

TARTU ÜLIKOOL
Spordibioloogia ja füsioteraapia instituut

Viire Talts

**ERINEVA RASKUSASTMEGA LÖÖKIDE VÕRDLEV
BIOMEHAANILINE ANALÜÜS KÕRGEMA JA MADALAMA
KVALIFIKATSIOONIGA KOROONASPORTLASTEL**

Magistritöö

Kehalise kasvatuse ja spordi õppekava

Juhendajad: PhD Jaan Ereline

PhD Helena Gapeyeva

Tartu 2012

Käesolev magistritöö on lubatud kaitsmisele.

Juhendaja: PhD, lektor Jaan Ereline)

Juhendaja allkiri

Kaasjuhendaja: MD, PhD, teadur Helena Gapeyeva

Kaasjuhendaja allkiri

Instituudi juhataja PhD, dotsent Priit Kaasik

Kuupäev ja allkiri

SISUKORD

| | |
|--|----|
| SISUKORD | 3 |
| KASUTATUD LÜHENDID | 5 |
| SISSEJUHATUS | 5 |
| 1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE..... | 6 |
| 1.1. Ekspertsus..... | 6 |
| 1.2. Eksperttaseme saavutamine..... | 6 |
| 1.3. Ekspertsuse tajulis-tunnetuslikud tegurid..... | 8 |
| 1.3.1. Visuaalsed võimed..... | 8 |
| 1.3.2. Nägemistaju piljardimängijatel | 8 |
| 1.3.3. Ekspertsus ja visuaalse otsingu mustrid | 9 |
| 1.3.4. Piljardilöögi sooritamine ja visuaalne otsing | 11 |
| 1.3.5. Informatsiooni töötlemine ja otsuste tegemine..... | 13 |
| 1.3.6. Informatsiooni töötlemine ja otsustamine piljardimängijatel..... | 14 |
| 1.4. Piljardilöögi biomehaanilised näitajad | 16 |
| 1.4.1. Löögiasend ja löögi sooritamine piljardis ning piljardilaadsetel aladel | 16 |
| 1.4.2. Löögijõud, -kiirus ja -kiirendus..... | 18 |
| 1.5. Täpsust nõudvate tegevuste biomehaanika..... | 20 |
| 2. TÖÖ EESMÄRK JA ÜLESANDED | 22 |
| 3. TÖÖ METOODIKA..... | 23 |
| 3.1. Vaatlusalused..... | 23 |
| 3.2. Uuringu korraldus..... | 23 |
| 3.3. Uurimismeetodid | 24 |
| 3.3.1. Antropomeetrilised mõõtmised | 24 |
| 3.3.2. Randme liikuvus..... | 24 |
| 3.3.3. Käe pigistusjõud | 26 |
| 3.3.4. Käe ja silmade koordineerimise testimine..... | 27 |
| 3.3.5. Müomeetria..... | 27 |
| 3.3.6. Elektromüograafia | 30 |
| 3.3.7. Liigutustegevuse biomehaaniline analüüs..... | 34 |
| 3.3.8. Löökide resultatiivsus ja sihtimisele kulutatud aeg..... | 39 |
| 3.3.9. Tulemuste statistiline töötlus | 39 |
| 4. TÖÖ TULEMUSED..... | 40 |
| 4.1. Liigutustegevuse biomehaaniline analüüs..... | 42 |

| | |
|--|-------------------------------------|
| 4.2. Elektromüograafia | 46 |
| 4.2.1. Elektromüogrammi amplituud..... | 46 |
| 4.2.2. Integreeritud elektromüogramm..... | 48 |
| 4.2.3. Lihaste aktiivsuse protsentuaalne jaotuvus..... | 50 |
| 4.3. Korrelatiivsed seosed..... | 52 |
| 5. TULEMUSTE ARUTELU | 57 |
| 5.1. Uuringus osalejad ja staaž | 57 |
| 5.2. Käe ja silma koordinatsioon, käepigistusjõud, randme liikuvus ning lihastoonuse ja - elastsuse näitajaid | 57 |
| 5.3. Löövide resultatiivsus, löögile kulutatud aeg, kii kiirus ja löögienergia..... | 57 |
| 5.4. Nurk kii ja küünarvarre vahel ning nurk küünarliigeses | 59 |
| 5.5. Elektromüograafia | 60 |
| 6. JÄRELDUSED | 62 |
| SUMMARY | Error! Bookmark not defined. |
| KASUTATUD KIRJANDUS | 65 |

KASUTATUD LÜHENDID

| | |
|----------------|---|
| AKT | – lihaste aktiivsuse protsentuaalne jaotuvus |
| AMPL | – EMG amplituudi väärtused |
| DM | – deltalihas keskne osa (<i>m deltoideus mid</i>) |
| DP | – deltalihas tagumine osa (<i>m deltoideus posterior</i>) |
| E | – löögienergia |
| EMG | – elektromüograafia |
| EÕL | – ebaõnnestunud löök |
| IEMG | – integreeritud EMG näitajad |
| KII1 | – kii peal asetsev 1. marker |
| KII2 | – kii peal asetsev 2. marker |
| KL | – karistuslöök |
| KV1 | – õlavarre distaalse otsa marker |
| KV2 | – küünarvarre marker |
| m | – kii mass |
| OV | – Õlaliigese frontaaltejel asuv marker |
| RL | – randmel asuv marker |
| RIL | – riivamislöök |
| SD | – standardhälve |
| SE | – standardviga |
| SL | – suluseibi löömine |
| T | – trapetslihas (<i>m trapezius</i>) |
| TÜ | – Tartu Ülikool |
| V | – liikumiskiirus |
| V _x | – liikumiskiirus x-telje suunal |
| V _y | – liikumiskiirus y-telje suunal |
| V _z | – liikumiskiirus z-telje suunal |
| ÕL | – õnnestunud löök |
| \bar{X} | – aritmeetiline keskmine |
| 3-D | – kolmemõõtmeline |

SISSEJUHATUS

Täiuslikkuse, sealhulgas inimtäiuslikkuse teemadel arutlesid juba antiikaja filosoofid. Tolleaegsetel kreeklastel oli kasutusel eraldi termin – *aretê*, mis võis tähistada mistahes objekti, aga ka inimese täiuslikkust. Viimase puhul vaadeldi eelkõige hinge (Parry, 2009) ja selle kolme komponenti – mõistust, vaprust ja õiglust. Sõltuvalt sellest, milline hinge osa on inimesel kõige rohkem arenenud, arvati temast saavat kas tööline, sõjaväelane või valitseja.

Kaasaegsed ekspertsuse uuringud hõlmavad märkimisväärselt mitmekesist valdkondade ringi (nt. sport, teadus, meditsiin) ning vaatlevad kogu meisterlikkuse vahemikku alates algajatest kuni maailmatasemel sooritajateni (Ericsson, 2005). Spordis on ekspertsust ja ekspertide erinevust madalama kvalifikatsiooniga sportlastest uuritud mitmetel spordialadel ning lähtudes erinevatest ekspertsuse komponentidest.

Kehakultuuri ja spordi biomehaanika uurimisteed on sageli rakendusliku iseloomuga ning eesmärgiga edendada teadmisi tipp sportlaste sooritusest või vähendada ja vältida vigastuste teket (Milner, 2008). Viimaste kümnendite jooksul biomehaanikas kasutatava tehnoloogia vallas toimunud kiire areng on loonud mitmeid täiendavaid võimalusi informatsiooni saamiseks sportlaste liigutustegevuse kohta (Abernethy jt., 2008).

Abernethy (1993) sõnul on algajaid ja eksperte võrdlevad uuringud õppimise tagajärjel toimuvate kontrollsüsteemide muutumise jälgimiseks kõige pragmaatilisemad. Teades algajate ja ekspertide erinevuste lookust motoorse ülesande täitmisel, võib see olla abiks sooritust piiravate faktorite väljaselgitamisel ning liigutusmuutrite detailide kindlaksmääramisel aluseks oleva baasi loomisel. Ekspertide ja algajate erinevusi käsitlevate erialaspetsiifiliste teadmiste olemasolu annab edaspidi võimaluse sportlase kvalifikatsioonile vastava augmenteeritud biomehaanilise tagasiside andmiseks (Abernethy jt., 2008) ning see omakorda aitab kiirendada ja tõhustada õppeprotsessi.

Kiisportialadest on uuritud ekspert-, kesk- ja algatasemel piljardi- ja snuukerimängijate visuaal-pertseptiivseid (Williams jt., 2002; Abernethy jt., 1994) ja kognitiivseid (Abernethy jt., 1994) ning pertseptiiv-motoorseid erinevusi (Abernethy ja Neal, 1991). Meile teadaolevalt erineva tasemega koroonamängijaid võrdlevad uuringud puuduvad.

Käesolev uuring on eelkõige praktilise suunitlusega, aidates luua esialgse arusaama liigutustegevusest koroonalöövide sooritamisel. Töö võib huvi pakkuda lisaks koroonaspordiga seotud isikutele ka teiste kiisportialade harrastajatele ning treeneritele.

1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE

1.1. Ekspertsus

Ekspertsust spordis võib veidi lihtsustatult vaadelda kui vastava spordiala kõrget saavutuste taset. Allen (2006) märgib, et ekspertsus spordis kätkeb endas enam kui mõistmine, kuidas sooritada nõutud liigutusi. Pigem näitab ekspertsust suutlikkus järjepidevalt esineda võimalikult kõrgel tasemel. De Groot'i (2008: lk. 316) sõnul „on meisterlikkus eelkõige teadmised ja mõistmine“ ja siinjuures ei pea ta silmas oma pöördelises uurimistöös vaatlusalusteks olnud malemeistreid, vaid ka meistreid mistahes muul alal.

Farrington-Darby ja Wilson (2006) möönavad, et ekspertsuse defineerimine pole sugugi lihtne ülesanne. Kirjandusest võib leida arvukalt erinevaid definitsioone ja kirjeldusi. Mõiste ekspertsus võib kirjeldada oskusi, teadmisi või võimeid, olla seotud ülesannete, tegevuste, ametite, spordi ja mängudega. See võib viidata protsessidele, nt otsuste tegemine, või lõpptulemusele nagu otsus.

1.2. Eksperttaseme saavutamine

Pikka aega on olnud arutluse all, kas eksperdiks sünnitakse või saadakse (Helsen ja Starkes, 1999). Seda looduse ja üleskasvamise (*nature / nurture*) teemat on ulatuslikult käsitletud Ericsson ja Lehmann (1996) ning Howe (jt., 1998). Motoorika uurimisega seotud töödes on sagedaseks küsimuseks, kas võimed eelnevad oskustele ja vilumusele või on need laiaulatusliku erialaspetsiifilise treeningu tulemus (Helsen ja Starkes, 1999).

Sir Francis Galton oli esimene teadlane, kes uuris võimalust, et erinevate tegevusalade kõrge meisterlikkuse taga seisavad ühised põhjused. Ta leidis, et väljapaistvatel Briti inimestel oli suurem tõenäosus omada lähedaste sugulaste hulgas samuti silmapaistvate tulemustega inimesi, kuigi mitte just ilmtingimata samal alal, ning järeldas sellest, et silmapaistvus antakse edasi vanematelt järeltulijatele. Galton pidas silmapaistvust kaasasündinud võimeks, mille koostisosadeks on intellekti omadused ja eelsoodumus, entusiasm ning suutlikkus teha suurel hulgal vaevanõudvat tööd (Ericsson jt., 1993).

Ericssoni (jt., 1993, Ericsson ja Charness, 1995) väitel on geneetilistel faktoritel vähe mõju täiskasvanuea parimatele tulemustele, kuid nõustub siiski, et pärilikkuse faktoril on indiviidi arenguloos usutav roll. Ainsa erandina märgivad Ericsson ja Lehmann (1996) inimese pikkust ning Ericsson ja Ward (2007) ka kaalu ja leiavad, et eksperdi

erialaspetsiifiliste näitajate saavutamise võib pigem panna pika intensiivse harjutamise arvele, mis toob enesega kaasa füsioloogilisi, anatoomilisi ja ka neuraalseid adaptatsioone. Ericsson (jt., 2009) viitab liiga vähestele tõenditele kaasasündinud ande rollis tipp tulemuste saavutamisel ja soovib hiilata distsipliini ja hiiglaslike jõupingutustega tõstes esiplaanile raske heitluse spordiala meisterlikkuse nimel.

Johnson (jt., 2009) ja Turkheimer (2000) toovad välja, et ka kõik inimkäitumise jooned on pärilikud. See aga ei näita, et käitumine on vähem psühholoogiline või rohkem bioloogiline, vaid hoopis vajadust mõista mõlemat mehhanismi, mille abil inimene suunab oma elu (Johnson jt., 2009).

De Groot'i (2008) sõnul on meistrite kõrgete saavutuste aluseks kogemus. Ekspertsooritus omandatakse aeglaselt väga pikaajalise harjutamise tulemusel (Ericsson jt., 1993; Ericsson ja Lehmann, 1996; Ericsson ja Ward, 2007; Ericsson jt., 2009; Milton jt., 2007) ja kõige kõrgemate saavutuste tasemele jõudmiseks on vaja vähemalt umbes 10 aastat eelnevat intensiivset harjutamist (Ericsson jt., 1993; Ericsson ja Lehmann, 1996). Kuid tipp tulemust ei saavutata automaatselt laialdase kogemuse toimet. Ka suure kogemusega isikud saavad oma sooritustaset veelgi tõsta vaid täiustumisele suunatud teadlike jõupingutuste tulemusel. (Ericsson jt., 1993).

Näitena pikaajalisest ettevalmistusest ekspertsuse saavutamisel võib tuua tipp tasemel noored viiuldajad, kes olid oma 18. eluaastaks harjutanud keskmiselt 7410 tundi ja ekspertpianistid, kelle akumulieeritud treeningmaht oli selleks ajaks 7606 tundi. See oli mõlema eriala puhul tunduvalt suurem madalama kvalifikatsiooniga muusikute harjutamisele kulutatud ajast (Ericsson jt., 1993).

Ka Howe (jt., 1998), vastandades geeni- ja keskkonnakeskseid seisukohti, ei toetanud teooriat, mille järgi on meisterlikkus pelgalt kaasasündinud andekuse tagajärg. Oma töös järeldab ta, et kõrge saavutuste tase nõuab alati eelnevat pikka ja intensiivset treeningut ning isegi inimesed, kellel arvatakse eriline anne puuduvat, suudavad puhtalt treeningu tulemusena jõuda tasemele, mida eelnevalt on peetud saavutatavaks vaid kaasasündinud talendiga isikutele.

Phillips (jt., 2010) arvates on keskendumine ekspertsuse väljakujunemist võimaldavates faktorites eraldi kas geenidele või keskkonnale sellises valdkonnas nagu sport läbi kukkunud. Phillips mõnab, et sportlase tipp taseme saavutamiseks on vaja arvukalt treeningtunde, kuid samas märgib ka, et eksperttasem ei saavutata ainuüksi mõtestatud treeningtundide abil. Ka Allen (2006) väidab, et eksperttaseme saavutamine spordis sõltub suurest hulgast faktoritest.

1.3. Ekspertsuse tajulis-tunnetuslikud tegurid

Ekspertide ja algajate vahelisi pertseptiivsete ja kognitiivsete võimete ning oskuste erinevusi on uuritud juba üle poole sajandi. Esimeseks teerajajaks selles vallas oli De Groot uurides maletajaid (Vicente ja Wang, 1998). Praegune üldine ja laialdaselt tunnustatud seisukoht on, et ekspertsooritus spordis sõltub lisaks füüsilisele ja motoorsele suutlikkusele ka sportlase tajulis-tunnetuslikest võimetest ja oskustest (Williams, 2002; Williams jt., 2005).

1.3.1. Visuaalsed võimed

Kuigi sageli arvatakse, et tippportlasi eristab nende madalama tasemega kaaslastest ja mittesportlastest parem nägemine, siis vastavasisulised uurimused on jõudnud üsna vastandlikele järeldustele (Williams jt., 2005). Helsen ja Starkes (1999) järeldasid uuringutulemuste põhjal, et tipptasemel jalgpallurid ei erine vähem kogenutest ei staatilise ega dünaamilise nägemisteravuse poolest. Ka oli mängijatel ainult keskmine vertikaalne perifeerne nägemisulatus (Helsen ja Starkes, 1999). Sarnastele tulemustele (erinevuste puudumine visuaalsetes näitajates) jõudsid Abernethy ja Neal (1999) võrreldes erineval tasemel jahilaskureid ning Abernethy koos tööruhuga (1993; jt., 1994) piljardimängijate uuringus.

1.3.2. Nägemistaju piljardimängijatel

Sihtimine on kompleksne oskus, mis piljardis, erinevalt paljudest teistest spordialadest, hõlmab sihtimist nii väikeselt kui suurelt kauguselt. Löögi sooritamiseks joondab mängija hoolikalt ja täpselt kii ja löögipalli (sihtimine väikeselt kauguselt) selliselt, et viimane tabaks sihtpalli ja suunaks selle auku (sihtimine suurelt kauguselt). Mängijal tuleb omavahel siduda kii, löögi- ja sihtpalli ning augu, aga sageli ka teiste pallide asetuse kohta käivat visuaalset informatsiooni. Piljardilöögi edukaks sooritamiseks on otsustava tähtsusega visuaalse informatsiooni tajumine, töötlemine ning oskus reguleerida oma kognitiivset ja emotsionaalset tegevust (Williams jt., 2002).

Kuna piljardimatši käigus on vaja visuaalselt hinnata vahemaid ja lööginurki ning sihtida täpselt ja sirgjooneliselt, siis võivad oluliseks osutada mitmed nägemist puudutavad näitajad nagu nägemisteravus, sügavustunnetus, stereoskoopiline nägemine, fooria, aga ka värvuste nägemine ning dominantse silma ja käe unilateraalsus (Abernethy jt., 1994). Bhootra

(2008) sõnul on sügavustunnetus snuukerimängija jaoks tähtsaim nägemisvõime. Dünaamilisest nägemisteravusest peab ta määravamaks staatilist nägemisteravust.

Piljardimängijatega läbiviidud uuringus selgus, et lühikese (35 cm) ja pika distantsi (6 m) staatilise nägemisteravuse mõõtmiste tulemused ei viita mingitele erineval tasemel olevate mängijate vahelistele erinevustele. Ka ei erine piljardimängijate nägemisteravus tavainimeste omast. Algajate ja tippmängijate sügavustunnetuse, stereoskoopilise nägemise ja fooria mõõtmisel saadi mõlemal grupil sarnased tulemused. Ka vastasid need näitajad tavalise inimese normväärtustele (Abernethy jt., 1993; Abernethy jt., 1994). Uuritavatega läbiviidud standardne Ishihara värvuste nägemise test mingeid defekte üheski grupis ei tuvastanud (Abernethy jt., 1993). Kokkuvõtvalt võib öelda, et ekspertide nägemistaju ei ole parem kui kesktasemel ja algajatel piljardimängijatel (Abernethy jt., 1993; Abernethy jt., 1994).

1.3.3. Ekspertsus ja visuaalse otsingu mustrid

Olukorras, kus tuleb vastu võtta kiireid otsuseid, samal ajal arvestades vastase tegevusest lähtuvate ajaliste ja ruumiliste piirangutega, on oluline pöörata tähelepanu ainult kõige olulisemale välisele informatsioonile. Teadmine, mida ja millal vaadata, on tippspordis otsustava tähtsusega (Williams jt., 2005).

Juba kümneid aastaid on teadlasi huvitanud, kas tippspordlased näevad samu objekte ja asukohti kui nende madalama tasemega kaaslased, kas suutlikkus oma pilku kontrolli all hoida on tippspordis oluline ja kas selle oskuse arendamine aitab saavutada paremaid tulemusi. Visuaalse otsingu mustrite jälgimiseks on kasutusel kaks meetodit: sportlase silmaliigutusi jälgitakse, kui nad vaatavad fotosid, videosalvestisi või arvutisimulatsioone, ning teise võimalusena, nende pilgu liikumist salvestatakse tegeliku sportliku tegevuse kestel. Uuringutes registreeritakse fikatsioonide arv ning nende kestvus, aga ka objektid, millele pilk suunatakse (Vickers, 2007).

McPherson ja Vickers (2004) toovad kirjanduse põhjal välja, et tegevustes nagu korvpalli vabavisked, laskmine, noolevise, golf, piljard, kus vastane sportlase sooritusse selle teostamise hetkel otseselt ei sekku, suunatakse ja fikseeritakse pilk kindlale sihtmärgile - rõngale korvpallis, märklauale laskmises, pallile golfis. Seejuures iseloomustavad liikumatu silma perioodi 4 tunnust:

- liikumatu silm on suunatud kriitilisele asukohale või objektile;
- see fikseeritakse enne lõplikku tegevuse alustamist;
- liikumatu silm on stabiilne, kinnitades vajadust keskenduda ühele objektile või asukohale enne lõplikku sooritust;

- selle kestvus kaldub ekspertidel olema pikem kui mitte-ekspertidel (McPherson ja Vickers, 2004: lk. 279).

Pikemat liikumatu silma perioodi seostatakse parema sooritusega (Behan ja Wilson, 2008; Vine ja Wilson, 2010; Williams jt., 2002).

Ekspert- ja veidi madalama tasemega korvpallurite uuringust nähtub, et vabavisete sooritamisel on ekspertide liikumatu silma periood pikem ja fiksatsioonide arv väiksem ning neil kulub vabaviske soorituse ettevalmistuseks tunduvalt rohkem aega kui veidi madalama tasemega korvpalluritel (Vickers, 1996). Ka ekspertlaskurite liikumatu silma periood on pikem kui nende madalama tasemega vastastel (Causer jt., 2010). Lee (jt., 2009) laskuritega läbiviidud uurimistöös selgub, et ekspertlaskuritel on sihtimisperiood tunduvalt pikem kui mitteekspertidel, aga ettevalmistava perioodi kestvuses olulist erinevust ei leitud. Голомазов (2003). toob välja, et liigutustegevuse ettevalmistava faasi pikkus on otseses seoses nõudmistega täpsuse osas – mida enam täpsust nõudev ülesanne on, seda pikem on ettevalmistav faas

Mann (jt., 2007) võtab meta-analüüsis kokku, et ekspertidel on väiksem fiksatsioonide arv, aga pikem fiksatsioonide kestvus ning liikumatu silma periood kui algajatel. See näitab, et eksperdid ammutavad ühest fiksatsioonist rohkem ülesandega seotud informatsiooni kui madalama tasemega sportlased.

Liikumatu silma periood on arendatav ning läbi selle on võimalik oluliselt suurendada sportliku soorituse tulemuslikkust (Causer jt., 2011; Vickers, 2007; Vine ja Wilson, 2010). Algajate korvpalluritega läbiviidud uuring näitas, et spetsiaalse liikumatu silma treeningu läbimine suurendab edaspidist liikumatu silma perioodi ning aitab paremini säilitada visuaalset tähelepanu ärevuse seisundis. Ka sooritasid vastavas treeningus osalenud mängijad võistluspinge all vabaviskeid tunduvalt paremini kui uuringus osalenud kontrollgrupp (Vine ja Wilson, 2011).

Vaikse silma perioodi olulisust sportliku tegevuse tõhususes näitab ka golfimängijatel läbiviidud uuring, mille käigus võrreldi kahte gruppi tippmängijaid. Pärast 20 golfilöögi sooritamist instrueeriti ühe grupi liikmeid liikumatu silma kestvuse säilitamise võimalustest, teine grupp vastavat informatsiooni ei saanud. Mõlemad grupid said tagasisidena vaadata videot oma esialgsest 20 löögi sooritusest. Tagasisidele järgnenud võistlustegevuse käigus suutsid esimese grupi mängijad erinevalt teisest grupist säilitada kõrgenenud ärevuse tingimustes oma liikumatu silma perioodi kestvuse ning ka nende löökide tulemuslikkus oli tunduvalt kõrgem instruksioone mitte saanud grupi liikmete omast (Vine jt., 2011).

1.3.4. Piljardilöögi sooritamise ja visuaalne otsing

Williams koos töörühmaga (2002) uuris erineva raskusastmega piljardilöökide sooritamist kõrgema ja madalama tasemega mängijatel. Kõrgema tasemega grupi õnnestunud löökide protsentuaalne osakaal oli kõikides raskusastmetes suurem madalama tasemega grupi omast (tabel 1).

Tabel 1. Erineva raskusastmega löökide sooritamise keskmine tulemuslikkus (%) kõrgema ja madalama tasemega gruppidel (Williams jt., 2002). ($\bar{X} \pm SD$).

| | Kõrgema tasemega grupp | Madalama tasemega grupp |
|---------------------|------------------------|-------------------------|
| Lihtne löök | 83,30 ± 6,74 | 64,97 ± 11,15 |
| Keskmine raskusaste | 74,84 ± 6,17 | 55,19 ± 13,19 |
| Keeruline löök | 44,47 ± 7,52 | 23,47 ± 10,52 |

Tabelis 2 on toodud Williams'i (jt., 2002) uuringu käigus mõõdetud erineva raskusastmega löökide sooritamiseks kulunud aeg (ms) kõrgema ja madalama tasemega gruppidel. Mõlemas grupis olid õnnestunud löögid seotud pikema löögiajaga (3093,06 ms) kui ebaõnnestunud löögid (2885,69 ms). Raskusastme tõusuga suurenes ka kogu löögile kulutatud aeg (lihtne löök – 2489,38 ms; keskmise raskusastmega löök – 2656,67 ms; keeruline löök – 3822,08 ms).

