

TARTU ÜLIKOOL
Spordibioloogia ja füsioteraapia instituut

Ott Meerits

**Jooksu ja Bosco paigalt üleshüppetesti mõju
posturaalkontrollile**

Magistritöö

Füsioteraapia õppekava
(kinesioloogia ja biomehaanika)

Juhendajad: PhD Jaan Ereline

MSc Tarmo Jallai

Tartu 2014

Sisukord

SISUKORD	2
TÖÖS KASUTATUD LÜHENDID	3
SISSEJUHATUS	4
1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE	6
1.1. JALGPALLI FÜSIOLOOGIA	6
1.2. TASAKAAL	6
1.2.1. Tasakaalu definitsioon	6
1.2.2. Staatiline, pool-dünaamiline ja dünaamiline tasakaal	7
1.2.3. Posturaalkontroll ja osavus	8
1.2.4. Liigutuslikud strateegiad posturaalkontrollis	9
1.2.5. Tasakaalu hindamine	11
1.3. VÄSIMUS	13
1.3.1. Lihasväsimus	13
1.3.2. Väsimuse mõju posturaalkontrollile	14
1.3.3. Lokaalne ja üldine lihasväsimus	14
1.3.4. Tsentraalne ja perifeerne lihasväsimus	15
1.4. TESTID	17
1.4.1. Yo-Yo IR1 test	17
1.4.2. Bosco 60-sekundi paigalt üleshüppetest	18
2. EESMÄRK JA ÜLESANDED	19
3. METOODIKA	20
3.1. VAATLUSALUSED	20
3.2. UURINGU KORRALDUS	21
3.3. UURIMISMEETODID	21
3.3.1. Stabilomeetria	21
3.3.2. Yo-Yo IR1 test	22
3.3.3. Bosco 60-sekundi paigalt üleshüppetest	22
3.3.4. Väsimuse subjektiivne hindamine	23
3.4. ANDMETE STATISTILINE TÖÖTLUS	23
3.4.1. Bosco 60-sekundi paigalt üleshüppetest	24
4. TULEMUSED	25
4.1. Yo-Yo IR1 TESTI JA TASAKAALUKATSETE TULEMUSED	25
4.2. BOSCO 60-SEKUNDI PAIGALT ÜLESHÜPPETESTI JA TASAKAALUTESTIDE TULEMUSED	27
4.3. TASAKAALU NÄITAJATE VÕRDLUS YO-YO IR1 TESTI JA BOSCO 60-SEKUNDILISE PAIGALT ÜLESHÜPPETESTI SOORITANUTE VAHEL	29
5. ARUTELU	31
6. JÄRELDUSED	36
6.1. PRAKTILISED SOOVITUSED	36
KASUTATUD KIRJANDUS	37
SUMMARY	46
LISAD	47
LISA 1. BORG’I SUBJEKTIIVSE VÄSIMUSE HINDAMISE SKAALA	47
LISA 2. YO-YO IR1 TESTI JA TASAKAALU PARAMEETRITE ANALÜÜS	48
LISA 3. BOSCO 60-SEKUNDI PAIGALT ÜLESHÜPPETESTI JA TASAKAALU PARAMEETRITE ANALÜÜS	48

Töös kasutatud lühendid

Bosco test – Bosco 60-sekundi paigalt üleshüppetest

kg – kilogramm

km/h – kilomeetrit tunnis

KNS - kesknärvisüsteem

KRK – keha raskuskese

KST – keha survetsenter

m – meeter

min – minut

mL – milliliiter

mm – millimeeter

mm/s – millimeetrit sekundis

PJ – parem jalg

sek – sekund

SE - standardviga

SD - standardhälve

VJ – vasak jalg

VO₂max – maksimaalne hapnikutarbimine

Yo-Yo test - Yo-Yo *intermittent recovery test level 1* (Yo-Yo IR1 test)(inglis k.)

Sissejuhatus

Kehaasendi stabiilsus ja neuromuskulaarne kontroll pole oluline ainult keha stabiilses asendis hoidmiseks, vaid ka suunamuutusi nõudvate tegevuste juures. Efektiivne posturaalkontroll sõltub motoorsest võimekusest ning keha liikumist ja asendit kajastatavate retseptorite aferentse tagasiside tõhususest. Jalgpallimängus on palju suunamuutusi, kiirendusi ja pidurdusi, kus keha asetus tasakaalupinnas on kriitilise tähtsusega. Seega määrab edukuse palliväljakul suuresti indiviidi võime ja teadlikkus oma keha asendit kontrollida.

Jalgpalli mängu käigus hakkab jalgpalluritel väsimus kuhjuma kohe pärast kehalise koormuse algust, mis mõjutab sensoorse informatsiooni adekvaatsust ja seeläbi lihase kontraktiilseid omadusi. See mõjutab omakorda keha asendi kontrollimise (posturaalkontrolli) võimet, mis muudab kogu väljakul sooritatava tegevuse aeglasemaks ja muudab keha vigastustele vastuvõtlikumaks.

Lihaskõuet ja -vastupidavuse mõju sportlikule saavutusvõimele on jalgpalluritel suur. Vähem selge on lihaskõuet ja -vastupidavuse efekt posturaalkontrollile ning vigastuste riskile. Väsimuse mõju posturaalkontrollile on küll uuritud, kuid ühtsele seisukohale meetodika ja tasakaalu karakteristikute osas pole jõutud. Võimalik, et nii see jääbki, sest keha väsimus-seisundit võib esile kutsuda mitmeti ja erinevaid energiasüsteeme koormavatele tegevustele reageerib posturaalkontroll erinevalt.

Spordivaldkonnas on uurimistööd keeruline teostada, kuna enamikke spordialaspetsiifilisi liigutusi ja funktsionaalsust pole võimalik labori tingimustes korrata. Seega, tuleb leida lahendus testimis-metoodikates, mis võtab arvesse spordialaspetsiifilist tegevust. Vaja on teha kindlaks, kuidas spetsiifilised koordineeritud liigutused koos südame-veresoonkonna vastupidavusega tekitavad eri tasanditel väsimust, mis võib avaldada negatiivset mõju posturaalkontrolli mehhanismidele.

Antud töö eesmärgiks oli selgitada erinevat tüüpi füüsiliste koormuste mõju posturaalkontrollile. Selleks võrreldi ja analüüsiti eraldi aeroobse-anaeroobse ja anaeroobse energiasüsteemi koormatuse mõju keha posturaalkontrollile.

Jalgpallitreeningutes kasutatakse propriotseptsiooni ja koordinatsiooni arendavaid harjutusi, aga vajab selgitamist, mis tüüpi treeningutes ja millistes tingimustes on

nende kasutamine efektiivseim. Kuna enamik mitte-kontakvigastusi tekivad väsimusseisundis, oli töö laiem eesmärk aidata kaasa treeningute planeerimisele vigastuste riski vähendamise seisukohalt. Seda foonil, kus füsioterapeutide roll jalgpalliklubide juures, aga ka teistel spordialadel, treeningprotsessi planeerimisel ja läbiviimisel üha kasvab.

1. Kirjanduse ülevaade

1.1. Jalgpalli füsioloogia

Jalgpalli mängus põhineb mängijate lihastegevus peamiselt aeroobsel ainevahetusel. Sõltuvalt positsioonist jääb tipp-tasemel mängu jooksul läbitud distants 10,5 km ja 11,8 km vahele (Dellal *et al.*, 2011) ja keskmine tööintensiivsus 90-minutilises jalgpallimängus on ligilähedane anaeroobsele lävele (kõrgeim tööintensiivsus, kus laktaadi tootmine ja eemaldamine on võrdsed; jalgpalluritel on see tavaliselt 80-90 % südame löögisageduse maksimumist). Kõrgemat keskmist intensiivsust on pikema aja vältel laktaadi kuhjumise tõttu füsioloogiliselt võimatu hoida. Loomulikult on mängus kõrge intensiivsusega episoodide ja situatsioone, kus laktaadi kuhjumine aset leiab. Seetõttu vajavad mängijad lihastest laktaadi eemaldamiseks ja kreatiinfosfaadi resünteetamiseks madala intensiivsusega tegevusi (Stølen *et al.*, 2005). Mängu jooksul sooritab iga mängija aktiivse tegevuse 4-6 sekundi järel. 90-minuti jooksul teeb see kokku 1000-1400 tegevust, kus kõigis on äärmiselt olulised tasakaal ja posturaalkontroll (Mohr *et al.*, 2003). Seejuures tuleb mängu intensiivsematel perioodidel sooritada kõrge intensiivsusega tegevusi keskmiselt 30 sekundilise intervalliga. Olenemata mängutasemest väheneb kõrge tempoga jooksmine viimase 15 minuti jooksul esimese 15 minutiga võrreldes 18 % (Di Mascio *et al.*, 2013).

Kuigi energiatransporti domineerib mängu ajal aeroobne ainevahetus, sooritatakse kõige otsustavamad tegevused anaeroobse ainevahetuse tingimustes, sest lühikeste spurtide, kahevõitluste ja hüpete ajal on domineerivaks just anaeroobne energia vabastamine (Wragg *et al.*, 2000).

1.2. Tasakaal

1.2.1. Tasakaalu definitsioon

Keha tasakaal on kompleksne funktsioon, mis hõlmab arvukaid närvi- ja lihassüsteemi talitusega seotud protsesse, mille ülessandeks on võime säilitada ja kontrollida raskuskeskme (KRK) asendit vastavalt toetuspinnalet. Motoorsel kontrollil

on tasakaalu saavutamisel peamine roll, mida omakorda juhib kesknärvisüsteem (Gandevia, 2001).

Keha posturaalkontrollil on keskne roll peaaegu kõigil spordialadel, olgu see siis kas stabiilset asendit nõudev laskmine, keerulisi liigutusi sisaldav sportvõimlemine või jõulisi dünaamilisi võtteid sisaldav maadlus. Pallimängud on kombinatsioon erialastest oskustest, lihasjõust ja -vastupidavusest, ning strateegilisest mõttetööst ja otsustest (Horak, 2006).

Tasakaal on KRK vertikaalselt säilitamise protsess toepinnal, mis sõltub visuaalsest, vestibulaarsest ja somatosensoorsest süsteemist, millelt saadud info põhjal viiakse täide sujuvad ja koordineeritud neuromuskulaarsed tegevused. (Nashner, 1993). Tasakaal on omakorda osa laiemast liigutuste koordineerimise mõistest (Hahn *et al.*, 1999).

Keha tasakaalu teostavad süsteemid on:

1. Sensoorne (visuaalne, vestibulaarne, somatosensoorne);
2. Motoorne (liigutused ja nende koordinatsioon);
3. Tunnetuslik (sensoorne adaptatsioon, tähelepanu);
4. Skeleti-lihassüsteem (lihasjõud ja liigeste liikuvus) (Horak, 2006).

1.2.2. Staatile, pool-dünaamiline ja dünaamiline tasakaal

Posturaalkontrolli näitajaid kasutatakse neuromuskulaarse funktsiooni määratlemiseks. Tasakaalu võib liigitada staatiliseks ja dünaamiliseks (Winter *et al.*, 1990) ning loetellu võib lisada ka pool-dünaamilise tasakaalu. Staatile tasakaal on kehaasendi säilitamine minimaalse liikumisega, pool-dünaamiline kehaasendi säilitamine liikaval toetuspinnal või KRK liikumine stabiliseeritud toepinnal ja dünaamiline on stabiilse tasakaalu asendi säilitamine ettenähtud liigutustegevuse juures (Gribble ja Hertel, 2004).

Staatile tasakaal on eelduseks edukale dünaamilist tasakaalu nõudvale sooritusele. Jalgpalli mängides kasutatakse dünaamilist tasakaalu palli söötes, söötu vastu võttes ja lüües ehk ühel jalal sooritatavatel liigutustel, mis toimuvad väljaspool toetuspinda. Üldistest väljakul sooritatavatest tegevustest vajavad head dünaamilist tasakaalu

jooksmine, suunamuutused ja hüpped, kus jala asend toepinnal muutub. Pool-dünaamiline tasakaal on kasutusel kükkides ja teistes kohapeal sooritatavatel liigutustes, milleks võib teatud tingimustes olla ka palli söötmine (Delforge, 2002). Bressel *et al.* (2007) võrdlesid uuringus jalgpalli teiste spordialadega ning jalgpallurid näitasid nii staatilises kui ka dünaamilise tasakaalu parameetrites võimlejatega sarnaseid tulemusi. Seejuures saadi mõlemas kriteeriumis korvpalluritest paremad tulemused, mida võib seletada rohkemate ühel jalal teostavate tegevustega.

1.2.3. Posturaalkontroll ja osavus

Posturaalkontrolli peetakse kompleksseks motoorseks oskuseks, mis toimib erinevate sensomotoorsete protsesside koostöö tulemusena. Posturaalkontrolli kaks peamist funktsionaalset eesmärki on keha suund ja keha tasakaal. Keha suuna all mõistetakse keha asetuse ja lihastoonuse aktiivset kontrolli, mis oleneb gravitatsioonist, toepinnast, visuaalsest ümbrusest ja lihastevahelisest koordinatsioonist. Posturaalkontrolli ruumiline suund seisneb somatosensoorse, vestibulaarse ja visuaalse süsteemi poolt kogutud sensoorse informatsiooni tõlgendamisel. Keha tasakaal sisaldab nii enesealgatuslike kui ka väliste mõjutuste tagajärjel ümber paiknenud massikeskme stabiliseerimist läbi sensomotoorsete strateegiate koordineerimise (Horak, 2006).

