

**SUBJEKTIIVISEN STRESSIN YHTEYS VOIMAHARJOITTELUSSA
KEHITTYMISEEN**

Kaisa Liikanen

Liikuntafysiologian pro gradu -tutkielma
Liikuntatieteellinen tiedekunta
Jyväskylän yliopisto
Kevät 2024

TIIVISTELMÄ

Liikanen, K. 2024. Subjekttiivisen stressin yhteys voimaharjoittelussa kehittymiseen. Liikuntatieteellinen tiedekunta, Jyväskylän yliopisto, Liikuntafysiologian pro gradu -tutkielma, 72 s., 3 liitettä.

Tässä pro gradu -tutkielmassa tutkittiin voimaharjoitusjakson aikaisia muutoksia lihasvoimassa, lihasten poikkipinta-alassa, kehon rasvattomassa massassa sekä subjekttiivisessä stressissä. Lisäksi tutkittiin voimaharjoittelujakson aikaisen subjekttiivisen stressin ja voimaharjoittelussa kehittymisen yhteyttä harjoittelemattomilla henkilöillä. Tutkimukseen osallistui voimaharjoittelua säännöllisesti harrastamattomia henkilöitä ($n = 44$), joiden ikä oli $32,3 \pm 4,9$ ja painoindeksi (BMI) oli $24,7 \pm 3,9$. Kaikkia tutkittavia tutkittiin 10 viikon harjoitusjakson ajalta, lisäksi kahtakymmentä tutkittavista tutkittiin 20 viikon jakson ajalta.

Sekä 10 että 20 viikon voimaharjoitusjaksolla harjoitukset suoritettiin kahdesti viikossa. Viiden viikon välein tutkittaville toteutettiin voimamittaukset jalkaprässissä sekä hauiskäännössä, ultraäänimittaukset kaksipäisen olkalihaksen ja uloimman reisilihaksen poikkipinta-alan selvittämiseksi sekä subjekttiivisen stressin kyselyt. Kehonkoostumusmittaukset tehtiin bioimpedanssianalyysillä (BIA) paastomittauksina 10 viikon välein. 20 viikkoa voimaharjoitelleet jaettiin subjekttiivisen stressikyselyn perusteella kahteen ryhmään: vähemmän stressiä kokeviin ja enemmän stressiä kokeviin.

Lihassoimassa sekä lihaksien poikkipinta-alassa havaittiin tilastollisesti merkitsevä kehitys niin 10 viikon kuin 20 viikonkin harjoitusjakson aikana ($p < 0,05$). Kehon rasvattomassa massassa havaittiin tilastollisesti merkitsevä kehitys 10 ja 20 viikon harjoitusjakson aikana ($p < 0,05$). Ainoastaan yhdellä subjekttiivisen stressin kyselyllä (PSS, perceived stress scale) havaittiin tilastollisesti merkitsevä muutos subjekttiivisessä stressissä 20 viikkoa harjoitelleella ryhmällä. Psykkisten voimavarojen kyselyn 10 viikon keskiarvon ja jalkaprässin yhden toiston maksimin (1 RM) tuloksen absoluuttisen muutoksen ($r = 0,477$, $p < 0,05$) sekä suhteellisen muutoksen ($r = 0,406$, $p < 0,05$) väliltä löydettiin positiivinen korrelaatio. Myös stressikyselyn 10 viikon keskiarvon ja jalkaprässin 1 RM tuloksen absoluuttisen muutoksen sekä suhteellisen muutoksen väliltä löydettiin tilastollisesti merkitsevä negatiivinen korrelaatio ($r = -0,460$, $p < 0,05$ sekä $r = -0,338$, $p < 0,05$). Vähemmän stressiä kokevan ryhmän ja enemmän stressiä kokevan ryhmän väliltä löydettiin tilastollisesti merkitsevä ero. Jalkaprässin 1 RM testituloksen suhteellinen muutos ($p < 0,05$) oli suurempi vähemmän stressiä kokevalla ryhmällä verrattuna enemmän stressiä kokevaan ryhmään.

Tulosten perusteella voimaharjoittelu aikaansaa kehitystä lihasvoimassa, kehon rasvattomassa massassa ja lihaksien poikkipinta-alassa harjoittelemattomilla henkilöillä. Subjekttiivisessä stressissä ei havaittu muutoksia 10 tai 20 viikon voimaharjoittelujakson aikana. Ainoastaan yhdessä kyselyssä (PSS) havaittiin pientä koetun stressin lisääntymistä, kun verrataan ensimmäistä ja viimeistä harjoitusviikkoa 20 viikkoa harjoitelleella ryhmällä. Matalampi subjekttiivinen stressi ja hyvät psyykkiset voimavarat elämässä vaikuttaisivat olevan yhteydessä suurempaan lihasvoiman kehittymiseen. Subjekttiivisellä stressillä ja voimaharjoittelussa kehitymisellä on mahdollisesti yhteys, mutta suurempiin johtopäätöksiin tarvitaan lisää tutkimustietoa.

Asiasanat: voimaharjoittelu, subjekttiivinen stressi, lihasvoima, lihasmassa

ABSTRACT

Liikanen, K. 2024. The connection between subjective stress and strength training development. Faculty of Sport and Health Sciences, University of Jyväskylä, Master's thesis, 72 p., 3 appendices.

This Master's thesis examined changes in muscle strength, muscle cross-sectional area, fat free mass and subjective stress during the strength training period. In addition, the connection between subjective stress and development in strength training during a strength training period was studied in non-trained individuals. The study included individuals who did not exercise regularly ($n = 44$) the age of $32,3 \pm 4.9$ years and a body mass index (BMI) of $24,7 \pm 3.9$. All subjects were studied during the 10-week exercise period, in addition, 20 subjects were studied during the 20-week exercise period.

In both the 10- and 20-week strength training period, the exercises were performed twice a week. Every five weeks, subjects were subjected strength measurements on the leg press and biceps curl, ultrasound measurements on m. biceps brachii and m. vastus lateralis, and questionnaires on subjective stress. Body composition measurements were performed with bioimpedance analysis as fasting measurements every 10 weeks. Subjects who exercised for 20 weeks were divided into two groups based on the stress questionnaire: those who experienced less stress and those who experienced more stress.

In muscle strength as well as in the muscle cross-sectional area, a statistically significant improvement was observed over the 10-week as well as the 20-week exercise period ($p < 0,05$). A statistically significant improvement in body fat free mass was observed during the 10-week and the 20-week exercise period ($p < 0,05$). Only one subjective stress survey (PSS) showed a statistically significant change in subjective stress in a group who practiced for 20 weeks. A positive correlation was found between the 10-week mean and the absolute change in the leg press one repetition maximum (1 RM) result ($r = 0,477$, $p < 0,05$) and the relative change ($r = 0,406$, $p < 0,05$) in the mental resource questionnaire. A statistically significant negative correlation ($r = -0,460$, $p < 0,05$ and $r = -0,338$, $p < 0,05$) was also found between the 10-week mean of the stress questionnaire and the absolute change in leg press 1 RM result and the relative change. A statistically significant difference was found between the group experiencing less stress and the group experiencing more stress. The relative change in leg press 1 RM test result ($p < 0,05$) was greater in the less stressed group compared to the more stressed group.

Based on the results, strength training produces development in muscle strength, in fat free mass and the cross-sectional area of muscles in the non-trained. In general, there are no changes in subjective stress during the 10- or 20-week strength training period. Only one questionnaire (PSS) shows a slight increase in perceived stress when comparing the first and last weeks of training over a 20-week training period. Lower subjective stress and good mental resources in life appears to relate to greater muscle strength development. There may be a connection between subjective stress and strength training development, but more research is needed to reach significant conclusions.

Key words: strength training, subjective stress, muscle strength, muscle mass

KÄYTETYT LYHENTEET

BIA	bioimpedanssianalyysi
BMI	body mass index, kehon massaindeksi
FSH	follikkelia stimuloiva hormoni
GnRH	gonadotropn releasing hormone, gonadotropiina vapauttava hormoni
HPA	hypothalamus-pituitary-adrenal cortex axis, hypothalamus-aivolisäkelisämunuaiskuori-akseli
IGF	insulin like growth factors, insuliinin kaltaiset kasvutekijät
LH	luteinisoiva hormoni
PSS	perceived stress scale, koetun stressin kysely
SAM	sympatho-adrenal-medullary-system, sympaattisen hermoston lisämunuaisydin-akseli,
USQ	undergraduate stress questionnaire, opiskelijoiden stressikysely
1 RM	one repetition maximum, yhden toiston maksimi

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1 JOHDANTO.....	1
2 VOIMAHARJOITTELU.....	3
2.1 Lihaksen rakenne.....	3
2.2 Lihastyö.....	5
2.3 Lihaskasvu.....	6
2.4 Lihaskasvun ja lihaskoon kehittymiseen vaikuttavat tekijät.....	8
3 STRESSI.....	14
3.1 Allostaattinen kuorma.....	15
3.2 Stressin fysiologia.....	16
3.3 Stressin vaikutus immuunijärjestelmään.....	19
3.4 Stressin vaikutus palautumiseen.....	21
3.5 Subjektiiivinen stressi ja sen arvioiminen.....	22
4 STRESSIN JA HARJOITTELUADAPTAATION YHTEYS.....	27
4.1 Tutkimuksia voimaharjoittelun ja stressin yhteydestä.....	28
4.2 Tutkimuksia kestävyysharjoittelun ja stressin yhteydestä.....	30
5 TUTKIMUSKYSYMYKSET.....	32
6 MENETELMÄT.....	34
6.1 Tutkittavat.....	34
6.2 Tutkimusasetelma.....	35
6.3 Harjoittelu.....	36
6.4 Aineiston keruu ja mittaukset.....	41
6.4.1 Voimamittaukset.....	42
6.4.2 Ultraääni ja kehonkoostumus.....	43
6.4.3 Subjektiiivisen stressin kyselyt.....	44

6.5 Tilastolliset menetelmät.....	45
7 TULOKSET	46
7.1 10 viikon harjoitusjakson tulokset.....	46
7.2 20 viikon harjoitusjakson tulokset.....	48
7.3 Subjektiiivisen stressin yhteys testituloksiin	50
8 POHDINTA.....	54
8.1 Päätulokset.....	54
8.2 Testituloksien ja subjektiiivisen stressin muutos.....	55
8.3 Subjektiiivisen stressin yhteys voimaharjoittelussa kehittymiseen	56
8.4 Tutkimuksen rajoitteet ja vahvuudet	58
8.5 Johtopäätökset	60
8.6 Käytännön sovellukset.....	60
LÄHTEET	62
LIITTEET	

1 JOHDANTO

Voimaharjoittelulla kehitetään lihasvoimaa, jota tarvitaan siirtämään ja liikuttamaan kehon painoa tai tuottamaan voimaa ulkoista vastusta vasten (Häkkinen & Ahtiainen 2016, 250). Lihakset vaihtelevat kooltaan ja käyttötarkoitukseltaan (Kraemer 2017, 25) ja hermolihaskäyttöjärjestelmää harjoittamalla voidaan saada aikaan lihasvoiman ja koon kehittymistä (Häkkinen & Ahtiainen 2016, 251). Lihaskasvu on monien eri mekanismien ohjaama prosessi, jota ei ymmärretä vielä täydellisesti. Lihaskasvu on adaptaatiota ulkopuolisen työn aikaansaamiin ärsykkeisiin elimistössä, jolloin lihakset pystyvät vastustamaan suurempia voimia. (Kraemer 2017, 29) Intensiivisen liikunnan aiheuttama fyysinen rasitus tai ylikuormitus johtaa itse asiassa lyhytaikaiseen voiman vähenemiseen (Stults 2009), mutta siitä palaututtua suorituskyky kasvaa. Harjoittelussa kehittymiseksi mekaaninen ylikuormitus onkin välttämätöntä kehittymisen saavuttamiseksi. (Bomba & Haff 2009, 15–16) Voimaharjoitteluvasteissa on kuitenkin eroja yksilöiden välillä (Ahtiainen ym. 2016) ja voimaharjoitteluadaptaatioissa havaitaankin yksilöllistä vaihtelua, joka voi johtua geneettisistä tekijöistä tai ympäristön aiheuttamista tekijöistä (Deldicque 2020; Tipton & Wolfe 2001).

Stressi voidaan määrittää tilaksi, jossa elimistön homeostasia eli tasapainotila on uhattuna (Kyro & Tsigos 2009). Akuutilla stressireaktiolla on tarkoitus palauttaa elimistön tasapainotila ja se onkin normaalia fysiologista säätelyä (Lovallo 2005, 38). Pitkittyneenä stressireaktiolla voi olla kuitenkin haitallisia vaikutuksia, sillä stressireaktiota ylläpitävät järjestelmät ylikuormittuvat, millä voi olla negatiivisia vaikutuksia esimerkiksi hermostoon, hormonitoimintaan ja immuunitoimintaan (McEwen 1998). Stressi on monipuolinen käsite ja sitä voidaankin tutkia muun muassa ympäristöllisestä, psykologisesta sekä biologisesta näkökulmasta (Lee 2012). Psykologista stressiä voidaan tutkia subjektiivisen stressin avulla, jolla tarkoitetaan yksilön omaa kokemusta stressistä. Lukuisia subjektiivisia stressimittareita on kehitetty mittaamaan koettua stressiä (Cohen ym. 1983; Compas ym. 1987; Davis ym. 2006; Ruuska ym. 2012; Rushall 1990; Slavich & Shields 2018) ja niillä voidaankin selvittää yksilöiden stressitilaa helposti ja edullisesti verrattuna objektiivisiin menetelmiin (Juster 2010).

Aikaisemman tutkimuskirjallisuuden perusteella psykologista stressiä voidaan pitää yhtenä tekijänä, joka vaikuttaa fysiologiseen palautumiseen (Bartholomew ym. 2008; McLoughlin ym. 2022; Walburn ym. 2009), ja subjektiivisilla stressimittareilla mitatulla stressillä on havaittu olevan yhteyttä palautumisen kanssa (Stults 2008; Stults-Kolehmainen ym. 2014). Stressi voi

vähentää harjoitusvastetta muun muassa korkeiden stressihormoniarvojen, huonon palautumisen, ravitsemusmuutosten ja immuunijärjestelmän vasteiden kautta (Bartholomew ym. 2008), jolloin stressillä voi mahdollisesti olla yhteyttä myös voimaharjoitteluadaptaatioiden kanssa.

Tämän pro gradu -tutkielman tarkoituksena on tutkia voimaharjoitteluadaptaatioita sekä subjektiivista stressiä aikaisemmin harjoittelemattomilla henkilöillä. Tutkielmassa tarkastellaan lihasvoimaa, lihasten poikkipinta-alaa sekä kehon rasvatonta massaa ja subjektiivisilla stressimittareilla mitattua stressiä voimaharjoittelujakson aikana. Lisäksi tarkoituksena on selvittää subjektiivisen stressin ja voimaharjoittelussa kehittymisen yhteyksiä.

