikumise kiirus ruumis ning löögienergia kui eeskäehoidega madalal servil.
4. Käe liikumise kiirus ettesuunas nii madalal kui kõrgel servil seostub oluliselt negatiivselt vastava servi määratud löögienergiaga.

KASUTATUD KIRJANDUS

1. **Bloss M.V., Hales R.S.** Badminton. In: Hong Y. Tong Y.-M., Chau Y.-K., Chan C.-C. Badminton Tactics Analysis in International Competition. Hong Kong Sports Development Board, 1998, 25.
2. **Brancazio P.J.** Sport Science: Physical Laws and Optimum Performance. Simon and Schuster. New York. 1984 In: World Badminton, 1987, 15 (1).
3. **Cabello Manrique D., González-Badillo J.J.** Analysis of the characteristics of competitive badminton. Journal of Sport Medicine, 2003, 37: 62-66.
4. **Carazo A., Cabello D., Rivas F., Ferro A.** An analysis of the relationship between the exit angle of the shuttlecock and the impact height of the clear, drop and smash strokes in badminton. Science and Racket Sports III, 2004, 104.
5. **Chen J.-S.** A Study of Serve and Return of Serve of World-Class Badminton Men's Doubles Players. Physical Education Journal, 2001, 30 (3): 343-354.
6. **Davis P.** Play the game. Badminton, 1995, 8, 33-38.
7. **Downey J., Brodie D.** Get fit for badminton. A Practical Guide to Training for Players and Coaches, 1980.
8. **Downey J.** Winning Badminton Singles. In: Hong Y. Tong Y.-M., Chau Y.-K., Chan C.-C. Badminton Tactics Analysis in International Competition. Hong Kong Sports Development Board, 1998, 25.
9. **Edwards B.J., Lindsay K., Waterhouse J.** Effect of time of day on the accuracy and consistency of the badminton serve. Ergonomics, 2005, 48(11-14): 1488-98.
10. **Grice T.** Badminton. Step to Success. Steps to Success Activity Series, 1996, 1, 22-27.
11. **Grice T. A.** Badminton, Step to Success – 2nd Edition, 2008, 18-20.
12. **Hong Y. Tong Y.-M., Chau Y.-K., Chan C.-C.** Badminton Tactics Analysis in International Competition. Hong Kong Sports Development Board, 1998, 2,6,24-26.
13. **Hong Y., Tong Y.-M.** The playing pattern of the world's top single badminton players in competition – a notation analysis. Journal of Human Movement Studies, 2000, 38: 185-200.

14. **Huang K.-S., Huang C., Chang S.S., Tsai C.-L.** Kinematic analysis of three different badminton backhand overhead strokes. ISBS – Conference Proceedings Archive. 20 International Symposium on Biomechanics in Sports, 2002, 200 – 202.
15. **Hughes M., Hughes M.T., Behan, H.** The Evolution of Computerised Notational Analysis Through the Example of Racket Sports. International Journal of Sports Science and Engineering, 2007, 1(1): 3-28.
16. International Badminton Federation 2001-2002 statutes, 2001, 48-51, 75.
17. International Badminton Federation. Statues: 2005-2006. Stadium Badminton Kuala Lumpur, 2005, 47-50.
18. **Jaitner T., Gawin W.** Biomechanical analysis of the jump smash of German elite badminton players. XXV ISBS Symposium, 2007a, 578.
19. **Jaitner T., Gawin W.** Analysis of badminton smash with a mobile measure device based on accelerometry. XXV ISBS Symposium, 2007b, 282-284.
20. **Knudson D.V., Noffal G.J. , Bahamonde R.E., Bauer J.A., Blackwell J.R.** Stretching has no effect on tennis serve performance. Journal of Strength and Conditioning Research, 2004, 18 (3): 654-656.
21. **Lees A.** Science and the major racket sports: a review. Journal of Sports Sciences, 2003, 21: 707-732.
22. **Lees A.** An overview of the application of biomechanics to racket sports. Science and Racket Sports III, 2004, 91.
23. **Lintulaakso T.** Sulkapallo. Säännöt, välineet, tekniikka, taktiikka, 2002, 77-82.
24. **Liu X., Kim W., Tan J.** An Analysis of the Biomechanics of Arm Movement During a Badminton Smash. Nanyang Technological University, Singapore, 2002, 3.
25. **Ming C.S.** To fault- or not o fault. World Badminton, 1994, Volume 22 (1): 18.
26. **Pearce A.J., Thickbroom G.W., Byrnes M.L., Mastaglia F.L.** The effectiveness of repetitive practice on the neuromuscular pathways in elite badminton athletes. Journal of Sports Sciences, 2006, 24 (4): 347-348.
27. **Poole J.** Badminton (Third Edition). In: Hong Y. Tong Y.-M., Chau Y.-K., Chan C.-C. Badminton Tactics Analysis in International Competition. Hong Kong Sports Development Board, 1998, 25.

