

TARTU ÜLIKOOL
sporditeaduste ja füsioteraapia instituut

Egert Naruson

**Eesti 15–18-aastaste jalg- ja käsipallurite kehalise võimekuse profiil ja
spordialaspetsiifilised erinevused**

**Physical Performance Profile and Sport-Specific Differences among 15–18-Year-Old
Estonian Football and Handball Players**

Magistritöö

kehalise kasvatus ja spordi õppekava

Juhendaja: Teadur, PhD Priit Purge

Tartu, 2025

SISUKORD

KASUTATUD LÜHENDID	4
LÜHIÜLEVAADE	6
ABSTRACT.....	7
1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE.....	8
1.1. Kontaktsete sportmängude iseloomustus.....	8
1.2. Jalgpalli iseloomustus	9
1.3. Käsipalli üldiseloomustus	10
1.4. Jalg- ja käsipallurite antropomeetria ja keha koostis.....	11
1.5. Jalg- ja käsipallurite funktsionaalsete võimete mõõtmine	12
2. TÖÖ EESMÄRK JA ÜLESANDED	15
3. TÖÖ METOODIKA.....	16
3.1. Uuringu taust ja vaatlusalused	16
3.2. Uurimismeetodid	16
3.2.1. Antropomeetrilised mõõtmised ja kehakoostise määramine.....	16
3.2.2. Kehalise töövõime määramine	17
3.2.3. Andmete statistiline analüüs	17
4. TÖÖ TULEMUSED	19
5. TÖÖ TULEMUSTE ARUTELU	23
5.1. Antropomeetrilised ja kehakoostise näitajad	23
5.1.1. Antropomeetrilised näitajad	23
5.1.2. Kehakoostise näitajad	24
5.2. Aeroobne ja anaeroobne töövõime	25
5.3. Jõu- ja plahvatuslikkuse näitajad.....	25
5.3.1. Reie nelipealihase lihasjõu näitajad	25
5.3.2. Plahvatuslikkuse ja hüppevõime erinevused	27
5.4. Töö võimalikud puudujäägid ja praktiline väärtus	28

6. JÄRELDUSED	30
KASUTATUD KIRJANDUS	31

KASUTATUD LÜHENDID

AnL – anaeroobne lävi

CMJ – *countermovement jump* (ühekordse maksimaalse hüppe test)

CMJ₁₅ – *countermovement jumps* (15-sekundilise korduvate maksimaalsete hüpete test)

DXA – kahe energiatasemega röntgenabsorptsiomeetria

EKS – eksentriline

ISOK - isokineetiline

ISOM – isomeetiline

KMI – kehamassiindeks

KON – kontsentiline

KRM – keha rasvamass

KRM% – keha rasvaprotsent

KRVM – keha rasvavaba mass

LM – luumass

P_{max} – maksimaalne võimsus (w)

P_{a_max} – maksimaalne aeroobne võimsus (w)

SD – standardhälve

U16 – alla 16 aastased sportlased

U17 – alla 17 aastased sportlased

U18 – alla 18 aastased sportlased

U19 – alla 19 aastased sportlased

U20 – alla 20 aastased sportlased

VE – sissehingatava õhu minutiventilatsioon (L/min)

VO_{2max} – maksimaalne hapnikutarbimine (L/min)

$VO_{2max/kg}$ – maksimaalne hapnikutarbimine kehamassi suhtes (ml/min/kg)

VT_1 – esimene ventilatsioonilävi (aeroobne lävi) (lööki/min)

VT_2 – teine ventilatsioonilävi (anaeroobne lävi) (lööki/min)

VT_{1w} – esimese ventilatsiooniläve võimsus (aeroobne lävi) (W)

VT_{2w} – teise ventilatsiooniläve võimsus (anaeroobne lävi) (w)

WHO – Maailma Terviseorganisatsioon

\bar{X} - keskmine

LÜHIÜLEVAADE

Eesmärk: Käesoleva magistr töö eesmärk oli mõõta ja võrrelda 15–18-aastaste jalgpallurite, käsipallurite ja mittesportlike noorte kehalise koostise ning kehalise võimekuse näitajaid nii uuringusiseselt kui rahvusvahelises võrdluskontekstis.

Metoodika: Uuringus osales kokku 29 noormeest: 9 jalgpallurit, 8 käsipallurit ja 12 kontrollgrupi noormeest. Sportlased treenisid regulaarselt ning osalesid oma vanuseklassi Eesti meistrivõistlustel. Kontrollgrupp ei olnud seotud organiseeritud sporditegevusega. Kõigil uuritavatel mõõdeti kehapikkus, kehamass ja arvutati kehamassiindeks. Kehakoostist hinnati kahe energiatasemega röntgenabsorptsiomeetria (DXA) abil. Aeroobset töövõimet hinnati veloergomeetrial astmelise koormustestiga, mille käigus määrati VO_{2max} , ventilatsiooniläved ja maksimaalne võimsus. Lihaskõuet ja töövõimet mõõdeti CON-TREX isokineetilises testis ning alakeha plahvatuslikkust CMJ ja korduvhüpete testidega.

Tulemused: Sportlaste kehamass, rasvavaba kehamass ja lihaskõuet olid üldjuhul kõrgemad kui mittesportlike noorte puhul. Sportlased olid erinevates tulemustes läbivalt paremad, kuid statistiliselt olulised erinevused ilmnisid eelkõige kontrollgrupi ja käsipallurite vahel. Samas selgus, et sportlaste keharasvaprosent oli võrreldes rahvusvahelise eliit tasemega kõrgem ning jalgpallurite $VO_{2max/kg}$ jäi eliitmängijate näitajatele alla, mis viitab arenguruumile keha koostise ja aeroobse võimekuse parandamisel. Jalgpallurid saavutasid parimad tulemused plahvatuslikkuse ehk hüppevõime testides, käsipallurid aga jõutestides. Kontrollgrupi tulemused olid enamasti madalamad kui sportlastel, kuid mõningad füüsilised näitajad olid ka selles rühmas head.

Kokkuvõte: Eesti noorte jalg- ja käsipallurite kehaline võimekus ning kehakoostis olid paremad kui mittesportlike eakaaslaste omad. Samas olid nii keharasvaprosent kui ka aeroobne võimekus madalamad võrreldes rahvusvahelise eliidi tasemega. Tulemused näitavad, et kuigi spordiga tegelemine toetab noorte kehalist arengut, on kõrgema sportliku taseme saavutamiseks oluline pöörata suuremat tähelepanu keha koostise ja vastupidavuse arendamisele.

Märksõnad: jalgpall, käsipall, noorsportlased, kehaline töövõime, kehakoostis, DXA, VO_{2max} , plahvatuslikkus, isokineetiline jõud

ABSTRACT

Aim: The aim of this master's thesis was to measure and compare the body composition and physical performance indicators of 15–18-year-old football players, handball players, and non-athletic adolescents, both within the study sample and in an international context.

Methods: The study involved a total of 29 male participants: 9 football players, 8 handball players, and 12 controls. The athletes trained regularly and participated in national championships within their age group. The control group was not involved in organized sports. Anthropometric measurements (body height, body mass, body mass index) were assessed. Body composition was analyzed using dual-energy X-ray absorptiometry (DXA). Aerobic capacity was evaluated with an incremental cycle ergometer test, determining VO_{2max} , ventilatory thresholds, and maximal power output. Muscle strength and performance were measured using CON-TREX isokinetic dynamometry, and lower body explosive power was assessed with countermovement jump (CMJ) and repeated jump tests.

Results: Athletes showed generally higher body mass, lean body mass, and muscle strength compared to their non-athletic peers. Statistically significant differences appeared primarily between the control group and handball players, while the athletic groups were more similar to each other. The body fat percentage of athletes was higher than international elite-level reference values, and football players' $VO_{2max/kg}$ was lower than reported for elite players, indicating room for improvement in body composition and aerobic capacity. Football players achieved the best results in explosive power and jump tests, while handball players showed greater total work in isokinetic strength tests. The control group had mostly lower results than athletes, although some physical indicators were also good in this group.

Conclusions: The body composition and physical performance of Estonian youth football and handball players were generally better than those of non-athletic peers. However, both body fat percentage and aerobic capacity were lower compared to international elite standards. These findings indicate that although participating in sports supports physical development in youth, achieving higher athletic performance requires greater attention to optimizing body composition and endurance.

Keywords: football, handball, youth athletes, body composition, physical performance, VO_{2max} , isokinetic strength, explosive power.

1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE

1.1. Kontaktsete sportmängude iseloomustus

Sportmängud on spordialade alajaotus, mida iseloomustab mänguline ülesehitus, kindlad reeglid ja piiratud mänguruum. Käesolevas töös keskendutakse kontaktsetele meeskondlikele pallimängudele, kus mängukeskkond muutub pidevalt ning mängijad peavad kiiresti kohanduma vastaste tegevuse ja mängufaasi muutustega. Nendes mängudes vahelduvad madala ja kõrge intensiivsusega tegevused. Mängijatele avaldub suur füüsiline koormus vahelduvate intensiivsete liigutuste kaudu, nagu kiirendused, peatumised, suunamuutused ja lühiajalised maksimaalsed pingutused. Need tingimused esitavad sportlastele suuri nõudmisi nii aeroobsele ja anaeroobsele töövõimele kui ka plahvatuslikule jõule ja kiirele taastumisvõimele (Polglaze et al., 2018).

