

TARTU ÜLIKOOL
Kehakultuuriteaduskond
Spordipedagoogika ja treeninguõpetuse instituut

Margot Võsokov

**LUUTIHEDUSE ARENG PREPUBERTEEDIEALISTEL
ILUVÕIMLEJATEL: SEOSSED KEHA KOOSTISE JA
HÜPPEVÕIME NÄITAJATEGA**

Magistritöö

Kehalise kasvatuse ja spordi õppekava

Juhendajad: Prof. Jaak Jürimäe ja
doktorant Kristel Võsoberg

Tartu 2014

SISUKORD

1 SISSEJUHATUS	3
2 KIRJANDUSE ÜLEVAADE	5
2.1 Laste luude areng ning seos iluvõimlemisega	5
2.2 Luude arengut mõjutavad keha koostise parameetrid lastel	7
2.3 Luude arengut mõjutavad kehalise aktiivsuse näitajad lastel	10
3 UURIMISTÖÖ EESMÄRK JA ÜLESANDED	12
4 METOODIKA	13
4.1 Uuritavate üldiseloomustus ja uuringu korraldus	13
4.2 Bioloogilise vanuse ja antropomeetriliste näitajate määramine	13
4.3 Keha koostise ja luutiheduse määramine	14
4.4 Hüppevõime näitajate määramine	14
4.5 Andmete statistiline analüüs	15
5 TULEMUSED	16
6 TULEMUSTE ARUTELU	22
6.1 Luutiheduse, keha koostise ja hüppevõime näitajad iluvõimlejal	22
6.2 Luutiheduse, keha koostise ja hüppevõime näitajate vahelised seosed	24
7 JÄRELDUSED	27
8 KASUTATUD KIRJANDUS	28
9 SUMMARY	34

1 SISSEJUHATUS

Iluvõimlemine on spordiala, mille sportlased oskavad valitseda oma keha väga hästi, neil on hea rütmiline, koordineerimine ja liikumisoskus. Iluvõimlemine nõuab ka väga head osavust ja kehalist võimekust (Jastrjemskaia ja Titov, 1999). Iluvõimlemise baaslementideks on erinevad hüpped, tasakaalud ja pöörded (FIG, 2013). Sealjuures on iluvõimlemine tehniliselt pidevalt arenev spordiala ning tipp tulemuse saavutamiseks on vaja sooritada järjest keerulisemaid tehnilisi elemente. Sellest tulenevalt on lisaks kehalisele võimekusele olulised ka tahtemoadused ning psühholoogiline ettevalmistus (Menezes et al., 2006).

Võimlemise meistriklassi vanusklass algab juba 16 aastast (FIG, 2013) ning enam maailmaparemi iluvõimlemises on vanuses 16-22 aastat. Tavaliselt lõpetatakse iluvõimlemises võistluskarjääri suhteliselt varakult, nii näiteks on endine maailmameister Yevgeniya Kanayeva juba 23. aastast lõpetanud oma võimlemiskarjääri. Seega peab juba 16 aastane iluvõimleja olema nii kehaliselt kui ka vaimselt valmis tipp tulemuse sooritamiseks, mistõttu eeldab iluvõimlemine varajast spetsialiseerumist ja intensiivseid treeninguid juba varases lapseas (Rutkauskait ja Skarbalius, 2012). Tõsiste treeningutega alustatakse juba prepuberteedieas ning sellel ajal puudujäänud erialalisi baastreeninguid ei ole võimalik hiljem kompenseerida (Šebic et al., 2010). Seetõttu alustatakse iluvõimlemises suuremahulisi treeninguid juba väga noores eas ning treeningud toimuvad suhteliselt suure intensiivsusega, kus oluline osa on ka hüppelise koormusega harjutustel. Intensiivsed treeningud nii noores eas võivad aga edasi lükata skeleti küpsemist, muuta optimaalset kasvukiirust ja ka keha koostise erinevaid näitajaid (Georgopoulos et al., 2010). Enamjaolt on võimlejad keskmise või keskmisest pikema kehaehitusega, väikese kehamassi ja keha rasvaprotsendiga. Ala spetsiifika ja sooritatavad elemendid soosivad saledamat kehaehitust (Georgopoulos et al., 2004).

Võimlemistreeningutel hakatakse varakult sooritama erinevaid hüppeid ja hüplemisi, kuna hüpped on antud ala baaslementid. Hüpete kõrge tase ja amplituud näitavad võimleja meisterlikkust (Jastrjemskaia ja Titov, 1999), seega on hüppevõime oluline

näitaja võimlejate selekteeringul. Hüppelise iseloomuga harjutuste rohke sooritamine avaldab luukoe arengule positiivset mõju. Luukoe areng on prepuberteedieas intensiivne ning enim mõjutatav (Bass et al., 1998). Laste optimaalne luukoe areng prepuberteedieas mõjutab neid ka täiskasvanueas (Šebic et al., 2010). Antud uurimistöö eesmärgiks oligi uurida muutusi nooriluvõimlejate luutiheduse näitajates ühe aasta jooksul ning leida seoseid luutiheduse arengu ja keha koostise ning hüppevõime näitajatega ühe aasta jooksul prepuberteediperioodil.

2 KIRJANDUSE ÜLEVAADE

2.1 Laste luude areng ning seos iluvõimlemisega

Osteoporoos on ülemaailmne rahvatervise probleem, millele on iseloomulik luutiheduse vähenemine ja luukvaliteedi halvenemine vanuse suurenedes, mis põhjustab luumurdude tekke suurenemist (Cooper, 1999). Suurem luumass kasvueas aitab vältida või lükata edasi osteoporoosi teket täiskasvanueas (Bass et al., 1998). Osteoporoosi põhjus võib tuleneda vähesest kehalisest aktiivsusest lapsepõlves (Wosje et al., 2010). Seega on väga oluline uurida laste luukoe arengut kasvuperioodil ning luukoe arengut mõjutavaid erinevaid tegureid.

Kõige olulisem on laste optimaalne kasv ja arenemine (Šebic et al., 2010). Väga oluline periood lapse arengus on prepuberteediperiood kooli algusest kuni puberteedi alguseni, mille jooksul toimub oluline areng keha koostise erinevates näitajates (Wosje et al., 2010). Ka luukoe areng on prepuberteedieas kõige intensiivsem ning seetõttu on just sel vanuseperioodil luukude mõjutatav nii erinevate keha koostise (Bass et al., 1998) kui ka kehalise aktiivsuse (Bass, 2000) näitajate poolt. Obradovic et al. (2011) leidsid oma uuringus, et prepuberteediiga on väga tundlik periood optimaalseks luude arenguks ning lapsepõlves omandatakse umbes 90% kogu täiskasvanu luumassist.

Lastel elustiil mõjutab luustiku kasvu ning luutiheduse arengut väga suurel määral, mistõttu on oluline teadvustada neid faktoreid, mis mõjutavad luutiheduse arengut (Wosje et al., 2010). Faktorid, mis aitavad kaasa laste optimaalsele luukasvule on pärilikkus (Georgopoulos et al., 2010), soodsad keskkonnatingimused ehk kehaline aktiivsus (Georgopoulos et al., 2004), keha koostis (Rhie et al., 2010), vanus millal treeningutega alustatakse (Tournis et al., 2010), toitainete kättesaamine toidust, sealhulgas kaltsiumi ja D vitamiini omastamine (Wosje et al., 2010) ja hormonaalne staatus (Rhie et al., 2010).

Kasvu geneetiline potentsiaal saab täielikult avalduda ainult soodsates keskkonnatingimustes. On leitud, et mehhaanilise koormusega treeningud on soodsad

keskkonnafaktorid ning suurendavad luutihedust (Georgopoulos et al., 2004). Prepuberteediiga on soodne aeg mõjutamaks luutiheduse arengut läbi kehalise aktiivsuse. Suure mehhaanilise koormusega treeningud mõjutavad luutihedust, suurendades mineraalainete ladestumist luudesse (Tournis et al., 2010). Mehhaanilise koormuse mõju luustikule oleneb treeningu iseloomust nagu näiteks harjutuste valik, intensiivsus ja treeningu kestvus (Scarpella et al., 2003). Uuringud on näidanud, et kehaline aktiivsus on isegi suurema positiivse mõjuga luukoe arengule, kui kaltsiumi omastamine toidust (Dowthwaite et al., 2011). Scarpella et al. (2011) leidsid oma uuringus kehaliselt aktiivsete lastega, et mehhaaniline koormus lapsepõlves ja varajases puberteedieas on seotud suurema luumassiga ja luutihedusega. Lapsed, kes on noores eas kehaliselt inaktiivsed, võivad kaotada võimaluse saavutada võimalikult suur luukoe areng täiskasvanueaks, kuna parem luutihedus lapsena võib kanduda täiskasvanuikka (Janz et al., 2010).