Tasakaalule mõju avaldavad tegurid:

- Välistes – kehale mõjuvad jõud (partner, vastane, ilmastikuolud); toepinna suurus, ja selle asukoht ruumis; keha raskuskeskme asukoht toepinna suhtes.
- Sisemised – lihased; närvisüsteem; vestibulaarsüsteem (Manske, 2006).

Stabiilses vertikaalasendis (staatiline tasakaal) on vaja posturaalkontrolli säilitamiseks hoida KRK vertikaalsuunaline projektsioon toepinna sees. Liigutustegevuse tasakaal (dünaamiline tasakaal) on palju keerulisem protsess, kuna see eeldab stabiilsuse säilitamist keha erisuunalistel liikumistel (Assaiante ja Amblard, 1995).

Zech *et al.* (2012) on öelnud, et staatilise tasakaalu tajumisel ja säilitamisel omab olulist rolli alajäsemete liigete somatosensoorne tunnetus. Samad tegurid võivad

aidata kaasa ka dünaamilisele posturaalsele mehhanismile, kuid lisaks võivad määravaks saada ka alajäseme jõud ja hüppe-, põlve- või puusaliigese liikuvusulatus.

Posturaalkontrolli käsitledes tuleb ära märkida ka keha keskosa (*core*) stabiilsuse ja neuromuskulaarse kontrolli funktsiooni olulisus osavust ja suunamuutusi nõudvate tegevuste juures. Heaks näiteks on siinkohal erinevad pallimängud, kus on tähtis sportlase teadlikkus ja võime kontrollida oma KRK osavust nõudvate tegevuste juures (Yaggie ja Campbell, 2006). Alajäsemete korrektse biomehaanika ja efektiivsetel suunamuutustel, kiirendustel ja pidurdustel olulise jõuülekande jaoks on sportlase jaoks tähtis säilitada keha keskosa stabiilsus. Näiteks jalgpallis tuleb korduvalt sooritada suunamuutusi, mille käigus tuleb viia KRK tugipinnale lähemale ja liikumissuuna vastassuunda. Lisaks tuleb pöörata õla- ja puusavöödet ning põlveliigese vigastuse vältimiseks muuta jalgade asendit. Edasi tuleb suruda jalgadega maapinda selliselt, et toereaktsiooni resultant liiguks toetuspinnalt läbi KRK, mis tagab efektiivse jõurakenduse uues suunas liikumiseks. Seega on erinevaid kehaosaid funktsionaalselt ühendavatel kerelihastel jalgpalli mängu juures oluline roll (Kibler *et al.*, 2006).

Propriotseptsiooni arendamisega tuleb olla siiski ettevaatlik, mida tõestas Cressey *et al.* (2007) jalgpalluritega teostatud uuring, kus eksperimentaalgrupp teostas hooajaeelse ettevalmistuse jõuprogrammi ebastabiilsel pinnal ja kontrollgrupp tasasel maapinnal. Kontrollgrupil oli võrreldes eksperimentaalgrupiga jõunäitajates ja jooksutulemustes areng statistiliselt oluliselt suurem. Siit järeldati, et tasakaalu arendamine on oluline nii taastusravis kui ka vigastuste ennetamisel, aga jõunäitajate ja üldise füüsilise konditsiooni arendamisel saab paremaid tulemusi siledal pinnal treenides, sest nii toimub jõu areng ainult soovitud suunas ja antagonistidena töötavate lihaste aktivatsioon on väiksem kui ebatasasel pinnal treenides (Cressey *et al.*, 2007).

1.2.4. Liigutuslikud strateegiad posturaalkontrollis

Posturaalkontrolli säilitamiseks on oluline teatud liigutusstrateegia kasutamine vastavalt olukorrale. Seistes on keha tasakaaluasendi säilitamisel kolm peamist liigutusstrateegiat: kahe puhul hoitakse jalad paigal (hüppeliigese- ja puusastrateegia)

ja tasakaal saavutatakse kehasendi korrigeerimisega ning ühe puhul (astumisstrateegia) muudetakse astumisega keha toetuspinna asukohta. Hüppeliigesestrategieid kasutatakse kõige rohkem tasasel pinnal seismisel ja selle puhul liigub keha hüppeliigesest nagu ümber pööratud pendel. Puusastrateegia seisneb KRK liigutamises ette (puusast sirutus) või taha (puusast painutus) ja kasutatakse siis, kui tekib vajadus KRK kiiremaks liigutamiseks või seistakse kitsal, pehmel või liikuval pinnal (Winter, 1995). Astumisstrateegiaid kasutatakse kõndimisel, mille puhul jalg asetatakse teadlikult KRK alla, või juhtudel, kus kaotatakse tasakaal ja jalgu pole võimalik paigal hoida (Horak, 2006).

Tasakaalu hea säilitamise võime ja spordivigastuste vaheline seos on mitmete autorite poolt tõestust leidnud (McGuine *et al.*, 2000; Söderman *et al.*, 2000; Tropp *et al.*, 1984), nagu ka soojenduseks tehtavate ennetusprogrammide efektiivsus, mis vähendavad raskete vigastuste esinemise tõenäosust kuni 50 % ja kergete vigastuste tõenäosust kuni 30 % võrra (Soligard *et al.*, 2010; Junge *et al.*, 2011; Emery ja Meeuwisse, 2010). Lisaks on leitud ka tasakaalu positiivne seos jalgpallis plahvatuslikku jõudu nõudvate tegevustega, mis omakorda annab mängijale eelduse olla väljakul edukam (Erkmen *et al.*, 2010). Jalgpallis on eriti oluline võime ühel jalal tasakaalu hoida, mis kajastub näiteks palliga söötude ja löökide sooritamisel. Siin on tõestatud (Paillard *et al.*, 2006) kõrgemal tasemel võistlevate mängijate paremust madalamal tasemel pallivate kolleegidega võrreldes. Siiski, Paillard'i 2006. aasta uuringus jäi õhku küsimus, kas parem kehahoiu kontroll tulenes loomulikust eelsoodumusest või suuremast treeningute hulgast.

Seoses jalgpalli populaarsuse ja sellega tegelevate inimeste arvu kasvuga on üha rohkem hakatud tähelepanu pöörama vigastuste ennetusele. Näiteks Šveitsi kindlustusseltsid olid suuremahulise uuringu toetajateks, kuna oldi mures vigastuste tõttu tehtavate suurte väljamaksete pärast (Junge *et al.*, 2011). Vigastuste ennetusele suunatud programmide efektiivsuse teemal on teostatud uuringuid nii professionaalsete mängijate (Owen *et al.*, 2013; Gioftsidou *et al.*, 2012) ja amatööride (Junge *et al.*, 2011) kui ka meeste, naiste (Söderman *et al.*, 2000) ja noorte (Emery ja Meeuwisse, 2010) peal. Teostatud uuringud on valdavas enamuses tõestanud vigastusi ennetavate programmide efektiivsust treeningprotsessis. Gioftsidou *et al.* (2012) teostatud uuring näitas tasakaalutreeninguid teostanud eksperimentaalgrupi

posturaalkontrolli paranemist võrreldes tavalist rutiini jätkanud kontrollgrupiga, kui jalgpallitreening oli sama ülesehitusega.

Kehahoiu kontrolli säilitamine ja tasakaal mõnes konkreetsetes asendis või liikumisel on füüsilise aktiivsuse aluseks. Somatosensoorne, visuaalne ja vestibulaarsüsteem, aga ka lihastegevus on kehahoiu kontrolli säilitamise olulised osad. Sensorse informatsiooni osakaal kehahoiu kontrollil sõltub keskkonnast ja liigutuslikest eesmärkidest. Seistes hea valgustusega ruumis rahulikult kindlal alusel sõltub terve inimese tasakaal somatosensoorsest sisendist 70 %, vestibulaarsest 20 % ja visuaalsest sisendist 10 % ulatuses (Horak, 2006). Kui ühes eelpoolnimetatud süsteemi talitluses peaks ilmuma probleem, siis kompenseerivad selle teised kaks ja tasakaal säilib. Ehk kui võtta inimeselt visuaalne võime kehaasendi organiseemiseks, jäävad vestibulaarne ja proprioretseptiivsed allikad ainsateks kehahoidu reguleerivateks sensorse informatsiooni kandjateks. Ebastabiilsel pinnal halvatakse jällegi somatosensoorne info ja põhiliselt peab toetuma visuaalsele ja vestibulaarsel informatsioonile (Vuillerme *et al.*, 2005). KNS töötleb pidevalt erinevate kehaosade asendeid kajastavat sensorset informatsiooni, hoides KRK toepinna kohal ning säilitamaks ja leidmaks erinevate kehaosade soovitud asendid üksteise ja ümbritseva keskkonna suhtes nii, et tekitatud lihasjõud oleks vastavuses tasakaalu häirivate jõududega (Amir *et al.*, 1995).

1.2.5. Tasakaalu hindamine

Teadusuuringutes ja kliinilises keskkonnas on seismistasakaalu erinevate komponentide hindamiseks vaja võimalikult usaldusväärseid mõõtmisüsteeme. Seetõttu on töötatud välja erinevaid süsteeme, mis sobivad vastavalt vajadusele (Visser *et al.*, 2008). Hindamismeetodid võib jagada funktsionaalseteks ja tehnoloogilisteks. Funktsionaalsetel hindamismeetoditel, nagu ühel jalal seismise test, flamingo test ja istest tõusu ja kõnni test, on otsene seos inimese funktsionaalsete võimetega ja neid kasutatakse enamasti kliinilistes tingimustes (Oh *et al.*, 2011). Tehnoloogilistel meetoditel on uuringuid läbi viia keerukam, aga need on tundlikumad ja annavad tasakaalu parameetrite osas täpsemat informatsiooni. Meetodi valikul tuleb lähtuda eelkõige eesmärgist. Kuna käesoleva töö eesmärgiks oli keha

kõikumise karakteristikute uurimine kineetilisest aspektist, siis kasutati uuringus laboritingimustes teostatavat stabilomeetriat (Visser *et al.*, 2008).

Stabilomeetria on dünamomeetrilise platvormi abil inimese keha surjetsentri (KST) salvestamine ja põhjalik analüüsimine mehhaanilise kõikumise elektriliseks signaaliks muutmise ja selle signaali võimendamise kaudu (Terekhov, 1976). See teeb võimalikuks ka tasakaaluplatvormil kehahoiu kontrolli hindamise (Amir *et al.*, 1995).

Erinevate stabilomeetriliste uuringute võrdlemine on küllaltki keerukas, sest tasakaalu biomehaanikat iseloomustavaid karakteristikuid on palju ja puudub ühine seisukoht, milliseid parameetreid standardseteks pidada (Vieira *et al.*, 2009; Kooij *et al.*, 2011). Enamasti peetakse informatiivseks kiirusega seotud karakteristikute määramist, sest need annavad objektiivsemat informatsiooni kui keha ümberpaiknemisega seotud karakteristikud. Sellegipoolest tehakse lõppkokkuvõttes eelistus ikkagi olenevalt konkreetsest testist (Visser *et al.*, 2008). Isegi juhul kui analüüsitakse samu KST parameetreid, nagu kõikumise kiirus ja pindala (*area of sway*), on uuringute erinevate ülesehituste tõttu saadud tulemuste võrdlemine keeruline. Erinevused ilmnevad testimissageduse, -kestvuse või erineva katsete arvu tõttu ja ka sellest, et kas testi eelnevalt harjutati või mitte (Slomka *et al.*, 2013).

Keha peamiseks mõjutavaks jõuks seismisel on raskusjõud, mille rakenduspunkt on vaagna piirkonnas asuv KRK. Inimese keha kõigub pidevalt ümber oma vertikaaltelje isegi näiliselt liikumatul seismisel. Keha kõikumine registreeritakse dünamomeetrilisel platvormil KST liikumise kaudu. KST liikumine iseloomustab keha segmentide liikumisel lihasaktiivsusest tulenevaid jõude summarselt (Rougier, 2008). Lafond *et al.* (2004) leidsid, et KST muutumine on kõige usaldusväärsem tasakaalu näitaja. Mitteinstrumentaalse dünaamilise tasakaalu testi (SEBT), hüppe järgselt stabiliseerumise aja mõõtmised või tasakaalu halvenemise punktiskaala kasutamine (BESS) on posturaalkontrolli dünaamiliste andmete mõõtmise seisukohalt ülesandekesksed ja ei pruugi mõõta posturaalkontrolli komponente võrdselt (Clark *et al.*, 2010). Sellegipoolest kasutatakse tihtipeale väsimuse tingimustes nii staatilise kui ka dünaamilise posturaalkontrolli teste sensomotoorse funktsiooni muutuste kirjeldamiseks, nagu seda tegid Zech *et al.* (2012), kelle poolt teostatud uuring näitas väsimuse mõju KRK kõikumisele, aga SEBT tulemused jäid koormuseelsele tasemele.

1.3. Väsimus

1.3.1. Lihasväsimus

Väsimust saab käsitleda nii kehalise koormuse tagajärjena kui ka organismi kaitsemehhanismina üleliigse koormuse vastu (Noakes, 2000). Väsimus ilmneb korduval või kauakestval lihastegevusel ja kaasneb sageli kehalise aktiivsusega, aga ka igapäevaste toimetustega. Kindlasti tuleb eristada vaimset ja kehalisest aktiivsusest tingitud väsimust. Neist viimast nimetatakse lihasväsimuseks ja selle uurimine käsitleb motoorse süsteemi talitluse ja lihaste jõu genereerimisvõime languse põhjuste selgitamist (Gandevia, 2001).

