

TARTU ÜLIKOOL
Sporditeaduste ja füsioteraapia instituut

Liis Grete Atonen

**Kehalise aktiivsuse ja vananemise mõju satelliitrakkudele: teaduskirjanduse
süstemaatiline ülevaade**

Impact of physical activity and aging on satellite cells: systemic literature review

Magistritöö

Füsioteraapia õppekava

Juhendaja:
PhD Raivo Puhke

Tartu 2024

SISUKORD

Töö lühiülevaade.....	4
Abstract.....	5
1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE	6
1.1. Skeletilihas.....	6
1.2. Satelliitrakkude funktsioon	6
1.3. Satelliitrakkude roll vananemisel.....	8
1.4. Treeningu mõju satelliitrakkudele	8
2. TÖÖ ÜLDINE EESMÄRK	10
3. METOODIKA	11
3.1. Teadusajakirjanduse otsinguprotsess	11
3.2. Uuringute metoodilise kvaliteedi hindamine	13
3.3. Artiklite tõenduspõhisuse hindamine.....	13
4. TÖÖ TULEMUSED	15
4.1. Uuringute metoodilise kvaliteedi ja tõenduspõhisuse hindamise tulemused.....	15
4.2. Vaatlusalused	16
4.3. Kehaline koormus	16
4.4. Vananemise mõju.....	17
5. ARUTELU	18
5.1. Kehalise koormuse mõju.....	18
5.2. Vananemine	21
6. JÄRELDUSED	22
KASUTATUD KIRJANDUS	23
LISAD.....	31

KASUTATUD LÜHENDID

SC – Satelliitrakk. Inglise k *Satellite cell*.

PEdro – Inglise k *Physiotherapy Evidence Database*.

PRISMA-P – Inglise k *Preferred Reporting Items for Systematic Review and Meta-Analysis Protocols*.

BFR – Verevarustuse piiramisega treening. Inglise k *Blood flow restriction training*.

sIBM – Inklusioonkeha müosiit. Inglise k *Sporadic inclusion body myositis*.

ESI – Suurenenud süsteemne põletik. Inglise k *Elevated systemic inflammation*.

Töö lühiülevaade

Eesmärk: Töö eesmärgiks oli koostada teaduskirjanduse põhjal süstemaatiline ülevaade kehalise koormuse ja vananemise mõjust satelliitrakkudele.

Metoodika: Teadusartiklite otsingul ja süstemaatilise ülevaate koostamisel tugineti PRISMA-P (*Preferred reporting items for systematic review and meta-analysis protocols*) juhendile. Otsingud teostati kolmes erinevas elektroonses andmebaasis: Pubmed, Scopus ja ScienceDirect. Kõigis andmebaasides kasutati Boole'i loogikaoperaatoreid ja märksõnu: (*training*) OR (*exercise*) OR (*"physical activity"*) AND (*"satellite cell"*) OR (*"muscle satellite cells"*) OR (*muscs*) AND (*aging*) AND (*physiological*) NOT (*myogenesis*) NOT (*review*). Otsiti täistekstiga ligipääsetavaid artikleid, publitseeritud aastatel 2019-2024. Töösse kaasatud teadusartiklite metoodilise kvaliteedi hindamiseks kasutati PEDro (*Physiotherapy Evidence Database*) hindamismeetodit ning tõendus põhise tasemete määramiseks PEDro meetodile kohandatud Sackett skaalat.

Tulemused: Süstemaatilisse ülevaatesse kaasati 17 uuringut, milles käsitleti kehalise koormuse ja vananemise mõju satelliitrakkudele. Artiklid jagunesid metoodilise kvaliteedi osas kahte kategooriasse: A kategooria (n=7), PEDro skooriga ≥ 6 , tõendus põhise tasemega 1, ning B kategooria (n=10), PEDro skooriga $\leq 5/10$, tõendus põhise tasemega ≥ 2 . Uuringus käsitleti kehalise koormuse (n=17) ja vananemise (n=11) mõju satelliitrakkudele.

Kokkuvõte: Antud magistritöösse kaasatud uuringutest leiti kehalise koormuse järgselt positiivseid muutusi satelliitrakkudele kümnes uuringus ning vananemisel kuues uuringus. Küll aga tuleb arvestada, et satelliitrakkude aktiivsuse hindamiseks kasutatakse erinevaid meetodeid ning satelliitrakkudele avalduvat mõju ei ole võimalik hinnata pelgalt nende hulga muutuses. Seetõttu on keeruline hinnata kui ulatuslikult mõjutavad erinevad muutused raku tegevust.

Märksõnad: satelliitrakk, kehaline aktiivsus, treening, vananemine, süstemaatiline ülevaade.

Abstract

Aim: The aim of this scientific paper was to compose a systematic literature review on the effects of physical activity and ageing on satellite cells.

Methods: The search for scientific articles and the preparation of the systematic review were based on the PRISMA-P (Preferred reporting items for systematic review and meta-analysis protocols) guideline. The search for scientific literature was conducted in three different databases, Pubmed, Scopus and ScienceDirect, using keywords and Boolean logic: (training) OR (exercise) OR ("physical activity") AND ("satellite cell") OR ("muscle satellite cells") OR (muscs) AND (aging) AND (physiological) NOT (myogenesis) NOT (review). Only full text articles published in 2019-2024 were included in the search. The methodological quality and level of evidence of articles included in this systematic review were assessed using the PEDro (Physiotherapy Evidence Database) scale and the modified Sackett scale.

Results: In total, 17 articles were included in this systematic review. The articles were divided into 2 quality categories. Category A (n = 7) consisted of articles on the first level of evidence with a PEDro score 6–7/10. Category B comprised articles (n = 10) with a level of evidence ≥ 2 and PEDro score $\leq 5/10$. Overall, in the articles included, the influence of exercise and aging was evaluated.

Conclusions: In the studies included in this master's thesis, positive changes in satellite cells following physical exercise were observed in ten studies, and in relation to aging in six studies. However, it must be noted that various methods are used to assess satellite cell activity, and the impact on satellite cells cannot be evaluated only based on changes in their number. Therefore, it is challenging to determine the extent to which different changes influence cellular activity.

Keywords: satellite cell, physical activity, training, aging, systematic review

1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE

1.1.Skeletilihas

Skeletilihas hõlmab märkimisväärse osa keha massist (30-40%) ja on üks inimkeha plastilisemaid ning dünaamilisemaid kudesid (Janssen *et al.*, 2000; Phua *et al.*, 2018; Frontera ja Ochala., 2014). Skeletilihase põhifunktsiooniks on liikumise teostamine ja keha asendi säilitamine. Läbi kontraktsiooni mõjutab skeletilihas oluliselt kogu keha energiabilanssi ja soojaproduktsiooni (Frontera ja Ochala., 2014). Skeletilihas on üks väheseid täiskasvanud kudesid, mis on võimeline iseseisvalt regenereruma (Salemi *et al.*, 2022). Regeneratsioon läbi satelliitrakkude, mis on skeletilihases olevad täiskasvanud tüvirakud, on üheks võimalikuks lahenduseks (Salemi *et al.*, 2022). Satelliitrakud aitavad kaasa lihaste kasvule, paranemisele ja taastumisele (Frontera ja Ochala., 2014).

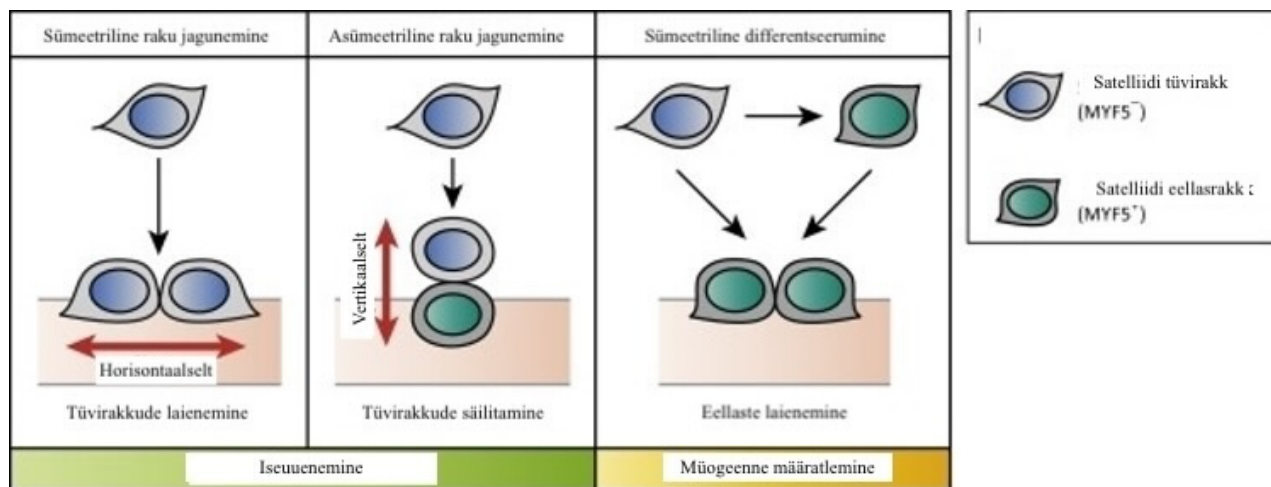
1.2.Satelliitrakkude funktsioon

Satelliitrakud (inglise k *satellite cell*, edaspidi SC), anatoomilise nimega *mysatellitocytus*, on täiskasvanud tüvirakud, mis avastati 1960ndatel teadlaste Mauro ja Katz'i poolt (Salemi *et al.*, 2022; Mauro, 1961; Katz, 1961). Oma iseloomult meenutavad SC'd tüvirakkude ja eellasrakkude heterogeenset populatsiooni (Chang & Rudnicki, 2014). SC'd asuvad lihaskiu pinnal ja on ümbritsetud basaalmembraanist (Zammit, 2008). Skeletilihase kasv ja atroofia kajastuvad SC'de aktivatsioonis (Verdijk *et al.*, 2014) ning SC'sid seostatakse skeletilihase arengu, kasvu ja regeneratsiooniga (Chang & Rudnicki, 2014).

Üldjuhul on täiskasvanud lihasrakkudes SC'd mitootiliselt passiivsed, sellel perioodil ei toimu nende jagunemist (Zammit, 2008). Sobiliku stiimuli korral, nt trauma, treeningjärgne mikrovigastus, on võimalik SC'sid aktiveerida ja selle tulemusel hakkavad need jagunema (Zammit, 2008; Chang *et al.*, 2016). Diferentseerumise tulemusel on võimalik tagada müonukleusi homöostaasi, hüpertroofiat ja lihaskiudude parandamist või sulandumist kokku, moodustades regenererimiseks uusi **müokiude** (?) **müoblaste** (Zammit, 2008, Millay *et al.*, 2022).