Füüsilise suutlikkuse kõrval on sportmängudes kesksel kohal meeskonnatöö, otsustusvõime ja -kiirus ning ruumitaju. Grehaigne et al. (1997) rõhutavad, et mängijad peavad oma tegevust koordineerima nii ründes kui ka kaitses, lähtudes ühiste eesmärkide saavutamisest. Mängijate otsused ja liikumised mõjutavad nii meeskonnakaaslast kui ka vastaseid, kujundades sel viisil kogu mängu taktikalist dünaamikat (O'Connor et al., 2022). Edukas sooritus ei põhine pelgalt eelnevalt kokkulepitud strateegiatel, vaid sageli kujuneb see mängu käigus, lähtudes hetkesituatsiooni tajumisest ja kohanemisest (Araújo & Bourbousson, 2016). Steiner & Seiler (2017) rõhutavad, et selline tegevus arendab mängijate kognitiivseid, sotsiaalseid ja enesejuhtimise oskusi.

Sportmängu treeningutel on selge mõju kehalisele arengule ja tervisele. Uuringud on näidanud, et jalgpall ja käsipall aitavad parandada aeroobset töövõimet, soodustavad rasvavaba massi suurenemist, alandavad vererõhku ja suurendavad luutihedust (Oja et al., 2024). Need mõjud on eriti olulised noorukieas, mil kehaline areng toimub kiiresti ning sõltub suuresti liikumisaktiivsusest ja treeningukoormusest.

Jalgpall ja käsipall on näited kontaktsetest sportmängudest, kus korduvad kiired üleminekud ja füüsiline vastasseis kujundavad vahelduva ja intensiivse koormusprofiili, mis nõuab mängijatelt vastupidavust, kiirust ja jõudu. Samas erinevad need spordialad mängutempo, tehnilise ülesehituse ning kontaktide iseloomu poolest.

1.2. Jalgpalli iseloomustus

Jalgpall on üks komplekssemaid ja enim mängitud spordialasid maailmas, edu saavutamiseks vajavad mängijad tehnilisi, taktikalisi ja füüsilisi oskusi (Hoff & Helgerud, 2004). Mängitakse suhteliselt suurel alal, FIFA soovitatav väljaku suurus on 105×68 meetrit, ning kohtumine kestab 2×45 minutit. Kuna tegemist on meeskondliku spordialaga, määrab edukuse koostöö mängijate vahel. Tiimitöö sõltub individuaalsetest tegevustest nagu liikumine, söödutäpsus ja otsustuskiirus (Beal et al., 2020). Mängu iseloomustab rünnaku- ja kaitsefaaside pidev vaheldumine ja kohanemine muutuvate olukordadega (Oliva-Lozano et al., 2020). Selle tulemusel läbivad mängijad kohtumise jooksul tavaliselt 9–14 km (Yu et al., 2021). See distants läbitakse erineva intensiivsuse ja liikumiskiirusega, millest tulenevalt on vajalik laialdane kehaline võimekus.

Jalgpallis oluline nii aeroobne kui ka anaeroobne võimekus, et mängijad suudaksid säilitada kõrget tempot kogu mängu vältel ja taastuda korduvate pingutuste vahel (Dolci et al., 2020; Hoff & Helgerud, 2004). Füüsiliselt nõudlikud mänguaspektid nagu taklamised, löögid, hüpped, kiirendused, aeglustused, suunamuutused ja tribling on vaheldumisi vähemnõudlike tegevuste ja puhkeperioodidega (Bangsbo et al., 2006). Sellise koormusega toime tulemiseks peab mängija suutma taluda korduvaid intensiivseid pingutusi lühikeste taastumisaegadega. Keskmiselt sooritatakse mängu jooksul 70% ajast madala intensiivsusega tegevusi ning ülejäänud 30% ajast 15–20 meetri löikudes 150–250 kõrge intensiivsusega tegevust (Osgnach et al., 2009). Lisaks sooritab mängija umbes 25 hüpet, 500 suunamuutust ja 10 maksimaalset kiirendust ja 15 aeglustumist (Yu et al., 2021). Sprindid on esmase tähtsusega, sest need on kõige sagedamini seotud värava löömise, vastase vältimise ja löögivõimaluse loomisega (Oliva-Lozano et al., 2020). Sellised olukorrad nõuavad mängijalt kiiret reageerimist, plahvatuslikkust ja jõudu. Jalgpallis on seetõttu määrava tähtsusega järgmised kehalised võimed: vastupidavus, jõud, kiirus ja taastumisvõime (Thompsett et al., 2016; Dolci et al., 2020).

1.3. Käsipalli üldiseloostus

Käsipall on sarnaselt jalgpallile kompleksne mäng, mille tulemuse määrab individuaalsed sooritusel, taktika ja tiimitöö (Wagner et al., 2014). Mängus osaleb kaks võistkonda, kummalgi kuus väljakumängijat ja üks väravavaht. Käsipalli mängitakse 40 × 20 meetri suurusel väljakul ning mäng koosneb 2 × 30 minutilisest poolajast. Mängu iseloomustab korduvate plahvatuslike tegevuste ja madala intensiivsusega liikumiste vaheldumine, millele lisanduvad ka sagedased kehakontaktid, tõukamised ja hoidmised (Michalsik et al., 2015; Ferrari et al., 2019;). Kohtumise jooksul läbivad mängijad tavaliselt 4–5 kilomeetrit, ning umbes 70% mänguajast möödub madalal ja 30% kõrgel intensiivsusel (Póvoas et al., 2012; Karcher & Buchheit, 2014).

Tänu sellisele mängu iseloomule on käsipalluritel vajalik mitmekülgne keheline võimekus. Kohtumise jooksul sooritavad mängijad keskmiselt 14 hüpet, 7 pealeviset, 13 suunamuutust ründefaasis ja 20 üks-ühele olukorda, nõudes mängijatelt koordineeritud kiirust ja taastumisvõimet (Póvoas et al., 2012). Aeroobne töövõime toetab üldist koormustaluvust ja taastumist, samas kui plahvatuslik ja anaeroobne suutlikkus on vajalik kiirete liigutuste nagu hüpete, visete ja suunamuutuste jaoks (Michalsik et al., 2015; Ferrari et al., 2019). Ülakeha jõud on oluline viskeefektiivsuse seisukohalt, alakeha jõud aga määrab kiiruse ja positsioonivõitluse edukuse (Gabryś et al., 2021). Eduka soorituse eelduseks on kehaliste ja tehniliste võimete ühendamise ja selleks peab mängija olema kiire, koordineeritud, vastupidav, paindlik ja hea taastumisvõimega (Balasubramanian & Chittibabu, 2014; Wagner et al., 2014).

Nii käsi- kui jalgpallile on omased vahelduva intensiivsusega liikumised ja laialdased kehalised nõudmised töövõimes, kiiruses, jõus, plahvatuslikkuses ja ka taastumisvõimes. Samas nõuab jalgpall suuremat liikumismahtu ja kestvust suurel väljakul, käsipallis seevastu on suurem rõhk kehalistel kontaktidel, lühikestel spurdfaasidel ja visetel piiratud mängualal. Treeningute efektiivsuse hindamiseks tuleb sportlaste antropomeetrilisi kui ka funktsionaalseid võimeid testida.

1.4. Jalg- ja käsipallurite antropomeetria ja keha koostis

Antropomeetrilised näitajad ja kehakoostis on olulised sportlaste kehaliste omaduste ja sooritusvõime eelduste hindamisel. Rodriguez-Martinez et al. (2020) ülevaate põhjal on Eesti 19-aastaste poiste keskmine pikkus 183,1 cm, millega ollakse maailmas kolmandal kohal. Pikkus ja kehamass on sportmängudes sageli seotud mängupositsiooni ja võistlustasemega ning kirjanduses peetakse neid alaspetsiifilisteks näitajateks. Michalsik et al. (2015) ja Gusic et al. (2017) leidsid vastavalt Taani ja Serbia kõrgliigade mängijaid võrreldes, et käsipallurid olid keskmiselt pikemad ja raskemad kui samal tasemel jalgpallurid. Noorte eliittasemel U17 jalgpallurite kehapikkuseks on $174,0 \pm 6,5$ cm ja kehamassiks $64,1 \pm 6,0$ kg ning U20 jalgpalluritel kehapikkuseks $176,5 \pm 6,0$ cm ja kehamassiks $69,2 \pm 6,8$ kg (Sannicandro et al., 2015). Seevastu käsipallurite puhul on U17 vanusegrupis mõõdetud kehapikkuseks $184,9 \pm 6,0$ cm ja kehamassiks $80,6 \pm 10,3$ kg ning U19 tasemel vastavalt $188,0 \pm 5,0$ cm ja $90,4 \pm 9,8$ kg (Gabryś et al., 2020). Tšehhi U18 käsipallurite keskmised näitajad olid $183,5 \pm 5,7$ cm ja $77,3 \pm 8,3$ kg (Bělka et al., 2016), mis kehapikkuse osas on täiesti võrreldavad teiste uuringute tulemustega, kuid kehamassi osas jäävad Gabryś et al., (2020) tulemustele alla.

Kehamassiindeksi (KMI) väärtused on sportlastel enamasti jäänud WHO määratluse kohaselt normivahemikku (18,5–24,9). Portugali U16 ja U19 eliitjalgpallurite puhul on KMI väärtusteks saadud vastavalt $21,7 \pm 1,2$ ja $22,8 \pm 1,5$ (Leão et al., 2017). Norra U16 ja U18 käsipallurite seas on KMI väärtused olnud vastavalt $22,1 \pm 2,2$ ja $22,3 \pm 2,8$ (Ingebrigtsen et al., 2013). Kuigi KMI sobib üldise kehalise seisundi hindamiseks, ei pruugi see olla piisav kehatüübi täpseks määramiseks, kuna ei erista rasv- ja lihasmassi suhet (Mazic et al., 2009).