Tabel 2. Erineva raskusastmega löökide sooritamiseks kulunud aeg (ms) kõrgema ja madalama tasemega gruppidel (Williams jt., 2002). ($\bar{X} \pm SD$).

| | Kõrgema tasemega grupp | Madalama tasemega grupp |
|---------------------|------------------------|-------------------------|
| Lihtne löök | 2322,50 ± 435,60 | 2656,25 ± 795,10 |
| Keskmine raskusaste | 2587,50 ± 511,30 | 2725,83 ± 569,90 |
| Keeruline löök | 4021,25 ± 568,20 | 3622,92 ± 632,70 |

Eelpool nimetatud uurimus keskendus piljardilöögi erinevate faaside ajaliste kestvuste ning fikatsioonide määramisele piiranguteta ning ajalise piiranguga tingimustes. Ilma piiranguteta löögi sooritamisel kulutasid mõlema grupi mängijad löögi ettevalmistamisele tunduvalt rohkem aega (1731,46 ms) kui teistele löögi faasidele (löögikäe viimine taha – 491,84 ms; löögikäe liikumine ette – 125,32 ms; palli liikumine – 597,87 ms). Olulised erinevused käe liikumisel taha, ette ja palli liikumisel erineva raskusastmega löögi

sooritamisel puudusid. Küll aga pikenes keerulise löögi puhul löögi ettevalmistamisele kulunud aeg (2532,16 ms).

Ajaliste piirangute rakendamisel langes oluliselt löökide õnnestumise tase (tabel 3).

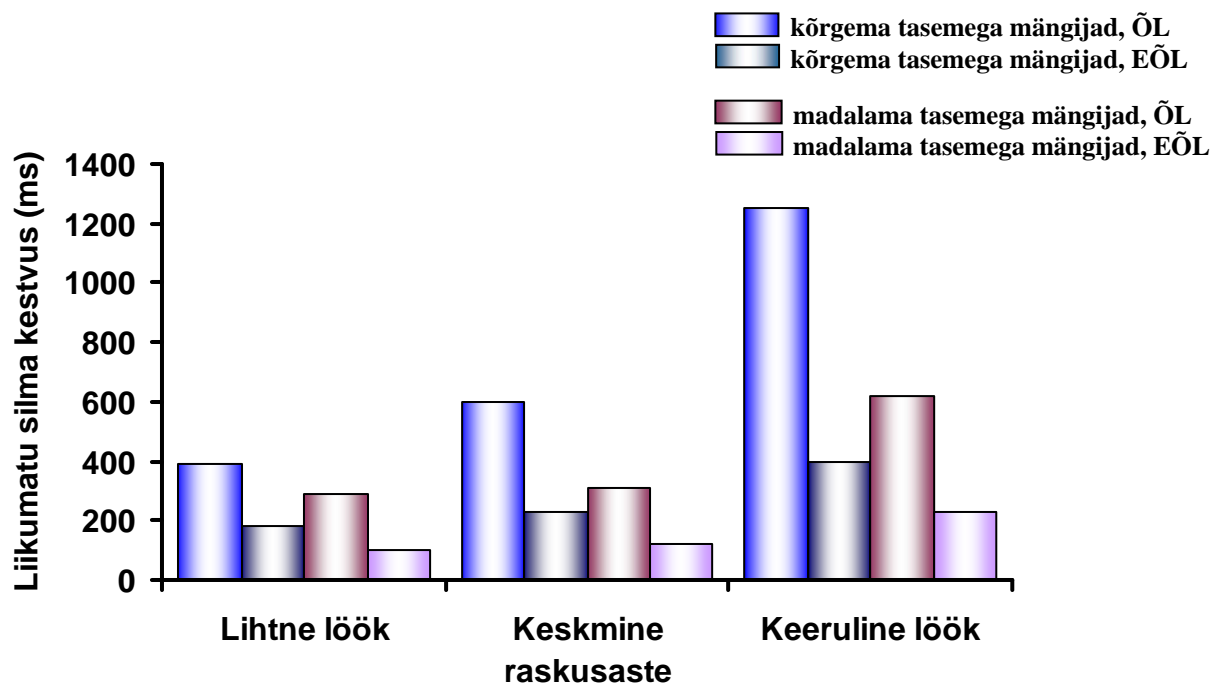
Tabel 3. Ajalise piiranguta ja piiranguga löökide keskmine tulemuslikkus (%) kõrgema ja madalama tasemega gruppidel (Williams jt., 2002). ($\bar{X} \pm SD$).

| | Kõrgema tasemega grupp | Madalama tasemega grupp |
|-------------------------|------------------------|-------------------------|
| Ilma ajalise piiranguta | 74,84 ± 6,17 | 55,19 ± 13,18 |
| 25 % piiranguga | 68,00 ± 7,74 | 54,23 ± 14,58 |
| 50 % piiranguga | 59,33 ± 10,42 | 46,78 ± 13,83 |

Erinevate löögifaaside aegade analüüs näitas, et ettevalmistava faasi kestvus piiranguta löögil (1476.19 ms) oli tunduvalt pikem kui 25 % ja 50 % ajalise piiranguga löökidel (vastavalt 548,00 ja 203,33 ms). Olulised erinevused teiste faaside aegades (käe liikumine taha, ette ja palli liikumine) puudusid.

Williams'i (jt., 2002) uurimistöös jälgiti ka fikatsioonide arvu, kestvust ning vaigse silma perioodi. Kõrgema tasemega mängijate fikatsioonide keskmine kestvus ühele objektile (197,47 ms) oli pikem kui madalama tasemega mängijatel (161,24 ms). Samas oli tugevamal grupil keskmine ühele objektile suunatud fikatsioonide arv (1,06) väiksem kui nõrgemal grupil (1,48). Peamiselt suunati fikatsioonid löögipallile (3,00) ja sihtpallile (2,83), vähem poordile (0,00), augule (0,00) ning teistele esemetele (0,50).

Vaigse silma perioodi näitajad õnnestunud ja ebaõnnestunud löökide puhul on jälgitavad joonisel 1. Edukalt sooritatud löökide puhul oli vaigse silma periood (310,42 ms) tunduvalt pikem kui ebaõnnestunud löökidel (118,06 ms). Kõrgema tasemega grupil oli vaigse silma periood (270,83 ms) tunduvalt pikem kui madalama tasemega grupil (157,64 ms). Ajaliste piirangute suurenemisega vähenes lineaarselt vaigse silma periood (piiranguta – 314,17 ms; 25 % piiranguga - 190,63 ms; 50 % piiranguga – 137,92 ms). Ka löökide keerukuse tõus mõjutab vaigse silma perioodi suurenemise suunas. Töörühm oletas, et vaigse silma periood on kognitiivse töötlemise otsustav periood, mille vältel programmeeritakse liigutuse parameetrid: jõud, suund ja kiirus.



Joonis 1. Keskmine liikumatu silma kestvus kergete, keskmise raskusastmega ja keeruliste löökide sooritamisel kõrgema ja madalama tasemega piljardimängijatel. ÕL – õnnestunud löök, EÕL – ebaõnnestunud löök. (Williams jt., 2002).

1.3.5. Informatsiooni töötlemine ja otsuste tegemine

Ekspertidel on ulatuslik erialaspetsiifiline teadmistepagas (Moran, 2004), mis on omandatud laiaulatuslike ja koondunud erialaste stiimulite mõjul (Ericsson jt., 1993; Ericsson jt, 2009). Ekspertide paremus algajate ees ilmneb erialastes deklaratiivsetes (reeglid, muud faktid), protseduurilistes (oskus sooritada peamisi tehnilisi liigutusi ja võtteid täpselt ning efektiivselt) ja strateegilistes (oskus tunda ära erinevaid mängumustreid ning reageerida neile parimal moel) teadmistes (Moran, 2004).

Ekspertid suudavad tõhusamalt kasutada oma teadmistepagasi sobiva informatsiooni kindlaksmääramiseks, meeldejätmiseks ja käsitlemiseks (Moran, 2004). Ekspertid ületavad madalama tasemega vastaseid eristades paremini eelnevalt ettetulnud mustreid uutest (Abernethy jt., 1994; Abernethy jt., 2005; Williams ja Davids, 1995). Erialase info meenutamise ja äratundmise kõrge tase on üks ekspertsust määravatest omadustest (Abernethy jt., 2005). Näiteks suudavad tipptasemel maletajad (de Groot, 2008) ja snuukerimängijad (Abernethy jt., 1994; Abernethy ja Neal, 1991) meelde jätta ja hiljem mälust ammutada lühiajaliselt esitatud loogilise struktuuriga mänguseise tunduvalt paremini kui madalama tasemega mängijad. Samas juhusliku asetusega, tegelikus mängus mitte

ettetulevate situatsioonide meeldejätmises neil paremus puudus (Abernethy jt., 1994; Abernethy ja Neal, 1991)

Ericsson ja Chase (1981) on pakkunud välja teooria, et eksperdid kasutavad oma pikaajalist mälu uue informatsiooni salvestamiseks. Nende laialdane teadmistepagas võimaldab ja aitab neil künkida uut infot. Ericsson ja Kintsch (1995) laiendavad eelnevat teooriat ja väidavad, et pärast piisavat treeningut on võimalik lühiajalise töömälu laiendusena võtta informatsiooni kodeerimiseks ja ammutamiseks kasutusele pikaajaline mälu.

Ekspertid on oma otsuste tegemises täpsemad kui mitteekspertid. Ka tajuvad eksperdid oma vastase kavatsusi kiiremini kui madalama tasemega sportlased (Mann jt., 2007). Raab'i ja Johnson'i (2007) sõnul ei ole veel praegugi täielikult selge tavaelus tehtavate otsustuste protsess ja selle komponendid. Samuti ei ole lõplikult teada, millisel moel hindavad eksperdid olukorda ja teevad valikuid.

1.3.6. Informatsiooni töötlemine ja otsustamine piljardimängijatel

Piljardilöögi õnnestumine sõltub mängija oskusest langetada õigeid otsuseid, tema sihtimisoskusest ja suutlikkusest sooritada löök täpselt ja õige tugevusega. Löögiõigust saades otsustab mängija, millist lööki (sageli ka tervet seeriat lööke) laual olevatest valikutest teha ning kuhu peab pärast löögi sooritamist jääma löögipall. Valikute tegemisel saavad määravaks mängija kognitiivsed ja visuaal-pertseptiivsed oskused (Abernethy ja Neal, 1991).

Abernethy ja Neal (1991) on kindlad, et seistes silmitsi löögivalikuga, ei kasuta eksperdid sama informatsiooni kui algajad. Ekspertidel on mälus salvestatud suurel hulgal eelmistest mängukogemustest pärit mustreid ning tänu juba olemasolevale informatsioonile saavad nad analüüsida seisu tunduvalt sügavamalt ning tõenäoliselt aitab see neil teostada löökide planeerimist efektiivsemalt kui teevad seda madalama tasemega mängijad.

Erineva tasemega piljardimängijatel testiti nende oskust meelde tuletada ja ära tunda neile eelnevalt lühiajaliselt (5 s) esitatud informatsiooni. Meenutamise testi eesmärgiks oli uurida erineval tasemel mängijate suutlikkust kiiresti kodeerida mängulaual olevate pallide asetust. Ekspert-snuukerimängijad edestasid oma nõrgemaid kaaslasi seisude meenutamises vaid siis kui vaadeldav informatsioon oli sarnane tavapärases mängus ettetulevaga. Kui pallide asetused laual oli juhuslik või pallid olid kõik ühte värvi, siis oli ekspertide tase meenutamises ühel tasemel algajatega. Ka eelnevalt nähtud positsioonide äratundmises näitasid kõrgema tasemega mängijad tunduvalt paremaid tulemusi kui algajad (Abernethy ja Neal, 1991; Abernethy jt., 1994) Uuringu andmete põhjal järeltas Abernethy (jt., 1994), et

snuukerimängijate kodeerimise ja mälust ammutamise võime on puhtalt erialaspetsiifiline ja ei sõltu üldisest pertseptiivsest ega mälu võimekusest.

Löögivaliku tegemisse kaasatud kognitiivsete protsesside uurimiseks analüüsisid piljardimängijad kuuldavalt neile videolindil esitatavaid mänguseise. Tabelis 4 on Abernethy (jt., 1994) ettekandes kajastunud ekspertide, kesktasemel ja algajate piljardimängijate keskmised näitajad valjusti mõtlemise ülesandes. Olulised erinevused erineval tasemel gruppide vahel variantide verbaalseks esituseks kulunud ajas, kaalutud võimalike variantide hulgas ja professionaalide valikuga kokkulangevuses puudusid. Ekspert- ja kesktasemel mängijate grupp näitasid tunduvalt suuremat keskmist ja maksimaalset ettearvestatud löökide arvu kui algajad mängijad. Seega erinevad kõrgema ja keskmise tasemega mängijad algajatest pigem oma arvestuste pikkuse kui laiaulatuslikkuse poolest.

Tabel 4. Ekspertide, kesktasemel ja algajate piljardimängijate keskmised näitajad valjusti mõtlemise ülesandes, standardhälve sulgudes (Abernethy jt., 1994). ($\bar{X} \pm SD$).

| | Ekspertid (n=6) | Kesktasemel mängijad (n=7) | Algajad (n=15) |
|--|--------------------|----------------------------------|-------------------|
| Verbaalseks esituseks kulunud aeg (s) | 13.,03 ± 2,39 | 12,05 ± 1,64 | 15,62 ± 5,53 |
| Kaalutud variantide arv | 2,61 ± 0,31 | 2,76 ± 0,39 | 2,49 ± 0,40 |
| Ettearvestatud löökide arv | 6,22 ± 1,67 | 6,62 ± 1,62 | 4,56 ± 1,03 |
| Maksimaalne ettearvestatud löökide arv | 7,67 ± 2,34 | 9,14 ± 3,39 | 4,13 ± 1,46 |
| Ühtivus professionaalide valikuga (%) | 47,22 ± 16,39 | 54,76 ± 18,55 | 41,11 ± 8,61 |

Saamaks aimu mängijate võimest hinnata neile esitatud mänguseise ja eristada antud asetuste eeliseid ja puudusi, läbisid uuritavad situatsiooni hindamise testi. Üldiselt kaldusid kõrgema tasemega mängijad hindama seise paremaks kui seda tegid algajad. Abernethy (jt., 1994) seostab seda nende suurema enesekindlusega oma sooritusvõimes. Ekspertmängijad

näitasid väga head oskust eristada ja hinnata mänguseis ületades selles madalama tasemega mängijaid. Ekspertide hinnangud puudutasid suure osas seisude väljavaateid ja olid suunatud edasisele arvestusele, samas olid algajate hinnangud retrospektiivsed.

1.4. Piljardilöögi biomehaanilised näitajad

1.4.1. Löögiaseend ja löögi sooritamise piljardis ning piljardilaadsetel aladel

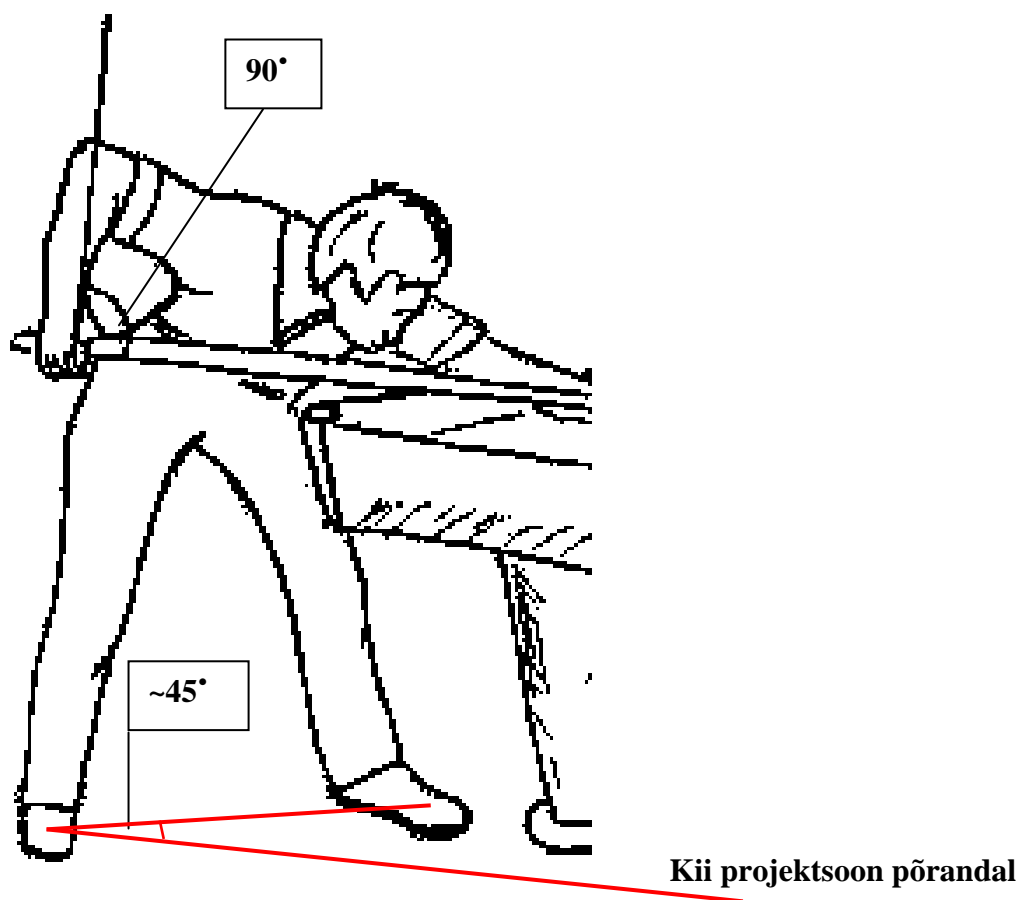
Mitmete autorite väitel on eduka löögi sooritamiseks oluline võtta sisse õige löögiaseend, mis hõlmab endas nii käte, jalgade, keha kui ka pea õiget hoidu (Wall ja Crimi, 2003; Железнев, 2008; Здобников, 2010; Шнуровозов, 2011). Samas võib mõnedest kirjandusallikatest leida, et kiisportialadel puudub väga täpne ja range löögiaseendi mudel – keha, jalgade ja käte paiknemine sõltub väga paljus mängija individuaalsest eripärast - tema kehaehitusest, pikkusest, kaalust, mugavaimast peaasendist sihtimisel, aga ka inventari kõrgusest ja konkreetsest kiisportialast (Jain, 2005; Kanov ja Stauch, 2007; Wall ja Crimi, 2003; Шнуровозов, 2011). Kuid siiski on olemas mõned üldised nõuded, mida tuleks jälgida (Jain, 2005; Kanov ja Stauch, 2007; Wall ja Crimi, 2003).

Löögiaseend (joonis 2) peab olema võimalikult stabiilne. Kui jalad paiknevad valesti, nii et mängija ei tunne ennast mugavalt ja peab keha hoidmiseks ennast pingutama, siis ei liigu ka käsi vabalt. See omakorda võib põhjustada löögi ebatäpsust (Jain, 2005; Wall ja Crimi, 2003; Шнуровозов, 2011). Veidi painutatud eesmine jalg ja sirgem tagumine kindlustavad stabiilse kehahoiaku (Jain, 2005). Paremakäelistel asetseb parem jalg nii, et jalalaba on enam-vähem parema käelaba all (vasakukäelistel sama peegelpildis). Vasaku jala jalalaba asetseb paremast veidi ees ja kõrval (umbes õlgade laiusel ja mitte rohkem kui 30 cm eespool) (Wall ja Crimi, 2003). Samas võib tulla ette ka, et mõningate keerulisemate löökide sooritamiseks on vaja seista vaid ühel jalal (Kanov ja Stauch, 2007).

Mängija keha on kallutatud ette ning lõug asetseb üsna kii lähedal. Madalam peaasend soodustab sihtimistäpsust, kuid liiga madal kehaasend võib takistada kii liigutamist (Kanov ja Stauch, 2007). Mida vähem liigub mängija keha löögihetkel, seda täpsem on löök. Sel ajal ei tohi selga sirgu ajada, liigutada õlga ega aidata kehaga käele kaasa. Ideaalis peaks liikuma vaid mängija löögikäsi (Jain, 2005; Шнуровозов, 2011).

Koht, kust hoitakse kiid, sõltub mängija pikkusest, aga ka parasjagu sooritatavast löögist ning konkreetsest kiisportialast. Näiteks vene piljardis on see 30 – 35 cm, ameerika poolis aga ligikaudu 45 cm kii raskuskeskmest tagapool (Шнуровозов, 2011). Pikemad mängijad hoiavad kiid tagantpoolt kui lühemad mängijad (Шнуровозов, 2011; Здобников,

2010). Üldiselt võib öelda, et parim koht kii hoidmiseks on paigas, kus kii on kõige tundlikum väikseimatele tahtlikele liigutustele ja on „kuulekas“ (Железнев, 2008).



Joonis 2. Löögikäe ja keha asend löögi sooritamise hetkel. (Шнуровозов, 2011).

Haare kiist peab olema mugav ja pingevaba, mitte liiga kramplik ja jäik, samas ka mitte lõtv (Alcatore, 2004; Jain, 2005; Kanov ja Stauch, 2007). Kim Davenport, kunagine Ameerika pooli profimängija on soovitanud: „Ära hoiä kiid tahaviidud asendis ei liiga kõvasti ega ka liiga lõdvalt. Hoiä seda nagu sul oleks lind peos, kellele sa ei taha ei viga teha ega ka minna lasta.“ (Meurin, 1993: lk. 27).

Löök kiiga sooritatakse sujuvalt, seejuures ideaalis liigub käsi kii pikitelje suunas ühes tasapinnas külgedele kaldumata (Abernethy ja Neal, 1991; Шнуровозов, 2011) võimalikult keha lähedalt, seda siiski puudutamata (Здобников, 2010). Joonisel 2 on kujutatud mängija löögihetkel. Momendil kui kii ots puudutab kuuli, peab kii ja küünarvarre vaheline nurk olema 90° (Шнуровозов, 2011; Wall ja Crimi, 2003) või selle lähedane (Здобников, 2010). Ideaalis jääb löögi sooritamisel käsi küünarnukist ülespoole liikumatuks (joonis 3), töötab vaid käe alumine osa (Шнуровозов, 2011).



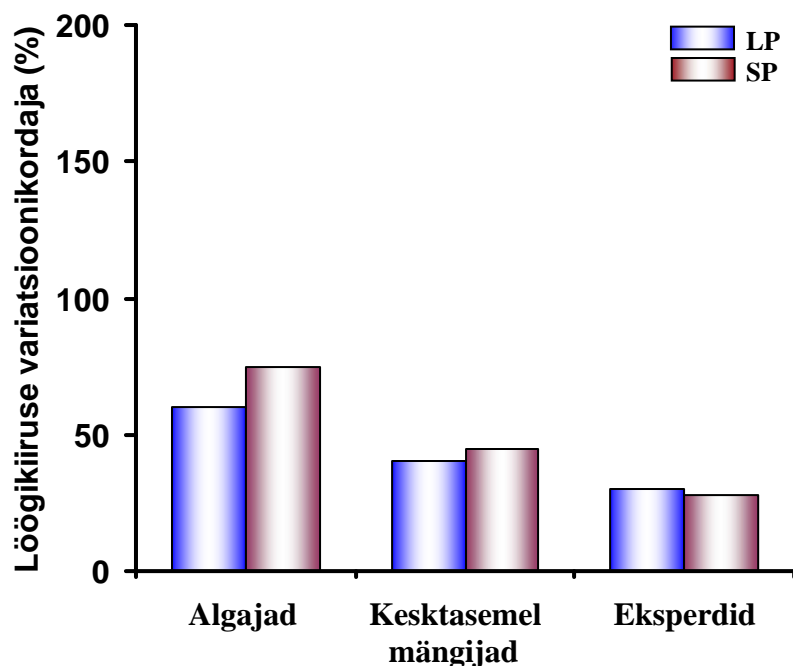
Joonis 3. Küünaryarre asend löögi sooritamisel. (Шнуровозов, 2011).

1.4.2. Löögijõud, -kiirus ja -kiirendus

Eduka löögi sooritamine ei ole mitte ainult sihtpalli õnnestunud aukulöömine, vaid oluline on ka löögipalli toomine optimaalsesse asukohta laual, et oleks võimalik sooritada järgmine löök Löögipalli suunamine kindlasse asukohta mängulaual nõuab oskust kontrollida löögijõudu (Abernethy ja Neal, 1991). Löökide erinev tugevus tagatakse löögi kiiruse ja amplituudi muutmise teel (Железнев, 2008). Wall ja Crimi (2003) peavad löögi sooritamisel kõige raskemaks õige löögitugevuse valikut. Üsna sage viga algajatel on põhjendamatult tugev löök (Шнуровозов, 2011).