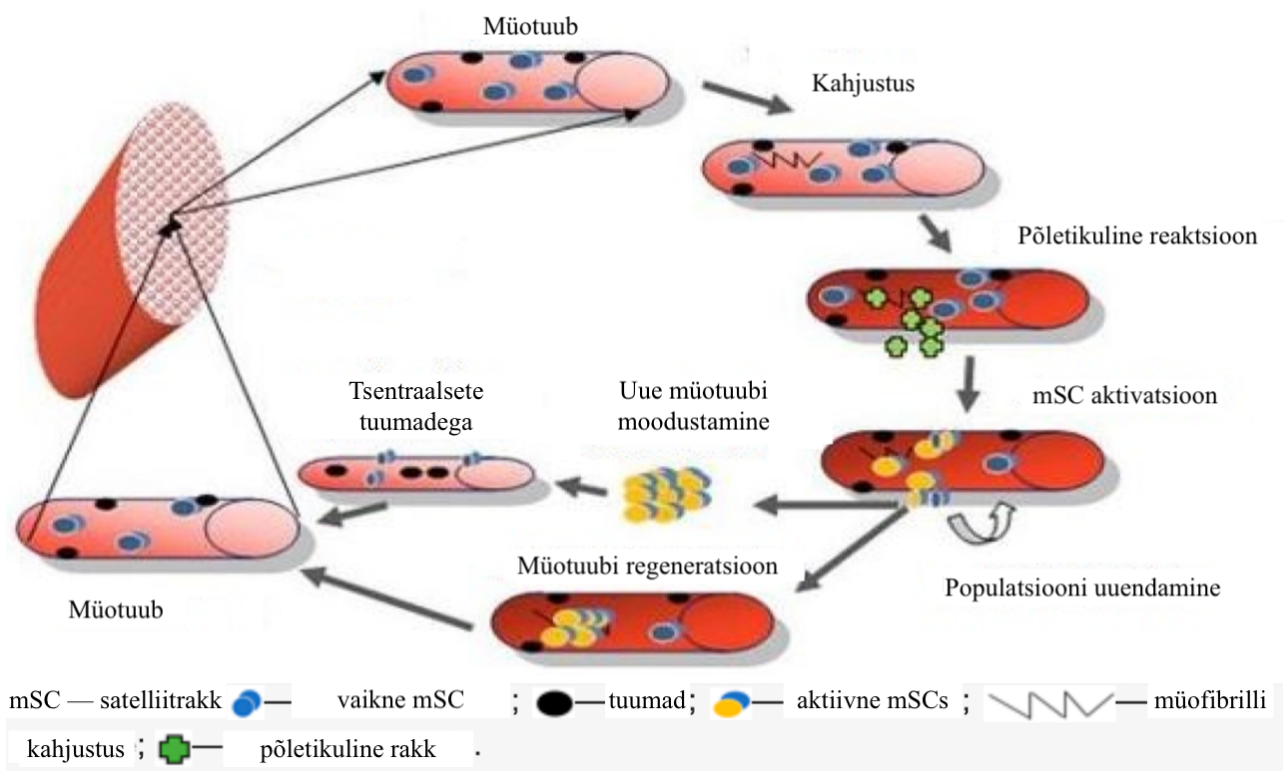
SC'd uuenevad ka ise, et säilitada elujõuline tüvirakkude kogum, mis suudab vastata korduvale nõudlusele (Zammit, 2008). Seetõttu on SC'd võimelised aktiveeruma ka pärast korduvaid jagunemisi (Fukada *et al.*, 2022). Iseuuenemisel on teadaolevalt mitu võimalikku lahendust (joonis 1) (Kaczmarek *et al.*, 2021; Chang *et al.*, 2016). Asümmeetriline jagunemine, mille käigus suur rakkude kogu toodab tütarikke, mis keskenduvad müogeensele diferentseerumisele (Motohashi *et*

al., 2014; Chang *et al.*, 2016). Sümmeetriline jagunemine, kus ühe tüviraku populatsioon toodab kaks identset tütarraaku (Motohashi *et al.*, 2014; Chang *et al.*, 2016).



Joonis 1. SC'de tüvirakkude jagunemise võimalused (modifitseeritud Chang *et al.*, 2016)

SC'de roll regeneratsioonil on keerukas mitmeastmeline protsess, kus rakkude üldine arv ja funktsioon mõjutavad regeneratsiooni lõpptulemust (Zammit *et al.*, 2004). Sobiliku stiimuli mõjul aktiveeruvad SC'd (joonis 2) (Fu *et al.*, 2015). Aktiveerudes jõuavad SC'd proliferatsiooni faasi, kus nad hakkavad kiiresti jagunema, kui lihasesse ilmuvad põletikuvastased püüdjarakud (Kaczmarek *et al.*, 2021). Jagunemise tulemusel tekivad müogeensed eellasrakud ehk müoblastid, mis ekspresseerivad MyoD1 ja müogeenseid kasvufaktoreid, mis viivad raku müogeensele diferentseerumisele (Kaczmarek *et al.*, 2021; Millay *et al.*, 2022). Seejärel liituvad müoblastid omavahel, moodustades uue mitmetuumalise müotubi, või sulanduvad olemasolevate kahjustunud lihaskiududega, aidates neid regenerereerida (Kaczmarek *et al.*, 2021; Millay *et al.*, 2022). See on oluline skeletilihase struktuuri ja funktsiooni taastamiseks. Küll aga ei osale kõik SC'd lõplikus diferentseerumises (Kaczmarek *et al.*, 2021). Osa taastavad oma puhkeseisundi, et säilitada tüvirakkude varu järgmiseks vajaduseks (Kaczmarek *et al.*, 2021).



Joonis 2. SC'i regeneratsiooni protsess (Modifitseeritud Kaczmarek *et al.*, 2021)

1.3. Satelliitrakkude roll vananemisel

Vananemise mõju lihaskoele avaldub nii struktuursetes kui ka funktsionaalsetes muutustes. Langeb lihase kontraktsioonijõud ja toimub valikuline lihaskiudude atroofia (Lee *et al.*, 2024). Vananemisega kaasnevat lihasatroofiat seostatakse osaliselt SC' de funktsiooni häirumisega (Sacco & Puri, 2015; Chakkalakal & Brack, 2012). SC' de vähenemist vananemisel on näidatud nii inimestel kui hiirtel (Boldrin *et al.*, 2010). Noorte (22 ± 1 years) ja vanade meeste (73 ± 1 years) võrdluses leiti enam SC' sid nooremate meeste skeetilihastes (Snijders *et al.*, 2014). Noortel hiirtel moodustavad SC' d umbes 30-35% lihaskiudude tuumadest, täiskasvanutel oli vastav näit vahemikus 2,5-6% (Motohashi *et al.*, 2014). SC' de arvu vähenemine vananedes võib mõjutada negatiivselt üldist lihaste kvaliteeti ning seetõttu suurendada fibroosi teket (Fry *et al.*, 2014).

SC' dest sõltuv regeneratiivsuse vähenemine vanadel hiirtel ei ole otseselt seotud sarkopeenia tekkega (Fry *et al.*, 2014). Samas on leitud, et vanematel hiirtel on lihaste paranemine halvenenud just SC' de düsfunktsiooni tõttu (Sacco & Puri, 2015; Brack & Muñoz-Cánoves., 2016; Chakkalakal & Brack, 2012), mis vähendab SC' de arvu ja limiteerib lihaste taastumisvõimet (Sacco & Puri, 2015).

1.4. Treeningu mõju satelliitrakkudele

Treeningu mõjust SC' dele leidub teaduskirjanduses mitmeid vastuolulisi tõendeid. Treeningujärgselt on täheldatud muutusi nii SC' de hulgas kui nende aktiivsuses (Lim *et al.*, 2017).

SC'de intensiivne aktivatsioon saabub 48-72h pärast treeningu lõppu (Snijders *et al.*, 2014). Oluline on siinkohal mainida, et treeningu intensiivsusel võib olla oluline mõju SC'dele (Joanisse *et al.*, 2018 ja Kurosaka *et al.*, 2012). SC'de aktivatsioon treeningujärgselt võib olla initsieeritud treeningu käigus tekkinud mikrotraumadest (Bazgir *et al.*, 2017). Kuna kehaline treening tekitab lihastes mehaanilist koormust ja mikrovigastusi, siis SC'de aktivatsiooni seostatakse regeneratiivsete protsessidega (Masschelein *et al.*, 2020).

Erinevate kehaliste aktiivsuste, sh vastupidavus- ja jõutreening, abil on võimalik stimuleerida SC'de aktivatsiooni (Kaczmarek *et al.*, 2021). Jõutreeningu järgselt suurenes SC'de aktivatsioon lihases ja seda nii I kui II tüüpi lihaskiududes (Snijders *et al.*, 2014). Lihashüpertroofia teket seostatakse samuti SC'dega (Masschelein *et al.*, 2020). Varasemad uuringud on toonud veel välja, et pärast tugevat jõutreeningut suureneb SC'de osakaal nii noortel (20-30 aastat) ja vanadel (65-75 aastat) ning nii meestel kui ka naistel (Roth *et al.*, 2001). Vaatamata arvamusele, et jõutreening suurendab SC'de aktivatsiooni, leidub ka uuringuid, mis tõestavad vastupidist. Vanemaealiste (83-94 aastat) meeste ja naiste võrdluses leiti, et jõutreening ei suurenda SC'de aktivatsiooni (Karlsen *et al.*, 2019). Noortel inimestel ei esinenud 12-nädalase vastupidavus-, jõu- või hoopiski kombineeritud treeningu järgselt muutuseid SC'de koguhulgas (Shamim *et al.*, 2021).

Laboriloomade peal läbi viidud uuringus leiti, et vastupidavustreeninguga on võimalik suurendada SC'de aktivatsiooni, mis omakorda parandab nende funktsiooni skeletilihases (Joanisse *et al.*, 2018). Sarnaseid leide on ka inimeste peal, pärast 14-nädalast vastupidavustreeningut märgati suurenemist SC'de arvu kiu kohta (Charifi *et al.*, 2003). Leidub uuringuid, kus treeningujärgselt täheldati SC'de aktiivsuse suurenemist, mis ei viinud nende arvu tõusule (Joanisse *et al.*, 2015). Samuti ei mõjutanud kehaline koormus SC'de hulka teist tüüpi diabeeti põdevatel vanematel inimestel (Snijders *et al.*, 2010).

Teaduskirjanduses leidub vastuolulisi tõendeid nii vananemise kui kehalise aktiivsuse ja treeningu mõjust SC'dele. Antud süstemaatilises kirjandusanalüüsis keskendutakse just nendele kahele aspektile.

2. TÖÖ ÜLDINE EESMÄRK

Magistritöö eesmärgiks oli koostada teaduskirjanduse süstemaatiline ülevaade kehalise koormuse ja vananemise mõjust SC'dele.

Lähtuvalt eesmärgist püstitati järgmised uurimisülesanded:

1. Leida kolmest erinevast andmebaasist (Pubmed, Scopus, ScienceDirect) märksõnadele vastavad teadusartiklid.
2. Hinnata selekteeritud artiklite kvaliteeti ja tõenduspõhisust.
3. Analüüsida sõelatud artiklite alusel kehalise koormuse mõju SC'dele.
4. Analüüsida sõelatud artiklite alusel vananemise mõju SC'dele.

3. METOODIKA

3.1. Teadusajakirjanduse otsinguprotsess

Teaduskirjanduse otsimiseks kasutati järgnevaid andmebaase: PubMed, Scopus ja ScienceDirect. Artiklite otsinguga alustati 26. juunil 2024. a ja lõpetati 31. detsembril 2024. a. Otsiti täistekstiga ligipääsetavaid artikleid. Töösse kaasati kirjed, mis olid publitseeritud vahemikus 2019-2024.