2 VOIMAHARJOITTELU

Ihmisen elimistössä on yli 600 luurankolihasta, jotka vaihtelevat kooltaan ja käyttötarkoitukseltaan. Luurankolihasen tehtävänä on tuottaa voimaa kehon nivelien liikuttamiseen ei suuntiin (Kraemer & Vingren 2017, 9). Voimaharjoittelulla pystytään kehittämään luurankolihasen voimaa ja kokoa sekä kykyä työskennellä. Voimaharjoittelulla on osoitettu olevan useita terveysvaikutuksia (Costa ym. 2019; Gordon ym. 2017; Saeidifard ym. 2019; Smith ym. 2014) ja sitä suositellaankin aikuisväestölle maailmanlaajuisesti tehtävän vähintään kahdesti viikossa (WHO 2022). Merkittävää voimaharjoittelu on erityisesti urheilijoille lajista riippumatta optimaalisen kehittymisen ja vammojen ehkäisyn kannalta. Voimaharjoittelulla elimistön fysiologisia ja psykologisia toimintoja kehitetään vastaamaan lajin vaatimia tarpeita (Bomba & Haff 2009, 3).

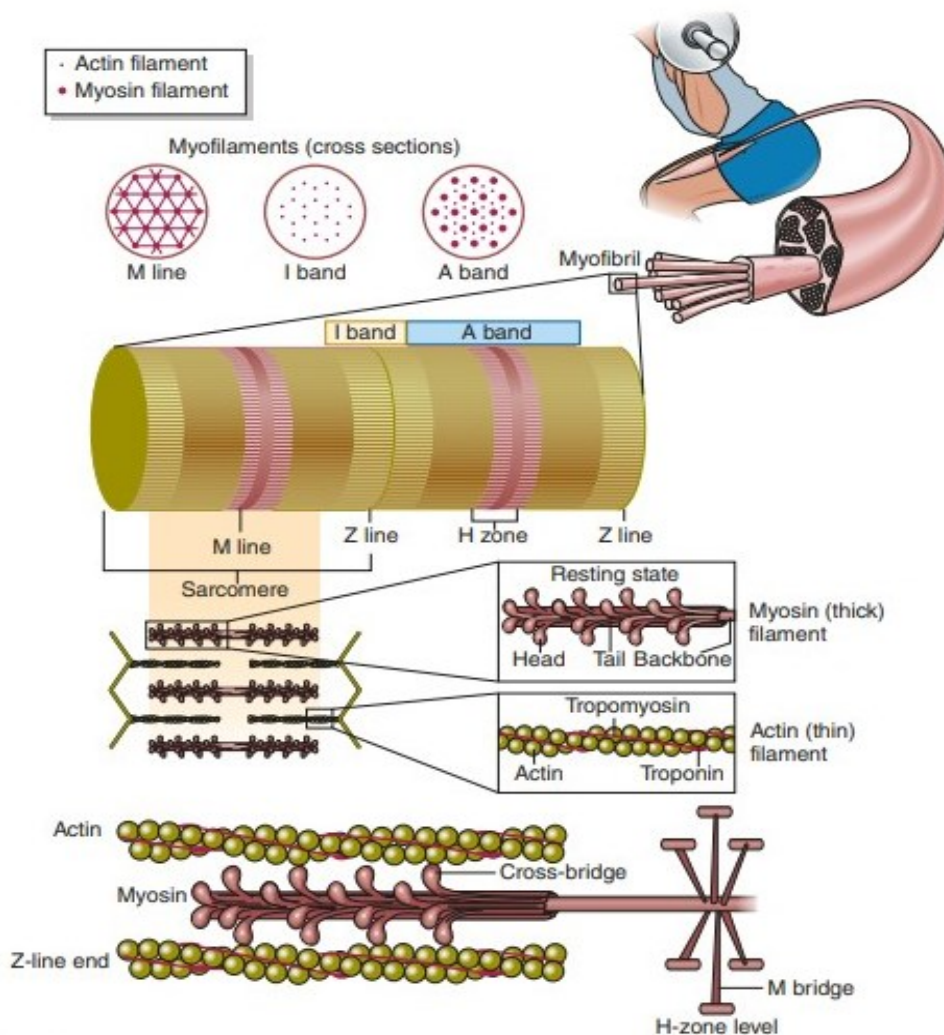
Voimaharjoittelulla voidaan kehittää spesifisti ja painotetusti haluttua hermo-lihasjärjestelmän osaa. Voimaominaisuudet ja niiden harjoittelu voidaan jakaa kesto-voimaan (0–60 % 1 RM), maksimivoimaan (60–100 % 1 RM) sekä nopeusvoimaan (30–80 % 1 RM). Maksimivoima voidaan jakaa vielä hermostolliseen (85–100 % 1 RM) ja hypertrofiseen (60–85 % 1 RM) maksimivoimaan. Nimensä mukaisesti kesto-voimalla harjoitetaan lihasten kestävyyttä ja sarjat ovat pitkiä (15 + toistoa). Nopeusvoimaharjoittelussa pyritään tuottamaan voimaa mahdollisimman nopeasti, jolloin hermo-lihasjärjestelmän motoriset yksiköt aktivoidaan mahdollisimman nopeasti käyttöön. Hypertrofisen maksimivoimaharjoittelu kasvattaa lihaksen massaa sekä voimaa, kun taas hermostollinen maksimivoimaharjoittelu painottaa hermostollisia tekijöitä, jolloin aineenvaihdunnallinen kuormitus siinä jää pienemmäksi verrattuna hypertrofiseen harjoitteluun. (Häkkinen & Ahtiainen 2016, 250–251)

Tässä luvussa tutustutaan voimaharjoittelun aikaansaamiin vaikutuksiin luurankolihasissa. Ensin käydään läpi lihaksen rakennetta ja toimintaa sekä käsitellään lihastyötä. Lopuksi tarkastellaan lihasvoimaan ja lihaskokoon vaikuttavia tekijöitä.

2.1 Lihaksen rakenne

Luurankolihas koostuu useista lihasfibereistä eli lihassyistä, joita ympäröi solukalvo. Jokainen lihasfibiiri koostuu pienemmästä alayksiköstä myofibrilleistä, jotka koostuvat ohuista

aktiinifilamenteista ja paksuista myosiinifilamenteista. Aktiivifilamenttien päät ovat kiinnittyneet Z-levyksi kutsuttuun alueeseen, ja kahden Z-levyn välistä aluetta kutsutaan sarkomeeriksi. Lihaksen supistuminen perustuu sarkomeerien pituuden muutokseen, kun aktiini- ja myosiinifilamenttien liukuvat toistensa lomassa. Myofibrillien väliin jäävä sarkoplasma sisältää supistuksen aikaansaamiseksi muun muassa tärkeitä entsyymejä, fosfaatteja ja ioneita, joiden avulla motorista hermoa pitkin hermopäätteisiin saapuva aktiopotentiaali pääsee käynnistämään supistumisreaktion. (Guyton & Hall 2012, 71–74; Kraemer & Vingren 2017) Kuvassa 1 havainnollistetaan luurankolihasen supistuvaa yksikköä sarkomeeriä. Voima liikkuamiseen syntyy aktiinin ja myosiinin vuorovaikutuksesta.



KUVA 1. Sarkomeeri ulottuu Z-linjasta Z-linjaan ja on lihaksen supistuva yksikkö. Aktiinin ja myosiinin vuorovaikutus tuottavat voimaa, joka aiheuttaa lihaksen supistumisen. (Kraemer & Vingren 2017)

Lihassolut jaetaan tyypin I hitaasti supistuviin ja tyypin II nopeasti supistuviin soluihin (Kraemer & Vingren 2017, 7). Näiden lisäksi lihassolut voidaan jakaa vielä useisiin alatyyppeihin niiden histokemiallisten, biokemiallisten ja fysiologisten ominaisuuksien mukaan (Scott ym. 2001). Tyypin I soluilla on korkea oksidatiivinen kapasiteetti ja ne ovat kestäviä. Puolestaan tyypin II soluilla on korkea glykolyyttinen kapasiteetti ja ne ovat voimakkaita ja tehokkaita. Tyypin I ja II solujen välinen suhde vaihtelee eri lihasten sekä yksilöiden välillä ja genetiikalla on merkitystä solutyypin jakautumisessa. (Kraemer & Vingren 2017, 7)

2.2 Lihastyö

Liikkuminen perustuu venymis-lyhenemissykliin, joka koostuu eksentrisestä venytyksestä, jota seuraa nopea lihaksen lyheneminen eli konsentrisen vaihe. Lihaksen ei-supistuvat proteiinit, lihassoluista koostuvat lihaskimput ja koko lihasta ympäröivät tukikudokset muodostavat lihaksen elastisen komponentin, joka venyy ja palautuu lisäten voimaa lihaksen lyhentyessä. (Kraemer & Vingren 2017, 23) Lihassupistus on isometrinen, kun lihaspituus ei muutu supistuksen aikana. Lihassupistus on isotoninen, kun se lyhenee, mutta lihasjännitys pysyy tasaisena (vakiona) koko supistuksen ajan. (Guyton & Hall 2012, 79) Lihaksen tehtäessä työtä ulkoista kuormaa vastaan energia siirtyy lihaksesta ulkoiseen kuormaan esimerkiksi kuorman nostamiseksi ylös tai liikkeen vastuksen voittamiseksi. Työ voidaan määritellä myös matemaattisesti: $W = F \times s$, jossa työ lasketaan kuorman (F) ja sen liikkuman matkan (s) tulona. (Guyton & Hall 2012, 78) Lihaksen pitkittynyt ja voimakas supistus johtaa lihasväsymykseen. Väsymys johtuu pääasiassa lihasfibereiden supistus- ja aineenvaihduntaprosessien kyvyttömyydestä jatkaa saman työn tuottamista. Myös hermosignaalin heikentynyt välittyminen hermo-lihasliitoksesta voi vähentyä voimakkaan pitkään jatkuneen lihastoiminnan jälkeen, jolloin lihaksen supistuminen vähenee. (Guyton & Hall 2012, 80–81)

Lihaksiston kokonaisrakenteella on tärkeä rooli lihasten toiminnoissa, sillä se vaikuttaa supistumisen voimakkuuteen ja nopeuteen. Yleisesti mitä enemmän sarkomeerejä on järjestäytyneenä sarjaan (pidempi lihas), sitä nopeampi on lihassupistus. Jokaisella sarkomeerillä on maksimaalinen supistusnopeus, joten kun sarkomeerit ovat sarjassa niiden supistusnopeus lisääntyy, sillä ne voivat saavuttaa suuremman kokonaisnopeuden supistuksessa pysymällä lähempänä niiden optimaalista pituus-venytys-suhdetta. Puolestaan supistuksen

voimantuotto kasvaa sen mukaan montako sarkomeeriä on asettuneena rinnakkain (paksumpi lihas). Pennaatiokulma on lihasfiiberin suunnan ja supistuksen aikana tuotetun lihasvoiman suunnan suhde eli kulma, jossa lihassy eroaa lihaksen luuhun kiinnittävästä jänteestä. Suurempaan kulmaan mahtuu enemmän sarkomeerejä rinnakkain lihaksen origon ja insertion väliin, mikä kasvattaa lihaksen kokonaisvoimaa. (Kraemer & Vingren 2017, 25–27)

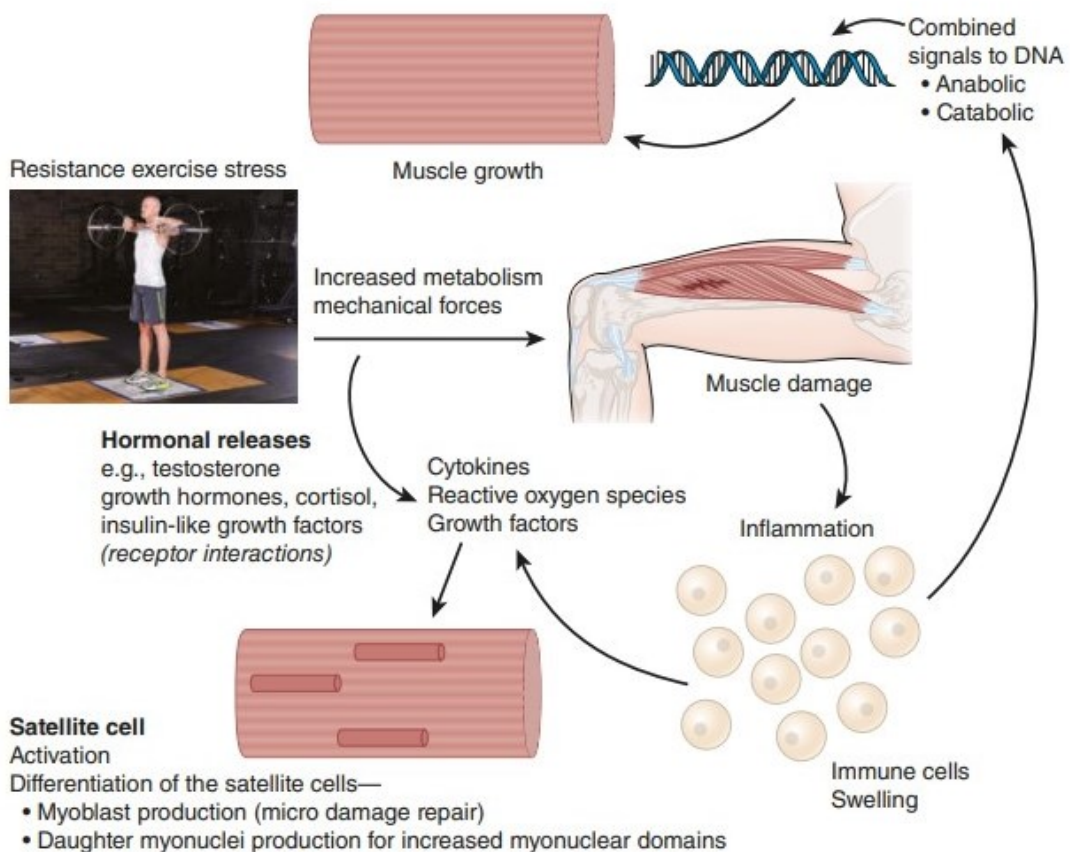
Pituus-voima-käyrä kuvaa lihaksen optimaalista pituutta, jossa lihassolut voivat tuottaa maksimivoimansa. Voimantuotto riippuu poikittaissiltojen määrästä aktiinien ja myosiinien välillä. Optimaalisen pituuden alapuolella muodostuu vähemmän voimaa lihassolun aktivaation aikana, sillä silloin tapahtuu aktiinifilamenttien päällekkäisliukumista ja liiallista lyhenemistä. Puolestaan optimipituudesta suuremmilla pituuksilla aktiini ja myosiinifilamenttien päällekkäisyyttä on vähän, jolloin poikittaissiltoja ei pääse syntymään. (Kraemer & Vingren 2017, 25–26) Normaali pituus sarkomeerissä on noin 2 mikrometriä. Sarkomeerin keskipituuksilla tuotetaan siis suurin voima (Guyton & Hall 2012, 77).