Georgopoulos et al. (2001) uuringus selgus, et iluvõimlejal ja baleriinidel on iseloomulik kasvumudel, kus skeleti areng ja küpsemine toimuvad märkimisväärse hilinemisega. Eliitiluvõimlejad kompenseerivad oma puberteediea kasvuspurti hilisema kiire kasvuga pikkusesse (Munoz et al., 2004). Kehalise aktiivsuse positiivset mõju luutihedusele on uuritud varajases puberteedieas iluvõimlejal (Munoz et al., 2004), nooriluvõimlejal (Groudyte et al., 2010) ja ka täiskasvanud iluvõimlejal (Helge ja Kanstrup, 2002). On teostatud mitmeid uuringuid prepuberteediaeliste lastega, leidmaks mehhaanilise koormuse mõju luutihedusele (Wey et al., 2009) ja keha koostise mõju luutihedusele (Rhie et al., 2010). Uuringud on leidnud, et mõõdukas ja tugev kehaline aktiivsus noores eas mõjub luumineraalide suurenemisele positiivselt (Janz et al., 2010) ning kehalise tegevuse kestvus, sagedus ja koormus on positiivselt seotud luu mõõtmega ning luutihedusega (Farr et al., 2011). Kehalise aktiivsuse mõju luutihedusele on teostatud ristlääbilõikeuuringutega prepuberteediaelistel iluvõimlejal (Tournis et al., 2010) ja prepuberteediaelistel sportvõimlejal (Vicente-Rodriguez et al., 2007). Tournis et al. (2010) leidsid oma ristlääbilõikeuuringus, et iluvõimlemistreeningud prepuberteediaelistel võimlejal mõjutavad luutihedust ja luumassi positiivselt ning, et treeninguaja suurendamine mõjus luu mõõtmetele positiivselt. Vicente-Rodriguez et al. (2007) leidsid oma uuringus, et sportvõimlemistreeningud prepuberteedieas lükkavad edasi puberteedi arengut, aga avaldavad mõju lihashüpertroofiale ning mõjutavad luutiheduse arengut positiivselt.

Juba paariaastase treeningu järel on võimlejate luutihedus suurenenud ning noorvõimlejate luud hästi kohanenud rohkete hüppelise iseloomuga treeningutega (Ward et al., 2007). Suurenenud luutiheduse põhjuseks iluvõimlejal on hüppelise iseloomuga harjutuste rohke sooritamine treeningute käigus (Tournis et al., 2010). Veel ei ole ära tõestatud, et kehaline aktiivsus lapseas aitab ära hoida luumurdude riski tulevikus (Georgopoulos et al., 2004), aga leidub usutavaid tõendeid, et suurem luutihedus läbi kehalise aktiivsuse on märgatavalt vähendanud luumurdude riski lastel (Baxter-Jones et al., 2008).

Kokkuvõtteks võib öelda, et luutiheduse arengut mõjutavad mitmed faktorid, sealjuures ka keha koostis ja kehaline aktiivsus. Prepuberteediiga on soodne aeg mõjutamaks luutiheduse arengut läbi kehalise aktiivsuse. Valdavalt on siiski uuritud treeningu mõju luutiheduse arengule puberteedieas ja täiskasvanueas. Vähem on informatsiooni mehhanilise koormuse mõjust luutihedusele prepuberteedieas ning veel vähem nooriluvõimlejate luutihedusele.

2.2 Luude arengut mõjutavad keha koostise parameetrid lastel

Laste rasvumine on üha kasvav globaalne probleem (Rhie et al., 2010). Rasvumise mõju luutihedusele on siiani ebaselge (Thomas ja Burguera, 2002). On uuringuid, mille tulemused näitavad, et laste ülekaalulisus võib mõjutada luutiheduse arengut negatiivselt (Rocher et al., 2008), aga on ka uuringuid, milles on arvatud, et rasvumisel on kaitsev mõju luutihedusele (Leonard et al., 2004).

Kehamassil on väga oluline seos luutiheduse arenguga (Rhie et al., 2010). Inimese kehamass on jaotatud rasvamassiks ja rasvavaba massiks (Farr et al., 2010). Uuringud lastega näitavad erinevaid tulemusi rasvamassi seosest luutihedusega. On uuringuid, mis näitavad positiivset seost rasvamassi ja luunäitajate vahel (Clark et al., 2006), uuringuid, mis leiavad, et seos rasvamassi ja luunäitajate vahel puudub (Petit et al., 2005) ning uuringuid, mis leiavad, et rasvamass on luutihedusega negatiivselt seotud (Cole et al., 2012; Farr et al., 2010). Clark et al. (2006) leidsid oma uuringus, et kogu keha rasvamass oli usutavalt seotud luumassi ja luumõõtmete suurenemisega prepuberteediealistel lastel. Cole et al. (2012) leidsid oma uuringus lastega, et

rasvamass oli küll seotud luumõõtmete suurenemisega, aga siiski ka luutiheduse mahu vähenemisega, millest järeldati, et liigse rasvamassi mõju luutiheduse arengule lapsena on probleem, mida tuleb jälgida ja edasi uurida. Farr et al. (2010) leidsid sarnaselt eelmise uuringu autoritega, et rasvamass mõjub luutiheduse arengule negatiivselt. Uurimused näitavad, et nii nagu liialt suur rasvamass on negatiivselt seotud luunäitajatega, on ka liialt väike rasvasisaldus kasvueas ebasoodne luustiku arengule (Viljakainen et al., 2011). Iluvõimlejal on iseloomulik väike rasvamass, kuna nad treenivad suurtel koormustel ning jälgivad oma esteetilist välimust (Georgopoulos et al., 1999). Ka sportvõimlejate rasvamass on samas vanuses sportvõimlemisega mittetegelevate lastega võrreldes tunduvalt väiksem (Vicente-Rodriguez et al., 2007). Prepuberteedialiste sportvõimlejatega toodi välja näitaja, et kehaliselt inaktiivse kontrollgupi keha rasvamass oli koguni 61,5% suurem sportvõimlejate keha rasvamassist.

Vicente-Rodriguez et al. (2007) uuringus leiti samuti, et ka rasvavaba massi suurus on sportvõimlejal oluliselt suurem kui kehaliselt inaktiivsetel samavanustel lastel. Rasvavaba massi muutused erinevalt rasvamassist on suuremal määral geneetilise kontrolli all ning püsivad suhteliselt stabiilsena (Guo et al., 1997). Usutavaid seoseid keha rasvavaba massi ja luutiheduse vahel on leitud prepuberteedialistel kehaliselt inaktiivsetel lastel (Rhie et al., 2010) ja iluvõimlejal (Courteix et al., 1999). Rhie et al. (2010) uuring prepuberteedialiste lastega leidis, et keha rasvavaba massil oli soodustav mõju luutihedusele ning Courteix et al. (2007) uuring noorukieas võimlejatega leidis, et keha rasvavaba massil oli positiivne mõju kogu keha, nimmepiirkonna ja reieluukaela luutihedusele.

Et saavutada võimalikult suur luutihedus kasvueas, on oluline hinnata lastel rasvamassi ja rasvavaba massi mõju luukasvule (Ivuskans et al., 2013). Rasvumise ja osteoporoosi tekkimine saab alguse juba lapsepõlvest ning mõlemad on mõjutatud toitumisest ja kehalisest aktiivsusest (Wosje et al., 2010). Keha koostise muutused on suures osas geneetilise kontrolli all (Georgopoulos et al., 2004), aga väga oluline mõjutaja on siiski keskkond, milles laps elab (Georgopoulos et al., 2012). Keskkonnafaktorid, milleks on kehaline koormus, toitumine ja haigused, võivad kehalist arengut kas positiivses või negatiivses suunas mõjutada (Rhie et al., 2010; Wosje et al., 2010). Täisväärtuslik toitumine on optimaalse keha koostise arengu aluseks. Tervislik toitumine lapsepõlves

on oluline näitaja terviskliku rasvamassi ja luumassi tekkimiseks (Wosje et al., 2010). Wosje et al. (2010) uuringus eelkooliealiste lastega leiti, et toitumine, kus on rohkelt köögivilju ja vähe rasvisalduvat toitu, on eelduseks madala keha rasvasisalduse ja suurema luutiheduse tekkele.

Kehalisel aktiivsusel on oluline roll keha koostise kujunemisel (Georgopoulos et al., 1999). Spordialadel nagu ilu- ja sportvõimlemine, kus on oluline esteetiline välimus ning suurtel koormustel treenitakse juba varajases eas, on kehaline areng erinev võrreldes samavanuste kehaliselt inaktiivsete laste või teiste spordialade esindajatega (Vicente-Rodriguez et al., 2007). Enamjaolt toimub ilu- ja sportvõimlejate suguline küpsemine hiljem, kui teistel samavanustel tüdrukutel. Võimlejate hiline areng on põhjustatud madalast keha rasvamassist, suurest mehhaanilisest koormusest ja võimalikust negatiivsest energiatasakaalust (Theodoropoulou et al., 2005). Võimlejate suhteliselt väike keha rasvamass ja negatiivne energiatasakaal võivad olla osaliselt seotud väikese lehtiini sisaldusega organismis (Matejek et al., 1999) ning ebapiisavast kalorete kättesaamisest toiduga (Weimann et al., 1999). Kuna kasvuaeg toimub väga oluline kehaline areng, on oluline suurtel koormustel treeningute ajal jälgida piisavat kalorete kättesaamist toidust (Weimann et al., 1999). Võimlejad kuuluvad riskigruppi, kus saleda figuuri hoidmise tõttu võib nende luude optimaalseks arenguks jääda vajalikest toitainetest puudu (Matejek et al., 1999). Courteix et al. (2007) leidsid aga oma uuringus eliitiluvõimlejatega, kes treenisid 18.1 ± 3.3 h/nädalas, et suur hüppelise iseloomuga mehhaaniline koormus kompenseeris nende väga madala rasvamassi ja negatiivse energiatasakaalu halvad mõjud luutihedusele. Georgopoulos et al. (2012) leidsid oma uuringus ilu- ja sportvõimlejatega, et võimlejate kehaline koormus on olulisel arenguajal ehk puberteediperioodil liiga suur ning seetõttu toimub sportlaste kehaline areng märkimisväärse hilinemisega. Iluvõimlejate kasvu geneetiline eelsoodumus säilis täielikult, küll aga märkimisväärse hilinemisega, seevastu sportvõimlejate kasv jäi geneetilisest eelsoodumusest madalamaks. Theodoropoulou et al. (2005) uuringus puberteediealiste ilu- ja sportvõimlejatega leiti sarnaselt eelmise uuringu autoritega, et võimlejate puberteedi areng toimub märgatava hilinemisega. Sportvõimlejal, kelle treeningkoormused olid iluvõimlejate omast suuremad, lükkus luustiku areng ja suguline küpsemine veelgi hilisemasse aega.