Andmebaasi Pubmed ja Boole'i loogikaoperaatoreid kasutades teostati artiklite otsing järgnevate märksõnadega:

- *(training) OR (exercise) OR ("physical activity") AND ("satellite cell") OR ("muscle satellite cells") OR (MuScs) AND (aging) AND (physiological) NOT (myogenesis) NOT (review).*

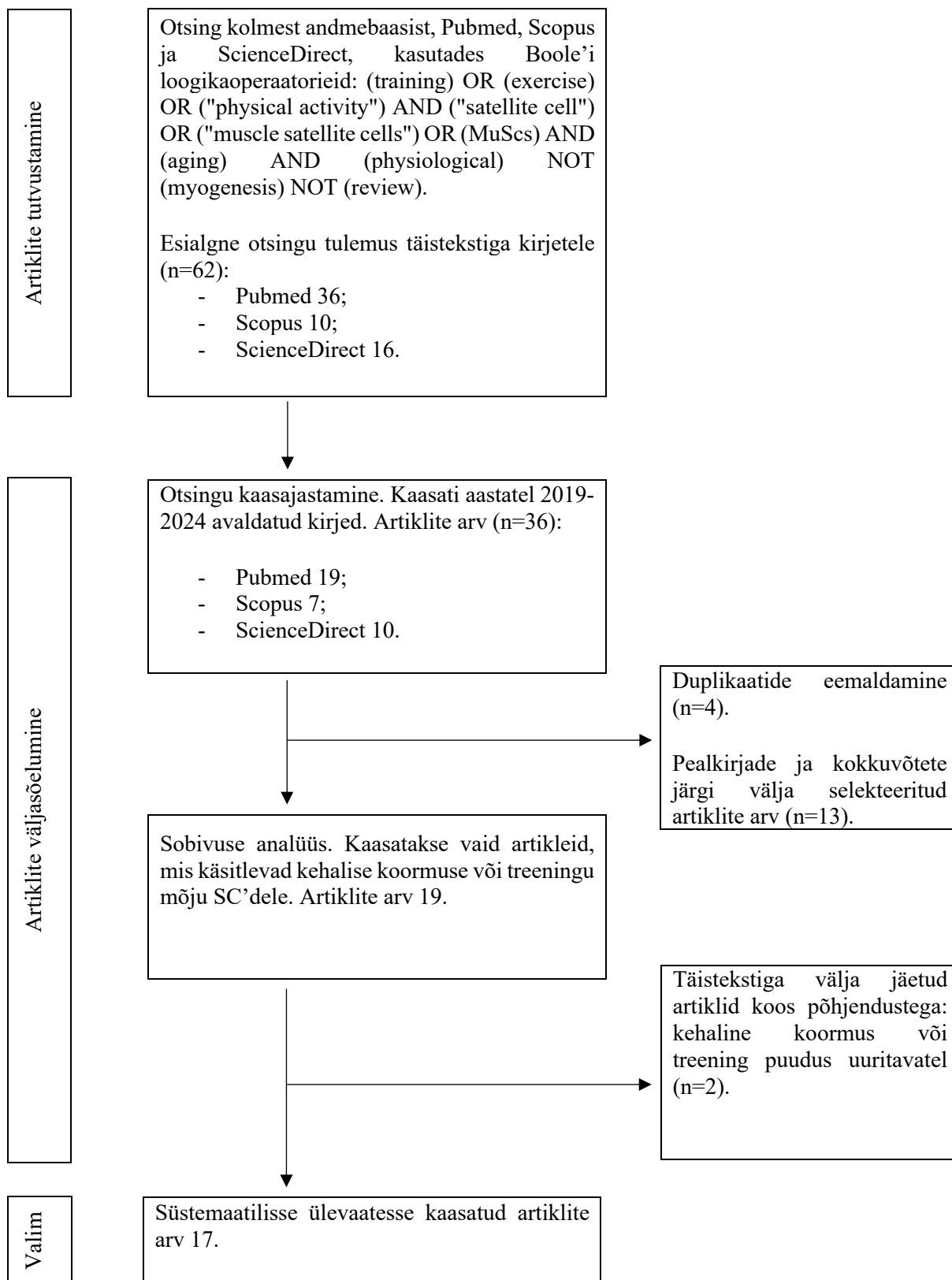
Andmebaasi Scopus ja Boole'i loogikaoperaatoreid kasutades teostati artiklite otsing järgnevate märksõnadega:

- *„Search within“: Keywords.*
- *„Search documents“: (training) OR (exercise) OR ("physical activity") AND ("satellite cell") OR ("muscle satellite cells") OR (MuScs) AND (aging) AND (physiological) AND NOT (myogenesis).*
- *„Filters“:*
 - *Review – exclude.*
 - *English – limit to.*

Andmebaasi ScienceDirect ja Boole'i loogikaoperaatoreid kasutades teostati artiklite otsing järgnevate märksõnadega:

- *„Find articles with these terms“: Exercise OR training OR “strength training” OR “physical activity” AND “muscle satellite cell” OR MuScs AND aging AND physiological.*
- *„Title, abstract OR author specifies keywords“: AND training AND “satellite cell” AND NOT review AND NOT myogenesis.*

Süsteemaatilise kirjandusülevaate koostamisel tugineti PRISMA-P (ingl k *Preferred Reporting Items for Systematic Review and Meta-Analysis Protocols*) juhendile, tõstmaks artiklite otsingu kvaliteeti ja meetoodikat (Moher et al., 2015). Magistritöösse kaasatavate teadusartiklite selekteerimise protsess on esitatud alljärgneval joonisel (joonis 3).



Joonis 3. Artiklite otsimis- ning selekteerimisprotsess

3.2.Uuringute metoodilise kvaliteedi hindamine

Uuringute metoodilise kvaliteedi hindamiseks kasutati PEDro (inglise k *Physiotherapy Evidence Database*) hindamismeetodit, mis sisaldab teadusartiklis kasutatud metoodika hindamiseks järgnevaid kriteeriume (Pedro, 2025):

1. Kirjeldatud on, kuidas toimus uuritavate värbamine, sh sissearvamise nõuded.
2. Uuritavad määrati rühmadesse juhuslikkuse alusel.
3. Uuritavad määrati rühmadesse pimesi, st osalejate uuringusse värbamise hetkel ei teadnud läbiviijad, kuhu rühma konkreetne osaleja satub.
4. Uuringurühmad olid enne sekkumist peamiste näitajate osas sarnased, st prognoositavad tulemused ilma sekkumiseta tulnuks sarnased.
5. Uuritavad ei teadnud, millisesse rühma nad määrati.
6. Sekkumiste läbiviijad ei teadnud, millisesse rühma uuritav kuulus.
7. Mõõtmiste teostajad ei teadnud, millisesse rühma uuritav kuulus.
8. Vähemalt üks uuringutulemus oli mõõdetud vähemalt 85%-il uuritavatest.
9. Kõik uuritavad, kelle andmeid analüüsis kasutati, läbisid neile määratud kontrollrühma või uuringurühma protokollid.
10. Rühmadevaheliste tulemuste võrdluses on kõrvutatud vähemalt üht olulist näitajat.
11. Vähemalt ühe uuringutulemuse kohta on välja toodud nii mõõtmistulemused kui ka standardhälve, -viga, usalduspiir, kvartiilide vahe.

Kriteeriumi eest antakse punkt siis, kui töö lugemisel on selgelt arusaadav, et kriteerium on rahuldatud. Vastasel juhul punkti määrata ei tohiks. Maksimaalne punktiskoor on 10, sest esimest kriteeriumit punktiskoori arvestamisse ei loeta (Pedro, 2025).

3.3.Artiklite tõenduspõhisuse hindamine

Töösse kaasatud artiklite tõenduspõhisuse tasemete määramiseks kasutati Sackett skaalat (tabel 1), mis oli kohandatud PEDro kvaliteedi hindamismeetodi järgi (Silverman *et al.*, 2012).

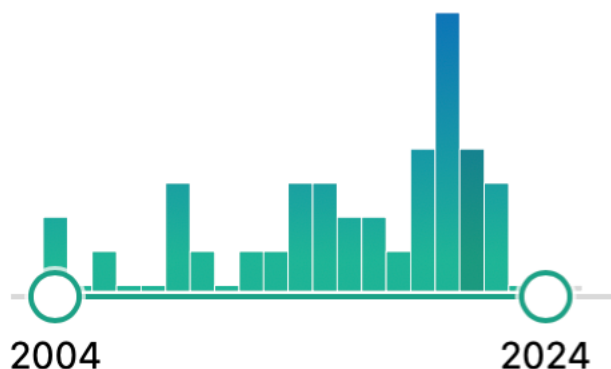
Tabel 1. Sackett skaala (Modifitseeritud Silverman *et al.*, 2012; Van Niekerk, 2014)

Tase	Uuringu disain
1	Randomiseeritud kontrolluuring (PEDro ≥ 6)
2	Randomiseeritud kontrolluuring (PEDro < 6), mitte-randomiseeritud kontrolluuring, prospektiivne kontrolluuring, kohortuuring
3	Juhukontrolluuring
4	Ühe rühmaga <i>pre-post</i> disainiga uuring; juhtuuring
5	Juhtumianalüüs

4. TÖÖ TULEMUSED

4.1. Uuringute metoodilise kvaliteedi ja tõenduspõhisuse hindamise tulemused.

Esialgse otsingu tulemusena leiti 62 täistekstiga teadustööd, millest 36 oli Pubmed'is, 10 oli Scopus'es ja 16 oli ScienceDirect'is. Pubmed'i 36-st artiklist oli viimase 10 aasta jooksul kirjutatud 26 artiklit, viimase 5 aasta jooksul 15 artiklit (joonis 4). Kõige enam (n=8) oli artikleid kirjutatud 2020. aastal (joonis 4). Artiklite väljasõelumisprotsessi tulemusel kaasati käesolevasse töösse 17 artiklit, mis vastasid otsingukriteeriumitele. Pubmed'is oli antud uuringusse sobivad artikleid 9, Scopus'es 2 ning ScienceDirect'is 6. Töösse kaasatud uuringud jagunesid kvaliteedi ja tõenduspõhisuse osas viide erinevasse klassi ning kahte kvaliteedi kategooriasse (tabel 2). A kategooria ehk kõige kvaliteetsema kategooria moodustasid artiklid PEDro skooriga 6 või rohkem, tõenduspõhisuse tasemega 1. Artiklid, mis olid tõenduspõhisuse astmega 2 ja enam ning PEDro skooriga 5 või vähem said määratud B kategooriasse.



Joonis 4. Pubmed otsingumootori tulemus (Pubmed, 2025)

Tabel 2. Töös kasutatud artiklite kvaliteedi ja tõenduspõhisuse hindamine. Metoodilise kvaliteedi hindamiseks kasutatud PEDro skoor 10-palli skaalal. Tõenduspõhisuse hindamise tase 1-5, Sackett skaalal, kusjuures tase 1 on kõige tõenduspõhisem. Kategooria A ja B artiklite üldiseks liigendamiseks

Kvaliteedi kategooria	PEDro skoor	Tõenduspõhisuse tase	Artiklid
A	7	1	3
	6	1	4
B	5	2	6
	5	4	3
	6	4	1

