

TARTU ÜLIKOOL
Sporditeaduste ja füsioteraapia instituut

Liina-Mari Roolaht

**Suhtelise energiatarbimise defitsiidiga naissportlased: kirjeldav
analüüs spordimeditiiniliste terviseuuringute alusel**
**Relative energy intake deficiency in female athletes: descriptive analysis based on
periodic health examination**

Magistritöö

Füsioteraapia õppekava

Juhendaja:
kaasprofessor E. Unt (MD, PhD)

Tartu, 2021

SISUKORD

KASUTATUD LÜHENDID	4
LÜHIÜLEVAADE.....	5
ABSTRACT	6
1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE	7
1.1. Häirunud söömiskäitumine, söömishäired ja suhteline energiadefitsiit spordis.....	7
1.2. Häirunud söömiskäitumise, söömishäirete ja suhtelise energiadefitsiidi levimuse näitajad spordis	8
1.2.1. RED-S CAT hindamisvahend	10
1.3. Suhtelise energiadefitsiidi mõju luu tervise näitajatele	10
1.4. Suhtelise energiadefitsiidi mõju kardiovaskulaarsüsteemile	12
1.5. Suhtelise energiadefitsiidi mõju endokriinsüsteemile ja menstruaalfunktsioonile	12
1.6. Luutiheduse mõõtmine luudensitomeetrilisel uuringul	13
2. TÖÖ EESMÄRK JA ÜLESANDED	14
3. METOODIKA.....	15
3.1. Vaatlusalused	15
3.2. Uuringu korraldus	16
3.2.1. Spordimeditiiniline terviseuuring	16
3.2.2. Antropomeetrilised mõõtmised	17
3.2.3. Kardiovaskulaarsed näitajad.....	17
3.2.4. Vereanalüüsid	17
3.2.5. Luudensitomeetriline uuring	17
3.2.6. Riski raskusastme määramine vastavalt RED-S CAT mõõdikule.....	18
3.3. Luu tervise näitajate hindamine dünaamikas (osauuring)	19
3.4. Andmete statistiline töötlus	19
4. TÖÖ TULEMUSED	20
4.1. Naissportlaste jaotuvus vastavalt suhtelise energiadefitsiidi riski raskusastmele.....	20
4.2. Uuritavate keha koostise, kehamassi ja luu tervise näitajad	20
4.3. Uuritavate kardiovaskulaarsed näitajad	22
4.4. Uuritavate hematoloogilised, metaboolsed ja hormonaalsed parameetrid	22
4.5. Uuritavate keha koostise, kardiovaskulaarsete, hematoloogiliste, metaboolsete ja hormonaalsete ning luu tervise näitajate vahelised seosed	26
4.6. Uuritavate luu tervise näitajad dünaamikas (osauuring).....	28
5. ARUTELU	30
5.1. Vaatlusaluste rühmadesse jaotuvus suhtelise energiadefitsiidi riski raskusastme alusel	

5.2.	Vaatlusaluste keha koostise, kehamassi ja luu tervise näitajad	31
5.3.	Vaatlusaluste kardiovaskulaarsed näitajad	32
5.4.	Vaatlusaluste hematoloogilised, metaboolsed ja hormonaalsed näitajad	33
5.5.	Menstruaalfunktsiooni häirete ja stressmurdude seosed hinnatavate parameetritega (keha koostis, kardiovaskulaarsed, hematoloogilised, metaboolsed, hormonaalsed ja luu tervise näitajad).....	34
5.6.	Luu tervise näitajad dünaamikas (osauuring)	35
5.7.	RED-S CAT mõõdiku praktiline kasutus terviseuuringutes	36
5.8.	Uuringu limitatsioonid ja tugevused	37
6.	JÄRELDUSED.....	39
	KASUTATUD KIRJANDUS	40
	LISAD	45

KASUTATUD LÜHENDID

BMC	ingl k <i>bone mineral content</i> , luu mineraalne mass
BMD	ingl k <i>bone mineral density</i> , luu mineraalne tihedus
DVR	diastoolne vererõhk
DXA	ingl k <i>dual-energy x-ray absorptiometry</i> , luudensitomeetria (kahe energiaga röntgenkiire meetod)
eHL	elektrooniline haigusloo infosüsteem
FFM	ingl k <i>fat free mass</i> , keha rasvavaba mass
ft3	ingl k <i>free triiodothyronine</i> , vaba trijoodtüroniin
ft4	ingl k <i>free thyroxine</i> , vaba türoksiin
IGF-1	ingl k <i>insulin-like growth factor 1</i> , insuliinisarnane kasvufaktor 1
KMI	kehamassiindeks
LEA	ingl k <i>low energy availability</i> , madal energiasaadavus
LZ	ingl k <i>lumbar spine Z-score</i> , lülisamba lumbaalosa Z-skoor
LT	ingl k <i>lumbar spine T-score</i> , lülisamba lumbaalosa T-skoor
RED-s	ingl k <i>relative energy deficiency in sport</i> , suhteline energia defitsiit spordis
RED-S CAT	ingl k <i>relative energy deficiency in sport clinical assessment tool</i> , suhtelise energiadefitsiidi kliiniline hindamisvahend spordis
RHK-10	rahvusvaheline haiguste klassifikatsioon 10
SD	ingl k <i>standard deviation</i> , sandardhälve
SLS	südame löögisagedus
SVR	süstoolne vererõhk
TBZ	ingl k <i>total body Z-score</i> , kogu keha Z-skoor
TBT	ingl k <i>total body T-score</i> , kogu keha T-skoor

LÜHIÜLEVAADE

Eesmärk: Magistritöö eesmärgiks oli välja selgitada seosed keha koostise, luu tervise, kardiovaskulaarsete, hematoloogiliste, metaboolsete ning hormonaalsete näitajate vahel suhtelise energiadefitsiidi (RED-si) riskirühma kuuluvatel naissportlastel. Lisaks oli eesmärgiks analüüsida luu tervist iseloomustavate näitajate muutusi dünaamikas.

Metoodika: Uurimistöö käigus analüüsiti retrospektiivselt RED-si riskirühma kuuluvate naissportlaste (n=43, vanuses 14-33 eluaastat) spordimeditiiniliste terviseuuringute ja DXA tulemuste põhjal saadud andmeid ning leiti näitajatevahelised seosed. Andmed saadi sportlaste keha koostise, luu tervise, kardiovaskulaarsete, hematoloogiliste, metaboolsete ja hormonaalsete parameetrite kohta. Vaatlusalused jaotati *Relative energy deficiency in sport clinical assessment tool* (RED-S CAT) hindamisvahendi alusel kõrge, mõõduka ja madala RED-si riskiga rühma. Koguvalimist oli kuuele naistele teostatud DXA dünaamikas, mille põhjal analüüsiti luu tervist iseloomustavate näitajate muutusi. Uuringutulemuste põhjal anti esmane hinnang RED-S CAT mõõdiku praktilisele kasutusele spordimeditiinilistes terviseuuringutes.

Tulemused: RED-S CAT hindamisvahendi alusel jagunesid vaatlusalused kolme RED-si riskirühma vahel järgmiselt: kõrge (n=16), mõõduka (n=20) ja madala (n=7) riskiga rühm. Kõrge RED-si riskiga naissportlaste kehamassi ja kehamassiindeksi näitajad olid statistiliselt oluliselt madalamad kui mõõduka riskiga sportlastel ning luu tervist iseloomustavad parameetrid madalamad kui madala RED-si riskiga vaatlusalustel. Menstruaaltsükli häirete ja skeleti-lihassüsteemi ülekoormusvigastuste esinemine seostus negatiivselt RED-si riskirühma kuuluvate naissportlaste luu tervist peegeldavate näitajatega. Menstruaaltsükli häirete esinemine korreleerus pöördvõrdeliselt RED-si riskirühma kuuluvate naissportlaste kardiovaskulaarsete näitajatega. Dünaamikas hinnatuna vähenesid RED-si riskirühma kuuluvate naissportlaste luu tervist iseloomustavad näitajad olulisel määral.

Kokkuvõte: Käesoleva töö tulemused ühtivad varasemate teadustöödega, kus leiti olulised seosed madala energiasaadavuse, menstruaaltsükli häirete ja madala luutiheduse vahel naissportlastel. RED-S CAT mõõdikut võib pidada asjakohaseks, kuid täiendamist vajavaks hindamisvahendiks RED-si riski raskusastmete tuvastamisel spordimeditiiniliste terviseuuringute käigus.

Märksõnad: suhteline energiadefitsiit spordis, häirunud söömiskäitumine, naissportlane, luudensitomeetriline uuring, suhtelise energiadefitsiidi kliiniline hindamisvahend

ABSTRACT

Aim: The aim of the present study was to determine associations between body composition, bone health, cardiovascular, hematological, metabolic and hormonal parameters among female athletes at risk from suffering relative energy deficiency in sport (RED-s) accompanied by disordered eating. In addition, the changes in bone health were to be identified.

Methods: During this retrospective study, the data of 43 female athletes (aged 14-33) were collected from previous periodic health examinations in addition to DXA scans, and the associations between the components were found. Data of the studies included body composition, bone health, cardiovascular, hematological, metabolic and hormonal parameters. The athletes were categorized into three groups (high-, moderate-, low-risk) based on the Relative energy deficiency in sport clinical assessment tool (RED-S CAT). Six women out of total sample had undergone DXA more than once, based on these results changes in bone health in athletes were analysed. Based on the results of the study, the practical use of the RED-S CAT tool in clinical setting was assessed.

Results: According to RED-S CAT criteria, the athletes were divided into three groups as following: high- (n=16), moderate- (n=20) and low-risk (n=7) athletes. Body mass and body mass index were significantly lower in high-risk athletes than in moderate-risk women. The high-risk athletes had significantly lower bone health indicators compared with women in moderate-risk group. Menstrual dysfunction and bone stress injuries were both negatively related to bone health indicators. Negative correlative relations between menstrual irregularities and cardiovascular variables were found. Results of the study indicated a decrease in bone health variables over time in female athletes.

Conclusions: The results of this study are consistent with previous studies confirming the interrelationship between low energy availability, menstrual dysfunction and decreased bone mineral density. RED-S CAT seems to be effective, but insufficient tool for identifying athletes at risk of RED-S when conducted as a part of periodic health examination.

Keywords: relative energy deficiency in sport, disordered eating, female athlete, dual-energy x-ray absorptiometry, relative energy deficiency in sport clinical assessment tool

1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE

1.1. Häirunud söömiskäitumine, söömishäired ja suhteline energiadefitsiit spordis

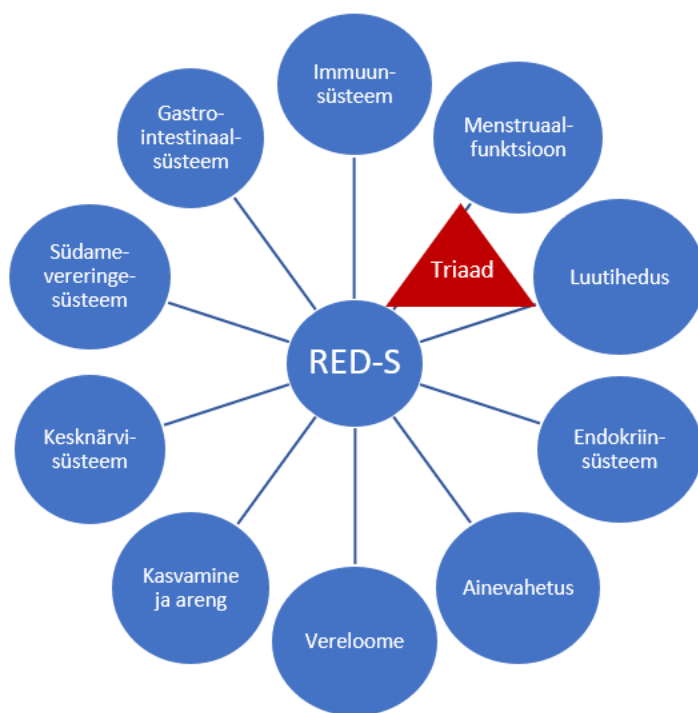
Uuringud tõendavad, et optimaalne kehamass ja kehakoostis omavad sportlikus sooritusvõimes olulist tähendust. Sportlased, eeskätt kaalukategooriatega-, vastupidavusalade- ja esteetiliste spordialadega tegelevad indiviidid, manipuleerivad tihti oma kehamassiga saavutusvõime parandamise eesmärgil. Ekstreemne kehamassi langetamine, häirunud söömiskäitumine ja lühi- või pikaajaliselt püsiv madal energiasaadavus (edaspidi LEA, ingl *low energy availability*) on söömishäirete ning edasiste terviseprobleemide, sealhulgas luu ainevahetushäirete kujunemise olulisteks riskiteguriteks (Mountjoy et al., 2014, 2018; Sundgot-Borgen et al., 2004).

Söömishäired kuuluvad psüühikahäirete hulka, mille tagajärjed mõjutavad nii indiviidi füüsilist seisundit kui ka psühhosotsiaalset toimetulekut. Kliiniliselt diagnoositud söömishäirete alla kuuluvad anoreksia, buliimia ning teisiti täpsustamata söömishäire (Sardar et al., 2015). Anoreksiat iseloomustab ekstreemne enesepiiramine, tahtlik kehamassi langetamine ning leppimatus püsida eale vastava kehamassi normi piires. Buliimiat korraldab vaheldub piirav ja kehamassi kontrolliv käitumine korduvate liigsöömishoogudega, millele võib lisanduda esile kutsutud oksendamine ja muud ekstreemsed manipulatsioonid. Häirunud söömiskäitumise spekter on väga lai ning puuduvad kindlad kriteeriumid ja standardiseeritud hindamismeetodid kõnealuse seisundi tuvastamiseks (Bonci et al., 2008). Kokkuvõtvalt iseloomustab häirunud söömiskäitumist ja söömishäireid püsiv rahulolematuse oma kehamassi, -ehituse ja sportliku saavutusvõimega ning pidev hirm kehamassi tõusu ees (Thompson et al., 2017).

Eelmise sajandi lõpukümnenditel võeti teaduskirjanduses eelkirjeldatud probleemi käsitlemiseks kasutusele termin „naissportlase triaad“, mis esindas LEA, häirunud menstruaaltsükli ja madala luutiheduse vahelisi seoseid naistel. Leiti, et LEA on östrogeeni defitsiidi ja amenorröa kujunemise juhtivaks põhjuseks, mis omakorda seostub madala mineraalse luutihedusega (Melin et al., 2014). Kaasaegne kirjandus tõendab, et luukoe formeerumine on häirunud ka juhul, kui LEA esineb iseseisvalt, ilma et sportlasel oleks tingimata tuvastatud östrogeeni defitsiit (Hutson et al., 2021; Mountjoy et al., 2014).

Häirunud söömiskäitumine või söömishäire ei pruugi kliiniliste tunnustega alati selgelt avalduda, mistõttu võib kõnealune probleem jääda pikema perioodi vältel tähelepanuta ning õigeaegselt diagnoosimata. Käesolevalt on Rahvusvahelise Olümpiakomitee 2014. a konsensuse alusel kasutusel termin „suhteline energiadefitsiit spordis“ (RED-s, ingl *k relative*

energy deficiency in sport), mille kontseptsioon on varasemast „naissportlase triaadi“ käsitlest oluliselt komplekssem ning puudutab ka meessportlasi (Mountjoy et al., 2014). RED-s on peamiselt põhjustatud LEA-st, mille korral ei ole tarbitud toiduenergia vastav, et katta kehalise treeningu käigus kulutatud energiat. Sellest tulenevalt ei jää piisavalt energiat füsioloogiliste funktsioonide normipäraseks toimimiseks ning võivad kujuneda häired erinevates organsüsteemides, sealhulgas häired luu ainevahetuses, menstruaaltsükli, ainevahetuse regulatsioonis, kardiovaskulaar-, endokriin- jt organsüsteemides (joonis 1) (Mountjoy et al., 2018; Roolaht, 2019; Roolaht & Unt, 2019).