Kokkuvõtteks võib öelda, et liigne keha rasvamass kasvueas lastel võib luutiheduse arengule mõjuda negatiivselt ning mõõdukas ja tugev kehaline koormus positiivselt. Aga väga vähe on longitudinaalseid uuringuid, kuidas mõjutab intensiivne kehaline koormus prepuberteedialiste iluvõimlejate luutiheduse arengut, kelle kehamass on mittetreenitud eakaaslastega võrreldes tunduvalt madalam.

2.3 Luude arengut mõjutavad kehalise aktiivsuse näitajad lastel

Erinevad spordialad nagu pallimängud, võimlemine, tants ja jooksmine on kasvueas väga olulised kehalise aktiivsuse liigid, et saavutada võimalikult suur luutihedus nii lastel, noortel kui ka vanuritel (Misra, 2008; Rizzoli et al., 2010). Võimaliku osteoporoosi ennetamiseks on hakatud järjest rohkem soovitada selliseid kehalise aktiivsuse liike lapsepõlves, kus tegemist on just erineva hüppelise iseloomuga harjutustega (MacKelvie et al., 2002).

Luukoe areng toimub väga kiiresti prepuberteediperioodil, mil luukude on tundlik hüppelise suunilusega treeningule (Bass, 2000) ning mil luukoe täismassist saavutatakse väga suur osa (Obradovic et al., 2011). Groudyte ja Jürimäe (2011) leidsid oma töös kehaliselt aktiivsete tüdrukutega, et parim aeg mehhaanilise koormuse rakendamiseks on enne menstruaaltsükli algust.

Arvatakse, et mehhaaniline koormus mõjub luutihedusele isegi positiivsemalt kui kaltsiumi ja proteiini manustamine (Iuliano-Burns et al., 2005). Kehalise koormuse mõju luutihedusele oleneb treeningu eripärast, näiteks ujumine on liigeseid mitte koormav ala, suusatamine on väikese löögilise koormusega ala ning sportmängud ja võimlemine on suure löögilise koormusega alad (Nichols et al., 2007). Mehhaanilise koormuse mõju luustikule oleneb veel lisaks harjutuste intensiivsusest, sagedusest ja kestvusest (Georgopoulos et al., 2004). Leidub andmeid selle kohta, et tugeva löögilise koormusega treening on kõige efektiivsem luukasvu mõjutaja (MacKelvie et al., 2002). Võimlejal, kelle treeningud on rohke hüppelise iseloomuga, on täheldatud märgatavalt suuremat reieluukaela ja nimmepiirkonna luutihedust, võrreldes spordialadega, kus

treeningud on väiksema hüppelise koormusega nagu pikamaajooks ja ujumine (Sööt et al., 2005).

Uuringuid kehalise koormuse positiivsest mõjust luukoe arengule on tehtud suhteliselt vähe (Scarpella et al., 2011). Mehhaanilise koormuse positiivset mõju luutihedusele on uuritud kehaliselt aktiivsetel noorukiealistel tüdrukutel (Courteix et al., 2007), puberteediealistel tüdrukutel (Georgopoulos et al., 2004; Groudyte ja Jürimäe, 2011) ja täiskasvanutel (Sööt et al., 2005). Courteix et al. (2007) leidsid oma uuringus, et eliitiluvõimlejate suur kehaline koormus mõjub luukoe näitajatele positiivselt. Groudyte ja Jürimäe (2011) leidsid oma uurimistöös, et korduvad üleshüpped olid isegi suurema positiivse mõjuga luutihedusele, kui üksikud maksimaalsed üleshüpped kehaliselt aktiivsetel tüdrukutel. Georgopoulos et al. (2004) leidsid oma uuringus, et mehhaaniline tugev kehaline koormus ilu- ja sportvõimlejal noores eas mõjub luuarengule soodustavalt, aga samas lükkab edasi nende kehalist arengut ja küpsemist. Sööt et al. (2005) leidsid oma uuringus erinevate spordialade esindajatega, et lihasjõud korreleerus luutihedusega rohkem nendel sportlastel, kes treenisid mõõduka koormusega ning, et sportlaste luutihedus oli mittesportlaste omast suurem ainult teatud kehaosades. Scarpella et al. (2011) leidsid oma uuringus, et võimlejate luunäitajad on aga paremad võrreldes võimlemisega mittetegelevate laste luunäitajatega. Võimlemisega lõpetanud sportlaste luunäitajate mõõtmiste tulemused olid paremad mitte võimlejate omadest, seega leiti, et mehhaanilise koormuse positiivne mõju kestis ka pärast aktiivse treeningu lõpetamist vähemalt 4 aastat.

Kokkuvõtteks võib öelda, et tugeva mehhaanilise koormusega treeningud (pallimängud ning ilu- ja sportvõimlemine) kasvueas mõjuvad luuarengule positiivselt. Mehhaanilise koormuse mõju luutihedusele on uuritud puberteedieas ja täiskasvanueas erinevates ristlääbilõikeuuringutes, aga praktiliselt puuduvad longitudinaalsed uuringud luutiheduse ja hüppevõime seostest prepuberteediealistel kehaliselt aktiivsetel tüdrukutel.

3 UURIMISTÖÖ EESMÄRK JA ÜLESANDED

Iluvõimlejate luutihedust ja keha koostist on uuritud suhteliselt vähe ning hüppevõime teste on tehtud veelgi vähem. Oma uurimistöös seadsime eesmärgiks võrrelda luutiheduse näitajate arengut iluvõimlejal ja mittetreenitud kontrollrühmal ning leida luutiheduse seosed keha koostise ja erinevate hüppevõime testide näitajatega.

Käesolevas uurimistöös püstitati järgnevad konkreetsed ülesanded:

1. Võrrelda prepuberteedialiste iluvõimlejate ja mittetreenitud kontrollgrupi tüdrukute luutiheduse näitajaid;
2. Uurida luutiheduse arengut ühe aasta jooksul nii iluvõimlejal kui ka mittetreenitud kontrollrühma tüdrukutel;
3. Leida võimalikud seosed uuringu alguses määratud luutiheduse näitajate ning erinevate keha koostise ja hüppevõime näitajate vahel nii prepuberteedialistel iluvõimlejal kui ka mittetreenitud kontrollrühma tüdrukutel;
4. Leida võimalikud seosed uuringu alguses määratud erinevate keha koostise ja hüppevõime näitajate ning aastase luutiheduse juurdekasvu vahel nii iluvõimlejal kui ka mittetreenitud kontrollrühma tüdrukutel.

4 METOODIKA

4.1 Uuritavate üldiseloomustus ja uuringu korraldus

Uuringus osales 71 tütarlast vanuses 8-9 (uuringu alguses) ja 9-10 (aasta möödudes) eluaastat, kes jagunesid iluvõimlejateks ($n = 36$) ja mittetreenitud kontrollrühmaks ($n = 35$). Mõõtmised teostati uuritavatele sügisel (oktoober, november) ja ühe aasta pärast samal ajal.

Iluvõimlejad treenisid võimlemisklubis „Janika“. Iluvõimlejad treenisid regulaarselt ja olid tegelenud iluvõimlemisega vähemalt viimased 3 aastat. Uuringule eelneval aastal ja uuringu toimumise aastal toimusid treeningud 4-7 korda nädalas. Iluvõimlejate treening kestis keskmiselt 2 tundi ning nende treeningute juurde kuulusid ka balletitunnid 1-3 korda nädalas. Mittetreenitud kontrollrühma tüdrukud osalesid regulaarselt Jõgeva Gümnaasiumi kooli kehalise kasvatus tundides 2-3 korda nädalas. Käesolevaks uuringuks saadi luba Tartu Ülikooli inimuuringute eetikakomiteelt.

Uuritavatel määrati antropomeetrilised näitajad, hüppevõime näitajad, keha koostise parameetrid ja luutiheduse näitajad. Antropomeetrilised mõõtmised ja hüppevõime testid viidi läbi treeningute ajal selleks ettenähtud ruumis. Keha koostis ja luutihedus mõõdeti Ortopeediakeskuses, densitomeetria uuringute kabinetis. Kõiki uuritavaid testiti uuesti ühe aasta möödudes, kasutades täpselt samu uurimismeetodeid.