Kehakoostise hindamine on oluline sportlaste kehaliste omaduste määramisel, kuna see võimaldab hinnata rasvavaba massi (KRVM), rasvamassi (KRM) ja nende jaotumist piirkonniti. Keha koostis, eriti KRVM ja KRM protsent (KRM%), on tugevalt seotud füüsilise sooritusega, mõjutades eeskätt jõu, kiiruse ja vastupidavuse taset (Lukaski, 2017). Kahe energiatasemega röntgenabsorptsioomeetria (DXA) on selleks laialdaselt tunnustatud kuldstandard. DXA võimaldab täpset piirkondlikku mõõtmist ning eristab luukoe, lihasmassi ja rasvkoe osakaalu, pakkudes sportlaste hindamisel usaldusväärset ja täpset teavet (Shepherd et al., 2017).

Süsteemaatiliste ülevaateartiklite põhjal jääb professionaalsete meesjalgpallurite KRM% vahemikku 10–13%, kehamass tavaliselt 76–77 kg ning KRVM ligikaudu 66 kg

(Slimani & Nikolaidis, 2017; Sebastiá-Rico et al., 2023). Atakan et al. (2017) uurisid Türgi U18 jalgpallureid (vanus $17,4 \pm 0,5$ a) ning leidsid, et nende KRVM oli keskmiselt $57,5 \pm 5,1$ kg. Meeskäripallurite puhul on Martínez-Rodríguez et al., (2020) ülevaateartiklis KRM protsent keskmiselt 13–14%, kehamass 85–86 kg ja KRVM 74–86 kg. Chiroso-Ríos et al. (2023) andmetel olid Hispaania juunioride käsipallurite (vanus $19,7 \pm 1,8$ a) KRVM väärtused eliit- ja amatöörühmas vastavalt $74,4 \pm 17,2$ kg ja $73,1 \pm 9,4$ kg. Massuça & Fragoso (2011) leidsid, et Portugali noorte eliittasemel käsipallurite KRVM moodustas keskmiselt 86,2% kehamassist. Gabryś et al. (2020) leidsid, et noortel käsipalluritel oli võrreldes eakaaslastega suurem lihassmass ja madalam rasvaprotsent.

1.5. Jalg- ja käsipallurite funktsionaalsete võimete mõõtmine

Mõlema spordiala puhul on edu vundamendiks aeroobne võimekus. Seda saab hinnata läbi kolme tähtsa elemendi: maksimaalne hapnikutarbimine (VO_{2max}), anaeroobne lävi (AnL) ja töö ökonoomsus (Hoff et al., 2002). Parim indikaator aeroobse võimekuse määramiseks on just VO_{2max} määramine (Helgerud et al., 2001). Kuldstandardiks selle mõõtmisel peetakse astmelist koormustesti koos hingamise kaudu mõõdetavate gaasivahetuse mõõtmistega (Beltz et al., 2016). Eliittasemel jalgpallurite maksimaalne hapnikutarbimine kehamassi suhtes ($VO_{2max/kg}$) väärtused jäävad tavaliselt vahemikku 55–67 ml/kg/min, mõnel juhul ulatudes üle 70 ml/min/kg, ning on seotud suurema jooksumahuga, sprintide arvuga ja intensiivsema mängu jooksul (Hoff & Helgerud, 2004). Slimani & Nikolaidise (2017) ülevaates jäi $VO_{2max/kg}$ eliitmängijatel vahemikku 59,2–66,6 ml/kg/min ja amatööridel 57,8–61,7 ml/kg/min, sõltuvalt mängijate vanusest ja tasemest. Stojmenović ja Stojmenović (2023) leidsid, et Serbia U20 ja U17 vanusegrupi jalgpallurite $VO_{2max/kg}$ väärtused olid vastavalt $53,28 \pm 3,74$ ja $53,07 \pm 5,10$ ml/kg/min. Smpokos et al. (2020) uuringu põhjal langes Kreeka 15-18 aastaste eliitmängijate $VO_{2max/kg}$ vahemikku $55,9 \pm 3,8$ ml/kg/min. Käsipallis on aeroobne töövõime samuti tähtis, sest mängijad peavad hoidma kõrget sooritustaset 60 minuti vältel (Manchado et al., 2013). Michalsik et al. (2015) uurisid Taani kõrgliiga käsipallureid ning leidsid, et nende keskmine $VO_{2max/kg}$ oli $57,0 \pm 4,1$ ml/kg/min. Ilić et al. (2015) uuringus oli Serbia U20 koondise käsipallurite keskmine $VO_{2max/kg}$ $39,98 \pm 4,62$ ml/kg/min. Lisaks VO_{2max} väärtustele annavad olulist teavet ka ventilatsiooniläved (VT_1 ja VT_2), mis võimaldavad hinnata sportlase võimet sooritada submaksimaalseid pingutusi ning taastumise efektiivsust intensiivsete tegevuste vahel (Hoff et al., 2002). Anaeroobse töövõime hindamiseks kasutatakse sageli ka maksimaalse

võimsuse (P_{max}), maksimaalse aeroobse võimsuse ($P_{a_{max}}$) ning ventilatsiooniläve võimsuse (VT_{2w}) näitajaid, mis iseloomustavad võimekust taluda ja taastuda korduvatest kõrge intensiivsusega pingutustest.

Olulist rolli jalg- ja käsipallurite sooritusvõimes mängivad samuti jõuvõimed. Jalgpallis seostatakse jõuvõimeid nii kontsentriliste (KON), eksentriliste (EKS) kui isomeetriliste (ISOM) lihaskontraktsioonidega, mistõttu kasutatakse selle hindamiseks erinevaid meetodeid (Gregson & Littlewood, 2018). Mõlemad spordialad sisaldavad suunamuutusi, hüppeid ja erinevaid plahvatuslikke liigutusi, seega on alakehajõud suure osakaaluga. Jalgpallurite jaoks on reie nelipealihaste jõud oluline nii sprintimiseks, hüppamiseks, söötmiseks ja löömiseks, ning selle lihasgrupi võimekust hinnatakse sageli isokineetilise (ISOK) testimise kaudu (Śliwowski et al., 2017). Varasemates uuringutes on jalgpallurite ISOM ja ISOK jõudu mõõdetud erinevates vanuserühmades ja tasemetes (Metaxas et al., 2009; Requena et al., 2009; Malý et al., 2010). Requena et al. (2009) uurisid jõunäitajaid poolprofessionaalsete Eesti JK Tartu Tammeka jalgpallurite seas (keskmine vanus $20 \pm 3,8$ a). Maksimaalse ISOM jõu keskmiseks väärtuseks kujunes $228,5 \pm 41$ Nm ja ISOK $60^\circ/s$ nurkkiirusel $265,6 \pm 42,8$ Nm ning $180^\circ/s$ nurkkiirusel $134,3 \pm 29,7$ Nm. Rahvusvaheliselt on ISOK sirutusjõudu uuritud Tšehhi eliitaseeme noortel jalgpalluritel (keskmine vanus $17,5 \pm 1,5$ aastat), kelle suhtelised jõunäitajad domineerival jalal olid: $3,54 \pm 0,25$ Nm/kg kiirusel $60^\circ/s$, $2,46 \pm 0,22$ Nm/kg $180^\circ/s$ ja $1,91 \pm 0,20$ Nm/kg $300^\circ/s$ (Malý et al., 2010). Metaxas et al., (2009) uurisid eri tasemetel mängivate Kreeka jalgpallurite ISOK jõudu erinevatel nurkkiirustel (Tabel 1).

Tabel 1. Kreeka I-IV liiga jalgpallurite reie nelipealihase isokineetiline lihasjõud erinevatel nurkkiirustel (keskmine \pm standardhälve).

	I divisjon	II divisjon	III divisjon	IV divisjon
$60^\circ/s$	$270,4 \pm 31,4$	$264,8 \pm 30,9$	$258,0 \pm 38,5$	$256,1 \pm 38,1$
$180^\circ/s$	$178,9 \pm 41,1$	$182,6 \pm 57,4$	$180,2 \pm 39,1$	$175,5 \pm 32,5$
$300^\circ/s$	$128,6 \pm 14,5$	$141,8 \pm 17,4$	$140,6 \pm 18,0$	$123,1 \pm 17,5$

Käsipallis on jõuvõimed keskse tähtsusega just füüsilises kontaktis, viske-, hüppe- ja pidurdusliigutuste sooritamisel (Chirosa-Ríos et al., 2023). Ülakeha jõud mõjutab viskekiirust ja täpsust, alakeha jõud aga liikumise tõhusust suunamuutustel ja hüpetel. Vastavalt käsipalli

loomule on ka sellel spordialal lühikesed ja jõulised liigutused suuresti sõltuvad sellest lihasgrupi jõust. González-Ravé et al. (2014) andmetel oli Hispaania eliittaseme mängijate (vanus $27,7 \pm 4,1$ aastat) puhul domineeriva jala ISOK sirutusjõud kiirusel $60^\circ/s$ $267,6 \pm 46,4$ Nm ja kiirusel $180^\circ/s$ $176,4 \pm 29,6$ Nm. Sama uuringus esitati ka suhtelised näitajad, vastavalt $2,91 \pm 0,53$ Nm/kg ja $1,90 \pm 0,31$ Nm/kg. Bělka et al. (2016) uurisid Tšehhi U18 vanuseklassi käsipallureid, kelle ISOK sirutusjõu keskmised väärtused olid kiirusel $60^\circ/s$ $247,6 \pm 36,9$ Nm, $180^\circ/s$ $174,8 \pm 32,7$ Nm ning $300^\circ/s$ $137,9 \pm 31,1$ Nm.