2.3 Lihaskasvu

Lihaskasvu on monimutkainen useiden eri mekanismien, kuten signaaliverkoston ja geneettisen taustan ohjaama prosessi, jota ei vielä täysin ymmärretä. Jatkuva progressiivinen altistus voimaharjoitteluun saa aikaan lihasten sopeutumista ja kasvua, jotta voidaan vähentää lihasten poikkileikkausstressiä. Vahvistumalla lihas pystyy tuottamaan enemmän voimaa poikkileikkausaluetta kohden. (Kraemer 2017, 29) Lihaskasvussa proteiinien synteesiä aminohaposta tapahtuu enemmän kuin proteiinien hajotusta. Voimaharjoittelun ja riittävän energiansaannin seurauksena saadaan aikaan lihaskasvua. (Hulmi & Mero 2016, 113)

Lihasmassan kasvuksi kutsutaan lihashypertrofiaa ja vähentymiseksi lihasatrofiaa. Lähes kaikki lihashypertrofia johtuu aktiini- ja myosiinifilamenttien määrän lisääntymisestä lihasfibereissä, mikä aiheuttaa yksittäisten lihasfibereiden kasvua. Tätä kutsutaan fibereiden hypertrofiaksi. Osan myofibrilleistä on myös havaittu jakautuvan hypertrofiassa muodostaen uusia myofibrillejä, tämä on kuitenkin harvinaista ja tapahtuu äärimmäisessä lihasvoiman kehittämisessä. Myofibrillien koon kasvun lisäksi myös energiaa tuottavat entsyymijärjestelmät ja erityisesti glykolyyttisten entsyymien määrä lisääntyy hypertrofiassa, mikä mahdollistaa lihaksen nopean energiansaannin. (Guyton & Hall 2012, 81–82)

Lihaskudoksen kasvua aiheuttavat kuormituksen fyysisten vaatimuksien vasteet ja ärsykkeet, kuten lihaskudosvauriot, sitä seuraava tulehdustila sekä sytokiinin ja muiden kemiallisten välittäjäaineiden vapautuminen immuunisoluista. Useat erilaiset tuotteet toimivat merkinä kasvulle ja endokriinisten hormonien stimulaatiolle, mikä saa aikaan myoblastien tuotantoa mikrovahinkojen korjaamiseksi tai tytärmionukleiinien tuotantoa, jolloin proteiininen kertyminen ja lihassolujen kasvu on suurempaa. (Kraemer 2017, 30) (kuva 2)



KUVA 2. Voimaharjoituksen mekaaniset voimat toimivat ärsykkeenä lihaskasvussa. Lihaskudoksen kasvua aiheuttaa useat eri vasteet ja ärsykkeet (Kraemer 2017, 30).

Lihasta täytyy stimuloida, jotta se voi kasvaa. Anabolinen stimulointi näyttäisi liittyvän siihen paljonko vastusta on ja paljonko hermostollista aktivaatiota tapahtuu harjoittelussa, sillä suurempi vastus vaatii voimakkaamman neuraalisen stimulaation ja aktivoi enemmän motorisia yksiköitä. Toiseksi lihaskoon kasvu vaatii energiaa ja rakennusaineita uuden proteiinin muodostamiseksi, mitkä saadaan riittävästä ravinnosta sekä ravintoaineista. (Kraemer 2017, 31)

Lihasten uudistuminen tapahtuu kaksivaiheisesti; rappeutumis- ja uudistusvaiheen avulla. Rappeutumisvaiheessa tapahtuu lihasfiibereiden nekroosi eli solukuolema. Tapahtuman laukaisevat yleisesti lihasfiiberin solukalvon häiriöt, joiden seurauksena lihasfiibereiden läpäisevyys lisääntyy. Useissa tutkimuksissa onkin havaittu kreatiinikinaasin pitoisuuden nousua veressä ja solukalvojen vaurioiden lisääntymistä mekaanisen stressin ja rasittavan liikunnan seurauksena. Lihasvaurion seurauksena tapahtuu myös satelliittisolujen aktivaatiota. Esimerkiksi kun vaurioituneeseen lihakseen viljellään satelliittisoluja, ne edistävät lihasfiibereiden muodostumista sekä satelliittisolupopulaation uudelleenmuodostumista. (Charge & Rudnicki 2004) Satelliittisolujen aktivaatio on keskeinen prosessi lihaksen kasvussa ja korjauksessa. Ne ovat kantasolujen kaltaisia erilaistumattomia soluja, ja kun lihas vaurioituu esimerkiksi raskaan voimaharjoittelun seurauksena, hormoni- ja immuunivasteet aktivoivat satelliittisoluja saaden aikaan niiden lisääntymisen ja sulautumisen lihassoluun. Satelliittisolut tuottavat myoblasteja, jotka osallistuvat lihaksen mikrorepeytymien korjaamiseen. Lisäksi ne edistävät lihassolujen tumien muodostumista luovuttamalla tumansa, jolloin lihassolulla ja siten koko lihaksella on kapasiteettia tuottaa enemmän proteiineja ja kasvaa. (Kraemer 2017, 47)

Intensiivinen fyysinen toiminta voi vaurioittaa luurankolihasta, ja jos vaurio jää korjaamatta, voi lihasmassa vähentyä. Luustolihasen ylläpito perustuukin sen merkittävään uudistumiskykyyn. (Charge & Rudnicki 2004) Lihasatrofiassa supistuvien proteiinien muodostuminen on hitaampaa kuin hajotus, jolloin lihasmassa vähenee. (Gyuton & Hall 2012, 81–82) Atrofiassa lihaksen proteiinipitoisuuden heikkenemiseen näyttäisi vaikuttavan kolme pääreittiä (ubikitiini-proteasomi, kaplaiini-proteaasit, autofagia), joista ubikitiini-proteasomi on parhaiten tunnettu hajotusmekanismi lihaksessa (Tipton ym. 2018). Schakmanin ym. (2013) mukaan glukokortikoideilla on merkittävä rooli lihasatrofiassa erityisesti useissa patologisissa tiloissa vaikuttaen proteiinisynteesin laskuun ja kasvattaen proteiinien hajotusta useiden solunsisäisissä proteiinisynteesiin signaalireittien, kuten esimerkiksi mTOR/S6kinaasi -reitin inhibition kautta (Schakman ym. 2013).

2.4 Lihasvoiman ja lihaskoon kehittymiseen vaikuttavat tekijät

Lihasvoiman ja koon kasvattamiseksi ensimmäinen askel on aktivoida motorisia yksiköitä. Jos lihasta ei stimuloida voiman tuottamiseksi, se ei vastaa ja adaptoidu stimulointiin. Yksilön täytyy saavuttaa riittävä harjoitusintensiteetti lihassolujen aktivoimiseksi, sillä jos vain pientä

määrää kudosta stimuloidaan, sen aineenvaihdunnan taso ei ole riittävän suuri aikaansaamaan ärsykettä lihaksen adaptoitumiseksi. (Kraemer 2017, 29) Lisäksi lihaskoon kasvattamiseksi voimaharjoitteluun liittyvillä peruseriaateilla, kuten harjoittelun yksilöllisyyden, spesifisyyden ja progressiivisuuden (Bomba & Haff 2009, 29–50) noudattamisella pyritään varmistamaan riittävä lihassolujen aktivaatio.

Voimaharjoittelussa kehittymistä saadaan aikaiseksi useilla eri harjoitustavoilla. Harjoittelun suunnittelu vaatii edellä mainittujen yksilöllisyyden, progressiivisuuden ja spesifisyyden lisäksi myös vaihtelua ja periodisointia. Harjoitteluohjelman intensiteetillä, volyyymilla, liikkeiden valinnoilla, järjestyksellä ja tauoilla voidaan vaikuttaa elimistön fysiologisiin ja molekyyli-tason tapahtumiin, jotka aikaansaavat erilaisia vasteita lihaksen kokoon ja fyysisen suorituskyvyn adaptaatioihin, kuten esimerkiksi siihen kehitetäänkö lihaksien hypertrofiaan, maksimaalisen voiman tuottoon, tehoon vai kestävyyyteen liittyviä ominaisuuksia. (Kraemer ym. 2017, 49–51)

Voiman kehittymisen ensimmäinen kasvu tapahtuu hermostollisen toiminnan paranemisen kautta. Suurempi voima lisää harjoitusärsyksen laatua, joka myös lisää anabolista stimulaatiota hypertrofiaan. Suurin voiman kasvu tapahtuu ensimmäisten muutaman viikon aikana voimaharjoittelun aloittamisesta, vaikka lihaksien ja lihassolujen koko muuttuu vain hyvin vähän tässä alkuvaiheessa. Havaitut muutokset tapahtuvat lihassolujen laadussa, kuten lisääntyneessä myofibrillien pakkautumistiheydessä ja proteiinityypissä, kun myosiinin isoformin muutos muodosta X muotoon A. (Kraemer 2017, 34–35)

Lihassoiman tuottaminen saa aikaan signaaleja kaikkiin kehon elinjärjestelmiin, joista monet osallistuvat lihasten kykyyn tuottaa voimaa ja edistää lihasten palautumista ja kasvua. Esimerkiksi hengitys- ja verenkiertojärjestelmä pumppaa verta lihaksille, jotta ne saavat happea ja ravintoaineita energian tuottamiseksi sekä toisaalta myös poistavat aineenvaihduntatuotteita. Endokriininen järjestelmä tuottaa hormoneita, jotka avustavat voiman tuottamisessa, esimerkiksi adrenaliini kiihdyttää aineenvaihduntaa ja eri hormonit stimuloivat lihaskasvua. Lisäksi immuunijärjestelmä tuottaa signaaleja, jotka auttavat koordinoimaan kudosten korjausprosesseja. (Kraemer 2017, 36)

Kraemerin ym. (2020) mukaan lihassolujen kehityksessä ja kasvussa suuressa roolissa hormoneista ovat testosteroni, kasvuhormoni sekä insuliinin kaltaiset kasvutekijät, vaikka spesifiä hormonaalisia vaikutuksia pitäisikin tarkastella koko endokriinisen järjestelmän

yhteydessä sekä sen yhteydestä muihin fysiologisiin systeemeihin. Näiden anabolisten hormonien lisäksi glukokortikoideilla ja niistä erityisesti kortisolilla on sen vastakkaisten vaikutusten takia vaikutus ihmisen luurankolihasan anaboliaan. (Kraemer ym. 2020) Seuraavaksi tarkastellaan näitä hormoneja ja muita lihaskasvulle merkittäviä tekijöitä.

Testosteroni. Hormonit toimivat signaaleina ja sitoutuessaan kohdereseptoriinsa ne välittävät viestin kohdesolujen tumiin. Hormonit, kuten testosteroni, erityyppiset kasvuhormonit ja insuliinin kaltaiset kasvutekijät stimuloivat proteiinisynteesiä lihaksissa. (Kraemer 2017, 77) Tämän lisäksi testosteroni inhiboi lihaksen hajotusta. Testosteronin fysiologisia signaaleja säätelevät solunsisäiset androgeeniset reseptorit. Testosteroni kulkeutuu lihasolun kalvon läpi sitoutuen androgeenireseptoreihin, mikä saa aikaan viestin solun tumaan proteiinisynteesin lisäämiseksi. (Vingren ym. 2010)

Testosteronia tuotetaan Leydingin soluissa kiveksissä sekä pienempiä määriä munasarjoissa ja lisämunuaisissa. Kolesteroli toimii testosteronin esiasteena. Testosteronin tuotannossa on useita entsyymien katalysoimia välivaiheita, joiden välituotteet, testosteronin erilaiset esiasteet, omaavat myöskin omia fysiologisia toimintoja. Hypotalamus säätelee testosteronin tuotantoa, ja sen neuronit tuottavat sekä erittävät gonadotropiina vapauttavaa hormonia (GnRH), joka stimuloi puolestaan hypotalamuksen etuosaa tuottamaan ja vapauttamaan luteinisoivaa hormonia (LH) sekä follikkelia stimuloivaa hormonia (FSH). Ne puolestaan vapautuvat verenkiertoon ja sitä kautta sukurauhasiin, jossa LH stimuloi testosteronin tuotantoa. (Vingren ym. 2010)

Yleisesti miehillä havaitaan testosteronin konsentraation nousua välittömästi voimaharjoituksen jälkeen, naisilla puolestaan on havaittu niin nousua kuin ei muutoksia voimaharjoituksen jälkeen (Vingren ym. 2010). Akuutti testosteronin nousu voimaharjoituksen jälkeen kestää vain noin 60 minuuttia ja keskimääräinen huippu ei yleensä ylitä 650 ng/dl (Kraemer ym. 1999). Akuutin voimaharjoituksen nostaman testosteronitason ja lihaksen poikkipinta-alan kasvun välillä on kuitenkin havaittu positiivinen korrelaatio (Mangine ym. 2017).

Insuliinin kaltaiset kasvutekijät (IGF) ja kasvuhormoni. Steroidihormonien lisäksi luonnollisesti eritettävät peptidi- ja proteiinihormonit, kasvuhormoni ja IGF määrät kasvavat voimaharjoituksen seurauksena (McCall ym. 1999). Kasvuhormonin yksi tärkeimmistä

toiminnoista on stimuloida maksan IGF-I synteesiä. Kuitenkin osa kasvuhormonin vaikutuksista on IGF-I riippumatonta sekä myös osa IGF-I vaikutuksista on kasvuhormonista riippumatonta. IGF-I toiminta koostuu autokriinisestä ja parakriinisestä erityksestä ja säätelystä, mikä on osittain kasvuhormonista riippuvaista. (Eliakim & Nemet 2020) IGF-I on vastuussa monista anabolisista ja kasvuun liittyvistä kasvuhormonin vaikutuksista. (Eliakim & Nemet 2020)

IGF:t ovat polypeptidejä, joilla on voimakas kasvuun ja terveyteen liittyvä anabolinen merkitys, sillä ne ovat vastuussa monista anabolisista ja kasvuun liittyvistä kasvuhormonin vaikutuksista (Eliakim & Nemet 2020). Esimerkiksi IGF ja testosteroni aktivoivat satelliittisoluja, joilla on myös tärkeä merkitys lihaskasvussa. (Kraemer 2017, 36) Mekaanisen kroonisen ärsyksen on osoitettu lisäävän lihaksen IGF-I sekä androgeenisten reseptoreiden määrää (Bamman ym. 2001). IGF-1 stimuloi mTOR (proteiinikinaasi, joka osallistuu solukasvuun) aktiivisuutta ja lihaskasvua PI3K–Akt signaalireitin kautta (Schiaffino ym. 2013).