4.2 Bioloogilise vanuse ja antropomeetriliste näitajate määramine

Uuringus osalenud vaatlusaluste bioloogiline vanus määrati Tanneri skaala alusel (Tanner 1962). Vaatlusaluste kehapiikkus määrati Martini antropomeetriga 0.1 cm täpsusega. Kehamassi määramisel kasutati meditsiinilist kaalu 0.1 kg täpsusega (A&D Instruments, Ltd, UK). Kehamassiindeks arvutati valemiga kehamass jagatud kehapiikkuse ruuduga ($KMI = \text{kg/m}^2$). Mõõtmised viidi läbi vastavalt Rahvusvahelise

Kinantropomeetria Assotsiatsiooni poolt koostatud mõõtmiste süsteemile (Marfell-Jones et al., 2006).

4.3 Keha koostise ja luutiheduse määramine

Keha koostis ja luutihedus määrati DXA meetodil, kasutades Lunari DPX-IQ densitomeetrit (Lunar Corporation, Madison, WI, USA). Mõõtmise ajal lamas vaatlusalune densitomeetril selili, käed kõrval ning kõik andmed skanneeriti arvutisse. Üks mõõtmine võttis aega 8-15 minutit. Vaatlusalustel mõõdeti keha rasva- ja rasvavaba mass, rasva%, selja lumbaarosa luutihedus, reieluukaela luutihedus ja kogu keha luutihedus.

4.4 Hüppevõime näitajate määramine

Uuritavate hüppevõime näitajate määramiseks kasutati kahte erinevat hüppetesti, kus mõõdeti hüpete kõrgused. Kasutati ühekordse üleshüppe kõrgust ja keskmist üleshüpete kõrgust 15 sekundilise testi kestel (Groudyte et al., 2010). Teostati järgnevad hüppetestid:

- 1) paigalt vertikaalhüpe (PV) poolkükist kasutades käte hoogu,
- 2) 15 sekundi jooksul sooritatud järjestikused paigalt vertikaalhüpped kasutades käte hoogu (PV15s).

Testid viidi läbi Newtest OY (Soome) kontaktmatil. Kontaktmatt salvestas digitaalselt õhulennu aja, sooritatud hüpete arvu ja hüppe kõrguse. Üksikute hüpete puhul sooritati 3 katset, millest arvesse võeti parim tulemus ning 15 sekundi jooksul sooritatud järjestikuseid hüppeid tehti ühel korral.

4.5 Andmete statistiline analüüs

Andmete statistiline analüüs tehti programmiga SPSS 20.0. Määratud parameetrite puhul leiti aritmeetiline keskmine ja standardhälve (\pm SD). Gruppidevahelised erinevused leiti ANOVA testi abil ning grupisisesed aastase juurdekasvu erinevused leiti t-testi abil. Määratud parameetritevahelised seosed leiti Pearsoni korrelatsioonanalüüsi abil. Statistiliselt usutava erinevuse nivooks seati kõikide testide puhul $p < 0,05$.

5 TULEMUSED

Iluvõimlejate ja mittetreenitud kontrollrühma keha koostise ja hüppevõime näitajad uuringu alguses ja ühe aasta möödudes on esitatud tabelis 1. Statistiliselt usutavaid erinevusi ($p > 0,05$) ei esinenud iluvõimlejate ja kontrollrühma tüdrukute vahel vanuses, kehapiikkuses ja keha rasvavaba massis nii uuringu alguses, kui ka ühe aasta möödudes. Kui iluvõimlejad ($n=36$) olid uuringu alguses kõik prepuberteediealised (Tanner I), siis mittetreenitud kontrollrühmas olid 27 tüdrukut Tanner I ja 8 tüdrukut Tanner II. Nii uuringu alguses kui ka ühe aasta möödudes olid kontrollrühma liikmetel statistiliselt usutavalt suuremad ($p < 0,05$) KMI, keha rasva% ja keha rasvamass võrreldes iluvõimlejatega. Kehamass ei erinenud statistiliselt usutavalt iluvõimlejate ja mittetreenitud kontrollrühma vahel uuringu alguses, samas oli ühe aasta möödudes mittetreenitud kontrollrühma kehamass statistiliselt usutavalt suurem ($p < 0,05$) võrreldes iluvõimlejate sama näitajaga. Ühe aasta jooksul suurenesid statistiliselt usutavalt nii iluvõimlejate kui ka mittetreenitud kontrollrühma kehamassi näitajad. Nii uuringu alguses, kui ka ühe aasta möödudes oli iluvõimlejate PV usutavalt suurem ($p < 0,05$) kontrollrühma vastavast näitajast, samas ühe aasta jooksul antud näitajas statistiliselt usutavaid muutusi ei toimunud ($p > 0,05$). Sarnaselt oli PV15s iluvõimlejal statistiliselt usutavalt suurem mõlemal vaatluskorral võrreldes mittetreenitud kontrollrühmaga, samuti paranes PV15s statistiliselt usutavalt ühe aasta möödudes ainult iluvõimlejal (tabel 1).

Tabelis 2 on välja toodud uuritavate luutiheduse näitajad nii uuringu alguses kui ka ühe aasta möödudes. Määratud selja lumbaarosa, reieluukaela ja kogu keha luutiheduse näitajad olid statistiliselt usutavalt ($p < 0,05$) suuremad iluvõimlejal võrreldes mittetreenitud kontrollrühmaga nii uuringu alguses kui ka ühe aasta möödudes. Samas suurenesid ühe aasta möödudes statistiliselt usutavalt kõik määratud luutiheduse näitajad nii iluvõimlejal kui ka mittetreenitud kontrollrühmal (tabel 2). Aastase juurdekasvu protsent võimlejal oli selja lumbaarosas 5.9%, reieluukaela luutiheduses 4.6% ja kogu keha luutiheduses 3.2%. Kontrollrühmal olid protsendid vastavalt 3.9%, 2.6% ja 2.2%. Luutiheduse juurdekasv oli iluvõimlejal usutavalt suurem ($p < 0,05$)

selja lumbarosa ja reieluukaela luutiheduses, kogu keha luutiheduses iluvõimlejal statistiliselt usutavat suurenemist kontrollrühmaga võrreldes ei esinenud ($p > 0,05$).

Korrelatiivsed seosed määratud luutiheduse näitajate ning keha koostise ja hüppevõime parameetrite vahel uuringu alguses on esitatud tabelis 3. Võimlejal ei olnud statistiliselt usutavaid seoseid ($p > 0,05$) selja lumbarosa luutiheduse ja määratud keha koostise ning hüppetestide näitajate vahel ning kogu keha luutihedus oli statistiliselt usutavalt seotud ainult KMI näitajaga. Samas reieluukaela luutihedus korreleerus statistiliselt usutavalt ($p < 0,05$) nii kehapiikkuse, kehamassi, keha rasvavaba massi kui ka PV15s näitajatega iluvõimlejal. Mittetreenitud kontrollrühmal olid nii selja lumbarosa, reieluukaela kui ka kogu keha luutiheduse näitajad statistiliselt usutavalt seotud ($p < 0,05$) kehapiikkuse, kehamassi ja keha rasvavaba massi näitajatega. Lisaks korreleerus mittetreenitud kontrollrühma selja lumbarosa ja kogu keha luutihedus statistiliselt usutavalt KMI ja keha rasvamassi näitajatega (tabel 3).

Korrelatiivsed seosed uuringu alguses määratud keha koostise ja hüppevõime näitajate ja luutiheduse aastase juurdekasvu vahel on esitatud tabelis 4. Kui uuringu alguses määratud keha koostise ja hüppevõime näitajad ei olnud statistiliselt usutavalt seotud ($p > 0,05$) iluvõimlejate selja lumbarosa ja reieluukaela luutiheduse aastase juurdekasvuga, siis uuringu alguses määratud kehapiikkus, kehamass ja keha rasvavaba mass korreleerusid statistiliselt usutavalt ($p < 0,05$) kogu keha luutiheduse aastase juurdekasvuga iluvõimlejal. Mittetreenitud kontrollrühma reieluukaela aastane juurdekasv ei sõltunud uuringu alguses määratud keha koostise ja hüppevõime näitajatest ($p > 0,05$). Samas nii selja lumbarosa kui ka kogu keha luutiheduse aastane juurdekasv oli statistiliselt usutavalt seotud ($p < 0,05$) nii uuringu alguses määratud kehamassi kui ka keha rasvavaba massi suurusega mittetreenitud kontrollrühmal. Lisaks oli selja lumbarosa luutiheduse aastane juurdekasv statistiliselt usutavalt seotud uuringu alguses määratud keha rasva% ja keha rasvamassi suurusega mittetreenitud kontrollrühmal. Nii võimlejal kui ka mittetreenitud kontrollrühmal ei esinenud statistiliselt usutavaid seoseid ($p > 0,05$) uuringu alguses määratud keha koostise ning hüppevõime näitajate ja reieluukaela aastase luutiheduse juurdekasvu vahel (tabel 4).

Tabel 1. Uuritavate keskmised (\pm SD) keha koostise ja hüppevõime näitajad uuringu alguses ja ühe aasta möödudes.