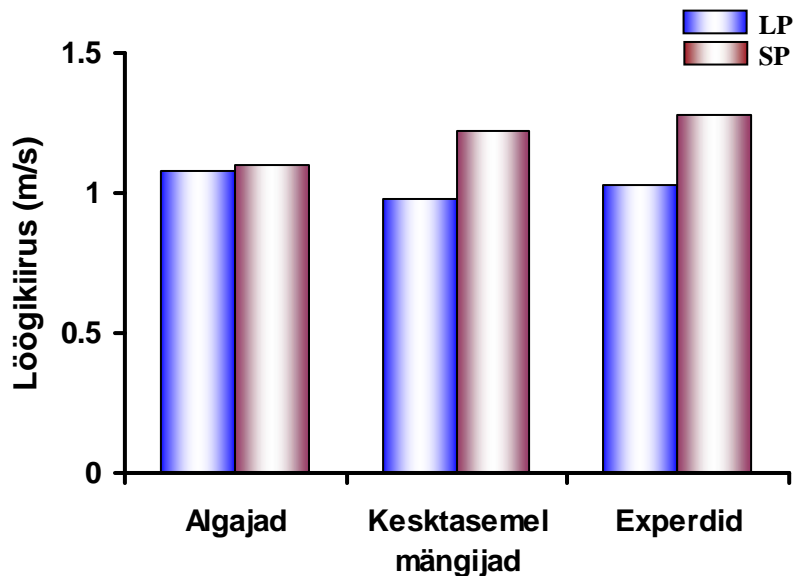
Abernethy ja Neal (1991) viisid piljardimängijatega läbi uurimuse, mille käigus pidid mängijad sooritama reaalsed löökide seeriad eesmärgiga viia vastavalt ülesandele kas löögipall või sihtpall vastaspoordi põrkest kindlaksmääratud asukohta mängulaual. Löökide teostamisel registreeriti nende tulemuslikkus ning mõõdeti kii kiirus ja kiirendus. Nii ekspertide kui keskmise tasemega mängijate täpsus ületas algajate oma. Kii kiirust ja kiirendust analüüsid leiti, et ekspertide sooritatud lööke iseloomustab kiiruse ja kiirenduse näitajate järjepidevus löögilt löögile, samas kui algajate mängijate näitajad varieerusid tugevalt (joonis 4).

Kii pikitelje-suunalises liikumiskiiruses statistiliselt olulist erinevust kõrgema ja madalama tasemega mängijate vahel ei ilmnenu. Küll aga erinesid oluliselt ekspertide grupi ja algajate mängijate kii liikumiskiirused vertikaalsuunal risti kii pikiteljega: sellel suunal oli algajate mängijate kii kiirus löögihetkel märgatavalt suurem kui kõrgema tasemega mängijatel. Ideaalis peaks kii kiirus risti tema teljega võrduma nulliga (Abernethy ja Neal, 1991). Abernethy ja Neal (1991) põhjendavad saadud tulemust mängija liigutusmustrite omandamisega ning seoses sellega kii käsitlemisoskuse paranemisel minimaalseks muutuva kii kaldumisega külgedele.



Joonis 4. Keskmine kii pikitelje-suunalise löögikiiruse variatsioonikordaja algajatel, kesktasemega piljardimängijatel ja ekspertidel sooritades lööki ainult löögipalliga (LP), suunates seda kindlaksmääratud punkti laual ning sooritades lööki löögipalliga sihtpalli pihta (SP), et suunata see kindlaksmääratud punkti laual (Abernethy ja Neal, 1991).

Kii pikitelje-suunalise kiiruse (joonis 5) analüüs näitas märgatavat kii kiiruse ja löögitingimuse (lööki ainult löögipalliga, suunates seda vastaspoordi pörkest kindlaksmääratud punkti laual ning löök löögipalliga sihtpalli pihta, et suunata see vastaspoordi pörkest samasse, varem kindlaksmääratud punkti laual) omavahelist seost. Ekspertide löökidel ilmnes tunduvalt suurem kii kiirus löögipalli suunamisel sihtpalli pihta kui ainult löögipalli löömisel. Selline erinevus puudus algajate sooritustel. Kuna löök löögipalliga sihtpalli pihta nõuabki suuremat kiirust, siis võib analüüsi põhjal järeldada, et keskmise tasemega ja ekspertmängijad suudavad kohandada löögijõudu vastavalt vajadusele. Samas jääb algajatel sellest oskusest vajaka (Abernethy ja Neal, 1991).



Joonis 5. Keskmise kii pikitelje-suunaline löögikiirus algajatel, kesktasemega piljardimängijatel ja ekspertidel sooritades lööki ainult löögipalliga (LP), suunates seda kindlaksmääratud punkti laual ning sooritades lööki löögipalliga sihtpalli pihta (SP), et suunata see kindlaksmääratud punkti laual (Abernethy ja Neal, 1991).

1.5. Täpsust nõudvate tegevuste biomehaanika

Igasugune sihipärane liigutus sisaldab täpsuse elemente, kuid spordis on liigutustegevuse täpsusel eriline roll. Täpsust nõudvad tegevused võib jaotada kaheks:

- tegevused, mille hinnatakse trajektoori täpsust ning
- tegevused, mille määratakse lõppresultaadi täpsus (ГОЛОМАЗОВ, 2003).

Viimaste kümnendite jooksul biomehaanikas kasutatava tehnoloogia vallas toimunud kiire areng on loonud mitmeid täiendavaid võimalusi informatsiooni saamiseks sportlaste liigutustegevuse kohta. Tagasisidet on võimalik saada vähemalt nelja erineva meetodika abil:

- neuromuskulaarne (elektromüograafia);
- kineetiline (nt. jõuandurid);
- kinemaatiline (videokaamerad, elektromagnetilised jälgimisseadmed);
- liigutuse resultatiivsus.

Need valdkonnad ei erine üksteisest mitte üksnes oma tüübi vaid ka täpsuse ja informatsiooni spetsiifika poolest. Näiteks informatsioon neuromuskulaarse talitluse kohta võib olla märksa lokaalsem ja detailsem kui andmed ülesande täitmise resultatiivsuse kohta (Abernethy jt., 2008).

Täpsust nõudvaid tegevusi võib hinnata nende lõppresultaadi järgi, kuid täpsusele suunatud liigutustegevuse parameetreid on võimalik jälgida ka registreerides lihaste bioelektrilist aktiivsust. Uuringutes on selgunud, et lühiajalise hästi omandatud liigutuse puhul võib täheldada olulist antagonistlihaste aktiivsust. Seega mängib agonist- ja antagonistlihaste koostoime olulist rolli selliste lühiajaliste liigutuste sooritamises, mida ei ole võimalik tegevuse hetkel korrigeerida (Голомазов, 2003). Kasutades EMGd on lihastevahelist koordineerimist võrreldud ekspert- ja algajatel vibulaskjatel ning alaga kokkupuuteid mitte omavatel isikutel. Töö tulemusel tehti järeldused lihaste erineva aktiivsuse kohta olenevalt ekspertsuse tasemest (Ertan jt., 2003). Sarnaselt eelmisele uurimistöole on erineval tasemel sportlaste täpsust ja EMG näitajaid uuritud ka golfimängijatel (Abernethy jt., 1990).

Võrreldes täpsust nõudva liigutuse ja selle imiteeringu kinemaatilisi näitajaid, ei tarvitse ilmnedagi mingeid märgatavaid erinevusi liigutustegevuses. Kuid registreerides lihaste bioelektrilist aktiivsust võib täheldada, et imiteeritava lihastegevuse puhul antagonistlihased ei aktiveeru. Ka on oluline erinevus lihasaktiivsuses täpsuse suhtes madalamate ja kõrgemate nõudmistega ülesannete täitmisel – kõrgemate nõudmistega puhul on märgatav agonist- ja antagonistlihaste aktiivsuse märgatav tõus (Голомазов, 2003).

Lihastegevuse analüüsimisel samade, kuid erineva lõpptulemusega ülesannete täitmisel võrreldi lihasaktiivsust edukatel (täpsetel) ja ebaõnnestunud (ebatäpsetel) viskekatsetel. Õnnestunud ja ebaõnnestunud visete lihasaktiivsuse keskmise kestvuse ja lihasaktiivsuse kestvuse variatsioonikordaja näitajates ilmnisid statistilised olulised erinevused. Uuringu tulemuste põhjal järeldab Голомазов (2003), et ühest küljest tingib nõudmistega tõus täpsusnõuete osas lihasaktiivsuse tõusu, teisest küljest aga on edukatel sooritustel täheldatav lühem ja korrapärasem lihasaktiivsus kui ebaõnnestunud sooritustel.

2. TÖÖ EESMÄRK JA ÜLESANDED

Käesoleva uurimistöö eesmärgiks oli selgitada erineva raskusastmega koroonalöökide sooritamise biomehaanilisi näitajaid kõrgema ja madalama kvalifikatsiooniga koroonasportlastel.

Töös püstitati järgmised ülesanded:

1. Määrata ja võrrelda uuritavate randme aktiivset liikuvust lateraalsel fleksioonil.
2. Määrata ja võrrelda uuritavate käe pigistusjõudu.
3. Määrata ja võrrelda uuritavate käe ja silmade koordineerimise näitajaid.
4. Määrata ja võrrelda uuritavate *musculus trapezius up*, *musculus flexor carpi radialis*, *musculus extensor carpi radialis*, *musculus deltoideus posterior*, *musculus deltoideus mid.*, *musculus deltoideus anterior* lihastoonuse ja -elastsuse näitajaid vabas ja löögiasendis.
5. Määrata ja võrrelda uuritavate *musculus trapezius* ja *musculus deltoideus* EMG parameetreid koroonalöökide sooritamisel.
6. Määrata ja võrrelda erineva raskusastmega koroonalöökide sooritamise resultatiivsust.
7. Määrata liigutustegevuse 3-mõõtmelisel analüüsil koroonalöögi biomehaanilised karakteristikud ning võrrelda neid.

3.TÖÖ METOODIKA

3.1. Vaatlusalused

Käesolevas uurimistöös osales vabatahtlikult 19 vaatlusalust vanuses 13-67 aastat.

Uuritavad jagunesid kahte gruppi:

- kõrgema kvalifikatsiooniga koroonamängijad (7 meest ja 2 naist);
- madalama kvalifikatsiooniga koroonamängijad (7 meest ja 3 naist).

Kõrgema kvalifikatsiooniga koroonasportlaste gruppi valiti mängijad, kelle võistlustulemus 2010. aastal oli stabiilselt ületanud 75 % piiri (protsent võimalikust võistlusel saavutatavast punktide arvust). Kõrgema kvalifikatsiooniga mängijate grupi liikmed on korduvalt ja edukalt esindanud Eesti koondist rahvusvahelistel võistlustel, sh tiitlivõistlustel. Kolm neist on endised või praegused Euroopa meistrid (2 naist, 1 mees). Grupi liikmete vanus uuringu läbiviimise ajal oli vahemikus 24 - 63 aastat, koroonaga tegelemise staaž 13 - 43 aastat ($\bar{X}=28,33$; $SE=3,64$).

Madalama kvalifikatsiooniga mängijate gruppi valiti sportlased, kes aktiivselt tegelesid koroonaga, kuid kelle võistlustulemused 2010. aastal jäid stabiilselt alla 50 % piiri. Nende vanus uuringu läbiviimise ajal oli vahemikus 13 - 67 aastat, koroonaga tegelemise staaž 2 – 28 aastat ($\bar{X}=7,10$; $SE=2,38$).

3.2. Uuringu korraldus

Uuringud viidi läbi detsembris 2011 kuni veebruar 2012. Tartu Ülikooli (TÜ) kinesioloogia ja biomehaanika laboris. Kõik vaatlusalused kinnitasid oma nõusolekut uuringus osalemiseks allkirjaga. Enne testimist informeeriti vaatlusaluseid läbiviidavatest protseduuridest.

Uuringud teostati vastavas järjekorras:

1. Isikuandmete kirjapanek vaatlusaluse kaardile.
2. Antropomeetrilised mõõtmised.
3. Randme liikuvuse määramine.
4. Käe pigistusjõu määramine.
5. Käe ja silmade koordineerimise testimine.
6. Müomeetrilised uuringud.

7. Kolme erineva raskusastmega koroonalöökide sooritamine, samaaegselt teostati elektromüograafilised uuringud, liigutustegevuse biomehaaniline analüüs ja registreeriti löökide resultatiivsus ning sihtimisele kulutatud aeg.

3.3. Uurimismeetodid

3.3.1. Antropomeetrilised mõõtmised

Vaatlusaluste kehapikkus mõõdeti antropomeetriga 0,1 cm täpsusega ja kehamass digitaalse kaaluga *Soehnle* 0,05 kg täpsusega. Kehamassiindeksi arvutamisel kasutati valemit $BMI = \text{kehamass} / \text{pikkus}^2$ (kg / m²). Järgnevalt mõõdeti vaatlusalustel vaagna läbimõõt ja kõrgus, mõlema põlve ja pahkluu diameetrid ning parema ja vasaku jala pikkus

3.3.2. Randme liikuvus

Randme liikuvuse määramisel kasutati mehaanilist goniomeetrit *Mediband* (joonis 6).



Joonis 6. Goniomeeter *Mediband*.

Testitav istus küljega laua suunas, küünarliigesest 90° kõverdatud käsi, peopesa allpool, asetatud kogu küünarvarre ulatuses lauale. Supinatsiooni ja pronatsiooni vältimiseks küünarvars stabiliseeriti. Goniomeeter asetati käele selliselt, et goniomeetri liigutustelg oli täpselt randme liikumistelje kohal (joonis 7). Testitaval määrati randme maksimaalne lateraalfleksioon sisse- ja väljapoole kolmel korral ning mõlemal käel. Mõlemas suunas teostatud fleksioonidest läks arvesse parim tulemus.



Joonis 7. Randme lateraalfleksiooni määramine.

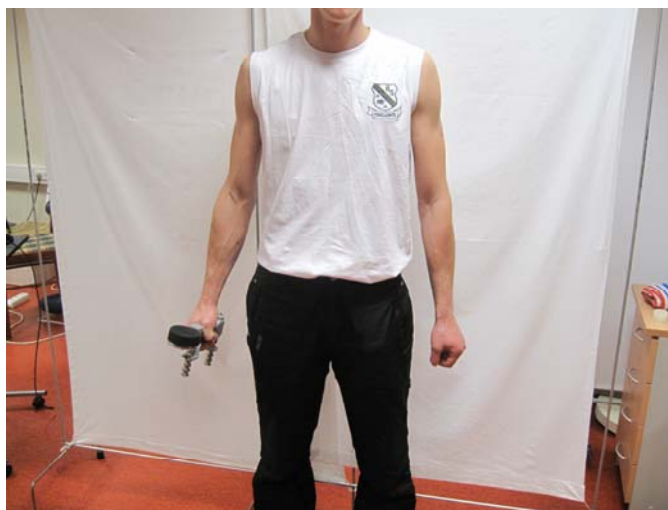
3.3.3. Käe pigistusjõud

Käe pigistusjõu määramisel kasutati standardset käe dünamomeetrit *Jamar Hydraulic Hand Dynamometer* maksimaalse mõõteulatusega 90 kg (joonis 8).



Joonis 8. *Jamar Hydraulic Hand Dynamometer*

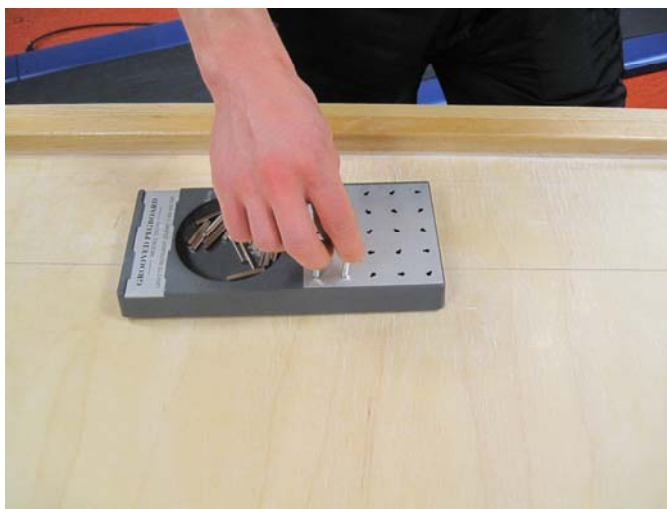
Vaatlusalune seisis jalad õlgade laiuselt harkis, käed sirgelt all, dünamomeetriga käsi kehast veidi eemal (joonis 9). Mõõdetaval paluti pigistada dünamomeetrit lühiajaliselt maksimaalse jõuga. Test sooritati mõlema käega, kumbagi käe kolmest sooritatud katses läks arvesse parim tulemus.



Joonis 9. Käe pigistusjõu määramine.

3.3.4. Käe ja silmade koordineerimise testimine

Käe ja silmade koordineerimise hindamiseks kasutati spetsiaalset komplekti *Lafayette Grooved Pegboard Test, Model 32025* (USA) (joonis 10). Selleks pidi vaatlusalune võimalikult kiiresti ja kindlas järjestuses panema 25 pulgakujulist kujundit testimiskomplekti tühjadesse aukudesse. Enne testi sooritamist oli testitaval võimalus vastavat tegevust proovida. Test sooritati esmalt parema, siis vasaku käega. Ülesande täitmise ajal testitav seisis ning komplekt oli asetatud tema ette koroonalauale. Testi sooritamiseks kulunud aega mõõdeti stopperiga 1-sekundilise täpsusega.



Joonis 10. Käe ja silmade koordineerimise määramine.

3.3.5. Müomeetria

Skeletilihaste seisundi täpseks hindamiseks on käesolevas uurimistöös kasutatud Tartu Ülikooli Eksperimentaalfüüsika ja tehnoloogia instituudis väljatöötatud müomeetrit. Müomeeter võimaldab mõõta skeletilihase biomehaanilisi omadusi peegeldavaid parameetreid lihase funktsionaalse seisundi diagnostikaks nii sise- kui ka välitingimustes. Müomeetri tööpõhimõte seisneb müomeetri löökotsikuga skeletilihasele või selle osale mehaanilise mõjutuse tekitamises ja sellele järgneva vastuse kiirendusanduri abil registreerimises. Registreeritud signaali, mis on kustuv võnkumise graafik, analüüsitakse arvutiga. Esialgse analüüsi käigus saadud näitajad iseloomustavad lihase toonilist pinget ja elastsusomadusi mõõtmise ajal (Vain, 2002).

Müomeetrisel mõõtmisel on võimalik teostada nii lihase rahuoleku seisundis, etteantud koormuse hoidmisel kui ka maksimaalse tahtelise kontraktsiooni tingimustes. Mõõtmisi

alustatakse rahuoleku seisundist, sest lihase tahteline maksimaalne kontraktsioon võib põhjustada muutusi lihastoonuses (Vain, 2002).

Käesoleva uuringu käigus kasutati lihastoonuse, dekremendi ja jäikuse määramisel TÜ-s väljatöötatud müomeetrit Myoton-3. Näitajad registreeriti nii puhke- (algseis, käed vabalt all, vaatlusalusel paluti lasta lihased maksimaalselt lõdvaks – joonis 11) kui tööasendis (koroonamängija löögiasend, kii löögikäes ja löögivalmis – joonis 12). Enne mõõtmisi märgiti vaatlusaluse kehal ära punktid, kuhu testimisel asetati müomeetri löökotsik. Mõõtmised teostati trapetslihase ülemisel osal (*musculus trapezius up*), kodarmisel randmepainutajal (*musculus flexor carpi radialis*), sõrmedesirutajal (*musculus extensor digitorum*), deltalihase eesmisel (*musculus deltoideus anterior*), tagumisel (*musculus deltoideus posterior*) ja kesksel osal (*musculus deltoideus mid*).



Joonis 11. Lihastoonuse ja –elastsuse näitajate määramine deltalihase eesmisel osal, vaatlusalune puhkeasendis.



Joonis 12. Lihastoonuse ja –elastsuse näitajate määramine deltalihase eesmisel osal, vaatlusalune tööasendis.

Trapetslihas (*musculus trapezius*) paikneb selja ülaosas ning koos vastaspoolel oleva lihasega meenutab trapetsit. Trapetslihas algab kuklaluu ülemiselt kuklatagusest joonelt, välimiselt kuklamügaralt, turjasidemelt ja kõikide rinnalülide ogajätketelt ning kinnitub abaluuharjale, õlanukile ja rangлуу õlanukmisele otsale (Roosalu, 2006). Trapetslihase ülemised kimbud tõstavad õlavöödet ning teostavad selle aduksiooni (Behnke, 2001), vahelmised lähendavad abaluid lülisambale ning alumised tõmbavad õlavöödet allapoole. Fikseeritud ülajäseme korral sirutab trapetslihas pead ja lülisammast (Roosalu, 2006).

Deltalihas (*musculus deltoideus*) algab kolme osana: tagumisel osal (*musculus deltoideus posterior*) on alguskohaks abaluuhari, kesksel (*musculus deltoideus mid*) õlanukk ja eesmisel (*musculus deltoideus anterior*) rangлуу lateraalne kolmandik. Lihaskiud konvegeeruvad allapoole ning kinnituvad õlavarreluu deltalihasmisele kõprusele. Deltalihas tervikuna ja harjaüline lihas (*musculus supraspinatus*) abdutseerivad õlavart. Deltalihas tagumine osa koos harjaaluse lihase (*musculus infraspinatus*) ja väikese ümarlihasega (*musculus teres minor*) teostavad õlavarre retroversiooni, aduksiooni ja välisrotatsiooni. Deltalihas eesmine osa teostab anteversiooni, aduksiooni ja siserotatsiooni (Roosalu, 2006). Keskne osa arvatakse seotud olevat vaid õlaliigese abduksiooniga (Behnke, 2001).

Kodarmine randmepainutaja (*musculus flexor carpi radialis*) algab õlavarreluu mediaalselt põndapealiselt ning kinnitub 2. kämblaluu põhimikule. Koos ümarsisepöörāja (*musculus pronator teres*), pika pihulihase (*musculus palmaris longus*) ja küünarmise randmepainutajaga (*musculus flexor carpi radialis*) painutab vähesel määral küünarvart, koos ruutsisepöörāja (*musculus pronator quadratus*) ja ümarsisepöörājaga (*musculus pronator teres*) proneerib küünarvart koos käega (Roosalu, 2006). Lihase kokkutõmme põhjustab käelaba painet peopesa suunas ja külgedele (Behnke, 2001).

Sõrmedesirutaja (*musculus extensor digitorum*) algab õlavarreluu lateraalselt põndapealiselt, randme läheduses läheb üle neljaks kõõluseks, mis suunduvad 2. – 5. sõrme seljale ning muutuvad seal aponeuroosiks (Roosalu, 2006). Lihase sirutab rannet ja kõigi nelja sõrme liigeseid (Behnke, 2001).

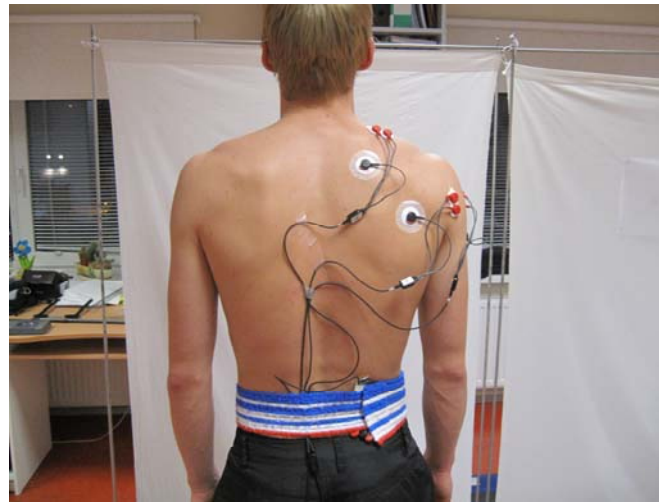
3.3.6. Elektromüograafia

Elektromüograafia (EMG) on tehnika, mida kasutatakse lihaskontraktsiooniga seotud elektripotentsiaalide muutuste registreerimiseks (Burden, 2008).