Kasvuhormonin vapautumista näyttäisi tapahtuvan myös harjoittaessa pienempiä lihasryhmiä palautuen normaaliarvoihin 60 minuutin jälkeen voimaharjoituksesta (Fink ym. 2016). Riippuen harjoitettavan lihasryhmän koosta, voi kasvuhormoni nousta voimaharjoituksen seurauksena noin 24 ug/L tasolle suurilla lihasryhmiä harjoitettaessa (Kraemer ym. 1990) ja noin 12 ug/L tasolle pieniä lihasryhmiä harjoitettaessa (Fink ym. 2016). Akuutti kasvuhormonivaste voimaharjoittelun seurauksena ennustavaa lihashypertrofiaa (McCall ym. 1999) ja hypertrofisella voimaharjoituksella kasvuhormonivasteet ovat suurimpia (Häkkinen & Ahtiainen 2016, 251).

Glukokortikoidit. Anabolisten hormonien lisäksi glukokortikoideista kortisolilla on vaikutus ihmisen luurankolihasiin. Glukokortikoideja syntetisoidaan pääsääntöisesti lisämunuaiskuoressa ja HPA-akseli (hypotalamus-aivolisäke-lisämunuaiskuori-akseli) säätelee niiden tuotantoa ja eritystä. Luurankolihasessa kortisolilla on rooli energiatasapainon ja aineenvaihdunnan säätelyssä. (Kraemer ym. 2020) Liikunnan aikana kortisoli lisää substraattien saatavuutta, suojaa immuunisolujen toiminnalta ja ylläpitää verisuonien kuntoa (Duclos ym. 2003). Akuutti kortisolin vaste harjoittelun seurauksena on sitä korkeampi, mitä korkeampi on harjoituksen volyymi ja intensiteetti. (Kraemer ym. 2020)

Harjoittelun seurauksena keho sopeutuu säätelemään glukokortikoidiherkkyttä joissakin solutyypeissä. Lisääntynyt kudosten herkkyys glukokortikoideille (6–24 h) akuutin harjoituksen jälkeen voi auttaa ehkäisemään lihasten tulehdusreaktiota ja sytokiinisynteesiä ja näin vähentää harjoitukseen liittyvää lihaskasvua ja tulehdusvastetta. (Duclos ym. 2003) Katabolisen kortisoli-hormonin määrän suuri lisääntyminen voi häiritä anabolista signaalia, jos palautuminen ei ole riittävää. Erityisesti jatkuvasti kohonneena oleva lepoarvo voi johtaa ylikuormittumiseen tai ylikuntoon. (Szivak ym. 2013). Kortisoli voi blokata anabolista signalointia lihaksessa ja estää testosteronin sitoutumista tuman reseptoreihin. (Spiering ym. 2008)

Riittävä energiansaanti on tärkeää lihaksen metabolian ylläpitämisessä. Ravinto tarjoaa yhdisteitä, joita tarvitaan elimistön energiantuotantoon. Ravinnosta saadut ravintoaineet, proteiinit, hiilihydraatit ja rasvat muunnetaan adenosiniitri-fosfaatiksi (ATP), joka toimii energianlähteenä lihaksille. (Kraemer 2017, 34) Proteiinisynteesi on prosessi, jossa muodostetaan uusia proteiineja, ja lihashypertrofiaa esiintyy, kun proteiinisynteesin kokonaisnopeus on suurempi kuin proteiinin hajoamisnopeus. IGF1-Akt-mTOR-signaalireitti toimii tärkeänä proteiinisynteesin positiivisena säätelijänä. (Schiaffino ym. 2013) Ravitsemuksella on vaikutus proteiinisynteesin tehokkuuteen. Ravitsemustila vaikuttaa muun muassa kasvuhormonin ja IGF-I:iin, sillä esimerkiksi paastoaminen tai aliravitseminen vähentää IGF-I tasoa. (Eliakim & Nemet 2020)

Lihaskasvu toimii myös ärsyksenä lihaskasvulle. Kudonvaurio aiheuttaa tulehdusreaktion, jossa immuunisolut erittävät sytokiineja ja muita kasvutekijöitä, jotka stimuloivat kasvua ja parantumista. Immuunisysteemi onkin keskeisesti mukana lihaskasvun korjaamisprosessissa. Immuunisolut aikaansaavat verenvirtauksen lisääntymistä, jolloin esiintyy soluvuotusta. Lisääntynyt verenvirtaus tuo happea ja ravinteita alueelle sekä auttaa poistamaan kuona-aineita. (Kraemer 2017, 41–44)

Normaalitilanteessa nisäkkäiden luurankolihakset ovat vakaata kudosta. Vammatilanteessa luurankolihaalla on merkittävä kyky käynnistää nopea ja laaja korjausprosessi, joka estää lihasmassan vähenemisen. Luurankolihasen korjaus on synkronoitu prosessi, jossa aktivoidaan erilaisia soluvasteita, kuten satelliittisolujen aktivaatio, jolla on ensisijainen tärkeä rooli tässä prosessissa. Aluksi aktivoituu vaurioituneen kudoksen nekroosi ja tulehdusreaktio, joita seuraa myogeenisten solujen aktivoituminen ja sitä kautta uusien lihassolujen muodostuminen.

(Charge & Rudnicki 2004) Lihavaurion seurauksena hormonaaliset vasteet ja immuunivasteet aktivoivat satelliittisoluja aikaansaaden niiden lisääntymistä ja erilaistumista. Aktivoitumisen jälkeen satelliittisolut tuottavat myoblasteja, jotka korjaavat lihasta sekä yhdistävät lihassolujen tumia, mikä mahdollistaa lihashypertrofian. (Kraemer 2017, 45)

3 STRESSI

Stressiin liittyvää tutkimusta 1930-luvulla. Walter Cannon toi ensimmäisenä esiin homeostasian käsitteen eli teorian elimistön pyrkimisestä tasapainotilaan. Hans Selye puolestaan kehitti GAS-mallin (General Adaptive Syndrome) kuvaamaan elimistön sopeutumista stressiin hälytysreaktion, sopeutumis- ja uupumisvaiheen kautta. (Lovallo 2005, 35–36) McGarth (1970) on jaotellut elimistön stressireaktion vaiheisiin ottaen huomioon myös ihmisen kokemuksen stressistä (Weinberg & Gould 2019).

Weinberg ja Gould (2019) määrittelevät McGarthin (1970) viitaten stressin koostuvan neljästä vaiheesta. Ensimmäisessä vaiheessa kohdataan jokin fyysinen tai psyykinen vaatimus eli stressiä aiheuttava tekijä. Stressiprosessin toisella vaiheella tarkoitetaan vaatimuksen kokemusta eli sitä, millaisena yksilö kokee stressiä aiheuttavan tekijän. Kolmas stressin vaihe on stressivaste, jolla tarkoitetaan elimistön fysiologisia reaktioita, kuten sykkeen nousua sekä psykologisia reaktioita, kuten ahdistuneisuuden nousua. Neljännellä stressin vaiheella tarkoitetaan käytöksellisiä seurauksia eli sitä, kuinka yksilö käyttäytyy stressin seurauksesta. Stressiä voidaankin tutkia useista eri näkökulmista, kuten ympäristön aiheuttaman stressin, psykologisten tekijöiden aiheuttaman stressin sekä biologisen stressin näkökulmasta (Lee 2012).

Biologisesti stressi aikaansaa adaptiivisia prosesseja, jotka auttavat organismin fysiologisessa sopeutumisessa joko pitkittyneeseen tai akuuttiin oikeaan tai koettuun uhkaan (Herman 2013). Kyrou ja Tsigos (2009) määrittävät stressin tilaksi, jossa elimistön tasapainotila on uhattuna. Stressi saa aikaan monimutkaisten adaptiivisten fysiologisten ja käyttäytymiseen liittyvien reaktioiden sarjan, joiden tarkoituksena on palauttaa kehon tasapainotila takaisin normaaliksi. HPA-akseli ja sympaattinen hermosto muodostavat stressijärjestelmän pääreitit välittäen sen adaptiivisia toimintoja. Pitkittyneenä stressin on havaittu olevan yhteydessä normaalia korkeampaan kortisolimäärään ja pitkittyneeseen sympaattisen hermoston aktivaatioon. (Kyrou & Tsigos 2009)

Elimistön tasapainon palauttamiseksi stressireaktiossa aivot lisäävät huomiokykyä ja aivotoinnot keskittyvät ensisijaisesti havaittuun uhkaan. Sydämen minuuttitilavuus kasvaa ja hengitys kiihtyy, kataboliset eli aineenvaihdunnan hajottavat reaktiot lisääntyvät ja veren virtausta ohjataan tilapäisesti elimistön osiin, jossa sitä eniten tarvitaan stressiin sopeutumiseksi

sekä lisäksi aivoihin, sydämeen ja lihaksiin. (Kyrou & Tsigos 2009) Akuutti elimistön stressireaktio on ihmisen eloonjäämisen kannalta normaalia fysiologista säätelyä, jonka avulla sopeudutaan ympäristön aiheuttamiin muuttuviin tilanteisiin. Yleisesti tunnetulla taistelepakene-reaktiolla tarkoitetaan siis useiden fysiologisten sekä psykologisten reaktioita stressiin sopeutumiseksi (Lovallo 2005, 63).

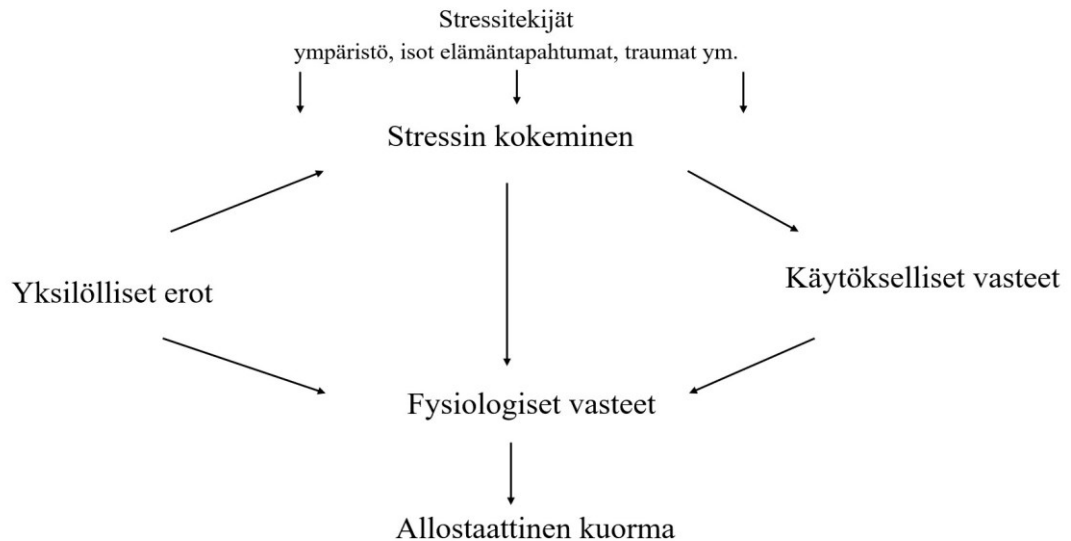
3.1 Allostaattinen kuorma

Allostaattinen kuormitus ja allostaattinen järjestelmä ovat stressitutkimuksen keskeisiä käsitteitä. Allostaattisella kuormituksella tarkoitetaan elimistön stressiin liittyvää häiriötilaa (Lovallo 2005, 37). Häiriötilan korjaamiseksi elimistön reagoiminen stressiin tapahtuu eri järjestelmien, kuten sydän- ja verenkiertoelimistön, lihaksiston, aineenvaihdunnan, immuunijärjestelmän sekä hermoston fysiologisten toimintojen kautta. Stressireaktio voidaan jakaa ensiksi tapahtuvaan nopeaan vaiheeseen, jossa sympaattinen hermoston SAM-akseli aktivoituu synapsivälitteisesti (Sympaattisen hermoston lisämunuaisydin -akseli, Sympatho-Adrenal-Medullary-System). Tämän jälkeen hormonivälitteinen HPA-akselin aktivoituu ja kontrolloi pitkäkestoista stressireaktiota osallistumalla akuutin ja kroonisen niin fysiologisen kuin psykologisen stressin säätelyyn. (Cacioppo ym. 2007)

Kroonisena eli pitkäaikaisena stressi voi vaikuttaa biologisiin järjestelmiin eri tavoin. Allostaattista kuormitusta syntyy, kun kehon stressireaktiota ylläpitävät järjestelmät, kuten neuroendokriiniset järjestelmät, sydän- ja verenkiertojärjestelmä, aineenvaihdunnan prosessit sekä immuunijärjestelmä ylikuormittuvat pitkäkestoisesti. (McEwen 1998) Kun nämä järjestelmät pyrkivät kompensoimaan allostaattista kuormitusta, voi niiden normaali toiminta häiriintyä. Tämä voi altistaa elimistön stressiin liittyviin häiriöihin, kuten sairastuvuuteen (Juster ym. 2010).

Kuvassa 3 havainnollistetaan elimistön vastetta stressiin ja allostaattisen kuorman kehittymistä. Yksilön stressiin vaikuttavat yksilölliset erot sen kokemisessa, perintötekijät ja käyttäytymiseen liittyvät tekijät, kuten stressinsieto ja terveystottumukset. Kun aivoissa koetaan jonkin ympäristö stressaavana, aktivoituvat käytökselliset ja fysiologiset vasteet johtaen allostaattisen kuorman lisääntymiseen. Pitkittyneenä allostaattinen kuorma voi kerääntyä ja altistaa hermo-,

hormoni- ja immuunistressin välittäjien haitallisiin vaikutuksiin eri elinjärjestelmiin. (McEwen 1998)



KUVA 3. Stressivaste ja allostaattisen kuorman kehittyminen, mukailtu lähteestä (McEwen 1998).