Näitaja	I aasta		II aasta	
	Võimlejad (n = 36)	Mittetreenuitud (n = 35)	Võimlejad (n = 36)	Mittetreenuitud (n = 35)
Vanus (a)	9,0 \pm 0,6	9,2 \pm 0,6	10,0 \pm 0,6#	10,2 \pm 0,6#
Tanneri aste (1/2/3/4/5)	36/0/0/0/0 1,0 \pm 0,0	27/8/0/0/0 1,2 \pm 0,4*	32/4/0/0/0 1,1 \pm 0,3#	11/15/8/1/0 1,9 \pm 0,8*#
Kehapikkus (cm)	135,8 \pm 5,2	135,4 \pm 6,5	141,6 \pm 5,5#	141,8 \pm 7,2#
Kehamass (kg)	29,5 \pm 3,4	31,8 \pm 6,2	32,5 \pm 3,6#	35,7 \pm 7,7*#
KMI (kg/ m ²)	15,9 \pm 1,4	17,3 \pm 2,4*	16,2 \pm 1,2	17,6 \pm 2,6*#
Keha rasva%	19,7 \pm 4,9	26,2 \pm 7,7*	20,0 \pm 4,5	26,9 \pm 8,6*#
Keha rasvamass (kg)	5,6 \pm 1,9	8,3 \pm 3,7*	6,2 \pm 1,9#	9,7 \pm 4,5*#
Keha rasvavaba mass (kg)	22,3 \pm 2,1	22,0 \pm 3,0	24,5 \pm 2,4#	24,1 \pm 3,8#
PV (cm)	27,8 \pm 3,3	22,7 \pm 3,6*	28,5 \pm 3,4	23,6 \pm 3,1*
PV15s (cm)	21,9 \pm 2,7	17,4 \pm 3,1*	22,3 \pm 2,2#	17,1 \pm 3,2*

* Statistiliselt usutavalt erinev võimlejatest, $p < 0,05$;

Statistiliselt usutavalt erinev võrreldes I aasta tulemusega, $p < 0,05$.

KMI - kehamassiindeks

PV – paigalt vertikaalhüpe

PV15s – 15 sekundi jooksul sooritatud paigalt vertikaalhüpete keskmine kõrgus

Tabel 2. Uuritavate keskmised (\pm SD) luutiheduse näitajad uuringu alguses ja ühe aasta möödudes.

Näitaja	I aasta		II aasta	
	Võimlejad (n = 36)	Mittetreinitud (n = 35)	Võimlejad (n = 36)	Mittetreinitud (n = 35)
Selja lumbaarosa luutihedus (g/cm ²)	0,80 \pm 0,08	0,73 \pm 0,09*	0,85 \pm 0,08#	0,76 \pm 0,11*#
Reieluukaela luutihedus (g/cm ²)	0,83 \pm 0,07	0,74 \pm 0,09*	0,87 \pm 0,09#	0,76 \pm 0,09*#
Kogu keha luutihedus (g/cm ²)	0,90 \pm 0,04	0,87 \pm 0,06*	0,93 \pm 0,04#	0,89 \pm 0,06*#

* Statistiliselt usutavalt erinev võimlejatest, $p < 0,05$;

Statistiliselt usutavalt erinev võrreldes I aasta tulemusega, $p < 0,05$.

Tabel 3. Korrelatiivsed luutiheduse seosed keha koostise ja hüppevõime näitajate vahel uuringu alguses.

Näitaja	Selja lumbaarosa luutihedus (g/cm ²)		Reieluukaela luutihedus (g/cm ²)		Kogu keha luutihedus (g/cm ²)	
	Võimlejad (n = 36)	Mittetreeneritud (n = 34)	Võimlejad (n = 36)	Mittetreeneritud (n = 34)	Võimlejad (n = 36)	Mittetreeneritud (n = 34)
Kehapikkus (cm)	0,308	0,598*	0,455*	0,428*	0,169	0,538*
Kehamass (kg)	0,250	0,705*	0,476*	0,452*	0,262	0,590*
KMI (kg/ m ²)	0,176	0,534*	0,288	0,309	0,339*	0,430*
Keha rasva%	0,246	0,347*	0,220	0,122	0,295	0,283
Keha rasvamass (kg)	0,274	0,530*	0,314	0,276	0,307	0,432*
Keha rasvavaba mass (kg)	0,083	0,736*	0,400*	0,541*	0,078	0,660*
PV (cm)	-0,258	-0,050	-0,072	0,149	-0,234	0,029
PV15s (cm)	0,202	-0,069	0,440*	0,082	0,143	-0,098

* Statistiliselt usutav seos, p<0,05.

KMI - kehamassiindeks

PV – paigalt vertikaalhüpe

PV15s –15 sekundi jooksul sooritatud paigalt vertikaalhüpete keskmine kõrgus

Tabel 4. Korrelatiivsed seosed uuringu alguses määratud keha koostise ja hüppevõime näitajate ning luutiheduse aastase juurdekasvu vahel.

Näitaja	Selja lumbaarosa luutiheduse aastane juurdekasv (g/cm ²)		Reieluukaela luutiheduse aastane juurdekasv (g/cm ²)		Kogu keha luutiheduse aastane juurdekasv (g/cm ²)	
	Võimlejad (n = 36)	Mittetreinitud (n = 34)	Võimlejad (n = 36)	Mittetreinitud (n = 34)	Võimlejad (n = 36)	Mittetreinitud (n = 34)
Kehapikkus (cm)	0,168	0,495*	0,244	0,305	0,347*	0,321
Kehamass (kg)	0,247	0,398*	0,292	0,245	0,388*	0,366*
KMI (kg/ m ²)	0,093	0,212	-0,005	0,143	0,154	0,254
Keha rasva%	0,174	0,345*	0,137	0,142	0,072	0,197
Keha rasvamass (kg)	0,208	0,403*	0,182	0,171	0,190	0,312
Keha rasvavaba mass (kg)	0,179	0,376*	0,243	0,257	0,392*	0,368*
PV (cm)	-0,165	-0,011	-0,189	0,026	0,282	0,000
PV15s (cm)	0,140	-0,025	0,302	0,048	0,325	-0,040

* Statistiliselt usutav seos, p<0,05.

KMI - kehamassiindeks

PV – paigalt vertikaalhüpe

PV15s –15 sekundi jooksul sooritatud paigalt vertikaalhüpete keskmine kõrgus

6 TULEMUSTE ARUTELU

Antud uurimistöö eesmärgiks oli uurida prepuberteedialiste iluvõimlejate ja spordiga mittetegelevate kontrollrühma tüdrukute luutihedust ja luutiheduse aastast juurdekasvu ning nende näitajate seost uuringu alguses määratud keha koostise näitajatega ja hüppevõime testide tulemustega. Varasemates uuringutes on määratud puberteedialiste iluvõimlejate luutiheduse (Munoz et al., 2004; Maimoun et al., 2010), keha koostise (Theodoropoulou et al., 2005; Georgopoulos et al., 1999, 2004) ja hüppevõime (Groudyte & Jürimäe 2011) näitajaid. Prepuberteedialiste iluvõimlejatega tehtud luutiheduse uuringuid on aga vähe (Parm et al., 2011). Iluvõimlemine on spordiala, mis eeldab varajast selekteeringut, intensiivseid treeninguid varases lapseas ja noorukieas ning iluvõimlemises lõpetatakse võistluskarjäär juba suhteliselt noorelt (Rutkauskaite ja Skarbaliuse, 2012). Prepuberteediiga on väga oluline arenguaeg, et hiljem võimlemises edu saavutada ning sellel ajal puudujäänud erialalisi baastreeninguid ei ole võimalik hiljem kompenseerida (Šebic et al., 2010). Sellest tulenevalt leidsime, et on oluline uurida just prepuberteedialisi iluvõimlejaid ühe aasta jooksul. Seniajani puuduvad uuringud, mis käsitleksid prepuberteedialiste iluvõimlejate luutiheduse näitajate arengut ja seoseid nii keha koostise kui ka hüppevõime näitajatega, see on aga oluline, sest nii keha koostise kui ka hüppevõime näitajad mõjutavad laste luutiheduse arengut oluliselt (Courteix et al., 1999; Groudyte ja Jürimäe, 2011).

6.1 Luutiheduse, keha koostise ja hüppevõime näitajad iluvõimlejal

Uuringu tulemusena selgus, et prepuberteedialistel iluvõimlejal olid mittetreenitud kontrollrühma tüdrukutest usutavalt suuremad luutiheduse näitajad ning sarnased kehapikkuse, kehamassi ja keha rasvavaba massi näitajad, samas kui keha rasvamass ja keha rasva% olid võimlejal usutavalt väiksemad. Hüppevõime näitajad olid iluvõimlejal aga kontrollrühmast usutavalt suuremad.

Meie uuringus olid iluvõimlejate luutiheduse näitajad mittetreenitud kontrollrühma tüdrukute samadest näitajatest oluliselt suuremad selja lumbaarosa, reieluukaela ja kogu

keha luutiheduses. Courteix et al. (2007) leidsid samuti oma uuringus, et iluvõimlejal oli kontrollgrupi näitajatest suurem luutihedus selja lumbaariosas ja kogu keha luutiheduses. Ka meie tulemused näitavad sarnaselt Ward et al. (2005) uuringuga, et iluvõimlemine, kui rohkete hüppeliste harjutustega spordiala, mõjutab oluliselt luutiheduse arengut. Iluvõimlemistreeningute positiivset mõju luude arengule on leidnud ka mitmed uuringud puberteedialiste võimlejatega (Maimoun et al., 2010; Tournis et al., 2010). Nagu me eeldasime suurenes aasta möödudes luutihedus nii iluvõimlejal kui mittetreenitud kontrollgrupi tüdrukutel.