Joonis 1. Suhtelise energiadefitsiidi poolt mõjutatavad organsüsteemid ja füsioloogilised protsessid (Mountjoy et al., 2018)

1.2. Häirunud söömiskäitumise, söömishäirete ja suhtelise energiadefitsiidi levimuse näitajad spordis

Söömishäirete ja häirunud söömiskäitumise levimust hindavate uuringute tulemused spordis on väga varieeruvad, olenevalt uuringu metoodikast, valimi suurusest, kontrollgrupi olemasolust jt teguritest (Werner et al., 2013). Uuringute heterogeensuse tõttu on üldistavate järelduste tegemine tihtipeale väga raske.

Teadusallikatele tuginedes on söömishäirete kujunemisele enim disponeeritud noorukieas naissportlased, kes väljendavad pidevat rahulolematust oma välimuse ning sportliku

saavutusvõimega (Thompson et al., 2017). Eelnimetatud uurimuse autorid leidsid, et söömishäirete all kannatab ligikaudu 25% noortest naissportlastest (Thompson et al., 2017). Mitmete teiste uuringute väitel on söömishäired naiste seas sagedasemad kui meeste seas (Bratland-Sanda et al., 2013; Melin et al., 2015; Mountjoy et al., 2018). Häirunud söömiskäitumist ja söömishäireid esineb kuni 19% meessportlastest ning kuni 45% naissportlastest (Bratland-Sanda et al., 2013; Sundgot-Borgen et al., 2004), Bonci jt (2008) töö tulemuste alusel isegi 33% mees- ja 62% naissportlastest. Samas on ka uuringuid, kus ei ole leitud, et sportlaste seas täheldataks oluliselt rohkem söömishäireid kui tavapopulatsioonis (Coelho et al., 2010; Werner et al., 2013).

RED-si esineb läbilõikeliste uuringute hinnangul kuni 51- 63% sportlastest (Koehler et al., 2013; Melin et al., 2015; Sim & Burns, 2021). LEA-st ja energiadefitsiidist ajendatud RED-s on enam levinud kaalukategooriate, vastupidavusalade ja esteetiliste spordialadega tegelevate indiviidide seas (Mountjoy et al., 2014, 2018).

Eestis varasemalt läbi viidud sõeluuringust selgus, et 15-25- aastaste seas on naistest 7,7% ja meestest 1% söömishäire. Noortest naistest 51,4% ning meestest 11,8% on teinud tahtlikke katseid kehamassi langetamiseks intensiivselt treenides või toidukoguseid piirates (Akkermann, 2010). Oluline on aga märkida, et enesepiiramine on liigsöömishoogude riskiteguriks. Fitness- ja aeroobikatreenerite seas teostatud uuringu tulemused demonstreerisid, et naistreenerite seas esines tunduvalt enam liigsöömishooge kui kontrollgrupi naistel (Parm, 2007). Uuringutes, kus on hinnatud RED-si sagedust, tuuakse välja, et esteetiliste spordialade esindajatel suureneb treeningstaažiga täiuslikkuse ja kõhnuse ihaldus, mida seostatakse muutunud kehataju ja häirunud söömiskäitumisega (Remes, 2010; Tjurina, 2017). Lisaks on täheldatud, et treenerid alahindavad sportlaste kehaga rahulolematust, kõhnuse ihaldust, kehataju hoiakuid ega oska tihti peale treenitavate söömiskäitumist adekvaatselt hinnata (Remes, 2010).

Hetkel puudub täpsem ülevaade Eesti saavutus- ja eliitsportlaste häirunud söömiskäitumise, söömishäirete ning RED-si esinemissagedusest. On tõendatud, et noorsportlastel esineb häirunud kehamassi kontrollivat käitumist, olenemata teadmisest, et hea tervislik seisund on spordikarjääri ja saavutusvõime arendamisel äärmiselt oluline (Werner et al., 2013). Probleemi kaardistamine võistlustaseme sportlaste hulgas on esmaseks eelduseks efektiivsema probleemikäsitluse rakendamisel, ennetamaks tõsiseid tervisprobleeme ja sportlaste väljalangevust võistluspordist.

1.2.1. RED-S CAT hindamisvahend

Madala energiatarbimise ilmingute korral on RED-si kujunemise riski hindamiseks ja vajadusel treeningkoormuse reguleerimiseks loodud Rahvusvahelise Olümpiakomitee konsensuse täiendusena kliiniline hindamisvahend *Relative energy deficiency in sport clinical assessment tool* (RED-S CAT) (Mountjoy et al., 2014; Mountjoy et al., 2015). CAT on kujundatud RED-si skriinimiseks sportlaste ja kehaliselt aktiivsete indiviidide seas. Energiadefitsiidi riskitegurite tuvastamisel kuulub sportlane kas kõrge, mõõduka või madala riskiga rühma, mida eristatakse hindamisvahendis vastavalt punase, kollase või rohelise tsooniga (Mountjoy et al., 2015; tõlge, Roolaht & Unt, 2019). Rahvusvahelise Olümpiakomitee soovitude kohaselt võiks kõnealune hindamisinstrument olla kaasatud sportlaste perioodilistesse terviseuuringutesse ning olla abiks sportlike piirangute määramisel, kui selleks ilmneb vajadus (Mountjoy et al., 2014, 2015).

1.3. Suhtelise energiadefitsiidi mõju luu tervise näitajatele

Energiadefitsiidi kujunemise keskseks põhjuseks peetakse LEA-d, mille tagajärjel võib muuhulgas oluliselt väheneda luu tugevus, tihedus ja mass. Eriti muret tekitav on energiadefitsiidist tingitud luumassi kadu noorsportlaste seas eluperioodil, kus luutihedus ja -tugevus peaks tõusma (Ackerman et al., 2012a; Pollock et al., 2010). Naistel saavutatakse luu tippmass ligikaudu 19ndaks ja meestel 20ndaks eluaastaks (Mountjoy et al., 2014).

Organismi füsioloogiliste funktsioonide, sh luukoe ainevahetuse normipäraseks toimimiseks on vajalik tagada piisav energiasaadavus, milleks on kehaliselt aktiivsetel inimestel optimaalselt 45 kcal/kg/rasvavaba massi (FFM) kohta päevas. Lisaks on oluline piisav mineraalainete ja vitamiinide saadavus toiduga, eeskätt kaltsiumi ja D-vitamiini osas (Mountjoy et al., 2014, 2018). Luukoes asub 99% keha kaltsiumivarudest ning ebapiisav toiduenergia ja kaltsiumi saadavus soodustab selle transporti luukoest verre, säilitamaks kaltsiumi optimaalset taset seerumis (Cosman et al., 2014).

Energiasaadavust loetakse madalaks, kui see jääb alla 30 kcal/kg/FFM kohta päevas (Mountjoy et al., 2014). LEA võib olla tekitatud toiduenergia vähendamisega, treeningul kulutatud energia suurendamisega või tegurite kombineerimisel (Mountjoy et al., 2014; Sundgot-Borgen & Torstveit, 2004). LEA mõjutab luu struktuuri ja mineralisatsiooni mitme mehhanismi vahendusel. Täpsed tunnused ja markerid, mida luu ainevahetuse hindamiseks vaadeldakse, varieeruvad teadusuuringute lõikes olenevalt uurimistööde metoodikast. Teadusallikates on enim tähelepanu pööratud luu biokeemiliste markerite (nt I tüüpi kollageeni

N-terminaalne telopeptiid), mineraalse luutiheduse, metaboolsete- [insuliinisarnane kasvufaktor-1 (IGF-1), vaba trijoodtüroniin (fT3)] ja suguhormoonide (testosteroon, östradiol, luteiniseeriv hormoon) taseme ning mineraalide ja vitamiinide (kaltsium, raud, D-vitamiin) taseme määramisele (De Souza et al., 2008; Mountjoy et al., 2014; Papageorgiou et al., 2018b; Taguchi et al., 2020).

Luukude uuendatakse pidevalt terve elu vältel. On leitud, et energiadefitsiidi korral ületab luukoe resorptsioon luu formeerumise ehk lagunemine domineerib ehituslike protsesside üle. LEA pikaajalise tagajärjena alaneb luu mineraalne tihedus ning sellest tulenevalt suureneb osteoporoosi ja stressmuru tekkerisk, seda nii aktiivse sportlaskarjääri kui ka hilisema elu jooksul (Cosman et al., 2014; Mountjoy et al., 2014; Scofield & Hecht, 2012). Miller kaasautoritega (2006) leidis oma uuringus, et anoreksiaga kehaliselt aktiivsetel naistel alaneb luumass ligikaudu 2,5% aastas. Siinjuures on märkimisväärne, et 3-21% energiadefitsiidi all kannatavatest pikamaajooksjatest esineb aasta jooksul vähemalt üks ülekoormusest tingitud stressmurd (Hutson et al., 2021).

Samas võib näha luu remodelleerumise protsesse tähistavate biokeemiliste markerite kontsentratsioonis muutust juba lühiajalise LEA tagajärjel (Hutson et al., 2021). Papageorgiou jt (2018b) töö tulemustest selgus, et lühiajalise toiduenergia vähendamisega provotseeritud energiadefitsiit (energiasaadavus 15 kcal/kg/FFM kohta päevas) põhjustas luukoe formeerumise olulise alanemise, kuid ei mõjutanud oluliselt luu resorptsiooniprotsesse. Taguchi kaastellega (2020) viis läbi uuringu madala toiduenergia staatusega ($18,9 \pm 6,8$ kcal/kg/FFM kohta päevas) meessportlaste seas ning leidis, et kõigil vaatlusalustel esines referentsväärtusest kõrgem seerumi I tüüpi kollageeni N-terminaalne telopeptiidi kontsentratsioon, viidates luukoe resorptsiooni domineerimisele. Uuritavate kogu keha Z- skoor (TBZ-skoor) oli vahemikus -0,1 kuni -1,7 (standardhälve, SD), seega esines trend madala luutiheduse suunas. Lisaks täheldati sportlastel testosterooni taseme langust, normist madalamat östradioli ning 25-hüdroksükolekaltsiferooli taset, viidates viimasega D-vitamiini ebapiisavale tasemele seerumis (Taguchi et al., 2020). Eelmainitud uuringu tulemustest selgub, et varem ülekaalukalt naissportlastele omistatud madalast toiduenergia väärtusest ja energiadefitsiidist tulenevaid probleeme esineb samuti meessportlaste seas ning antud sfäär vajaks tulevikus põhjalikumat uurimist.

1.4. Suhtelise energiadefitsiidi mõju kardiovaskulaarsüsteemile

Kaasaegses kirjanduses on täheldatud, et LEA tagajärjel esinevad häired kardiovaskulaarsüsteemis. Raskekujulisemaks energiadefitsiidi avalduseks on kõrvalekalded elektrokardiogrammis (rütmihäired, bradükardia) ning hüpotoonia esinemine (Mountjoy et al., 2018).

O'Donnell kaasuurijatega (2015) leidis, et puuduva menstruaaltsükliga kehaliselt aktiivsete naiste puhkeoleku südame löögisagedus (SLS) ning süstoolne vererõhk (SVR) olid madalamad võrreldes eakaaslastega, kelle tsükkel oli normipärane. Eenergiadefitsiiti on amenorröaga naistel seostatud lisaks endoteeli düsfunktsiooniga, arterite elastsuse vähenemisega ja kõrgeenenud ateroskleroosi riskiga (Mountjoy et al., 2018; O'Donnell et al., 2015).

1.5. Suhtelise energiadefitsiidi mõju endokriinsüsteemile ja menstruaalfunktsioonile

Energiadefitsiit põhjustab häireid organismi endokriinsüsteemi talitluses. Teadusuuringutes on tõendatud, et LEA mõjul langeb metaboolsete hormoonide nagu IGF-1 tase ja kilpnäärme hormoonide, eeskätt FT3 kontsentratsioon veres (Melin et al., 2014; Mountjoy et al., 2018). Melin kaasaautoritega (2014) leidis, et luu formeerumise ja valgusünteesi jaoks oluline IGF-1 on energiasaadavuse muutuste suhtes tundlik ka juhul, kui kõnealuse näitaja väärtus ei ole alla 30 kcal/kg/FFM kohta päevas.

Lisaks on LEA-d seostatud suguhormoonide madala taseme ja reproduktsioonivõime vähenemisega (Mountjoy et al., 2018). Kehaliselt aktiivsete naiste seas teostatud uuringus võrreldi östrogeeni defitsiidi ja energiadefitsiidi iseseisvat- ning nende koosmõju luukoe remodelleerumisele. Tulemustest ilmnes, et adekvaatse energiasaadavuse korral ei esinenud östrogeeni tasemest sõltumata olulisi häireid luukoe formeerumise- ega resorptsiooniprotsessides. Töö autorid rõhutasid, et luu normipärase ainevahetuse tagamiseks on väga tähtis energiadefitsiidist hoiduda (De Souza et al., 2008). Veelgi enam, LEA-st ja östrogeeni defitsiidist tingitult võivad naistel kujuneda raskekujulised menstruaalfunktsiooni häired nagu oligo- või amenorröa.

Menstruaaltsükkel on kas korrapärane (eumenorröa), ebaregulaarne (oligomenorröa) või puudulik (amenorröa) (Gordon et al., 2017). Primaarseks amenorröaks loetakse seisundit, kus 15. eluaastaks pole esinenud esmast menstruaaltsükli. Sekundaarse amenorröa korral on menstruaaltsükli küll alanud, ent hiljem ära jäänud vähemalt kuue järjestikuse menstruaaltsükli vältel (Mountjoy et al., 2014). Sarnaselt hüpoöstrogeneemiale ja amenorröale on

meessportlastel LEA tagajärjel kirjeldatud testosterooni taseme langust ja hüpogonadismi kujunemist (Logue et al., 2020).

1.6. Luutiheduse mõõtmine luudensitomeetrilisel uuringul

Mitteinvasiivne ning valideeritud uurimismeetod luutiheduse ja keha koostise määramiseks on luudensitomeetriline ehk kahe energiaga röntgenkiire meetod (edaspidi DXA, ingl. *dual-energy x-ray absorptiometry*). DXA-t kasutatakse luu mineraalse tiheduse (BMD) hindamiseks, osteoporoosi diagnoosimiseks, luumurru tekkeriski prognoosimiseks ja luutiheduse dünaamika monitoorimiseks, samuti luu mineraalse massi (BMC), rasvamassi ja FFM-i määramiseks (Cosman et al., 2014; Garg & Kharb, 2013). DXA-t peetakse luutiheduse määramise kuldstandardiks selle valiidsuse, väikese ajakulu, minimaalse radiatsioonidoosi ja praktiliselt puuduvate kõrvalmõjude tõttu. Luutihedus (g/cm^2) määratakse kogu keha, lülisamba lumbaallülide L1-L4 ja/ või reieluukaela piirkonnast. DXA aparatuuri tuntuimateks tootjateks on Lunar ja Hologic. Olenevalt kasutusel oleva aparatuuri spetsiifikast kasutatakse luutiheduse mõõtmiseks paralleelset pliiatsikujulist röntgenkiirte kimpu (ingl.k. *pencil beam*) või lehvikukujulist röntgenkiirte kimpu (ingl.k. *fan beam*) (Garg & Kharb, 2013).

DXA mõõtetulemused esitatakse standardhälvena (SD) võrdluspopulatsiooni keskvaartusest, mille põhjal esitatakse T- ja Z- skoor. T- skoor väljendab uuritava luutihedust võrreldes samaealise, samast soost ja sama etnilise päritoluga noore täiskasvanu maksimaalse luutihedusega. Z- skoor väljendab uuritava luutihedust võrreldes samaealise, samast soost ja sama etnilise päritoluga inimese keskmise luutihedusega.