Uhkat (todelliset tai tulkitut) elimistön homeostasiaa kohtaan saavat aikaan SAM-akselin vapauttamaan katekoliamiineja ja HPA-akselin erittämään glukokortikoideja, jotka vapauttavat energiaa taistele tai pakene -reaktiota varten. Allostaasin säätely riippuu siis aivojen uhkan arvioimisesta ja fysiologisten reaktioiden toteuttamisesta. (Juster ym 2010)

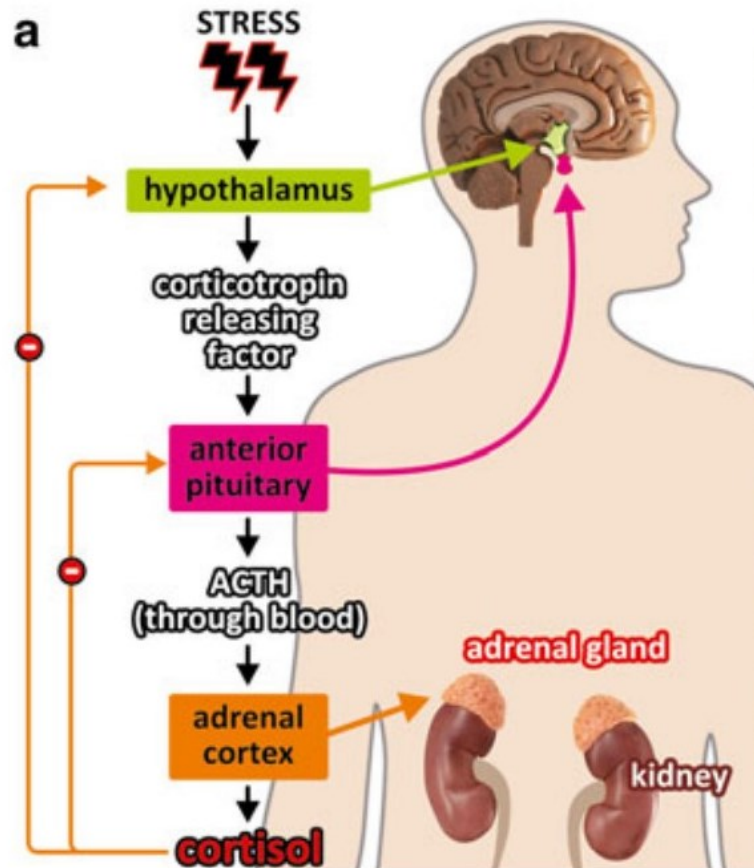
3.2 Stressin fysiologia

Stressisysteemi muodostuu monimutkaisesta neuroendokriinisestä solu- ja molekyylijärjestelmästä, joka vaikuttaa keskushermostoon sekä periferiaan (Kyrou & Tsigos 2009). Hypotalamuksesta, aivolisäkkeestä sekä lisämunuaiskuoresta koostuva HPA-akseli on tärkeä osa tätä neuroendokriinistä järjestelmää, ja se toimii merkittävänä stressireaktion kontrolloijana (Gyuton & Hall 2011, 929; Herman 2013). Lisämunuaiskuori erittää glukokortikoideja, joista kortisoli on tärkeä stressin inhiboija (Gyuton & Hall 2011, 929). Hypotalamus säätelee aivolisäkkeen etuosasta vapautuvaa adrenokortikotropiinia (ACTH)

kortikotropiinia vapauttavan hormonin kautta. ACTH saa lisämunuaiskuoren erittämään glukokortikoideja, jotka toimivat HPA-akselin niin sanottuna lopputuotteena ja ratkaisevina stressiin sopeutumisen säätelijöinä. (Kyrou & Tsigos 2009)

Glukokortikoidien eritystä voidaan säädellä kahdella tasolla. Ensimmäinen taso seuraa vuorokausirytmiiä niin, että kortisolin huippupitoisuus havaitaan aamulla. Tähän voi vaikuttaa yksilön vuorokausirytmii. Toinen taso puolestaan vastaa kaikenlaiseen fyysiseen ja mentaaliseen stressiin. (da Poian & Castanho 2015, 335) Stressi aiheuttaa välittömästi ACTH:n erityksen aivolisäkkeen etuosasta, jota seuraa minuuttien päästä kortisolin erityys lisämunuaisen kuorikerroksesta (Guyton & Hall 2011, 929). Normaalitilassa kortikotropiinia vapauttavaa hormonia eritetään synkronoidusti vuorokausirytmiiin mukaan, mutta erilaiset stressitekijät voivat häiritä tätä rytmiiä (Kyrou & Tsigos 2009). Wustin ym. (2000) mukaan aamukortisoliarvon on osoitettu olevan hyvä kroonisen stressin indikaattori.

Kortisoli käynnistää joukon aineenvaihduntavaikutuksia, joiden tarkoituksena on lievittää stressaavan tilan haitallisia vaikutuksia. Kortisoli saa aikaan myös suoran palauteluopin hypotalamukseen ja aivolisäkkeen etuosaan, mikä vähentää kortisolin pitoisuutta plasmassa silloin, kun elimistössä ei ole stressiä. (Herman 2013) Toisaalta stressiärsykkeet ovat kuitenkin prepotentteja eli ne voivat murtaa kortisolin suoran inhibitorisen palautteen ja aiheuttaa kortisolin erityksen syklistä lisääntymistä tai pitkittää kortisolin eritystä kroonisen stressin aikana (Guyton & Hall 2011, 933). Kuvassa 4 havainnollistetaan HPA-akselin toimintaa ja glukokortikoidien eritystä.



KUVA 4. HPA-akseli ja glukokortikoidien erityys. Mukailtu lähteestä (da Poian & Castanho 2015, 336). Corticotropin releasing factor = kortikotropiinia vapauttava hormoni, anterior pituitary = aivolisäkkeen etuosa, adrenal cortex = lisämunuaisen kuori, adrenal gland = lisämunuainen, kidney = munuainen.

Oleennaista on myös stressireaktion päätyminen, sillä pitkäaikainen stressijärjestelmän aktiivisuus voi olla haitallista elimistössä. Erityisesti pitkään kohonneilla kortisoliarvoilla on kriittinen vaikutus tässä sillä, kortisoli aktivoi elimistön katabolisia reaktioita energiavarojen riittämiseksi. Esimerkiksi maksan glukoneogeneesi, veren glukoosipitoisuus ja lipolyysi lisääntyvät. (Kyrou & Tsigos 2009) Elimistö pyrkii kuitenkin todennäköisesti myös vähentämään HPA-akselin vasteita tottumisen kautta Hermanin (2013) mukaan, ja tämä voi rajoittaa pitkäaikaisen glukokortikoidierityksen haittavaikutuksia.

Erityisesti hypoglykemiassa eli veren alhaisella glukoositasolla glukokortikoideilla on rooli lihasproteiinien käyttöönotossa energiaksi ja tutkimukset ovat osoittaneet, että glukokortikoidit stimuloivat proteiinien hajoamista (da Poian & Castanho 2015, 337; Kyrou & Tsigos 2009). Glukokortikoidit inhiboivat myös kilpirauhashormonien, insuliinin ja sukupuolihormonien

anabolisia toimintoja (Kyrou & Tsigos 2009). On myös todisteita siitä, että hypotalamuksen ytimen GABA-signaali eli hermosolujen toimintaa inhiboivan välittäjäaineen toiminta heikkenee kroonisen stressin myötä, mikä voi vähentää osaltaan HPA-akselin inhibitiota (Herman 2013). Pitkittyneen stressin aiheuttamat kohonneet glukokortikoidiarvot häiritsevät elimistön palautumista stressitilasta. Tällä voi olla lopulta myös vaikutus muun muassa ylimääräisen hajotetun rasvan kertymiseen sisäelimiin sekä lihasmassan ja insuliiniresistenssin pienenemiseen. (Kyrou & Tsigos 2009) Lisäksi glukokortikoidien on havaittu vaikuttavan Hermanin (2013) ja Kyroun ja Tsigosin (2009) mukaan joko aktiivisesti tai inhiboivasti eri geenien ekspressioon, joista monet ovat suoraan tai välillisesti mukana tärkeissä aineenvaihduntareiteissä. Kortisolin on esimerkiksi osoitettu lisäävän lipoproteiinireseptoreita sekä glukoosi-, lipidi- ja aminohappoaineenvaihdunnan entsyymeitä koodaavien geenien aktiivisuutta. Se myös inhiboi esimerkiksi kortikotropiinia vapauttavan hormonin koodaavia geenejä. (Kyrou & Tsigos 2009)

Vaikka stressivaste johonkin ulkoiseen ärsykkeeseen on normaalia fysiologista säätelyä, jonka avulla sopeudutaan ympäristön aiheuttamiin muuttuviin tilanteisiin, on kroonisella stressillä negatiivisia vaikutuksia elimistölle. Pitkäaikaisesti stimuloituna stressi voi heikentää useita normaaleja fysiologisia toimintoja (Kyrou & Tsigos 2009). On kuitenkin hyvä huomata, että yksilöiden kyky vastata erilaisiin stressitekijöihin on erilainen riippuen geneettisten tekijöiden, kehitys- ja ympäristötekijöiden yhdistelmän perusteella (Herman 2013), ja ne määrittävätkin Kyroun ja Tsigosin (2009) mukaan ainakin jossain määrin herkkyuden krooniselle stressille.

3.3 Stressin vaikutus immuunijärjestelmään

Stressillä on myös tutkitusti todettu olevan yhteys elimistön immuunijärjestelmän toimintaan (Ebrecht ym. 2004; Gyton & Hall 2011, 930; Marketon & Glaser 2008; Walburn 2009), ja sille altistuminen erityisesti kroonisesti onkin haitallista liikkujien ja urheilijoiden terveydelle sekä hyvinvoinnille (McLoughlin 2022). Stressillä, niin fyysisellä kuin psyykkiselläkin, on vaikutuksia neuroendokriinisiin signaaleihin, jotka voivat vaikuttaa immuunijärjestelmään (Marketon & Glaser 2008). Esimerkiksi Smithin (2000) ylikuormituksen sytokiinihypoteesin mukaan krooninen ja jatkuvasti koholla oleva fyysinen stressi ja liiallisen kortisolin vapautuminen saa aikaan hyperkataboliaa. HPA-akselin glukokortikoidit ja sympaattisen hermoston katekoliamiinit, adrenaliini ja noradrenaliini, sekä lisäksi muut neuroendokriiniset

tekijät, kuten kasvuhormoni, prolaktiini ja hermokasvutekijät (NGF) vaikuttavat immuunijärjestelmän toimintaan. Stressi voi vähentää eri lymfosyyttien ja auttaja-T-solujen määrää sekä vähentää vasta-aineiden tuotantoa. Lisäksi stressi voi vaikuttaa latenttien eli piilevien viruksien aktivoitumiseen ja muokata sytokiinien tuotantoa. (Marketon & Glaser 2008)

Yksi tärkeimmistä mekanismeista, joilla aivot ohjaavat immuunijärjestelmää, on stressireaktionkin aikaansaava HPA-akselin aktivaatio. Joko fyysisen stimulaation periferiasta sytokiinien kautta tai psyykkisen stimulaation kautta hypotalamuksen kortikotropiinia vapauttavaa hormonia erittyy hypotalamuksesta. Tämän seurauksena ACTH:ia erittyy aivolisäkkeen etuosasta, mikä aikaansaa glukokortikoidien erittymisen lisämunuaisesta. (Marketon & Glaser 2008) Glukokortikoiditasojen muutokset voivat vaikuttaa monien mekanismien kautta geeni-, reseptori-, signalointi- ja solutason säätelyhäiriöihin, jotka voivat johtaa eri sairauksiin (Webster ym. 2022). Suuret kortisolimäärät voivat esimerkiksi estää tulehdusta tai kumota jo alkaneen tulehduksen sivuvaikutuksia muun muassa stabiloimalla lysosomien kalvoja, laskemalla kapillaarien läpäisevyyttä ja vähentämällä valkosolujen aktiivisuutta. (Gyuton & Hall 2011, 930)

Vammojen ja haavojen parantumisessa on löydetty yhteyksiä stressin kanssa. Haavan paraneminen tapahtuu kolmen vaiheen kautta, jossa tulehduksella on merkittävä rooli haavan parantumisen ensimmäisissä vaiheissa. Bakteerit ja vahingoittuneet kudokset fagosytosoidaan ja neutrofiilit siirtyvät paikalle ja saavat aikaan transkriptionaalisen aktivaation, joka puolestaan säätelee solujen muodostumista sekä edistää haavojen paranemista. On osoitettu, että stressi heikentää haavojen ja biopsiahaavojen paranemisprosessia, sillä kasvaneet kortisolitasot voivat inhiboida solujen uudismuodostumista. Kortisoli muun muassa laskee kasvuhormonitasoja ja laskee pro-inflammatoristen sytokiinien tuotantoa. (Marketon & Glaser 2008)

Stressillä on osoitettu olevan myös vaikutusta haavojen paranemisprosessiin geeniekspression kautta. Esimerkiksi hiirillä stressin on havaittu vähentävän haavojen parantumiseen osallistuvien interleukiinien (IL-1) ja kasvutekijöiden (KGF-1) geeniekspressiota (Mercado ym. 2002). Mahdollista on, että stressillä olisi yhteyttä myös lihasvaurioiden palautumiseen. Ainakin Allenin ym. (2010) tutkimuksen mukaan tutkijat havaitsivat akuutin päivittäisen stressin olevan yhteydessä lisääntyneeseen atrofiseen geeniekspression ja myostatiiniriippuvaiseen lihasatrofiaan. Lisäksi Lauregon ja Mobergin (2000) mukaan akuutti

stressi voi johtaa energian saatavuuden vähenemisen kautta hidastuneeseen kasvuun. Myös Quattrocelli ym. (2017) havaitsivat, että krooninen ja jatkuva altistuminen glukokortikoideille saa aikaan katabolisia seurauksia luurankolihasessa. Allenin ym. (2010), Lauregon ja Mobergin (2000) sekä Quattrocellin ym. (2017) tutkimukset toteutettiin kuitenkin jyrksijätutkimuksina, joissa jyrksijöiden määrä jäi tutkimuksissa alle kymmeneen niin koe- kuin verrokkiryhmissä.

Kortisolin on osoitettu olevan keskeisessä roolissa haavan paranemisprosessissa. Lisäksi mielenkiintoista on, että myös subjektiivisella stressillä on havaittu olevan yhteyksiä haavan paranemiseen. Esimerkiksi Ebrecht ym. (2004) havaitsivat tutkimuksessaan, että subjektiivisella stressillä ja kortisolitasolla on negatiivinen korrelaatio haavan paranemisen nopeuteen terveillä miehillä. Korkeammaksi koettu stressi sekä korkeammat kortisolitasot olivat yhteydessä hitaampaan haavan paranemisnopeuteen. (Ebrecht ym. 2004) Lisäksi Walburnin ym. (2009) katsausartikkelissa psykologisen stressin yhteyksiä tutkittiin erilaisiin haava- ja vammatyyppeihin, kuten akuutissa ja kroonisissa kliinisissä haavoissa, biopsiahaavoissa, rakkohaavoissa ja ihovaurioista esimerkiksi teippien riisumisesta. Stressi oli yhteydessä hidastuneeseen haavan paranemiseen tai haavan paranemiseen liittyvän biomarkkerin säätelyyn 17 tutkimuksessa katsauksartikkelin:n tarkastellusta 22 tutkimuksesta.

3.4 Stressin vaikutus palautumiseen

Palautumisella tarkoitetaan elimistön tasapainon korjausprosessia, jossa elimistön fysiologinen ja psykologinen tasapaino pyritään saavuttamaan. Palautumistilan häiriintyessä esiintyy väsymystä, jota kompensoidaan palautumisella. Elimistön homeostasian järkkyyessä täytyy stressitilaa tasapainottaa palautumisjaksoilla. Stressitilan ollessa kroonisesti korkealla ja palautumisen vähäistä, adaptaatiot suorituskyvyllä eivät ole optimaaliset. (Kellman ym. 2018) Ylikuormituksen käsitteestä puhutaan silloin, kuin elimistön kuormituskyvnys ylitetään. Palautumisella on lopulta merkitystä siihen, onko ylikuormitus positiivista vai negatiivista. Kenttä ja Hassmen (1998) määrittävät positiivinen ylikuormituksen luonnollisena prosessina, jonka lopputuloksena on adaptaatio ja parantunut suorituskyky superkompensaatioperiaatteen mukaisesti. Puolestaan negatiivinen ylikuormitus tarkoittaa sitä, että kuormitukseen ei adaptoiduta, suorituskyky heikkenee ja erilaiset negatiiviset fysiologiset, psykologiset, biokemialliset ja immunologiset oireet voivat tulla ongelmaksi (Kenttä & Hassman 1998).