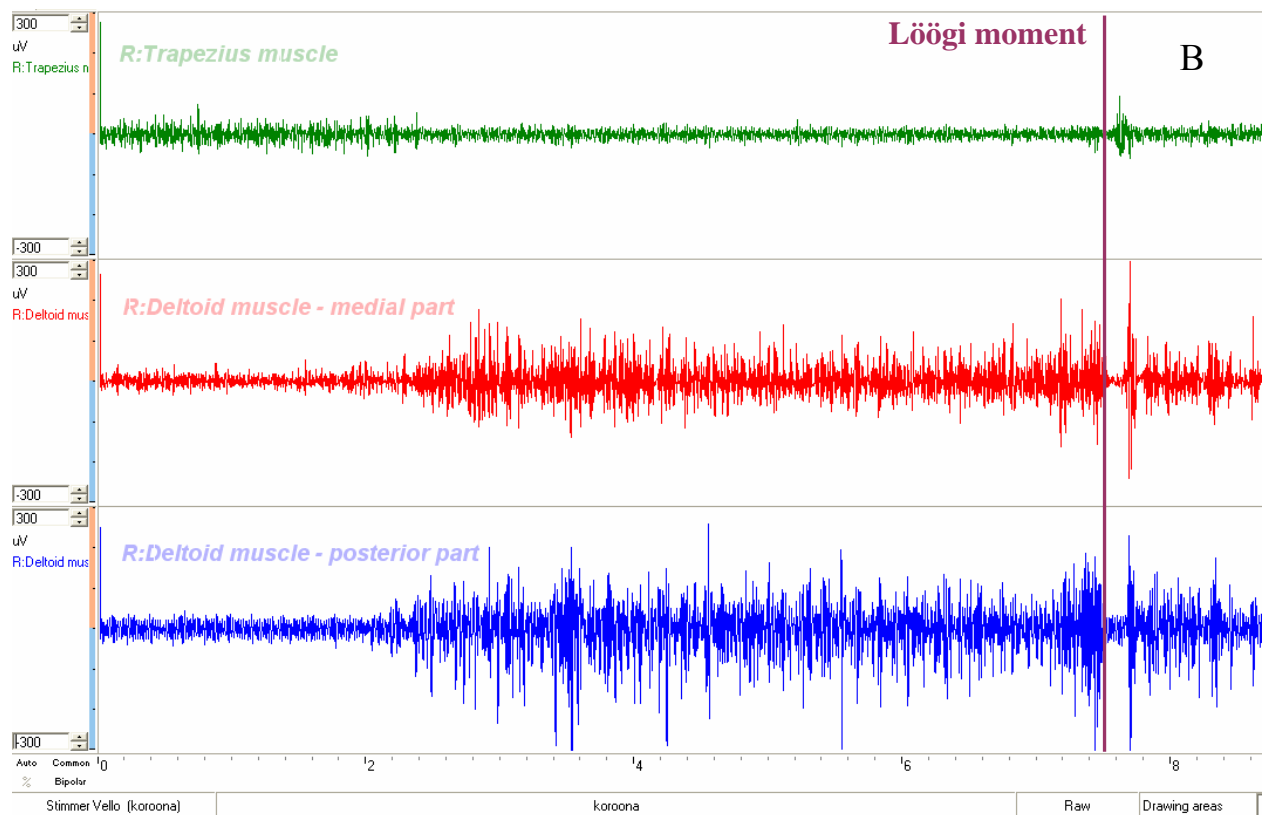
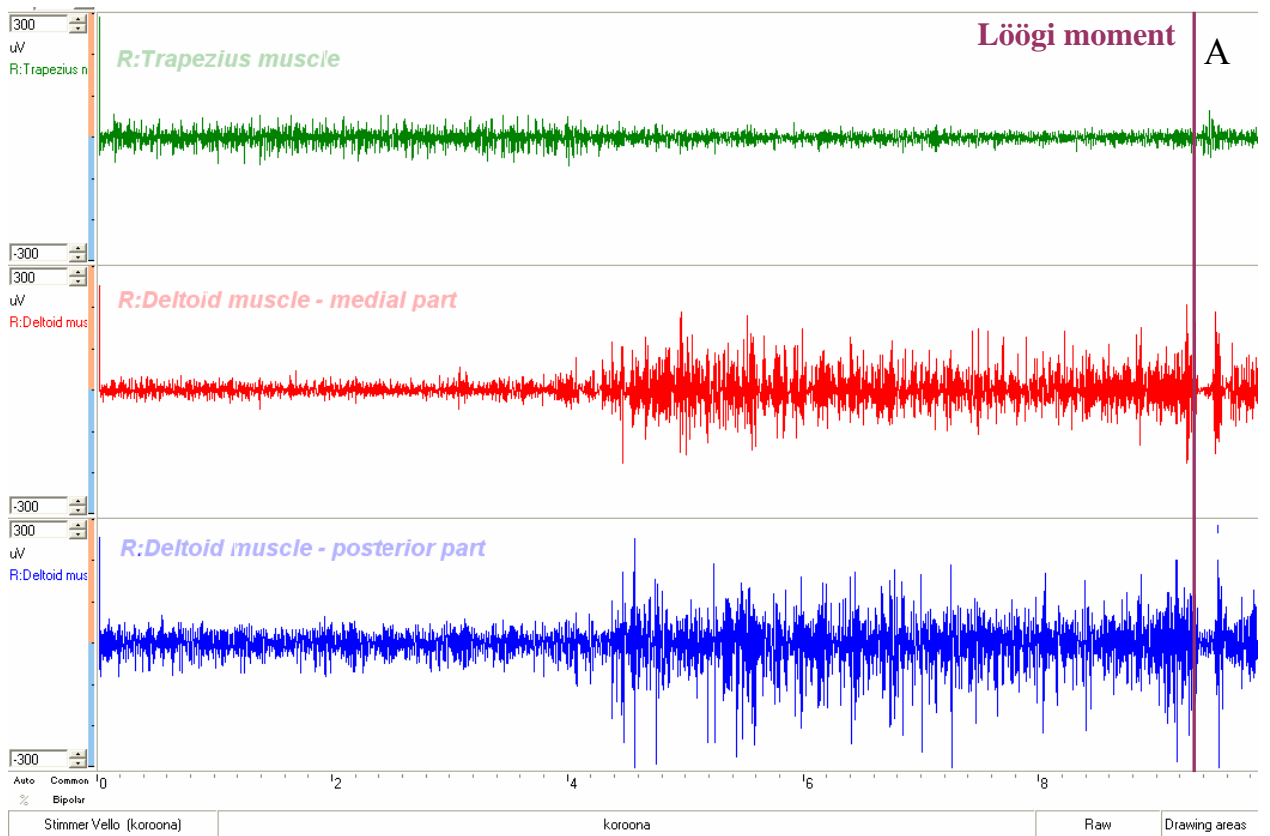
Käesolevas uurimistöös kasutati trapetslihase (*musculus trapezius*) ning deltalihase keskse (*musculus deltoideus mid*) ja tagumise osa (*musculus deltoideus posterior*) bioelektrilise aktiivsuse registreerimiseks elektromüograafi ME6000 (Soome), mis oli ühendatud analoog-digitaalmuunduri kaudu personaalarvutiga. Biopotentsiaalide analüüsil kasutati originaalset programmi (Mega Electronics, Soome), mis võimaldab määrata nii sagedusspektri (ingl. *power spectrum*) näitajad kui ka EMG amplituudväärtused ja integraali.

Seisval uuritava määrati palpeerimise teel trapetslihas ja deltalihas. Nahapind puhastati piiritusega, seejärel asetati nende lihaste kõhule bipolaarsed (*Noraxon Dual Electrodes*) EMG elektrodid. EMG elektrodide paigutus lihastel on esitatud joonisel 13.

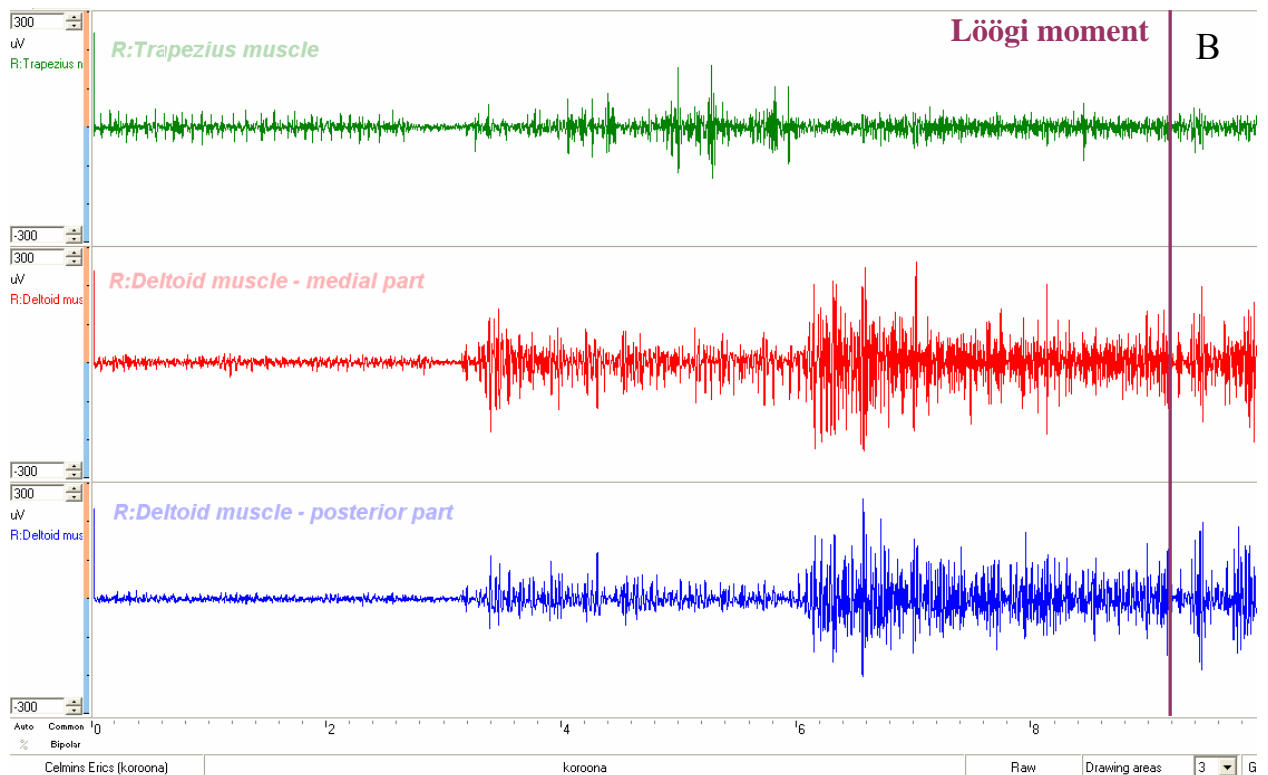
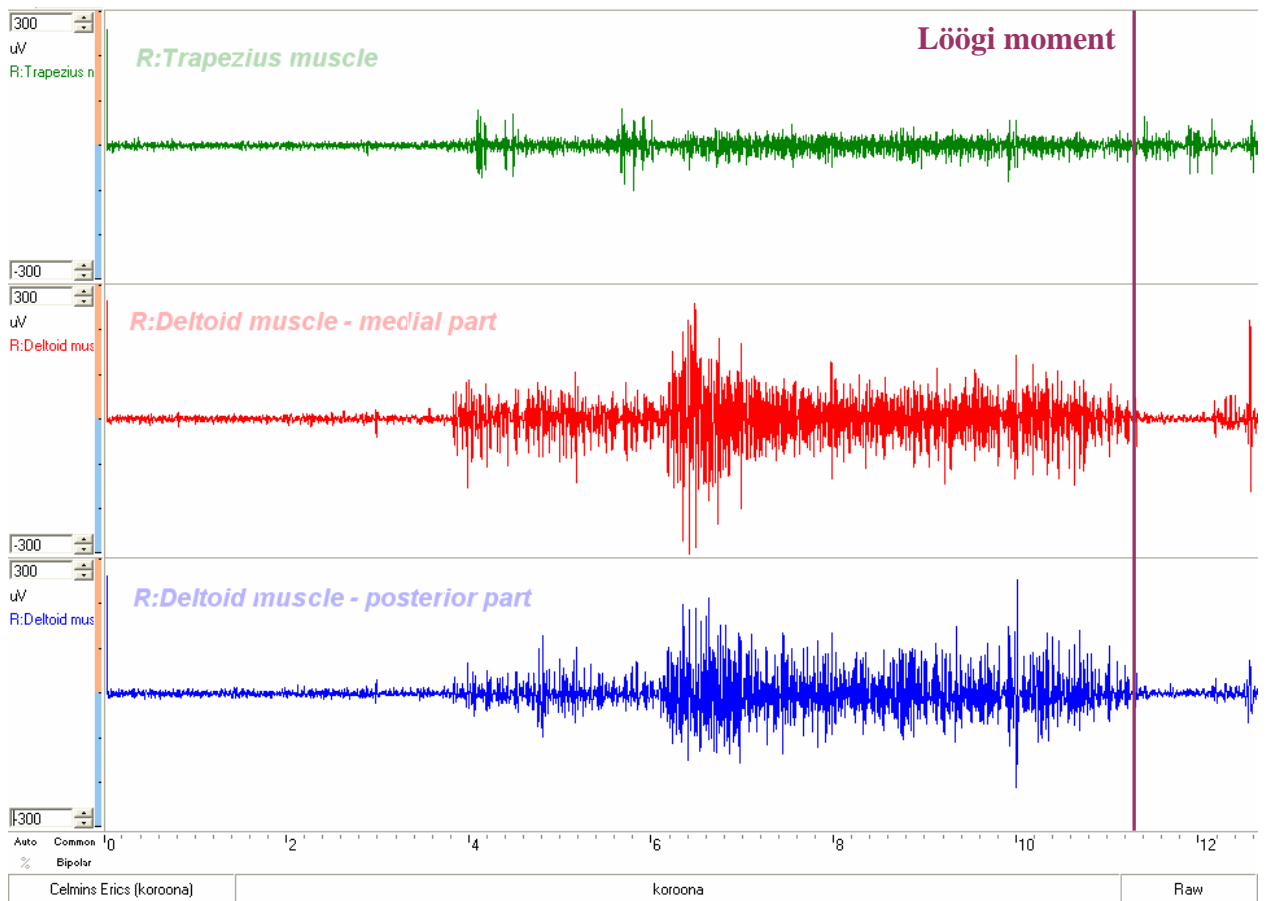
Vaatlusalustel mõõdeti EMG näitajad kolme erineva raskusastmega koroonalöögi sooritamisel, igat löögikategooriat korrati 10 korda. Joonistel 14 ja 15 on näha kahe vaatlusaluse EMG aktiivsus, mis võimaldab visuaalselt hinnata, kuidas olid lihased haaratud töösse ning kus algas ja lõppes löögitsükkel.



Joonis 13. Trapets- ja deltalihase erinevate osade bioelektrilise aktiivsuse registreerimine.



Joonis 14 . Ebaõnnestunud (A) ja õnnestunud (B) esimese positsiooni löögil määratud EMG graafik reaajas madalama tasemega koroonamängijal.



Joonis 15. Ebaõnnestunud (A) ja õnnestunud (B) esimese positsiooni löögil määratud EMG graafik reaajas madalama tasemega koroonamängijal.

3.3.7. Liigutustegevuse biomehaaniline analüüs

Käesoleva uurimustöö jaoks kasutati Itaalia firma BTS Bioengineering' u poolt välja töötatud optilis-elektronilist süsteemi Elite 2005, millega teostati liigutustegevuse 3-mõõtmeline (3-D) kinemaatiline analüüs 4 infrapunakaamera (kaamera sagedus 100 Hz) baasil. Kaamerate soojustundlikkus on seatud kõrgemaks kui inimese kehatemperatuur, et uuritava objekti enda soojuslikud omadused uuringut ei segaks. Uuritava keha sõlmpunktidesse paigutatakse infrapunases alas kiirgavad fluorestseeruvad markerid. Vaatlusaluse liigutused salvestatakse fluorestsentsi kasutades. Mehaanilisest aspektist lähtudes koosneb iga kaamera kolmest erinevast lülist (joonis 16). Esimesed kaks lüli (1, 2) on iseloomulikud ka tavalisele videokaamerale. Kolmas osa on rõngakujuline valgusdiodidest koosnev infrapuna valgusallikas ümber infrapunatundliku objektiivi, mis tagab vaatlusaluse kehal olevate markerite liikumise fikseerimise kaamerate abil.



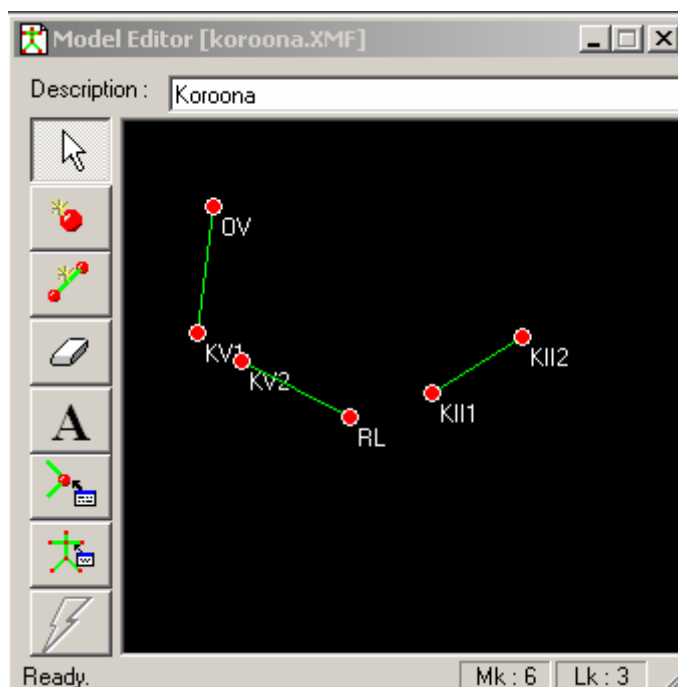
Joonis 16. Infrapunakaamera. CCD tehnoloogial põhinev videokaamera (1), infrapunatundliku suurendusega (zoom) objektiiv (2), rõngakujuline valgusdiodidest koosnev infrapuna valgusallikas ümber infrapunatundliku objektiivi (3).

Koroonalöögi biomehaaniliste karakteristikute määramiseks liigutustegevuse 3-D analüüsil kinnitati markerid vaatlusaluse kiile (2 tk 30 cm vahega), löögikäe õlaliigese frontaalteljele, õlavarre distaalsele otsale, küünarvarre pikitelje proksimaalsele otsale ning randmeliigese frontaalteljele.

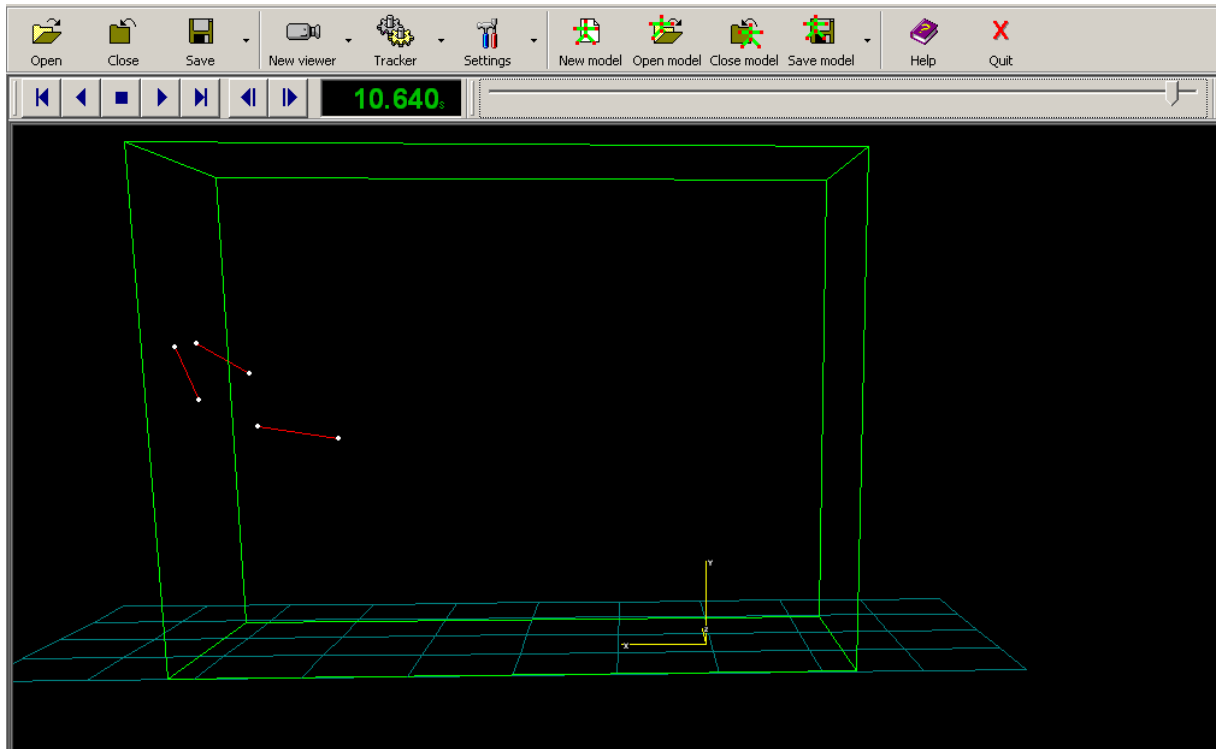


Joonis 17. Markerite asetus vaatlusalusel ja kiil.

Seejärel seisis vaatlusalune määratud kohta koroonalaua juures, algasendiks: jalad õlgade laiuselt harkis, käed kõrval, löögikäes kii, mille peenem ots toetus koroonalauale. Kõik kaamerad olid suunatud vaatlusalusele. Järgnevalt sisestati arvuti vastavasse programmi vaatlusaluse antropomeetrilised näitajad, koostati keha mudel (joonis 18) ning määrati markerite asukohad kolmemõõtmelises ruumis koordinaatidega X; Y ja Z.



Joonis 18. Tarkvara BTS EliteClinic abil koostatud mudel. OV – õlaliigese frontaaltejel asuv marker, KV1 –õlavarre distaalse otsa marker; KV2 – küünarvarre marker, RL – randmel asuv marker, KII1 ja KII2 – kii peal olevad esimene ja teine marker.

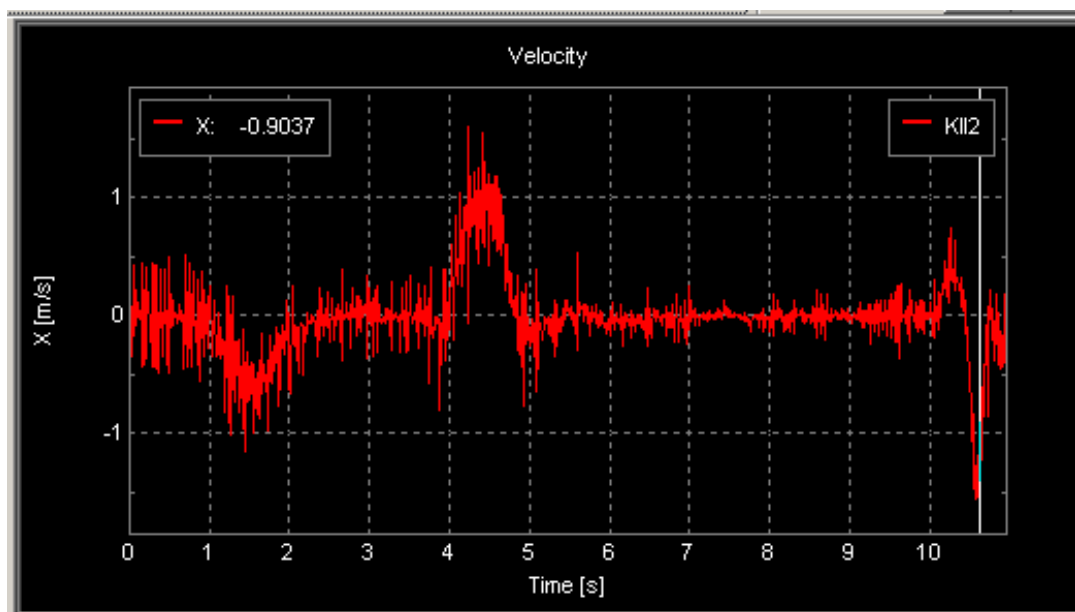
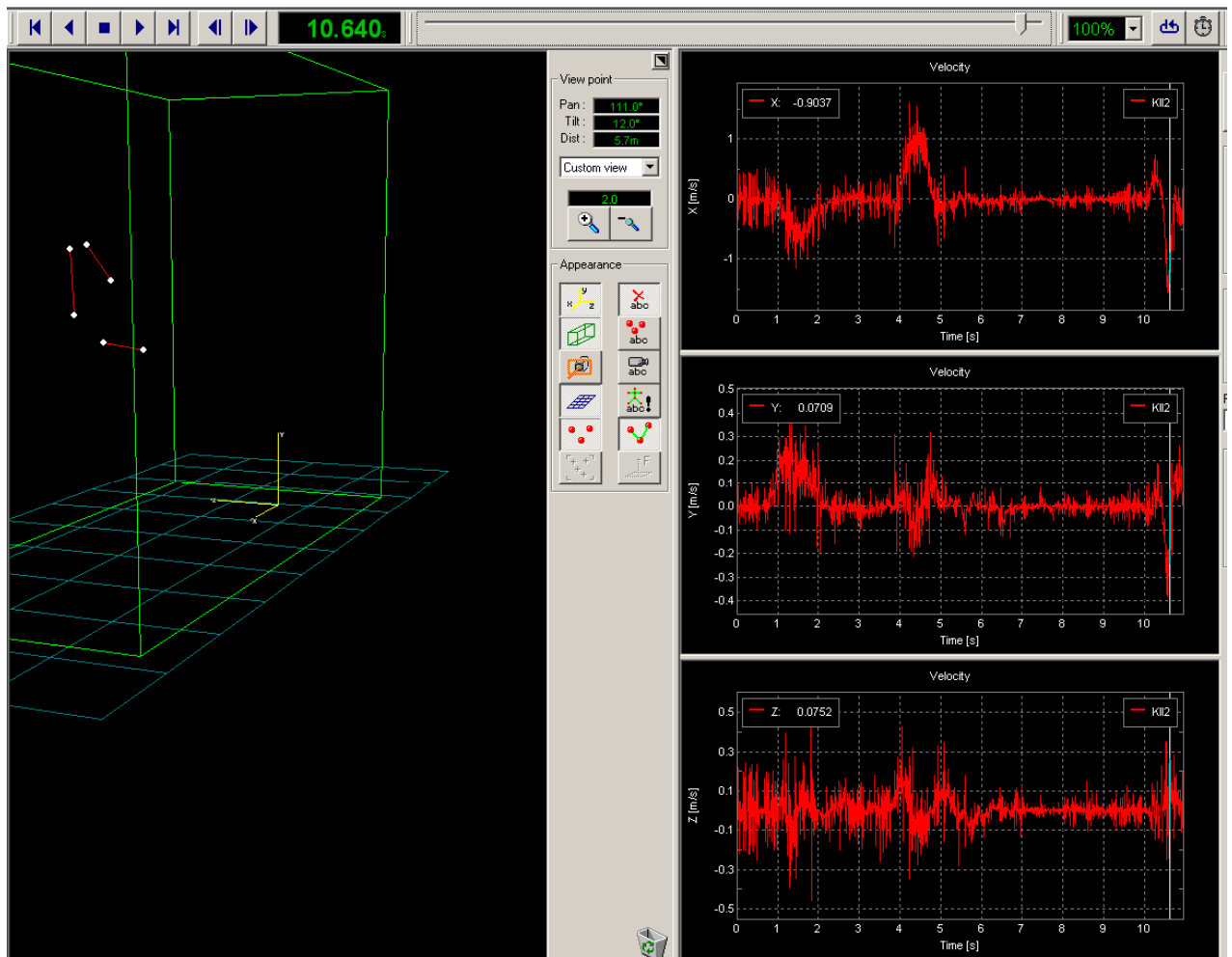


Joonis 19. Löögi sooritamise hetkel nähtuv markerite paigutus.