Plahvatusliku võimekuse hindamiseks kasutatakse laialdaselt ühekorde maksimaalse hüppe testi (CMJ), mis on usaldusväärne ja kergesti teostatav test alakeha võimsuse määramiseks (Warr et al., 2020). CMJ kõrgus ja võimsus on tihedalt seotud kiirendusvõime ja sprintimisvõimega, mistõttu sobib test hästi spordialadele, kus lühiajalised intensiivsed pingutused on määravad (Slimani & Nikolaidis, 2017). Sannicandro et al., (2015) jalgpallurite uuringus oli U17 poiste CMJ kõrgus 41.0 ± 5.0 ja U20 43.1 ± 6.2 cm. Norra U16 ja U18 eliitkäsipallurite tulemused jaid Ingebrigtsen et al. (2013) uuringus vastavalt 29.94 ± 6.41 cm ja 32.81 ± 5.46 cm. Lisaks kasutatakse korduvate hüpete teste (CMJ₁₅), mis võimaldavad hinnata võimet säilitada plahvatuslikku sooritusvõimet järjestikuste pingutuste jooksul.

2. TÖÖ EESMÄRK JA ÜLESANDED

Käesoleva magistr töö eesmärk oli mõõta, analüüsida ja võrrelda 15–18-aastaste Eesti jalgpallurite, käsipallurite ning treeningutel regulaarselt mitte osalevate noormeeste antropomeetrilisi, kehakoostise ja kehalise võimekuse näitajaid nii uuringusiseselt kui rahvusvahelise kirjandusega. Lähtuvalt töö eesmärgist püstitati järgnevad ülesanded:

1. Mõõta 15–18-aastaste jalgpallurite, käsipallurite ja kontrollgrupi antropomeetrilisi näitajaid.
2. Mõõta 15–18-aastaste jalgpallurite, käsipallurite ja kontrollgrupi kehakoostise näitajaid.
3. Mõõta 15–18-aastaste jalgpallurite, käsipallurite ja kontrollgrupi kehalise võimekuse näitajaid.
4. Võrrelda jalgpallurite, käsipallurite ja kontrollgrupi antropomeetrilisi, kehakoostise ja kehalise võimekuse näitajaid nii uuringusiseselt kui rahvusvahelise kirjandusega.

3. TÖÖ METOODIKA

3.1. Uuringu taust ja vaatlusalused

Käesolev magistritöö on osa Tartu Ülikooli Sporditeaduste ja füsioteraapia instituudi doktorandi Ave Kängsepa doktoritöö projektist teemal „Energiasakaalu iseloomustavad vere biokeemilised markerid noorsportlastel: seosed treeningukoormuse, kehalise võimekuse ja keha koostise näitajatega“. Uuring on viidud läbi kooskõlas Tartu Ülikooli inimuuringute eetikakomiteega (loa number: 371/T-6). Magistritööks koguti andmeid 2024/25. aasta jooksul.

Uuringus osales kokku 102 noormeest vanuses 15–18 aastat. Antud magistritöösse on kaasatud valim, mis koosnes kolmest rühmast: jalgpallurid ($n = 9$), käsipallurid ($n = 8$) ning kontrollgrupp ($n = 12$), kokku 29 uuritavat. Sportlased treenisid regulaarselt 4–6 korda nädalas ning osalesid organiseeritud treeningutel ja võistlustel. Kontrollgrupi noormehed ei olnud viimase kahe aasta jooksul osalenud organiseeritud treeningutel ega kuulunud spordiklubidesse.

Magistritöö autori ülesannete hulka kuulus nii sportlaste kui ka mittesportlaste leidmine ja kaasamine uuringusse. Autor leppis testimiste ajad osalejatega kokku individuaalselt, arvestades osalejate treeningplaani ja koolikohustusi. Uuringupäevadel osales magistritöö autor aktiivselt laboritöös, aidates standardiseeritud mõõtmisi ja teste läbi viia vastavalt uuringu metoodikale.

Uuringus osalejatele tutvustati uuringu eesmärki, testimiskorraldust ja andmetöötluse põhimõtteid. Kõik osalejad andsid kirjaliku teadliku nõusoleku, alaealiste puhul allkirjastasid nõusoleku ka lapsevanemad. Uuringu testimised viidi läbi Tartu Ülikooli Sporditeaduste ja Füsioteraapia instituudi laboris.

3.2. Uurimismeetodid

3.2.1. Antropomeetrilised mõõtmised ja kehakoostise määramine

Kõikidel uuritavatel mõõdeti keha pikkus ja kehamass. Kehapikkuse mõõtmiseks kasutati antropomeetrit (täpsus 0,1 cm), kehamassi mõõtmiseks A&D Instruments Ltd. kaalu (täpsus 0,1 kg). Kehamassiindeks (KMI) arvutati valemiga: kehamass (kg) / pikkuse ruut (m^2).

Keha koostise hindamiseks kasutati kahe energiatasemega röntgenabsorptsioomeetria aparaati (DXA, Lunar Prodigy, GE Healthcare). Määrati kehamass, KMI, KRM%, rasvavaba kehamass KRVM, rasvamass (KRM) ja luumass (LM). Mõõtmised viidi läbi tühja kõhuga, osalejatel olid seljas kerged spordiriided ning mõõtmiste ajal lamasid nad liikumatult selili.

3.2.2. Kehalise töövõime määramine

Uuritavad sooritasid kasvavate koormustega testi veloergomeetril (Corival V3, Lode, Holland) kuni suutlikkuseni, millega hinnati aeroobset töövõimet. Test algas 40 W koormuselt ja suurenes igal minutil 15 W võrra. Hingamisparameetrid registreeriti METAMAX näomaskiga (Cortex GMBH, Saksamaa), südame löögisagedust mõõdeti Polar HR seadmega. Määrati maksimaalne hapnikutarbimine (VO_{2max}), maksimaalne hapnikutarbimine kehamassi suhtes ($VO_{2max/kg}$), ventilatsiooniläved (VT_1 , VT_2), maksimaalne väljahingatava õhu ventilatsioon (VE), maksimaalne võimsus (P_{max}). maksimaalne võimsus kehamassi suhtes ($P_{max/kg}$) maksimaalne aeroobne võimsus (Pa_{max}).

Lihasjõu ja töövõime hindamiseks kasutati CON-TREX® WS isokineetilist jõuseadet (Physiomed Elektromedizin AG, Saksamaa). Viidi läbi isomeetiline (ISOM) test 90° põlvenurgal ning isokineetilised (ISOK) testid kolmel nurkkiirusel (60°/s, 180°/s ja 300°/s). Lisaks sooritati 20 järjestikuse liigutusega test nurkkiirusega 240°/s.

Alakeha plahvatuslikkuse hindamiseks kasutati ühekordset *Counter Movement Jump* (CMJ) ja 15-sekundilist korduvhüppe testi (CMJ₁₅), mis viidi läbi hüppeplatvormil käed puusal paigal hoides. Mõõdeti maksimaalne ja keskmine hüppekõrgus ning arvutati kehamassi suhtes normaliseeritud võimsus (W/kg).

3.2.3. Andmete statistiline analüüs

Statistiline analüüs viidi läbi programmiga IBM SPSS Statistics (versioon 30.0). Arvutati keskmised (\bar{X}) ja standardhälbed (SD). Enne analüüsi viidi läbi normaaljaotuse kontroll kõigi parameetrite osas kasutades selleks Shapiro - Wilk testi. Normaaljaotusega tunnuste grupivõrdluseks kasutati dispersioonanalüüsi ANOVA testi koos Bonferooni

järeltestiga gruppide vaheliste erinevuste leidmiseks. Statistilise olulisuse tasemeks seati $p < 0,05$.

4. TÖÖ TULEMUSED

Esmalt mõõdeti osalejate kehapiikkus ja kehamass, seejärel määrati keha koostis DXA-aparaadiga (tabel 2). Gruppide vahel ei esinenud staatilist olulist ($p > 0,05$) erinevust vanuse, KRM ja KRM% osas, siiski oli kontrollgrupil võrreldes teistest eakaaslastest statistiliselt oluliselt ($p < 0,05$) madalam KRVM ja LM. Tabelis 2 on esitatud jalgpallurite, käsipallurite ja kontrollgrupi antropomeetriliste ja kehakoostise näitajate võrdlus.

Tabel 2. Uuritavate antropomeetrilised ja keha koostise näitajad (keskmine \pm standardhälve) gruppides.

Näitaja	Jalgpallurid	Käsipallurid	Kontrollgrupp		p
Vanus (a)	16,1 \pm 1,3	16,5 \pm 0,9	16,1 \pm 0,8		0,624
Pikkus (cm)	183,1 \pm 5,1	186,5 \pm 6,6	178,3 \pm 5,7 \square	*	0,015
Kehamass (kg)	75,0 \pm 8,6	84,9 \pm 10,3	69,8 \pm 10,5 \square	*	0,009
KMI	22,3 \pm 1,8	24,4 \pm 2,5	21,8 \pm 2,3 \square	*	0,050
KRM	12,0 \pm 3,3	14,0 \pm 3,8	13,1 \pm 5,5		0,663
KRM (%)	16,1 \pm 3,0	16,7 \pm 3,6	18,7 \pm 5,1		0,341
KRVM (kg)	58,5 \pm 5,4	65,8 \pm 7,5#	52,6 \pm 6,4 # \square	*	<0,001
LM (kg)	2,6 \pm 0,4	3,3 \pm 0,4	2,8 \pm 0,4 # \square	*	<0,001

* Statistiliselt oluline erinevus rühmade vahel ($p < 0,05$).