Väsimusena kirjeldatakse maksimaalse lihasvõimsuse langust ja erinevalt kurnatusest on seda võimalik ilma märgatava soorituse languseta vaadelda submaksimaalsetel tasanditel. Siiski peab väsimust hindama ka positiivsest vaatenurgast, sest tegemist on organismi kaitsereaktsiooniga ülemäärase koormuse vastu, mis aitab säilitada lihaskiudude terviklikkust ja funktsiooni (Williams ja Ratel, 2009). Väsimus muudab kontraktsiooni efektiivsust ekstrasüaalses lihaskiududes ja halvab lihaskäavidest tuleva aferentse informatsiooni, mis lõppkokkuvõttes muudab neuromuskulaarset kontrolli (Gribble *et al.*, 2012). Lihasväsimust võib üldiselt iseloomustada kui neuromuskulaarse võime alanemist lihasvõimsuse tootmisel. Tahteline lihasaktiivsus koosneb mitmest protsessist, mis algavad kortikaalse kontrolliga ajus ja lõppevad lihaskius ristsillakestega. Vabatahtlik lihaskontraktsioon hõlmab mitmeid protsesse, mis algavad kesknärvisüsteemist ning lõppevad aktiini ja müosiini filamentide lähenemisega. Seetõttu võib lihasväsimus olla tingitud ükskõik millisest lihaskontraktsiooni protsessi osast (Johnston *et al.*, 1998).

Väsimus on oluline põhjus lihasvigastuste tekkimisel. Erinevad uuringud on märkinud vigastuste põhjustena varasemaid vigastusi (Horak *et al.*, 1990), anatoomilisi karakteristikuid (Hewett *et al.*, 2001) ja neuromuskulaarseid ja sensomotoorseid kahjustusi (Plisky *et al.*, 2006). Eelnevat arvesse võttes võib väita, et füüsiline väsimus vähendab neuromuskulaarset ja sensomotoorset kontrolli ning nende häirete ilmnemine suurendab alajäseme vigastuse ohtu (Zech *et al.*, 2012). Hawkins ja Fuller (1999) ja Ekstrand *et al.* (2011) leidsid oma uurimustöodes, et jalgpallis esinevad vigastused enamjaolt poolaegade viimastel minutitel. Seega võib väita, et füüsiline

väsimus halvendab neuromuskulaarset ja sensomotoorset kontrolli, mis omakorda näitab tugevat seost vigastuse esinemise ohu ja lihasväsimuse vahel.

1.3.2. Väsimuse mõju posturaalkontrollile

Väsimust põhjustaval koormusel on mõju ka posturaalkontrollile, mille säilitamine ja mõnes konkreetses asendis või liikumisel on füüsilise aktiivsuse aluseks. Somatosensoorne, visuaalne ja vestibulaarne süsteem ning lihasaktiivsus on kehahoiu kontrolli säilitamise olulised faktorid. Tänu neile on inimesel võimalik säilitada erinevate kehaosade soovitud asendid üksteise ja ümbritseva keskkonna suhtes ja hoida ülesannet sooritades KRK toepinna kohal. Samas, ükskõik millised häired nimetatud süsteemide töös, halvavad tasakaalu säilitamist (Amir *et al.*, 1995).

Rääkides füüsilisel koormusel ilmnevatest posturaalkontrolli mõjutavatest piirangutest, siis on olulisimaks ilminguks lihasväsimus, mis mõjutab perifeerset proprioretseptiivset süsteemi ja ka jõu genereerimise võimet. Seejuures tuleb kehaasendi muutustele reageerimiseks olulisim kasutatav informatsioon proprioretseptoritelt (Vuillerme *et al.*, 2005).

Kuigi on teada, et suur füüsiline väsimus mõjutab keha staatilist tasakaalu, on endiselt küsitav, kui suures osas mõjutab see dünaamilisi, spordiga seotud situatsioone (Gandevia, 2001). Zech *et al.* (2012) käsipalluritega teostatud uuring näitas, et ehkki väsimus mõjutas staatilist kehahoidu iseloomustanud KST kõikumise kiirust, siis SEBT-ga hinnatud tasakaalu saavutamise eest vastutavad sensomotoorsed mehhanismid jäid peamiselt muutumatuks. Jõuti järeldusele, et tervete sportlaste posturaalkontrolli hindamisel ainult staatilise kõikumise andmete kasutamine ei pruugi olla piisav sensomotoorse kontrolli põhistest väidetest veenvate järelduste tegemiseks.

1.3.3. Lokaalne ja üldine lihasväsimus

Laialt on levinud arusaam, et väsimus tekib keskmise või kõrge intensiivsusega harjutuste käigus, kui kardiorespiratoorse süsteemi võime varustada lihaseid hapnikuga jääb alla lihaste vajadusele ja käivitab anaeroobse ainevahetuse (Noakes,

2000), aga oponendid on sel teemal säilinud ja ühene vastus puudub siiaani (Gurav ja Naik, 2013). Kindlasti sõltub väsimuse suurus töö iseloomust ning kaasatud lihaste ja töösse haaratud mootorsete ühikute hulgast (Enoka ja Stuart, 1992).

Selge on see, et lihasväsimuse kohta kehtib koormusest sõltumise printsiip, mis tähendab, et tervel inimesel ei eksisteeri ühest väsimust põhjustavat tegurit ja domineeriv mehhanism sõltub hetkel sooritatavast kehalisest koormusest ja intensiivsusest (Barry ja Enoka, 2007). Harjutus lõpetatakse lihase pH taseme tõusu, kaaliumi puuduse, glükogeeni varude vähenemise, lihaseväliste rasvavarude kasutamise võimetuse või hingamislihaste väsimise tõttu (Gandevia, 2001).

Mida suurem on töösse kaasatud mootorsete ühikute arv, seda rohkem organsüsteeme tuleb koormusega toime tulemiseks töösse rakendada. Kui lokaalse lihastöö puhul peituvad peamised väsimuse põhjused närvi-lihassüsteemis, siis üldise lihastöö puhul mõjutab väsimust tugevalt ka näiteks hormonaalne-, respiratoorne- ja vereringesüsteem (Gandevia, 2001).

Lokaalse väsimuse mõju tasakaalule käsitletud uuringute tulemustest järeldub, et tasakaalu säilitamiseks pole oluline ainult proprioretseptiivne informatsioon kehahoidu tagavatest lihastest, vaid kehahoiu kontrolliks on oluline paljude üle keha paiknevate proprioretseptorite osalus (Yaggie ja McGregor, 2002; Wilson *et al.*, 2006). Peamine posturaalkontrolliks vajalik proprioretseptiivne informatsioon tuleb siiski puusa ja kere piirkonnas (Kibler *et al.*, 2006).

1.3.4. Tsentraalne ja perifeerne lihasväsimus

Väsimus on kombinatsioon tsentraalsetel ja perifeersetel tasanditel ilmnevatest füsioloogiliste mehhanismide häiretest, mis tingib alandatud mootorset kontrolli (Noakes, 2000). Lihasväsimuse keskne komponent on närvisüsteemi võimetus lihaseid maksimaalselt aktiveerida. Selle üheks osaks on harjutuse käigus tekkiv supraspinaalne väsimus, mis omakorda põhjustab motokorteksi erutuvuse pidurdumise ja languse alla optimaalse taseme ning tingib olulised muutused kortikospinaalses ühenduses motoneuronitega. Kuna supraspinaalne väsimus tekib harjutuse käigus, siis esineb olulisi impulsi ülekannet inhibeerivaid muutusi ka motokorteksis ja kortikospinaalses ühenduses motoneuronitega (Petersen *et al.*, 2003).

Kõik see võib lõpuks viia kurnatuseni, mis tähendab suutmatust harjutust jätkata (Gandevia, 2001). Supraspinaalset väsimust hinnatakse transkraniaalse magnetstimulatsiooni teel, kui kallutatakse peaaju koore motoorsete keskuste aktiivsust ja seeläbi motoorsete ühikute rekruteerimist (Gandevia ja Taylor, 2006).

Perifeerne komponent sisaldab neuromuskulaarse ülekande muutusi, mis tingib lihaste innervatsiooni vastuvõtu pidurdumise. See on määravaks lihasväsimuse kujunemisel, mida inimene tunnetab jõu genereerimise võime häirumisena. Tsentraalne väsimus kaitseb omakorda organismi kurnatuse tekkimise eest, kui piirab läbi innervatsiooni vähendamise lihase energiakulu ja kontraktsioonijõudu (Gandevia, 2001).

Vabatahtlikult sooritatud väsitav harjutus või ülesanne põhjustab perifeerset ja/või tsentraalset väsimust, mille füsioloogiliseks tagajärjeks on perifeersed häired töötavates lihastes ja/või KNS ei suuda küllaldaselt motoneuroneid kasutusse võtta. (Gandevia, 2001). Lisaks kaasneb kehalise koormusega glükogeeni varude ammendumine, metaboliitide kuhjumine ja mikrotraumade tekkimine lihastes. Need neuromuskulaarse süsteemi häired toovad endaga kaasa muutused lihasjõus ja neuromuskulaarses kontrollis (liigesliikuvus ja liigutuste kiirus), millel võib kõigil olla negatiivne mõju posturaalkontrollile (Enoka ja Stuart, 1992).

Lihaväsimus võib vähendada liigete propriotseptiivseid ja liigutuslikke omadusi läbi aferentse tagaside häirumise, mille käigus kõõlusorganite Ib aferendid liituvad inhibeerivate interneuronitega, mis vähendavad sama lihast innerveerivate α -motoneuronite aktiivsust. Ib inhibeerivad interneuronid saavad sisendi ka teistelt sensorsetelt kiududelt ja alanevatelt juhteteedelt. See mehhanism aitab lihasel vältida üleliigset pinget tekkimist, tekitades defitsiidi neuromuskulaarses kontrollis (Purves *et al.*, 2001).

Kehahoiu kontroll on kompleksne protsess, mis sõltub mehhano-, vestibulaar- ja visuaalretseptoritelt pärinevast propriotseptiivsest stiimulist. Saamaks sobivat motoorset vastust, töödeldakse kõik need signaalid kesknärvisüsteemis. Seejärel liigub informatsioon edasi erinevatele motoorse kontrolli tasemetele: aju, ajutüvi ja kõrgemad keskused (väikeaju, basaalganglionid ja motokorteks) (Hiemstra *et al.*, 2001).

Kurnava aeroobse koormuse järgselt kasutatakse motoorse süsteemi poolt koormuseelselt loodud ennetavaid posturaalseid mustreid. Ennetaval aktiveerumisel näitasid kerelihased, aga eriti paraspinaalsed lihased, suuremat aktiveerimissagedust kui jalalihased (Strang *et al.*, 2008). Teatud piirini on võimalik sensoorse sisendi ja motoorse väljundi funktsiooni halvenemist kompenseerida, aga niipea kui on tekkinud tsentraalne väsimus, pole posturaalkontrolli häirituse kompenseerimine enam võimalik (Paillard, 2012).

Väärib mainimist, et proksimaalsete ja alajäseme sirutajalihaste väsimus mõjutavad posturaalkontrolli enam kui distaalsete, käte ja painutajalihaste väsimus. Näiteks, kuna jooksmine ja hüppamine tekitavad tugevamaid ekstsentrilisi kontraktsioone kui rattasõit (ja teised spordialad, kus keha on toetatud), kahjustub tugevamalt ka propriotseptsiooni lihastes, kõõlustes ja liigestes. See omakorda tähendab, et jooksmine annab suurema eelduse erinevate posturaalsüsteemi mõjutavate sensorsete retseptorite mehhaaniliseks pidurdumiseks (Paillard, 2012).

1.4. Testid

1.4.1. Yo-Yo IR1 test

Yo-Yo testi näol on tegemist kasvava kiirusega joonejooksuga, mille saab kohandada vastavalt testitavate vanusele ja võimekusele. Testitud on nii 6-10-aastaseid lapsi (Bendiksen *et al.*, 2012), erinevas vanuses noorsportlasi (Deprez *et al.*, 2012) kui ka täiskasvanuid. Lisaks jalgpallile peetakse seda sobivaks ka korvpalluritele (Castagna *et al.*, 2008; Vernillo *et al.*, 2012) ja käsipalluritele (Souhail *et al.*, 2010). Krstrup *et al.* (2003) andmetel imiteerib Yo-Yo test edukalt jalgpallimängus esinevaid arvukaid intensiivseid, anaeroobses faasis toimuvaid tegevusi ja seda erinevalt VO₂max ja korduvate sprintidega testidest.

Käesolevas uuringus oli kasutusel standartne Yo-Yo *intermittent recovery test level 1*, mida on kasutatud väga palju jalgpallitreeningutes ja jalgpallialastes uuringutes. Tegemist on laialdaselt kasutusel oleva usaldusväärsuse ning valiidsa testiga, millel on leitud tugevaid korrelatsioone kõrge intensiivsusega jalgpallimänguga, mida soovitatakse kasutada noortel jalgpalluritel. Teisest laialt levinud Yo-Yo testi

modifikatsioonist, *IR level 2* testist, erineb see madalama alguskiiruse poolest (Castagna *et al.*, 2006).

Yo-Yo *IR1* test näitab võimet taastuda korduvatest tegevustest (kiirendus, pidurdus, suunamuutus), kus on suur osatähtsus nii anaeroobsel kui ka aeroobsel energiasüsteemil (Bangsbo *et al.*, 2008). Kuigi jalgpallimängus domineerib valdavalt aeroobne ainevahetus, toimuvad kõige otsustavamad tegevused enamasti anaeroobse ainevahetuse tingimustes. Lühikeste sprintide, hüpete ja kahevõitluste sooritamiseks ja võitmiseks on anaeroobse energia avaldumine otsustava tähtsusega ja tihtipeale saab see mängu lõpptulemuse juures määravaks (Wragg *et al.*, 2000).