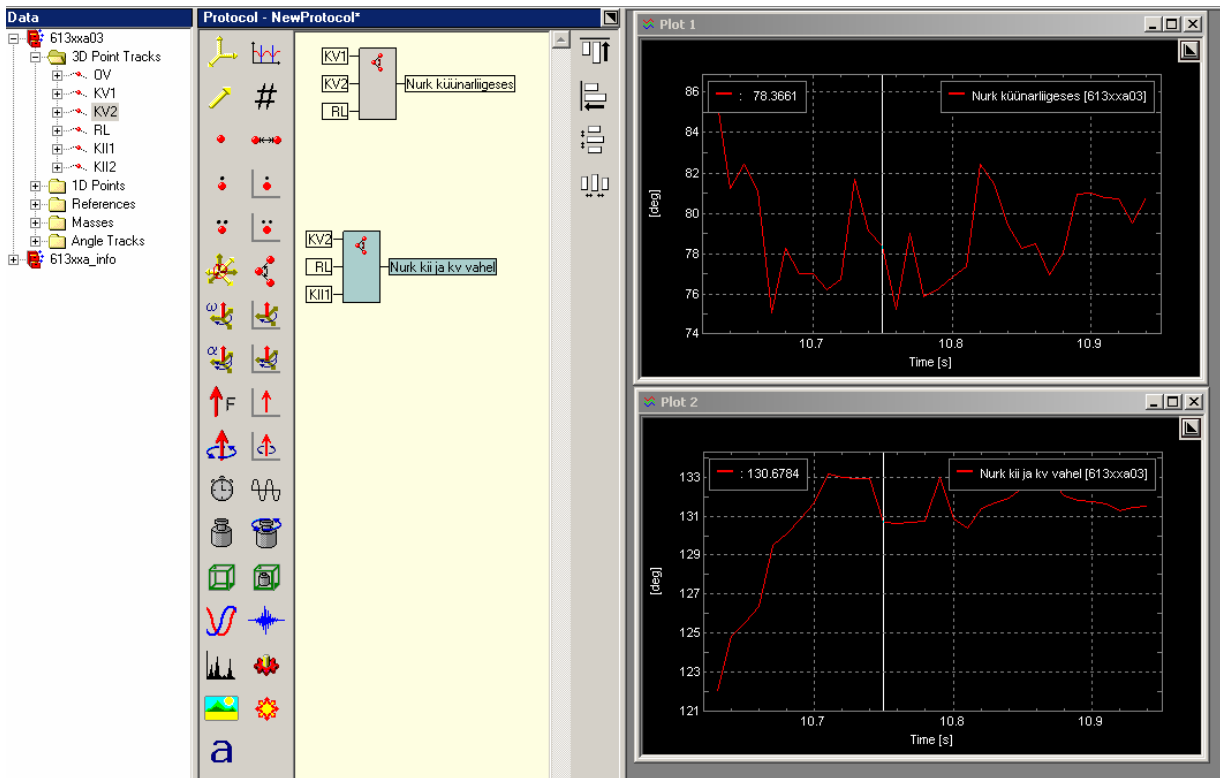
Enne katse läbiviimist kirjeldati vaatlusalusele täpselt, millist lööki ja kuidas ta peab sooritama. Seejärel sooritas vaatlusalune peale märguannet koroonalöögi. Pärast lööki võttis vaatlusalune uuesti algasendi ja jäi ootama märguannet järgmises löögiks.

Käesolevas uuringus analüüsiti löögikäe ja kii kinemaatilisi näitajaid löögihetkel. Markerite abil oli võimalik jälgida löögikäe ja kii liikumise trajektoori ning hinnata nende asendit ja nihet ruumis, kiirust ja kiirendust. Personaalarvutis registreeriti markerite abil Elite 2002 infrapunakaamerate poolt liikumine kolmel teljel (Y – vertikaaltelg; X – sagitaaltelg; Z – frontaaltelg):

1. Z - teljel löögikäe frontaalsuunaline liikumine;
2. Y – teljel löögikäe vertikaalsuunaline liikumine;
3. X – teljel löögikäe sagitaalsuunaline liikumine.



Joonis 20. Kii kiiruse muutumist tähistavad graafikud sagitaal- (X), vertikaal- (Y) ja frontaal- (Z) suunas. Valge joon graafikul tähistab löögi hetke ning vastav tulemus graafiku vasakus ülemises nurgas vastavat kiirust V (m/s).



Joonis 21. Algoritmikeeles *Smart Analyzer* kirjutatud programm ja vastavate nurkade graafikud. Valge joon graafikul tähistab löögi hetke.

Kii 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 kii mass ja V on kii liikumise kiirus ruumis löögikettaga kohtumise hetkel.

Löögi sooritamisel leiti lisaks kii kiiruse ja löögienergia näitajatele ka nurk küünarliigeses ja nurk küünarvarre ning kii vahel löögi toimumise hetkel. Selleks 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).

3.3.8. Löökide resultatiivsus ja sihtimisele kulutatud aeg

Testimine toimus rahvusvahelise korooni (novuse) laual (mängupind 100 X 100 cm, augu läbimõõt 100 mm, mängupinna kõrgus 73 cm). Löökide sooritamiseks kasutasid vaatlusalused isiklikku kiid, millel mõõdeti pikkus antropomeetriga 1 mm täpsusega ja mass kaaluga *Aurum AKS 101* 1 g täpsusega. Löögiketta mass mõõdeti digitaalse kaaluga *Pro Grade APTP 453* täpsusega 0.01 g.

Vaatlusalustele tehti ülesandeks sooritada võimalikult resultatiivselt kolmest varem kindlaksmääratud positsioonist kümnest löögist koosnev seeria. Positsioonid olid järgmised:

1. Nupp mängija vastaspoolse poorditsooni keskjoonel, tihedalt vastu poordi. Löögiketas poorditsooni võimalikult ülemises paremas nurgas.
2. Nupp mängija vastaspoolses poorditsoonis, nupu mängijapoolse külje ja poorditsooni joone puutepunkt poorditsooni keskjoonest 10 cm vasakul. Löögiketas poorditsooni võimalikult ülemises paremas nurgas.
3. Suluseib tihedalt vastu mängijapoolset poordi, nupu vasakul küljel on üks puutepunkt vasakpoolse poorditsooni joonega. Löögiketta asetus vaba, kuid löök tuleb sooritada löögiketta pörkega kohas, kus laua telgjoon ristub poordiga.

Iga löögi järel registreeriti selle resultatiivsus (1 – õnnestunud löök, nupp augus; 0 – ebaõnnestunud löök). Seeriade sooritamise ajal mõõdeti löögi sooritamisel sihtimiseks kulunud aeg – aeg käe ja kii asetamisest poordile kuni kiiga löögiketta tabamiseni. Aega mõõdeti stopperiga 0,1 sekundilise täpsusega.

3.3.9. Tulemuste statistiline töötlus

Uuringu tulemusel saadud andmete analüüsimisel kasutati andmetöötlusprogrammi MS Excel 2003 ja Statistica 10. Kõikide saadud andmete osas määrati aritmeetiline keskmine (\bar{X}), standardhälve (SD) ja standardviga (SE). Aritmeetiliste keskmiste erinevuse olulisuse hindamiseks kasutati Student'i t-kriteeriumi, seejuures loeti olulisuse nivooks $p < 0,05$. Arvuliste tunnuste vahelised seosed määrati Pearsoni lineaarsete korrelatsioonikordajate alusel.

4. TÖÖ TULEMUSED

Uuringu käigus vaatlusalustel mõõdetud randme liikuvuse, käepigistusjõu ning käe ja silma koordinaatsiooni näitajates puudus kahe grupi vaheline statistiliselt oluline erinevus. Ka puudusid olulised erinevused vaatlusaluste uuritavate lihastoonuse ja -elastsuse näitajaid vabas ja löögiasendis.

Löökide sooritamisel kasutasid mängijad isiklikku kiid, ja vabal valikul, kas isiklikku või uuringu korraldaja löögiketast (tabel 5). Kõrgema tasemega mängijad kasutasid pikemaid kiisid ($p < 0,05$). Kahe grupi kiide ja löögiketaste masside vahel puudus statistiliselt oluline erinevus.

Tabel 5. Löökide sooritamiseks kasutatud kiide pikkus (m) ja mass (kg) ning löögiketaste mass (g). ($\bar{X} \pm SE$).

* $p < 0,05$ Kõrgema tasemega mängijate kiide pikkus võrdluses madalama tasemega mängijate kii pikkusega.

| | Kii pikkus | Kii mass | Löögiketta mass |
|----------------------------|-------------------|-----------------|------------------|
| Kõrgema tasemega mängijad | 1,37 \pm 0,03 * | 0,26 \pm 0,04 | 21,42 \pm 0,15 |
| Madalama tasemega mängijad | 1,24 \pm 0,005 | 0,26 \pm 0,02 | 21,41 \pm 0,03 |

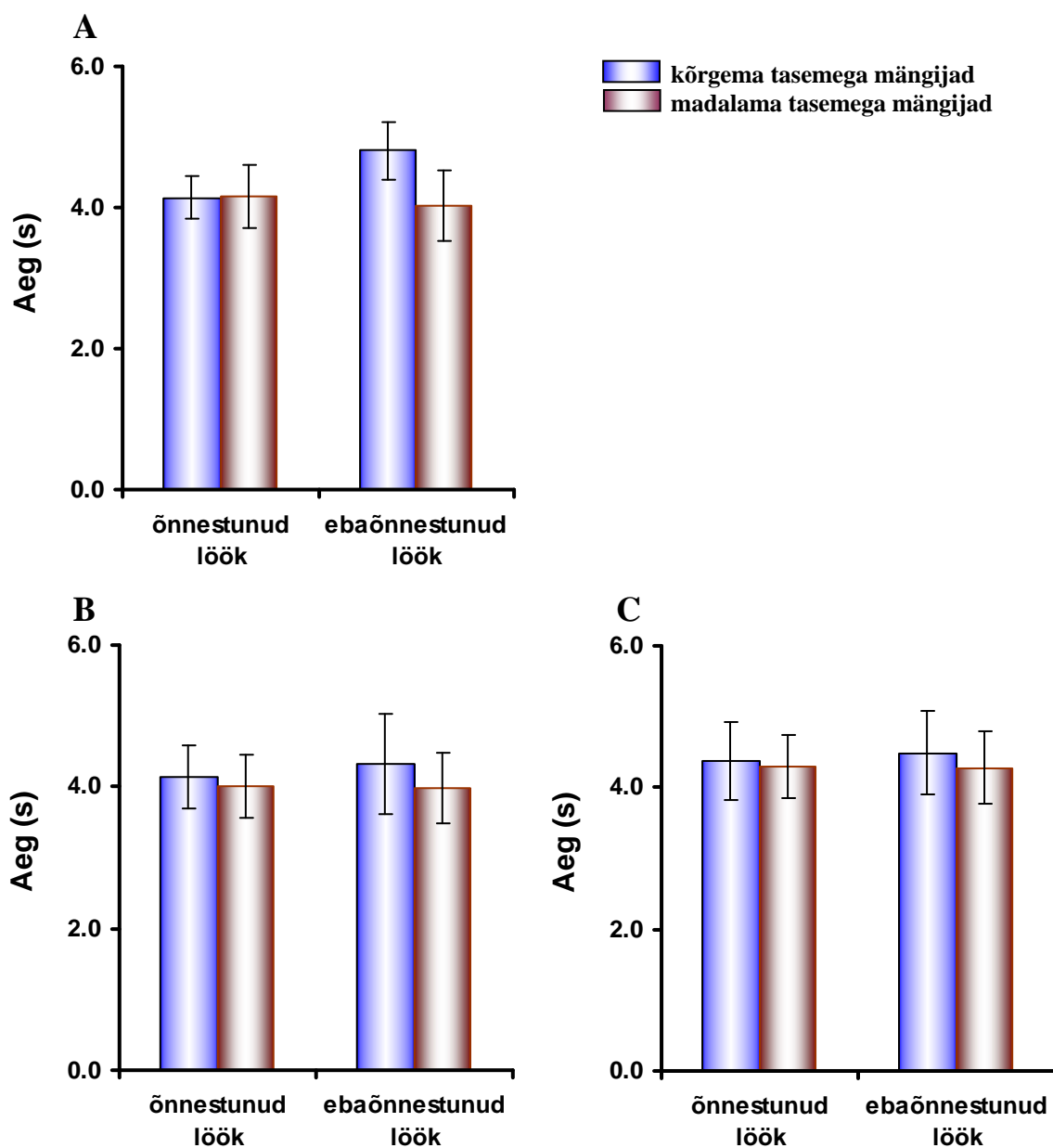
Kõrgema tasemega mängijad sooritasid tunduvalt enam õnnestunud karistus- ($p < 0,05$), riivamislööke ($p < 0,05$) ja suluseibi löömisi võrreldes madalama tasemega mängijatega (tabel 6). Mõlema grupi jaoks osutus kergeimaks riivamislöök, raskeimaks karistuslöök.

Tabel 6. Kolme erineva raskusastme õnnestunult sooritatud löökide protsentuaalne osakaal (%) kõrgema ja madalama tasemega mängijatel. ($\bar{X} \pm SE$).

* $p < 0,05$ Kõrgema tasemega mängijate tulemus võrdluses madalama tasemega mängijate tulemusega.

| | Karistuslöök | Riivamislöök | Suluseibi löömine |
|----------------------------|--------------------|--------------------|-------------------|
| Kõrgema tasemega mängijad | 61,11 \pm 4,55 * | 90,00 \pm 4,08 * | 65,56 \pm 8,52 |
| Madalama tasemega mängijad | 42,00 \pm 5,73 | 75,00 \pm 5,43 | 45,56 \pm 5,80 |

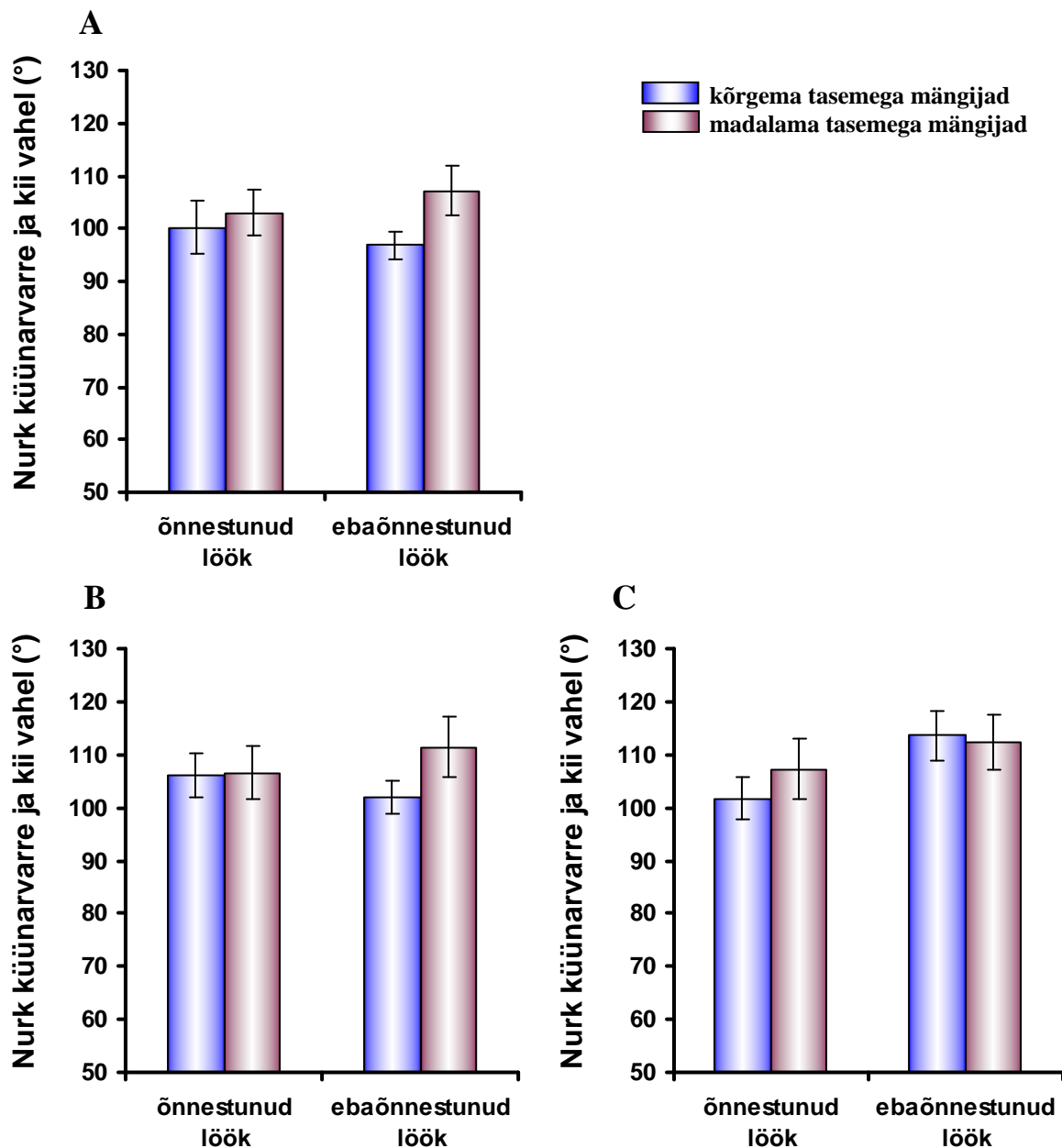
Löögi sooritamiseks kulunud ajas kõrgema ja madalama tasemega mängijate ning õnnestunud ja ebaõnnestunud löökide vahel statistiliselt olulist erinevust ei leitud (joonis 22).



Joonis 22. Löögi sooritamiseks kulunud aeg õnnestunud ja ebaõnnestunud löögil. A – karistuslöögil; B – riivamislöögil; C – suluseibi löömisel vastaspoordi pörkest. ($\bar{X} \pm SE$).

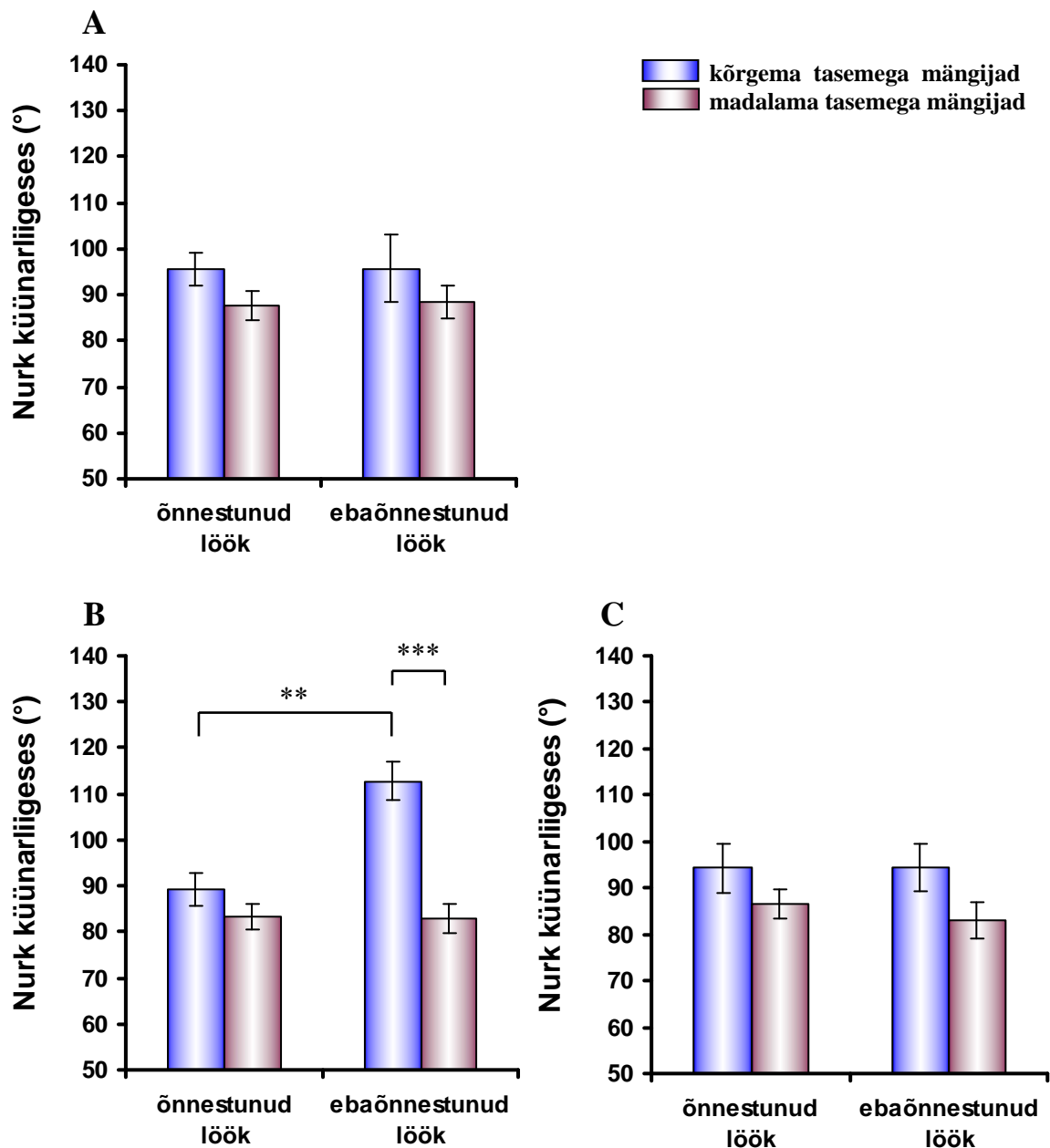
4.1. Liigutustegevuse biomehaaniline analüüs

Liigutustegevuse biomehaanilise analüüsi käigus mõõdetud kii ja küünarvarre vahelise nurga väärtustes statistiliselt olulist erinevust õnnestunud ja ebaõnnestunud löökide ning kõrgema ja madalama tasemega mängijate võrdluses ei leitud (joonis 23).



Joonis 23. Nurk küünarvarre ja kii vahel löögihetkel õnnestunud ja ebaõnnestunud löögil. A – karistuslöögil; B – riivamislöögil; C – suluseibi löömisel vastaspoordi pörkest. ($\bar{X} \pm SE$).

Joonisel 24 võib näha, et riivamislööki sooritades oli õnnestunud löögi ajal kõrgema tasemega mängijatel nurk küünarliigeses tunduvalt väiksem kui ebaõnnestumisel ($p < 0,01$). Ebaõnnestunud riivamislöögi ajal oli nurk küünarliigeses kõrgema tasemega mängijatel tunduvalt suurem kui madalama tasemega mängijatel ($p < 0,001$).

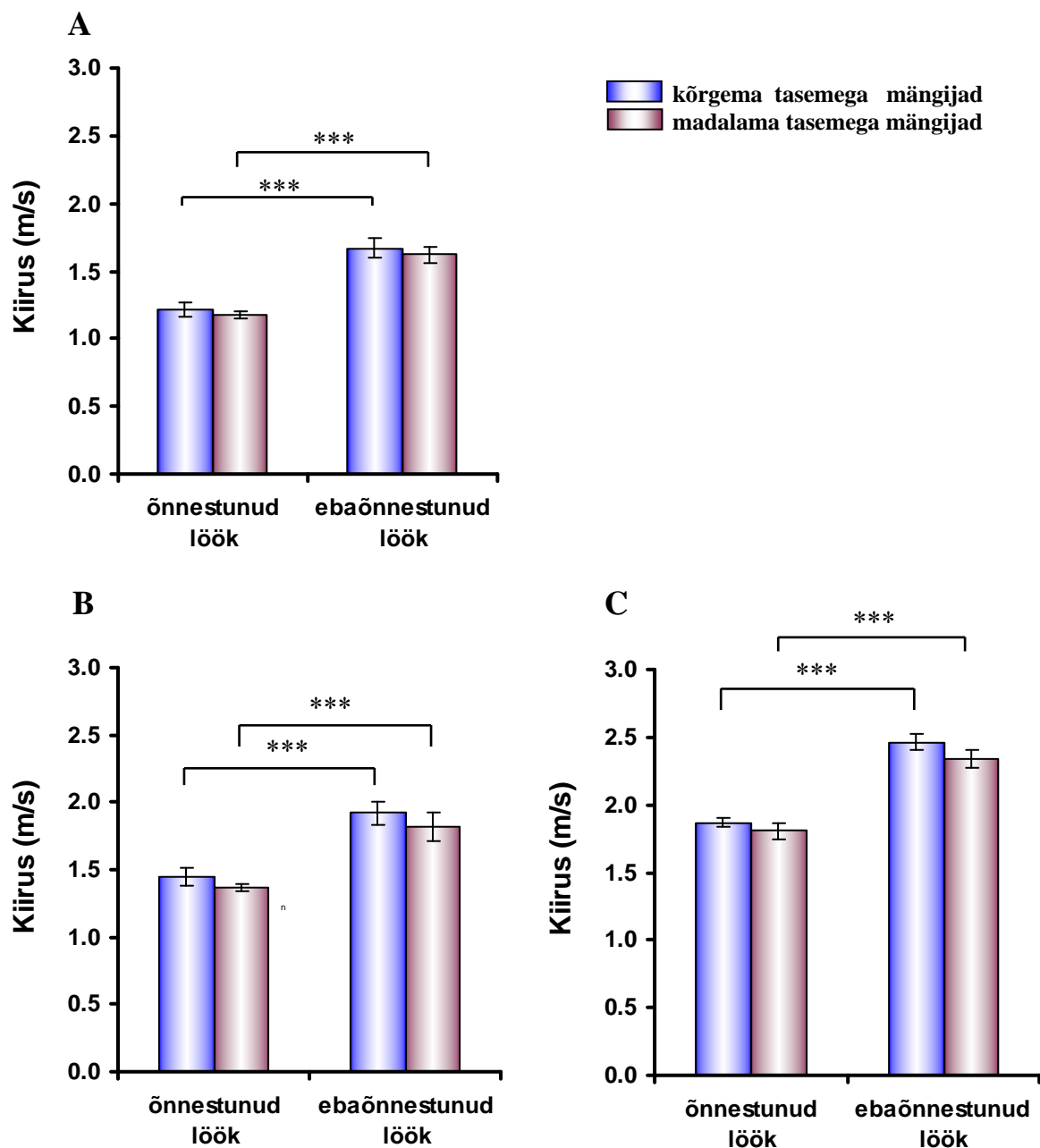


Joonis 24. Nurk küünarliigeses löögihetkel õnnestunud ja ebaõnnestunud löögil. A – karistuslöögil; B – riivamislöögil; C – suluseibi löömisel vastaspoordi pörkest. ($\bar{X} \pm SE$).