28. **Ranzmeyer J., Niesner H.W.** Coming to grips with reality. *World Badminton*, 1987, 15(1): 26-27.
29. **Reino H.** Stabiilselt kvaliteetse servi parameetrid sulgpallis. *Bakalaureusetöö*, 2005, 5-6.
30. **Rorep P.** *The Encyclopaedia of Badminton Skills*. 1984.
31. **Sheung K.** Badminton. In: Hong Y. Tong Y.-M., Chau Y.-K., Chan C.-C. *Badminton Tactics Analysis in International Competition*. Hong Kong Sports Development Board, 1998, 25.
32. **Sipiläinen P., Danskanen K., Heinonen M.** Sulkapallon perustekniikka, 1997, 17,21.
33. **Springs E., Marshall R., Elliott B., Jennings L.** A 3-D kinematic method for determining the effectiveness of arm segment rotations in producing racket head speed. *Journal of Biomechanics*, 1994, 277: 245 – 254.
34. **Subramaniam M.** *USA Badminton Coaching Course Manual*, 2004, 12-13, 19.
35. Sulgpalli tehnika 5. *Eesti Spordi Keskliit*, 1992, 30-35.
36. **Tang H.P., Abe K., Katoh K., Ae M.** Three-dimensional cinematographic analysis of the badminton forehand smash: movements of the forearm and hand. *Science and Racket Sports*, 1993, 113-120.
37. **Tsai C.-L., Huang C., Chang S.-S.** Biomechanical analysis of differences in badminton smash and jump smash between Taiwan elite and collegiate players. *XVIth Symposium of the International Society of Biomechanics in Sports*, 1998, 21-25.
38. **Tsai C.-L., Huang C.-F., Lin D.-C., Chang S.-S., Cheng C.-C.** Biomechanical analysis of the upper extremity between badminton smash and drop shot. *XVIIIth Congress of the International Society of Biomechanics*, 2001, 249.
39. **Tsai C.-L., Huang K.-S., Chang S.-S.** Biomechanical analysis between badminton forehand and backhand smash strokes. *Pre-Olympic Congress. International Congress on Sports Science, Sports Medicine and Physical Education, Abstract Book*, 2004, 182-183
40. **Tsai C.-L., Huang K.-S., Chang S.-S.** Biomechanical analysis of EMG activity between badminton smash and drop shot. *ISB XXth Congress – ASB 29th Annual Meeting*, 2005, 439.

41. **Tsai C.-L., Yang C.-C., Lin M.-S., Huang K.-S., Shaw-Shiun C.** The surface EMG activity of the upper limb muscles of badminton forehand and backhand smashes. XXIV ISBS Symposium, 2006, 1-4.
42. **Tzetzis G., Votsis E.** Three feedback methods in acquisition and retention of badminton skills. *Perceptual and Motor Skills*, 2006, 102(1): 275-284.
43. **Xiang Y.C.** How to Play Badminton Well (II). *World Badminton*, 1988, 16(1): 23.
44. **Лифшиц В. Галицкий А.** Бадминтон. Москва. Физкультура и спорт, 1976.
45. **Лифшиц В. Галицкий А.** Бадминтон. Москва. Физкультура и спорт, 1984, 44.
46. **Лифшиц В.** Бадминтон. Ступени мастерства. Йошкар-Ола, 1994, 66.
47. **Пасынкова А.В.** Взаимосвязи показателей психомоторной саморегуляции с особенностями фоновой ээг и свойствами нервной системы. 1983.
48. **Рыбаков Д.П., Штильман М.И.,** Основы спортивного бадминтона. Москва. Физкультура и спорт, 1978, 3.
49. **Смирнов Ю.Н.** Бадминтон. Физкультура и спорт, 1990, 6-8.

SUMMARY

BIOMECHANICAL ANALYSIS OF FOREHAND LOW AND HIGH SERVE IN MALE BADMINTON PLAYERS OF DIFFERENT LEVEL

Helen Reino

Serve is one of the most important strokes in badminton. If you serve badly, the opponent can attack immediately and you can lose the point or even the match.

The purpose of the present study was to investigate and analyse the biomechanical indicators of forehand low and high serve in male badminton players of different level and compare both groups and serves with each other.

16 Estonian youth- and adult-class male badminton players at the age of 10-35 years participated in this study. Badminton players were divided into two groups (A and B) according to the players' ranking in Estonian single chart. The average age of the A group was 20.75 ± 2.10 ($\bar{X} \pm SD$) years and they had been playing badminton for 12 ± 1.95 years. The average age of the B group was 17.25 ± 2.98 years and they had been playing badminton for 5.5 ± 1.20 years. The research was conducted in the Kinesiology and Biomechanics Laboratory of the University of Tartu and in the University of Tartu Sports Hall.

A modern high-tech optical electronic complex device BTS Elite 2002 created by BTS Bioengineering company (Milan, Italy) was used for the biomechanical analysis of the forehand low and high badminton serve. Each player served 6 low and 6 high serves and in both serves the best one was analysed.

Kinematical characteristics - angles of body inclination, upper arm and ulna were measured. Besides, the hip movements of side of stroke arm, the time of movement of the racket, arm movement velocity and arm movement velocity in the room were measured. Out of the energetic characteristics, the stroke energy was measured.

According to the obtained results and conducted analysis it can be concluded that:

1. Hip movements of side of stroke arm, stroke arm movement velocity and stroke energy in forehand low serve was significantly lower in high-level male badminton players than in lower-level male badminton players.

2. In forehand high serve, high- and lower-level players had greater hip movement ahead of side of stroke arm, the angle of body inclination, angle of upper arm and ulna, arm movement velocity in the room and stroke energy than in forehand low serve.
3. High-level players had longer racket movement time in high serve than lower-level players.
4. Arm movement velocity in the ahead direction in low and high serve is negatively related to appointed stroke energy of the respective serve.

Lisa 1.

PALLINGU TÄPSUS:

- Määratud kohta 3
- Määratud kohast eemale 2
- Auti, tsooni, vastas kasti 1

LIIGUTUSLIK TEGEVUS:

- Korrektne, tehniliselt õige, 3
reeglitega kooskõlas
- Ebaõnnestunud, tehniliselt valesti sooritatud 2
reeglitega kooskõlas
- Reeglitele mittevastav 1