Psykologisella stressillä on havaittu olevan yhteyttä palautumisen kanssa. Esimerkiksi Stults-Kolehmainen ym. (2014) mukaan on syytä olettaa, että psykologinen stressi vaikuttaa akuutin palautumisen lisäksi pidempiaikaiseen palautumiseen. Tutkijat perustelevat asiaa sillä, että niin palautuminen rankasta liikuntasuorituksesta kuin haavan paraneminenkin ovat monimutkaisia prosesseja, jotka kestävät useita päiviä. Koska samanlaiset tekijät todennäköisesti estävät palautumista sekä toipumisen etenemistä heti harjoituksen jälkeen, on niillä todennäköisesti vaikutus myös pidemmän aikavälin palautumisprosessiin. (Stults-Kolehmainen ym. 2014)

Jokaisella on kuitenkin yksilöllinen dynaaminen sopeutumiskynnys, joka reagoi harjoituksen kuormaan. Esimerkiksi lihasvoima on esimerkki toiminnallisesta stressin sietokyvystä, johon vaikuttaa niin genetiikka ympäristötekijät ja fyysinen harjoittelu (Kenttä ja Hassman 1998). Bartholomewin ym. (2008) mukaan stressi–adaptaatio suhteeseen vaikuttavat biologiset vasteet, ravitsemus, sairastavuus ja harjoituksissa paikallaolo sekä terveyteen liittyvät tai harjoitukseen liittyvät käytökselliset tavat. Asianmukaisella kuormituksen seurannalla voidaan auttaa määrittämään urheilijan sopeutumista harjoitteluun sekä minimoida mahdollinen ylikuormitus, sairastuminen ja vammariskit (Halson 2014).

3.5 Subjektiivinen stressi ja sen arvioiminen

Ihminen toimii psykofyysisesti eli niin psykologiset kuin fysiologisetkin toiminnot vaikuttavat elimistömme toimintaan. Psykologisen stressin käsite on syntynyt 1960-luvulla ja sitä voidaan kuvata esimerkiksi koetuksi epätasapainotilaksi yksilön kapasiteetin ja resurssien sekä ympäristön aiheuttamien vaatimuksien välillä (Lazarus 1984, 3). Subjektiivisen stressin käsitteellä tarkoitetaan yksilön omaa kokemusta stressistä. Subjektiivisilla mittareilla voidaan helposti ja edullisesti selvittää yksilöiden mahdollista stressitilaa verrattuna objektiivisiin menetelmiin. Stressiä voidaan objektiivisesti mitata erilaisten biomarkkereiden avulla, joita ovat esimerkiksi neuroendokriiniset, sydän- ja verenkiertoelimistön toimintaan liittyvät, metaboliset ja antropometriset biomarkerit. (Juster ym. 2010) Puolestaan subjektiivisen stressin määrittämisessä ja arvioimisessa on käytetty lukuisia erilaisia subjektiivisia stressimittareita.

Kentän ja Hassmenin (1998) mukaan psykologisilla mittareilla voidaan havaita ylikuormituksen oireita aikaisemmin ja herkemmin kuin muilla. Myös Saw ym. (2016) ovat

samaa mieltä subjektiivisten mittareiden herkkyydestä. Yli viisikymmentä tutkimusta sisältävän katsausartikkelin mukaan subjektiiviset hyvinvointimittarit heijastavat akuutin ja kroonisen harjoituskuorman muutoksia herkemmin ja johdonmukaisemmin kuin objektiiviset mittarit, mutta subjektiivisten ja objektiivisten mittareiden välillä ei havaita yhteyttä urheilijoiden hyvinvoinnissa (Saw ym. 2016). Seuraavaksi esitellään muutamia tutkimuskirjallisuudessa käytettyjä stressimittareita ja kuvaillaan lyhyesti niiden luotettavuutta.

APES (adolescent perceived events scale). APES nuorille kehitetty suuria ja päivittäisiä stressaavia elämäntapahtumia mittaava mittari (Bartholomew ym. 2008; Compas ym. 1987). Kyselyssä luetellaan erilaisia stressiin liittyviä elämäntapahtumia (207 kohtaa) ja niiden toivottavuutta sekä vaikuttavuutta arvioidaan numeerisesti. Compas ym. (1987) ovat kehittäneet mittarin neljän tutkimuksen avulla, joissa selvitettiin muun muassa nuoria stressaavia asioita, niiden keskeisiä piirteitä sekä mittarin validiteettia ja reliabiliteettia. Reliabiliteetti (percentages of agreement) vaihteli 100 prosentista (26 kyselykohtaa) 41 prosenttiin (1 kohta). Hieman yli 40 prosenttia kysymyksistä saavutti kuitenkin ≥ 90 % luotettavuuden. Elämäntapahtumiin liittyvän mittarin validiteetin määrittäminen on haastavaa. Tutkijat selvittivät validiteettia vertaamalla saatuja tuloksia stressaavista elämäntapahtumista vastaajalle läheisen henkilön vastauksiin. Vastaukset vastasivat noin 90 prosenttisesti toisiaan. (Compas ym. 1987)

PSS (Perceived Stress Scale). PSS on kansainvälisesti käytetty mittari arvioimaan elämän stressaavuutta (Cohen ym. 1983). Leen (2012) mukaan PSS-kysely on yksi käytetyimmistä stressimittareista. Cronbachin alfa kyselylle oli yli 0,7 kahdessatoista tutkimuksessa. Lisäksi reliabiliteettia (test-retest) arvioitiin neljässä tutkimuksessa, ja se täytti kriteerin ($> 0,7$) kaikissa. Leen (2012) mukaan asteikko tulisi validoida kuitenkin käyttäen erilaisia populaatioita.

Self-rated mental stress. Ruuskan ym. (2012) käyttämä yksinkertainen psyykkisten voimavarojen mittari, jonka tarkoituksena on määrittää urheilijan elämän kokonaisvaltainen stressitilanne. 10-portainen mittari, jossa 1 tarkoittaa vähäisiä, 5 kohtuullisia ja 10 hyviä psyykkisiä voimavaroja. Mittarista ei löydy validointitutkimuksia. Mittarin ja kestävyysuorituskyvyn kehittymisen väliltä löydettiin positiivinen korrelaatio harjoittelemattomilla eli korkeammat psyykkiset voimavarat ennustivat suurempaa kestävyysuorituskyvyn kehittymistä (Ruuska ym. 2012).

RESTQ-S (Recovery Stress Questionnaire for Athletes). Alunperin Kellmanin ja Kallusin (2001) urheilijoille suunnittelema kysely fyysisen ja psyykkisen stressin selvittämiseksi. Kysely on 76 kohdasta koostuva yleisen stressin ja palautumisen sekä urheiluun liittyvän stressin ja palautumiseen keskittyvä arviointiväline, johon vastataan seitsemän pisteen Likert-asteikolla. Davisin ym. (2006) tutkivat kyselyä lähes 600 urheilijalla ja heidän mukaansa kyselyä ei voi käyttää diagnostisena työkaluna alipalautumisen määrittämisessä, mutta yleisesti sillä voidaan mitata stressiä ja palautumista harjoittelun apuvälineenä. Yleisen stressin kyselyn osiossa Cronbachin alfan arvo oli 0,76 ja urheiluun liittyvän stressin osiossa 0,83. Puolestaan uneen liittyvällä osiossa Cronbachin alfan arvo oli huomattavasti alhaisempi, mikä viittaa siihen, ettei uneen liittyvä subjektiivinen arviointi ole niin luotettavaa. (Davis ym. 2006)

ARSS (Acute Recovery and Stress Scale), *SRSS (Short Recovery and Stress Scale)*. Alun perin Hitzschken ym. (2015), Hitzschken ym. (2016) ja Kellmannin ym. (2016) Saksassa kehitettyjen mittareiden tavoitteena on arvioida stressin ja palautumisen fysiologista ja mentaalista näkökulmaa. ARSS koostuu 32 kohdasta kun taas SRSS on huomattavasti lyhyempi, vain 8 kohdan kysely. Nässi ym. (2017) selvittivät mittareiden validiteettia englanninkielisenä versiona 367 urheilijalla ja toteavat mittareiden osoittavan tyydyttävää sisäistä yhtenäisyyttä Cronbachin alfan ollessa 0,74–0,89. Myös saksalaisilla oli havaittu samankaltaisia Cronbachin alfan arvoja (Hitzschke ym 2015; Hitzschke ym. 2016). Tutkijat osoittivat mittareiden olevan kyseisille tutkittaville riittävän valideja ja luotettavia. Validiteettia tukivat myös korrelaatiot RESTQ-S-kyselyn kanssa. (Nässi ym. 2017)

SportSAM (sport-specific stress assessment module), *STRAIN (lifetime (non-sport) stressor exposure)*. STRAIN-kyselyssä selvitetään jopa 55 elämän isoa stressitekijää (esimerkiksi akuutteja elämäntapahtumia sekä kroonisia vaikeuksia, kuten terveysongelmia). Kysely toimii viisiportaisella Likert-asteikolla, jonka perusteella lasketaan yhteissumma elämänajan stressitekijöille sekä yhteissumma niiden useudelle. (Slavich & Shields 2018) McLoughlin ym. (2022) kehittivät liikuntaspesifisen stressin arviointimoduulin SportSAM-kyselyn tukemaan STRAIN-kyselyä, jotta kokonaiselämän stressiä voitaisiin tarkastella yhdessä liikuntaan liittyvän stressin kanssa suuremman kokonaiskuvan saamiseksi yksilöiden riskitekijöistä mentaalisiin tai fyysisiin terveysongelmiin. Aikaisemman tutkimuskirjallisuuden perusteella määritettiin stressitekijät, jotka liittyvät tyypillisesti urheilijoiden ja liikkujien elämään. Stressitekijöistä arvioitiin frekvenssiä, vakavuusastetta ja kulunutta aikaa, joiden avulla

laskettiin liikuntaan liittyvä kokonaisstressi. Tutkijoiden mukaan molemmilla kyselyillä on erittäin hyvä toistettavuus. (McLoughlin ym. 2022)

LESCA (Life-Event Scale for College Athletes). Kyselyssä vastataan 8-portaisella asteikolla, jossa arvolla -4 tarkoitetaan erittäin negatiivista ja arvolla +4 erittäin positiivista. Arvoilla pyritään osoittamaan stressaavia kokemuksia viimeisen vuoden takaa sekä arvioimaan niiden vaikutusta itseen. LESCA-kyselyllä vaikuttaisi olevan hyvä sisältövaliditeetti ja se toimii elämän stressin mittarina ainakin opiskelijaikäisillä urheilijoilla. (Petrie 1992)

USQ (Undergraduate Stress Questionnaire). Elämäntapahtumien avulla stressiä mittaava kysely on kehitetty nimenomaan opiskelijoille. Crandallin ym. (1992) mukaan tutkimukset ovat osoittaneet USQ-kyselyn hyvän validiteetin college-opiskelijoille. Kysely korreloi positiivisesti fyysisiin oireisiin ja negatiivisesti mielialaan eli mitä korkeammaksi stressi arvioitiin, sitä todennäköisemmin koettiin myös fyysisesti stressiä. Puolestaan mitä korkeammaksi stressiä arvioitiin, sitä matalammaksi todennäköisesti koettiin oma mieliala. (Crandall ym. 1992)

DALDA (Daily Analysis of Life Demands for Athletes). DALDA on urheilijoille suunniteltu subjektiivinen kysely erityisesti harjoitusvasteen havaitsemiseksi sekä urheilijan harjoituskuormien sietämiskapasiteetin havaitsemiseksi. Kyselyllä selvitetään myös harjoittelun ulkopuolista stressiä. Stressin lähteitä arvioidaan kolmiportaisesti (huonompi kuin normaali – normaali – parempi kuin normaali). (Rushall 1990) DALDA-kysely näyttäisi heijastavan toiminnallista ylikuntoa ainakin kestävyysurheilijoilla (Roete ym. 2021).

Vaikka subjektiivisia stressimittareita on edellä mainittujen lisäksi kehitetty lukuisia ja niiden on osoitettu olevan helppoja, halpoja sekä reagoivan suhteellisen herkästi stressin, hyvinvoinnin ja palautumisen muutoksiin, on niiden tuloksiin suhtauduttava kuitenkin varauksella. Subjektiivisten mittareiden ongelmana on niiden perustuminen yksilön omaan kokemukseen sekä niiden tuloksiin vaikuttaa yksilön motivaatio täyttää kyselyä. Lisäksi retrospektiivisten eli takautuvasti täytettävien kyselyt perustuvat muistiin, jolloin todellinen informaatio voi unohtua tai vääristyä (Mujika 2017). Myös useat erilaiset kyselyt tuovat haasteen niiden vertaamiseen. Roosin ym. (2013) mukaan luotettavinta harjoittelukuormituksen informaatioita vaikuttaisi saavan, kun käyttää validoituja kyselyitä yhdessä objektiivisen mittausten menetelmien kanssa ainakin kestävyysurheilijoista tehdyssä systemaattisessa

katsauksessa. Myös Saw ym. (2016) ehdottavat objektiivisten ja subjektiivisten mittareiden tarkastelua yhdessä toisiaan täydentävinä menetelminä palautumisen ja stressin seurannassa.

4 STRESSIN JA HARJOITTELUADAPTAATION YHTEYS

Kuten edellisessä kappaleessa esitettiin, akuutti stressi on normaalia fysiologista säätelyä, jonka myötä elimistö pyrkii sopeutumaan ympäristön aiheuttamiin muuttuviin tilanteisiin elimistössä (Lovallo 2005, 37). Pitkäaikaisella stressillä voi puolestaan olla normaaleja fysiologisia toimintoja heikentäviä vaikutuksia (Kyrou & Tsigos 2009), kuten katabolisten reaktioiden pitkittynyt aktiivisuus ja vastaavasti anabolisten reaktioiden inhibointi. Tästä syystä pitkäaikaisen stressin yhteyttä lihaskasvuun ja voimantuottoon on syytä tutkia.