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

Kii liikumiskiiruse erinevustest õnnestunud ja ebaõnnestunud löökide puhul annab ülevaate joonis 25. Kii kiirus kõigi kolme erineva raskusastmega löögi sooritamisel oli mõlemal vaatlusaluste grupil ebaõnnestunud löökide puhul märgatavalt suurem kui õnnestunud löökidel ($p < 0,001$). Oluline erinevus kõrgema ja madalama tasemega mängijate vahel puudus. Kõrgema kvalifikatsiooniga mängijate löögikiirus oli ebaõnnestunud karistuslöökidel 37 %, riivamislöökidel 27 % ja suluseibi löömistel 32 % võrra suurem õnnestunud soorituste löögikiirusest. Madalama kvalifikatsiooniga mängijate löögikiirus oli

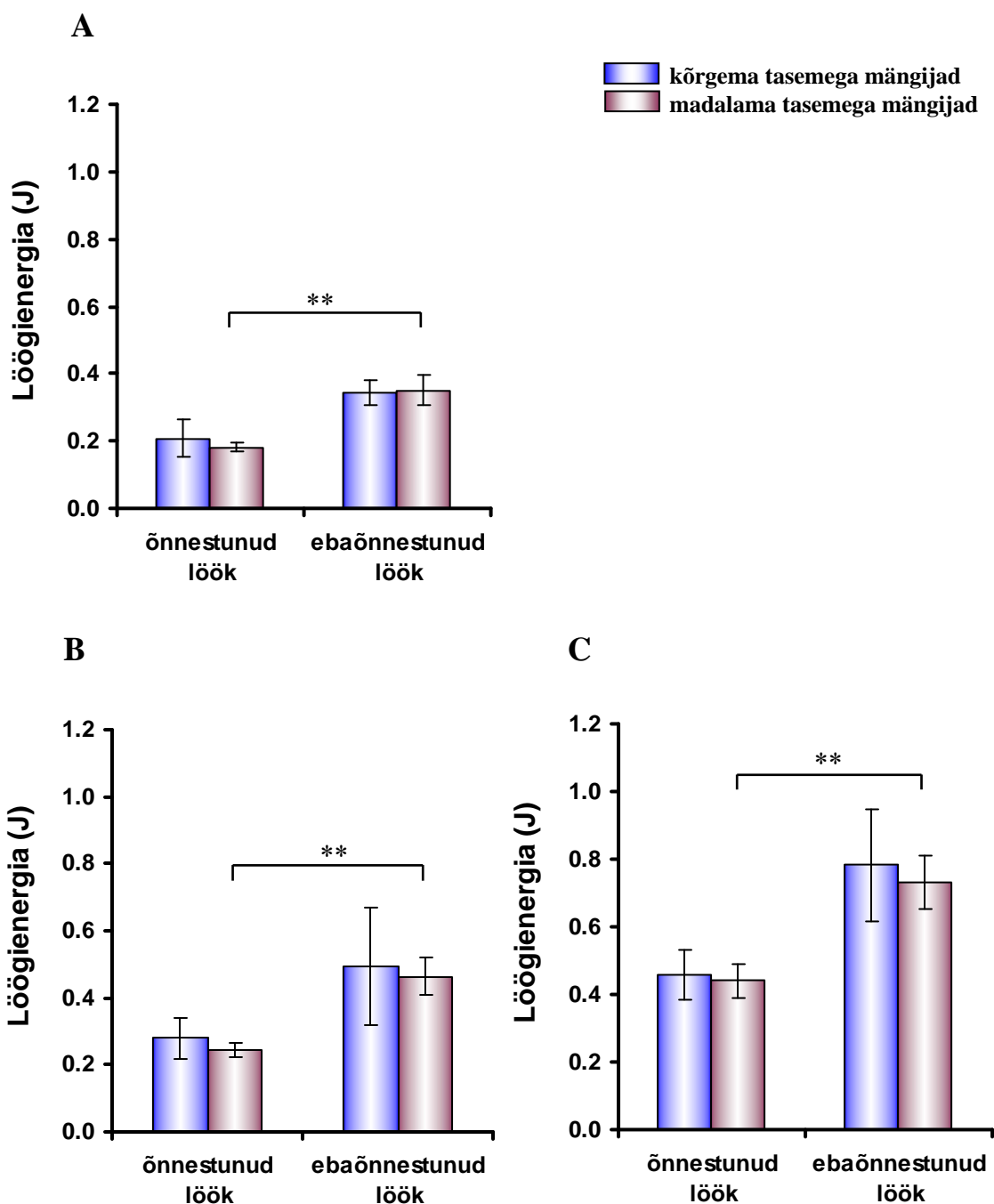
ebaõnnestunud karistuslöökidel 37 %, riivamislöökidel 33 % ja suluseibi löömistel 29 % võrra suurem õnnestunud soorituste löögikiirusest.



Joonis 25. Kii kiirus löögihetkel õnnestunud ja ebaõnnestunud löögil. A – karistuslöögil; B – riivamislöögil; C – suluseibi löömisel vastaspoordi põrkest. ($\bar{X} \pm SE$). *** $p < 0,001$.

Võrreldes kõrgema ja madalama kvalifikatsiooniga koroonasportlaste löögienergiat (joonis 26) selgus, et kõrgema tasemega grupi löögienergia näitajad õnnestunud löökidel olid 17 % karistuslöögi, 12 % riivamislöögi ja 5 % suluseibi löömisel suuremad kui madalama tasemega grupil. Kuid statistiliselt oluline erinevus kõrgema ja madalama tasemega mängijate löögienergia vahel puudus.

Kõrgema tasemega mängijate löögienergia näitajates õnnestunud ja ebaõnnestunud löökide vahel statistiliselt olulist erinevust ei leitud. Kuid ebaõnnestunud löökide löögienergia oli tugevamal grupil karistuslöögi puhul 62 %, riivamislöögi puhul 75 % ja suluseibi löömisel 70% suurem kui vastavate löökide õnnestumisel. Madalama tasemega mängijate ebaõnnestunud löögid oli sooritatud tunduvalt suurema löögienergiaga kui õnnestunud löögid ($p < 0,01$). Löögienergia nõrgema grupi ebaõnnestunud löögil oli karistuslöögi puhul 94 %, riivamislöögi puhul 84 % ja suluseibi löömisel 66% suurem kui vastavate löökide õnnestumisel.



Joonis 26. Löögienergia õnnestunud ja ebaõnnestunud löögil. A – karistuslöögil; B – riivamislöögil; C – suluseibi löömisel vastaspoordi pörkest. ** $p < 0,01$

4.2. Elektromüograafia

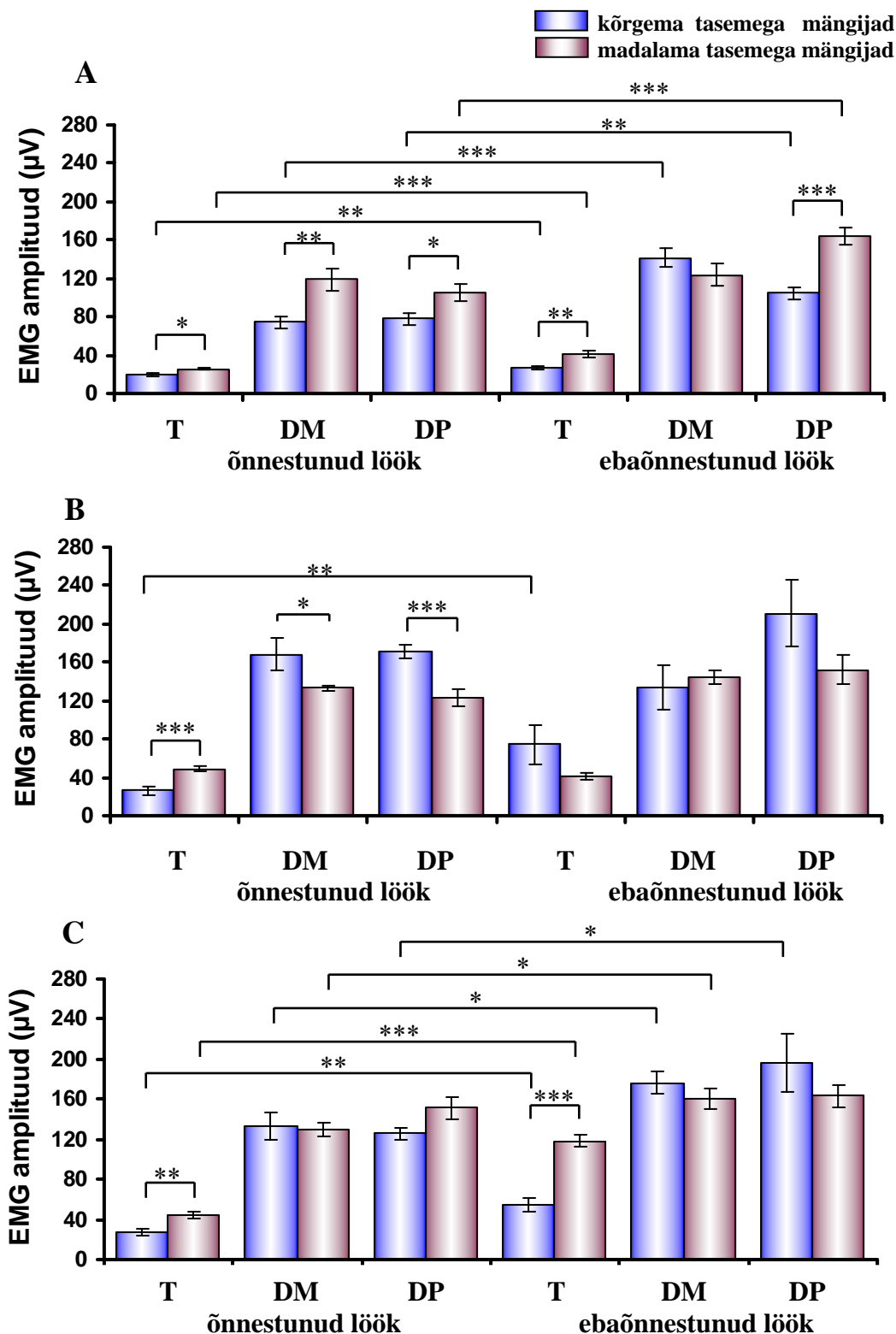
4.2.1. Elektromüogrammi amplituud

EMG amplituudi erinevustest õnnestunud ja ebaõnnestunud löökide korral ning kõrgema ja madalama tasemega mängijate vahel annab ülevaate joonis 27. Karistuslöögi õnnestunud sooritamisel olid kõrgema tasemega mängijate trapetslihase ($p<0,05$), deltalihase keskse osa ($p<0,01$) ja deltalihase tagumise osa ($p<0,05$) EMG amplituudi näitajad väiksemad kui madalama tasemega mängijatel. Madalama kvalifikatsiooniga mängijate EMG amplituudi väärtused ületasid kõrgema kvalifikatsiooniga mängijate väärtusi 34% võrra trapetslihasel, 61% võrra deltalihase kesksel osal ning 61% võrra deltalihase tagumisel osal. Veelgi märgatavam vahe registreeriti ebaõnnestunud löökide sooritamisel trapetslihasel ($p<0,01$) ja deltalihase tagumisel osal ($p<0,001$). Statistiliselt oluline erinevus ilmnes kõrgema tasemega mängijate õnnestunud ja ebaõnnestunud löökide vahel trapetslihase ($p<0,01$), deltalihase keskse ($p<0,001$) ja tagumise osa ($p<0,001$) EMG amplituudi väärtustes – kõigi kolme lihase näitajad olid õnnestunud löögi puhul märgatavalt väiksemad. Kõrgema kvalifikatsiooniga mängijatel ebaõnnestunud löögi sooritamisel registreeritud EMG amplituudi väärtused olid trapetslihasel 40%, deltalihase kesksel osal 91% ja deltalihase tagumisel osal 34% võrra suuremad kui õnnestunud löökidel. Sarnased erinevused amplituudi väärtustes ilmnemid ka madalama tasemega mängijate õnnestunud ja ebaõnnestunud löökide võrdlusel trapetslihasel ($p<0,001$) ja deltalihase tagumisel osal ($p<0,001$) – ebaõnnestunud löökidel mõõdetud näitajad olid trapetslihasel 16% ja deltalihase tagumisel osal 56% võrra suuremad kui õnnestunud löökidel.

Riivamislöögi õnnestunud soorituse korral oli kõrgema tasemega mängijate trapetslihase EMG amplituud tunduvalt väiksem (19%; $p<0,001$), deltalihase keskse ja tagumise osa amplituud aga suurem (vastavalt 27%; $p<0,05$ ja 39%; $p<0,001$) kui madalama tasemega mängijatel. Oluline erinevus leiti ka kõrgema tasemega mängijate trapetslihase amplituudi väärtustes õnnestunud ja ebaõnnestunud löökidel ($p<0,01$) – löögi ebaõnnestunud sooritusel oli see 188% võrra suurem.

Suluseibi vastaspoordi pörkest löömisel ilmnemid, et nii õnnestunud kui ebaõnnestunud löögi korral on madalama tasemega mängijatel trapetslihasel mõõdetud EMG amplituudi väärtused suuremad kui kõrgema tasemega mängijatel (vastavalt 60%; $p<0,01$ ja 115%; $p<0,001$). Amplituudi suurem ulatus oli täheldatav ka ebaõnnestunud löökidel võrreldes õnnestunud löökidega kõrgema tasemega mängijatel trapetslihasel (97%; $p<0,01$), deltalihase

kesksel (32%; $p < 0,05$) ja tagumisel osal (56%; $p < 0,05$) ning madalama tasemega mängijatel trapetslihasel (166%; $p < 0,001$) ja deltalihasel kesksel osal (24%; $p < 0,05$).



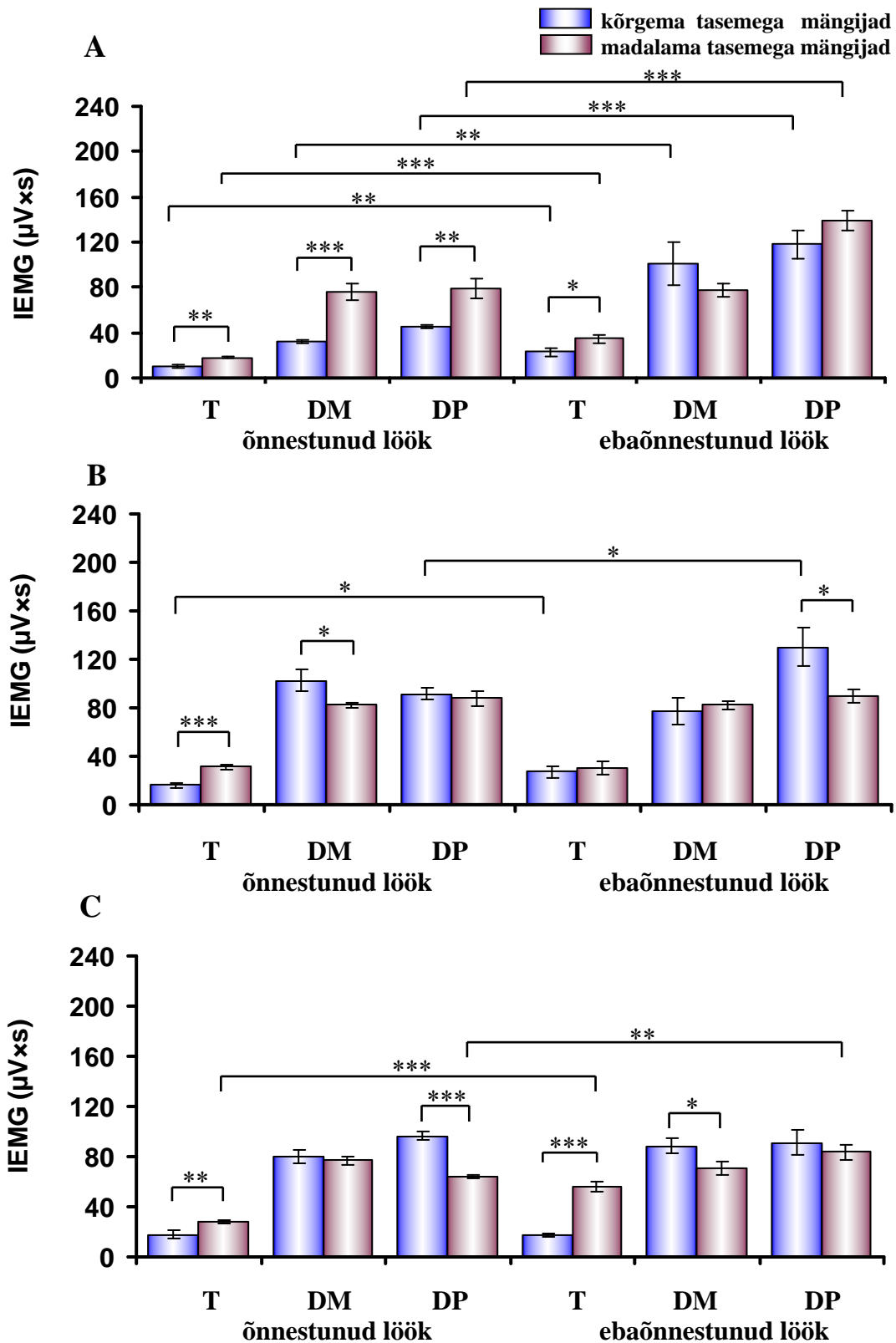
Joonis 27. Kolme lihase elektromüogrammi amplituudi väärtused õnnestunud ja ebaõnnestunud löögil. A – karistuslöögil; B – riivamislöögil; C – suluseibi löömisel vastaspoordi pörkest. T – trapetslihas, DM – deltalihasel kesksel osal, DP – deltalihasel tagumisel osal. ($\bar{X} \pm SE$). * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$.

4.2.2. Integreeritud elektromüogramm

Integreeritud EMG (IEMG) väärtuste erinevustest õnnestunud ja ebaõnnestunud löökide korral ning kõrgema ja madalama tasemega mängijate vahel annab ülevaate joonis 28. Karistuslöögi õnnestunud sooritamisel olid madalama tasemega mängijate trapetslihase ($p<0,01$), deltalihase keskse osa ($p<0,001$) ja deltalihase tagumise osa ($p<0,01$) IEMG näitajad suuremad kui kõrgema tasemega mängijatel (vastavalt 70%, 135% ja 74% võrra). Ka oli madalama tasemega mängijatel ebaõnnestunud löögi korral trapetslihase IEMG näitaja 51% võrra suurem kui kõrgema tasemega mängijatel ($p<0,05$). Statistiliselt oluline erinevus ilmnas kõrgema tasemega mängijate õnnestunud ja ebaõnnestunud löökide vahel trapetslihase ($p<0,01$), deltalihase keskse ($p<0,01$) ja tagumise osa ($p<0,001$) IEMG väärtustes – kõigi kolme lihase näitajad olid ebaõnnestunud löögi puhul suuremad (vastavalt 115%, 214% ja 160% võrra). Sarnased erinevused IEMG väärtustes ilmnasid ka madalama tasemega mängijatel. Ebaõnnestunud löökidel registreeriti trapetslihasel 91% võrra suurem näitaja ($p<0,001$) ja deltalihase tagumisel osal 77% võrra suurem väärtus ($p<0,001$) kui õnnestunud löögil.

Riivamislöögi õnnestunud soorituse korral oli madalama tasemega mängijate trapetslihase IEMG väärtus 98% võrra suurem ($p<0,001$), deltalihase keskse osa IEMG väärtus aga väiksem ($p<0,05$) kui kõrgema tasemega mängijatel. Ebaõnnestunud löökide korral oli deltalihase tagumise osa IEMG väärtus kõrgema tasemega mängijatel 44% suurem kui madalama tasemega mängijatel ($p<0,05$). Oluline erinevus leiti ka kõrgema tasemega mängijate trapetslihase ja deltalihase tagumise osa IEMG väärtustes õnnestunud ja ebaõnnestunud löökidel – löögi mitteedukal sooritusel oli see vastavalt 71% ja 42% suurem ($p<0,05$).

Suluseibi vastaspoordi pörkest löömisel ilmnas, et nii õnnestunud kui ebaõnnestunud löögi korral on madalama tasemega mängijatel trapetslihasel mõõdetud IEMG väärtused suuremad kui kõrgema tasemega mängijatel (vastavalt 56%; $p<0,01$ ja 216%; $p<0,001$). Õnnestunud löögil mõõdeti kõrgema kvalifikatsiooniga mängijatel deltalihase tagumisel osal 49% ja ebaõnnestunud löögil deltalihase kesksel osal 14% võrra suurem IEMG väärtus kui madalama kvalifikatsiooniga mängijatel (vastavalt $p<0,001$ ja $p<0,05$). IEMG suurem väärtus oli täheldatav madalama tasemega mängijate ebaõnnestunud löökidel võrdluses õnnestunud löökidega trapetslihasel (26%; $p<0,001$) ja deltalihase tagumisel osal (30%; $p<0,01$).



Joonis 28. Kolme lihase integreeritud elektromüogrammi (IEMG) väärtused õnnestunud ja ebaõnnestunud löögil. A – karistuslöögil; B – riivamislöögil; C – suluseibi löömisel vastaspoordi pörkest. T – trapetslihas, DM – deltalihas keskne osa, DP – deltalihas tagumine osa. ($\bar{X} \pm SE$).

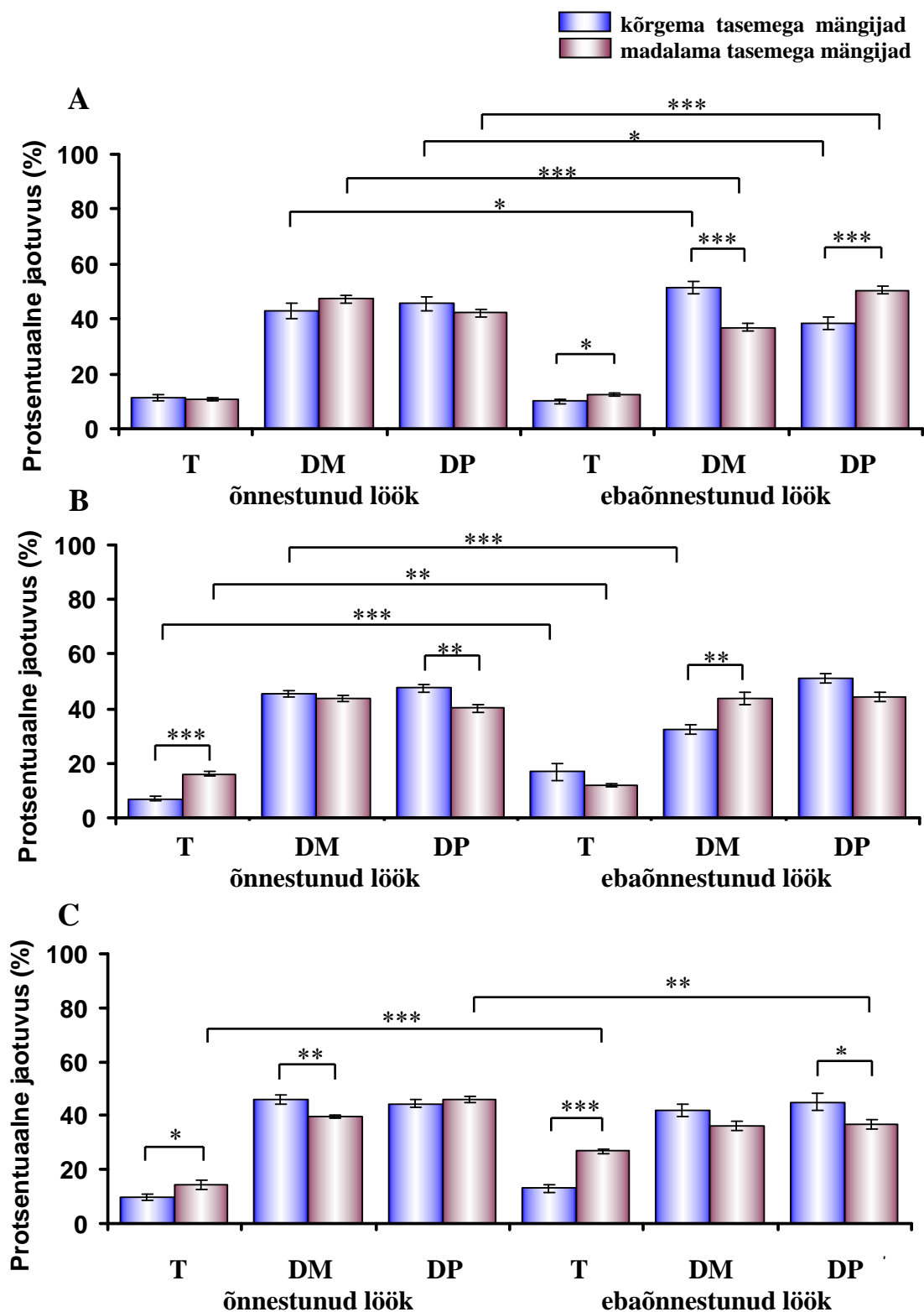
* $p < 0,05$, ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$.