Statistiliselt oluline erinev rühmast jalgpall ($p < 0,05$)

\square Statistiliselt oluline erinev rühmast käsipall ($p < 0,05$)

KMI – kehamassiindeks, KRM – keha rasvamass, KRM% - rasvaprotsent, KRVM – keha rasvavaba mass, LM - luumass

Aeroobse töövõime hindamiseks viidi läbi koormustest veloergomeetria, mille käigus mõõdeti VO_{2max} , maksimaalne mehaaniline võimsus (P_{max}) ning ventilatsiooninäitajad, sealhulgas ventilatsiooniläved (VT_1 ja VT_2). Tabelis 3 on esitatud jalgpallurite, käsipallurite ja kontrollgrupi aeroobse töövõime näitajate keskmised väärtused koos standardhälvetega. VO_{2max} ja $VO_{2max/kg}$ parameetrites ei esinenud gruppidevahelist erinevust ($p > 0,05$), samas Pa_{max} ,

P_{max} , VT_{1w} , VT_{2w} parameetrites esines käsipallurid kontrollrühmast statistiliselt oluline erinevus ($p>0,05$). Jalgpallurite ja kontrollrühma vahel ei esinenud statiliselt olulisi erinevusi ($p>0,05$) (tabel 3).

Tabel 3. Uuritavate aeroobse võimekuse ja ventilatsiooninäitajad (keskmine \pm standardhälve) gruppides.

Näitaja	Jalgpallurid	Käsipallurid	Kontrollgrupp	P
VO_{2max} (l/min)	3,6 \pm 0,4	4,0 \pm 0,6	3.5 \pm 0.6	0,055
VO_{2max} (ml/kg/min)	48,7 \pm 5,0	48,0 \pm 4,9	49.8 \pm 6.9	0,782
VO_{2max} (W)	293,9 \pm 52,2	311,4 \pm 22,6	255.4 \pm 50.3 \square *	0,029
P_{max} (W)	295,0 \pm 52,2	316.2 \pm 25.6	260.8 \pm 53.5 \square *	0,045
P_{max} (W/kg)	3,9 \pm 0,6	3.8 \pm 0.5	3.8 \pm 0.7	0,787
VT_1 (W)	151,9 \pm 28,7	175.5 \pm 18.7	135.6 \pm 30.5 \square *	0,013
VT_1 (l/min)	148,6 \pm 11,7	150.9 \pm 9.0	153.4 \pm 9.7	0,561
VT_2 (W)	208,6 \pm 39,8	238.5 \pm 13.8	188.3 \pm 39.1 \square *	0,014
VT_2 (l/min)	168,4 \pm 9,3	169.8 \pm 8.9	178.3 \pm 7.2 # *	0,023
VE (L/min)	141,4 \pm 24,2	157.5 \pm 19.5	152.1 \pm 34.3	0,483

* Statistiliselt oluline erinevus rühmade vahel ($p < 0,05$).

Statistiliselt oluline erinev rühmast jalgpall ($p < 0,05$)

\square Statistiliselt oluline erinev rühmast käsipall ($p < 0,05$)

VO_{2max} – maksimaalne hapnikutarbimine, VO_{2max} ml/kg/min – suhteline maksimaalne hapnikutarbimine, VO_{2max} (w)- maksimaalne hapnikutarbimisvõime väljendatuna vattides, VO_{2max} (w/kg)- suhteline maksimaalne hapnikutarbimisvõime väljendatuna vattides, P_{max} – maksimaalne võimsus, $P_{max/kg}$ – suhteline maksimaalne võimsus, VT_1 (w) – ventilatsiooni lävi 1 võimsus (aeroobne lävi), VT_1 (l/min) – ventilatsiooni läve 1 pulss (aeroobne lävi), VT_2 (w) – ventilatsiooni lävi 2 võimsus (anaeroobne lävi), VT_2 (l/min)- ventilatsiooni lävi 2 pulss (anaeroobne lävi)

Reie nelipealihase jõu ja töövõime hindamiseks viidi läbi ISOM jõutest 90° nurga all ning ISOK testid kolmel erineval nurkkiirusel (60°, 180° ja 300°/s). Jõuvastupidavuse hindamiseks kasutati 20 järjestikuse korduse testi. Tabelis 4 on esitatud jalgpallurite, käsipallurite ja kontrollgrupi lihasjõu näitajate võrdlus.

Tabel 4. Uuritavate lihasjõu ja töövõime näitajad (keskmine ± standardhälve) gruppides.

Näitaja	Jalgpallurid	Käsipallurid	Kontrollgrupp		p
ISOM 90° (Nm)	262,2 ± 50,0	270.1 ± 36.1	217,4 ± 28,4 #□	*	0,009
ISOK 60°/s (Nm)	216,4 ± 24,9	229,6 ± 27,8	186,2 ± 28,4 #□	*	0,004
ISOK 60°/s (W)	511,6±158,8	575,5±191,4	290,2±171,6 #□	*	0,002
ISOK 180°/s (Nm)	168,9 ± 32,7	177,5 ± 39,3	147,1 ± 19,0		0,081
ISOK 180°/s (W)	527,1±159,8	551,2±170,6	439,0±64,1		0,148
ISOK 300°/s (Nm)	153,1 ± 36,0	157,4 ± 32,4	131,5 ± 31,4		0,183
ISOK 300°/s (W)	651,7±128,0	716,2±132,9	543,8±113,3 □	*	0,015
ISOK 20x (J)	2168,2 ± 635,0	2770.8 ± 447.5	2085,9 ± 418,2 □	*	0,015

* Statistiliselt oluline erinevus rühmade vahel (p < 0,05)

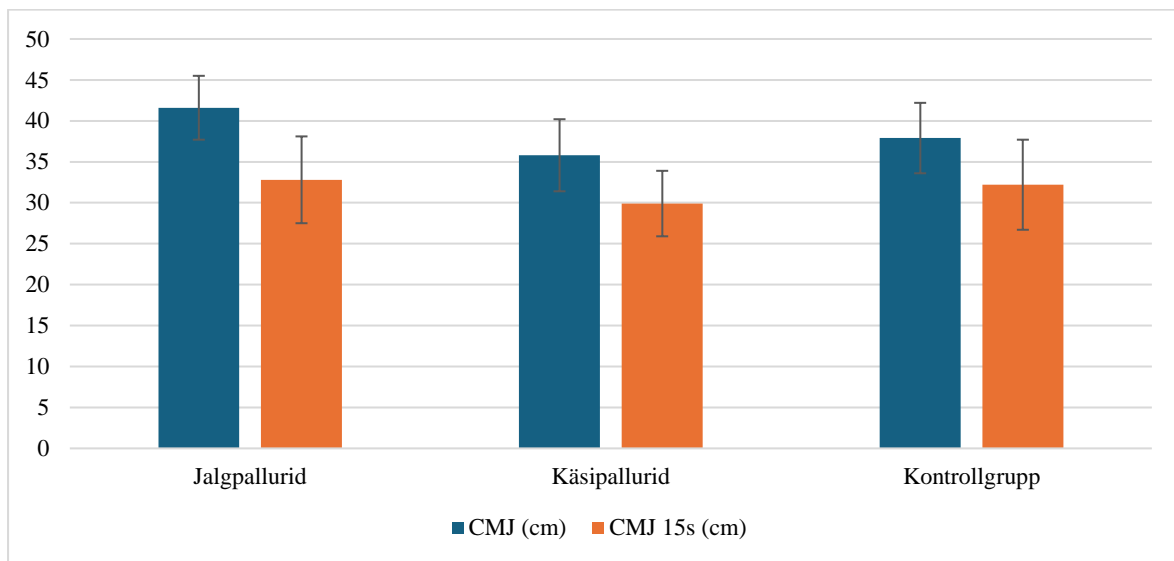
Statistiliselt oluline erinev rühmast jalgpall (p < 0,05)

□ Statistiliselt oluline erinev rühmast käsipall (p < 0,05)

ISOM – isomeetriline jõud, ISOK – isokineetiline jõud, ISOK 20x – isokineetilise jõutesti väsimusnäitaja

Plahvatusliku alakehajõu ja hüppevõime hindamiseks kasutati CMJ testi. Lisaks viidi läbi CMJ₁₅ korduvhüpete test, mille alusel hinnati keskmist hüppekõrgust ja hüppevõimsust. Joonis 1. on esitatud jalgpallurite, käsipallurite ja kontrollgrupi plahvatuslikkuse näitajate keskmised väärtused koos standardhälvetega.

Joonis 1. CMJ ja 15-sekundilise korduvhüppe kõrgus (keskmine \pm standardhälve) gruppides.



Statistiliselt olulisi erinevusi rühmade vahel ei esinenud ($p > 0,05$).

5. TÖÖ TULEMUSTE ARUTELU

Käesoleva uurimistöö eesmärk oli mõõta ja analüüsida 15–18 aastaste Eesti jalgpallurite, käsipallurite ja kehaliselt mitteaktiivsete noormeeste antropomeetria, kehakoostist ja kehalisi võimeid.

Uuringu tulemused näitasid, et sporti harrastavate noorte kehalised näitajad, sealhulgas lihasjõud, kehamass ja KRVM, olid üldjoontes kõrgemad kui kontrollgrupi noortel samas statistiliselt olulised erinevused esinesid kontrollgrupi ja käsipalli grupi vahel (vt tabel 3). See kinnitab seniseid teaduskirjanduses esitatud seisukohti spordi positiivse mõju kohta noorukite füüsilisele arengule (Oja et al., 2024). Samas ilmnisid mitmed puudujäägid, mis viitavad, et sportlaste kehaline ettevalmistus ei vasta mitmetes võtmenäitajates KRV% tiptasemele. Näiteks oli sportlaste KRM% kõrgem kui kirjanduses esitatud eliitstaseme vahemikud (Slimani & Nikolaidis, 2017; Martínez-Rodríguez et al., 2020). Samuti jäi jalgpallurite $VO_{2max/kg}$ allapoole mitmetes rahvusvahelistes uuringutes kirjeldatud väärtusi noorte eliitmängijate seas (Smpokos et al., 2020; Stojmenović & Stojmenović, 2023).