Maailma Terviseorganisatsiooni osteoporoosi definitsiooni kohaselt tähistab $-1 \text{ SD} \geq \text{T-skoor} > -2,5 \text{ SD}$ osteopeeniat ning $\text{T-skoor} \leq -2,5 \text{ SD}$ ja $\text{Z-skoor} < -2 \text{ SD}$ osteoporoosi. $\text{T-skoor} \leq -2,5 \text{ SD}$ koos luumurru esinemisega tähistab raskekujulist osteoporoosi (Cosman et al., 2014; Garg & Kharb, 2013; Mountjoy et al., 2018; Papageorgiou et al., 2018a).

Rahvusvahelise Olümpiakomitee konsensusese alusel on soovituslik intervall DXA teostamiseks häirunud söömiskäitumisega, söömishäiretega ning madala luutiheduse riskigruppi kuuluvatel täisealistel sportlastel 12 kuud ning noorsportlastel minimaalselt 6 kuud (Mountjoy et al., 2014).

2. TÖÖ EESMÄRK JA ÜLESANDED

Käesoleva uurimistöö eesmärgiks oli välja selgitada seosed keha koostise, luu tervise, kardiovaskulaarsete, hematoloogiliste, metaboolsete ning hormonaalsete näitajate vahel suhtelise energiadefitsiidi (RED-si) riskirühma kuuluvatel naissportlastel. Lisaks oli eesmärgiks analüüsida luu tervist iseloomustavate näitajate muutusi dünaamikas.

Töö eesmärgist tulenevalt püstitati uurimusele järgnevad ülesanded:

1. Kirjeldada RED-si riskirühma kuuluvate naissportlaste jaotuvust RED-S CAT mõõdiku kolme tsooni vahel (kõrge, mõõdukas, madal risk).
2. Võrrelda kõrge, mõõduka ja madala RED-si riskiga naissportlaste keha koostise, kardiovaskulaarseid, hematoloogilisi, metaboolseid ja hormonaalseid ning luu tervise näitajaid.
3. Selgitada välja RED-si riskirühma kuuluvate naissportlaste keha koostise, kardiovaskulaarsete, hematoloogiliste, metaboolsete ja hormonaalsete ning luu tervise näitajate vahelised seosed.
4. Analüüsida naissportlaste luude tervise näitajaid dünaamikas.
5. Anda käesoleva töö tulemuste põhjal esmane hinnang RED-S CAT hindamisvahendi praktilisele kasutusele spordimeditiinilistes terviseuuringutes.

3. METOODIKA

3.1. Vaatlusalused

Vaatlusalusteks olid naissportlased, kes olid läbinud perioodilised spordimeditiinilised terviseuuringud SA Tartu Ülikooli Kliinikumi (TÜK) spordimeditiini ja taastusravi kliinikus ajavahemikul 01.01.2014- 30.04.2021 ning kuulusid selle alusel madalast energiatarbimisest või häirunud söömiskäitumisest tingitud RED-si riskirühma.

Uuringusse sisselülitavad tingimused olid järgmised:

a) täidetud vähemalt üks alljärgnevatest kriteeriumitest:

- antropomeetrilistel mõõtmistel [kehamassiindeks (KMI), keha rasvaprotsent] saadud ealisest normist madalamad väärtused (Mägi et al., 2009; Mägi et al., 2018a, 2018b);
- anamneesis sedastatud söömishäire või häirunud söömiskäitumine, toitumispäeviku alusel selge toiduenergia alatarbimine – energiasaadavus ≤ 30 kcal/kg/FFM kohta päevas (Mountjoy et al., 2014);
- sportlasel ekstreemsed või sagedased kehamassi manipulatsioonid anamneesi või dünaamiliste uuringute alusel;
- tuvastatud menstruaaltsükli häired (oligomenorröa/ amenorröa);
- anamneesis üks või mitu stressmurdu ja/või skeleti-lihassüsteemi ülekoormusvigastust;

b) sportlasele oli teostatud DXA uuring.

Uuringust väljalülitavaks tingimuseks oli spordimeditiiniliste terviseuuringute andmete osaline puudulikkus.

Lõpliku valimi moodustasid 14-33 aastased naissportlased (n=43). Uuritavad jaotati RED-S CAT hindamisvormi järgi kolme rühma (vt Uuringu korraldus): kõrge, mõõduka ja madala RED-si riskiga gruppi.

Käesolev uurimus teostati uuringu „Tervist mõjutava madala energiasaadavuse uuring sportlastel“ raames. Uurimistöö on kooskõlastatud Tartu Ülikooli inimuuringute eetika komiteega (protokoll nr 327/M-12, lisa 333/M-14).

3.2. Uuringu korraldus

Tegemist on retrospektiivse kirjeldava uuringuga. Magistritöö autor sooritas Tartu Ülikooli Kliinikumi elektroonilise haigusloo infosüsteemis (eHL) tagasiulatuva otsingu RED-si riskirühma kuuluvate sportlaste uuringuandmete kogumiseks. Vaatlusaluste tuvastamiseks rakendati eHL-is järgmised päringud:

1. Rahvusvaheline haiguste klassifikatsioon- 10 (RHK-10) kood F50.0-50.9 (söömishäired, sh anoreksia, buliimia, täpsustamata söömishäire jt);
2. RHK-10 kood Z71.3 (toitumisrežiimi-alane nõustamine ja järelevalve);
3. Eesti Haigekassa tervishoiuteenuste loetelu kood 6112 (luutiheduse uuring aksiaalse DXA densitomeetriga).

Otsing sooritati tagasiulatuvalt perioodi 01.01.2014- 30.04.2021 kohta. Uuringuandmete kogumisel jälgiti, et spordimeditiinilise terviseuuringu, antropomeetriliste mõõtmiste ja vereanalüüside parameetrid oleks võetud luudensitomeetriaga samas perioodis/ võimalikult vähese ajalise nihkega. Magistritöö autor teostas uuringuandmete kogumise protsessis täiendavalt andmete kvaliteedikontrolli. Algselt saadi andmed 61 sportlase kohta, kuid pärast uuringust väljalülitavate kriteeriumite rakendamist moodustas lõpliku valimi 43 naissportlast keskmise vanusega $19,7 \pm 5,2$ eluaastat.

Valimisse kuulusid erinevate spordialade (murdmaasuusatamine, laskesuusatamine, pikamaajooks, orienteerumine, jalgrattasõit, iluvõimlemine, rühmvõimlemine, iluuisutamine, ballett, kergejõustik, korvpall, tennis, sulgpall) esindajad. Valimisse kuulus muuhulgas 10 Eesti olümpiakoondise kandidaati.

3.2.1. Spordimeditiiniline terviseuuring

Uuritavad olid läbinud SA TÜK spordimeditiini ja taastusravi kliinikus spordimeditiinilise terviseuuringu, mis oli teostatud vastavate juhiste kohaselt: noorsportlase tervisekontrolli juhis spordiga seotud tervisekahjustuse ennetamiseks (Mägi et al., 2009; Mägi et al., 2018a), tippsportlase perioodiline tervisekontrolli tegevusjuhend (Mägi et al., 2018b).

Terviseuuringu käigus oli sportlastelt võetud anamnees, teostatud arstlik läbivaatus ja antropomeetrilised mõõtmised, funktsionaalsed (12-lülituseline puhkeoleku elektrokardiograafia) ja laboratoorsed (vereanalüüsid) uuringud. Sportlased olid terviseuuringu-eelselt täitnud spordimeditiinilise terviseuuringu küsimustiku ESMF-1 (Lisa 1) (Mägi et al., 2009; Mägi et al., 2018a), kust saadi teave häirunud söömisikäitumise, kehamassi

manipulatsioonide ja menstruaaltsükli regulaarsuse kohta. Lisaks oli küsimustiku põhjal teada spordiala ja treeningkoormuse maht antud perioodil.

3.2.2. Antropomeetrilised mõõtmised

Sportlastel oli spordimeditiinilise terviseuuringu käigus mõõdetud kehapikkus (cm), kehamass (kg) (Seca 287, Hamburg, Saksamaa) ning arvutatud KMI valemiga $KMI = \frac{\text{kehamass (kg)}}{\text{kehapikkus (m)}^2}$. Tulemuste interpreteerimiseks hinnati indiviidi näitajate vastavust kehamassi ja KMI normväärtustega (Mägi et al., 2009; Mägi et al., 2018a, 2018b).

3.2.3. Kardiovaskulaarsed näitajad

Sportlastel oli teostatud 12-lülituseline elektrokardiograafia kompuuteranalüüs (Cardiosoft, versioon 5, GE Medical System, USA), kus registreeriti puhkeoleku SLS ning anti hinnang elektrokardiogrammile (füsioloogiline/patoloogiline leid). Samuti oli funktsionaalsete uuringute käigus mõõdetud uuritavate puhkeoleku SVR ja diastoolne vererõhk (DVR). Puhkeoleku vererõhk mõõdeti sfügmomanomeetrilisel meetodil istuvas asendis (WelchAllyn, USA). Vastavalt juhiste teostati uuritavatele vajadusel koormustest koos elektrokardiograafiaga, kuid antud aspekti käesoleva töö raames ei analüüsita.

3.2.4. Vereanalüüsid

Vereanalüüsid olid võetud SA TÜK ühendlaboris venoossest verest hommikul peale 12-tunnist paastu. Määratud oli hemogramm 5-osalise leukogrammiga (leukotsüüdid, neutrofiilid, erütrotsüüdid, hemoglobiin, hematokrit), elektrolüüdid (kaalium, naatrium, magneesium, fosfaat, ioniseeritud kaltsium), metaboolsed ja hormonaalsed parameetrid: kõrgtundlik C-reaktiivne valk, glükoos, urea, kreatiini kinaas, albumiin, prealbumiin, fT3, vaba türoksiin, kortisool, testosteroon, östradiool, IGF-1, ferritiin ning folaat, vitamiin B12, vitamiin D.

3.2.5. Luudensitomeetriline uuring

DXA oli sooritatud SA TÜK Sisekliinikus Lunar Prodigy Advance aparatuuriga (GE Healthcare Lunar, USA). Uuritav oli uuringu ajal seliliasendis, ülajäsemed kehatüve kõrval. DXA uuringu tulemustest kaasati käesolevasse uurimistöösse sportlaste keha FFM, rasvamass

ja rasvaprotsent. Lisaks, BMC ning BMD näitajad: TBZ-skoor, kogu keha T-skoor (TBT), lülisamba lumbaalosa Z-skoor (LZ) ja T-skoor (LT).

3.2.6. Riski raskusastme määramine vastavalt RED-S CAT mõõdikule

Käesolevas töös jaotati vaatlusalused RED-si skriinimiseks välja töötatud riskihindamisvahendi RED-S CAT (Mountjoy et al., 2015) kriteeriumite alusel kolme rühma: kõrge, mõõduka ja madala riskiga naissportlased.

Sportlane kuulus CAT tingimuste järgi kõrge riskiga rühma, kui tal esines üks või mitu loetletud riskiteguritest:

- anoreksia või muu kliiniliselt diagnoositud söömishäire;
- teised raskekujulised energiadefitsiidiga seotud psüühilised ja/või füsioloogilised seisundid;
- äärmuslikud kehamassi langetamise meetodid, hemodünaamiline ebastabiilsus või muu eluohtlik seisnud;
- olulised südame-veresoonkonna häired ja kõrvalekalded elektrokardiogrammis, sh väljendunud bradükardia.

Sportlane kuulus CAT kriteeriumite alusel mõõduka riskiga rühma, kui tal esines üks või mitu loetletud riskiteguritest:

- DXA või teiste valiidsete meetoditega mõõdetud normväärtusest madalam keha rasvaprotsent;
- oluline kehamassi alanemine, 5-10 % kehamassist ühe kuu jooksul;
- noorsportlase kasvu ja arengu mahajäämus eeldatavast;
- püsiv madal energiasaadavus – alla 30 kcal/kg/FFM kohta päevas;
- endokriinsüsteemihäired, häirunud menstruaalfunktsioon, ebaregulaarne või puuduv menstruaaltsükkel, primaarne amenorröa, üle kolme kuu kestnud sekundaarne amenorröa;
- vähenenud mineraalne luutihedus võrreldes eelneva mõõtmisega või Z-skoor < -1 SD;
- madalast energiasaadavusest ja energiadefitsiidist tingitud vähemalt üks registreeritud stressmurd või skeleti-lihassüsteemi ülekoormusvigastus;
- energiadefitsiidiga või häirunud söömiskäitumisega seotud psüühilised ja/või füsioloogilised seisundid, meeleoluhäire.

Sportlane kuulus CAT kriteeriumite alusel madala riskiga rühma, kui tal esines üks või mitu loetletud kriteeriumitest:

- oluliste häireteta söömiskäitumine;
- adekvaatne energiasaadavus;
- normipärane endokriinsüsteemi talitus;
- optimaalne luutihedus;
- puuduvad skeleti-lihassüsteemi ülekoormusvigastused (Mountjoy et al., 2015).

3.3. Luu tervise näitajate hindamine dünaamikas (osauuring)

Käesoleva uuringu teises etapis oli töö ülesandeks luu tervise näitajate hindamine dünaamikas. Vaatluse alla võeti sportlased, kes olid olnud jälgimisel pikema perioodi vältel ning kellele oli teostatud DXA uuring rohkem kui ühel korral. Kahe DXA uuringu vaheline intervall oli enam kui 12 kuud (Mountjoy et al., 2014). Hinnati järgnevate parameetrite muutust: kehamass, keha rasvaprotsent, rasvamass, FFM, BMD, BMC, TBT-skoor, TBZ-skoor, LT-skoor ja LZ-skoor.

3.4. Andmete statistiline töötlus

Uurimistöö käigus kogutud andmete kirjeldavaks statistikaks kasutati programmi SPSS (versioon 26.0). Uuritud tunnuste osas leiti aritmeetiline keskmine ($\bar{x}$), standardhälve ($\pm SD$) ja sagedus (%). Rühmadevaheliseks võrdluseks kasutati Student'i t-testi ja Hii-ruut testi, tunnustevaheliste seoste leidmiseks Pearsoni ja Kendalli tau-b korrelatsioonikordajat (r). Statistilise olulisuse nivooks võeti $p < 0,05$.

4. TÖÖ TULEMUSED

4.1. Naissportlaste jaotuvus vastavalt suhtelise energiadefitsiidi riski raskusastmele

Toetudes RED-S CAT mõõdiku riskikriteeriumitele, jagunesid sportlased kolme grupi vahel järgnevalt: kõrge riskiga (n=16), mõõduka riskiga (n=20) ja madala riskiga (n=7) naissportlased. Kõrge riskiga rühmas oli 11 naisel tuvastatud söömishäire ning viiel muu raskekujuline RED-si väljendus või füsioloogiline/psüühiline seisund nagu kõrvalekalded elektrokardiogrammis. Mõõduka riskiga rühma sportlasi iseloomustas häirunud söömiskäitumine, korduvad kehamassi manipulatsioonid, skeleti-lihassüsteemi ülekoormusvigastused/stressmurrud ning menstruaaltsükli kõrvalekalded. Madala riskiga grupi sportlastel olulisi kõrvalekaldeid objektiivsete terviseuuringute põhjal ei ilmnenu.

Käesolevas uuringus kuulusid kõrge riskiga rühma laskesuusatajad (n=2), murdmaasuusataja, kergejõustiklased (n=4), võrkpallur, korvpallurid (n=2), ilu- (n=2) ja rühmvõimlejad (n=2), baleriin ja iluuisutaja. Mõõduka riskiga grupi moodustasid orienteerujad (n=2), laskesuusatajad (n=3), kergejõustiklased (n=7), võrkpallur, iluvõimlejad (n=3), baleriin, tennisist, ujuja ja jalgrattur. Madala riskiga rühma kuulusid kergejõustiklased (n=3), sulgpallur, ujuja, orienteeruja ning laskesuusataja.