4.2.Vaatlusalused

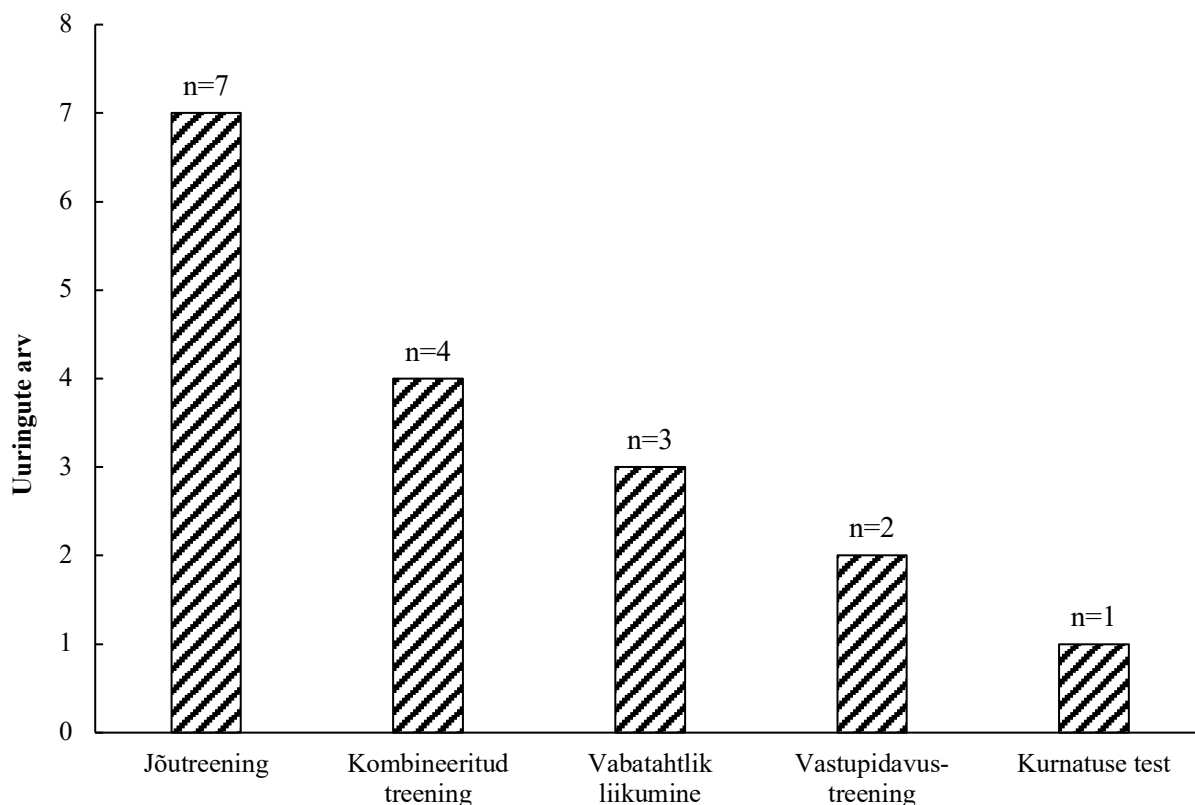
Käesolevasse töösse kaasatud 17-st uuringust üheteistkümmel oli uuritavateks inimesed, viiel hiired ning ühel uuringul rotid.

Inimeste peal tehtud uuringutes uuriti mehi (n=7), naisi (n=1) või mõlemaid koos (n=3). Uuringutes vaadeldi nii terveid täiskasvanuid (n=8) kui ka haigustunnustega täiskasvanuid (n=3). Uuritavateks olid peamiselt vanemad täiskasvanud (n=6), kuid leidis ka uuringuid, kus osalejad olid ainult noored (n=2) või mõlemad (n=3), noored ja vanad.

Lisaks inimesele uuriti ka laboriloomi (rotid n=1, hiired n=5). Kaasati nii emaseid (n=3) kui isaseid (n= 2) katseloomi, ühel juhul polnud sugu öeldud. Vanuselisel olid katseloomad noored (n=1), noored täiskasvanud (n=1), vanad (n=2) või mõlemad (n=2), noored ja vanad.

4.3.Kehaline koormus

Uuringud jagunesid nendes kasutatud kehalise koormuse iseloomu järgi viide erinevasse kategooriasse. Kõige enam kasutati jõutreeningut erineva kestuse ja intensiivsusega. Kuues uuringus oli vaatlusaluseks inimene ja ühel hiir. Kombineeritud treeningu uuringutes olid vaatlusaluseks inimesed. Kolmel uuringul oli koormuseks jõutreening koos vastupidavustreeninguga ja ühel uuringul intervalltreening koos jõutreeninguga. Vabatahtlikku liikumist kasutati kolmes uuringus, kus hiirtel oli vaba juurdepääs jooksurattale. Vastupidavustreeningut kasutati kahes uuringus, millest ühel oli uuritavateks inimesed ja teisel rotid. Kurnatustesti kasutati hiirtel ühes uuringus, kus hiired eemaldati jooksurajalt väsimuse tekkimisel ehk nad ei reageerinud enam viiele järjestikusele stiimulile (Ding *et al.*, 2021).



Joonis 5. Artiklites kasutatud kehalised koormused (n=17)

4.4. Vananemise mõju

Kaasatud 17-st uuringust uuriti vananemise mõju üheteistkümnes uuringus, millest kaheksal olid uuritavad inimesed ja kolmel hiired. Uuringud jagunesid kolme suuremasse gruppi, kus võrreldi omavahel noori ja vanu (n=4), uuriti vaid terveid vanemaid täiskasvanuid (n=4) või uuriti ainult haigustunnustega vanemaid täiskasvanuid (n=3).

5. ARUTELU

Antud süstemaatilisse ülevaatesse kaasati 17 artiklit, kus käsitleti kehalise koormuse ja/või vananemise mõju SC'dele. Uuringud erinesid kehalise aktiivsuse, ajalise kestuse, treeningkorduste arvu ja uuritavate vanuse poolest. Metoodilise kvaliteedi ja tõenduspõhisuse osas jaotusid kirjed kahte suuremasse kategooriasse: kõrgema kvaliteediga A kategooria artiklid (n= 7), millest kolmel olid uuritavateks inimesed ja neljal laboriloomad, ning madalama kvaliteediga B kategooria artiklid (n=10), millest kaks oli tehtud hiirte peal ning 8 inimeste peal.

Magistritöösse kaasati nii inimesed (n=11) kui ka laboriloomad (n=6). On teada, et inimese ja hiire SC'd ekspresseerivad sarnaseid markereid (Boldrin *et al.*, 2010) ning sarnaselt hiirele on inimese skeletilihased võimelised taastuma (Boldrin *et al.*, 2010). Seetõttu on käesolevasse uuringusse kaasatud ka laboriloomad, sest arusaam hiirte SC'de olemusest on laiem kui inimestel ja hästi iseloomustatud ning rottide peal tehtud uuringud annavad ülevaate SC'de mehhanismidest (Bareja & Billin, 2013).

5.1. Kehalise koormuse mõju

Käesoleva magistritöö üheks ülesandeks oli analüüsida kehalise koormuse mõju SC'dele. Kõige enam kasutati jõutreeningut (n=7) ning A kategooria uuringuid oli kaks. Küll aga erinesid jõutreeningud üksteisest sekkumise ja ajalise kestuse poolest. Kõige enam kasutati 12 nädala pikkust sekkumist (n=2) ja ühekordset mõjustust (n=2). Sellegi poolest erinesid 12 nädala pikkused sekkumised üksteisest treeningkordade arvu poolest. Nt ühel juhul toimusid treeningud 2 korda nädalas ning treeningu ajal kasutati verevarustuse piiramist (Jensen *et al.*, 2022), teisel juhul sooritati treeninguid kolm korda nädalas (Moro *et al.*, 2020). Ka ühekordse treeningu puhul kasutati ühes uuringus verevarustuse piiramist (inglise k, *Blood flow restriction*, edaspidi BFR) (Torma *et al.*, 2021), teisel juhul mitte (Jensen *et al.*, 2022). Lisaks eelnevale leidis veel 24-nädalane programm (n=1) kolme treeningkorruga nädalas (Snijders *et al.*, 2019), 36-nädalane programm (n=1) ja 8-nädalane programm (n=1). 36-nädalane treeningprogramm erines teistest kõige enam just selle poolest, et treeningnädalatele järgnes 12 nädalat puhkust ning seejärel alustati uuesti treeningutega. 8-nädalase programmiga uuring oli ainuke, kus jõutreening sooritati hiirtel jooksuratta raskust tõstes (Dungan *et al.*, 2022).

Pea kõikides uuringutes (n=5), kus kasutati jõutreeningut, märgati vähemalt ühte positiivset muutust, nt suurenes SC'de hulk, suurenes suhe kiu pindalasse või suurenes pax7 mRNA tase, v.a kahel juhul (Draganidis *et al.*, 2021; Jensen *et al.*, 2022). Nendes uuringutes, kus leiti positiivne seos SC'le või SC markeritele, suurenes lihasjõud, lihassmass või märgati lihashüpertroofia teket. Sarnaselt

siinse tööga on leitud, et jõutreening suurendab tüvirakkude arvu ning regulaarne vastupanutreening võib suurendada SC' de arvu (Heidari *et al.*, 2023). Varasemad uuringud inimestel on näidanud, et iseegi madala aktiivsusega jõutreening võib positiivselt mõjutada SC' de aktiveerimist (Mackey *et al.*, 2011). On leitud, et 12-nädalane kerge koormusega treening suurendab SC' de arvu (Mackey *et al.*, 2011). Kuigi siinsesse uuringusse kaasati vaid 2 BFR uuringut, millest üks ei avaldanud mõju SC' dele ning teine avaldas. Siis varasemad uuringud on vastupanutreeningu ja osalise verevoolu piiramisega märganud SC' de arvu suurenemist (Nielsen *et al.*, 2012; Wernbom *et al.*, 2013).

Küll aga leidus artikleid, kus jõutreening ei avaldanud mõju SC' dele (n=2). Kui positiivseid leide avastanud artiklite puhul oli uuritavateks terved vanemad täiskasvanud, siis antud uuringutes oli ühtedel suurenenud süsteemne põletik (inglise k *Elevated systemic inflammation*, edaspidi ESI (Draganidis *et al.*, 2021) ning teisel juhul inklusioonkeha müosiit (inglise k *Sporadic inclusion body myositis*, edaspidi sIBM) (Jensen *et al.*, 2022). ESI korral leiti, et SC' de hulk ja ka pax7 SC' de arv lihaskiu kohta oli väiksem (Draganidis *et al.*, 2021). SIBM' i puhul ei avaldanud BFR treening mingit mõju (Jensen *et al.*, 2022). Varasemad uuringud on toonud välja, et SC' de vähesus hiirtel viib regeneratsiooni ebaõnnestumiseni ning erinevate lihaste funktsiooni häireteni (Chen & Shan, 2019). Nt võivad SC' de signaali häired viia Duchenne' i lihaskiudude düstroofiani (Chen & Shan, 2019).

Teine kõige enam kasutatud kehaline koormus oli kombineeritud treening (n=4). Kombineeritud treening kujutab endast erinevate treeningute, nt jõutreeningu ja vastupidavustreeningu, kombineerimist periodiseeritud treeningprogrammis, et suurendada füüsilisi sooritusvõime aspekte (Moghadam, *et al.*, 2020). Sarnaselt jõutreeningule erinesid ka kombineeritud treeningud üksteisest ajalise kestuse poolest. Treeningprogrammid kestsid peamiselt 12 nädalat (n=2) või 8 nädalat (n=2). Sekkumise poole pealt sarnanesid 12-nädalase programmi treeningud, sest treeninguid oli ühes nädalas kolm. Siinses töös leiti kombineeritud treeningu puhul vastuolulisi tulemusi. Kaks uuringut leidsid, et treening suurendab SC' de hulka (Walton *et al.*, 2019) või SC' de markerite pax7 ja pax3 ekspressioon suurenes (Moghadam, *et al.*, 2020). Vastupidiseid tõendeid leidis aga Kilen *et al.* (2020) uurijad, kes märkasid et treening ei mõjutanud SC' de markerit pax7, ja Nederveen *et al.* (2020), kes avastasid et SC' de markerite aktiivsus hoopiski väheneb. Sarnaselt siinsetele leidudele on ka varasemalt tulemused olnud vastuolulised. Varasemates töödes on leitud, et kombineeritud treening ei mõjuta SC' sid (Pugh *et al.*, 2018). On leitud, et kuigi SC' de arv on suurenenud kombineeritud treeningu järgselt, siis üks treeningviis, nt jõutreening, suurendas nende arvu rohkem (Babcock *et al.*, 2012; Pugh *et al.*, 2018). Teised uurijad on leidnud, et kombineeritud treening ei avalda SC' dele mingit mõju, kuid võib mõjutada lihaste kasvu ja taastumise võimet, mis kaudselt hakkab SC' sid mõjutama (Shamim *et al.*, 2021). Samas on olemas ka uuring, mis tõestab et vastupidavustreeningu ja jõutreeningu kombineerimine suurendab nii üla- kui ka alakeha lihastes SC' de hulka (Verney *et al.*, 2008).