Need tulemused viitavad, et treeningute kvaliteet, sisuline rõhuasetus ning sportlaste individuaalsed vajadused vajavad senisest suuremat tähelepanu. Samuti rõhutavad tulemused vajadust pöörata suuremat tähelepanu kehakoostise regulaarsele hindamisele. Sellele lisaks tuleks rakendada sihipäraseid meetmeid selle optimeerimiseks, kuna liigne rasvkude võib pärssida vastupidavust, liikumisökonoomsust ja plahvatuslikkust. Füüsiliste näitajate hajuvus spordirühmade sees viitab vajadusele rakendada personaalsemat lähenemist kehalise ettevalmistuse protsessis.

5.1. Antropomeetrilised ja kehakoostise näitajad

5.1.1. Antropomeetrilised näitajad

Uuringus ilmnisid statistiliselt olulised erinevused antropomeetrilistes näitajates vaid käsipallurite ja kontrollgrupi rühmade vahel (vt tabel 2). Käsipallurid olid kontrollgrupist üle nii pikkuselt, kehamassilt kui ka KMI-lt, kuigi viimase olulisus oli piiripealne. Võrreldes spordigruppe olid samuti käsipallurid pikemad kui jalgpallurid. See on kooskõlas Michalsik et al. (2015) uuringuga, kus Taani tippliiga käsipallurid olid Taani kõrgliiga ja koondisetasemel

jalgpalluritest pikemad ja raskemad. Käesolevas töös oli jalg- ja käsipallurite kehamassis ligikaudu 8%-line erinevus, mis viitab spordialaspetsiifilisesse erinevustesse kehatüübis.

Rahvusvaheliste võrdluste põhjal on käesoleva uuringu Eesti noorsportlaste kehalised mõõtmed üldiselt suuremad kui mitmetes varasemates uuringutes kirjeldatud eakaaslastel. Näiteks olid Sannicandro et al. (2015) uuringus osalenud U17 ja U20 jalgpallurite pikkus ja kehakaal madalamad võrreldes käesoleva valimi mängijatega. Eesti käsipallurite mõõtmed olid aga suuremad kui Gabryś et al. (2020) uuringus kirjeldatud Poola U17 mängijatel, kuid jäid alla sama uuringu U19 grupile. Ka Tšehhi U18 käsipallurite mõõtmed olid väiksemad kui käesoleva valimi omad (Bélka et al., 2016).

KMI väärtused jäid kõigis rühmades WHO määratud normivahemikku (18,5–24,9), viidates sellele, et sportlaste üldine kehaline seisund oli hea. Tulemused on kooskõlas varasemate andmetega, kus eliittaseme noormängijate KMI väärtused jäid samuti normivahemiku keskosas (Ingebrigtsen et al., 2013; Leão et al., 2017). Siiski tuleb rõhutada, et KMI ei võimalda eristada rasv- ja lihaskoe osakaalu, mistõttu ei anna see täielikku hinnangut sportlase keha koostisele.

5.1.2. Kehakoostise näitajad

Uuringus ilmnisid mitmed statistiliselt olulised erinevused rühmade keha koostise näitajates (vt tabel 2). Jalg- ja käsipallurite KRVM ja LM olid oluliselt suuremad ($p < 0,001$) kui kontrollgrupil. Võrreldes KRVM varasema kirjandusega, ilmnis, et käesoleva valimi sportlased paiknevad üldjoontes rahvusvaheliste noormängijate tulemuste vahemikus. Omaealiste võrdluses olid nii jalg- kui ka käsipallurid kirjanduses kajastatud andmetega võrreldavad (Massuça & Fragoso, 2011; Atakan et al., 2017). Täiskasvanud eliitmängijate ja Hispaania noortekoondise mängijatega võrreldes jäi käsipallurite KRVM aga madalamaks (Martínez-Rodríguez et al., 2020; Chiroso-Ríos et al., 2023).

Varasemates süstemaatilistes ülevaateartiklites on leitud, et eliittasemel sportlastel on tavaliselt madalam KRM% võrreldes harrastajatega. Slimani & Nikolaidis (2017) koondasid meeste eliitjalgpallurite andmeid ning leidsid KRM% vahemikuks 9,9–11,9%, samas kui harrastajatel ulatus see 14,4–16,5%-ni. Käesoleva valimi jalgpallurite keskmine KRM% ületas mõlemad vahemikud. Martínez-Rodríguez et al. (2020) süstemaatilises ülevaates oli käsipallurite eliitmängijate keskmine KRM% $13,2 \pm 4,6\%$, mitte-eliitidel aga $16,6 \pm 7,2\%$.

Käesolevas töös oli käsipallurite vastav näitaja lähedal mitte-eliitmängijate tasemele. Mõlema spordiala esindajate tulemused viitavad vähem kui optimaalsele KRM%, mis arvestades spordialaspetsiifikaid on väga oluline näitaja. Ka uuringusiseselt ei erinenud KRM näitajad statistiliselt oluliselt.

5.2. Aeroobne ja anaeroobne töövõime

Aeroobse ja anaeroobse töövõime näitajate võrdluses esines olulisi erinevusi sportlaste ja kontrollgrupi vahel. Käsipallurite $P_{a_{max}}$, P_{max} ning VT_{1w} ja VT_{2w} olid statistiliselt oluliselt kõrgemad kui kontrollgrupil (vt tabel 3). Jalgpalluritel ilmnis kontrollgrupiga võrreldes statistiliselt oluline erinevus vaid (AnL) südamelöögisageduses. Arvestades spordiaal iseloomu, kus aeroobne võimekus mängib keskset rolli korduvates kõrge intensiivsusega liikumistes ja taastumises, viitavad need tulemused valimi jalgpallurite tagasihoidlikule aeroobsele töövõimele.

Võrreldes käsipalluritega olid jalgpallurite tulemused mitmetes näitajates samuti madalamad, mis osutab vajadusele süstemaatilisemalt hinnata noorte jalgpallurite vastupidavusvõime taset ja selle arendamise fookust treeningutel. $VO_{2max/kg}$ olid aga kõikides gruppides sarnased. Jalgpallurite $VO_{2max/kg}$ jäid Stojmenović & Stojmenović (2023) uuringus osalenud Serbia U17 ja U20 eliitmängijatega võrreldes märkimisväärselt madalamaks. Sarnane järeldus on ka Smpokos et al. (2020) uuringus, kus 15-18-aastased Kreeka eliitmängijad näitasid Serbia uuringuga sarnaseid tulemusi, ületades käesolevat valimit. Käsipallurid näitasid Ilić et al. (2015) uuritud Serbia U20 koondisega võrreldes vastupidiselt jalgpalluritele paremaid tulemusi. Michalsik et al. (2015) uuringus kirjeldatud Taani kõrgliiga käsipallurite keskmine VO_{2max} oli siiski märgatavalt kõrgem, kui käesoleval valimil.

5.3. Jõu- ja plahvatuslikkuse näitajad

5.3.1. Reie nelipealihase lihasjõu näitajad

Sportlaste lihasjõu ja töövõime näitajad olid mitmes näitajas statistiliselt oluliselt kõrgemad võrreldes kontrollgrupiga (tabel 4). Jalg- ja käsipallurid saavutasid statistiliselt oluliselt kõrgemad tulemused ISOM jõutestidel, ISOK jõutestil ($60^\circ/s$ Nm) ja ISOK jõutestil

näidatud võimsuses ($60^\circ/s$ W). Lisaks eristusid käsipallurid kontrollgrupist oluliselt ka suurema maksimaalse võimsusega kõrgeimal nurkkiirusel ($300^\circ/s$ W) ning suurema ISOK testi kogutööga ($20x$ J) võrreldes kontrollgrupiga. Need näitajad viitavad sportlaste paremale lihasjõule ja töövõimele. Seda eriti käsipallurite puhul, kelle tulemused olid enamikus näitajates kõrgeimad võrreldes teiste gruppidega. Üldise jõutaseme hindamiseks võrreldi testide tulemusi ka varasemate uuringutega.

Võrreldes poolprofessionaalsete Eesti jalgpalluritega (Requena et al., 2009), oli käesoleva valimi mängijate ISOM maksimaalne jõud 90° põlvenurga juures kõrgem. Madalama ISOK nurkkiiruse juures ($60^\circ/s$) jäid tulemused varasema uuringu omale alla, kuid ISOK kõrgema nurkkiiruse juures ($180^\circ/s$) saavutati paremad näitajad. Täpselt sama muster avaldub ka eakaaslaste võrdluses Malý et al. (2010) uuringus osalenud Tšehhi eliittaseme noorjalgpalluritega. Vanuseliselt sarnase valimi kõrval käsitleti tulemusi ka tasemelises kontekstis, kasutades Kreeka I–IV divisjoni mängijate andmeid (tabel 1) (Metaxas et al., 2009). Käesoleva valimi jalgpallurite ISOK sirutusjõud oli $60^\circ/s$ juures madalam kõigist neljast divisjonist. $180^\circ/s$ kiirusel olid näitajad üldjoontes sarnased, kuid $300^\circ/s$ juures saavutasid käesoleva valimi mängijad kõrgemad tulemused võrreldes kõigi Kreeka gruppidega. Rahvusvaheliste uuringute võrdluses on märgata selget tendentsi. Selline muster viitab käesoleva valimi heale kiiruslikule ja plahvatuslikule jõule, kuid maksimaalse pingutuse olukorras madalamal nurkkiirusel jääb jõud tagasihoidlikumaks.