Varasemad uuringud on näidanud, et kõrgemal tasemel sportlased saavutavad madalamal tasemel sportlastest paremaid tulemusi, mis on seletatav suuremate treeningtundide, kõrgekvaliteedilisema treeningu ja suurema mängutempoga (Ingebrigtsen *et al.*, 2012; Mohr *et al.*, 2003). Noorsportlastel paraneb tulemus ka vanusega. Yo-Yo test on lihtne ja valiidne võimalus saada olulist informatsiooni indiviidi võimest sooritada korduva kiirendusi (Castagna *et al.*, 2006).

1.4.2. Bosco 60-sekundi paigalt üleshüppetest

Bosco testi peetakse sobivaks sportlastele, kelle tegevus hõlmab korduvate alajäsemete lihase pikenemis-lühenemise tsüklite (*stretch-shortening cycles*) kasutamist hüppeliigutustel. Siia alla saab lugeda ka jalgpalli mängimise, kus toimuvad pidevad suurel kiirusel suunamuutused ja hüpped (Sands *et al.*, 2004).

Bosco testi põhjal saab hinnata nii kvalitatiivseid kui ka kvantitatiivseid jõu omadusi. Lisaks saab hinnata alajäsemete maksimaalset võimsust ja suhet kehamassi kohta ning võimsuse langust (väsimuse indeks). Bosco testi puhul mõõdetakse maksimaalse võimsuse suhe kehamassi kohta (W/kg) ja võimsuse langus protsentides. Lisaks mõõdetakse õhus oldud ja maaga kontaktis oldud aeg sekundites (s), jõu impulss, maksimaaljõud njuutonites, jõuimpulss njuutonsekundites ning hüpete arv. Ühtlasi võimaldab antud test kutsuda esile anaeroobse energiasüsteemi koormatust (Sands *et al.*, 2004), mis oli ka käesoleva töö eesmärk.

2. Eesmärk ja ülesanded

Käesoleva töö peamiseks eesmärgiks oli välja selgitada spordialaspetsiifilise treeningu mõju motoorse funktsiooni näitajatele ja posturaalkontrollile meesjalgpalluritel.

Eesmärgi saavutamiseks seati järgmised ülesanded:

— Hinnata koormuse eelselt domineeriva ja mitte-domineeriva jala tasakaalu näitajate erinevusi.

—Hinnata Yo-Yo *intermittent recovery test level 1* testiga esilekutsutava aeroobse-anaeroobse energiasüsteemi koormatuse akuutne mõju keha staatilisele tasakaalule.

—Hinnata Bosco 60-sekundi paigalt hüppetestiga esilekutsutava anaeroobse enegiasüsteemi koormatuse akuutne mõju keha staatilisele tasakaalule.

—Analüüsida ja võrrelda saadud tulemusi omavahel.

3. Metoodika

3.1. Vaatlusalused

Antud uuringu vaatlusalusteks olid 21 Jalgpalliklubi Tammeka jalgpallurit. Yo-Yo testil osales 10 poissi (keskmise $\pm$ SD vanusega $16 \pm 0,67$ aastat), kellest noorim oli 15 ja vanim 17 aastane. Antropomeetrilised näitajad olid: kaal $70,76 \pm 7,76$ kg, pikkus $178,14 \pm 5,61$ cm ja KMI $18,63 \pm 3,94$. Bosco hüppetestil osales 11 poissi (keskmise vanusega $16,91 \pm 0,83$), kellest noorim oli 16 aastane ja vanim 18 aastane. Antropomeetrilised näitajad olid: kaal $67,12 \pm 5,2$ kg, pikkus $177,85 \pm 5,63$ kg ja KMI $19,84 \pm 1,87$. Vaatlusaluste treeningstaaži ja –koormuse näitajad, vastavalt koormustestile, on toodud välja tabelites 1 ja 2. Mõlema grupi kõigi vaatlusaluste puhul oli domineerivaks parem jalg.

Uuringule eelnes intervjuu, kus märgiti üles vaatlusaluse treeningstaaž, treeningkoormused ja tervislik seisund. Kriteeriumiks oli vähemalt 4-aastane jalgpallistaaž. Uuringusse ei kaasatud vaatlusaluseid, kellel oli esinenud viimase 6 kuu jooksul vigastusi, mille tõttu oli treeningutelt puudunud üle ühe nädala. Vaatlusalused olid teadlikud uurimismeetoditest ning ergonoomilistest katsete sooritamise võtetest, mida eelnevalt ka harjutati. Lisaks allkirjastasid vaatlusalused uuringus osalemise nõusoleku lehe. Uuring toimus Tartu Ülikooli inimuuringute eetika komiteega kooskõlastatult, milles osalemise nõusolekut kinnitasid uuritavad oma allkirjadega.

Tabel 1. Yo-Yo testi vaatlusaluseid iseloomustavad näitajad.

n=10	vanus (a)	pikkus (cm)	kehamass (kg)	KMI (kg/m ²)	treeningstaaž (a)	treeningkoormus (h/nädalas)
Keskmine	16,00	177,85	67,12	18,63	8,90	8,10
SD	0,67	5,63	5,20	3,94	2,08	0,57

Tabel 2. Bosco testi vaatlusaluseid iseloomustavad näitajad.

n=11	vanus (a)	pikkus (cm)	kehamass (kg)	KMI (kg/m ²)	treeningstaaž (a)	treeningkoormus (h/nädalas)
Keskmine	16,91	178,14	70,76	19,84	8,82	8,00
SD	0,83	5,61	7,76	1,87	2,60	1,26

3.2. Uuringu korraldus

Uuring viidi läbi aastatel 2012-2013 Tartu Ülikooli kinesioloogia ja biomehaanika laboratooriumis ja Yo-Yo *IR1* test Tartu Ülikooli spordihoone spordisaalis.

Uuringu teostamise järjekord oli järgmine:

1. Selgitati eesootavate katsete iseloomu ja õpetati tehnikat ja võeti nõusolek uuringus osalemiseks.
2. Vaatlusalused täitsid ankeedi oma tervisliku seisundi, treeningstaaži ning – koormuste ja kehalise aktiivsuse kohta.
3. Uuritav teostas 15 minuti jooksul individuaalse soojenduse, kus ainsaks kriteeriumiks oli staatiliste venituste mitte-kasutamine.
4. Mõõdeti vaatlusaluste kasv Martini metallantropomeetriga (täpsusega ± 1 mm) ja kehamass (täpsusega $\pm 0,05$ kg), arvutati kehamassiindeks (kehamass/pikkus² (kg/m²)).
5. Sooritati esimene tasakaalutest (20 sekundit).
6. Testid:
 - a) Esimeses katses sooritati Yo-Yo test, kus läbiti tõusvas tempos edasi-tagasi joostes 20 meetriseid löike;
 - b) Teises katses sooritati 60-sekundi Bosco paigalt üleshüppetest.
7. Vahetult pärast testide sooritamist andis vaatlusalune vastavalt Borgi skaalale subjektiivse hinnangu oma väsimusele ja sooritas teise tasakaalutesti.
8. Testitav istus rahulikult toolil ja 15 minutit pärast jooksu või hüppetesti lõppu sooritati kolmas tasakaalutest.

3.3. Uurimismeetodid

3.3.1. Stabilmomeetria

Keha staatilise tasakaalu karakteristikute määramiseks kasutati dünamograafilist platvormi Kistler 9286A (Kistler Instrumente AG, Šveits, mõõtmatega 60 x 40 cm) ja salvestamiseks arvutiprogrammi „Sway— (BTS Bioengineering, Itaalia). Testitav pidi seisma ühel jalal tugijalg puusast ja põlvest 90-kraadises painutuses. Pilk pidi olema suunatud otse ette seinale silmade kõrgusele paigaldatud punktile, mis asus

vaatlusalusest 2 m kaugusel. KST kõikumine registreeriti 15 sekundi jooksul.

Katsetel määrati järgnevad KST parameetrid: KST kõikumise trajektoori pikkus (mm), raadius (mm) ja kiirus (mm/s).



Joonis 1. Tasakaalutesti sooritamine ühel jalal.

3.3.2. Yo-Yo IR1 test

Kõigepealt selgitati sportlastele testi metoodikat, demonstreeriti jooksu ja veenduti, et kõik said metoodikast aru. Yo-Yo test toimus TÕ spordihalli spordisaalis ja koosnes suurenevas tempos edasi-tagasi 20-meetrise lõigu jooksmisest. Pärast kahe lõigu jooksmist oli testitavatel 10-sekundiline puhkus, mille ajal läbiti jalutades 2x5 m. Seejärel jooksu jätkati. Algkiiruseks oli 10 km/h ja arvutikõlaritest kõlav signaal andis infot tempo kohta. Test kuulutati lõppenuks, kui testitav ei suutnud jõuda kaks korda järjest enne uut helisignaali esimese jooneni (objektiivne hindamine) või tundis, et ei jõua ette antud tempos jooksmist jätkata (subjektiivne hindamine). Lõpptulemuseks loeti läbitud distants, mille sisse arvestati ka viimane lõpetamata jäänud sirge (Krustrup *et al.*, 2003; Krustrup *et al.*, 2006).

3.3.3. Bosco 60-sekundi paigalt üleshüppetest

Bosco test viidi läbi ruudu-kujulisel 70 x 70 cm dünamomeetrilisel platvormil (PL-2). Testitavatel lasti sooritada 60 sekundi jooksul maksimumvõimsusega järjestikuseid

kiireid üleshüppeid. Seejuures pidi vaatlusalune enne järgmise hüppe sooritamist minema umbes 90-kraadisesse põlvepainutusse, mida enne testi sooritamist õpiti ja harjutati. Testi ajal jälgis läbiviija põlvenurka ja vajadusel käskis põlvenurka vähendada või suurendada. Samuti paluti testitavatel hoida ülakeha võimalikult sirgena ja lennufaasis pidid, adekvaatsete tulemuste saamiseks, olema põlved sirutatud. Testi ajal olid testitava käed puusadel, et vältida käte abi hüpetel. Parima tulemuse saavutamiseks ergutasid läbiviijad testi käigus testitavat (Bosco *et al.*, 1983).



Joonis 2. Bosco 60-sekundi paigalt üleshüppetest.

3.3.4. Väsimuse subjektiivne hindamine

Väsimuse hindamiseks kasutati katsealuste subjektiivset hinnangut enda väsimusastmele Borgi skaalal, millega on võimalik hinnata koormuse mõju väsimuse sümptomitele. Kasutati väärtusi 6-20, kus väiksem väärtus näitab väiksemat ja suurem väärtus suuremat sümptomite tunnetamist.

3.4. Andmete statistiline töötlus

Arvutati erinevate parameetrite aritmeetiline keskmine ja standardhälve ($\pm$ SD) ning korrelatsioonikoefitsient (r), kasutades Pearsoni korrelatsioonanalüüsi. Aritmeetiliste keskmiste hindamiseks kasutati Student'i t-testi. Olulisuse nivooks loeti $p < 0,05$.

3.4.1. Bosco 60-sekundi paigalt üleshüppetest

Kasutades hüpete arvu, õhulennu aega (t) ja kontaktiaega maaga (T) ning testi kestvust, saab Bosco hüppetestist arvutada mitmeid tulemusi.

- Hüppe kõrgus (h): iga vertikaalse hüppe kõrguse saab järgneva valemiga:

$$h = \frac{g \cdot t^2}{8} \quad (\text{m}).$$

- Hüpetel arendatav võimsus (W): võimsuse arvutamisel kasutatakse testi kestvust, mis antud juhul oli 60 sekundit, kuid mille sai jagada neljaks 15 sekundi pikkuseks ajavahemikuks, hüpete arvu (n), õhulennu aega (t).

Esimese 15 sekundi pikkuse ajavahemiku võimsus W_{0-15} avaldub kujul:

$$W_{0-15} = \frac{g \cdot 15 \cdot \sum_{i=1}^n t_i^2}{4 \cdot n \cdot (15 - \sum_{i=1}^n t_i)} \quad (\text{W/kg}).$$

- Väsimuse indeks (S): tekkivat väsimust saab arvutada võimsuse languse protsendi kujul, kasutades esimese 15 sekundi hüpete võimsuse W_{0-15} ja viimase 15 sekundi võimsuse W_{45-60} vahet.

$$S = \frac{W_{0-15} - W_{45-60}}{W_{0-15}} \cdot 100 \quad (\%).$$

4. Tulemused

4.1. Yo-Yo IR1 testi ja tasakaalukatsete tulemused

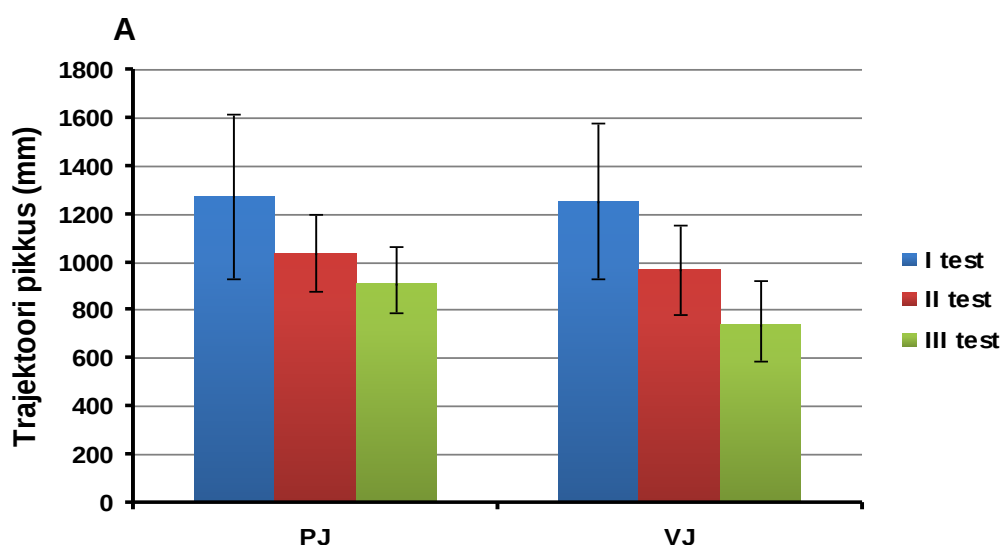
Yo-Yo IR1 testi käigus läbiti keskmiselt $1836 \pm 346,9$ m, milleks kulus aega $14,8 \pm 2,56$ min. Kaudsel teel arvutatud maksimaalne hapnikutarbimine oli seejuures $51,82 \pm 0,93$ mL/kg/min, mis arvutati Bangsbo *et al.* (2008) valemi järgi:

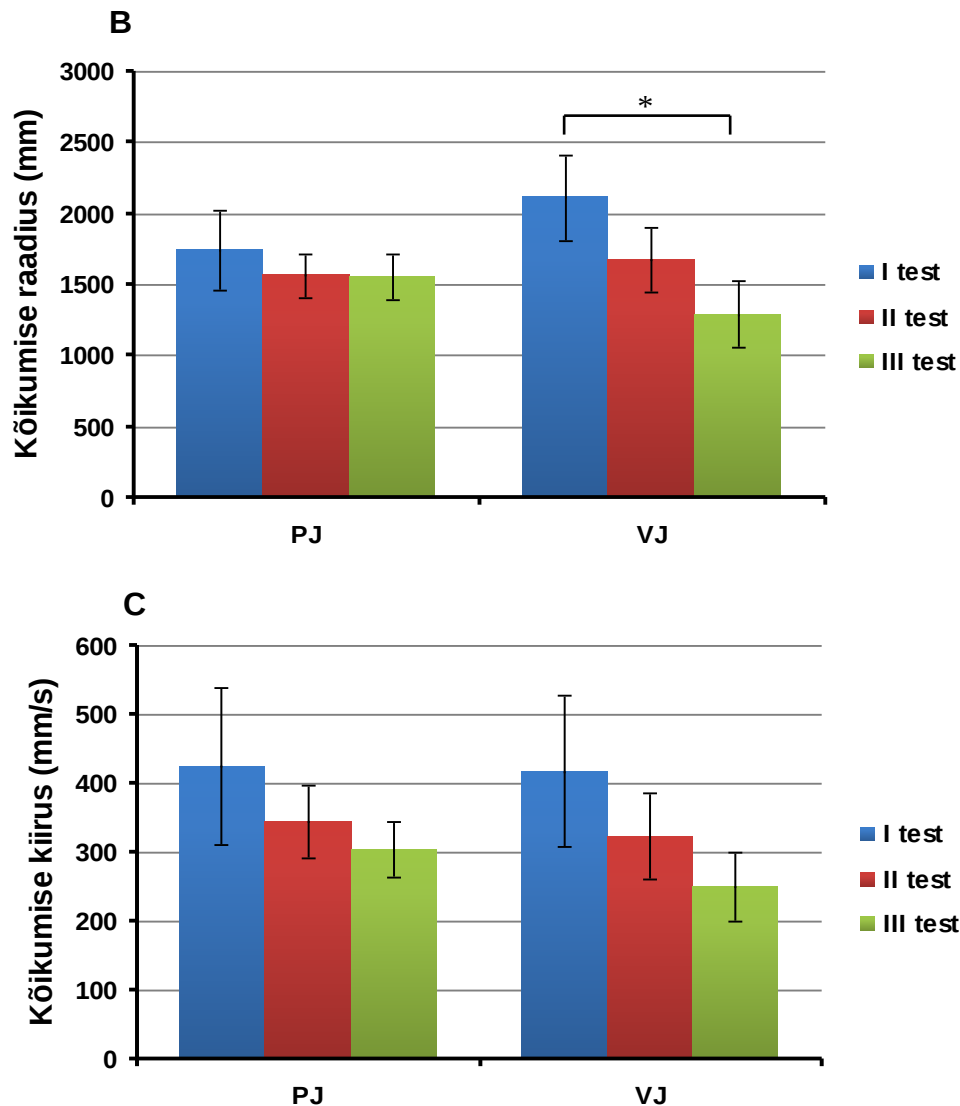
$$\text{VO}_{2\text{max}} (\text{ml/kg/min}) = \text{läbitud distantis (m)} \times 0,0084 + 36,4.$$

Tabel 3. Yo-Yo IR1 testi tulemused.

n = 10	Yo-Yo kestus (min)	Distants (m)	VO ₂ max (ml/kg/min)
KESKMINE ± SD	14,8 ± 2,56	1836,0 ± 346,9	51,82 ± 2,91

Yo-Yo testiga seotud tasakaalukatsetel (joonis 3) esines statistiliselt oluline erinevus ($p < 0,05$) ainult vasakul jala, KST kõikumise raadiuse esimese ja kolmanda katse vahel (Joonis 1B). Võib väita, et Yo-Yo test ei põhjustanud posturaalkontrollis negatiivseid muutusi, vaid oli märgata tendentsi posturaalkontrolli parameetrite paranemisele, kuid ülejäänud KST kõikumise näitajate muutused polnud statistiliselt olulised.





Joonis 3. KST kõikumise trajektoori pikkus (A), raadius (B), kiirus (C) enne Yo-Yo testi (I test), vahetult pärast Yo-Yo testi (II test), pärast 15 minutist puhkust (III test) (keskmine $\pm$ SE). Parem jalg (PJ), vasak jalg (VJ). * $p < 0,05$ võrreldes koormuseelse tasemega.

Nii parema jala kui ka vasaku jala puhul esines KST kõikumise raadiuse ja Yo-Yo testi distantssi vahel oluline positiivne korrelatsioon (PJ: $r = 0,83$; $p < 0,01$; VJ: $r = 0,72$; $p < 0,05$) (vt. Lisa 2). Mida parema Yo-Yo testi tulemuse saavutas vaatlusalune, seda suurema koormuse sai organism, seda suurem väsimus tekkis ja seda suurem oli KST kõikumise raadius. Eriti tugevat korrelatsiooni ($r = 1,0$) omasid kummalgi jalal seistes omavahel KST kõikumise kiirus ja pikkus, mida võib seletada asjaoluga, et suurenes ka kehaasendi korrigeerimise kiirus.

4.2. Bosco 60-sekundi paigalt üleshüppetesti ja tasakaalutestide tulemused

Bosco testi (tabel 4) käigus alanes hüpete võimsus kehamassi kohta (W/kg) lineaarselt ja väsimuse indeksina määratud 1. ja 4. veerandi vaheline võimsuse näitajate langus oli 36,2 %. Subjektiivselt hindasid vaatlusalused Borg'i meetodil koormust väga raskeks ($16,5 \pm 1,4$ palli).

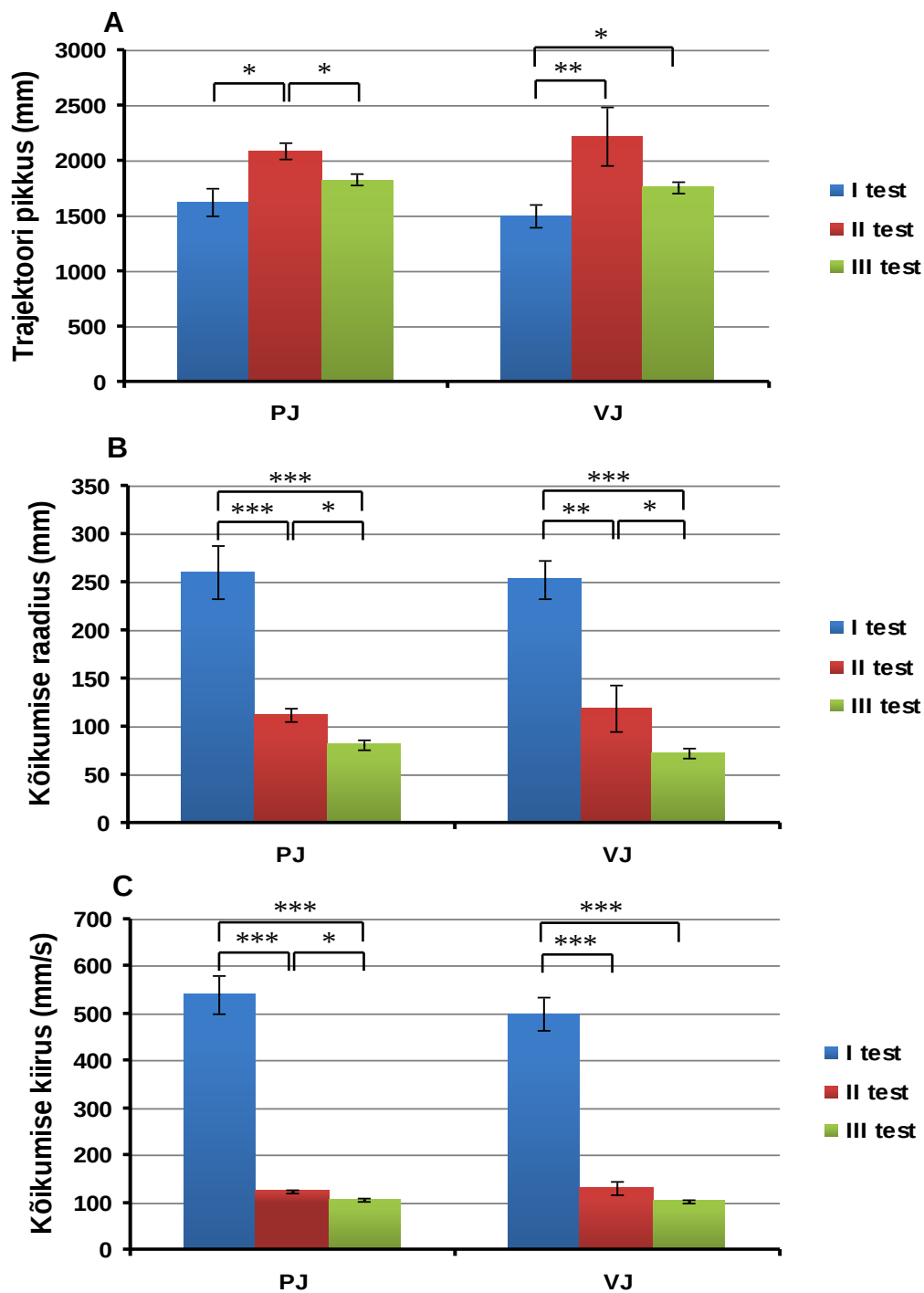
Tabel 4. Bosco 60-sekundi paigalt üleshüppetesti tulemused.

	Bosco 60 sek Test (W/kg)					Väsimuse Indeks	Borg RPE
n=11	0-15 sek	15-30 sek	30-45 sek	45-60 sek	0-60 sek	(%)	(0-20)
KESKMINE	17,8	15,8	13,6	12,0	14,9	36,2	16,5
±SD	±2,6	±2,9	±2,2	±3,2	±2,5	±10,8	±1,4

Statistiliselt olulised erinevused esinesid järgmiste võimsuse näitajate vahel:

- Esimese ja kolmanda veerandi võimsuse näitajate vahel ($p = 0,005$; $p < 0,01$);
- Esimese ja neljanda veerandi võimsuse näitajate vahel ($p = 0,002$; $p < 0,01$);
- Teise ja neljanda veerandi võimsuse näitajate vahel ($p = 0,009$; $p < 0,01$).

Bosco testiga seotud tasakaalutestidel oli KST liikumise trajektoori pikkuses selge erinevus enne ja peale Bosco testi, mis oli statistiliselt oluline ($p < 0,05$). Parema ja vasaku jala vahel puudusid katsetel olulised erinevused. Bosco test mõjutas kõiki analüüsitud posturaalkontrolli parameetreid. Vahetult koormusjärgselt suurenes KST kõikumise pikkus oluliselt ($p < 0,05$), raadius ja kiirus vähenesid oluliselt ($p < 0,05$). Tulemuste muutused on toodud graafilisel kujul joonisel 4.