4.2.3. Lihaste aktiivsuse protsentuaalne jaotuvus

Lihaste aktiivsuse protsentuaalse jaotuvuse erinevustest õnnestunud ja ebaõnnestunud löökide korral ning kõrgema ja madalama tasemega mängijate vahel annab ülevaate joonis 29. Karistuslöögi õnnestunud sooritamisel statistiliselt olulist erinevust kõrgema ja madalama tasemega mängijate lihaste aktiivsuse protsentuaalses jaotuvuses ei registreeritud. Karistuslöögi ebaõnnestunud sooritamisel olid kõrgema tasemega mängijate trapetslihase ja deltalihase tagumise osa aktiivsus väiksemad kui madalama tasemega mängijatel (vastavalt $p < 0,05$ ja $p < 0,001$), deltalihase keskmise osa aktiivsus aga suurem ($p < 0,001$). Kõrgema tasemega mängijatel oli õnnestunud löökide korral deltalihase keskse osa aktiivsuse väiksem ja deltalihase aktiivsus suurem kui ebaõnnestunud löökidel ($p < 0,05$). Madalama tasemega mängijatel oli õnnestunud löökide korral deltalihase keskse osa aktiivsus suurem ja deltalihase tagumise osa aktiivsus väiksem kui ebaõnnestunud löökidel ($p < 0,001$).

Riivamislöögi õnnestunud soorituse korral oli kõrgema tasemega mängijate trapetslihase aktiivsus üle kahe korra väiksem ($p < 0,001$), deltalihase tagumise osa aktiivsus aga veidi suurem ($p < 0,01$) kui madalama tasemega mängijatel. Ebaõnnestunud soorituse korral erines deltalihase keskse osa aktiivsus kõrgema ja madalama tasemega mängijatel ($p < 0,01$) – madalama tasemega mängijatel oli see suurem. Oluline erinevus leiti ka kõrgema ja madalama tasemega mängijate trapetslihase aktiivsuse näitajates õnnestunud ja ebaõnnestunud löökidel ($p < 0,01$) – löögi edukal sooritusel oli see kõrgema tasemega mängijatel väiksem ning madalama tasemega mängijatel suurem kui ebaõnnestunud löögil (vastavalt $p < 0,001$ ja $p < 0,01$). Edukat lööki sooritades oli kõrgema tasemega mängijate deltalihase keskse osa aktiivsus suurem võrreldes sama lihase näitajaga ebaeduka löögi korral ($p < 0,001$).

Suluseibi vastaspoordi pörkest löömisel ilmnes, et nii õnnestunud kui ebaõnnestunud löögi korral on madalama tasemega mängijatel trapetslihase aktiivsus suurem kui kõrgema tasemega mängijatel (vastavalt $p < 0,05$ ja $p < 0,001$). Õnnestunud löögil mõõdeti madalama tasemega mängijatel deltalihase kesksel ja ebaõnnestunud löögil deltalihase tagumisel osal väiksem aktiivsus kui kõrgema tasemega mängijatel (vastavalt $p < 0,01$ ja $p < 0,05$). Madalama tasemega mängijatel registreeriti õnnestunud löökide korral märgatavalt väiksem trapetslihase ja suurem deltalihase tagumise osa aktiivsus kui ebaõnnestunud löökidel (vastavalt $p < 0,001$ ja $p < 0,01$).



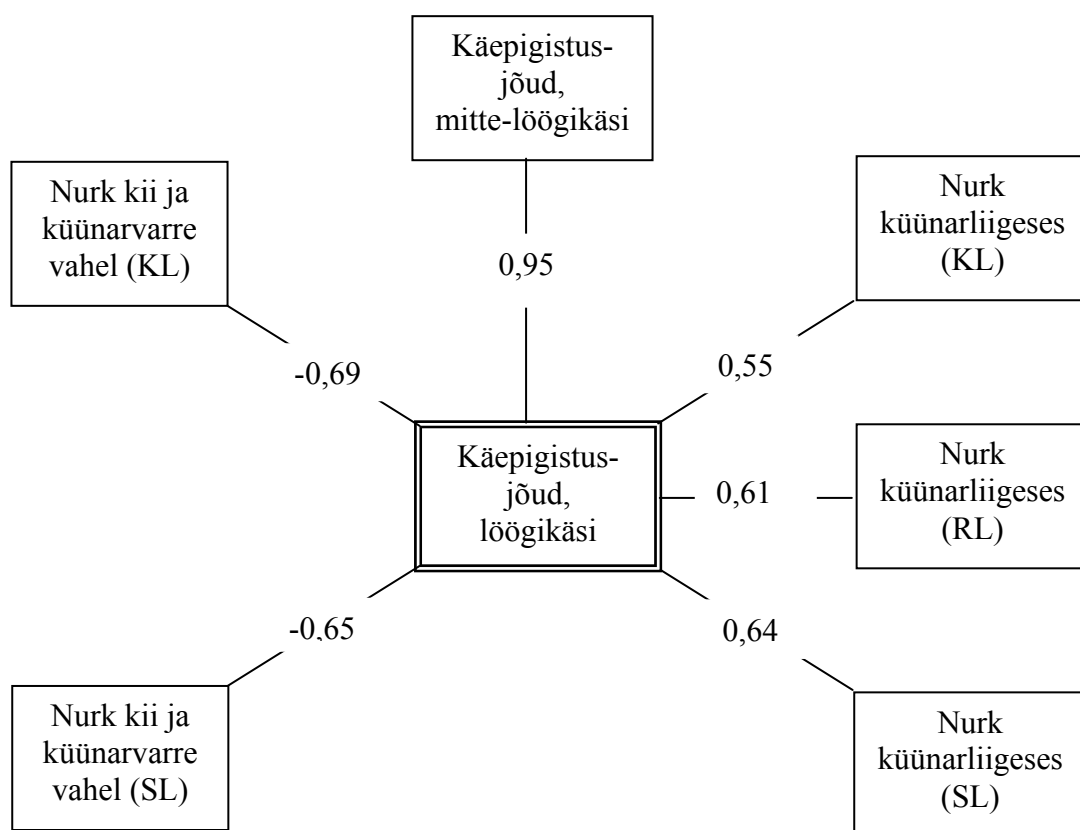
Joonis 29. Kolme lihase aktiivsuse protsentuaalne jaotuvus õnnestunud ja ebaõnnestunud löögil. A – karistuslöögil; B – riivamislöögil; C – suluseibi löömisel vastaspoordi pörkest. T – trapetslihas, DM – deltalihas keskne osa, DP – deltalihas tagumine osa. ($\bar{X} \pm SE$).

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

4.3. Korrelatiivsed seosed

Läbiviidud uuringute ja saadud andmete baasil analüüsiti koroonasportlaste erinevate näitajate vahelisi korrelatiivseid seoseid, mida aitavad paremini mõista joonistel 30-32 toodud plokk-skeemid.

Uuritavate löögikäe käepigistusjõud (joonis 30) oli statistiliselt olulises ($p < 0,001$) positiivses korrelatiivses seoses mitte-löögikäe käepigistusjõuga ($r = 0,95$). Statistiliselt oluline positiivne korrelatsioon ilmnis ka löögikäe käepigistusjõu ning küünarliigese nurga vahel sooritades karistuslööki ($r = 0,55$; $p < 0,05$), riivamislööki ($r = 0,61$; $p < 0,01$) ja suluseibi löömisel ($r = 0,64$; $p < 0,01$) ning negatiivne korrelatiivne seos löögikäe käepigistusjõu ja kii ning küünarvarre vahelise nurga vahel karistuslöögi ($r = -0,69$; $p < 0,001$) ja suluseibi ($r = -0,65$; $p < 0,01$) löömisel.



Joonis 30. Korrelatiivsed seosed käepigistusjõu ja löögiaegse nurga küünarliigseses ning kii ja küünarvarre vahelise nurga vahel. KL – karistuslööki, RL – riivamislööki, SL – suluseibi löömine. ($|r_{XY}| \geq 0,55$).

Joonisel 31 on näha löögienergia korrelatiivsed seosed staaži, gruppi kuuluvuse ja EMG näitajatega erineva raskusastmega löökide sooritamisel. Uuringus osalenud koroonamängijate koroonaga tegelemise staaž oli statistiliselt olulises ($p < 0,001$) negatiivses

korrelatiivses seoses ($r=-0,76$) gruppi kuuluvusega (tunnuses „grupp” väärtus 1 tähistab kõrgema tasemega mängijat ning 2 vastavalt madalama tasemega mängijat)

Löögienergia karistuslöögi teostamisel oli statistiliselt olulises positiivses korrelatiivses seoses nii löögienergiaga riivamislöögil ($r=0,93$; $p<0,001$) kui ka suluseibi löömisel ($r=0,90$; $p<0,001$). Löögienergia suluseibi löömisel ja löögienergia riivamislöögi sooritamisel olid positiivses korrelatiivses seoses ($r = 0,87$; $p<0,001$).

Löögienergia karistuslöögi teostamisel oli statistiliselt olulises negatiivses korrelatiivses seoses uuringus osalenute koroona tegelemise staaži ($r=-0,68$; $p<0,01$) ja positiivses seoses gruppi kuuluvusega ($r=0,87$; $p<0,001$). Löögienergia karistuslöögi teostamisel oli positiivses korrelatiivses seoses deltalihase keskmise ($r=0,80$; $p<0,001$) ja tagumise osa ($r=0,70$; $p<0,001$) integreeritud EMG näitajatega.

Löögienergia riivamislöögi teostamisel oli statistiliselt olulises negatiivses korrelatiivses seoses uuringus osalenute koroona tegelemise staaži ($r=-0,66$; $p<0,01$) ja positiivses seoses gruppi kuuluvusega ($r=0,93$; $p<0,001$). Löögienergia positiivne korrelatsioon riivamislöögi teostamisel ilmnis ka trapetslihase EMG amplituudi ($r=0,69$; $p<0,001$) ja trapetslihase integreeritud EMG näitajatega ($r=0,71$; $p<0,001$). Löögienergia riivamislöögi sooritamisel oli negatiivses korrelatiivses seoses deltalihase tagumise osa EMG amplituudi näitajaga ($r=-0,68$; $p<0,01$).

Löögienergia suluseibi löömisel oli statistiliselt olulises negatiivses korrelatiivses seoses uuringus osalenute koroona tegelemise staaži ($r=-0,70$; $p<0,001$) ja deltalihase tagumise osa integreeritud EMG näitajaga ($r=-0,76$; $p<0,001$) ning positiivses seoses gruppi kuuluvusega ($r=0,91$; $p<0,001$).

Joonisel 32 on vaadeldavad gruppi kuuluvuse ja staaži korrelatiivsed seosed EMG näitajatega. Õnnestunud löökide arv oli negatiivses statistiliselt olulises ($p<0,05$) korrelatiivses seoses gruppi kuuluvusega nii karistuslöögi teostamisel ($r=-0,57$) kui riivamislöögi puhul ($r=-0,51$).

Trapetslihasel registreeritud EMG amplituud oli positiivses korrelatiivses seoses gruppi kuuluvusega karistuslöögi ($r=0,52$; $p<0,05$), riivamislöögi ($r=0,79$; $p<0,001$) ja suluseibi löömisel ($r=0,66$; $p<0,01$). Deltalihase keskse osa EMG amplituud oli karistuslöögil positiivses ($r=0,60$; $p<0,01$), riivamislöögil aga negatiivses ($r=-0,60$; $p<0,01$) korrelatiivses seoses gruppi kuuluvusega. Positiivne korrelatiivne seos gruppi kuuluvuse ja EMG amplituudi vahel ilmnis ka deltalihase tagumisel osal sooritades karistuslööki ning suluseibi löömisel (vastavalt $r=0,49$; $p<0,05$ ja $r=0,47$; $p<0,05$). Deltalihase keskse osa EMG amplituud riivamislöögi ajal oli statistiliselt olulises ($p<0,001$) negatiivses korrelatiivses seoses gruppi kuuluvusega ($r=-0,79$).

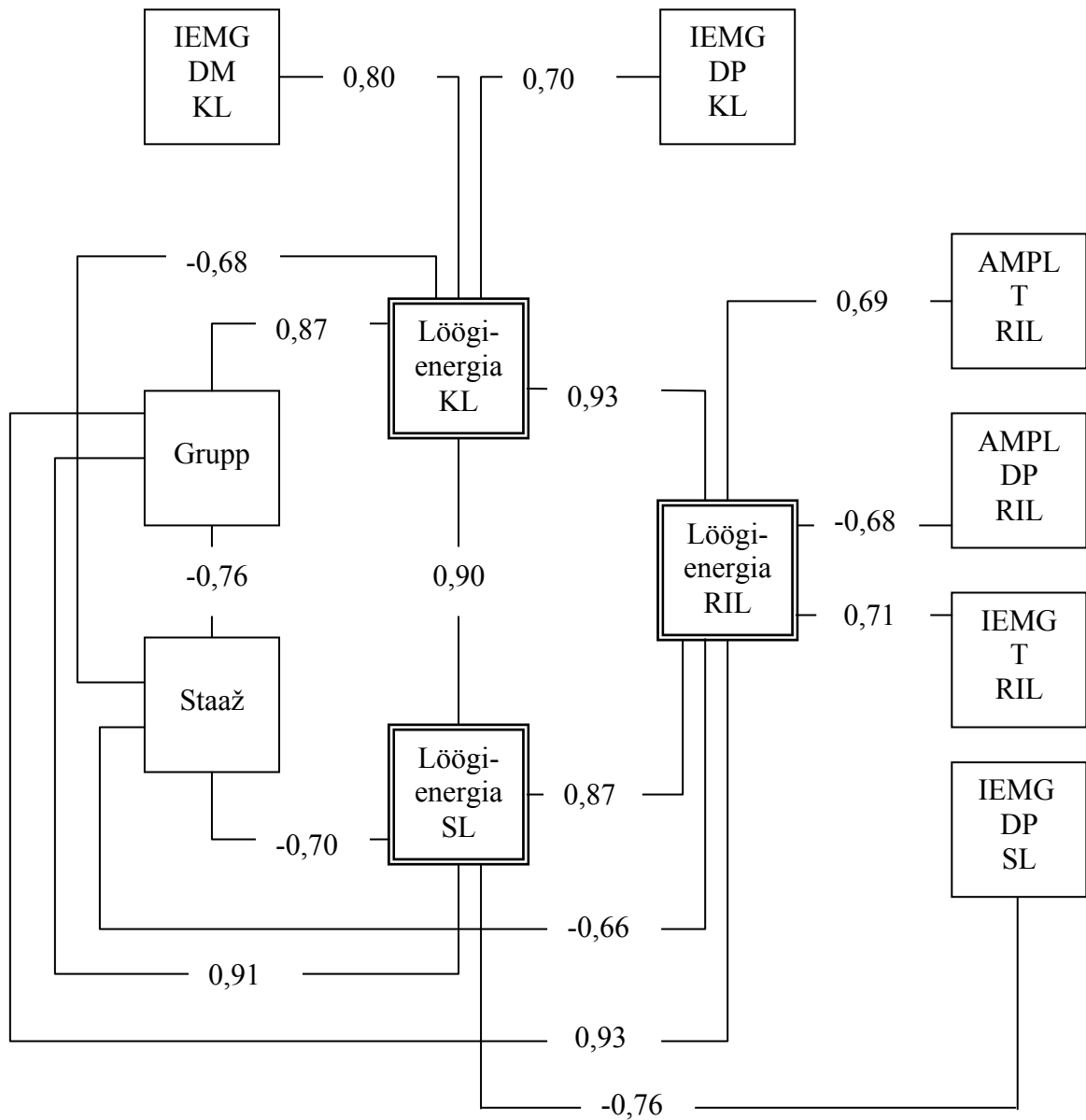
Trapetslihase integreeritud EMG näitajad olid positiivses statistiliselt olulises korrelatiivses seoses gruppi kuuluvusega karistuslöögil ($r=0,69$; $p<0,001$), riivamislöögil ($r=0,76$; $p<0,001$) ja suluseibi löömisel ($r=0,62$; $p<0,01$). Deltalihase keskse osa integreeritud EMG ja gruppi kuuluvuse vahel ilmnes statistiliselt oluline ($p<0,001$) positiivne korrelatiivne seos ($r=0,80$) karistuslöögi korral. Deltalihase tagumise osa integreeritud EMG ja gruppi kuuluvus olid positiivses korrelatiivses seoses karistuslöögi korral ($r=0,81$; $p<0,001$) ja negatiivses lüües suluseibi ($r=-0,91$; $p<0,001$).

Vaadeldes trapetslihase aktiivsust riivamislöögil ja suluseibi löömisel ilmnes lihasaktiivsuse protsentuaalse jaotuvuse väärtuste ja gruppi kuuluvuse vahel positiivne korrelatiivne seos (vastavalt $r=0,90$; $p<0,001$ ja $r=0,48$; $p<0,05$). Deltalihase keskse osa aktiivsus suluseibi löömisel ja deltalihase tagumise osa aktiivsus riivamislöögil olid negatiivses seoses gruppi kuuluvusega (vastavalt $r=-0,63$; $p<0,01$ ja $r=-0,69$; $p<0,001$).

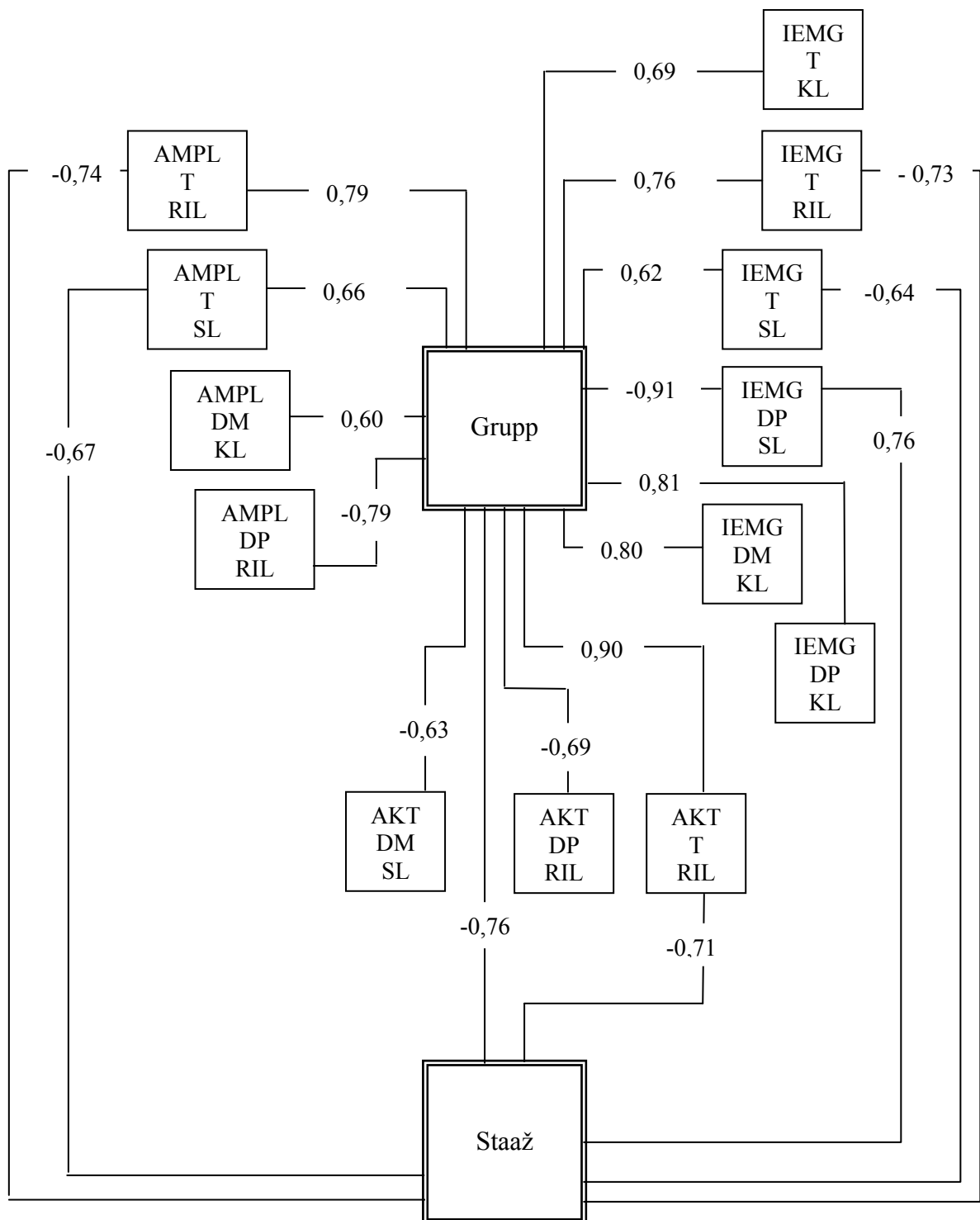
Trapetslihasel registreeritud EMG amplituud oli negatiivses korrelatiivses seoses mängijate staažiga riivamislöögi ($r=-0,74$; $p<0,001$) ja suluseibi löömisel ($r=-0,67$; $p<0,01$). Positiivne korrelatiivne seos staaži ja EMG amplituudi vahel ilmnes deltalihase tagumisel osal sooritades riivamislööki ($r=0,48$; $p<0,05$).

Trapetslihase integreeritud EMG näitajad olid negatiivses statistiliselt olulises korrelatiivses seoses staažiga karistuslöögil ($r=-0,59$; $p<0,01$), riivamislöögil ($r=-0,73$; $p<0,001$) ja suluseibi löömisel ($r=-0,64$; $p<0,01$). Karistuslöögil ilmnes deltalihase keskse osa integreeritud EMG näitajate ja mängijate staaži vahel statistiliselt oluline ($p<0,05$) negatiivne korrelatiivne seos ($r=-0,55$). Deltalihase tagumise osa integreeritud EMG ja staaž olid negatiivses korrelatiivses seoses karistuslöögi korral ($r=-0,50$; $p<0,05$) ja positiivses lüües suluseibi ($r=0,76$; $p<0,001$).

Vaadeldes trapetslihase aktiivsust riivamislöögil ja suluseibi löömisel ilmnes lihasaktiivsuse protsentuaalse jaotuvuse väärtuste ja mängijate staaži vahel negatiivne korrelatiivne seos (vastavalt $r=-0,71$; $p<0,001$ ja $r=-0,49$; $p<0,05$). Deltalihase tagumise osa aktiivsus karistuslöögil ja riivamislöögil oli positiivses korrelatiivses seoses staažiga (vastavalt $r=0,57$; $p<0,05$ ja $r=0,58$; $p<0,05$), keskse osa aktiivsus karistuslöögil aga negatiivses seoses staažiga ($r=-0,50$; $p<0,05$).



Joonis 31. Löögienergia korrelatiivsed seosed staaži, gruppi kuuluvuse ja EMG näitajatega erineva raskusastmega löökide sooritamisel. AMPL – EMG amplituudi väärtused, IEMG – integreeritud EMG näitajad. DM – deltalihas keskne osa, DP – deltalihas tagumine osa, T – trapetslihas. KL – karistuslöök, RIL – riivamislöök, SL – suluseibi löömine. ($|r_{XY}| \geq 0.66$).



Joonis 32.Gruppi kuuluvuse ja staaži korrelatiivsed seosed EMG näitajatega. AMPL – EMG amplituudi väärtused, IEMG – integreeritud EMG näitajad, AKT – lihaste aktiivsuse protsentuaalne jaotuvus. DM – deltalihas keskne osa, DP – deltalihas tagumine osa, T – trapetslihas. KL – karistuslöök, RIL – riivamislöök, SL – suluseibi löömine. ($|r_{XY}| \geq 0,60$).

5. TULEMUSTE ARUTELU

5.1. Uuringus osalejad ja staaž

Koroonasportlaste uuringusse valimise kriteeriumiks oli mängijate tase. Kõrgema kvalifikatsiooniga koroonasportlaste gruppi valiti mängijad, kelle võistlustulemus oli 2010. aastal stabiilselt ületanud 75% piiri (protsent võimalikust võistlusel saavutatavast punktide arvust). Madalama kvalifikatsiooniga mängijate gruppi valiti sportlased, kes aktiivselt tegelesid koroonaga, kuid kelle võistlustulemused 2010. aastal jäid pidevalt alla 50% piiri.

Uuringus osalenud koroonasportlaste staaž oli statistiliselt olulises ($p < 0,001$) negatiivses korrelatiivses seoses ($r = -0,76$) gruppi kuuluvusega (tunnuses „grupp” väärtus 1 tähistab kõrgema tasemega mängijat ning 2 vastavalt madalama tasemega mängijat).

Saadud näitajad on kooskõlas eksperttaseme saavutamist puudutavate uurimustega, mille kohaselt kulub eksperttasemele jõudmiseks vähemalt 10 aastat intensiivset harjutamist (Ericsson jt., 1993; Ericsson ja Lehmann, 1996).