Käesolevas töös mõistetakse vabatahtliku liikumise all hiirte vabatahtlikku jooksuratta kasutamist vastupidavusvõime testimiseks (Anwar *et al.*, 2021) või sekkumisrühma treeninguna (Anwar *et al.*, 2021; Englund *et al.*, 2020; Wen *et al.*, 2021). Kõik uuringud (n=3) leidsid, et vabatahtlik liikumine mõjus SC'ele positiivselt. Nii Anwar *et al.* (2021) kui ka Englund *et al.* 2020 uurijad leidsid, et treeningujärgselt suurenes SC' de hulk. Wen *et al.* (2021) uurijad leidsid aga, et SC' de transkriptsiooni faktorid aktiveeruvad 24h jooksul peale mõjustust. Siinse tööga sarnaselt leidsid ka Brooks *et al.* (2009) oma uuringus, et vabatahtlik jooksuratta kasutamine suurendab SC' de aktiivsust ning aitab ka taastumisele kaasa. Küll aga tuleb tähele panna, et varasemad uuringud laboriloomade peal on aga näidanud, et SC' de sisalduse suurenemine on seotud pigem treeningu intensiivsuse kui kestusega (Kurosaka *et al.*, 2012).

Vastupidavustreeningut uuriti kahes artiklis. Ühes uuringus olid uuritavateks hiired (Wang *et al.*, 2020) ning teises uuringus olid uuritavateks inimesed (McKendry *et al.*, 2020). Vaatamata sellele, et mõjutuste poolest erinesid kaks uuringut täielikult, siis tulemuste osas oldi arvamusel, et vastupidavustreening ei mõjuta SC' sid. Wang *et al.* (2020) leidsid oma uuringus, et SC' des muutuseid ei kaasnenud koormuse järgselt. McKendry *et al.* (2020) leidsid oma uuringus, et eluaegne jooksmine ei mõjuta SC' de hulka. Lisaks uurisid McKendry *et al.* (2020) oma uuringus ka vananemise faktorit ning ka siin leidsid nad, et gruppide vahel ei leidunud erinevusi SC' de hulgas. Erinevalt siinsetele leidudele on varasemad uurimused leidnud, et vastupidavustreening suurendab SC' de arvu ja diferentseerumisvõimet (Kurosaka *et al.*, 2009; Shefer *et al.*, 2010; Cisterna *et al.*, 2016). Küll aga leidub ka uuring, mis väidab, et vastupidavustreening soodustab SC' de eneseuendamist, kuid pärsib SC' de diferentseerumist, mis on omakorda seotud soodsa reaktsiooniga lihase vigastusele (Abreu & Kowaltowski, 2020). Lisaks on leitud, et vastupidavustreening ei mõjuta II tüüpi diabeediga patsientide skeletilihaste koostist, lihaskiudude suurust ega ka SC' de hulka (Snijders, *et al.*, 2010). Arvatakse, et vastupidavustreening võib aidata leevendada vanusega seotud SC' de arvu ja müogeense võimekuse vähenemist (Shefer *et al.*, 2010).

Ühekordset kurnatuse testi *treadmill*'il kasutati ühes uuringus. Kurnatustesti alguses oli 20 minutit kohanemisaega tempos 10 m/min, seejärel suurendati tempot iga 20 minuti tagant 2 m/min. Protokoll lõpetati kui hiired ei reageerinud viiele järjestikusele stiimulile. Ding *et al.* (2021) leidsid, et transferrini retseptor on oluline satelliitrakkude aktivatsioonil. Küll aga märgati, et vananenud hiirte lihases on Tfr1 ekspressioon vähenenud nagu ka selle valguga tase vananenud hiirte SC' des (Ding *et al.*, 2021). Tfr1 deletsioon satelliitrakkudes kahjustab aga regeneratsiooni aktiveerimist (Ding *et al.*, 2021).

5.2. Vananemine

Antud magistrیتöös uuriti üheteistkümnes artiklis vananemist. Kõige enam uuriti terveid vanemad inimesi (n=4). Kolmes uuringus oli vaatlusaluseks inimene ning ühes hiired. Vaatamata sellele, et kõik uuringud erinesid üksteisest ajalise kestuse poolest, leiti antud artiklis, et füüsilise koormuse järgselt suurenes SC'de ja kapillaaride distantsi pindala (Moro *et al.*, 2020), SC'de arv ja pax7 suhe kiu pindalasse suurenes II tüüpi kiududes (Snijders *et al.*, 2019), suurenes SC'de hulk nii I kui II tüüpi kiududes (Snijders *et al.*, 2019) või suurenes SC'de hulk *Sol* lihases (Dungan *et al.*, 2022). Uuriti ka haigustunnustega vanemaid inimesi (n=3), kus leiti vastuolulisi tõendeid. Sarkopeenia tunnustega uuritavate puhul märgati 8-nädalase programmi järgselt SC'de markerite suurenemist. ESI diagnoosiga patsientidel märgati hoopiski SC'de hulga vähenemist. Vanematel sIBM diagnoosiga uuritavate puhul ei märgatud muutusi SC'des pärast jõutreeningut koos BFR'iga (Jensen *et al.*, 2022). Lisaks võrreldi ka noori ja vanu omavahel (n=3), kus leiti ka vastuolulisi tõendeid. Tervete inimeste peal läbi viidud uuringutes märgati, et SC markerite aktiivsus väheneb 12-nädalase treeningu järgselt (Nederveen *et al.*, 2020) või ei leitud erinevusi noorte ja vanade vahel (McKendry *et al.*, 2020). Küll aga leiti noorte ja vanade võrdluses, et eluaegne jooksmine ei vähenda SC'de hulka (McKendry *et al.*, 2020). Sarkopeenia tunnustega hiirte peal leiti aga, et prolifereeruvate SC'de hulk suurenes (Anwar *et al.*, 2021).

Kuigi antud töös leiti vastukäivaid tõendid, siis varasemad uuringud on leidnud, et treeningu kaudu on võimalik suurendada SC'de arvu ja see võib toetada paremat lihaste säilitamist (Shefer *et al.*, 2010). Eakatel on SC'de arv tuumade koguarvu suhtes oluliselt madalam kui noortel (Kadi *et al.*, 2004). SC'de arv võib vanusega väheneda, kuid see ei pruugi tingimata kajastada regeneratiivse võime languses (Chakkalakal & Brack, 2012). Lihaste regeneratiivse võime vähenemine on seotud rohkem SC'de sidekoelise keskkonna muutustest kui SC'de arvu ja funktsiooni vähenemisest (Chakkalakal & Brack, 2012). On leitud ka uuringuid, kus laboriloomadel ei vähene SC'de arv vanusega (Brooks *et al.*, 2009). Lisaks on veel leitud, et vananemine ei mõjuta SC'de reaktsiooni lihaste denervatsioonile (Dedkov *et al.*, 2003).

Antud magistrیتöö tugevuseks võib lugeda PRISMA-P juhiste järgi eelretsenseeritud teadusartiklite selekteerimist ning seejärel nende metoodilise kvaliteedi ja tõendus põhise hindamist. Töösse kaasati kolmest erinevast andmebaasist artikleid (n=17), millest 7 olid kõrge kvaliteediga ning kõik kirjed olid avaldatud aastatel 2019-2024.

Vananemise ja kehalise koormuse mõju SC'idele ei avaldu pelgalt nende arvu vähenemises või suurenemises. SC'ide aktiivuse hindamiseks kasutatakse erinevaid meetodeid, valgu ja mRNA tasemel läbi erinevate markerite ja kasvu ning transkriptsiooni faktorite. Sellest tulenevalt on keerukas hinnata kui ulatuslikult esitatud muutused mõjutavad raku tegevust. See on kahtlemata käesoleva töö üheks puuduseks.

6. JÄRELDUSED

1. Kehalise koormuse ja vananemise mõjust SC'ele oli aastatel 2019-2024 Pubmed, Scopus ja ScienceDirect andmebaasides 17 artiklit, millest 7 oli kõrgema kvaliteedi uuringud.
2. Kehalise koormuse positiivne mõju SC'ele ilmnes kümnes uuringus. Jõutreeningu järgselt viies, kombineeritud treeningu järgselt kahes ja pikaajalise vabatahtliku liikumise järgselt kolmes uuringus.
3. Vananemise mõju SC'ele ilmnes 9 uuringus. SC'de aktiivsus vähenes kolmes uuringus ning tõusis kuues uuringus.

KASUTATUD KIRJANDUS:

1. Abreu, P., Kowaltowski, A.J. (2020). Satellite cell self-renewal in endurance exercise is mediated by inhibition of mitochondrial oxygen consumption. *Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle.*, 11(6): 1661-1676. DOI: 10.1002/jcsm.12601
2. Abreu, P., Kowaltowski, A.J. (2020). Satellite cell self-renewal in endurance exercise is mediated by inhibition of mitochondrial oxygen consumption. *Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle.*, 11(6): 1661-1676. DOI: 10.1002/jcsm.12601
3. Anwar, M., Mallick, S., Paliwal, S., Shekhar, S., Panda, S.K., *et al.* (2021). Impact of physical activity on mitochondrial enzymes, muscle stem cell and anti-oxidant protein Sestrins in Sarcopenic mice. *Experimental Gerontology.*, 150: 111358. DOI: 10.1016/j.exger.2021.111358
4. Anwar, M., Mallick, S., Paliwal, S., Shekhar, S., Panda, S.K., *et al.* (2021). Impact of physical activity on mitochondrial enzymes, muscle stem cell and anti-oxidant protein Sestrins in Sarcopenic mice. *Experimental Gerontology.*, 150: 111358. DOI: 10.1016/j.exger.2021.111358
5. Babcock, L., Escano, M., D'Lugos, A., Todd, K., Murach, K., *et al.* (2012). Concurrent aerobic exercise interferes with the satellite cell response to acute resistance exercise. *American Journal of Physiology- Regulatory, Integrative and Comparative Physiology.*, 302(12):R1458-1465. DOI: 10.1152/ajpregu.00035.2012
6. Bareja, A., Billin, A.N. (2013). Satellite cell therapy – from mice to men. *Skeletal Muscle.*, 3(1): 2. DOI: 10.1186/2044-5040-3-2
7. Bazgir, B., Fathi, R., Valojerdi, M.R., Mozdziak, P., Asgari, A. (2017). Satellite cells contribution to exercise mediated muscle hypertrophy and repair. *Cell Journal.*, 18(4):473-484. DOI: 10.22074/cellj.2016.4714
8. Blocquiaux, S., Gorski, T., Van Roie, E., Ramaekers, M., Van Thienen, R., *et al.* (2020). The effect of resistance training, detraining and retraining on muscle strength and power, myofibre size, satellite cells and myonuclei in older men. *Experimental Gerontology.*, 133: 110860. DOI: 10.1016/j.exger.2020.110860
9. Boldrin, L., Francesco, M., Morgan, J.E. (2010). Are human and mouse satellite cells really the same? *Journal of Histochemistry and Cytochemistry.*, 58(11): 941-955. DOI: 10.1369/jhc.2010.956201
10. Brack, A.S., Muñoz-Cánoves, P. (2016). The ins and outs of muscle stem cell aging. *Skeletal Muscle.*, 6: 1. DOI: 10.1186/s13395-016-0072-z