4.2. Uuritavate keha koostise, kehamassi ja luu tervise näitajad

Tabelis 1 on esitatud andmed kõrge, mõõduka ja madala riskirühma antropomeetriliste näitajate, keha koostise, luu tervise ja kardiovaskulaarsete parameetrite kohta. Kõrge riskiga rühma kuulunute KMI ja kehamassi keskmised näitajad olid statistiliselt oluliselt madalamad võrreldes mõõduka riskiga rühma vastavate näitajatega ($p<0,05$). Kõrge riskiga rühma KMI väärtused varieerusid vahemikus 16,2-23,6 ning mõõduka riskiga rühmas vahemikus 15,4-23,1 kg/m².

Kõrge riskiga rühma sportlaste keha rasvaprotsendi, BMC, LZ-skoori ja TBZ-skoori aritmeetilised keskmised olid statistiliselt oluliselt väiksemad kui madala riskiga vaatlusalustel ($p<0,05$). Mineraalset luutihedust iseloomustavate näitajate väärtused varieerusid suures ulatuses: kõige madalamaks LZ-skooriks registreeriti kõrges riskirühmas -2,4 SD, maksimaalseks näitajaks oli madalas riskirühmas väärtus 4,9 SD. TBZ-skoori miinimumväärtuseks osutus kõrges riskirühmas -1,1 SD ning maksimumväärtuseks mõõdukas riskirühmas 3,6 SD. Madala riskiga vaatlusaluste LZ-skoori keskväärtused olid statistiliselt oluliselt suuremad mõõduka riskirühma keskmistest ($p<0,01$). Käesolevas uuringus ei

ilmnenud statistiliselt usaldusväärseid erinevusi kõrge, mõõduka ja madala riskiga rühma BMD aritmeetiliste keskmiste vahel. Rühmade vastavad parameetrid langesid vahemikku 0,98-1,29 g/cm², 1,13-1,37 g/cm² ja 1,17-1,41 g/cm².

Tabel 1. Vaatlusaluste antropomeetrilised, keha koostise, luu tervise ja kardiovaskulaarsed näitajad (keskmine $\pm$ SD)

	Uuritavad koos (n=43)	Kõrge riskiga rühm (n=16)	Mõõduka riskiga rühm (n=20)	Madala riskiga rühm (n=7)
Vanus (a)	19,7 $\pm$ 5,2	18,7 $\pm$ 4,3	20,8 $\pm$ 5,6	19,9 $\pm$ 4,1
Treeningkoormus (h/ndl)	15,5 $\pm$ 5,8	15,8 $\pm$ 6,5	16,3 $\pm$ 6,0	12,7 $\pm$ 3,1
Pikkus (cm)	170,4 $\pm$ 7,4	168,6 $\pm$ 8,1	171,0 $\pm$ 6,8	173,6 $\pm$ 6,9
Kehamass (kg)	56,6 $\pm$ 8,4	52,6 $\pm$ 9,0	58,5 $\pm$ 7,8*	60,2 $\pm$ 5,8
KMI (kg/m ²)	19,4 $\pm$ 2,0	18,5 $\pm$ 2,4	20,1 $\pm$ 1,7*	20,0 $\pm$ 1,5
Keha rasvaprotsent (%)	18,4 $\pm$ 7,3	15,6 $\pm$ 8,7	19,6 $\pm$ 6,4	21,7 $\pm$ 4,0*
Rasvavaba mass (kg)	44,1 $\pm$ 5,4	41,9 $\pm$ 5,6	45,4 $\pm$ 5,4	45,4 $\pm$ 4,5
Rasvamass (kg)	10,8 $\pm$ 4,9	8,8 $\pm$ 6,0	11,7 $\pm$ 4,1	12,6 $\pm$ 2,5*
BMC (g)	2683 $\pm$ 429	2503 $\pm$ 427	2705 $\pm$ 358	3013 $\pm$ 445*
BMD (g/cm ²)	1,2 $\pm$ 0,1	1,2 $\pm$ 0,1	1,2 $\pm$ 0,1	1,3 $\pm$ 0,1
TBT-skoor (SD)	1,3 $\pm$ 1,0	0,3 $\pm$ 0,3	1,4 $\pm$ 0,8	2,2 $\pm$ 2,1
TBZ-skoor (SD)	1,1 $\pm$ 1,0	0,8 $\pm$ 1,1	1,1 $\pm$ 0,8	2,0 $\pm$ 1,0*
LT-skoor (SD)	1,0 $\pm$ 2,0	-0,7 $\pm$ 0,5	0,8 $\pm$ 1,1	4,9 $\pm$ 0,0
LZ-skoor (SD)	0,8 $\pm$ 1,6	0,4 $\pm$ 1,5	0,5 $\pm$ 1,3	2,6 $\pm$ 1,7* ^{##}
SVR (mmHg)	106,0 $\pm$ 10,1	104,5 $\pm$ 8,8	104,1 $\pm$ 10,4	113,4 $\pm$ 9,4
DVR (mmHg)	64,6 $\pm$ 9,8	64,6 $\pm$ 6,9	61,1 $\pm$ 9,8	72,9 $\pm$ 10,7 [#]
Puhkeoleku SLS (l/min)	57 $\pm$ 13	54 $\pm$ 15	56 $\pm$ 10	64 $\pm$ 16

KMI – kehamassiindeks; BMC – *bone mineral content*, mineraalne luumass ; BMD – *bone mineral density*, mineraalne luutihedus; TBT-skoor – *total body T-score*, kogu keha T-skoor; TBZ-skoor – *total body Z-score*, kogu keha Z-skoor; LT-skoor – *lumbar spine T-score*, lülisamba lumbaalosa T-skoor; LZ-skoor – *lumbar spine Z-score*, lülisamba lumbaalosa Z-skoor; SVR – süstoolne vererõhk; DVR – diastoolne vererõhk; SLS – südame löögisagedus. *p<0,05 statistiliselt oluliselt erinev kõrge riskiga rühmast; #p<0,05; ##p<0,01 statistiliselt oluliselt erinev mõõduka riskiga rühmast

4.3. Uuritavate kardiovaskulaarsed näitajad

Uuringu tulemustest selgus, et mõõduka ja madala riskiga rühma SVR keskmiste näitajate erinevused ei osutunud statistiliselt usutavaks ($p=0,053$), kuid RED-si riski suurenedes esines langustendents SVR väärtuste osas, jäädes madala riskiga grupis vahemikku 104-128 mmHg ning mõõduka riskiga rühmas 86-120 mmHg. Samade gruppide DVR aritmeetiliste keskmiste erinevus oli seejuures statistiliselt oluline ($p<0,05$). Ühegi rühma puhkeoleku SLS keskmiste vahel ei leitud statistiliselt usutavaid erinevusi ($p>0,05$) (tabel 1). Seitsmel kõrge riskiga vaatlusalusel oli puhkeoleku pulsisagedus alla 49 l/min, miinimumväärtusega 38 l/min.

4.4. Uuritavate hematoloogilised, metaboolsed ja hormonaalsed parameetrid

Tabelis 2 on toodud kõrge, mõõduka ja madala riskiga sportlaste vereanalüüsides keskvväärtused koos rühmadevaheliste erinevustega. Leukotsüütide, neutrofiilide, erütrotsüütide, hemoglobiini ja hematokriti keskmiste näitajate erinevused ei olnud statistiliselt olulised ühegi rühma vahel ($p>0,05$). Hemoglobiini ja ferritiini väärtused olid kõikidel uuritavatel normipärased, kuid hemoglobiini tase jäi kahel sportlasel alumise normi juurde. Leukotsüütide tase oli normist madalam kahel vaatlusalusel. Lisaks täheldati kõikide rühmade siseselt normväärtusest madalamat neutrofiilide taset: kõrge, mõõduka ja madala riskiga rühmas vastavalt 13,3%, 15,8% ja 33,3% uuritavatest.

Käesolevas uuringus leiti, et kõrge riskiga sportlaste glükoosi aritmeetilised keskmised väärtused olid statistiliselt oluliselt madalamad ning ferritiini keskvväärtused oluliselt kõrgemad kui mõõduka riskiga rühmal ($p<0,05$). Uurea keskmise taseme näitajad olid kõrge riskiga grupis oluliselt kõrgemad kui madala riskiga vaatlusalustel ($p<0,01$). Kõrge ja mõõduka riskirühma keskmiste erinevus sama parameetri osas ei osutunud statistiliselt usaldusväärseks ($p=0,051$). Kortisooli tasemed olid madala riskiga rühmas madalamad kui kõrge riskiga vaatlusalustel ($p<0,05$). Viiel kõrge riskiga rühma kuulunud ja viiel mõõduka riskirühma sportlasel esines normväärtusest kõrgem kortisooli tase, varieerudes vahemikus 526,6-997,4 nmol/L. Elektrolüütide, sh naatriumi, kaaliumi, magneesiumi ja ioniseeritud kaltsiumi näitajate osas ei esinenud usutavaid gruppidevahelisi erinevusi ($p>0,05$). Vitamiin D tase jäi 16% naissportlastest alla 50 nmol/L kohta, rühmadevahelisi erinevusi ei leitud ka selle parameetri osas.

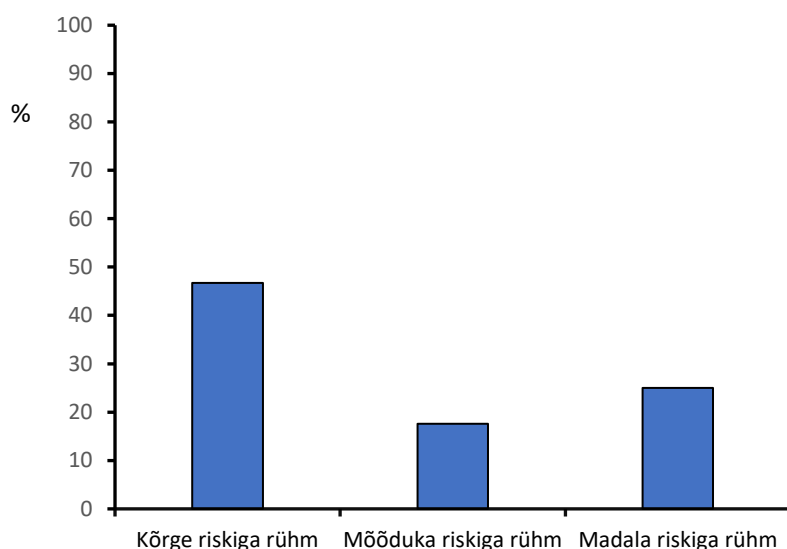
Tabel 2. Vaatlusaluste vereanalüüside tulemused (keskmine $\pm$ SD)

	Uuritavad koos (n=43)	Kõrge riskiga rühm (n=16)	Mõõduka riskiga rühm (n=20)	Madala riskiga rühm (n=7)
Leukotsüüdid ($\times 10^9/L$)	5,3 $\pm$ 1,4	5,1 $\pm$ 0,9	5,3 $\pm$ 1,7	5,7 $\pm$ 1,5
Neutrofiilid ($\times 10^9/L$)	2,8 $\pm$ 1,1	2,7 $\pm$ 0,7	3,0 $\pm$ 1,5	2,9 $\pm$ 1,1
Erütrotsüüdid ($\times 10^9/L$)	4,5 $\pm$ 0,4	4,5 $\pm$ 0,4	4,6 $\pm$ 0,4	4,5 $\pm$ 0,3
Hemoglobiin (g/L)	134,1 $\pm$ 10,3	135,2 $\pm$ 11,1	134,3 $\pm$ 10,8	131,0 $\pm$ 7,0
Hematokritt (%)	40,6 $\pm$ 2,5	40,7 $\pm$ 2,5	40,7 $\pm$ 2,6	40,1 $\pm$ 2,5
K (mmol/L)	4,3 $\pm$ 0,4	4,4 $\pm$ 0,4	4,3 $\pm$ 0,4	4,4 $\pm$ 0,5
Na (mmol/L)	140,7 $\pm$ 2,0	141,1 $\pm$ 2,1	140,3 $\pm$ 2,2	141,0 $\pm$ 1,0
Mg (mmol/L)	0,9 $\pm$ 0,8	0,9 $\pm$ 0,1	0,9 $\pm$ 0,1	0,9 $\pm$ 0,0
P (mmol/L)	1,2 $\pm$ 0,2	1,3 $\pm$ 0,2	1,2 $\pm$ 0,2	1,2 $\pm$ 0,1
iCa (mmol/L)	1,3 $\pm$ 0,2	1,3 $\pm$ 0,3	1,2 $\pm$ 0,1	1,3 $\pm$ 0,0
hsCRV (mg/L)	0,4 $\pm$ 0,4	0,4 $\pm$ 0,6	0,4 $\pm$ 0,2	0,3 $\pm$ 0,1
Gl (mmol/L)	4,6 $\pm$ 0,4	4,4 $\pm$ 0,4	4,8 $\pm$ 0,3*	4,8 $\pm$ 0,1
Uurea (mmol/L)	4,8 $\pm$ 1,5	5,2 $\pm$ 1,7	4,9 $\pm$ 1,4	3,6 $\pm$ 0,5**
CK (U/L)	151,2 $\pm$ 70,4	170,7 $\pm$ 74,8	146,2 $\pm$ 69,5	118,3 $\pm$ 55,2
Albumiin (g/L)	47,6 $\pm$ 2,7	47,5 $\pm$ 3,1	47,7 $\pm$ 2,6	47,4 $\pm$ 2,4
Prealbumiin (g/L)	0,27 $\pm$ 0,04	0,27 $\pm$ 0,01	0,27 $\pm$ 0,03	0,25 $\pm$ 0,01
fT3 (pmol/L)	4,2 $\pm$ 1,0	3,9 $\pm$ 1,1	4,5 $\pm$ 0,7	4,6 $\pm$ 1,1
fT4 (pmol/L)	14,4 $\pm$ 2,3	14,0 $\pm$ 1,6	14,4 $\pm$ 2,4	15,5 $\pm$ 4,2
Kortisool (nmol/L)	477,4 $\pm$ 188,7	606,0 $\pm$ 184,5	441,1 $\pm$ 168,2	320,1 $\pm$ 74,3*
Testosteroon (nmol/L)	0,9 $\pm$ 0,4	0,9 $\pm$ 0,3	0,9 $\pm$ 0,5	0,9 $\pm$ 0,3
Östradiool (nmol/L)	307,3 $\pm$ 459,3	84,5 $\pm$ 63,3	357,0 $\pm$ 482,6*	789,3 $\pm$ 698,0
IGF-1 (ng/mL)	194,7 $\pm$ 80,7	175,3 $\pm$ 87,5	226,7 $\pm$ 74,5	222,4 $\pm$ 0,0
Ferritiin (μ g/L)	58,7 $\pm$ 52,3	79,9 $\pm$ 67,9	41,5 $\pm$ 21,1*	57,0 $\pm$ 60,7
Folaat (nmol/L)	25,5 $\pm$ 11,9	23,6 $\pm$ 10,2	27,6 $\pm$ 14,0	24,7 $\pm$ 11,0
Vitamiin B12 (pmol/L)	473,4 $\pm$ 183,3	459,2 $\pm$ 209,5	504,1 $\pm$ 170,1	422,8 $\pm$ 156,0
Vitamiin D (nmol/L)	85,7 $\pm$ 44,2	90,5 $\pm$ 58,8	85,0 $\pm$ 34,0	80,1 $\pm$ 37,3

K – kaalium; Na – naatrium; Mg – magneesium; P – fosfaat; iCa – ioniseeritud kaltsium; hsCRV – kõrgtundlik C-reaktiivne valk; Gl- glükoos; CK – kreatiini kinaas; fT3 – vaba trijoodtüroniin; fT4 – vaba türoksiin; IGF-1 – insuliinisarnane kasvufaktor-1; *p<0,05; **p<0,01 statistiliselt oluliselt erinev kõrge riskiga rühmast