5.2. Käe ja silma koordineerimine, käepigistusjõud, randme liikuvus ning lihastoonuse ja -elastsuse näitajaid

Uuringu käigus vaatlusalustel mõõdetud randme liikuvuse, käepigistusjõu ning käe ja silma koordineerimise näitajates puudus kahe grupi vaheline statistiliselt oluline erinevus. Ka puudusid olulised kõrgema ja madalama kvalifikatsiooniga koroonamängijate vahelised erinevused vaatlusaluste lihastoonuse ja -elastsuse näitajates vabas ja löögiasendis. Saadud andmete põhjal võib järeldada, et eksperttasemele saavutamiseks koroonaspordis ei ole ükski eelpool nimetatud näitajatest.

5.3. Löövide resultatiivsus, löögile kulutatud aeg, kii kiirus ja löögienergia

Uuringu käigus läbiviidud erineva raskusastmega löökide sooritamisel näitasid kõrgema tasemega mängijad tunduvalt kõrgemat resultatiivsust karistus- ($p < 0,05$), riivamis- ($p < 0,05$) ja suluseibi löökidel võrreldes madalama tasemega mängijatega (tabel 6). Saadud tulemus oli ootuspärane ning kinnitas ka Williams'i (jt., 2002) piljardimängijatega läbiviidud uurimistöö tulemust, kus kõrgema tasemega piljardimängijad edestasid nõrgemaid kõikide raskusastmetega löökide teostamisel. Siiski tuleb tõdeda, et nii kõrgema kvalifikatsiooniga koroonasportlased ise kui ka uuringu korraldajad eeldasid tugevamalt grupilt veelgi

kõrgemaid tulemusi, sest löökide valikul sai lähtunud klassikalistest löökidest ning tegu oli võistlustegevuses üsna sageli ettetulevate situatsioonidega.

Löögi sooritamiseks kulunud aeg ei erinenud oluliselt ei kõrgema ja madalama tasemega sportlaste ega õnnestunud / ebaõnnestunud löökide võrdluses. Williams (jt., 2002) on artiklis kirjeldanud ekspertide ja algajate ning õnnestunud ja ebaõnnestunud löökide erinevusi liikumatu silma perioodi kestvuses, kuid liikumatu silma periood on liiga lühike, et suudaks oluliselt mõjutada kogu löögile kulutatud aega ning seega ei kajastu meie andmetes. Täpsemate andmete saamiseks tuleks edaspidi läbi viia täiendavad uuringud.

Liigutustegevuse biomehaanilise analüüsi käigus ilmnud statistiliselt olulised erinevused kii kiiruses õnnestunud ja ebaõnnestunud löökide vahel ($p < 0,001$) kõigi kolme raskusastmega löökide sooritamisel mõlemal vaatlusaluste grupil (joonis 25) viitab, et tegemist võib olla ühe löögi õnnestumisega seotud võtmeküsimustest. 37% võrra suurem kiirus ebaõnnestunud karistuslöögil, 27% võrra riivamislöögil ja 32% võrra suluseibi löömisel kõrgema kvalifikatsiooniga koroonasportlastel ning 37% võrra suurem kiirus ebaõnnestunud karistuslöögil, 33% võrra riivamislöögil ja 29% võrra suluseibi löömisel madalama kvalifikatsiooniga koroonasportlastel näitab, et löögi kiirus võib mõjutada selle õnnestumist. Kindlustunnet lisab veelgi statistiliselt olulise erinevuse puudumine gruppide vahel – kii kiirus löögihetkel mõjutab selle soorituse õnnestumist ühtviisi mõlema grupi liikmetel.

Kuna liigne löögikiirus näib olevat üheks põhjuseks löökide ebaõnnestumisel ja madalama tasemega mängijad näitasid tunduvalt väiksemat löökide resultatiivsust, siis võib selle taga olla Abernethy ja Neal'i (1991) poolt mainitud algajate oskamatus vastavalt vajadusele kohandada löögikiirust ja -jõudu.

Hetkel kindlat põhjendust, miks ja läbi milliste protsesside kii kiirus mõjutab löögi edukust, ei ole vastavasisulise kirjanduse puudumise tõttu võimalik tuua. Ka ei anna sellele vastuseid meie uuring. Kuid võib oletada, et kiiremat lööki sooritades kaldub kii oma löögisuunalt kõrvale ja väiksempi nihe selle trajektooris võib põhjustada vale tabamuse. Ka võib ühe oletatava põhjusena välja tuua kiiruse tõusust tuleneva löögienergia suurenemise, mis võib omakorda põhjustada tabatava mänguseibi liigse kiiruse, mille tagajärjel mänguseib ei lange auku vaid põrkub selle servalt tagasi. Kuid käesolevas uuringus oli selliste tabamuste osakaal liiga väike, et pälvida tähelepanu.

Kõrgema ja madalama tasemega mängijate löögienergia vahel puudus statistiliselt oluline erinevus (joonis 26). Seega ei leidnud kinnitust väide algajate sagedase liiga tugeva löögi kohta (Шырововозов 2011). Ka ei leitud õnnestunud ja ebaõnnestunud löökide vahel kõrgema tasemega mängijate löögienergia näitajates statistiliselt olulist erinevust. Kuid madalama tasemega mängijate ebaõnnestunud löögid oli sooritatud tunduvalt suurema

löögienergiaga kui õnnestunud löögid. Löögienergia nõrgema grupi ebaõnnestunud löögil oli karistuslöögi puhul 94%, riivamislöögi puhul 84 % ja suluseibi löömisel 66% võrra suurem kui vastavate löökide õnnestumisel. Tendents suurema löögienergiaga löökide ebaõnnestumisele oli ka tugevamal grupil - ebaõnnestunud löökide löögienergia oli neil karistuslöögi puhul 62%, riivamislöögi puhul 75% ja suluseibi löömisel 70% võrra suurem kui vastavate löökide õnnestumisel. Statistiliselt oluline erinevus siiski puudus.

Tugevad korrelatiivsed seosed löögienergia näitajate vahel erineva raskusastmega löökide teostamisel olid ootuspärased. Praktikaks on teada, et mängijad kalduvad löögilt löögile kasutama temale omast löögitugevust. Mõni neist kasutab äärmiselt pehmet ja õrna lööki ning rakendab seda stiili erinevates olukordades, teisele on omane järsk ja raiuv löök.

Löögienergia negatiivne korrelatiivne seos vaatlusaluste staažiga on ilmselt seotud aja jooksul omandatud oskusega juhtida löögitugevust. Koroonas ei ole oluline lüüa kõvasti, vajalik on löögitäpsus ja parasjagu nii palju löögienergiat, et löögiketas lükkaks mänguseibi auku. Liiga tugeva löögi korral võib mänguseib lihtsalt lennata üle augu, põrgata tagasi selle vastasservalt või mis veelgi halvem – lennata üle mängulaua poordi.

5.4. Nurk kii ja küünarvarre vahel ning nurk küünarliigeses

Liigutustegevuse biomehaanilise analüüsi käigus mõõdetud kii ja küünarvarre vahelise nurga väärtustes statistiliselt olulist erinevust õnnestunud ja ebaõnnestunud löökide ning kõrgema ja madalama tasemega mängijate võrdluses ei leitud. Ka on saadud näitajad märgatavalt suuremad autorite Wall ja Crimi (2003), Здобников (2010) ning Шнуровозов (2011) poolt soovitatud 90° -st kii ja küünarvarre vahelisest nurgast.

Analüüsides küünarliigese nurga näitajaid õnnestunud ja ebaõnnestunud löökidel ilmnes vaid kõrgema tasemega mängijate riivamislöögi sooritusel statistiliselt oluline erinevus – õnnestumisel oli nurk küünarliigeses tunduvalt väiksem kui ebaõnnestumisel. Kõrgema ja madalama tasemega mängijate erinevus ilmnes riivamislööki sooritades – õnnestunud löögi ajal oli kõrgema tasemega mängijatel nurk küünarliigeses tunduvalt väiksem kui ebaõnnestumisel.

Saadud tulemuste põhjal võib oletada, et nurk küünarliigeses ning nurk kii ja küünarvarre vahel löögihetkel löökide edukuses olulist rolli ei mängi. Põhjuseid uuringus saadud andmete lahknevuseks kirjanduses soovitatust võib olla mitmeid. Kuid üsna tõenäoliselt tingib suurema kii ja küünarvarre vahelise nurga koroona ja teiste kiisporialade erinevus – erinevad on mängupindade kõrgused ja suurused, kiide massid ning ka piljardikuuli ja koroona löögiketta mass on vägagi erinev. Kui koroonalöök nõuab väga

tundlikku kätt ning ka kiid ja löögikettad on märgatavalt väiksema massiga kui piljardis kasutatav inventar, siis piljardis on vaja kuulide auku suunamiseks sooritada tugevam löök. See omakorda võib tingida teistsugused nõuded liigutustegevusele, sealhulgas nurkadele liigestes.

Huvipakkuv oli korrelatiivse seose ilmumine löögikäe käepigistusjõu ning kii ja küünarvarre vahelise nurga näitajates (joonis 30) - karistuslöögi puhul oli korrelatiivne seos $-0,69$ ($p < 0,001$) ja suluseibi löömisel $-0,65$ ($p < 0,01$). Statistiliselt oluline positiivne korrelatsioon ilmnis ka löögikäe käepigistusjõu ning küünarliigese nurga vahel sooritades karistuslööki ($r = 0,55$; $p < 0,05$), riivamislööki ($r = 0,61$; $p < 0,01$) ja suluseibi löömisel ($r = 0,64$; $p < 0,01$). Kui kehaasend jätta muutmatuks, siis nurk küünarvarre ja kii vahel sõltub kohast, kust hoida kiid – mida kaugemalt hoida ja mida pikem on vahemaa kii peenema otsa ja kii vahel, seda väiksem on nurk. Selles valguses vaadatuna viitavad saadud tulemused võimalusele, et mängija vastavalt oma käepigistusjõule valib alateadlikult kiil koha, kust seda kinni hoida, et kii oleks kõige paremini juhitud.

5.5. Elektromüograafia

Uuringu tulemustest ilmnisid statistiliselt olulised erinevused kõrgema ja madalama kvalifikatsiooniga sportlaste õnnestunud ja ebaõnnestunud löökide võrdluses EMG amplituudi, IEMG ja lihaste aktiivsuse protsentuaalse jaotuvuse näitajates. Kõigi kolme erineva raskusastmega löögi sooritamisel täheldati kõrgema kvalifikatsiooniga koroonasportlaste löökide ebaõnnestunud sooritustel trapetslihasel suuremat EMG amplituudi väärtust kui õnnestunud löökidel.

Koroonasportlaste staaž oli negatiivses korrelatiivses seoses trapetslihasel mõõdetud EMG amplituudi väärtusega nii riivamislöögil kui ka suluseibi löömisel. Löögienergia riivamislöögi teostamisel oli positiivses seoses trapetslihase ja negatiivses seoses deltalihase tagumise osa amplituudi väärtustega.

Võrreldes eduka löögiga iseloomustab ebaõnnestunud lööki suurem trapetslihases tekkinud pinge. Ka on iseloomulik suurem pinge nimetatud lihases löökide sooritamise ajal madalama kvalifikatsiooniga mängijatele. Liiga suur trapetslihase ja deltalihase keskse ning tagumise osa aktiivsus võib olla üheks põhjuseks koroonalöökide ebaõnnestumisel. Kõrgema ja madalama kvalifikatsiooniga koroonasportlaste võrdluses ilmnenu erinevused viitavad võimalusele, et kõrgema tasemega sportlased olid omandanud oskuse kasutada löögi teostamiseks käesolevas uuringus uuritud lihaseid teistsugusel määral kui madalama

kvalifikatsiooniga sportlased. Seetõttu oli ka madalama kvalifikatsiooniga koroonamängijate löögienergia suurem võrreldes kõrgema kvalifikatsiooniga mängijatega.

6. JÄRELDUSED

1. Kõrgema kvalifikatsiooniga koroonasportlastel oli õnnestunud löökide korral trapetslihase pinge väiksem võrreldes madalama kvalifikatsiooniga koroonasportlastega.
2. Koroonasportlaste löögienergia oli negatiivses olulises korrelatiivses seoses sportliku mängustaažiga.
3. Kõrgema ja madalama kvalifikatsiooniga koroonasportlaste kõigi kolme raskusastmega löökide löögikiirus oli ebaõnnestunud sooritustel oluliselt suurem kui õnnestunud löökidel.
4. Madalama tasemega mängijate ebaõnnestunud löögid oli sooritatud tunduvalt suurema löögienergiaga kui õnnestunud löögid.
5. Kõrgema ja madalama tasemega mängijate ning õnnestunud ja ebaõnnestunud löökide võrdluses ei leitud kii ja küünarvarre vahelise nurga väärtustes statistiliselt olulist erinevust.

Biomechanical analyses of different complexity level shots in highly and less skilled novus players

Viire Talts

SUMMARY

The aim of this study was to compare the biomechanical data of different complexity level novus shots in highly skilled and less skilled novus players. Novus, also known as koroon in Estonia and in some other European countries, and as sea-billiards in the Ukraine and Belorussia, is a cuesport which is closely related to carrom and pocket billiards.

Nineteen novus players (5 female and 14 male) participated in the study. The subjects were divided into two groups according to their year 2010 competition results: 1) highly-skilled (2 female and 7 male) and 2) less-skilled (3 female and 7 male) novus players. The members of the highly skilled group have frequently shown high results in international competitions, 3 of them (2 female and 1 male) have been European champions.

For assessing general capabilities of the participants and the physical state of their muscles different tests were carried out. Maximal handgrip strength was measured with *Jamar Hydraulic Hand Dynamometer* and flexibility of the wrist with a mechanical goniometer *Mediband*. For assessing eye-hand coordination *Lafayette Grooved Pegboard Test, Model 32025* was used. Natural oscillation frequency, logarithmic decrement of natural oscillation and dynamic stiffness of *musculus trapezius up*, *musculus flexor carpi radialis*, *musculus extensor carpi radialis*, *musculus deltoideus posterior*, *musculus deltoideus mid* and *musculus deltoideus anterior* were measured with *Myoton-3*.

The participants committed 3 series, each consisting of 10 novus shots – 10 penalties, 10 cut and 10 bank shots. During the shots three-dimensional (3D) movement analysis was carried out using 3-D movement analysis system *BTS ELITE 2002* (BTS Bioengineering, Milano, Italy) and EMG data of *musculus deltoideus posterior*, *musculus deltoideus mid* and *musculus trapezius* were collected with the help of electromyograph *ME6000* (Finland). Also the performance outcome and the time spent on the preparations for the shot was registered.

The major findings of the present study were the following:

1. No significant differences in grip strength, wrist flexibility nor eye-hand coordination test data were revealed between highly skilled and less skilled novus players
2. No significant differences in muscle tone were revealed between the two groups.
3. Highly skilled players showed significantly higher scores ($p < 0,05$) in pocketing pucks during penalties and cut shots than less skilled players.

4. No significant difference in the time spent on the preparations for the shot was revealed between the two groups nor between successful and unsuccessful shots.
5. Unsuccessful shots were executed with significantly higher ($p<0,001$) impact velocity than successful shots.
6. Less skilled players' unsuccessful shots were characterised by significantly bigger ($p<0,01$) impact energy than their successful shots.
7. No significant difference in the angle between the cue and the shooting forearm was revealed between the two groups nor between successful and unsuccessful shots.
8. Highly skilled players' elbow joint angle was significantly smaller ($p<0,01$) during successful cut shots compared to unsuccessful cut shots.. No significant difference in the elbow joint angle during penalties and bank shots was revealed between the two groups nor between successful and unsuccessful shots.
9. Successful novus shots compared to unsuccessful shots and the shots of highly skilled players compared to the shots of less skilled players were characterised by lower EMG amplitude and IEMG values of *musculus trapezius*.

KASUTATUD KIRJANDUS

1. Abernethy B. Searching for the minimal essential information for skilled perception and action. *Psychological Research* 1993; 55: 131-138.
2. Abernethy B, Baker J, Côté J. Transfer of Pattern Recall Skills May Contribute to the Development of Sport Expertise. *Applied Cognitive Psychology* 2005; 19: 705–718.
3. Abernethy B, Masters RSW, Zachry T. Using biomechanical feedback to enhance skill learning and performance. In: Hong Y, Bartlett R, eds. *Routledge Handbook of Biomechanics and Human Movement Science*. New York: Routledge; 2008, 581- 593.
4. Abernethy B, Neal RJ. Perceptual-Motor Characteristics of Elite performers in aiming sports. Report to the Australian Sports Commission. Canberra; 1991.
5. Abernethy B, Neal RJ. Visual characteristics of clay target shooting. *Journal of Science and Medicine in Sport* 1999; 2: 1–19.
6. Abernethy B, Neal RJ, Engstrom C, Koning P. What Makes The Expert Performer Better Than The Novice. *Sports Coach* 1993; 2: 31–37.
7. Abernethy B, Neal RJ, Koning P. Visual-Perceptual and Cognitive Differences Between Expert, Intermediate, and Novice Snooker Players. *Applied Cognitive Psychology* 1994; 8 (3): 185–211.
8. Abernethy B, Neal RJ, Moran MJ, Parker AW. Expert-novice differences in muscle activity during the golf swing. In: *Science and golf: proceedings of the First World Scientific Congress of Golf*. St. Andrews: E. & F.N. Spon; 1990, 54-60.
9. Alcatore DG. *The illustrated principles of pool and billiards*. New York: Sterling Publishing Co; 2004.
10. Allen S. Expertise in sport: a cognitive-developmental approach. *Journal of Education* 2006; 187 (1): 9–29.
11. Behan M, Wilson M. State anxiety and visual attention: The role of the quiet eye period in aiming to a far target. *Journal of Sports Sciences* 2008; 26 (2): 207–215.
12. Behnke RS. *Kinetic anatomy*. Champaign: Human Kinetics; 2001.
13. Bhootra AJS. *Elite Sports and Vision*. New Delhi: Jaypee Brothers Publishers; 2008.
14. Burden A. Surface electromyography. In: Payton CJ, Bartlett RM, eds. *Biomechanical evaluation of movement in sport and exercise: the British Association of Sport and Exercise Sciences guidelines*. London ; New York: Routledge; 2008, 77-102.
15. Causer J, Bennett SJ, Holmes PS, Janelle CM, Williams AM. Quiet eye duration and gun motion in elite shotgun shooting. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 2010; 42 (8): 1599–1608.

16. Causer J, Holmes PS, Williams AM. Quiet eye training in a visuomotor control task. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 2011; 43 (6): 1042-1049.
17. De Groot AD. *Thought and Choice in Chess*. 3rd ed. Amsterdam University Press; 2008.
18. Ericsson KA.. Recent Advances in Expertise Research: A Commentary on the Contributions to the Special Issue. *Applied Cognitive Psychology* 2005; 19: 233–241.
19. Ericsson KA, Charness N. Abilities: Evidence for talent or characteristics acquired through engagement in relevant activities? *American Psychologist* 1995; 50 (9): 803-804.
20. Ericsson KA, Chase WG. Exceptional Memory. *American Scientist* 1982; 70 (6): 607-615.
21. Ericsson KA, Kintsch W. Long-Term Working Memory. *Psychological Review* 1995; 102 (2): 211-245.
22. Ericsson KA, Krampe RT, Tesch-Romer C. The role of deliberate practice in the acquisition of expert performance. *Psychological Review* 1993; 100: 363-406.
23. Ericsson KA, Nandagopal K, Roring RW. Toward a Science of Exceptional Achievement Attaining Superior Performance through Deliberate Practice. *Annals of the New York Academy of Sciences* 2009; 1172: 199-217.
24. Ericsson KA, Lehmann AC. Expert and exceptional performance: Evidence of maximal adaptation to task constraints. *Annual Review of Psychology* 1996; 47: 273-305.
25. Ericsson KA, Ward P. Capturing the Naturally Occurring Superior Performance of Experts in the Laboratory. *Toward a Science of Expert and Exceptional Performance. Current Directions in Psychological Science* 2007; 16 (6): 346-350.
26. Ertan H, Kental B, Tümer ST, Korkuzus F. Activation patterns in forearm muscles during archery shooting. *Human Movement Science* 2003; 22 : 37–45.
27. Farrington-Darby T, Wilson JR. The nature of expertise: A review. *Applied Ergonomics* 2006; 37: 17–32.
28. Helsen WF, Starkes JL. A Multidimensional Approach to Skilled Perception and Performance in Sport. *Applied Cognitive Psychology* 1999; 13: 1–27.
29. Howe MJA, Davidson JW, Sloboda JA. Innate talents: reality or myth? *Behavioral & Brain Sciences* 1998; 21 (3): 399-407.
30. Jain N. *Play & Learn Snooker & Billiards*. New Delhi: Khel Sahitya Kendra; 2005.
31. Johnson W, Turkheimer E, Gottesman II, Bouchard TJ. Beyond Heritability: Twin Studies in Behavioral Research. *Current Directions in Psychological Science* 2009; 18 (4): 217–220.
32. Kanov G, Stauch S. *Precision Pool*. Champaign: Human Kinetics; 2007.

33. Lee SM, Kim S, Park SH. Self-Paced Sport Events Under Temporal Constraints: Visual Search, Quiet Eye, Expertise and Constrained Performance Time in Far Aiming Tasks. *International Journal of Applied Sports Sciences* 2009; 21 (2): 146-161.
34. Mann DTY, Williams AM, Ward P, Janelle, CM. Perceptual-Cognitive Expertise in Sport: A Meta-Analysis. *Journal of Sport & Exercise Psychology* 2007; 29: 457-478.
35. McPherson SL, Vickers JN. Cognitive Control in Motor Expertise. *International Journal of Sport and Exercise Psychology* 2004; 2: 274–300.
36. Meurin D. *Billiards: Official Rules & Records Book*. New York: Shapolsky Publishers, Inc; 1993.
37. Milner CE. Motion analysis using on-line systems. In: Payton CJ, Bartlett RM, eds. *Biomechanical evaluation of movement in sport and exercise*. New-York: Routledge; 2008, 33-52.
38. Milton J, Solodkin A, Hluštik P, Small SL. The mind of expert motor performance is cool and focused. *NeuroImage* 2007; 35: 804–813.
39. Moran AP. *Sport and Exercise Psychology: A Critical Introduction*. New-York: Routledge; 2004.
40. Parry R. Ancient ethical theory. In: Zalta EN, ed. *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*; 2009. <http://plato.stanford.edu/archives/fall2009/entries/ethics-ancient/>, 23.12.2011.
41. Phillips E, Davids K, Renshaw I, Portus M. Expert Performance in Sport and the Dynamics of Talent Development. *Sports Medicine* 2010; 40: 271-283.
42. Raab M, Johnson JG. Expertise-Based Differences in Search and Option-Generation Strategies. *Journal of Experimental Psychology* 2007; 13 (3): 158–170.
43. Roosalu M. *Inimese anatoomia*. Tallinn: Koolibri; 2006.
44. Turkheimer E. Three Laws of Behavior Genetics and What They Mean. *Current Directions in Psychological Science* 2000; 9 (5): 160-164.
45. Vain A. *Müomeetria. Skeletilihaste funktsionaalse seisundi biomehaaniline diagnostika*. Tartu: Tartu Ülikool, füüsika-keemiateaduskond, biomeditsiinitehnika ja meditsiinifüüsika teadus-ja koolituskeskus; 2002.
46. Vicente KJ, Wang JAH. An Ecological Theory of Expertise Effects in Memory Recall. *Psychological Review* 1998; 105 (1): 33–57.
47. Vickers JN. Visual control when aiming at a far target. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance* 1996; 22: 342–354.
48. Vickers JN. *Perception, Cognition, and Decision Training: The Quiet Eye in Action*. Champaign: Human Kinetics; 2007.

49. Vine SJ, Moore LJ, Wilson MR. Quiet Eye Training Facilitates Competitive Putting Performance in Elite Golfers. *Frontiers in Psychology* 2011; 2 (8): 1-9.
50. Vine SJ, Wilson MR. Quiet Eye Training: Effects on Learning and Performance Under Pressure. *Journal of Applied Sport Psychology* 2010; 22: 361-376.
51. Vine SJ, Wilson MR. The influence of quiet eye training and pressure on attention and visuo-motor control. *Acta Psychologica* 2011; 136 (3): 340–346.
52. Wall A, Crimi F. *The everything pool & billiards book: from breaking to bank shots - all you need to master the game*. New York: Adams Media; 2003.
53. Williams AM. Perceptual and cognitive expertise in sport. *The Psychologist* 2002; 15 (8): 416–417.
54. Williams AM, Davids K. Declarative knowledge in sport: A byproduct of experience or a characteristic of expertise? *Journal of Sport and Exercise Psychology* 1995; 17: 259–275.
55. Williams AM, Davids K, Williams JGP. *Visual Perception and Action in Sport*. New York: Routledge; 2005.
56. Williams AM., Singer RN, Frehlich SG. Quiet Eye Duration, Expertise, and Task Complexity in Near and Far Aiming Tasks. *Journal of Motor Behavior* 2002; 1. 2: 197-207.
57. Голомазов СВ. *Кинезиология точностных действий человека*. Москва: СпортАкадемПресс; 2003.
58. Железнев ВП. *Бильярд: секреты обучения и техники игры*. Ростов-на-Дону: Феникс; 2008.
59. Здобников НС. *Бильярд: техника, правила, советы профессионалов*. Ростов-на-Дону: Феникс; 2010.
60. Шнуровозов ТВ. *Бильярд*. Ростов-на-Дону: Владис; 2011.