Subjektivistista stressiä ja liikuntaa tutkitaan usein liikuntakäyttäytymisen näkökulmasta (Rethorst ym. 2009). Psykologisen stressin ja liikunnan yhteyksiä on tutkittu 1980-luvulta alkaen (Stults-Kolehmainen & Sinha 2013), mutta tutkimusasetelmissa tarkastelun kohteena ovat olleet liikunta ja fyysinen aktiivisuus stressin lieventämisvälineenä (Rethorst ym. 2009) sekä fyysisen aktiivisuuden ja mentaalisen terveyden yhteydet (Stojmenovic ym. 2021). Niin kestävyysliikunnalla kuin voimaharjoittelullakin vaikuttaisi olevan hyödyllisiä vaikutuksia fyysiseen ja psyykkiseen terveyteen sekä koettuun stressiin. Esimerkiksi Chovanec ja Gröpel (2020) havaitsivat, että kahdeksan viikon voimaharjoittelulla sekä kestävyysharjoittelulla näyttäisi olevan stressiä vähentäviä hyötyjä.

Stressillä ja liikunnalla on myös käänteinen suhde. Stults-Kolehmainen ja Sinha (2013) selvittävät katsausartikkelissaan nimenomaan mentaalisen stressin vaikutuksia liikuntaan ja fyysiseen aktiivisuuteen. Artikkelin kattamasta 168 tutkimuksesta 123 tutkimuksessa havaittiin käänteinen yhteys mentaalisen stressin ja liikunnan tai fyysisen aktiivisuuden kanssa. Tämä osoittaa, että koettu psykologinen stressi voi ennustaa vähentyneitä fyysistä aktiivisuutta, vaikka toisaalta yhtä lailla koetun stressin on myös osoitettu olevan yhteydessä liikunta-aktiivisuuden lisääntymiseen. Stressin ja liikunnan suhdetta voidaan kuvata siis dynaamiseksi ja kaksisuuntaiseksi (Stults-Kolehmainen & Sinha 2013). Lutz ym. (2010) tutkivat stressin määrän ja liikkumiseen käytetyn ajan, intensiteetin ja useiden yhteyttä. Kyselytutkimuksien avulla havaittiin, että stressaavien tapahtumien määrä oli positiivisesti yhteydessä liikunnan määrään, toisaalta osalla tutkittavista löydettiin myös päinvastainen yhteys. Tulokset osoittavat, että on erilaisia tapoja reagoida stressiin, sillä yksilöt reagoivat stressiin joko lisäämällä tai vähentämällä fyysistä aktiivisuutta stressin lisääntyessä. (Lutz ym. 2020) Myös esimerkiksi ten Hoorin ym. (2017) systemaattisessa katsauksessa ylipainoisten ja lihaviiden kohdalla näyttäisi siltä, että voimaharjoittelulla ei välttämättä havaita olevan positiivisia vaikutuksia psyykkiseen

terveyteen. Jo 90-luvulla stressitutkijan Sapolskyn (1994) mukaan suuret fyysiset stressitekijät saavat aikaan suhteellisen samankaltaisen stressivasteen esimerkiksi stressihormonierityksessä ihmisillä, mutta psykologisten stressitekijöiden vasteissa havaitaan yksilöiden välillä vaihtelua (Sapolsky 1994).

Eri alojen näkökulmasta psykologista stressiä voidaan pitää tekijänä, joka vaikuttaa myös fysiologiseen palautumiseen. Esimerkiksi psykologisen stressin on osoitettu olevan yhteydessä erilaisten haavojen paranemisen hidastumiseen (Walburn ym. 2009), terveyteen ja hyvinvointiin (McLoughlin ym. 2022). Myös Bartholomewin ym. (2008) mukaan on useita syitä, joiden mukaan voidaan olettaa, että stressi vähentää harjoitusvastetta, kuten kortisoli, huono palautuminen, muutokset ravitsemuksessa, sairastuminen ja siihen liittyvät poissaolot.

Raskas ja intensiivinen liikuntaharjoittelu aiheuttaa ylikuormitusta, jonka seurauksena lisääntyvät muun muassa elimistön lihasvauriot (Clarkson & Hubal 2002), väsymys (Appell 1992) ja tulehdustila (Pyne 1994). Harjoittelussa kehittymiseksi on ylikuormitus kuitenkin välttämätöntä superkompensaatioilmion saavuttamiseksi (Bomba & Haff 2009, 15–16), sillä lihaskudoksen kasvun saa aikaan kuormituksen fyysisten vaatimuksien aiheuttamat ärsykkeet, kuten lihaskudosvauriot. Tästä seuraa immuunireaktion aikaansaama myoblastien ja tytäryonukleiinien tuotanto, mikä lisää proteiinien kertymistä ja tätä kautta lihassolujen kasvua (Kraemer & Vingren 2017). Katabolisen hormonin kortisolin suuri määrä voi kuitenkin häiritä tätä anabolista signaalia (Spiering ym. 2008; Szivak ym. 2013), jolloin ainakin korkeilla stressitasoilla, kun esimerkiksi kortisolin määrä on jatkuvasti koholla, voisi olla heikentäviä vaikutuksia voimaharjoittelun adaptaatioihin. Seuraavaksi tarkastellaan aikaisempia tutkimustuloksia voimaharjoittelun sekä kestävyysharjoittelun ja stressin yhteydestä.

4.1 Tutkimuksia voimaharjoittelun ja stressin yhteydestä

Bartholomew ym. (2008) tutkivat itseraportoitujen stressaavien elämäntapahtumien yhteyttä voiman kehittymiseen 12 viikon voimaharjoittelujakson aikana. Alhaisen stressin ryhmä kehittyi tilastollisesti merkitsevästi enemmän ($p < 0,05$) penkkipunnerruksen sekä kyykyn testituloksissa 12 viikon harjoittelujakson aikana kuin korkean stressin ryhmä. Puolestaan reiden ja käsivarren ympärystimien kehittymisen ja stressin välillä ei havaittu tilastollista merkitsevyyttä. (Bartholomew ym. 2008) Koska voimaharjoittelussa kehittyminen tapahtuu

ensin hermostollisen toiminnan paranemisen kautta ja vasta sitten lihassolujen kasvun kautta (Kreamer 2017), voi tämä selittää osittain Bartholomewin ym. (2008) tutkimustulosta.

Stults-Kolehmainen sekä Bartholomew (2012) tutkivat pitkäaikaisen stressin yhteyttä akuuttiin voimaharjoittelusta palautumiseen (tunti voimaharjoituksen jälkeen). Krooninen mentaalinen stressi vaikuttaisi hidastavan lihasten toiminnan akuuttia palautumista rankan voimaharjoituksen jälkeen tutkimuksen mukaan. Yli 30 opiskelijalla havaittiin, että elämäntapahtumiin liittyvä stressi sekä subjektiivinen stressi laskivat merkittävästi maksimaalisen isometrisen voiman palautumista mitattuna tunnin ajan voimaharjoituksen jälkeen. (Stults-Kolehmainen & Bartholomew 2012)

Korkea krooninen psykologinen stressi on yhteydessä heikentyneeseen rasittavan voimaharjoituksen vasteeseen. Stults-Kolehmainen ym. (2016) tutkimuksessa selvitettiin, vaikuttaako mentaalinen stressi lihaskipuun, mielihyvään ja vireystilaan rankan voimaharjoituksen aikana. Rankan voimaharjoituksen aikana tutkittavat vastasivat subjektiivisiin kyselyihin ja heiltä mitattiin sykettä. Korkeampi stressitaso oli merkittävästi yhteydessä matalampaan koetun kuormittavuuden nousuun ja sykkeeseen. Lisäksi USQ- ja PSS-kyselyssä korkeampi stressi oli yhteydessä vähäisempään mielihyvään ja vireystilaan. (Stults-Kolehmainen ym. 2016)

Stultsin (2009) löydökset osoittavat, että krooninen stressi on yhteydessä hitaampaan palautumiseen. Tutkimusasetelmassa nuoret voimaharjoittelijat (n = 31) tekivät subjektiivisen stressin kyselyt (PSS ja USQ) sekä suorittivat kuntotestit. He palasivat 5–10 päivää myöhemmin tekemään voimaharjoituksen jalkaprässillä uupumukseen asti suoritettuna. Tutkittavia seurattiin tunnin ajan harjoituksen jälkeen sekä neljän päivän ajan kuormituksen jälkeen. Analyysit osoittivat, että stressi oli yhteydessä niin toiminnallisesti mitattuun palautumiseen (maksimaalinen isometrinen voima, hyppykorkeus, pyöräilyteho) kuin psykologisesti mitattuun palautumiseen maksimaalisen voimaharjoituksen jälkeen. Stressi ei ollut kuitenkaan yhteydessä välittömästi maksimaalisen voimaharjoituksen jälkeen mitattuihin tuloksiin, joten stressin vaikutus palautumiseen ei todennäköisesti johtunut maksimaalisen rasituksen aiheuttavan häiriön suuruudesta. Pienemmän stressilukeman PSS-kyselyssä saaneet henkilöt saavuttivat lähtötason lähes kolme kertaa nopeammin kuin suuremman stressilukeman saaneet. Ne tutkittavat, jotka kokivat enemmän stressiä, palautuivat huomattavasti hitaammin harjoituksesta kuin vähemmän stressiä kokevat. Lisäksi analyysit osoittivat, että stressi oli

yhteydessä fyysiseen palautumiseen, mutta ei psyykkiseen palautumiseen ensimmäisen tunnin jälkeen maksimaalisesta kuormituksesta. Lisäksi korkeammaksi koettu stressi oli yhteydessä mitattujen interleukiinien (IL-1beta) ja tulehdusta edistävien sytokiinien määrän kasvuun 48 tunnin aikana harjoituksen jälkeen, joten korkeammalla subjektiivisella stressillä vaikuttaisi olevan yhteys immuunijärjestelmän tulehdusreaktion suuremmalle aktivoitumiselle harjoituksen jälkeen. Tutkimuksen perusteella Stultsin (2009) mukaan korkeasta kroonisesta stressistä kärsivien tulee kiinnittää huomiota palautumisaikaan riittävän palautumisen saavuttamiseksi. (Stults 2009)

4.2 Tutkimuksia kestävyysharjoittelun ja stressin yhteydestä

Acevedo ym. (2006) sekä Webb ym. (2013) ovat tutkineet fyysisen kestävyyskuormituksen aikana tehdyn mentaalisesti haastavan tehtävän yhteisvaikutuksia, ja he havaitsivat, että kun akuuttia mentaalista stressiä koetaan samaan aikaan kuin harjoituksen aiheuttamaa fyysistä stressiä, tuntemukset ahdistuksesta, työtaakasta ja ponnistelusta tunnetaan liioitellusti, mikä johtaa suurempiin kortisoli- ja kardiovaskulaarisiin vasteisiin. Lisäksi molemmat tutkimusryhmät vertailivat hyvä- ja huonokuntoisien eroja. Acevedo ym. (2006) tutkimuksessa sykkeessä havaittiin eroa sen ollessa korkeampi huonokuntoisilla. Puolestaan Webb ym. (2013) havaitsivat, että huonokuntoiset yksilöt osoittivat epäedullisia vasteita fyysiseen ja mentaaliseen stressitilanteeseen verrattuna hyväkuntoisten ryhmään erityisesti kortisolitasoissa. Tämä on yhdenmukainen myös Rimmelen ym. (2009) tutkimuksen kanssa, jossa harjoitelleilla miehillä havaittiin merkitsevästi matalampi kortisolivaste mentaaliseen stressille verrattuna harjoittelemattomiin.

Ruuska ym. (2012) tutkivat itseraportoidun mentaalisen stressin yhteyttä aerobiseen kestävyys suorituskykyyn. Kahden viikon intensiivisen kestävyys harjoitusjakson alussa arvioitu stressi korreloi niin nais- kuin miestutkittavilla kestävyyskunnan kehittymiseen. Tutkittavat olivat terveitä mutta harjoittelemattomia ja he toteuttivat kestävyyskunnan harjoitukset ja testit kontrolloidusti polkupyöräergometrillä viidesti viikossa 40 minuuttia kerrallaan 75 % teholla maksimisykkeestä. Tutkittavien (n =44) maksimaalisen hapenotto kyvyn huippulukema (VO_{2peak}) ($r = 0,32$, $p = 0,039$) sekä maksimiteho ($r = 0,45$, $p = 0,002$) korreloivat positiivisesti subjektiivisen mentaalisen stressin kanssa eli näyttäisi siltä, että subjektiivinen mentaalinen stressi on yhteydessä kestävyys suorituskyvyn kehittymisen kanssa

ainakin Ruuskan ym. (2021) mukaan. Kyseistä subjektiivista stressimittaria ei vaikuttaisi olevan kuitenkaan validoitu.

Pernan ja McDowellin (1995) tutkimuksessa jaettiin kansallisen tason pyöräilijät ja soutajat subjektiivisesti mitatun elämäntapahtumiin liittyvän stressin perusteella matalan stressin ja korkean stressin ryhmiin. Tarkoituksena oli selvittää vastaajan vuoden aikana tapahtuneita stressaavia elämäntapahtumia ja niiden yhteyttä palautumiseen. Tutkittavien (n = 39) syljestä määritetyistä kortisolinäytteistä havaittiin, että maksimaalisen aerobisen kuormituksen jälkeen stressiryhmällä oli suurempi kortisolivaste ($p < 0,05$) kuin matalan stressin ryhmällä. Kortisoliarvo myös pysyi 20 tunnin ajan koholla stressiryhmällä toisin kuin matalan stressin ryhmällä. On kuitenkin hyvä huomata, että korkean stressin ryhmään sisältyi melko pieni joukko, 16 tutkittavaa. Tutkijoiden mukaan tulokset osoittavat, että krooninen stressi pidentää palautumisprosessia, joka puolestaan lisää todennäköisyyttä sairastuvuuteen tai loukkaantumiseen kilpaurheilijoilla (Perna & McDowell 1995).

Mujikan ym. (1996) tutkimusryhmän odotusten vastaisesti kilpauimareilta ei löydetty plasman hormoneissa (muun muassa testosteroni, kortisoli, luteinisoiva hormoni) tilastollisesti merkitseviä muutoksia 12 viikon intensiivisen harjoitusjakson ja 4 viikon herkistelyjakson aikana. Tutkimuksen koehenkilömäärä oli kuitenkin pieni (n= 8). Tasapaino anabolisten ja katabolisten hormonien välillä voi olla tärkeä osa palautumisprosessia rankan harjoituksen jälkeen, joten tutkijat ehdottavat testosteronin ja kortisolin suhdeluvun toimivan harjoituksen aiheuttaman fysiologisen stressin mittarina. (Mujika ym. 1996)

5 TUTKIMUSKYSYMYKSET

Tutkimuskysymys 1. Havaitaanko subjektiivisessa stressissä, lihasvoimassa, lihaskoossa ja kehon rasvattomassa massassa muutoksia 10 viikon voimaharjoittelujakson sekä 20 viikon voimaharjoittelujakson aikana?