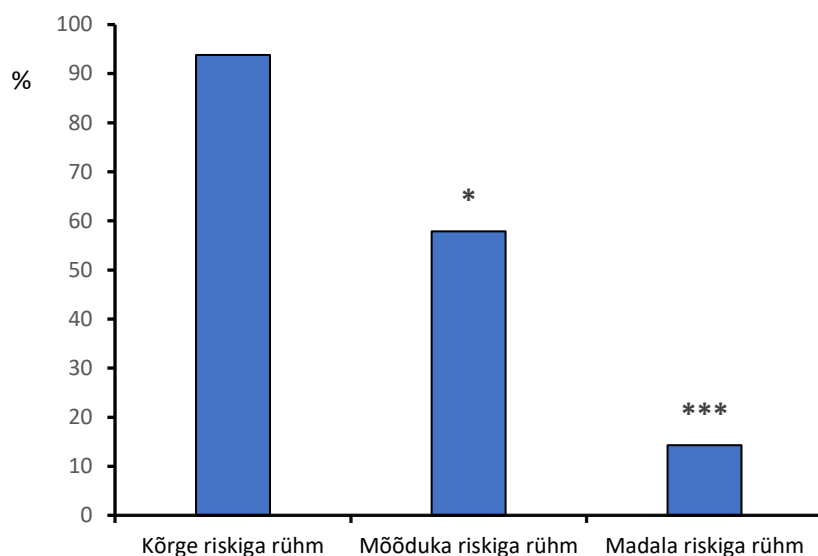
Suguhormoonide osas erines kõige ulatuslikumalt kolme grupi sportlaste östradioli kontsentratsioon. Östradioli keskmised näitajad olid kõrge riskiga rühmas statistiliselt oluliselt madalamad kui mõõduka riskiga grupis ($p<0,05$). Kahel naissportlasel oli nimetatud suguhormooni tase alumise referentsväärtuse juures. Teiste vereanalüüside tulemuste, sh testosterooni, vaba türoksiini (fT4) ja IGF-1 keskmiste väärtuste osas ei ilmnenud käesolevas uuringus rühmadevahelisi statistiliselt olulisi erinevusi ($p>0,05$) (tabel 2). Viiel vaatlusalusel tuvastati referentsväärtusest madalam fT4 tase ning ühel juhul oli testosterooni tase alla normväärtuse.

Kõrge riskiga rühmas esines peaaegu pooltel uuritavatest referentsväärtusest madalam fT3 tase (joonis 2), kuigi rühmadevahelised keskmised näitajad ei osutunud selles osas statistiliselt usaldusväärseks ($p>0,05$) (tabel 2). Käesolevas uuringus jäi koguvalemis fT3 tase alla normipiiride 26% sportlastest.



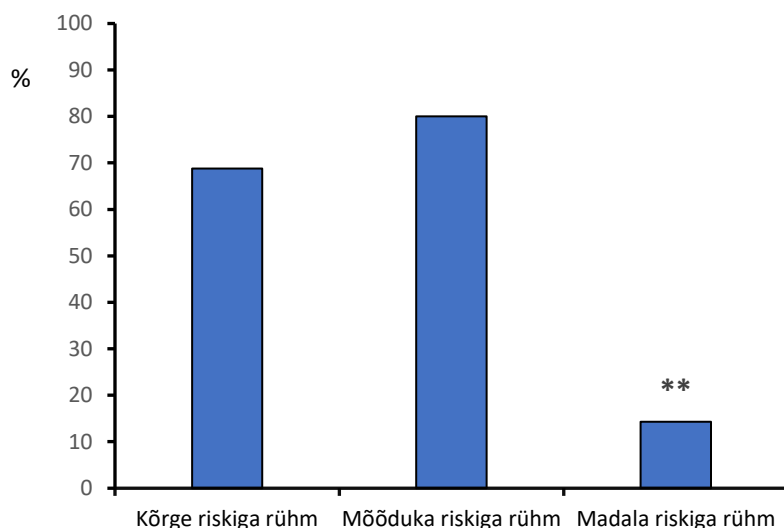
Joonis 2. Normväärtusest madalam vaba trijoodtüroniini (fT3) tase kõrge, mõõduka ja madala riskiga rühmas (%)

Uuringust selgus, et kõigis riskirühmades (koguvalemist 63%) esines endokriinsüsteemi- ja menstruaalfunktsiooni häireid, väljendudes menstruaaltsükli ebaregulaarsusena või selle puudumisena. Kõrge riskiga rühmas esines 15 naisel oligomenorröa või amenorröa. Mõõduka riskiga grupis oli probleem kirjeldatud 11 ja madala riskiga grupis ühel sportlasel. Leiti, et oligo-/ amenorröa esinemissagedus oli kõrge riskirühma sportlaste seas statistiliselt oluliselt suurem võrreldes mõõduka riskirühma ($p<0,05$) ning madala riskirühma ($p<0,001$) uuritavatega (joonis 3).



Joonis 3. Amenorröa ja oligomenorröa esinemine kõrge, mõõduka ja madala riskiga rühmas (%). * $p < 0,05$; *** $p < 0,001$ statistiliselt oluliselt erinev kõrge riskiga rühmast

Käesolevas uuringus oli mõõduka riskiga vaatlusalustel skeleti-lihassüsteemi ülekoormusvigastuse või stressmuru esinemissagedus statistiliselt oluliselt suurem kui madala riskiga rühmal ($p < 0,01$) (joonis 4). Koguvalmis registreeriti 65% naissportlastest vähemalt üks ülekoormusvigastus.



Joonis 4. Stressmuru/ skeleti-lihassüsteemi ülekoormusvigastuse esinemine kõrge, mõõduka ja madala riskiga rühmas (%). ** $p < 0,01$ statistiliselt oluliselt erinev mõõduka riskiga rühmast

4.5. Uuritavate keha koostise, kardiovaskulaarsete, hematoloogiliste, metaboolsete ja hormonaalsete ning luu tervise näitajate vahelised seosed

Uuringutulemustest selgus, et madala energiasaadavusega naissportlaste kogu keha ja lülisamba lumbaalpiirkonna luutiheduse parameetrid korreleerusid statistiliselt oluliselt keha koostise näitajatega, kardiovaskulaarsete ja hormonaalsete markeritega.

Statistiliselt usaldusväärsed korrelatsioonid ilmnesisid vaatlusaluste BMC ja KMI ($r=0,370$; $p<0,05$), kehamassi ($r=0,746$; $p<0,01$) ning rasvamassi ($r=0,353$; $p<0,05$) vahel. Kehamass seostus luutiheduse näitajatest statistiliselt oluliselt BMD-ga ($r=0,591$; $p<0,01$), LZ-skooriga ($r=0,360$; $p<0,05$) ja TBZ-skooriga ($r=0,649$; $p<0,01$). Käesolevalt ei esinenud statistiliselt olulisi korrelatsioone uuritavate BMD ja rasvamassi ega -protsendi vahel ($p>0,05$). Uuritavate KMI ja LZ-skoori korrelatsioon ei osutunud usaldusväärseks ($p>0,05$), kuid statistiliselt oluline seos leiti TBZ-skooriga ($r=0,378$; $p<0,05$).

Korrelatsioonanalüüs näitas, et RED-si riskirühma kuuluvate sportlaste keha koostise näitajad seostusid statistiliselt usaldusväärselt hormonaalsete markeritega. Kilpnäärme hormooni fT3 parameetrid korreleerusid statistiliselt usutavalt rasvamassiga ($r=0,548$) ja rasvaprotsendiga ($r=0,542$) ($p<0,01$).

Tabelis 3 on esitatud skeleti-lihassüsteemi ülekoormusvigastuste ja menstruaaltsükli häirete esinemise korrelatiivsed seosed vaatlusaluste luu tervise, kardiovaskulaarsete ja hormonaalsete näitajatega. Korrelatsioonanalüüsist selgus, et oligo-/ amenorröa väljendumine oli statistiliselt olulises negatiivses seoses kehamassi, keha rasvaprotsendi ja rasvamassi näitajatega ($p<0,05$). Madalamate rasvkoe osakaalu iseloomustavate parameetrite korral oli risk menstruaaltsükli häirete avaldumiseks suurem. Lisaks seostus oligo-/ amenorröa esinemine pöördvõrdeliselt luumassi- ja -tiheduse parameetritega (BMC, BMD, TBZ-skoor, LZ-skoor) ($p<0,05$).

Uuringutulemused näitasid, et menstruaalfunktsiooni häirumine korreleerus negatiivselt kardiovaskulaarsete parameetritega: menstruaaltsükli ebaregulaarsuse või selle puudumise korral täheldati vaatlusalusel statistiliselt oluliselt madalamat süstoolset ($r=-0,336$) ja diastoolset vererõhku ($r=-0,307$) ning puhkeoleku SLS-i ($r=-0,308$) ($p<0,05$). Negatiivsed korrelatsioonid tulid samuti esile hormonaalsete markeritega nagu fT3 ($p<0,01$), fT4 ($p<0,05$) ja östradiool ($p<0,01$) (tabel 3).

Ootuspäraselt esines naissportlastel skeleti-lihassüsteemi ülekoormusvigastusi/ stressmurde oluliselt suurema tõenäosusega madalamate luumassi ja -tiheduse näitajate (BMC, BMD, TBZ-skoor) korral ($p<0,01$) (tabel 3).

Tabel 3. Menstruaalfunktsiooni häirete ja skeleti-lihassüsteemi ülekoormusvigastuste/stressmurdude korrelatiivsed seosed keha koostise, luu tervise, kardiovaskulaarsete ja hormonaalsete parameetritega uuringusse kaasatud sportlastel (n=43)

	Amenorröa/ oligomenorröa	Stressmurd/ ülekoormusvigastus
Treeningkoormus (h/ndl)	0,036	0,115
Kehamass (kg)	-0,294*	-0,187
KMI (kg/m ²)	-0,212	0,054
Keha rasvaprotsent (%)	-0,363*	0,040
Rasvavaba mass (kg)	-0,145	-0,039
Rasvamass (kg)	-0,350*	-0,152
BMC (g)	-0,279*	-0,355**
BMD (g/cm ²)	-0,366*	-0,365**
TBT-skoor (SD)	-0,229	-0,202
TBZ-skoor (SD)	-0,350*	-0,366**
LT-skoor (SD)	-0,756	-0,548
LZ-skoor (SD)	-0,478*	-0,270
SVR (mmHg)	-0,336*	-0,174
DVR (mmHg)	-0,307*	-0,158
Puhkeoleku SLS (l/min)	-0,308*	0,115
fT3 (nmol/L)	-0,431**	-0,007
fT4 (nmol/L)	-0,277*	-0,224
Östradiool (nmol/L)	-0,505**	0,033

KMI – kehamassiindeks; BMC – *bone mineral content*, mineraalne luumass ; BMD – *bone mineral density*, mineraalne luutihedus; TBT-skoor – *total body T-score*, kogu keha T-skoor; TBZ-skoor – *total body Z-score*, kogu keha Z-skoor; LT-skoor – *lumbar spine T-score*, lülisamba lumbaalosa T-skoor; LZ-skoor – *lumbar spine Z-score*, lülisamba lumbaalosa Z-skoor; SVR – süstoolne vererõhk; DVR – diastoolne vererõhk; SLS – südame löögisagedus. *p<0,05; **p<0,01

4.6. Uuritavate luu tervise näitajad dünaamikas (osauuring)

Tabelis 4 on toodud luu tervist peegeldavate näitajate muutused naissportlastel, kellele oli teostatud DXA enam kui ühel korral. Kuuel vaatlusalusel oli DXA sooritatud kahel korral ning neljal sportlasel kolmel korral, 12- kuulise intervalliga. Kuuest sportlasest neli kuulusid mõõduka riskiga rühma ning kaks uuritavat kõrge riskiga rühma. Dünaamikas ilmnes negatiivne trend nii TBZ- kui ka LZ-skoori väärtuste osas. TBZ-skoori miinimumiks osutus esimesel uuringul vastavalt -1, kolmandal mõõtmisel -1,7 SD. LZ-skoori keskväärtused vähenesid -0,3-st kuni -1,4-ni (SD). Teiste keha koostise, luumassi ja -tiheduse näitajate osas esines küll varieeruvust, kuid dünaamikas ei täheldatud selget seaduspära.

Vaatlusaluste Z-skooride vähenemisest hoolimata ei olnud võimalik mõõduka riskiga sportlasi RED-S CAT hindamisvormi alusel paigutada kõrge riskiga tsooni.

Tabel 4. Luu tervist peegeldavad näitajad dünaamikas RED-s-iga naissportlastel. Intervall DXA uuringute vahel minimaalselt 12 kuud [keskmine $\pm$ SD (min; max)]

	I DXA (n=6)	II DXA (n=6)	III DXA (n=4)
Vanus (a)	24,2 $\pm$ 6,2 (min 14; max 29)	26,5 $\pm$ 6,9 (min 15; max 31)	28,3 $\pm$ 8,2 (min 16; max 33)
Kehamass (kg)	51,1 $\pm$ 7,4 (min 39,7; max 61)	52,6 $\pm$ 5,4 (min 44,9; max 60)	55,3 $\pm$ 3,2 (min 52,2; max 58,2)
Keha rasvaprotsent (%)	18,0 $\pm$ 7,5 (min 16,1; max 20,7)	17,4 $\pm$ 6,1 (min 5,4; max 22,6)	18,0 $\pm$ 7,5 (min 7; max 22,7)
Rasvavaba mass (kg)	40,8 $\pm$ 8,1 (min 29,5; max 52,6)	41,3 $\pm$ 7,8 (min 32,3; max 53,5)	41,6 $\pm$ 8,3 (min 35,8; max 53,8)
Rasvamass (kg)	7,7 $\pm$ 2,8 (min 2,4; max 11,1)	8,8 $\pm$ 2,9 (min 3,1; max 10,9)	9,1 $\pm$ 3,4 (min 4,1; max 11,6)
BMC (g)	2255 $\pm$ 552 (min 1421; max 2949)	2329 $\pm$ 458 (min 1617; max 2954)	2188 $\pm$ 461 (min 1541; max 2604)
BMD (g/cm ²)	1,1 $\pm$ 0,1 (min 0,95; max 1,26)	1,1 $\pm$ 0,1 (min 0,98; max 1,26)	1,1 $\pm$ 0,1 (min 0,99; max 1,24)
TBT-skoor (SD) ^a	0,1 $\pm$ 0,4 (min -0,3; max 0,6)	0,8 $\pm$ 0,7 (min 0; max 1,7)	0,6 $\pm$ 1,1 (min -0,5; max 1,6)
TBZ-skoor (SD)	0,2 $\pm$ 1,1 (min -1; max 2,3)	0,4 $\pm$ 1,0 (min -1,1; max 1,7)	-0,1 $\pm$ 1,3 (min -1,7; max 1,3)
LT-skoor (SD)	– ^ß	-0,7 $\pm$ 0,5 (min -1; max -0,3)	-1,2 (min -1,2; max -1,2)
LZ-skoor (SD)	-0,3 (min -0,3; max -0,3)	-0,7 $\pm$ 0,5 (min -1; max -0,3)	-1,4 $\pm$ 0,3 (min -1,6; max -1,2)

DXA – *dual-energy x-ray absorptiometry*, luudensitomeetria; BMC – *bone mineral content*, mineraalne luumass ; BMD – *bone mineral density*, mineraalne luutihedus; TB – *total body*, kogu keha; L – *lumbar spine*, lülisamba lumbaalos. ^a ei määrata $\leq$ 18-aastatel; ^ß ei ole määratud

5. ARUTELU

Magistritöö eesmärgiks oli välja selgitada seosed keha koostise, luu tervise, kardiovaskulaarsete, hematoloogiliste, metaboolsete ning hormonaalsete näitajate vahel suhtelise energiadefitsiidi (RED-si) riskirühma kuuluvatel naissportlastel (n=43). Lisaks hinnati kuue vaatlusaluse luu tervist peegeldavate näitajate muutusi dünaamikas DXA korduvuuringute tulemuste põhjal.