11. Brooks, N.E., Schuenke, M.D., Hikida, R.S. (2009). No change in skeletal muscle satellite cells in young and aging rat soleus muscle. *The Journal of Physiological Sciences.*, 59(6): 465-471. DOI: 10.1007/s12576-009-0058-2
12. Chakkalakal, J.V., Brack, A.S. (2012). Extrinsic regulation of satellite cell function and muscle regeneration capacity during aging. *Journal of Stem Cell Research and Therapy.*, 11: 001. DOI: 10.4172/2157-7633.S11-001
13. Chakkalakal, J.V., Jones, K.M., Basson, M.A., Brack, A.S. (2012). The aged niche disrupts muscle stem cell quiescence. *Nature.*, 490(7420): 355-360. DOI: 10.1038/nature11438
14. Chang, N.C., Chevalier, F.P., Rudnicki, M.A. (2016). Satellite cells in muscular dystrophy – lost in polarity. *Trends in Molecular Medicine.*, 22(6): 479-496. DOI: 10.1016/j.molmed.2016.04.002
15. Chang, N.C., Rudnicki, M.A. (2014). Chapter six - satellite cells: the architects of skeletal muscle. *Current Topics in Developmental Biology*. In: Rendl M. *Current Topics in Developmental Biology*. (p.p 161-181). Elsevier.
16. Charifi, N., Kadi, F., Féasson, L., Denis, C. (2003). Effects of endurance training on satellite cell frequency in skeletal muscle of old men. *Muscle and Nerve.*, 28(1): 87-92. DOI: doi.org/10.1002/mus.10394
17. Chen, B., Shan, T. (2019). The role of satellite and other functional cell types in muscle repair and regeneration. *Journal of Muscle Research and Cell Motility.*, 40(1): 1-8. DOI: 10.1007/s10974-019-09511-3
18. Cisterna, B., Giagnacovo, M., Costanzo, M., Fattoretti, P., Zancanaro, C., *et al.* (2016). Adapted physical exercise enhances activation and differentiation potential of satellite cells in the skeletal muscle of old mice. *Journal of Anatomy.*, 228(5): 771-783. DOI: 10.1111/joa.12429
19. Dedkov, E.I., Borisov, A.B., Wernig, A., Carlson, B.M. (2003). Aging of skeletal muscle does not affect the response of satellite cells to denervation. *Journal of Histochemistry and Cytochemistry.*, 51(7):853-863. DOI: 10.1177/002215540305100701
20. Ding, H., Chen, S., Xiaohan, P., Dai, X., Pan, G., *et al.* (2021) Transferrin receptor 1 ablation in satellite cells impedes skeletal muscle regeneration through activation of ferroptosis. *Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle.*, 12(3): 746-768. DOI: 10.1002/jcsm.12700
21. Draganidis, D., Jamurtas, A.Z., Chondrogianni, N., Mastorakos, G., Jung, T., *et al.* (2021). Low-grade systemic inflammation interferes with anabolic and catabolic characteristics of the aged human skeletal muscle. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity.*, 2021: 8376915. DOI: 10.1155/2021/8376915

22. Dungan, C.M., Brightwell C.R., Wen, Y., Zdunek, C.J., Latham, C.M., *et al.* (2022). Muscle-specific cellular and molecular adaptations to late-life voluntary concurrent exercise. *Function.*, 3(4): zqac027. DOI: 10.1093/function/zqac027
23. Englund, D.A., Murach, K.A., Dungan, V.C.F., Vechetti Jr, I.J., *et al.* (2020). Depletion of resident muscle stem cells negatively impacts running volume, physical function, and muscle fiber hypertrophy in response to lifelong physical activity. *American Journal of Physiology Cell Physiology.*, 318(6): C1178-C1188. DOI: 10.1152/ajpcell.00090.2020
24. Frontera, W.R., Ochala, J. (2014). Skeletal muscle: a brief review of structure and function. *Calcified Tissue International.*, 96(3): 183-195. DOI: 10.1007/s00223-014-9915-y
25. Fry, C.S., Lee, J.D., Mula, J., Kirby, T.J., Jackson, J.R., *et al.* (2014). Inducible depletion of satellite cells in adult, sedentary mice impairs muscle regenerative capacity but does not contribute to sarcopenia. *Nature Medicine.*, 21(1): 76-80. DOI: 10.1038/nm.3710
26. Fu, X., Wang, H., Hu, P. (2015). Stem cell activation in skeletal muscle regeneration. *Cellular and Molecular Life Sciences.*, 72(9): 1663-1677. DOI: 10.1007/s00018-014-1819-5
27. Fukada, S., Higashimoto, T., Kaneshige, A. (2022) Differences in muscle satellite cell dynamics during muscle hypertrophy and regeneration. *Skeletal muscle.*, 12(1): 1-10. DOI: 10.1186/s13395-022-00300-0
28. Heidari, D., Shirvani, H., Bazgir, B., Shamsoddini, A. (2023). The resistance training effects on skeletal muscle stem cells in older adult: a systematic review and meta-analysis. *Cell Journal.*, 25(8): 513-523. DOI: 10.22074/CELLJ.2023.1986679.1206
29. Janssen, I., Heymsfield, S.B., Wang, Z.M., Ross, R. (2000). Skeletal muscle mass and distribution in 468 men and women aged 18-88 yr. *Journal of Applied Physiology.*, 89(1): 81-8. DOI: 10.1152/jappl.2000.89.1.81
30. Jensen, K.Y., Nielsen, J.L., Schrøder, H.D., Jacobsen, M., Boyle, E., *et al.* (2022). Lack of muscle stem cell proliferation and myocellular hypertrophy in sIBM patients following blood-flow restricted resistance training. *Neuromuscular Disorders.*, 32(6): 493-502. DOI: 10.1016/j.nmd.2022.04.006
31. Joannis, S., McKay, B.R., Nederveen, J.P., Scribbans, T.D., Gurd, B.J., *et al.* (2015) Satellite cell activity, without expansion, after nonhypertrophic stimuli. *American Journal of Physiology – Regulatori, Integrative and Comparative Physiology.*, 309(9): R1101-1111. DOI: 10.1152/ajpregu.00249.2015
32. Joannis, S., Snijders, T., Nederveen, J.P., Parise, G. (2018). The impact of aerobic exercise on the muscle stem cell response. *Exercise and Sport Sciences Reviews.*, 46(3): 180-187. DOI: 10.1249/JES.0000000000000153.

33. Kaczmarek, A., Kaczmarek, M., Cialowicz, M., Clemente, F.M., Wolański, P., *et al.* (2021). The role of satellite cells in skeletal muscle regeneration—the effect of exercise and age. *Biology.*, 10(10): 1056. DOI: 10.3390/biology10101056
34. Kadi, F., Charifi, N., Denis, C., Lexell, J. (2004). Satellite cells and myonuclei in young and elderly women and men. *Muscle and Nerve.*, 29(1): 120-127. DOI: 10.1002/mus.10510
35. Karlsen, A., Bechshøft, R.L., Malmgaard-Clausen, N.M., Andersen, J.L., Schjerling, P., *et al.* (2019). Lack of muscle fibre hypertrophy, myonuclear addition, and satellite cell pool expansion with resistance training in 83-94-year-old men and women. *Acta Physiologica.*, 227(1): e13271. DOI: 10.1111/apha.13271
36. Katz, B. (1961) The termination of the afferent nerve fibre in the muscle spindle of the frog. *Philosophical Transaction of the Royal Society of London.*, 703(243): 221-240. DOI: 10.1098/rstb.1961.0001
37. Kilen, A., Bay, J., Bejder, J., Andersen, A.B., Bonne, T.C., *et al.* (2020). Impact of low-volume concurrent strength training distribution on muscular adaptation. *Journal of Science and Medicine in Sport.*, 23(10): 999-1004. DOI: 10.1016/j.jsams.2020.03.013
38. Kurosaka, M., Naito, H., Ogura, Y., Kojima, A., Goto, K., *et al.* (2009). Effects of voluntary wheel running on satellite cells in the rat plantaris muscle. *Journal of Sports Science and Medicine.*, 8(1):51-57.
39. Kurosaka, M., Naito, H., Ogura, Y., Machida, S., Katamoto, S. (2012). Satellite cell pool enhancement in rat plantaris muscle by endurance training depends on intensity rather than duration. *Acta Physiologica.*, 205(1): 159-166. DOI: 10.1111/j.1748-1716.2011.02381.x
40. Lee, C., Woods, P.C., Paluch, A.E., Miller, M.S. (2024). Effects of age on human skeletal muscle: a systematic review and meta-analysis of myosin heavy chain isoform protein expression, fiber size, and distribution. *American Journal of Physiology-Cell Physiology.*, 327(6): C1400-1415. DOI: 10.1152/ajpcell.00347.2024
41. Lim, C.H., Luu, T.S., Phoung, L.Q., Jeong, T.S., Kim, C.K. (2017). Satellite cell activation and mTOR signaling pathway response to resistance and combined exercise in elite weight lifters. *European Journal of Applied Physiology.*, 117(11): 2355-2363. DOI: 10.1007/s00421-017-3722-x
42. Mackey, A.L., Holm, L., Reitelseder, S., Pedersen, T.G., Doessing, S., *et al.* (2011). Myogenic response of human skeletal muscle to 12 weeks of resistance training at light loading intensity. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports.*, 21(6): 773-782. DOI: 10.1111/j.1600-0838.2010.01178.x

43. Masschelein, E., D'Hulst, G., Zvick, J., Hinte, L., Soro-Arnaiz, I., *et al.* (2020) Exercise promotes satellite cell contribution to myofibers in a load-dependent manner. *Skeletal Muscle.*, 10(1): 21. DOI: 10.1186/s13395-020-00237-2
44. Mauro, A. (1961) Satellite cell of skeletal muscle fibers. *The Journal of Biochemical and Biochemical Cytology.*, 9(2): 493-495. DOI: 10.1083/jcb.9.2.493
45. Mckendry, J., Joanisse, S., Baig, S., Liu, B., Parise, G., *et al.* (2020). Superior aerobic capacity and indices of skeletal muscle morphology in chronically trained master endurance athletes compared with untrained older adults. *The Journals of Gerontology: Series A, Biological Sciences and Medical Sciences.*, 75(6): 1079-1088. DOI: 10.1093/gerona/glz142
46. Millay, D.P. (2022). Regulation of the myoblast fusion reaction for muscle development, regeneration, and adaptations. *Experimental Cell Research.*, 415(2): 113134. DOI: 10.1016/j.yexcr.2022.113134
47. Moghadam, B.H., Bagheri, R., Ashtary-Larky, D., Tinsley, G.M., Eskandari, M., *et al.* (2020). The effects of concurrent training order on satellite cell-related markers, body composition, muscular and cardiorespiratory fitness in older men with sarcopenia. *The Journal of Nutrition, Health and Aging.*, 24(7): 796-804. DOI: 10.1007/s12603-020-1431-3
48. Moher, D., Shamseer, L., Clarke, M., Ghersi, D., Liberati, A. *et al.* (2015). Preferred reporting items for systematic review and meta-analysis protocols (PRISMA-P) 2015 statement. *Systematic reviews.*, 4: 1. DOI: 10.1186/2046-4053-4-1
49. Moro, T., Brightwell, C.R., Volpi, E., Rasmussen, B.B., Fry, C.S. (2020). Resistance exercise training promotes fiber type-specific myonuclear adaptations in older adults. *Journal of Applied Physiology.*, 128(4): 795-804. DOI 10.1152/jappphysiol.00723.2019
50. Motohashi, N., Asakura, A. (2014). Muscle satellite cell heterogeneity and self-renewal. *Frontiers in Cell and Development Biology.*, 2(JAN): 1. DOI: 10.3389/fcell.2014.00001
51. Nederveen, J.P., Joanisse, S., Thoms, A.C.Q., Snijders, T., Manta, K., *et al.* (2020). Age-related changes to the satellite cell niche are associated with reduced activation following exercise. *The FASEB Journal.*, 34(7): 8975-8989. DOI 10.1096/fj.201900787R
52. Nielsen, J.L., Aagaard, P., Bech, R.D., Nygaard, T., Hvid, L.G., *et al.* (2012). Proliferation of myogenic stem cells in human skeletal muscle in response to low-load resistance training with blood flow restriction. *The Journal of Physiology.*, 590(17): 4351-4361. DOI: 10.1113/jphysiol.2012.237008
53. Phua, W.W.T., Wong, M.X.Y., Liao, Z., Tan, N.S. (2018). An aPPARent functional consequence in skeletal muscle physiology via peroxisome proliferator-activated receptors. *International Journal of Molecular Sciences.*, 19(5): 1425. DOI: 10.3390/ijms19051425