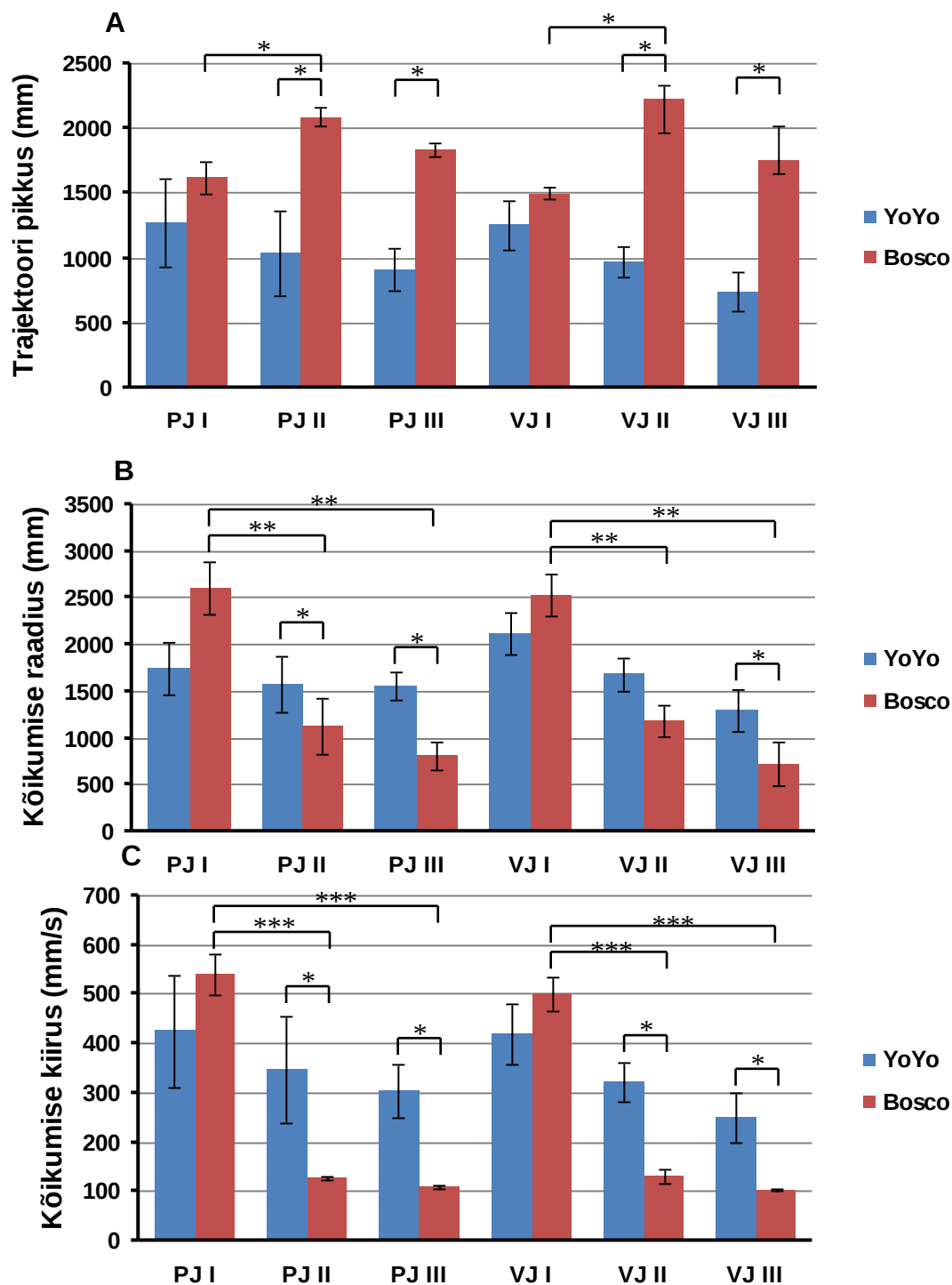
Joonis 4. KST kõikumise trajektoori pikkus (A), raadius (B), kiirus (C) enne hüppetesti (I test), vahetult pärast hüppetesti (II test), pärast 15 minutulist puhkust (III test) (keskmine $\pm$ SE). Parem jalg (PJ), vasak jalg (VJ). * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$ võrreldes koormuseelse tasemega.

Nii parema jala (PJ) kui ka vasaku jala (VJ) puhul esines KST kõikumise kiiruse ja Bosco hüppetesti väsimuse indeksi vahel oluline negatiivne seos (PJ: $r = -0,63$; VJ:

$r = -0,62$; $p < 0,05$). Selle põhjal saab väita, et mida suurema väsimuse põhjustas hüppetest vaatlusaluse organismis, seda väiksemaks muutus KST kõikumise kiirus.

4.3. Tasakaalu näitajate võrdlus Yo-Yo IR1 testi ja Bosco 60-sekundilise paigalt üleshüppetesti sooritanute vahel

Väsimustesti eelselt olulised erinevused kummalgi grupil staatilise tasakaalu näitajates puudusid. Pärast nimetatud testide sooritamist esinesid statistiliselt olulised muutused posturaalkontrolli näitajates ainult Bosco hüppetesti sooritajatel. Yo-Yo test aga posturaalkontrollis statistiliselt olulisi muutusi esile ei kutsunud. Võrreldes bilateraalselt (paremat ja vasakut keha poolt) tasakaalu testi tulemusi, siis ka siin ei esinenud nende vahel statistiliselt olulisi erinevusi. Siiski esines mõlema koormustesti järgselt statistiliselt olulisi korrelatsioone. Nii parema jala kui ka vasaku jala tasakaalunäitajates esines KST kõikumise raadiuse ja Yo-Yo testi distantssi vahel oluline positiivne korrelatsioon (PJ: $r = 0,83$; $p < 0,01$. VJ: $r = 0,72$; $p < 0,05$). Samane seos esines ka parema jala KST kõikumise raadiuse ja Bosco hüppetesti väsimuse indeksi vahel ($r = 0,66$; $p < 0,05$).



Joonis 5. KST trajektoori kõikumise pikkus (A), raadius (B), kiirus (C) enne koormust (I), vahetult pärast koormust (II), pärast 15 minutilist puhkust (III) (keskmine $\pm$ SE). Parem jalg (PJ), vasak jalg (VJ). * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$ võrreldes koormuseelse tasemega.

5. Arutelu

Uurimustöös koormati vaatlusaluste organismi aeroobse ja anaeroobse võimekuse testidega (*Yo-Yo intermittent recovery test level 1* ja Bosco 60-sekundi paigalt üleshüppetest). Posturaalkontrolli testide tulemusi uurides selgus, et kaks erinevat koormustesti mõjutavad posturaalkontrolli näitajaid erinevalt.

Peale koormusteste esinesid statistiliselt olulised muutused posturaalkontrolli näitajates ainult Bosco testi järgselt. Yo-Yo test aga olulisi muutusi posturaalkontrolli näitajates esile ei kutsunud. Siit võib järeldada, et propriotseptsiooni parandavaid harjutusi võib julgelt kasutada treeningu lõppfaasis. Seda eeldusel, et harjutused ei järgne intensiivsele anaeroobsele koormusele.

Siiski esines mõlema koormustesti järgselt statistiliselt olulisi korrelatsioone. Nii parema jala kui ka vasaku jala puhul esines KST kõikumise raadiuse ja Yo-Yo testi läbitud distantse näitajate vahel oluline positiivne korrelatsioon (PJ: $r = 0,83$; $p < 0,01$. VJ: $r = 0,72$; $p < 0,05$). Sarnane seos esines ka parema jala KST kõikumise raadiuse ja Bosco hüppetesti väsimuse indeksi vahel ($r = 0,66$; $p < 0,05$). Siit võib järeldada, et mida parema tulemuse saavutas vaatlusalune, seda suurema koormuse sai organism, seda suurem väsimus tekkis ja seda suurem oli KST kõikumise raadius.

Kui võrrelda Bosco ja Yo-Yo testide järgseid KST kõikumise raadiusi, siis peale Bosco hüppetesti olid raadiuse parameetrid Yo-Yo testi omadest isegi väiksemad. Enne uuringut võis eeldada, et kuna Bosco test väsitab rohkem, siis ka vastav raadius suureneb.

Lisaks saab Bosco hüppetesti põhjal väita, et mida suurema väsimuse hüppetest vaatlusaluse organismis põhjustas, seda väiksemaks muutus KST kõikumise kiirus. Siin lahknevad käesoleva uuringu tulemused Guidetti *et al.* (2011) ja Rival *et al.* (2005) töödega, mis soovitasid antud näitajaid kasutada vaatlusaluse tasakaalu säilitamiseks sooritatava pingutuse iseloomustamiseks, mis annab posturaalkontrollile funktsionaalse vaatenurga. Ühtlasi viitasid nad Asseman *et al.* (2005) tööle, et posturaalkontrolli näitajate kõrged väärtused iseloomustavad suurt pingutust.

Hea posturaalkontroll on eelduseks osavust nõudvatele tegevustele palliplatsil (Myer *et al.*, 2006) ja vigastuste ennetamisel (Junge *et al.*, 2011; McGuine *et al.*, 2000;

Söderman *et al.*, 2000; Tropp *et al.*, 1984). Käesoleva uurimustöö eesmärgiks oli vaadelda erinevate energiasüsteemide koormatuse mõju posturaalkontrollile. Selleks oli vaja mäng jaotada osadeks (aeroobne ja anaeroobne). Seda seetõttu, et lisaks üldise väsimuse mõjule mõista ka mängu intensiivsemate episoodide mõju posturaalkontrollile, andmaks treeneritele ja füsioterapeutidele infot, millistes treeningute osades on otstarbekas posturaalkontrolli parandavaid harjutusi kasutada. Yo-Yo testi eesmärgiks oli esile kutsuda jalgpallile enamasti iseloomulik aeroobse-anaeroobse energiasüsteemi väsimus ja Bosco testi eesmärgiks, mängus kohati esinev, anaeroobse energiasüsteemi väsimus.

Analüüsitava stabilomeetriliste parameetrite registreerimiseks valitakse erinevaid meetodeid ja vahendeid ning paralleelsele saab seega tuua varasemate tööde järeldustega. Uuringut, kus on määratud staatilist tasakaalu nii Yo-Yo testi kui ka Bosco hüppetesti järgselt pole teadaolevalt varem sooritatud. Seega pole võimalik otsesid võrdlusi tuua. Küll aga kasutasid Fox *et al.* (2008) Yo-Yo *IR1* testi koos aeroobset energiasüsteemi kurnava korduvate sprintide testiga, kus vaatlusalused pidid spurtima 19-kilomeetrise tunni kiirusega kuni 2 min. Tasakaalu näitajad mõõdeti *BESS* meetodit (*Balance Error Scoring System*) kasutades 3 min, 8 min, 13 min ja 18 min pärast testi lõppu. Tasakaalu iseloomustavate karakteristikutena kasutati KST kõikumise kiirust ja kõikumise pindala määramist. Võrreldes algtasemega ilmnis nii aeroobse kui ka anaeroobse testi järgselt staatilise tasakaalu näitajate suurenemine, võrreldes testi eelse tasemega, 3. ja 8. minutil, aga 13. ja 18. minutil enam mitte. Kirjeldatud tööst olid käesoleva uuringu tulemused erinevad, sest Yo-Yo testi järgselt ja pärast taastumist tulemused hoopis vähenesid. Sellise tulemuse said ka Hosseinimehr *et al.* (2009), kes proovisid erinevate energiasüsteemide järjepanu kurnamist, lastes testitavatel sooritada järjepanu erinevaid energiasüsteeme kasutavaid aeroobseid ja anaeroobseid tegevusi. Koormusjärgseid muutusi leiti *SEBT* (*Star Excursion Balance Test*) juures, staatilise tasakaalu näitajates aga mitte.

Uuritud on ka konkreetselt jalgpallimängu mõju posturaalkontrollile, nagu seda tegid Yamada *et al.* (2012), kes tõestasid Jakobsen *et al.* (2010) väidet, et tasakaalu halvenemise taga peitub asjaolu, et optimaalseks posturaalkontrolliks on oluline lihastes kiiresti jõu tekitamine, mille võime väsimuse tekkides halveneb. Tulemusena leidsid nad nimelt, et 45 minutiline jalgpallimäng mõjub tasakaalule 17 aastastel

poistel negatiivselt, samal ajal kui alajäsemete funktsionaalne võimekus kolmikhüppe testil ei alanenud. Samad teadlased tõstsid harjutusjärgse tasakaalu mõõtmise puhul esile harjutuse intensiivsuse olulisust, mis järelendus ka meie uuringust. Neile assisteeris Brito *et al.* (2012), kelle vaatlusalustel tõusis KRK kõikumise kiirus, mängueelse tasemega võrreldes oluliselt, domineerival jalal 12.7 % ($p = 0,039$) ja mitte-domineerival jalal 20.9 % ($p = 0,003$), mida võib seletada palli löömisel ja söötmisel mitte-domineeriva jala toejalaks olemisega. Käesolevas uuringus testitud mängijatel parema ja vasaku jala vahel statistiliselt olulist erinevust ei täheldatud. Põhjuseks võis olla asjaolu, et erinevalt Brito *et al.* (2012) tööst oli mõlema jala koormus võrdne.

Käesoleva uuringu Yo-Yo testi järgselt oli üllatuslikult tendents tasakaalu paranemisele (paremal jalal saadud näitajate aritmeetilisi keskmisi arvestades 11,2 % ja vasakul vastavalt 14,3 %). Pärast puhkepausi paranes tasakaal võrreldes algtasemega veelgi: paremal 17,0 % ja vasakul 24,6 %. Seetõttu võib oletada, et Yo-Yo test polnud piisavalt väsitav, hoopis parandas vaatlusaluse valmisolekut testimise soorituseks. Eeldatavad protsessid, mis sellele kaasa võisid aidata: keha temperatuuri tõus, lihastes suurenenud vereringe, lihas-närvisüsteemi aktivatsioon, paranenud proprioretseptsioon, adrenaliini osatähtsus ja parem keskendumine.

Gioftsidou *et al.* (2012) võrdlesid tasakaaluharjutuste sooritamise efektiivsust enne ja pärast treeningut, kus paremaid tulemusi saavutas harjutusi pärast treeningut sooritanud grupp. Siinkohal võib paralleeli tuua püstitatud hüpoteesiga, kus eeldasime, et füüsilisel koormusel on tasakaalunäitajatele negatiivne mõju, aga Yo-Yo test tõestas vastupidist, sest tasakaalunäitajatel oli tendents paranemisele, võrreldes testimise eelsete näitajatega. Põhjuseks võib olla siinkohal asjaolu, et 10-minutiline soojendus ei ole enne jalgpallis nõutavat koormust piisav ja posturaalkontrolli parandavaid harjutusi peaks sooritama kas korraliku soojenduse järgselt või pärast treeningut.