LEA lühi- ja pikaajalist mõju sportlaste organsüsteemidele on uuritud eeskätt esteetiliste- ja vastupidavusalade sportlaste hulgas (Hutson et al., 2021; Melin et al., 2015; Sundgot-Borgen & Torstveit, 2004; Taguchi et al., 2020). Eestis on eelnevalt uuritud häirunud söömiskäitumise levimust sportlaste (Remes, 2010; Tjurina, 2017) ja treenerite (Parm, 2007) seas, kuid püsib vajadus uuringute järele, mis seostaks häirunud söömiskäitumist terviklikuks probleemikäsitluseks RED-siga, mille temaatika on teaduskirjanduses viimase seitsme aasta jooksul üha aktuaalsemaks muutunud. Energiadefitsiidi ja organsüsteemide häirete vaheliste seoste tuvastamine on tähtis, ennetamaks tõsisemaid tagajärgi sportlaste tervisele ning enneaegset sportlaskarjääri lõpetamist.

5.1. Vaatlusaluste rühmadesse jaotuvus suhtelise energiadefitsiidi riski raskusastme alusel

Naissportlaste rühmitamisest vastavalt RED-si riski raskusastmele ja CAT hindamisvormi kriteeriumitele selgus, et enim sportlastest klassifitseerus mõõduka riskiga rühma, mis võib olla põhjustatud asjaolust, et mõõduka riskiga tsooni spekter on väga lai ning hõlmab paljusid RED-si komponente. Uuringutulemused näitasid, et kõrge riskiga rühma kuulumise peamiseks põhjuseks oli väljakujunenud söömishäire esinemine, mis on väga tõsise prognoosiga terviseprobleem. Siit ilmneb aga tõsiasi, et CAT mõõdiku alusel paigutuvad söömishäiretega sportlased kõrge riskiga tsooni (Mountjoy et al., 2015), arvestamata, et teistes hinnatavates tegurites või füsioloogilistest protsessides ei pruugi vaatlusalusel nii raskekujulisi kõrvalekaldeid olla. Madala riskiga gruppi jäid naised, kes olid suunatud uuringutele peamiselt menstruaaltsükli häirete tõttu või häirunud söömiskäitumise kahtlusega, kuid kellel siiski ei esinenud terviseuuringute ega DXA põhjal tõsiseid RED-si tagajärgi. RED-S CAT mõõdiku praktilise kasutuse üle on arutletud alljärgnevas alapeatükis 5.7.

5.2. Vaatlusaluste keha koostise, kehamassi ja luu tervise näitajad

Käesoleva uuringu tulemustest selgus, et KMI keskmised väärtused jäid kõrge riskiga rühmas madalamaks kui mõõduka riskiga grupis. Kuigi teaduskirjanduses ei peeta LEA tuvastamisel madalat KMI-d piisavalt täpseks näitajaks, on leitud, et $KMI \leq 17,5 \text{ kg/m}^2$ või $<85\%$ eeldatavast kehamassist ning ulatuslik kehamassi alandamine ($\geq 10\%$ ühe kuu jooksul) on piisavalt tundlikud kriteeriumid, mis aitavad RED-si tuvastada (Mountjoy et al., 2018).

Sarnaselt KMI-ga olid kõrge RED-si riskiga naissportlaste keha rasvaprotsent ja rasvamass statistiliselt oluliselt madalamad kui madala riskiga uuritavatel. LEA-ga sportlaste madalat keha rasvaprotsenti on ka varasemalt teadusuuringutes täheldatud (Elliott- Sale et al., 2018; Keay et al., 2018). Keay kaaslastega (2018) viis läbi uuringu 50 jalgratturi seas. Eelnimetatud uuritavate hulgas oli levinud veendumus, et sportlik saavutusvõime on parem madala rasvamassi korral (Keay et al., 2018), mis võib ühtida käesoleva uuringu vaatlusaluste uskumustega, kuna on teada, et sportlased manipuleerisid oma kehamassiga ühel või teisel viisil.

Mitmete allikate (Barrack et al., 2014; Mountjoy et al., 2018; Thralls et al., 2016) kinnitusel on nii KMI kui ka kehamassi väärtuste langus usutavas seoses BMD näitajate halvenemisega. Käesolevas uuringus ei ilmnenu BMD keskmiste osas rühmadevahelisi statistiliselt usaldusväärseid erinevusi, mis võib osaliselt olla tingitud väikesest valimi suurusest. Tasub aga mainimist, et mida kõrgem oli RED-si risk, seda madalam oli rühmasisene BMD miinimumväärtus. Kõrge riskiga grupis olid nii BMC kui ka luutihedust iseloomustavate näitajate – TBZ- ja LZ-skooride keskäärtused statistiliselt oluliselt madalamad võrreldes madala riskirühma tulemustega, demonstreerides energiadefitsiidi riski kõrgenedes luumassi ja -tiheduse näitajate negatiivset trendi. Antud tulemust võib pidada ootuspäraseks, teades, et kõrgesse riskirühma kuulusid sportlased, kellel oli LEA-ga seonduv oluline häire või füsioloogiline seisund juba tuvastatud. Sportlaste populatsioonis tähistab Z-skoor < -1 SD luu mineraalse tiheduse vähenemist ja osteopeeniat ning < -2 SD juba osteoporootilisi muutusi (Mountjoy et al., 2014). Luukoe uuenemine on luu terviklikkuse säilitamiseks vajalik füsioloogiline protsess (Pollock et al., 2010). On leitud, et eelnimetatud häirete korral domineerivad luukoe resorptsiooniprotsessid uuenemise üle, mille tulemusel väheneb luu mineraalne tihedus ja -mass ning tõuseb stressmurdude tekkerisk (Barrack et al., 2014; Cosman et al., 2014; Mountjoy et al., 2014). Käesolevas uuringus madalaimaks TBZ-skooriks mõõdetud tulemus $-1,1$ ning minimaalne LZ-skoor $-2,4$ SD annavad seega tunnistust luukoe mineralisatsioonihäirete esinemisest kõrge ja mõõduka riskiga naissportlaste seas.

Antud uuringu tulemused ühtivad Papageorgiou jt (2018a) uurimusega. Töö autorid tõdesid, et pikaajaline LEA koos häirunud söömiskäitumisega avaldab luu uuenemisprotsessile negatiivset mõju, soodustades pikema perioodi vältel luumassi kadu (Papageorgiou et al., 2018; Taguchi et al., 2020). Eelnevat silmas pidades tuleb rõhutada, et raskekujulisemad energiadefitsiidi tagajärjed luukoele avalduvad pikema perioodi ehk aastate jooksul. Sellest järelduvalt on LEA-st hoidumine tähtis igas eluperioodis, kuid eriti nooruki- ja varases täiskasvanueas (Ackerman et al., 2012a), kus saavutatakse luu tippmass (Hutson et al. 2021; Pollock et al., 2010). Luu tippmass sõltub suuresti geneetilisest, aga ka teistest teguritest nagu energiasaadavusest, hormonaalsest staatusest, kehalisest aktiivsusest ja üldtervislikust seisundist kasvuperioodi vältel (Ackerman et al., 2012a; Pollock et al., 2010). Noores eas saavutatud kõrge luumass vähendab hilisemas vanuses osteoporoosi ja luumurdude tekkeriski, mis kinnitab optimaalse energiasaadavuse tähtsust (Ackerman et al., 2012a). Probleemide õigeaegseks tuvastamiseks ja energiadefitsiidi riskitegurite hindamiseks rõhutatakse regulaarsete tervisuuringute vajadust ja RED-si korrapärase skriinimise tähtsust (Keay et al., 2018; Mountjoy et al., 2014, 2018).

Varasemast on teada, et adekvaatselt doseeritud kehaline koormus omab soodsat mõju luukoe ainevahetusele, mineraalsele tihedusele ja mikroarhitektuuri muutustele (Papageorgiou et al., 2018a). Kõrgemat luutihedust on täheldatud eriti nendel spordialadel, kus rakendatakse mitmekülgset koormust ja erisuunalist liikumist. Samaväärset osteogeenset efekti ei ole kirjeldatud spordialade puhul, kus koormus on ühekülgne ja korduva iseloomuga nagu pikamaajooksus, ujumises või jalgrattaspordis (Ackerman et al., 2012a; Melin et al., 2014; Papageorgiou et al., 2018a; Scofield & Hecht, 2012; Taguchi et al., 2020; Viner et al., 2015). Käesoleva magistritöö valimisse kuulusid väga erinevate spordialade esindajad ning antud töö raames pole treeningu iseloomu ja luu tervise näitajate vahelisi seoseid uuritud.

5.3. Vaatlususte kardiovaskulaarsed näitajad

Teadusuuringud on tõendanud, et häirunud söömiskäitumise ja LEA tagajärjel võivad sportlastel esineda muuhulgas südame-veresoonkonna häired – sagedamini hüpotensioon, kõrvalekalded elektrokardiogrammis nagu repolarisatsioonihäired, arütmiaid ning bradükardia (Melin et al., 2014; Mountjoy et al., 2014, 2018; Sardar et al., 2015). Pikaajaliselt püsiv energiadefitsiit võib põhjustada endoteeli düsfunktsiooni ning suurendada ateroskleroosi riski (Mountjoy et al., 2018). Kuigi on teada, et madalat puhkeoleku SLS-i peetakse vastupidavusliku komponendiga spordialade esindajate populatsioonis füsioloogiliseks

adaptatsiooniks, tuleks RED-si riskigrupi kardiovaskulaarseid näitajaid jälgida dünaamikas, et tuvastada normist kõrvalekaldeid ning teha vajadusel lisauuringud (Mägi et al., 2018).

Sardar jt (2015) poolt avaldatud juhtuuringus tuvastati täpsustamata söömishäirega noorsportlasel bradükardia ja madalad vererõhunäitajad, mille väärtused olid kolm aastat varasemal visiidil oluliselt kõrgemad. Uuringutulemustest selgus, et naissportlase kehamass oli viimase seitsme kuu jooksul tugevalt alanenud ning hemodünaamiliste muutuste puhul polnud tegemist organismi adaptatiivse vastusega kehalisele koormusele, vaid äärmusliku LEA väljendusega (Sardar et al., 2015).

Käesolevas magistritöös ei esinenud puhkeoleku SLS-i ega SVR-i keskvaartuste osas rühmadevahelisi statistiliselt olulisi erinevusi. Siiski, sarnaselt eelpoolmainitud juhtuuringu tulemustega esinesid kõrge RED-si riskiga sportlastel madalad puhkeoleku SLS-i väärtused (<49 l/min), mis mitmel juhul olid varasemalt teostatud tervisekontrolli tulemusega võrreldes drastiliselt langenud. Sellele tuginedes on oluline eristada, kas SLS-i, SVR-i ja DVR-i parameetrid on üksikindiviidi jaoks normipärases vahemikus või on tegemist RED-sist tingitud kõrvalekalletega kardiovaskulaarsüsteemis.

5.4. Vaatlususte hematoloogilised, metaboolsed ja hormonaalsed näitajad

Teaduskirjanduses on energiadefitsiidi avaldustena täheldatud immuunsüsteemi häireid, aneemiat ja leukopeeniat (De Filippo et al., 2016; Mountjoy et al., 2018). Antud uuringus ei tuvastatud ühelgi sportlasel hemogrammi alusel rauavaegusaneemiat. Kahel uuritava oli hemoglobiini tase normi alumisel piiril, kuid rauadepoosid peegeldava ferritiini näitajad jäid referentsväärtuste piiridesse. Siinkohal tuleb aga arvestada, et sportlaste seas on levinud praktikaks rauda sisaldavate toidulisandite tarvitamine, millega tuleb arvestada ka antud riskirühma puhul. Kahel vaatlusalusel madala ja mõõduka riskiga grupist esines leukotsüütide normist madalam tase. Lisaks registreeriti kõikides rühmades neutrofiilide normväärtusest madalam tase. Üllatuslikult esines seda kõige sagedamini madala RED-si riskiga sportlastel (ligikaudu kolmandikul uuritavatest). Neutropeeniat esinemist anoreksia korral on uurinud De Filippo kaaslastega (2016), kelle töö tulemustest selgus, et vere valgeliblede ja neutrofiilide taseme alanemine on energiadefitsiidile väga iseloomulik ning selle mõjul võib organismi vastupanuvõime infektsioonide suhtes nõrgeneda.

On näidatud, et energiadefitsiidi tagajärjel esinevad kõrvalekaldeid hüpotalamo-hüpofüsaar süsteemis, mis reguleerib endokriinsüsteemi talitlust ning mille häirumise korral väheneb mitmete hormoonide sekretsioon (Hutson et al., 2020; Melin et al., 2014; Mountjoy et

al., 2018). Nii kõrges, mõõdukas ja madalas RED-si riskirühmas oli vaatlusalustel normist madalam fT3 tase. Antud leid ühtib Papageorgiou jt (2018b) ning Elliott-Sale jt (2018) uurimustega, kus LEA esinemisel täheldati endokriinsüsteemi talitlushäireid ning langenud kilpnäärme- ja suguhormoonide sekretsiooni. Lisaks madalale fT3-le on LEA-ga sportlastel märgatud luteiniseeriva ja folliikuleid stimuleeriva hormooni pulsatsiooni langust, hüpogonadismi ning hüpoöstrogeneemiat (Logue et al., 2020; Mountjoy et al., 2018). Menstruaaltsükli häirumisel võib naissportlastel loetletud kõrvalekalletest tulenevalt kujuneda sekundaarne amenorröa, tuntud ka kui funktsionaalne hüpotalaamiline amenorröa (Gordon et al., 2017). Meie uuringus oli tsükli häirumine tuvastatud 63% naistest. Eelpoolnimetatud muutusi võib pidada ootuspäraseks, kuna reproduktiivse funktsiooni pärssumine on seotud organismi adapteerumisega energiadefitsiidi tingimustes (Elliott-Sale et al., 2018). Menstruaalfunktsiooni kõrvalekalded tulid naissportlastel esile ka käesolevas töös, kus kõrge RED-si riskiga rühmas ilmnemad madala riskirühmaga võrreldes statistiliselt oluliselt madalamad östradioli keskvaartused, vastavalt $84,5 \pm 63,3$ nmol/L ja $789,3 \pm 698,0$ nmol/L. Östradioli tulemuste interpreteerimisel tuleb aga arvestada tsükli faasiga, mida ei saanud menstruaaltsükli häirete (oligo- ja amenorröa) korral teha, kuna tsükkel oli kas teadmata või puudus.

Käesolevas uurimuses registreeriti kõrge RED-si riskiga sportlastel kõrgenenud kortisooli tase, mis on energiadefitsiidi tingimustes samuti levinud ja toetab varasemaid uuringutulemusi (Elliott-Sale et al., 2018).

5.5. Menstruaalfunktsiooni häirete ja stressmurdude seosed hinnatavate parameetritega (keha koostis, kardiovaskulaarsed, hematoloogilised, metaboolsed, hormonaalsed ja luu tervise näitajad)

Korrelatsioonanalüüsist selgus, et RED-si riskirühma kuulunud naissportlaste mineraalse luumassi näitajad korreleerusid statistiliselt oluliselt kehamassi ($p < 0,01$), KMI ja rasvamassi ($p < 0,05$) näitajatega. Vaatlusaluste BMD oli usaldusväärses korrelatiivses seoses kehamassiga ($p < 0,01$), kuid mitte keha rasvaprotsendi ning rasvamassiga, mis ei ühti Ackerman jt (2012b) tööga, kus kõnealuste näitajate vahel leiti positiivne korrelatsioon. Nimetatud töö väärleb tähelepanu, kuna uuringutulemustest selgus oluline seos noorsportlaste östradioli taseme ja BMD vahel ning autorid leidsid, et ka meessportlaste BMD peegeldamisel osutus östradioli taseme hindamine täpsemaks kui testosterooni taseme määramine (Ackerman et al., 2012b).