54. Physiotherapy Evidence Database. (2025, 2.veebruari) PEDro. URL: <https://pedro.org.au/english/resources/pedro-scale/>
55. Pugh, J.K., Faulkner, S.H., Turner, M.C., Nimmo, M.A. (2018). Satellite cell response to concurrent resistance exercise and high-intensity interval training in sedentary, overweight/obese, middle-aged individuals. *European Journal of Applied Physiology.*, 118(2):225-238. DOI: 10.1007/s00421-017-3721-y
56. Roth, S.M., Martel, G.F., Ivey, F.M., Lemmer, J.T., Tracy, B.L., *et al.*, (2001). Skeletal muscle satellite cell characteristics in young and older men and women after heavy resistance strength training. *The Journals of Gerontology: Series A.*, 56(6): B240-247. DOI: 10.1093/gerona/56.6.b240
57. Sacco, A., Puri, P.L. (2015). Regulation of muscle satellite cell function in tissue homeostasis and aging. *Cell Stem Cell.*, 16(6): 585-587. DOI: 10.1016/j.stem.2015.05.007
58. Salemi, S., Prange, J.A., Baumgartner, V., Mohr-Haralampieva, D., Eberli, D. (2022). Adult stem cell sources for skeletal and smooth muscle tissue engineering. *Stem Cell Research & Therapy*, 13(1): 156. DOI: 10.1186/s13287-022-02835-x
59. Shamim, B., Camera, D.M., Whitfield, J. (2021). Myofibre hypertrophy in the absence of changes to satellite cell content following concurrent exercise training in young healthy men. *Frontiers in Physiology.*, 12: 625044. DOI: 10.3389/fphys.2021.625044
60. Shefer, G., Rauner, G., Yablonka-Reuveni, Z., Benayahu, D. (2010). Reduced satellite cell numbers and myogenic capacity in aging can be alleviated by endurance exercise. *Plos One.*, 5(10): e13307. DOI: 10.1371/journal.pone.0013307
61. Silverman SR, Schertz LA, Yuen HK, Lowman JD, Bickel CS (2012). Systematic review of the methodological quality and outcome measures utilized in exercise interventions for adults with spinal cord injury. *Spinal Cord.* 50 (10): 718-727. DOI: 10.1038/sc.2012.78
62. Snijders, T., Leenders, M., De Groot, L.C.P.G.M., Van Loon, L.J.C., Verdijk, L.B. (2019). Muscle mass and strength gains following 6 months of resistance type exercise training are only partly preserved within one year with autonomous exercise continuation in older adults. *Experimental Gerontology.*, 121: 71-78. DOI: 10.1016/j.exger.2019.04.002
63. Snijders, T., Verdijk, L.B., Hansen, D., Dendale, P., Van Loon, L.J.C (2010). Continuous endurance-type exercise training does not modulate satellite cell content in obese type 2 diabetes patients. *Muscle and Nerve*, 43(3): 393-401. DOI: 10.1002/mus.21891
64. Snijders, T., Verdijk, L.B., Smeets, J.S.J., McKay, B.R., Senden, J.M.G., *et al.* (2014). The skeletal muscle satellite cell response to a single bout of resistance-type exercise is delayed with aging in men. *GeroScience Official Journal of the American Aging Association.*, 26(4): 9699. DOI: 10.1007/s11357-014-9699-z

65. Zammit P.S. (2008) All muscle satellite cells are equal, but are some more equal than others? *Journal of Cell Science.*, 121 (18):2975-82. DOI: 10.1242/jcs.019661
66. Zammit, P.S., Golding, J.P., Nagata, Y., Hudon, V., Partridge, T.A., *et al.* (2004). Muscle satellite cells adopt divergent fates: a mechanism for self-renewal? *Journal of Cell biology.*, 166(3); 347-357. DOI: 10.1083/jcb.200312007
67. Torma, F., Gombos, Z., Fridvalszki, M., Langmar, G., Tarcza, Z., *et al.* (2021). Blood flow restriction in human skeletal muscle during rest periods after high-load resistance training down-regulates miR-206 and induces Pax7. *Journal of Sport and Health Science.*, 10(4): 470-477. DOI : 10.1016/j.jshs.2019.08.004
68. U.S. National Institutes of health's National Library of medicine (2025, 1.jaanuar). Pubmed. URL:
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/?term=%28training%29+OR+%28exercise%29+OR+%28%22physical+activity%22%29+AND+%28%22satellite+cell%22%29+OR+%28%22muscle+satellite+cells%22%29+OR+%28MuScs%29+AND+%28aging%29+AND+%28physiological%29+NOT+%28myogenesis%29+NOT+%28review%29>
69. Van Niekerk, S.M. (2014). Measuring the sitting posture of high school learners, a reliability and validity [Masters thesis] University of Stellenbosch. URL:
<https://scholar.sun.ac.za/server/api/core/bitstreams/0dc71d78-b4ab-4743-8b21-a8c6a7e43258/content>
70. Verdijk, L.B., Snijders, T., Drost, M., Delhaas, T., Kadi, F., *et al.* (2014). Satellite cells in human skeletal muscle; from birth to old age. *GeroScience Official Journal of the American Aging Association.*, 36(2): 545-547. DOI: 10.1007/s11357-013-9583-2
71. Verney, J., Kadi, F., Charifi, N., Féasson, L., Saafi, M.A., *et al.* (2008). Effects of combined lower body endurance and upper body resistance training on the satellite cell pool in elderly subjects. *Muscle and Nerve.*, 38(3): 1147-1154. DOI: 10.1002/mus.21054
72. Walton, R.G., Kosmac, K., Mula, J., Fry, C.S., Peck, B.D., *et al.* (2019). Human skeletal muscle macrophages increase following cycle training and are associated with adaptations that may facilitate growth. *Scientific Reports.*, 9(1): 969. DOI: 10.1038/s41598-018-37187-1
73. Wang, W., Hsieh, P., Farrar, R.P., Ivy, J.L. (2020). Co-ingestion of carbohydrate and whey protein induces muscle strength and myofibrillar protein accretion without a requirement of satellite cell activation. *Current Research in Physiology.*, 2: 12-21. DOI: 10.1016/j.crphys.2020.02.001
74. Wen, Y., Englund, D.A., Peck, B.D., Murach, K.A., McCarthy, J.J., *et al.* (2021). Myonuclear transcriptional dynamics in response to exercise following satellite cell depletion. *iScience.*, 24(8): 102838. DOI: 10.1016/j.isci.2021.102838

75. Wernbom, M., Apro, W., Paulsen, G., Nielsen, T.S., Blomstrand, E., et al. (2013). Acute low-load resistance exercise with and without blood flow restriction increased protein signalling and number of satellite cells in human skeletal muscle. *European Journal of Applied Physiology.*, 113(12): 2953-2965. DOI: 10.1007/s00421-013-2733-5

LISAD

Lisa 1. Kokkuvõtte töösse kaasatud artiklitest

Teadusartikkel	Mõjutus	Osalejad	Pax7/ SC markerid	SC hulk/ristlõike pindala	Treeningu mõju lihastele ja muudele olulistele näitajatele	Pedro skoor ja Sackett tase
Anwar <i>et al.</i> , 2021. Impact of physical activity on mitochondrial enzymes, muscle stem cell and anti-oxidant protein Sestrins in Sarcopenic mice. Kontrolluuring	SAR-INT grupil võimalik 10 nädalat vabatahtlikult jooksuratast kasutada.	6-8 nädala vanused isased (C57BL/6) hiired: - Y-CNTRL (12 kuud) - A-CNTRL (21 kuud) - SAR (21 kuud) - SAR-INT (24 kuud)		SAR-int grupil ↑ prolifereeruvate sateliirakkude hulk.	- SAR-int grupis ↑ haardejõud 25%. - SAR-model grupil vähenes haardejõud 32% võrreldes A-CNTRL.	5/10 Tase2
Blocquiaux <i>et al.</i> , 2020. The effect of resistance training, detraining and retraining on muscle strength and power, myofibre size, satellite cells and myonuclei in older men. Kontrolluuring	36 nädalane mõjustus: - 12 nädalat jõutreeningut - 12 nädalat treeninguta - 12 nädalat jõutreeningut Ühe treeningu pikkus 60min.	40 tervet vanemat meest: - kontrollgrupp 10 - uuritav grupp 30	12 nädalase treeningujärgselt Pax7 ↑ I tüüpi kiududes. Detrainingu mõjul vähenes pax7 II tüüpi kiududes. Retraining mõjul ↑ pax7 nii I kui ka II tüüpi kiududes.	Sateliirakkude arv Pax7 suhe kiu pindalasse ↑ II tüüpi kiududes.	Uuritaval grupil paranes põlve ekstensiooni jõud ja võimsus jõutreeningu järgselt.	5/10 Tase 2

Draganidis <i>et al.</i> , 2021. Low-Grade Systemic Inflammation Interferes with Anabolic and Catabolic Characteristics of the Aged Human Skeletal Muscle. Pre and Post	Ühekordne jõutreening	21 vanemat tervet meest (65-75a): - ESI grupp, plasma näitaja hs-CRP > 1mg/L (10 meest) - kontrollgrupp, plasma näitaja hs-CRP < 1mg/L ehk (11 meest)	Pax7 arv ↓	Sateliitrakkude hulk väiksem ESI grupis. Pax7 sateliitrakkude arv lihaskiu kohta oli väiksem ESI grupis.	-	6/10 Tase 4
Ding <i>et al.</i> , 2021. Transferrin receptor 1 ablation in satellite cells impedes skeletal muscle regeneration through activation of ferroptosis. Kontrolluuring	Jooksuraja kurnatuse test? väsimuse test?: - Kohanemiseks alustati kiirusel 10m/min, kestis 20min. - Iga 20min tagant suurnedati kiirust 2m/min kuni tekkis väsimusreaktsioon (<i>fatigue response initiated</i>) - protokoll lõpetati, kui hiired ei reageerinud enam viiele järjestikkusele väsimusstiimulile.	Hiired 2 nädala vanused (n=3) ja 80 nädala vanused (n=3): - <i>Tfr1SC/WT</i> - <i>Tfr1 SC/KO</i>	-	Tfr1 on oluline sateliitrakkude aktivatsioonil. Vanadel hiirtel on Tfr1 ekspressioon oluliselt madalam.	-	5/10 Tase 2
Dungan <i>et al.</i> , 2022. Muscle-Specific Cellular and Molecular Adaptations to Late-Life Voluntary	8 nädalane mõjustus jooksurattal: - Jooksuratta raskus erinevatel nädalatel 1 nädalal - 2g 2.nädalal - 3g 3. nädalal - 4g 4.-8. nädal - 5g	22 kuu vanused terved (C57BL/6N) emased hiired: - treeninguga grupp - Istuv kontrollgrupp.	-	Sateliiraku hulk ↑ nii Sol kui ka Plant lihastes.	PoWeR grupis paranes isomeetriline lihasjõud.	7/10 Tase 1