Üldiselt on leitud, et iluvõimlejad on pikemad kui iluvõimlemisega mittetegelevad tüdrukud (Georgopoulos et al., 2001). Munoz et al. (2004) leidsid oma uuringus, et iluvõimlejatele on iseloomulik kasvumudel, kus skeleti areng ja küpsemine toimuvad märkimisväärse hilinemisega, sellele tuginedes võime arvata miks meie uuringus osalenud prepuberteedialised iluvõimlejad ei olnud pikemad samas vanuses kontrollrühma tüdrukutest. Eliitvõimlejal on väike keha rasvasisaldus, et saavutada hea esteetiline väljanägemine ning sooritada keerukaid elemente (Munoz et al., 2004). Sarnaselt Klentrou ja Plyley (2003) uuringule eliitiluvõimlejatega leidsime ka meie oma nooriluvõimlejatega, et neil on mittetreenitud tüdrukutega võrreldes usutavalt väiksem KMI, keha rasva% ja keha rasvamass. Samas keha rasvavaba massis usutavaid erinevusi ei esinenud. Meie uuringu tulemused olid sarnased Courteix et al. (2007) uuringu tulemustele nooriluvõimlejatega (13-14 a. ja Tanneri III aste), kus nad leidsid, et iluvõimlejate keha rasvamass on mittetreenitud kontrollrühma tüdrukutest oluliselt väiksem, aga keha rasvavaba massi näitajad olid sealjuures sarnased. Seega juba prepuberteedieas on võimlejate keha rasvamassi näitajad võrreldes teiste samavanuste tüdrukutega oluliselt väiksemad. Uuringu tulemusena leidsime, et kehamass uuringu alguses uuritavate vahel ei erinenud, küll aga erines see näitaja oluliselt ühe aasta möödudes. Sellest võib järeldada, et iluvõimlejate ja mittetreenitud kontrollgrupi tüdrukute mõõdetud näitajate vahelised erinevused järjest suurenevad koos vanuse suurenemisega. Ühe aasta möödudes toimus eeldatav keha koostise näitajate suurenemine nii iluvõimlejal kui kontrollgrupil, välja arvatud iluvõimlejate KMI ja keha rasva% näitajad, kus usutavaid muutusi ei toimumud. Võimlejate KMI ja rasva% muutuse puudus võib tuleneda iluvõimlejatele iseloomulikust suurest treeningkoormusest.

Enim kasutatav test hüppevõime hindamisel on hüppe kõrgus (Kums et al., 2005), ka oma töös kasutasime hüppevõime hindamiseks hüppe kõrguse mõõtmist ning leidsime, et iluvõimlejate hüppe kõrgus on suurem, kui spordialaga mittetegelevate kontrollgrupi tüdrukute hüppe kõrgus. Sarnaselt meie töö tulemustele näitavad ka teiste uuringute mõõtmistulemused, et iluvõimlejad on parema hüppevõimega (Kums et al., 2005), mis võib tuleneda rohkete hüppetreeningute sooritamisest, mida nõuab selle ala spetsiifika (Di Cagno et al., 2009). Võimlejad hüppasid meie uuringus kõrgemale nii üksikus paigalt üleshüppes kui 15 sekundi jooksul sooritatud järjestikustes hüpetes. Ühe aasta möödudes toimus hüppevõimes eeldatav areng ainult iluvõimlejal, mittetreenitud kontrollrühma tüdrukute hüppevõime näitajate tulemused ei suurenenud. Mittetreenitud kontrollrühma tulemuste suurenemise puudust võib seletada sellega, et nad ei kasuta oma igapäevaelus hüppelise iseloomuga kehalist aktiivsust nagu iluvõimlejad seda teevad.

Kokkuvõtteks võib öelda, et prepuberteedialiste iluvõimlejate mõõdetud luutiheduse näitajad olid mittetreenitud kontrollrühma tüdrukutest usutavalt suuremad, keha rasva% ja rasvamass usutavalt väiksemad ning hüppevõime näitajad oluliselt suuremad. Aasta möödudes toimus eeldatav areng luutiheduse ja keha koostise näitajates nii iluvõimlejal kui mittetreenitud kontrollrühmal, samas kui hüppevõime näitajates toimus areng ainult iluvõimlejal.

6.2 Luutiheduse, keha koostise ja hüppevõime näitajate vahelised seosed

Uuringu tulemusena leidsime, et iluvõimlejate luutihedus korreleerus järgmiste kehakoostise näitajatega: kehapikkus, kehamass, KMI ja keha rasvavaba mass. Mittetreenitud kontrollrühma tüdrukute luutiheduse näitajad korreleerusid kõikide määratud keha koostise näitajatega, sealjuures puudusid aga usutavad seosed hüppevõime näitajatega. Võimlejal esines aga tugev seos reieluukaela luutiheduse ja 15 sekundi jooksul sooritatud vertikaalhüpete vahel. Meie uuring iluvõimlejatega tõi välja positiivse seose luutiheduse ja keha rasvavaba massi vahel, sarnaselt leidsid ka Rhie et al. (2010) oma uuringus prepuberteedialiste tüdrukutega, et keha rasvavaba mass oli positiivselt seotud reieluukaela ning ka selja lumbaarosa luutihedusega. Meie kontrollgrupi tüdrukutel olid aga kõik keha koostise näitajad positiivselt seotud

luutiheduse näitajatega, samas kui Rhie et al. (2010) leidsid oma uuringus mittetreenitud lastega keha rasvamassi negatiivse seose reieluukaela luutihedusega. Tema tulemused näitasid, et rasvamass ei ole kaitsva toimega osteoporoosi vastu, isegi mitte suurenenud mehhaanilise koormuse puhul (Rhie et al., 2010).

Hüppetestide tulemused kinnitasid varasemate uuringute tulemusi, et iluvõimlemine, kui rohkete hüppeliste harjutustega spordiala, avaldab luude arengule märgatavat mõju (Ward et al., 2005) ning võimlejate suur treeningukoormus (8-14 h nädalas) mõjutab samuti luutiheduse suurenemist (Ward et al., 2007). Sarnaselt Jürimae et al. (2008) uuringule prepuberteedialiste lastega leidsime ka meie oma uuringu tulemusena, et üksiku vertikaalhüppe kõrgus ei ole oluline luutiheduse näitaja prepuberteedialistel võimlejal. Meie uuringu tulemused näitavad, et oluline luutiheduse mõjutaja on järjepidev hüppetreening.

Seoste uuringust esimese aasta keha koostise ja hüppevõime näitajate ning luutiheduse juurdekasvu vahel leidsime, et uuringu alguses mõõdetud kehapiikkus, kehamass ja keha rasvavaba mass ennustavad iluvõimlejate aastast luutiheduse suurenemist. Tulemused näitasid, et mida suurem on nende algnäitaja, seda suuremat mehhaanilist koormust nad avaldavad luudele ja seda rohkem toimub luutiheduse juurdekasv. Sarnaselt Courteix et al. (1999) uuringule prepuberteedialiste võimlejatega leidsime ka meie, et luutiheduse kasvu määrajateks oli kehapiikkus, kehamass ja keha rasvavaba mass ning, et kõige olulisem luutiheduse kasvu määraja oli keha rasvavaba mass. Erinevus meie tulemuste ja Courteix et al. (1999) tulemustega oli aga see, et ka võimlejate rasvamassi näitajad olid seal positiivselt seotud luutiheduse näitajate muutustega, samas kui meie töös keha rasva% ja rasvamass luutiheduse arengut ei ennustanud. Mittetreenitud kontrollrühma tüdrukutel näitasid seoste uuringu tulemused, et peaaegu kõik keha koostise näitajad ennustavad luutiheduse suurenemist. Uuringu alguses mõõdetud hüppevõime näitajad nii iluvõimlejal kui ka mittetreenitud kontrollrühmal ei määra meie tulemustes luutiheduse juurdekasvu, mis erineb Vicente-Rodriguez et al. (2007) uuringu tulemustest, kus leiti, et mehhaaniline koormus mõjutab positiivselt lihase- ja luuarengut.

Kokkuvõtteks võib öelda, et iluvõimlejal esines usutavaid seoseid luutihedusega kehapikkusel, kehamassil ja keha rasvavaba massil ning samad näitajad ennustasid ka luutiheduse aastast juurdekasvu. Kontrollrühma tüdrukutel esinesid usutavad seosed peaaegu kõikide keha koostise näitajatega ning sarnaselt iluvõimlejatega määrasid need näitajad ka luutiheduse juurdekasvu. Hüppevõime näitajad korreleerusid aga ainult iluvõimlejal ning meie tulemused näitasid, et hüppevõime näitajad aastast juurdekasvu nii iluvõimlejal kui kontrollrühmal ei ennusta.