Käesolevas uuringus tasub esile tõsta negatiivseid korrelatiivseid seoseid oligo-/amenorröa esinemise ja BMC, BMD, TBZ- ja LZ- skoori parameetrite vahel. Võib oletada, et vaatlusaluste madal mineraalne luutihedus oli indutseeritud östrogeeni defitsiidist, seega kinnitavad meie uuringu tulemused teaduskirjanduses laialt käsitletud naissportlaste triaadi komponentide omavahelisi seoseid LEA, menstruaalfunktsiooni häirete ja madala luutiheduse vahel (Barrack et al., 2014; Mountjoy et al., 2014, 2018; Pollock et al., 2010). Amenorröaga sportlastel on suurem stressmurdude risk ning nad viibivad vigastuste tõttu pikemalt spordist eemal kui normipärase tsükliga eakaaslased (Hutson et al., 2020). LEA võib väljenduda nii koos häirunud söömiskäitumisega kui ka ilma häirunud söömiskäitumiseta (Mountjoy et al., 2018). Meie uuringus kuulusid valimisse sportlased, kellel oli tuvastatud häirunud toitumismuster ja energiatarbimise defitsiit.

Käesoleva magistritöö üheks oluliseks tulemuseks võib pidada seda, et esinesid statsiliselt olulised negatiivsed seosed oligo-/amenorröa esinemise ja kardiovaskulaarsete parameetrite (SVR, DVR, puhkeoleku SLS) vahel. Energiadefitsiidi täpsem mõju sportlaste südame-veresoonkonnale vajab kindlasti edasisi uuringuid, kuna on selgunud, et amenorröa on kardiovaskulaarsüsteemi kõrvalekallete ning koronaarhaiguse oluliseks riskiteguriks. Gordon kaasautoritega (2017) tõdes, et võrreldes kontrollgrupiga oli madala östradiooli tasemega naistel suurem risk koronaarhaiguse kujunemiseks. Lisaks selgus Olivares jt (2005) uurimuse tulemustest, et anoreksia diagnoosiga noortel esines energiadefitsiidi korral muutusi nii südame talitluses kui ka struktuuris. Oluline on märkida, et kehakaalu tõusuga kaasnes kardiovaskulaarsete näitajate normaliseerumine (Olivares et al., 2005). Selle põhjal saab järeldada, et anoreksia probleemiga patsientidel esineb kardiovaskulaarsüsteemi kõrvalekaldeid nii madala energiatarbimise tagajärjel kui ka madala suguhormoonide taseme korral.

Korrelatsioonanalüüsist leitud seosed stressmurdude/skeleti-lihassüsteemi ülekoormusvigastuste ja BMD, BMC ning TBZ-väärtuste vahel olid antud töös ootuspärased, kuna varasemast on teada, et vähenenud mineraalse luutiheduse ja luumassi korral kasvab oluliselt luu terviklikkuse katkemise risk (Cosman et al., 2014).

5.6. Luu tervise näitajad dünaamikas (osauuring)

Käesolevas magistritöös seati ala-eesmärgiks analüüsida naissportlaste luu tervise näitajaid pikema perioodi vältel, kus seda oli võimalik teha DXA korduvuurigute põhjal (jälgimise periood varieerus ühest kuni nelja aastani). Vastavad andmed saadi kuue uuritava kohta, seega polnud vaatlusaluste arv suur, kuid luutihedust iseloomustavate näitajate põhjal oli

täheldatav selge negatiivne trend: RED-si pikaajalisel esinemisel koos häirunud söömiskäitumisega kaasnes luutihedust iseloomustavate näitajate vähenemine – TBZ- ja LZ-väärtuste langustendents. Kõige markantsemaks näiteks oli naissportlaste LZ-skoori keskvväärtuste alanemine -0,7-st kuni -1,4-ni (SD) kahe aasta jooksul.

Magistritöös täheldatut toetab Wiksten-Almströmer jt (2009) poolt läbi viidud uuring, kus hinnati luudensitomeetriaga BMD väärtuste muutust naistel, kellel oli noorukieas tuvastatud oligo-/amenorröa. Tulemustest selgus, et 52% naistest sedastati osteopeenia ning 3% uuritavatest osteoporoos. Naistel, kellel esines nooremas vanuses sekundaarne amenorröa, olid statistiliselt oluliselt madalamad BMD näitajad võrreldes naistega, kellel oli oligomenorröa tuvastatud. Siit järeldub, et raskekujulisemate menstruaaltsükli kõrvalekallete korral on ka luutiheduse näitajate negatiivne dünaamika ulatuslikum (Wiksten-Almströmer et al., 2009).

5.7. RED-S CAT mõõdiku praktiline kasutus terviseuuringutes

Käesolevas uuringus tugineti energiadefitsiidi riskitegurite hindamisel ja sportlaste rühmadesse jaotamisel RED-S CAT mõõdikule (Mountjoy et al., 2015). Kõnealuses vahendis on riskitegurite kriteeriumid sõnastatud pigem üldistatult, koondades enda alla täpsustamata arvu füsioloogilisi ja psüühilisi seisundeid, mille hindamiseks pole ühtseid juhiseid ega numbrilisi piirväärtusi. Sellest tulenevalt võib riskitegurite tuvastamisel ja tulemuste interpreteerimisel olla määravaks meditsiinitöötaja subjektiivne hinnang ning pädevus. Varasematest uuringutest tegi sarnase tähelepaneku Koltun (2019) kaasautoritega, kes leidis, et RED-S CAT ei sisalda objektiivselt mõõdetavaid näitajaid ega detailseid juhtnööre, milliste normide alusel riskitegureid ja seisundeid eristada. Lisaks sisaldab mõõdik parameetreid, mille hindamine nõuab lisauuringute tegemist (laboratoorsed, funktsionaalsed) või teiste hindamisjuhistega tutvumist (Koltun et al., 2019).

Käesolevas töös täheldati sportlaste rühmadesse jaotamisel lahkeli, kus riskitsoonide kriteeriumid ei ühtinud omavahel täielikult, mistõttu polnud võimalik teatavaid väärtusi madala, mõõduka ja kõrge tsooni vahel võrrelda ega selle põhjal riskirühma määrata. Näiteks kuuluvad praeguse vormi alusel stressmurdudega sportlased valdavalt mõõduka riskiga rühma (80% uuritavatest), kuna kõrge riski korral pole defineeritud, mis vigastusaste on kõrge riski sedastamiseks aktuaalne. Sellest tulenevalt tekib küsimus, kas nii äärmuslike ülekoormusvigastuste nagu stressmurdude esinemise korral peegeldab mõõdukas risk adekvaatselt probleemi tõsidust ning kas kirjeldatud juhul on ainult kergekujuliste koormuspiirangute seadmine piisav, et ennetada tõsisemaid tagajärgi. Sarnane probleem võib

potentsiaalselt esineda ka vastupidises olukorras, kus sportlase näitajad on ajapikku paranenud ega oma enam tervisele ohtu, kuid sportlasel ei ole lubatud treeningutele naasta, kuna kõrge riskirühma kuulumisega kaasnevaid rangeid sportimise piiranguid pole õigeaegselt ümber hinnatud. Eelnevat analüüsidest ilmneb selge vajadus kontrollsüsteemi ja korduvhindamise järele, monitoorimaks riskitegureid ja tuvastamaks muutusi õigeaegselt. Mitmete uuringute autorite arvamused ühtivad CAT hindamisvahendi kasulikkuse osas, samas leitakse, et vormi efektiivset rakendamist raskendab RED-si temaatika suur varieeruvus ja kompleksus (Koltun et al., 2019; Sim & Burns, 2021). Hetkel puudub RED-si sümptomite mõõtmiseks nn „kuldne standard“, kuna seisund haarab väga paljusid organsüsteeme ja füsioloogilisi protsesse (Mountjoy et al., 2014).

Käesolevas uuringus väärib luutiheduse näitajate muutust hinnates tähelepanu, et korduvmõõtmistel ilmnenu Z-skooride alanemisest ning negatiivsest trendist hoolimata ei toimunud CAT vormi alusel sportlaste ümberpaigutumist mõõdukast kõrge riskiga tsooni. Selle põhjuseks võib olla asjaolu, et CAT mõõdik hindab riskitegureid ühel ajamomendil, ent ei võta arvesse muutusi dünaamikas, mida on kaasaegses teaduskirjanduses esile toonud ka Sim ja Burns (2021).

Hormonaalsete näitajate osas selgus uuringust, et menstruaaltsükli häirete esinemissagedus oli kõige suurem kõrge riskiga rühmas (93,8%) ning väikseim madala riskiga grupis (14,3%). Kuigi uuringu valim oli väike, viitab eelmainitud sportlaste rühmadevaheline jagunemine, et menstruaalfunktsiooni häirete ulatus ja RED-S CAT vastavad hindamiskriteeriumid ühtivad omavahel piisava täpsusega, et tsükli regulaarsuse põhjal potentsiaalselt tuvastada, millisesse riskitsooni sportlane kuulub.

Käesoleva magistr töö tulemusi varasemate teadustöödega kõrvutades võib olla üksmeelel, et CAT vorm on terviseuuringute käigus RED-si ohutegurite hindamisel ning vajadusel sportimise piirangute määramisel vajalik vahend, kuid see vajab veel täiendamist (Koltun et al., 2019; Mountjoy et al., 2015).

5.8. Uuringu limitatsioonid ja tugevused

Uurimistöölimeiteerivaks teguriks oli suhteliselt väike vaatlusaluste arv ning uuringu käigus moodustatud rühmade ebavõrdne suurus. Uuringuandmete kogumist raskendas terviseuuringute andmete ebaühtlane kvaliteet. Ühe limitatsioonina võib välja tuua asjaolu, et uuritavate RED-si riskirühmadesse jaotamist raskendas objektiivselt mõõdetavate kriteeriumite puudumine CAT hindamisvahendis. Lisaks puudub elektroonilise haigusloo infosüsteemis

diagnoos, mis tähistaks funktsionaalse hüpotalaamilise amenorröa või RED-si esinemist, mistõttu on võimalik, et otsingu tulemusel jäi valimist välja mõni sportlane, kellel oli potentsiaalne oht kõnealuse seisundi kujunemiseks.

Magistritöö tugevuseks võib tuua uuringu informatiivse väärtuse sporditeaduste valdkonnas, kuna RED-si temaatikat ja tagajärgi on Eesti sportlaste seas vähe uuritud. Enamik varasematest uuringutest on keskendunud söömishäirete sageduse välja selgitamisele spordis (Remes, 2010; Tjurina, 2017). Komplekssem energiadefitsiidi probleemikäsitus ning RED-si riskitegurite vaheliste seoste leidmine loob aluse edasisteks täpsustavateks uuringuteks ja terviseriskide õigeaegseks ennetamiseks. Tööle annab lisaväärtust luu tervist kajastavate parameetrite analüüs dünaamikas, millega tuleb esile seaduspära luutiheduse näitajate halvenemise osas energiadefitsiidi foonil. Magistritöös tugineti uuritavate rühmitamisel Rahvusvahelise Olümpiakomitee konsensususe täiendusena loodud RED-S CAT mõõdikule (Mountjoy et al., 2015), millele RED-siga seonduvates teaduslikes publikatsioonides läbivalt viidatakse, ent mille praktilist kasutust on reaalsuses vähe uuritud. Kuigi antud uuringus ei kasutatud objektiivseid vahendeid CAT mõõdiku täpsuse hindamiseks, on käesolevalt välja toodud vahendi kasutusvõimalused ja puudused ning antud esmane hinnang mõõdiku praktilisele rakendamisele terviseuuringutes.

6. JÄRELDUSED

Käesoleva uurimistöö põhjal saab teha järgnevad järeldused:

1. Valdav osa RED-si riskirühma kuuluvatest naissportlastest klassifitseerus RED-S CAT hindamisvahendi alusel mõõduka riskiga tsooni. Kõrge riskiga tsooni klassifitseerumise peamise põhjusena tuli arvesse väljakujunenud söömishäire ja/või tõsisemad organsüsteemide kõrvalekalded.
2. RED-si riski kõrgenedes alanesid naissportlaste kehamassi ja KMI näitajad ning halvenesid luu tervist peegeldavad näitajad (BMC, TBZ-skoor, LZ-skoor).
3. RED-si riskirühma kuuluvate naissportlaste keha koostise, luu tervise, kardiovaskulaarsete ja hormonaalsete parameetrite vahel esines mitmeid olulisi seosed. Menstruaaltsükli häirete ja skeleti-lihassüsteemi ülekoormusvigastuste, sh stressmurdude esinemine seostus pöördvõrdeliselt mineraalse luutiheduse ja luumassiga. Menstruaaltsükli häired seostusid oluliselt kõrvalekalletega kardiovaskulaarsüsteemis (väljendunud bradükardia ning hüpotoonia).
4. RED-si riskirühma kuuluvate naissportlaste luu tervist iseloomustavad näitajad (BMD, TBZ-skoor, LZ-skoor) vähenesid dünaamikas hinnatuna olulisel määral.
5. RED-S CAT mõõdik on praktiline vahend RED-si riski raskusastmete tuvastamiseks spordimeditiiniliste terviseuuringute käigus, kuid antud uuring tõi välja hindamisvormi mõningad puudused objektiivselt mõõdetavate parameetrite osas.

KASUTATUD KIRJANDUS

1. Ackerman KE, Putman M, Guereca G, Taylor AP, Pierce L et al. Cortical microstructure and estimated bone strength in young amenorrheic athletes, eumenorrheic athletes and non-athletes. *Bone* 2012a; 51(4): 680-687.
2. Ackerman KE, Skrinar GS, Medvedova E, Misra M, Miller KK. Estradiol levels predict bone mineral density in male collegiate athletes: a pilot study. *Clinical Endocrinology (Oxf)* 2012b; 76(3): 339–345.
3. Akkermann K. Serotonin-related biomarkers and symptoms of eating disorders. Doktoritöö. Tartu: Tartu Ülikooli Kirjastus 2010.
4. Bonci CH, Bonci LJ, Granger LR, Johnson CL, Malina RM et al. National athletic trainers' association position statement: preventing, detecting, and managing disordered eating in athletes. *Journal of Athletic Training* 2008; 43(1): 80-108.
5. Bratland-Sanda S, Sundgot-Borgen J. Eating disorders in athletes: overview of prevalence, risk factors and recommendations for prevention and treatment. *European Journal of Sport Science* 2013; 13(5): 499-508.
6. Coelho GM, de Farias ML, de Mendonça LM, de Mello DB, Lanzillotti HS et al. The prevalence of disordered eating and possible health consequences in adolescent female tennis players from Rio de Janeiro, Brazil. *Appetite* 2013; 64: 39-47.
7. Cosman F, De Beur SJ, LeBoff MS, Lewiecki EM, Tanner B et al. Clinician's guide to prevention and treatment of osteoporosis. *Osteoporosis International* 2014; 25 (10): 2359–2381.
8. De Filippo E, Marra M, Alfinito F, Di Guglielmo ML, Majorano P et al. Hematological complications in anorexia nervosa. *European Journal of Clinical Nutrition* 2016; 70(11): 1305-1308.
9. De Souza MJ, West SL, Jamal SA, Hawker GA, Gundberg CM et al. The presence of both an energy deficiency and estrogen deficiency exacerbate alterations of bone metabolism in exercising women. *Bone* 2008; 43(1): 140-148.
10. Elliott-Sale KJ, Tenforde AD, Parziale AL, Holtzman B, Ackerman KE. Endocrine Effects of Relative Energy Deficiency in Sport. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism* 2018; 28: 335-349.
11. Garg MK, Kharb S. Dual energy x-ray absorptiometry: pitfalls in measurement and interpretation of bone mineral density. *Indian Journal of Endocrinology and Metabolism* 2013; 17(2): 203-210.