Samuti peaks treeningu- või mängueelsele soojenduse suuremat tähelepanu pöörama treenerid ja füsioterapeudid ning seda silmas pidama eriti vahetusmängijate korral, sest tavaliselt jääb nende soojendus paremal juhul 10-minutiliseks. Antud faktile peaks tähelepanu pöörama ka sportlasi uurivad teadlased, sest vigastuste ennetavat efekti (Junge *et al.*, 2011) ja läbimõeldud lihasaktivatsioone sisaldava soojenduse (Needham *et al.*, 2009) tulemuslikkus füüsilist pingutust nõudvate katsete edukamal

sooritamisel on edukalt tõestatud. Brooks ja Cressey (2013) soovitasid kasutada soojendusel mobiilsust parandavaid harjutusi, mida tõestas ka antud uuringuks valmistumine, sest esines vaatlusaluseid, keda ei saanud uuringusse kaasata, kuna nad ei suutnud sooritada rahuldava tehnikaga Bosco testiks vajalikku kükki. Mobiilsusharjutused erinevad venitusharjutustest selle poolest, et haaratud on mitmed liigesed samaaegselt, nad on funktsionaalsed, soodustavad lihasaktivatsiooni ja mõjutavad lisaks lihastele ka fastsiat.

Kui posturaalkontrolli parandavad harjutused on juba treeningplaani võetud, siis on Granacher *et al.* (2010) sõnul äärmiselt oluline nendega regulaarselt jätkata, sest tulemuste paranemine on tingitud füsioloogilisest adaptatsioonist ning detreeningu ja adaptatsiooni vältimiseks tuleb regulaarselt kaasata treeningprogrammi uusi ja väljakutsuvaid harjutusi.

Gribble ja Hertel (2004) leidsid lokaalse väsimuse uuringus, et väsimus mõjutas ühel jalal seistes frontaaltasapinnal mõjuvaid lihaseid, aga mitte sagitaaltasapinnal mõjuvaid lihaseid. Siit jätkates leidsid plantaar- ja dorsaalfleksorite mõju liigeste asenditunnetusele uurinud Huston *et al.*, (2005), et frontaaltasapinnal liikudes on suurim mõju eesmisel sääreluulihasel, mis omakorda tähendab, et maksimaalselt heaks posturaalkontrolliks on oluline treeningutel kasutada eesmisi säärelihaseid aktiveerivaid harjutusi.

Posturaalkontrolli parandavad harjutused peab integreerima treeningprotsessi läbimõeldult, sest on ilmunud ka artikleid, mis väidavad, et tasakaaluharjutused võivad hoopis vigastuse tekkimise ohtu suurendada. Näiteks Goodall *et al.* (2012) avaldasid Austraalia sõjaväes teostatud uuringu selle kohta, et tasakaalu- ja osavusharjutused võivad kaudselt soodustada vigastuste teket, kuna lisaharjutuste sooritamine annab tavapärasest suurema koormuse, mis võib põhjustada ülekoormusvigastusi. Siinkohal peaks esile tõstma treeningprotsessi planeerimisest ja läbiviimisest osa võtvate personide (peatreener, füsioterapeut, abitreener, füüsilise ettevalmistuse treener, jne.) omavahelist kommunikatsiooni, leidmaks efektiivseim lahendus treeningute ülesehituses, mis peaks sisaldama ka preventatiivseid ja organismi füsioloogilist seisundit taastavaid protsesse.

Vaatlusaluste grupi iseloomustuseks võib välja tuua võrdluse Bangsbo *et al.* (2008) andmetega, mis väidab, et rahvusvahelisel tasemel mängivad tipp-mängijad on

jooksnud Yo-Yo *IR1* testil 2420 m. Ehkki meie parimad mängijad olid sellele tulemusele lähedal (2320 m), siis keskmine tulemus (1836 ± 110 m) oleks siinkohal rahuldavalt treenitud mängijate kategoorias, kelle tulemustena tõid Bangsbo *et al.* (2008) välja 1810 m.

Uuringu tulemusi vaadates võib arvestada asjaolu, et tulemused on ülekantavad kuni 40-aastaste täiskasvanute sporti, sest Brocklehurst *et al.* (1982) ja Thyssen *et al.* (1982) on märkinud, et KST kõikumine suureneb märgatavalt alates 40. eluaastast.

Antud uuringu kitsaskohana võib välja tuua väikese vaatlusaluste arvu, suure erinevuse vaatlusaluste tulemustes ja hoolimata testide harjutamisest, ka vaatlusaluste esmakordse kokkupuute kasutatud testidega. Tulevikus peaks objektiivsemate tulemuste saamiseks sooritama analoogse metoodikaga uurimustöö dünaamilise tasakaalu kohta ning koormustestid peaks sooritama jalgpalliväljakul, erinevate jalgpallitegevuste sooritamise eelselt ja järgselt.

6. Järeldused

Käesolevas töös saadud tulemuste põhjal saab teha järgnevad järeldused:

1. Koormuse eelselt töös vaadeldud kahe vaatlusaluste grupi ja vaatlusaluste domineeriva ja mitte-domineeriva jala staatilise tasakaalu näitajates olulist erinevust ei esinenud.
2. Yo-Yo *IR1* test olulisi erinevusi posturaalkontrolli näitajates esile ei kutsunud, võrreldes testi-eelse tasemega.
3. Bosco 60-sekundi paigalt üleshüppetest kutsus esile olulisi erinevusi posturaalkontrolli näitajates, võrreldes testi-eelse tasemega.
4. Korrelatsioonianalüüs näitas, et mida suurem oli hüpetel arendatav võimsus, seda suurem oli keha survetsentri kõikumise raadius.

6.1. Praktilised soovitused

Antud uuringus näitasid mõlema koormustesti järgselt KST kõikumise raadius ja kiirus tendentsi vähenemisele. Siit võib järeldada, et soojendusharjutustele tuleb treeningprotsessis ja võistluste eelselt (eriti varumängijatel) pöörata suuremat tähelepanu. Posturaalkontrolli arendavaid harjutusi on soovitatav sooritada pärast korralikku soojendust või mitte-intensiivse treeningu lõpus.

Kasutatud kirjandus

1. Amir G, Lowe, J, Finsterbush A. Histomorphometric analysis of innervation of the anterior cruciate ligament in osteoarthritis. *Journal of Orthopaedic Research* 1995; 13: 78-82.
2. Assaiante C, Amblard B. An ontogenetic model for the sensorimotor organization of balance control in humans. *Human Movement Science* 1995; 14: 13-43.
3. Asseman F, Caron O, Cremieux J. Effects of the removal of vision on body sway during different postures in elite gymnasts. *International Journal of Sports Medicine* 2005; 26: 116-119.
4. Bangsbo J, Iaia FM, Krstrup P. The Yo-Yo intermittent recovery test: a useful tool for evaluation of physical performance in intermittent sports. *Sports Medicine* 2008; 38: 37-51.
5. Barry BK, Enoka RM. The neurobiology of muscle fatigue: 15 years later. *Integrative and Comparative Biology* 2007; 47: 465-473.
6. Bendiksen M, Ahler T, Clausen H, Wedderkopp N, Krstrup P. The use of Yo-Yo IR1 and Andersen testing for fitness and maximal heart rate assessments of 6-10 yr old school children. *The Journal of Strength & Conditioning Research* 2012; 27: 1583-1590.
7. Bosco C, Komi PV, Tihanyi J, Fekete G, Apor P. Mechanical power test and fiber composition of human leg extensor muscles. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology* 1983; 51: 129-35.
8. Bressel E, Yonker JC, Kras J, Heath EM. Comparison of static and dynamic balance in female collegiate soccer, basketball, and gymnastics athletes. *Journal of Athletic Training* 2007; 42: 42-46.
9. Brito J, Fontes I, Ribeiro F, Raposo A, Krstrup P, Rebelo A. Postural stability decreases in elite young soccer players after a competitive soccer match. *Physical Therapy in Sport* 2012; 13: 175-179.

10. Brocklehurst JC, Robertson D, James-Groom P. Clinical correlates of sway in old age—sensory modalities. *Age and Ageing* 1982; 11: 1-10.
11. Brooks T, Cressey E. Mobility training for the young athlete. *Strength & Conditioning Journal* 2013, 35: 27-33.
12. Castagna C, Impellizzeri FM, Chamari K, Carlomagno D, Rampinini E. Aerobic fitness and Yo-Yo continuous and intermittent tests performances in soccer players: a correlation study. *Journal of Strength and Conditioning Research* 2006; 20: 320-325.
13. Castagna C, Impellizzeri FM, Rampinini E, D'Ottavio S, Manzi V. The Yo-Yo intermittent recovery test in basketball players. *Journal of Science and Medicine in Sport* 2008; 11: 202-208.
14. Clark RC, Saxion CE, Cameron KL, Gerber JP. Associations between three clinical assessment tools for postural stability. *North American Journal of Sports Physical Therapy* 2010; 5: 122-130.
15. Cressey EM, West CA, Tiberio DP, Kraemer WJ, Maresh CM. The effects of ten weeks of lower-body unstable surface training on markers of athletic performance. *Journal of Strength and Conditioning Research* 2007; 21: 561-567.
16. Dellal A, Chamari K, Wong DP, Ahmaidi S, Keller D, Barros R, Carling C. Comparison of physical and technical performance in European soccer match-play: FA Premier League and La Liga. *European Journal of Sport Science* 2011; 11: 51-59.
17. Delforge G. Musculoskeletal trauma: implications for sport injury management. Champaign, Illinois: Human Kinetics 2002.
18. Deprez D, Vaeyens R, Coutts AJ, Lenoir M, Philippaerts R. Relative age effect and Yo-Yo IR1 in youth soccer. *International Journal of Sports Medicine* 2012; 33: 987-993.

19. Di Mascio M, Bradley PS, Sunderland UK. Evaluation of the most intense high-intensity running periods in English FA Premier League soccer matches. *The Journal of Strength and Conditioning Research* 2013; 27: 909-15.
20. Ekstrand J, Hägglund M, Waldén M. Epidemiology of muscle injuries in professional football (soccer). *The American Journal of Sports Medicine* 2011; 39: 1226-1232
21. Emery CA, Meeuwisse WH. The effectiveness of a neuromuscular prevention strategy to reduce injuries in youth soccer: a cluster-randomised controlled trial. *British Journal of Sports Medicine* 2010; 44: 555-562.
22. Enoka RM, Stuart DG. Neurobiology of muscle fatigue. *Journal of Applied Physiology* 1992; 72: 1631-1648.
23. Erkmen N, Taşıkın H, Sanioğlu A, Kaplan T, Baştürk D. Relationships between Balance and Functional Performance in Football Players. *Journal of Human Kinetics* 2010; 26: 21-29.
24. Fox ZG, Mihalik JP, Blackburn JT, Battaglini CL, Guskiewicz KM. Return of postural control to baseline after anaerobic and aerobic exercise protocols. *Journal of Athletic Training* 2008; 43: 456-463.
25. Gandevia SC. Spinal and supraspinal factors in human muscle fatigue. *Physiological reviews* 2001; 81: 1725-1789.
26. Gandevia SC, Taylor JL. Supraspinal fatigue: the effects of caffeine on human muscle performance. *Journal of Applied Physiology* 2006; 100: 1749-1750.
27. Gioftsidou A, Malliou P, Pafis G, Beneka A, Tsapralis K, Sofokleous P, Godolias G. Balance training programs for soccer injuries prevention. *The Journal of Human Sport & Exercise* 2012; 7: 639-647.
28. Goodall RL, Pope RP, Coyle JA, Neumayer R. Balance and agility training does not always decrease lower limb injury risks: a cluster-randomised controlled trial. *International Journal of Injury Control and Safety Promotion* 2012; 20: 271-281.

29. Granacher U, Gollhofer A, Kriemler S. Effects of balance training on postural sway, leg extensor strength, and jumping height in adolescents. *Research Quarterly for Exercise and Sport* 2010; 81: 245-251.
30. Gribble PA, Hertel J. Effect of hip and ankle muscle fatigue on unipedal postural control. *Journal of Electromyography and Kinesiology* 2004; 14: 641-646
31. Gribble PA, Hertel J, Plisky P. Using the Star Excursion Balance Test to assess dynamic postural control deficits and outcomes in lower extremity injury: a literature and systematic review. *Journal of Athletic Training* 2012; 47: 339-357.
32. Guidetti L, Franciosi E, Gallotta MC, Emerenziani GP, Baldari C. Postural control after a prolonged treadmill run at individual ventilatory and anaerobic threshold. *Journal of Sports Science and Medicine* 2011; 10: 515-519.
33. Gurav RS, Naik RV. Effect of neck extensor muscles fatigue on postural control using Balance Master. *Indian Journal of Physiotherapy and Occupational Therapy- An International Journal* 2013; 7: 234-237
34. Hahn T, Foldspang A, Vestergaard E, Ingemann- Hansen T. One- leg standing balance and sports activity. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 1999; 9: 15-18.
35. Hawkins RD, Fuller CW. A prospective epidemiological study of injuries in four English professional football clubs. *British Journal of Sports Medicine* 1999; 33: 196-203.
36. Hewett TE, Myer GD, Ford KR. Prevention of anterior cruciate ligament injuries. *Current Women's Health Reports* 2001; 1: 218-224.
37. Hiemstra LA, Lo IK, Fowler PJ. Effect of fatigue on knee proprioception: implications for dynamic stabilization. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy* 2001; 31: 598-605.