7 JÄRELDUSED

1. Prepuberteedialistel iluvõimlejal oli selja lumbaarosa, reieluukaela ja kogu keha luutihedus oluliselt suurem mittetreenitud kontrollrühma samadest näitajatest nii uuringu alguses kui ka ühe aasta möödudes.
2. Nii iluvõimlejal kui mittetreenitud kontrollrühma tüdrukutel toimus ühe aasta jooksul mõõdetud luutiheduse näitajates statistiliselt usutav juurdekasv.
3. Iluvõimlejate reieluukaela luutihedus oli usutavalt seotud nii kehamassi, keha rasvavaba massi kui ka hüppevõime (PV15s) näitajatega. Samas selja lumbaarosa ja kogu keha luutiheduse ning määratud keha koostise ja hüppevõime näitajate vahel iluvõimlejal praktiliselt seosed puudusid. Mittetreenitud kontrollrühmal olid määratud luutiheduse näitajad usutavalt seotud nii kehamassi kui ka keha rasvavaba massi näitajatega, samas puudusid seosed hüppetestide tulemustega.
4. Iluvõimlejate uuringu alguses määratud keha koostise ja hüppevõime näitajate ning selja lumbaarosa ja reieluukaela luutiheduse aastase juurdekasvu vahel puudusid usutavad seosed, samas iseloomustasid uuringu alguses määratud kehamassi ja keha rasvavaba massi näitajad usutavalt kogu keha luutiheduse aastast juurdekasvu. Kontrollrühma uuringu alguses määratud peaaegu kõik keha koostise näitajad iseloomustasid selja lumbaarosa luutiheduse aastast juurdekasvu. Uuringu alguses määratud hüppevõime testid ei iseloomustanud luutiheduse näitajate aastast juurdekasvu ei iluvõimlejal ega ka mittetreenitud kontrollrühmal.

8 KASUTATUD KIRJANDUS

1. **Bass SL.** The prepubertal years: a uniquely opportune stage of growth when the skeleton is most responsive to exercise? *Sports Med* 2000;30:73–78.
2. **Bass SL, Pearce G, Bradney M, Hendrich E, Delmas PD, Harding A, Seeman E.** Exercise before puberty may confer residual benefits in bone density in adulthood: studies in active prepubertal and retired female gymnasts. *J Bone Miner Res* 1998;13:500–507.
3. **Baxter-Jones ADG, Kontulainen SA, Faulkner RA, Bailey DA.** A longitudinal study of the relationship of physical activity to bone mineral accrual from adolescence to young adulthood. *Bone* 2008;43:1101-7.
4. **Clark EM, Ness AR, Tobias JH.** Adipose tissue stimulates bone growth in prepubertal children. *J Clin Endocrinol Metab* 2006;91:2534-41.
5. **Cole ZA, Harvey NC, Kim M, Ntani G, Robinson SM, Inskip HM, Godfrey KM, Cooper C, Dennison EM.** Increased fat mass is associated with increased bone size but reduced volumetric density in pre pubertal children. *Bone* 2012;50:562-567.
6. **Cooper C.** Epidemiology of osteoporosis. *Osteoporos Int* 1999;9:2-8.
7. **Courteix D, Lespessailles E, Jaffre1 C, Obert P and Benhamou CL.** Bone mineral acquisition and somatic development in highly trained girl gymnasts. *Acta Paediatr* 1999;88: 803-8.
8. **Courteix D, Rieth N, Thomas T.** Preserved bone health in adolescent elite rhythmic gymnasts despite hypoleptinemia. *Horm Res* 2007;68:20-7.
9. **Di Cagno A, Baldari C, Battaglia C, Monteiro MD, Pappalardo A, Piazza M, Guidetti L.** Factors influencing performance of competitive and amateur rhythmic gymnastics—Gender differences. *Journal of Science and Medicine in Sport* 2009;12:411–416.
10. **Dowthwaite JN, Rosenbaum PF, Scarpella TA.** Mechanical loading during growth is associated with plane-specific differences in vertebral geometry: A cross-sectional analysis comparing artistic gymnast vs. non-gymnasts. *Bone* 2011;49:1046-54.

11. **Farr JN, Blew RM, Lee VR, Lohman TG, Going SB.** Associations of physical activity duration, frequency, and load with volumetric BMD, geometry, and bone strength in young girls. *Osteoporos Int* 2011;22:1419-30.
12. **Farr JN, Chen Z, Lisse JR, Lohman TG, Going SB.** Relationship of total body fat mass to weight-bearing bone volumetric density, geometry, and strength in young girls. *Bone* 2010;46:977-984.
13. **Georgopoulos NA, Markou KB, Theodoropoulou A, Paraskevopoulou P, Varaki L, Kazantzi Z, Leglise M, Vagenakis GA.** Growth and pubertal development in elite female rhythmic gymnasts. *J Clin Endocrinol Metab* 1999;84:4525-4530.
14. **Georgopoulos NA, Markou KB, Theodoropoulou A, Vagenakis GA, Benardot D, Leglise M, Dimopoulos JCA, Vagenakis AG.** Height velocity and skeletal maturation in elite female rhythmic gymnasts. *J Clin Endocrinol Metab* 2001;86:5159-5164.
15. **Georgopoulos NA, Markou KB, Theodoropoulou A, Vagenakis GA, Mylonas P, Vagenakis AG.** Growth, pubertal development, skeletal maturation and bone mass acquisition in athletes. *Hormones* 2004;3:233-243.
16. **Georgopoulos NA, Roupas ND, Theodoropoulou A, Tsekouras A, Vagenakis AG, Markou KB.** The influence of intensive physical training on growth and pubertal development in athletes. *Ann N Y Acad Sci* 2010;1205:39-44.
17. **Georgopoulos NA, Theodoropoulou A, Roupas ND, Rottstein L, Tsekouras A, Mylonas P, Vagenakis GA, Koukkou E, Armeni AK, Sakellaropoulos G, Leglise M, Vagenakis AG, Markou KB.** Growth velocity and final height in elite female rhythmic and artistic gymnasts. *Hormones* 2012;11:61-9.
18. **Groudyté R, Jürimäe T.** Bone mineral density and jumping height in pre-menarcheal and post-menarcheal physically active girls. *Biomedicinos Mokslai* 2011;82:3-8.
19. **Groudyté R, Jürimäe J, Cicchella A, Stefanelli C, Passariello C, Jürimäe T.** Adipocytokines and bone mineral density in adolescent female athletes. *Acta Paediatr* 2010;99:1879-84.
20. **Guo SS, Chumela WC, Roche AF, Siervogel RM.** Age- and maturity-related changes in body composition during adolescence into adulthood: The Fels Longitudinal Study. *Int J Obes* 1997;21:1167-1175.

21. **Helge EW, Kanstrup IL.** Bone density in female gymnasts: impact of muscle strength and sex hormones. *Med Sci Sports Exerc* 2002;34:174-80.
22. **Iuliano-Burns S, Stone J, Hopper JL, Seeman E.** Diet and exercise during growth have site-specific skeletal effects: a co-twin control study. *Osteoporos Int* 2005;16:1225-32.
23. **Ivuskans A, Lätt E, Mäesalu J, Saar M, Purge P, Maasalu K, Jürimäe T, Jürimäe J.** Bone mineral density 11-13-year-old boys: relative importance of the weight status and body composition factors. *Rheumatol Int* 2013;33:1681-1687.
24. **Janz KF, Letuchy EM, Eichenberger Gilmore JM, Burns TL, Torner JC, Willing MC, Levy SM.** Early physical activity provides sustained health benefits later in childhood. *Med Sci Sports Exerc* 2010;42:1072-8.
25. **Jastrjemskaia N, Titov Y.** Rhythmic Gymnastics. *Human Kinetics*, 1999.
26. **Jürimäe T, Hurbo T, Jürimäe J.** Relationships between legs bone mineral density, anthropometry and jumping height in prepubertal children. *Collegium Antropologicum* 2008; 32:61-66.
27. **Klentrou P, Plyley M.** Onset of puberty, menstrual frequency, and body fat in elite rhythmic gymnasts compared with normal controls. *Br J Sports Med.* 2003;37:490-494.
28. **Kums T, Ereline J, Gapeyeva H, Pääsuke M.** Vertical jumping performance in young rhythmic gymnasts. *Biology of Sport* 2005;22:237-246.
29. **Leonard MB, Shults J, Wilson BA, Tershakovec AM, Zemel BS.** Obesity during childhood and adolescence augments bone mass and bone dimensions. *AM J Clin Nutr* 2004;80:514-523.
30. **MacKelvie KJ, Kahn KM, McKay HA.** Is there a critical period for bone response to weight-bearing exercise in children and adolescents? A systematic review. *Br J Sports Med* 2002;36:250-7.
31. **Maimoun L, Coste O, Jaussent A, Mariano-Goulart D, Sultan C, Paris F.** Bone mass acquisition in female rhythmic gymnasts during puberty: no direct role for leptin. *Clinical Endocrinology* 2010;72:604–611.
32. **Marfell-Jones M, Olds T, Steward A, Carter JEL.** International Standards for Anthropometric Assessment. ISAK 2006.
33. **Matejek N, Weimann E, Witzel C, Mölenkamp G, Schwidergall S, Böhles H.** Hypoleptinaemia in patients with anorexia nervosa and in elite gymnasts with anorexia athletica. *Int J Spots Med* 1999;20:451-456.