Käsipallurite ISOK sirutusjõu tulemusi võrreldi Hispaania eliittasemel käsipalluritega (tabel 5), kelle keskmine vanus oli $27,7 \pm 4,1$ aastat ja kehamass ligi 93 kg (González-Ravé et al., 2014). Käesoleva valimi sportlaste tulemused olid ISOK testi $180^\circ/s$ nurkkiirusel sarnases vahemikus nii absoluut- kui suhtväärtustes, samas kui ISOK testi $60^\circ/s$ juures ilmnisid suuremad erinevused, eriti absoluutse jõu osas. Võrdluse tõlgendamisel tuleb arvestada vanuse ja kehamassi erinevustega, mis mõjutavad nii maksimaalset jõudu kui ka selle avaldumist suhtes kehamassiga. Kajastub sarnane trend nagu jalgpalluritel, kiiruslik ja plahvatuslik jõud on hea, kuid madalamal ISOK nurkkiirusel ehk maksimaalsel pingutusel jäävad tulemused alla.

Tabel 5. Reie nelipealihase ISOK sirutusjõu võrdlus Eesti noorte ja Hispaania eliitkäsipallurite vahel 60°/s ja 180°/s nurkkiirusel (keskmine ± standardhälve) (González-Ravé et al., 2014).

	Käesolev valim	Hispaania eliit
60°/s, Nm	229,6 ± 27,8	267,6 ± 46,4
180°/s, Nm	177,5 ± 39,3	176,4 ± 29,6

5.3.2. Plahvatuslikkuse ja hüppevõime erinevused

CMJ testis saavutasid jalgpallurid keskmiselt parimad tulemused, neile järgnes kontrollgrupp ja seejärel käsipallurid. Statistiliselt olulisi erinevusi rühmade vahel ei ilmnenud (joonis 1), kuid tulemused siiski viitavad jalgpallurite paremale plahvatuslikule võimekusele ning ka kontrollgrupi heale hüppevõimele. Korduvhüppe testis ilmnes sarnane järjestus, kus jalgpallurid ja kontrollgrupp näitasid paremat keskmist hüppekõrgust kui käsipallurid. Kontrollgrupi keskmine võimsus ületas käsipallurite tulemusi, kuid jäi alla jalgpalluritele. Tulemused viitavad kehakaalu suhtelisele eelisele või individuaalsele plahvatuslikkusele. Arvestades, et käsipallis esineb sagedasi hüppeid ja kontaktolukordi, võiks eeldada sportlastelt kõrgemat plahvatuslikkust ka korduvhüppe testis. Samas võib nende tulemusi osaliselt mõjutada suurem kehamass, mis mõjutab hüppekõrgust ja suhtelist võimsust. Sellest hoolimata tundub, et käsipallurite plahvatuslikkus ei vastanud täiel määral sellele, mida nende spordialaspetsiifiline tegevus eeldaks.

Jalgpallurite hüppevõime osas on varasemates uuringutes kirjeldatud sarnaseid, kuid üldpildis natuke kõrgemaid CMJ tulemusi kui käesolevas töös (Sannicandro et al. 2015; Kalata et al., 2023). Lisaks leidis Kalata et al., (2023), et eliit ja mitte-eliit taseme CMJ kõrguses ei olnud vahet.

Käsipallurite CMJ kõrgus on Ingebrigtsen et al. (2013) uuringus osalenud Norra U16 ja U18 eliitmängijate keskmisest mõne sentimeetri võrra kõrgem. Bělka et al. (2016) rõhutavad, et suurem lihassmass ei tähenda automaatselt paremat hüppevõimet, vaid määravaks saab lihasjõu rakendamise efektiivsus. Seetõttu võib oletada, et käsipallurite hüppevõime peegeldab küllalt täpselt nende spordialaspetsiifilist plahvatuslikkust ja nende kehakaalu.

5.4. Töö võimalikud puudujäägid ja praktiline väärtus

Käesoleva magistr töö üheks tugevuseks on metoodilise lähenemise terviklikkus ja mitmekesisus – uurimuses kasutati objektiivseid mõõtmisvahendeid (DXA-skaneerimine, veloergomeetritestid), mis tagavad usaldusväärsed ja täpsed andmed uuritavate antropomeetria, kehalise töövõime ning kehalise aktiivsuse kohta. Siiski ilmsid mõned metoodilised ja sisulised piirangud, mis võivad mõjutada tulemuste üldistatavust ja tõlgendust.

Üheks peamiseks piiranguks oli uurimisvalimi suurus ($n = 29$), spordialagrupid jäid alla kümne liikmeliseks. Selline väike valim võib piirata tulemuste statistilist usaldusväärsust ja üldistatavust laiemale noorsportlaste populatsioonile. Lisaks hõlmas uuring 15–18-aastaseid noormehi, kellel võib selles vanusevahemikus esineda olulisi erinevusi bioloogilises küpsuses ja kasvutempos, mida töö raames eraldi ei hinnatud ega arvestatud.

Metoodiliste piirangutena tuleb esile tõsta, et aeroobse töövõime hindamiseks kasutati veloergomeetrit, mis ei pruugi peegeldada jalg- ja käsipalli mänguspetsiifilisi nõudmisi ega tegelikku jooksupõhist koormust. Samuti ei eristatud spordialagruppides mängupositsioone ega treeningkogemuse pikkust, mis võib suurendada grupisest varieeruvust ja piirata tulemuste üldistatavust positsiooniti või kogemustaseme järgi. Rahvusvaheliste võrdlusandmete kasutamisel oli piiranguks see, et kirjanduses esitatud andmed olid sageli erineva metoodika, vanusevahemiku või testitingimustega, mis võib vähendada otseste võrdluste tegemise usaldusväärsust.

Käesoleva magistr töö tulemused annavad ülevaate Eesti noorte jalg- ja käsipallurite antropomeetristest, kehakoostise ja kehalise võimekuse näitajatest. Lisaks võimaldab uuring võrrelda neid tulemusi mittesportlike eakaaslaste ning rahvusvaheliste võrdlusandmetega. Saadud teadmised on olulised sporditreeneritele, spordiedendajatele ja teistele spordivaldkonna spetsialistidele, võimaldades teadlikumalt hinnata ning suunata noorte sportlaste kehalist arengut ja treeningprotsessi. Uuring rõhutab kehakoostise regulaarse hindamise ning individuaalse lähenemise olulisust noortesportdis, et toetada sportlaste tervist ja saavutusi.

Kokkuvõtlikult võib öelda, et käesolev magistr töö pakub tervikliku ülevaate Eesti noorte jalg- ja käsipallurite kehalistest ja funktsionaalsetest näitajatest ning spordialaspetsiifilistest erinevustest võrreldes mittesportlike eakaaslastega. Töö tulemused kinnitavad spordiga tegelemise positiivset mõju noorte kehalisele arengule, kuid viitavad ka

vajadusele pöörata rohkem tähelepanu kehakoostise ja aeroobse võimekuse arendamisele, et saavutada rahvusvahelise eliidi tasemele vastavad tulemused. Edasistes uuringutes oleks soovitatav kaasata suurem ja mitmekesisem valim, ning hinnata muutusi kehalistes näitajates pikaajaliselt.

6. JÄRELDUSED

1. 15–18-aastaste jalgpallurite, käsipallurite ja kontrollgrupi antropomeetrilised näitajad erinesid selgelt, kusjuures käsipallurid olid keskmiselt teistest nii raskemad kui ka pikemad.
2. Sportlastel on tulenevalt oma treeningute iseloomust võrreldes treeningutel regulaarselt mitte osalevate noortega suurem rasvavaba mass ja luumass. Samas olid jalgpallurite kui käsipallurite keha rasvaprotsent kõrgem kui rahvusvahelise eliidil, viidates kehakoostise optimeerimise vajadusele.
3. Kontrollgrupi kehalise võimekuse näitajad jäävad alla käsipalli ja jalgpalli harrastavatele noortele nii aeroobses kui maksimaalses võimsuses ja jõuvõimetes, samas pallimängijate hapnikutarbimine jäi kontrollgrupiga samale tasemele.
4. Tulenevalt spordiala ja treeningute iseloomust, on jalgpallurid paremad plahvatuslikkuse ja hüppevõime poolest, käsipallurid aga suurema maksimaalse jõuvõime poolest.
5. Jalgpallurite ja käsipallurite kehakoostise ning kehalise võimekuse näitajad olid uuringusiseselt paremad kui mittesportlikel eakaaslastel aga jäävad siiski alla rahvusvahelise eliidi tasemele.