12. Gordon CM, Ackerman KE, Berga SL, Kaplan JR, Mastorakos G et al. Functional hypothalamic amenorrhea: an endocrine society clinical practice guideline. *The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism* 2017; 102(5): 1413-1439.
13. Hutson MJ, O'Donnell E, Brooke-Wavell K, Sale C, Blagrove RC. Effects of low energy availability on bone health in endurance athletes and high-impact exercise as a potential countermeasure: a narrative review. *Sports Medicine* 2021; 51(3): 391-403.
14. Keay N, Francis G, Hind K. Low energy availability assessed by a sport-specific questionnaire and clinical interview indicative of bone health, endocrine profile and cycling performance in competitive male cyclists. *BMJ Open Sport & Exercise Medicine* 2018; 4: e000424.
15. Koehler K, Achtzehn S, Braun H, Mester J, Schaenzer W. Comparison of self-reported energy availability and metabolic hormones to assess adequacy of dietary energy intake in young elite athletes. *Applied Physiology Nutrition and Metabolism* 2013; 38(7): 725-733.
16. Koltun KJ, Strock NCA, Southmayd EA, Oneglia AP, Williams NI et al. Comparison of female athlete triad coalition and RED-S risk assessment tools. *Journal of Sports Sciences* 2019; 37(21): 2433-2442.
17. Logue DM, Madigan SM, Melin A, Delahunt E, Heinen M et al. Low energy availability in athletes 2020: an updated narrative review of prevalence, risk, within-day energy balance, knowledge, and impact on sports performance. *Nutrients* 2020; 12(3): 835.
18. Melin A, Tornberg ÅB, Skouby S, Faber J, Ritx C et al. The LEAF questionnaire: a screening tool for the identification of female athletes at risk for the female athlete triad. *British Journal of Sports Medicine* 2014; 48: 540–545.
19. Melin A, Tornberg AB, Skouby S, Moller SS, Sundgot-Borgen J et al. Energy availability and the female athlete triad in elite endurance athletes. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 2015; 25(5): 610-622.
20. Miller KK, Lee EE, Lawson EA, Misra M, Minihan J. Determinants of skeletal loss and recovery in anorexia nervosa. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism* 2006; 91(8): 2931–2937.
21. Mountjoy M, Sundgot- Borgen JK, Burke LM, Ackerman KE, Blauwet C et al. IOC consensus statement on relative energy deficiency in sport (RED-S): 2018 update. *British Journal of Sports Medicine* 2018; 52(11): 687-697.
22. Mountjoy M, Sundgot-Borgen JK, Burke LM, Carter S, Constantini N et al. The IOC consensus statement: beyond the female athlete triad - relative energy deficiency in sport (RED-s). *British Journal of Sports Medicine* 2014; 48: 491-497.

23. Mountjoy M, Sundgot-Borgen JK, Burke LM, Carter S, Constantini N et al. Authors' 2015 additions to the IOC consensus statement: relative energy deficiency in sport (RED-S). *British Journal of Sports Medicine* 2015; 49: 417-420.
24. Mägi A, Kuik R, Tali, Maaros J, Mardna M et al. Noorsportlaste spordimeditsiiniliste terviseuuringute juhised 2009 [projekt: noorsportlaste tervisekontroll spordiga seotud terviseriskide (sh südame-veresoonkonna haiguste ja äkksurma) ennetamiseks]. 2009. https://www.kliinikum.ee/taastusravi/pildid/patsiendile/174_003_Noorsportlaste_spordimeditsiiniliste_terviseuuringute%20juhis_2009.pdf, 19.05.2021.
25. Mägi A, Tali M, Unt E, Kuik R, Mardna M. Noorsportlaste tervisekontroll spordiga seotud tervisekahjustuse ennetamiseks. 2018a. https://www.haigekassa.ee/sites/default/files/ennetusedendus/Noorsportlaste_juhend_03.07.18.pdf, 28.04.2021.
26. Mägi A, Tali M, Unt E, Kuik R, Mardna M. TippSPORTlaste perioodilise tervisekontrolli tegevusjuhend. 2018b. <https://www.sportest.eu/wp-content/uploads/2018/10/TippSPORTlaste-perioodilise-tervisekontrolli-tegevusjuhised-4.pdf>, 28.04.2021.
27. O'Donnell E, Goodman JM, Mak S, Murai H, Morris BL et al. Discordant orthostatic reflex renin-angiotensin and sympathoneural responses in premenopausal exercising-hypoestrogenic women. *Hypertension* 2015; 65: 1089-1095.
28. Olivares JL, Vazquez M, Fleta J, Moreno LA, Perez-Gonzalez JM et al. Cardiac findings in adolescents with anorexia nervosa at diagnosis and after weight restoration. *European Journal of Pediatrics* 2005; 164: 383-386.
29. Papageorgiou M, Dolan E, Elliott-Sale KJ, Sale C. Reduced energy availability: implications for bone health in physically active populations. *European Journal of Nutrition* 2018a; 57: 847-859.
30. Papageorgiou M, Martin D, Colgan H, Cooper S, Greeves JP et al. Bone metabolic responses to low energy availability achieved by diet or exercise in active eumenorrheic women. *Bone* 2018b; 114: 181-188.
31. Parm AL. Söömishäirete riskifaktorite esinemine Eesti aeroobikatreenerite seas. Magistritöö. Tartu: Tartu Ülikooli kehakultuuriteaduskond; 2007.
32. Pollock N, Grogan C, Perry M, Pedlar C, Cooke K et al. Bone-mineral density and other features of the female athlete triad in elite endurance runners: a longitudinal and cross-sectional observational study. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism* 2010; 20(5): 418-426.

33. Remes SM. Söömiskäitumine esteetilistel spordialadel ning treeneri hinnang oma õpilase söömiskäitumise ja söömishoiakute kohta. Magistritöö. Tartu: Tartu Ülikooli kehakultuuriteaduskond; 2010.
34. Roolaht LM. Suhteline energia defitsiit spordis: ülevaade kaasaegsest käsitlest, tagajärgedest ja ravist. Bakalaureusetöö. Tartu: Tartu Ülikooli sporditeaduste ja füsioteraapia instituut; 2019.
35. Roolaht LM, Unt E. Suhteline energiadefitsiit spordis on alahinnatud probleem. Liikumine ja Sport 2019; 18: 42-51.
36. Sardar MR, Greway A, DeAngelis M, Tysko EO, Lehmann S et al. Cardiovascular impact of eating disorders in adults: a single center experience and literature review. Heart Views 2015; 16(3): 88-91.
37. Scofield KL, Hecht S. Bone health in endurance athletes: runners, cyclists, and swimmers. Current Sports Medicine Reports 2012; 11(6): 328-334.
38. Sim A, Burns SF. Review: questionnaires as measures for low energy availability (LEA) and relative energy deficiency in sport (RED-S) in athletes. Journal of Eating Disorders 2021; 9(1): 41.
39. Sundgot-Borgen J, Torstveit M. Prevalence of eating disorders in elite athletes is higher than in the general population. Clinical Journal of Sport Medicine 2004; 14(1): 25-32.
40. Taguchi M, Moto K, Lee S, Torii S, Hongu N. Energy intake deficiency promotes bone resorption and energy metabolism suppression in Japanese male endurance runners: a pilot study. American Journal of Men's Health 2020; 14(1): 1557988320905251.
41. Thompson A, Petriea T, Anderson C. Eating disorders and weight control behaviors change over a collegiate sport season. Journal of Science and Medicine in Sport 2017; 20(9): 808-813.
42. Thralls KJ, Nichols JF, Barrack MT, Kern M, Rauh MJ. Body mass-related predictors of the female athlete triad among adolescent athletes. International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism 2016; 26(1): 17-25.
43. Tjurina N. Häirunud söömiskäitumine eesti naissportlastel. Residentuuri lõputöö. Tartu: Tartu Ülikooli arstiteaduskond; 2017.
44. Viner RT, Harris M, Berning JR, Meyer NL. Energy availability and dietary patterns of adult male and female competitive cyclists with lower than expected bone mineral density. International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism 2015; 25: 594-602.

45. Werner A, Thiel A, Schneider S, Mayer J, Giel KE et al. Weight-control behaviour and weight-concerns in young elite athletes – a systematic review. *International Journal of Eating Disorders* 2013; 1: 18.
46. Wiksten-Almströmer M, Hirschberg AL, Hagenfledt K. Reduced bone mineral density in adult women diagnosed with menstrual disorders during adolescence. *Acta Obstetrica et Gynecologica* 2009; 88: 543-549.

LISAD

Lisa 1. Spordimeditsiinilise terviseuuringu küsimustik ESMF-1 (Mägi et al., 2018a)



Spordimeditsiinilise terviseuuringu küsimustik noorsportlasele ESMF-1

Nimi: _____ **Sugu:** M ☐ N ☐ **Vanus:** _____

Isikukood: _____ **Adress:** _____

Telefon: _____ **E-post:** _____

Kool: _____

Spordiala(d): _____ **Treener(id):** _____

Spordikool/klubi: _____

Treeningkoormus: _____ korda nädalas, kokku _____ tundi. Võistlusi kuus _____ korda.

Millal ja kus toimus eelmine spordimeditsiiniline terviseuuring: _____

Ravimid: palun nimetage kõik retsepti- või käsimüügiravimid ja toidulisandid, mida Te käesoleval ajal tarvitate: _____

Palun märkige vastav ruut („jah“ või „ei“) ning selgitage oma „jah“-vastuseid selgituste real.

Palun tämmake ring ümber nende küsimuste numbrite, millele te ei oska vastata.

Üldised küsimused	Jah	Ei
1. Millal oli viimane palavikuga haigestumine?		
2. Kas Teil on mõni mure, mille üle tahaksite arstiga nõu pidada?		
3. Kas arst on Teil kunagi mingil põhjusel piiranud või keelanud sportimist?		
4. Kas põete mõnda kroonilist haigust (nt diabeet, astma, aneemia, hepatiit vms)?		
5. Kas olete sündinud ilma ühe neeru, silma, munandi (mehed) või mõne muu organita või on Teil mõni organ eemaldatud?		
6. Kas olete viibinud haiglaravil?		
7. Kas Teid on opereeritud?		
Selgitus: _____		
Südametervise küsimused Teie kohta	Jah	Ei
8. Kas olete sportimise ajal või pärast sportimist minestanud või olnud minestuse äärel?		
9. Kas olete sportimise ajal tundnud ebamugavustunnet, valu või pingetunnet rinnus?		
10. Kas Teil on sportimise ajal esinenud südame rütmihäireid (nt südamepekslemine, süda on jätnud lööke vahele vms)?		
11. Kas arst on öelnud, et Teil on probleeme südamega? Kui jah, siis märkige: ☐ kõrge vererõhk ☐ südamekahin ☐ kõrge kolesteroolitase ☐ müokardiit ☐ kaasasündinud südamehaigus ☐ muu: _____		
12. Kas arst on Teid kunagi suunanud südameuuringutele (nt EKG, ehokardiograafia)?		
13. Kas Te väsite oluliselt kiiremini või esineb hingeldust rohkem kui treeningkaaslastel?		
Selgitus: _____		
Südametervise küsimused Teie perekonna kohta	Jah	Ei
14. Kas kellelgi Teie pereliikmetest või sugulastest on enne 50. eluaastat esinenud südamelihase infarkti, ajuinsulti, südamega seotud surmajuhtumeid, äkksurmajuhtumeid või elustamist südame seiskumise tõttu?		
15. Kas kellelgi Teie perekonnas esineb kaasasündinud probleeme südamega, on paigaldatud südamestimulaator või implanteeritud defibrillaator?		
16. Kas kellelgi Teie perekonnas on esinenud ebaselge põhjusega minestamine, krampid või uppumine?		
Selgitus: _____		



Spordimeditsiinilise terviseuuringu küsimustik noorsportlasele ESMF-1

Küsimused tugi-liikumiselundkonna kohta	Jah	Ei
17. Kas Teil on viimasel aastal esinenud luude, lihaste, sidemete või kõõluste vigastusi, mille tõttu olete puudunud treeningult või võistlustelt?		
18. Kas Teil on esinenud luumurde (-mõrasid), väsimusmurde või liigeste nihestusi?		
19. Kas Teile on vigastuse tõttu tehtud röntgenülevõtteid, MRT- või CT- uuringuid, süsteid, operatsioone; olete kasutanud lahast, ortoosi, karke?		
20. Kas Te kasutate regulaarselt ortoosi (tugisidet) või mõnda muud tugivahendit?		
21. Kas Teil on luu, lihase või liigese vigastus, mis Teid häirib?		
22. Kas mõni Teile liiges valutab, kuumab, on paistes või punetab?		
23. Kas arst on Teile öelnud, et teil on liigesepõletik või sidekoehaigus?		
Selgitus:		
Küsimused üldise tervisliku seisundi kohta	Jah	Ei
24. Kas Teil esineb sportimise ajal kõha, aevastamist, hingamisraskust või õhupuudust?		
25. Kas Te olete kunagi kasutanud inhalaatorit või astmaravimeid?		
26. Kas kellelgi Teile perekonnas on astma?		
27. Kas Teil esineb allergiat ravimitele, õietolmule, toidule, putukatele vms?		
28. Kas Teil esineb kubemevalu või valulik moodustis või song kubemepiirkonnas?		
29. Kas Te olete viimase aasta jooksul põdenud nakkuslikku mononukleoose?		
30. Kas Teil esineb nahahaigusi?		
31. Kas Te olete saanud lööke pea piirkonda (peatraumasid), mille tulemusena on teadvus hägustunud või on esinenud mälukaotus?		
32. Kas Teil on esinenud krampihooge/krampidega kulgevaid haigusi?		
33. Kas Teil on sportimise ajal esinenud peavalu?		
34. Kas pärast lööke või kukkumist on Teil esinenud üle 24 tunni kestnud tuimus- või nõrkustunnet kätes või jalgades või võimetust käsi-jalgu liigutada?		
35. Kas Teil on palava ilmaga sportides tekkinud halb enesetunne?		
36. Kas Teil esineb sportimise ajal sageli lihaskrampe?		
37. Kas Teil või Teile pereliikmel esineb aneemia või muu verehaigus?		
38. Kas Teil on esinenud probleeme nägemisega või silmavigastusi?		
39. Kas Te kannate sportimise ajal prille või kontaktläätsi?		
40. Kas Te olete rahul oma kehakaaluga?		
41. Kas Te püüate või on keegi Teile soovitanud oma kaalu langetada või tõsta?		
42. Kas Te olete eridieedil või väldite teatud toite?		
43. Kas Teil on esinenud söömishäire?		
Selgitus:		
AINULT NAISTELE	Jah	Ei
- kas Teil esinevad menstruaaltsüklihäired?		
- kas menstruaaltsükkel esineb igakuiselt?		
- mis vanuses esines Teil esimene menstruaaltsükkel?		

Juhul kui arst ei väljasta terviseuuringu kokkuvõtet samal päeval, siis saadetakse see krüpteeritud lapsevanema e-postile. Selleks palume märkida lapsevanema isikukood _____ ja e-post _____

Kinnitan, et olen vastanud kõikidele küsimustele ausalt.

Olen nõus mulle/minu lapsele asutatava tervishoiuteenusega.

Kuupäev: ____ / ____ / ____

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, Liina-Mari Roolah (26.06.1997),

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

Suhtelise energiatarbimise defitsiidiga naissportlased: kirjeldav analüüs spordimeditatsiooniliste terviseuuringute alusel, mille juhendaja on Eve Unt,

- 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, 21.05.2021