Concurrent Exercise.						
Randomiseeritud kontrolluuring						
Englund <i>et al.</i> , 2020. Depletion of resident muscle stem cells negatively impacts running volume, physical function, and muscle fiber hypertrophy in response to lifelong physical activity.	Vaba juurdepääs jooksurattale.	39 täiskasvanut (viie kuu vanust) emast Pax7-DTA hiirt. - istuv rühm, lukustatud jooksurattaga - jooksupgrupp, juurdepääs jooksurattale	-	13 nädalase aktiivsuse järgselt ↑ sateliitrakkude hulk ja tihedus Plant ja Sol lihastes.	-	6/10 Tase 1
Randomiseeritud kontrolluuring						
Walton <i>et al.</i> , 2019. Human skeletal muscle macrophages increase following cycle training and are associated with adaptations that may facilitate growth.	12 nädalane EET training: - 3x nädalas - ühe treeningu kestus 45minutit. - 65% vo2max *Jõutreening treening 2-3 päeva enne 12 nädalast vastupidavustreeningut ning 3 päeva pärast treeningnädalat.	23 naist (26-68a), kellel on insuliinitundlikkus	-	- Treeningujärgselt ↑ sateliitrakkude arv. - Sateliiraku kiudude vaheline diameeter ↑.	-	5/10 Tase 4
Pre and Post						
Jensen <i>et al.</i> , 2022. Lack of muscle stem cell proliferation and myocellular hypertrophy in sIBM patients	12 nädalane madala koormusega BFR'iga jõutreening: 2x nädalas - treeningute vahe vähemalt 48h	22 sIBM diagnoosiga vanemat patsienti (M+N; 67,5 ± 6.5a): - koormusega uuritav grupp (11) - treeninguta kontrollgrupp (11)	-	12 nädalane treening BFR'iga ei avaldanud mõju sateliirakkudele.	Ei täheldatud lihase hüpertroofiat treeninguga rühmal.	7/10 Tase 1

following blood-flow restricted resistance training. Randomiseeritud kontrolluuring						
Kilen <i>et al.</i> , 2020. Impact of low-volume concurrent strength training distribution on muscular adaptation. Randomiseeritud kontrolluuring	9 nädalane treeningprogramm: - Mikrotreening: Lisaks standard treeningule tuli nädalas sooritada 4x 15min jõutreeningut ja 4x15min vastupidavus/aeroobset treeningut. - Klassikaline treening: Lisaks standard treeningule 1x 60min jõutreeningut ja 1x60min aeroobset treeningut. - Kontrollgrupp: Ainult standard treening.	290 kaitseväge ajateenijat (286 meest ja 4naist, vanus 20.9 ± 1.4a): - mikrotreening (95) - klassikaline treening (95) - kontrollgrupp (100)	Pax7 ei muutnud.	- Sateliirakkude hulk (content) ei paranenud. - Muutused ainult kombineeritud tulemustes!	SMM: ↑ PBF: ↓	7/10 Tase 1
McKendry <i>et al.</i> , 2020. Superior Aerobic Capacity and Indices of Skeletal Muscle Morphology in Chronically Trained Master Endurance Athletes Compared With Untrained Older Adults	Eluaegne jooksmine	Terved mehed: - 15 treenimata noort meest (20a±2.7a) - 12 vanemat treenimata meest (67.1±6.4a) - 14 meest vastupidavustreeningu taustaga (69.8±4.1a)	-	- Gruppide vahel SC hulgas erinevusi ei leitud. - Eluaegne jooksmine ei vähenda SC hulka	VO2max oli oluliselt kõrgem noortel treenimata meestel ja vastupidavustreeningu taistaga meeste grupil võrreldes vanemate treenimata meeste grupil.	5/10 Tase 2

Kontrolluuring						
Moghadam <i>et al.</i> , 2020. The effects of concurrent training order on satellite cell related markers, body composition, muscular and cardiorespiratory fitness in older men with sarcopenia. Randomiseeritud kontrolluuring	8 nädalane treening: - 3x nädalas. - treeningute vahe minimaalselt 48h. - Jõutreening algas 55% ühest maksimaalsest kordusest ning liikus 70% maksimaalsest kordusest (1one-rep max or 1RM) - Vastupidavustreening rattal	30 vanemat meest sarkopeeniaga (60-70a): - vastupidavus- ja jõutreening (E+R) - Jõu- ja vastupidavustreening (R+E) - kontrollgrupp treeninguta	- Pax7 ekspressioon ↑ mõlemas treeninguga grupis. E+R > R+E - Pax3 eksoressioon ↑ mõlemas treeninguga grupis. E+R > R+E	-	SMM: ↑ PBF: ↓	6/10 Tase 1
Moro <i>et al.</i> , 2020. Resistance exercise training promotes fiber type-specific myonuclear adaptations in older adults. Pre and Post	12 nädalane progreseeruv jõutreening (RET): 3x nädalas progreseeruv kogu keha treening	19 vanemat tervet täiskasvanut (71.1±4.4a): - 10 meest - 9naist	-	Treeningu mõjul: - Ristlõike pindala ↑ - Kapillaaride ja SC tüüp I kiu distantssi pindala ↑ - Kapillaaride ja SC tüüp II kiu distantssi pindala ↓	SMM: ↑	5/10 Tase 4
Nederveen <i>et al.</i> , 2020. Age-related changes to the satellite cell niche are associated with reduced activation following exercise Kontrolluuring	12 nädalane treening: 2x nädalas jõutreening 1x nädalas kõrge intensiivsusega intervall treening järelvalvega	10 noort tervet meest (21±1a) 40 vanemat tervet meest: - 16 vanemat meest treeninguta grupis (68±1a) - 24 vanemat meest treeninguga grupis (73±1a)	Sateliiraku markerite aktiivsus ↓ treeningujärgselt.	-	SMM: ↑	5/10st Tase 2

<p>Snijders <i>et al.</i>, 2019. Muscle mass and strength gains following 6 months of resistance type exercise training are only partly preserved within one year with autonomous exercise continuation in older adults.</p> <p>Kontrolluuring</p>	<p>Esialgne jõutreeningu programm oli 24 nädalane: - 3x nädalas - juhendamise/järevalvega</p> <p>*Pärast mida otsustasid osad jätkata treeningutega iseseisvalt ning teised otsustasid lõpetada.</p>	<p>53 vanemat tervet meest. 35 osalejat kellele tehti 1 aasta möödudes järelkonsultatsioon: - treeningu grupp (16) ehk inimesed kes jätkasid iseseisvalt treeninguga - stopp grupp (19) ehk inimesed kes ei jätkanud regulaarse treeninguga</p>	<p>Pax7 ↑ I ja II tüüpi kiududes</p>	<p>24 nädalane treening ↑ SC hulka (contenti) nii I kui ka II tüüpi kiududes.</p> <p>I aastane detraining viis näitajad lähteandmete tasemele või isegi madalamale.</p>	<p>24 nädalase treeningujärgselt ↑ kogu keha lihasmass. Ühe aasta kontrollis oli Lean mass algtasemele tagasi lanegenud kõikidel uuritavatel.</p>	<p>5/10 Kas Tase2 või Tase 4</p>
<p>Torma <i>et al.</i>, 2021. Blood flow restriction in human skeletal muscle during rest periods after high-load resistance training down-regulates miR-206 and induces Pax7.</p> <p>Pre and Post</p>	<p>Ühekordne mõjustus: - kükitreening - 7 seeriat 10kordust? - seeriade vaheline paus 2min - paremal jalal 1min BFR pausi ajal.</p>	<p>7 tervet noort meest (24.5±4.7a): Paremal jalal BFR Vasak jalg kontroll</p>	<p>Valgu tasemel pax7 ei muutu. ↑ pax7 mRNA tase.</p>	<p>-</p>	<p>BFR kasutamine treeningu seeriapausidel ↑ lihase hüpertroofia ja lihaste paranemise geeniekspressiooni.</p>	<p>5/10 Tase 4?</p>
<p>Wang <i>et al.</i>, 2020. Co-ingestion of carbohydrate and whey protein induces muscle strength and myofibrillar</p>	<p>Vastupidavustreeningu programm: - Redeli ronimine, redelil kõrgust 1m, astmed 2cm ja redeli kallak 85*. - 3 korduvat treeningut, mille vahel üks päev puhkust.</p>	<p>31 isast <i>Sprague-Dawley</i> rott (2 kuu vanused):</p>	<p>-</p>	<p>Satelliitrakkudes muutuseid ei kaasnud koormuse järgselt</p>	<p>Paranes lihase ja lihaskiudude ristlõike pindala treeningujärgselt.</p>	<p>6/10 Tase 1</p>

protein accretion without a requirement of satellite cell activation.

- Vastavalt treeningust oli saba külge kinnitatud 50, 60 või 70% nende kehamassist.

Pre and Post

Wen <i>et al.</i> , 2021. Myonuclear transcriptional dynamics in response to exercise following satellite cell depletion. Randomiseeritud kontrolluuring	Vaba juurdepääs jooksurattale.	Emased Pax7-DTA hiired (5 kuu vanused) - istuv rühm (lukustatud jooksurattaga) - jooksugrupp (juurdepääs jooksurattale)	-	Sateliitrakkude transkriptsiooni faktorid aktiveeruvad 24h jooksul peale mõjustust. Valgulisel tasemel muutusi ei vaadeldud.	-	6/10 Tase 1
---	--------------------------------	---	---	--	---	----------------

Y-CNTRL – noored kontrollgrupp, A-CNTRL – kontrollgrupp, SAR – Sarkopeenia ja proteiini defitsiidiga kontrollgrupp, SAR-INT – sarkopeenia ja proteiini defitsiidiga mõjutuse järgne grupp, ↑ suurenes, ↓ vähenes, Sol- *Musculus soleus*, Plant- *musculus plantaris*, ESI – suurenenud süsteemne põletik, sIBM – inklusioonkeha müosiit, BFR – verevarustuse piiramisega treening, SMM - lihassmass, PBF – keha rasvaprotsent

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, Liis Grete Atonen,

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) minu loodud teose „Kehalise aktiivsuse ja vananemise mõju satelliitrakkudele: teaduskirjanduse süstemaatiline ülevaade“ (Impact of physical activity and aging on satellite cells: systemic literature review), mille juhendaja on PhD Raivo Puhke, reprodutseerimiseks eesmärgiga seda säilitada, sealhulgas lisada digitaalarhiivi DSpace kuni autoriõiguse kehtivuse lõppemiseni.
2. Annan Tartu Ülikoolile loa teha punktis 1 nimetatud teos üldsusele kättesaadavaks Tartu Ülikooli veebikeskkonna, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace kaudu Creative Commons'i litsentsiga CC BY NC ND 4.0, mis lubab autorile viidates teost reprodutseerida, levitada ja üldsusele suunata ning keelab luua tuletatud teost ja kasutada teost ärieesmärgil, kuni autoriõiguse kehtivuse lõppemiseni.
3. Olen teadlik, et punktides 1 ja 2 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.
4. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei riku ma teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse õigusaktidest tulenevaid õigusi.

Liis Grete Atonen
21.05.2025