34. **Menezes LS, Filho JF.** Identification and comparison of dermatoglyphics, somatotype and basic physical aptitude characteristics of rhythmic gymnasts of different qualification levels. *Fitness Performance Journal* 2006;5:1676-5133.
35. **Misra M.** Bone density in the adolescent athlete. *Rev Endocr Metab Disord* 2008;9:139-44.
36. **Munoz MT, de la Piedra C, Barrios V, Garrido G, Argente J.** Changes in bone density and bone markers in rhythmic gymnasts and ballet dancers: implications for puberty and leptin levels. *European Journal of Endocrinology* 2004;151:491–496.
37. **Nichols DL, Sanborn CF, Essery EV.** Bone density and young athletic women. An update. *Sports Med* 2007;37:1001-14.
38. **Obradovic B, Jaksic D, Matic R, Milosevic Z, Bubanj S, Bubanj R.** The correlation between anthropometric, motor and the variables for the evaluation of bone density. *Physical Education and Sport* 2011;9:265-274.
39. **Parm AL, Saar M, Pärna K, Jürimäe J, Maasalu K, Neissaar I, Jürimäe T.** Relationships between anthropometric, body composition and bone mineral parameters in 7-8-year-old rhythmic gymnasts compared with controls. *Coll. Antropol* 2011;35:739–745.
40. **Petit MA, Beck TJ, Shults J, Zemel BS, Foster BJ, Leonard MB.** Proximal femur bone geometry is appropriately adapted to lean mass in overweight children and adolescents. *Bone* 2005;36:568-76.
41. **Rhie YL, Lee KH, Chung SC, Kim HS, Kim DH.** Effects of body composition, leptin, and adiponectin on bone mineral density in prepubertal girls. *J Korean Med Sci* 2010;25:1187-90.
42. **Rhythmic Gymnastics Tehnical Committee.** Code of points rhythmic gymnastics 2013-2016. Federation Internationale de Gymnastique (FIG) 2013.
43. **Rizzoli R, Bianchi ML, Garabédian M, McKay HA, Moreno LA.** Maximizing bone mineral mass gain during growth for the prevention of fractures in the adolescents and the elderly. *Bone* 2010;46:294-305.
44. **Rocher E, Chappard C, Jaffre C, Benhamou CL, Courteix D.** Bone mineral density in prepubertal obese and control children: relation to body weight, lean mass, and fat mass. *J Bone Miner Metab* 2008;26:73-78.
45. **Rutkauskaite R, Skarbaliuse A.** Models and Interactions of intensive training and sport performance of 14-15-year-old athletes in rhythmic gymnastics. *Socialiniai Mokslai* 2012;4:57-64.

46. **Scarpella TA, Davenport M, Morganti CM, Kanaley JA, Johnson LM.** Dose related associations of impact activity and bone mineral density in pre-pubertal girls. *Calcif Tissue Int* 2003;72:24-31.
47. **Scarpella TA, Dowthwaite JN, Rosenbaum PF.** Sustained skeletal benefit from childhood mechanical loading. *Osteoporos Int* 2011;22:2205-2210.
48. **Sööt T, Jürimäe T, Jürimäe J, Gapeyeva H, Pääsuke M.** Relationship between leg bone mineral values and muscle strenght in women with different physical activity. *J Bone Miner Metab* 2005; 23: 401-6.
49. **Šebic L, Hadrovic A, Bijelic S, Kozic V.** Postural differences between girls who practice and who do not practice rhythmic gymnastics. *Homo Sporticus* 2010;2:45-48.
50. **Theodoropoulou A, Markou KB, Vagenakis GA, Benardot D, Leglise M, Kourounis G, Vagenakis AG, Georgopoulos NA.** Delayed but normally progressed puberty is more pronounced in artistic compared with rhythmic elite gymnasts due to the intensity of training. *J Clin Endocrinol Metab* 2005;90:6022–6027.
51. **Thomas T, Burguera B.** Is leptin the link between fat and bone mass? *J Bone Miner Res* 2002; 17: 1563-9.
52. **Tournis S, Michopoulou E, Fatouros IG, Paspatis I, Michalopoulou M, Raptou P, Leontsini D, Avloniti A, Krekoukia M, Zouvelou V, Galanos A, Aggelousis N, Kambas A, Douroudos I, Lyritis GP, Taxildaris K, Pappaioannou N.** Effect of Rhythmic Gymnastics on Volumetric Bone Mineral Density and Bone Geometry in Premenarcheal Female Athletes and Controls. *J Clin Endocrinol Metab* 2010;95:2755-2762.
53. **Vicente-Rodriguez G, Dorado C, Ara I, Perez-Gomez J, Olmedillas H, Delgado-Guerra S, Calbet JAL.** Artistic versus rhythmic gymnastics: effects on bone and muscle mass in young girls. *Int J Sports Med* 2007;28:386–393.
54. **Viljakainen HT, Pekkinen M, Saarnio E, Karp H, Lamberg-Allardt C, Mäkitie O.** Dual effect of adipose tissue on bone health during growth. *Bone* 2011;48:212-7.
55. **Ward KA, Roberts SA, Adams JE, Mughal MZ.** Bone geometry and density in the skeleton of pre-pubertal gymnasts and school children. *Bone* 2005;36:1012-1018.

56. **Ward KA, Roberts SA, Adams JE, Lanham-New S, Mughal MZ.** Calcium supplementation and weight bearing physical activity – do they have a combined effect on bone density of pre-pubertal children? *Bone* 2007;41:496-504.
57. **Weimann E, Blum WF, Witzel C, Schwidergall S, Bohles HJ.** Hypoleptinaemia in female and male elite gymnasts. *Eur J Clin Invest* 1999;29:853-860.
58. **Wey CL, Beare T, Biskeborn K, Binkley T, Arneson L, Specker B.** High bone density in young Hutterite children. *Bone* 2009;44:454-460.
59. **Wosje KS, Khoury PR, Clayton RP, Copeland KA, Hornung RW, Daniels SR, Kalkwarf HJ.** Dietary patterns associated with fat and bone mass in young children. *Am J Clin Nutr* 2010;92:294-303.

9 SUMMARY

Bone mineralization in rhythmic gymnasts before puberty: relationships with body composition and jumping height.

Development of bone mineral density is influenced by several factors including body composition and physical activity. Recent reports indicate that fat free mass has important influence on bone mineral density and studies with children have yielded conflicting results in regard to the possible relationships between fat mass and bone mineral density. It is well known that mechanical loading activity on bone is vitally important for skeletal strength and development. Rhythmic gymnastics is a sport discipline that begins early in childhood and is known as a high-impact bone loading sport because gymnasts perform many jumps during their everyday trainings. Rhythmic gymnasts start to train with high loads at a relatively young age before puberty. There are few data on the development of bone mineral density during the prepubertal years in rhythmic gymnasts.

The aim of this study was to evaluate the relationships between bone mineral density, body composition and jumping height in prepubertal rhythmic gymnasts. In total 71 girls participated in this study, at the age 8-9 (beginning of the study) and 9-10 (after 12-month study period), who were divided into rhythmic gymnasts (n=36) and untrained controls (n=35). All rhythmic gymnasts had been training 4-7 times per week, for the past three years before starting the study. Untrained controls participated only at compulsory physical education classes 2-3 times a week at school. Biological age was assigned according to the method of Tanner (1962). Body composition (body fat%, fat mass and fat-free mass) and bone mineral density (BMD) from whole body, lumbar spine (L2-L4) and femoral neck were measured by dual-energy X-ray absorptiometry (DXA). The maximal height of vertical jumps was measured using the contact mat (Newtest OY, Finland).

The results indicated that bone mineral density was significantly higher in rhythmic gymnasts than untrained controls at lumbar spine (L2-L4), femoral neck and whole-body BMD. Bone mineral density was significantly increased after 12-month study

period in rhythmic gymnasts and untrained controls. Body mass, fat free mass and jumping height (RJ15s) were related to femoral neck BMD in prepubertal rhythmic gymnasts. Relationships of lumbar spine and whole-body BMD values with measured body composition and jumping height were mostly absent in rhythmic gymnasts. In untrained controls BMD was related to most body composition values. Body mass and fat free mass were most important parameters to predict normal growth in whole-body BMD after 12-month study period in rhythmic gymnasts. In untrained controls, most measured body composition values were associated with an increase in lumbar spine BMD after 12-month study period. There were no relationships between jumping height and increased BMD in rhythmic gymnasts and untrained controls.

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina __Margot Vösokov_____

(*autori nimi*)

(sünnikuupäev: __14.03.1986_____)

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose

**LUUTIHEDUSE ARENG PREPUBERTEEDIEALISTEL ILUVÕIMLEJATEL:
SEOSSED KEHA KOOSTISE JA HÜPPEVÕIME NÄITAJATEGA,**

(*lõputöö pealkiri*)

mille juhendaja on Jaak Jürimäe ja Kristel Vösoberg,
(*juhendaja nimi*)

- 1.1.reprodutseerimiseks säilitamise ja üldsusele kättesaadavaks tegemise eesmärgil, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace-is lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;
 - 1.2.üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tartu Ülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace'i kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.
2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.
 3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Tartus/Tallinnas/Narvas/Pärnus/Viljandis, __20.01.2014_____ (*kuupäev*)