KASUTATUD KIRJANDUS

1. Atakan MM, Unver E, Demirci N, Cinemre A, Bulut S, Turnagol HH. Effect of body composition on fitness performance in young male football players. *Turkish Journal of Sport and Exercise*, 2017; 19(1): 54–59
2. Balasubramanian CM, Chittibabu B. Effect of Handball Specific Aerobic Training on Aerobic Capacity and Maximum Exercise Heart Rate of Male Handball Players. *IJPEFS* 2014; 3: 85–91
3. Bangsbo J, Mohr M, Krstrup P. Physical and metabolic demands of training and match-play in the elite football player. *Journal of Sports Sciences* 2006; 24: 665–674
4. Beal R, Chalkiadakis G, Norman TJ, Ramchurn SD. Optimising game tactics for football. arXiv preprint arXiv:2003.10294, 2020
5. Bělka J, Hulka K, Cuberek R, Weiner J, Svoboda Z. Analysis of the fitness level in elite handball players (U16 and U18) between 2003 and 2013. *Journal of Physical Education and Sport* 2016; 16(4): 1377–1383
6. Beltz NM, Gibson AL, Janot JM, Kravitz L, Mermier CM, et al. Graded Exercise Testing Protocols for the Determination of VO₂max: Historical Perspectives, Progress, and Future Considerations. *Journal of Sports Medicine* 2016; 2016: 3968393
7. Camacho-Cardenosa A, Camacho-Cardenosa M, Brazo-Sayavera J. Endurance assessment in handball: a systematic review. *European Journal of Human Movement*, 2019; 43: 13–39
8. Chiroso-Ríos LJ, Chiroso-Ríos IJ, Martínez-Marín I, Román-Montoya Y, Vera-Vera JF. The Role of the Specific Strength Test in Handball Performance: Exploring Differences across Competitive Levels and Age Groups. *Sensors* 2023; 23: 5178
9. Dolci F, Hart NH, Kilding AE, Chivers P, Piggott B, et al. Physical and Energetic Demand of Soccer: A Brief Review. *Strength & Conditioning Journal* 2020; 42: 70.
10. Ferrari W, Sarmiento H, Vaz VS. Match analysis in handball: a systematic review. *Montenegrin J Sports Sci Med* 2019; 8(2): 63–76
11. Gabrys T, Stanula A, Gupta S, Szmatlan-Gabrys U, Benešová D, et al. A Comparative Study on the Performance Profile of Under-17 and Under-19 Handball Players Trained in the Sports

School System. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 2020; 17: 7979

12. González-Ravé JM, Juárez D, Rubio-Arias JA, Clemente-Suarez VJ, Martínez-Valencia MA, Abian-Vicen J. Isokinetic leg strength and power in elite handball players. *Journal of Human Kinetics*, 2014; 41: 227–233

13. Gusic M, Popovic S, Molnar S, Masanovic B. Sport-Specific Morphology Profile: Differences in Anthropometric Characteristics among Elite Soccer and Handball Players. *Sport Mont* 2017;

14. Gregson W, Littlewood M. *Science in Soccer: Translating Theory into Practice*. London: Bloomsbury Publishing; 2018

15. Gréhaigne JF, Godbout P. Performance assessment in team sports. *Journal of Teaching in Physical Education*, 1997; 16(4): 500–516

16. Helgerud J, Engen LC, Wisløff U, Hoff J. Aerobic endurance training improves soccer performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 2001; 33: 1925

17. Hoff J, Wisløff U, Engen LC, Kemi OJ, Helgerud J. Soccer specific aerobic endurance training. *Br J Sports Med* 2002; 36: 218–221

18. Hoff J, Helgerud J. Endurance and Strength Training for Soccer Players. *Sports Med* 2004; 34: 165–180

19. Ilić V, Ranisavljev I, Stefanović Đ, Ivanović V, Mrdaković V. Impact of body composition and VO_2 max on the competitive success in top-level handball players. *Collegium Antropologicum*, 2015; 39(2): 535–540

20. Ingebrigtsen J, Jeffreys I, Rodahl S. Physical Characteristics and Abilities of Junior Elite Male and Female Handball Players. *The Journal of Strength & Conditioning Research* 2013; 27: 302

21. Kalata M, Varjan M, Charles University, Faculty of Physical Education and Sport, Prague, Czech Republic, Hank M, et al. Elite and Sub-elite Youth Soccer Players Show no Difference in Vertical Jump Performance. *Sport Mont* 2023; 21: 43–47

22. Karcher C, Buchheit M. On-Court Demands of Elite Handball, with Special Reference to Playing Positions. *Sports Med* 2014; 44: 797–814

23. Leão C, Simões M, Silva B, Clemente FM, Bezerra P, et al. Body Composition Evaluation Issue among Young Elite Football Players: DXA Assessment. *Sports* 2017; 5: 17
24. Lukaski HC. *Body Composition: Health and Performance in Exercise and Sport*. Boca Raton: CRC Press; 2017
25. Malý T, Zahálka F, Malá L. Isokinetic strength, ipsilateral and bilateral ratio of peak muscle torque in knee flexors and extensors in elite young soccer players. *Acta Kinesiologica*, 2010; 4(2): 17–23
26. Manchado C, Pers J, Navarro Valdivielso F, Han A, Platenkamp L, Ferragut C. Time-motion analysis in women's team handball: Importance of aerobic performance. *J Hum Sport Exerc*. 2013;8(2):376–390
27. Martínez-Rodríguez A, Martínez-Olcina M, Hernández-García M, Rubio-Arias JA, Sánchez-Sánchez J, Sánchez-Sáez JA. Body composition characteristics of handball players: systematic review. *Archivos de Medicina del Deporte*, 2020; 37(1): 52–61
28. Mazić S, Djelić M, Suzic J, Suzic S, Dekleva M, et al. Overweight in trained subjects – Are we looking at wrong numbers? (Body mass index compared with body fat percentage in estimating overweight in athletes). *General Physiology and Biophysics*, 2009; 28 Spec No: 200–204
29. Metaxas TI, Koutlianos N, Sendelides T, Mandroukas A. Preseason Physiological Profile of Soccer and Basketball Players in Different Divisions. *The Journal of Strength & Conditioning Research* 2009; 23: 1704
30. Michalsik, L.B., Madsen, K. & Aagaard, P. Physiological capacity and physical testing in male elite team handball. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 2015; 55(5), 415–429
31. Michalsik LB, Madsen K, Aagaard P. Technical Match Characteristics and Influence of Body Anthropometry on Playing Performance in Male Elite Team Handball. *The Journal of Strength & Conditioning Research* 2015; 29: 416
32. Oja P, Memon AR, Titze S, Jurakic D, et al. Health benefits of different sports: a systematic review and meta-analysis of longitudinal and intervention studies including 2.6 million adult participants. *Sports Med Open* 2024; 10(1)

33. Oliva-Lozano JM, Fortes V, Krstrup P, Muyor JM. Acceleration and sprint profiles of professional male football players in relation to playing position. *PLOS ONE*, 2020; 15(8): e0236959
34. Osgnach C, Poser S, Bernardini R, Rinaldo R, Di Prampero PE. Energy Cost and Metabolic Power in Elite Soccer: A New Match Analysis Approach. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 2010; 42: 170–178
35. Polglaze T, Hogan C, Dawson B, Buttfield A, Osgnach C, et al. Classification of Intensity in Team Sport Activity. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 2018; 50: 1487–1494
36. Póvoas SCA, Seabra AFT, Ascensão AAMR, Magalhães J, Soares JMC, et al. Physical and Physiological Demands of Elite Team Handball. *The Journal of Strength & Conditioning Research* 2012; 26: 3365
37. Requena B, González-Badillo JJ, Villareal ESS de, Erelina J, García I, et al. Functional Performance, Maximal Strength, and Power Characteristics in Isometric and Dynamic Actions of Lower Extremities in Soccer Players. *The Journal of Strength & Conditioning Research* 2009; 23: 1391
38. Rodriguez-Martinez A, Zhou B, Sophiea MK, Bentham J, Paciorek CJ, et al. Height and body-mass index trajectories of school-aged children and adolescents from 1985 to 2019 in 200 countries and territories: a pooled analysis of 2181 population-based studies with 65 million participants. *The Lancet* 2020; 396: 1511–1524
39. Sannicandro I, Spedicato M, Palaia G, Cofano G, Bisciotti GN, Eirale C. Strength ability, endurance and anthropometric parameters in youth football: descriptive analysis and functional relationships. *Medicina dello Sport*, 2015; 68(1): 19–30
40. Sebastiá-Rico J, Martínez-Sanz JM, González-Gálvez N, Soriano JM. Differences in Body Composition between Playing Positions in Men’s Professional Soccer: A Systematic Review with Meta-Analysis. *Applied Sciences* 2023; 13: 4782
41. Shepherd J, Ng B, Sommer M, Heymsfield SB. Body Composition by DXA. *Bone* 2017; 104: 101–105
42. Smpokos E, Mourikis C, Tsikakis A, Katsikostas N, Linardakis M. Reference performance values of pre-seasonal physical fitness in elite youth male football players in Greece. *J Public Health (Berl.)* 2022; 30: 1307–1318

43. Slimani M, Nikolaidis PT. Anthropometric and physiological characteristics of male soccer players according to their competitive level, playing position and age group: a systematic review. *J Sports Med Phys Fitness* 2019; 59: 141–163
44. Śliwowski R, Grygorowicz M, Hojszyk R, Jadczyk Ł. The isokinetic strength profile of elite soccer players according to playing position. *PLoS ONE* 2017; 12
45. Steiner S, Macquet A-C, Seiler R. An Integrative Perspective on Interpersonal Coordination in Interactive Team Sports. *Front. Psychol.* 2017; 8
46. Stojmenović D, Stojmenović T. Physiological parameters of professional football players in teams of various levels. *Pedagogy of Physical Culture and Sports* 2023; 27: 361–367
47. Wagner H, Finkenzeller T, Würth S, von Duvillard SP. Individual and Team Performance in Team-Handball: A Review. *J Sports Sci Med* 2014; 13: 808–816
48. Yu L, Altieri C, Bird SP, Corcoran G, Jiuxiang G. The Importance of In-Season Strength and Power Training in Football Athletes: A Brief Review and Recommendations. *International Journal of Strength and Conditioning* 2021; 1