38. Horak FB, Nashner LM, Diener HC. Postural strategies associated with somatosensory and vestibular loss. *Experimental Brain Research* 1990; 82: 167-177.
39. Horak FB. Postural orientation and equilibrium: what do we need to know about neural control of balance to prevent falls?. *Age and Ageing* 2006; 35: 7-11.
40. Hosseinimehr SH, Norasteh AA, Daneshmandi H, Rahpemay-Rad K, Rahimi R. The effect of vibration on leg muscles proprioception in static and dynamic postural control. *Journal of Medicina dello Sport* 2009; 62: 35-43.
41. Ingebrigtsen J, Bendiksen M, Randers MB, Castagna C, Krstrup P, Holtermann A. Yo-Yo IR2 testing of elite and sub-elite soccer players: performance, heart rate response and correlations to other interval tests. *Journal of Sports Sciences* 2012; 30: 1337-1345.
42. Jakobsen MD, Sundstrup E, Krstrup P, Aagaard P. The effect of recreational soccer training and running on postural balance in untrained men. *European Journal of Applied Physiology* 2010; 111: 521-530.
43. Johnston RB, Howard ME, Cawley PW, Lossee GM. Effect of lower extremity muscular fatigue on motor control performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 1998; 30: 1703-1707.
44. Junge A, Lamprecht M, Stamm H, Hasler H, Bizzini M, Tschopp M, Dvorak, J. Countrywide campaign to prevent soccer injuries in Swiss amateur players. *The American Journal of Sports Medicine* 2011; 39: 57-63.
45. Kibler WB, Press J, Sciascia A. The Role of Core Stability in Athletic Function. *Sports Medicine* 2006; 36: 189-198.
46. Krstrup P, Mohr M, Amstrup T, Rysgaard T, Johansen J, Steensberg A, Pedersen PK, Bangsbo J; The Yo-Yo intermittent recovery test: physiological response, reliability, and validity. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 2003; 35: 697-705.

47. Krstrup P, Mohr M, Nybo L, Jensen JM, Nielsen JJ, Bangsbo J. The Yo-Yo IR2 test: physiological response, reliability, and application to elite soccer. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 2006; 38: 1666-1673.
48. Lafond D, Duarte M, Prince F. Comparison of three methods to estimate the center of mass during balance assessment. *Journal of biomechanics* 2004; 37: 1421-1426.
49. McGuine TA, Greene JJ, Best T, Leverson G. Balance as a predictor of ankle injuries in high school basketball players. *Clinical Journal of Sport Medicine* 2000; 10: 239-244.
50. Mohr M, Krstrup P, Bangsbo J. Match performance of high-standard soccer players with special reference to development of fatigue. *Journal of Sport Sciences* 2003; 21: 519-28.
51. Manske RC. Postsurgical orthopedic sports rehabilitation: knee & shoulder. St. Louis, Missouri: Elsevier Health Sciences; 2006.
52. Myer GD, Ford KR, Brent JL, Hewett TE. The effect of plyometric vs dynamic stabilisation and balance training on power, balance and landing force in female athletes. *Journal of Strength & Conditioning Research* 2006; 20: 345-358.
53. Nashner LM. Handbook of Balance Function Testing. St. Louis: Mosby; 1993.
54. Noakes TD. Physiological models to understand exercise fatigue and the adaptations that predict or enhance athletic performance. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 2000; 10: 123-145.
55. Oh KY, Kim SA, Lee SY, Lee YS. Comparison of manual balance and balance board tests in healthy adults. *Annals of Rehabilitation Medicine* 2011; 35: 873-879.
56. Owen AL, Wong DP, Dellal A, Paul DJ, Orhant E, Collie S. Effect of an injury prevention program on muscle injuries in elite professional soccer. *Journal of Strength and Conditioning Research* 2013; 27: 3275-3285.

57. Paillard T, Noe F, Riviere T, Marion V, Montoya R, Dupui P. Postural performance and strategy in the unipedal stance of soccer players at different levels of competition. *Journal of Athletic Training* 2006; 41: 172-176.
58. Paillard T. Effects of general and local fatigue on postural control: a review. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews* 2012; 36: 162-176.
59. Petersen NT, Taylor JL, Butler JE, Gandevia SC. Depression of activity in the corticospinal pathway during human motor behavior after strong voluntary contractions. *The Journal of Neuroscience* 2003; 23: 7974-7980.
60. Plisky PJ, Rauh MJ, Kaminski TW, Underwood FB. Star Excursion Balance Test as a predictor of lower extremity injury in high school basketball players. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy* 2006; 36: 911-919.
61. Purves D, Augustine GJ, Fitzpatrick D, Katz LC, LaMantia AS, McNamara JO, Williams SM. *Neuroscience*. Sunderland, Massachusetts: Sinauer Associates; 2001.
62. Rival C, Ceyte H, Olivier I. Developmental changes of static standing balance in children. *Neuroscience Letters* 2005; 376: 133-136.
63. Rougier PR. What insights can be gained when analysing the resultant centre of pressure trajectory? *Neurophysiologie Clinique/Clinical Neurophysiology* 2008; 38: 363-373.
64. Sands WA, McNeal JR, Ochi MT, Urbanek TL, Jemni M and Stone MH. Comparison of Wingate and Bosco anaerobic tests. *Journal of Strength and Conditioning Research* 2004; 18: 810-815.
65. Slomka K, Juras G, Sobota G, Bacik B. The reliability of a rambling–trembling analysis of center of pressure measures. *Gait & Posture* 2013; 37: 210-213.
66. Soligard T, Nilstad A, Holme I, Myklebust G, Steffen K, Dvorak J, Bahr R, Andersen TE. Compliance with a comprehensive warm-up programme to prevent injuries in youth football. *British Journal of Sports Medicine* 2010; 10: 1-7.

67. Strang AJ, Choi HJ, Berg WP. The effect of exhausting aerobic exercise on the timing of anticipatory postural adjustments. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness* 2008; 48: 9-16.
68. Stølen T, Chamari K, Castagna C, Wisløff, U. Physiology of soccer. *Sports medicine* 2005; 35:501-536.
69. Souhail H, Castagna C, Yahmed Mohamed H, Younes H, Chamari K. Direct validity of the Yo-Yo intermittent recovery test in young team handball players. *The Journal of Strength and Conditioning Research* 2010; 24: 465-470.
70. Söderman K, Werner S, Pietilä T, Engström B, Alfredson H. Balance board training: prevention of traumatic injuries of the lower extremities in female soccer players. *Knee surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy* 2000; 8: 356-363.
71. Zech A, Steib S, Hentschke C, Eckhardt H, Pfeifer K. Effects of localized and general fatigue on static and dynamic postural control in male team handball athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research* 2012; 26: 1162-1168.
72. Terekhov Y. Stabilometry as a diagnostic tool in clinical medicine. *Canadian Medical Association Journal* 1976; 115: 631-633.
73. Thyssen HH, Brynskov J, Jansen EC, Münster-Swendsen J. Normal ranges and reproducibility for the quantitative Romberg's test. *Acta Neurologica Scandinavica* 1982; 66: 100-104.
74. Tropp H, Ekstrand J, Gillquist J. Stabilometry in functional instability of the ankle and its value in predicting injury. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 1984; 16: 64-66.
75. Van der Kooij H, Campbell AD, Carpenter MG. (2011). Sampling duration effects on centre of pressure descriptive measures. *Gait & Posture* 2011; 34: 19-24.

76. Vernillo G, Silvestri A, La Torre A. The Yo-Yo intermittent recovery test in junior basketball players according to performance level and age group. *The Journal of Strength and Conditioning Research* 2012; 26: 2490-2494.
77. Vieira TDMM, Oliveira LFD, Nadal J. An overview of age-related changes in postural control during quiet standing tasks using classical and modern stabilometric descriptors. *Journal of Electromyography and Kinesiology* 2009, 19: e513-e519.
78. Visser JE, Carpenter MG, van der Kooij H, Bloem BR. The clinical utility of posturography. *Clinical Neurophysiology* 2008, 119: 2424-2436.
79. Vuillerme N, Pinsault N, Vaillant J. Postural control during quiet standing following cervical muscular fatigue: effects of changes in sensory inputs. *Neuroscience Letters* 2005; 378: 135-139.
80. Wilson EL, Madigan ML, Davidson BS, Nussbaum MA. Postural strategy changes with fatigue of the lumbar extensor muscles. *Gait Posture* 2006; 23: 348-354.
81. Williams C, Ratel S. *Human Muscle Fatigue*. Oxon: Routledge; 2009.
82. Winter DA. Human balance and posture control during standing and walking. *Gait & Posture* 1995; 3: 193-214.
83. Winter DA, Patla AE, Frank JS. Assessment of balance control in humans. *Medical Progress Through Technology* 1990; 16: 31-51.
84. Wragg CB, Maxwell NS, Doust JH. Evaluation of the reliability and validity of a soccer-specific field test of repeated sprint ability. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology* 2000; 83: 77-83.
85. Yaggie JA, Campbell BM. Effects of Balance Training on Selected Skills. *Journal of Strength and Conditioning Research* 2006; 20: 422-428.
86. Yaggie JA, McGregor SJ. Effects of Isokinetic Ankle Fatigue on the Maintenance of Balance and Postural Limits. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 2002; 83: 224-228.

The effect of running and jumping tests on postural control

Summary

Adequate postural control is a precondition for agility in soccer (Myer *et al.*, 2006) and in injury prevention (Junge *et al.*, 2011; McGuine *et al.*, 2000; Söderman *et al.*, 2000; Tropp *et al.*, 1984). The aim of the study was to assess the effect of different energy systems fatigue on postural control. To achieve this, aerobic and anaerobic energy systems were separately challenged. 21 soccer players took part in the study. 10 players participated in the Yo-Yo intermittent recovery test 1 (IR1) (predominant aerobic-anaerobic metabolism), and 11 players participated in Bosco 60-second jumping test (anaerobic metabolism). The mean age of the participants in Yo-Yo test was 16 ± 0.67 (years $\pm$ SD), weight 67.12 ± 5.2 kg, and height 177.85 ± 5.63 cm; and in Bosco test the mean age was 16.91 ± 0.83 years, weight 70.76 ± 7.76 kg, and height 178.14 ± 5.61 cm. Stabilometric measures for balance were recorded in both groups pre- and post-exercise, and also after a 15-minute rest. Balance was measured in 15-second trials during unilateral stance with eyes open. CoP displacement characteristics were taken (trace length, speed and radius). Borg index scale was used after Bosco jumping test and VO₂max was calculated after the Yo-Yo IR1 test.

There was no significant difference ($p < 0.05$) in balance characteristics in Yo-Yo IR1 group between pre-, post-test, and after 15 min passive recovery. It is worth mentioning a decreased tendency in all balance characteristics. After Bosco jumping test, the analysis of the characteristics of balance showed an increase in CoP trace length and a decrease in the other characteristics. There was no bilateral differences for both groups. The comparison of the 2 endurance tests showed a significant positive correlation between the CoP radius and Yo-Yo test distance, as well as between the CoP radius of the dominant leg and Bosco jumping test fatigue index.

These findings could help soccer coaches and physiotherapists make decisions how to integrate balance training safely into the training routines. Exercises for postural control development should take place after a sufficient warm-up or at the end of a low to moderate intensive training. In competitive games, adequate warm-up is essential for the substitute players.

Lisad

Lisa 1. Borg'i subjektiivse väsimuse hindamise skaala

Subjektiivse väsimuse hindamisel kasutati alljärgnevat skaalat:

- | | |
|----|----------------------|
| 6 | pingutus puudub |
| 7 | |
| 8 | väga kerge |
| 9 | |
| 10 | |
| 11 | kerge |
| 12 | |
| 13 | mõõdukalt raske |
| 14 | |
| 15 | raske |
| 16 | |
| 17 | väga raske |
| 18 | |
| 19 | äärmiselt raske |
| 20 | maksimaalne pingutus |

Lisa 2. Yo-Yo IR1 testi ja tasakaalu parameetrite analüüs

n=10	Pikkus	Raadius	Kiirus	Pikkus	Raadius	Kiirus	YoYo Kestus	Distsants	VO2max
Pikkus									
Raadius	0.39								
Kiirus	0.99*	0.39							
Pikkus	0.90	0.04	0.90						
Raadius	0.89	0.43	0.89	0.71					
Kiirus	0.90	0.04	0.90	0.99	0.72				
YoYo Kestus	0.59	0.83	0.59	0.28	0.71	0.28			
Distsants	0.61	0.83	0.61	0.31	0.72	0.31	0.99		
VO2max	0.61	0.83	0.61	0.31	0.72	0.31	0.99	0.99	

Lisa 3. Bosco 60-sekundi paigalt üleshüppetesti ja tasakaalu parameetrite analüüs

n=11	0 - 15 sek	15 - 30 sek	30 - 45 sek	45 - 60 sek	0 - 60 sek	Power Drop %	Fatigue Index
0 to 15 sec							
15 to 30 sec	0.41						
30 to 45 sec	0.34	0.77*					
45 to 60 sec	-0.10	0.78	0.77				
0 to 60 sec	0.25	0.94	0.86	0.93			
Power Drop %	0.39	-0.42	-0.70	-0.82	-0.64		
Fatigue Index	-0.38	0.24	-0.05	0.38	0.25	-0.28	
TL	0.02	0.22	0.54	0.51	0.43	-0.59	-0.18
R	0.31	-0.02	0.24	0.04	0.08	-0.07	-0.16
SP	-0.03	0.19	0.55	0.51	0.41	-0.63	-0.20
TL	-0.10	0.16	0.32	0.40	0.29	-0.54	0.15
R	0.15	0.11	-0.29	-0.19	-0.11	0.29	0.54
SP	-0.15	0.14	0.38	0.44	0.30	-0.62	0.10

* Punasega tähistatud korrelatsioonikordaja on statistiliselt oluline.

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, Ott Meerits

(sünnikuupäev: 14.07.1982)

annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose:

Jooksu ja hüppe väsimustesti mõju posturaalkontrollile,

mille juhendaja on PhD Jaan Ereline

reprodutseerimiseks säilitamise ja üldsusele kättesaadavaks tegemise eesmärgil, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace-is lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tartu Ülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace'i kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.

olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Tartus 20.05.2014