Hypoteesi 1. Progressiivinen voimaharjoittelu parantaa lihasvoimaa jo muutaman viikon jälkeen (Folland & Williams 2007; Kraemer 2017, 34). Myös ultraäänellä mitattuna lihaskoossa on havaittu kasvua jo 3 viikon intensiivisen voimaharjoittelun jälkeen (Seynnes ym. 2007). Tutkimustietoa kehon rasvattoman massan muutoksista voimaharjoittelun seurauksena bioimpedanssianalyysillä normaalipainoisilla on vähän. Kehon rasvattomassa massassa saatetaan nähdä muutoksia 10 ja 20 viikon harjoitusjaksojen aikana, sillä kehon rasvaton massa sisältää lihasmassan. Voimaharjoittelun on todettu vähentävän rasvattoman massan vähenemistä painon pudotuksen aikana (Bellicha ym. 2021; Liu ym. 2022) sekä lisäävän kehon rasvatonta massaa normaalipainoisilla ainakin korkea intensiteettisen toiminnallisen voimaharjoittelun seurauksena (Kapsis ym. 2022). Vaikka subjektiivisten mittareiden on osoitettu reagoivan harjoituskuorman muutoksiin suhteellisen herkästi (Saw ym. 2016), ei tämän tutkimuksen subjektiivisessa stressissä havaita muutoksia harjoitusjakson aikana, sillä kyseiset mittarit painottavat harjoittelun ulkopuolista stressiä

Tutkimuskysymys 2. Onko voimaharjoittelujakson aikainen subjektiivinen stressi yhteydessä lihasvoiman, lihaskoon ja kehon rasvattoman massan kehittymiseen 10 viikon ja 20 viikon voimaharjoittelujakson aikana?

Hypoteesi 2. Korkea subjektiivinen stressi voi mahdollisesti ennustaa heikompaa kehittymistä voimaharjoittelussa. Katabolisen hormonin kortisolin suuren määrän on todettu voivan häiritä elimistön anabolisia signaaleja (Spiering ym. 2008; Szivak ym. 2013), jolloin jos koetaan paljon stressiä, voi sillä olla heikentäviä vaikutuksia voimaharjoittelun adaptaatioihin. Krooninen mentaalinen stressi vaikuttaisi hidastavan lihasten toiminnan akuuttia palautumista rankan voimaharjoituksen jälkeen Stults-Kolehmainen ja Bartholomewin (2012) tutkimuksen mukaan.

Tutkimuskysymys 3. Havaitaanko enemmän stressiä kokevan ryhmän ja vähemmän stressiä kokevan ryhmän välillä eroja lihasvoimassa, lihaskoossa ja kehon rasvattomassa massassa 10 viikon harjoitusjakson aikana?

Hypoteesi 3. Lihasvoimassa voidaan havaita suurempaa kehittymistä vähemmän stressiä kokevassa ryhmässä verrattuna enemmän stressiä kokevaan ryhmään. Bartholomewin ym. (2008) tutkimuksessa voimaharjoittelun testitulokset paranivat matalan stressin ryhmällä enemmän kuin korkean stressin ryhmällä. Puolestaan lihaskoossa ei havaittu muutoksia 12 viikon voimaharjoitusjakson aikana harjoittelemattomilla. (Bartholomew ym. 2008) Kehon rasvattoman massan muutoksesta ja subjektiivisen stressin välisestä yhteydestä ei ole aikaisempaa tutkimustietoa. Voimaharjoittelussa kehittyminen tapahtuu harjoittelun alkuvaiheessa hermostollisen toiminnan paranemisen kautta ja vasta myöhemmin lihasmassan lisääntymisen kautta (Kreamer 2017), joten luultavasti kehon rasvattomassa massassa ei havaita kehityseroja ryhmienkään välillä.

6 MENETELMÄT

Tämä Pro Gradu -tutkielma on toteutettu osana tutkimusta ”Molecular and cellular adaptations in skeletal muscle to strength training, detraining, and retraining”, jossa tutkitaan luurankolihaksien solu- ja molekyylivasteita voimaharjoittelussa sekä harjoittelutauon aikana että harjoittelutauon jälkeen. Tutkittavat, tutkimusasetelma, harjoittelu, aineistonkeruu sekä mittaukset ovat kyseisestä väitöskirjatutkimusprojektista. Harjoitusinterventio ja aineiston keruu toteutettiin vuoden 2022 kevään ja 2023 syksyn välillä.

6.1 Tutkittavat

Tutkimukseen osallistui 55 perustervettä naista ja miestä. Osallistujat olivat 18–40-vuotiaita eikä heillä saanut olla aikaisempaa voimaharjoittelutaustaa eikä lainkaan voimaharjoittelua viimeisen 12 kuukauden aikana. Painoindeksin tuli olla välillä 18,5–30,0 kg/m². Tutkittavien tuli olla tupakoimattomia, ilman tulehduskipulääkitystä, eikä heillä saanut olla kestävyysharjoittelutaustaa viimeisen 6 kk aikana. (Yli 2 kestävyysharjoitusta viikossa, kesto yli 30 minuuttia.) Tutkittavia ohjeistettiin välttämään muita harjoitusmuotoja sekä säilyttämään fyysinen arkiaktiivisuus samankaltaisena kuin normaalisti tutkimusjakson aikana.

Tutkittavien rekrytoitiin julkisten Facebook-ryhmien kautta syksyn 2021 ja kevään 2022 aikana. Yli 300 kiinnostunutta täytti esiseulontakyselyn, jonka avulla valittiin ne tutkittavat, jotka parhaiten täyttivät kriteerit. Tutkittavaksi hakevien poissulkukriteereitä olivat lääkitys, joka vaikuttaisi harjoitusvasteisiin, ravintolisien käyttö (lukuun ottamatta proteiini- tai hiilihydraattipohjaisia tuotteita, kivennäisaineita, vitamiineja tai kalaöljytuotteita) sekä sairaudet, jotka vaikuttaisivat sydän- ja verenkiertoelimistön, hengityselimistön tuki- ja liikuntaelimistön toimintaan. Tutkimukseen osallistuminen oli vapaaehtoista ja tutkittavilla oli oikeus jättäytyä pois tutkimuksesta ajankohdasta riippumatta. Lopulta tutkittavia valikoitui 55, joista 13 tutkittavaa joutui keskeyttämään tutkimuksen jossakin tutkimuksen ajankohdassa. Tässä pro gradu -tutkielmassa tarkastellaan 44 tutkittavaa 10 viikon harjoitusjakson ajalta sekä 20 tutkittavaa koko 20 viikon harjoitusjakson ajalta. Tutkittavat olivat vapaaehtoisia ja he antoivat kirjallisen suostumuksensa tutkimukseen osallistumiseen. Jyväskylän yliopiston eettinen toimikunta on antanut lausuntonsa ennen tutkimuksen käynnistymistä. Taulukossa 1 esitetään tutkittavien taustatietoja.

TAULUKKO 1. Tutkittavien taustatiedot. Taustatiedot on mitattu ennen harjoitusjakson alkua.

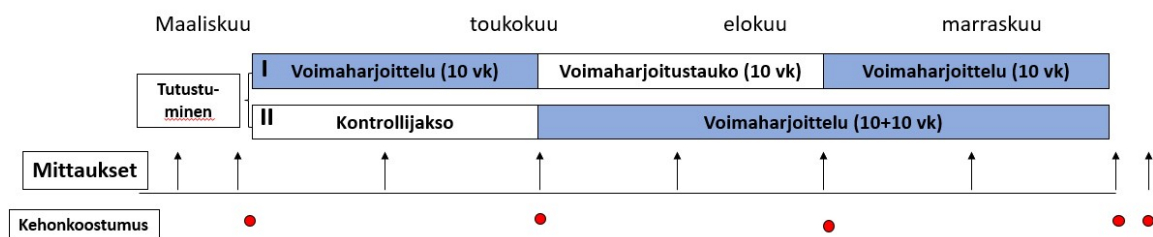
n	Ikä	Paino (kg)	Pituus (cm)	Painoindeksi (kg/m ²)	FFM ^a (kg)
Miehet (n= 23)	32,2 ± 4,8	79,2 ± 15,2	179,4 ± 15,2	24,5 ± 3,9	62,4 ± 8,0
Naiset (n=21)	32,5 ± 3,1	68,7 ± 11,1	166,2 ± 7,1	25,0 ± 3,8	46,6 ± 5,0
Kaikki (n=44)	32,3 ± 4,9	74,0 ± 14,4	172,8 ± 10,0	24,7 ± 3,9	54,7 ± 10,5

^afat free mass, kehon rasvaton massa

6.2 Tutkimusasetelma

Tutkimusprojektin yhtenä tarkoituksena oli tutkia hypertrofisen voimaharjoittelun adaptaatioita ja harjoitustauon vaikutusta niihin, joten tutkittavat jaettiin kahteen harjoitteluryhmään, joista toinen ryhmä harjoitteli 10 viikkoa, piti 10 viikon tauon ja jatkoi harjoittelua toiset 10 viikkoa. Toinen ryhmä puolestaan harjoitteli 20 viikkoa yhtäjaksoisesti ilman harjoitustaukoa. Tutkittavat randomisoitiin kyseisiin ryhmiin. Interventio alkoi viikon tutustumisjaksolla, jota seurasi kahden viikon kontrollijakso. Kontrollijakson aikana tehtiin lähtötason voimatestit, kehonkoostumusmittaukset ja alkukartoituskyselyt. Lisäksi otettiin ultraäänikuvat tutkittavien kaksipäisen olkalihaksen ja ulomman reisilihaksen poikkipinta-alan selvittämiseksi. Tutkittavilta otettiin laskimoverinäytteet sekä lihasbiopsianäytteet ulommasta reisilihaksesta. Lihasbiopsianäyte- ja laskimoverinäytetuloksia ei käytetä tässä pro gradu -tutkielmassa. Voimatestit ja ultraäänikuvaukset toistettiin tutkimusjaksolla viiden viikon välein, kun taas lihasbiopsianäyte, laskimoverinäyte ja kehonkoostumusmittaukset toistettiin 10 viikon välein.

Tutkittavat vastasivat viiden viikon välein alkukartoituskyselyn kysymyksiä sisältävään muutoskyselypatteristoon, joka koostui yleiseen terveyden tilaan, fyysiseen aktiivisuuteen, uneen ruokailuun, subjektiiviseen stressiin ja naisilla hormonaaliseen ehkäisyyn liittyviin kysymyksiin. Lisäksi jokaisen voimaharjoituksen yhteydessä he vastasivat subjektiiviseen lihasarkuuden kyselyyn sekä harjoituksen jälkeiseen RPE-kyselyyn. Tutkimuksen kokonaiskesto oli 34 viikkoa. Kuvassa 5 havainnollistetaan tutkimusasetelmaa.



KUVA 5. Tutkimusasetelma.

Tässä pro gradu -tutkielmassa tarkastellaan voimatestien, lihasten poikkipinta-alan, kehonkoostumuksen ja subjektiivisten stressikyselyiden tuloksia. Seuraavissa kappaleissa kuvataan tarkemmin niihin liittyvää tutkimusasetelmaa sekä tutkimusjakson aikaista harjoittelua.

6.3 Harjoittelu

Tutkimusjakson harjoittelu koostui kaksi kertaa viikossa tehtävästä voimaharjoituksesta. Viikon toisella harjoituskerralla jokaisen liikkeen viimeinen sarja tehtiin uupumukseen asti. Tällä tavoin arvioitiin seuraavan viikon harjoituskuormaa. Lisäksi viikon toisella harjoituskerralla mitattiin tutkittavan paino. Harjoitusten välissä pidettiin vähintään kaksi päivää väliä riittävän palautumisen vuoksi.

Harjoituskerta koostui alkulämmittelystä, joka sisälsi kuntopyörällä polkemista kolmen minuutin ajan, 10 toistoa kehonpainokyykyjä, 5 toistoa askelkyykyjä jalkaa kohden, 5 mittarimatoliikettä (käsien kurkotus maahan ja niiden avulla kävely punnerrusasentoon) ja 5 polvenhalausta jalkaa kohden. Alkulämmittelyn aikana tutkittavaa pyydettiin arvioimaan lihasarkuuttaan asteikolla 1–6.

Kutakin liikettä toteutettiin neljä sarjaa, lukuun ottamatta penkkipunnerrusta, jota tehtiin kolme sarjaa. Palautukset sarjojen ja liikkeiden välillä pidettiin kahden minuutin mittaisina. Toistoja sarjoissa tehtiin 8–10. Tutkittavia ohjeistettiin niin, että he pystyisivät tekemään 2–3 toistoa vielä suoritettujen toistojen jälkeen. Kaikissa liikkeissä konsentriinen työvaihe ohjeistettiin

tekemään maksimaalisella suoritusnopeudella, eksentrisen työvaihe ohjeistettiin toteuttamaan hallitusti jarruttaen.

Harjoituskuormat määritettiin jokaiselle tutkittavalle yksilöllisesti, ensimmäiselle harjoituskerralle tutustumisjaksolla mitattujen yhden toiston maksimin ja 3–5 toiston maksimin testituloksien perusteella. Jalkaprässissä, penkkipunnerruksessa ja tuetussa kulmasoudussa sarjapainoksi määritettiin 70 % 1 RM:sta. Polvenojennuksessa ja hauiskäännössä 50 % 1 RM:sta. Lisäksi harjoitustauon jälkeen toiselle tutkimusryhmälle 3–5 RM testit teetettiin uudestaan jälkimmäisen 10-viikon harjoituskuormien määrittämiseksi. Jokaiselle viikolle harjoituskuormaa muokattiin koko tutkimusjakson ajan. Viikon toisella harjoituskerralla viimeiset sarjat toteutettiin toistomaksimiperiaatteella eli tutkittavat tekivät jokaisen liikkeen viimeisen sarjan uupumukseen asti. Tämän avulla määritettiin seuraavan viikon harjoituspainot progressiivisuuden takaamiseksi. Toistomaksimituloksien perusteella harjoituskuormaa muokattiin taulukon 2 mukaisesti.

TAULUKKO 2. Toistomaksimisarjojen tuloksista määritetyt sarjapainojen korotukset tai vähennykset kilogrammoissa (kg) liikkeittäin.

Toistot	Jalkaprässi	Polvien ojennus	Penkkipunnerrus	Hauiskääntö	Tuettu kulmasoutu
< 5	-7.5	-7.5	-5	-2.5	-2.5
6–7	-5	-5	-2.5	-1	-1.25
8–10	0	0	0	0	0
11–12	2.5	2.5	2.5	1	1.25
13–15	5	5	5	2.5	2.5
16–20	7.5	7.5	7.5	3.5	5
> 20	10	10	10	5	7.5

Voimaharjoitukset toteutettiin Jyväskylän yliopiston Viveca-rakennuksessa liikuntabiologian tutkimuskäytössä olevalla kuntosalilla. Ennen harjoittelun aloittamista tutkittavat toteuttivat yksilöohjatun tutustumisjakson kuntosaliin ja liikkeisiin. Lisäksi kaikissa tutkimusjakson harjoituksissa paikalla oli aina tutkija tai tutkimusharjoittelija. Harjoitteluprotokollan liikkeet toteutettiin alla olevassa järjestyksessä.

Horisontaalinen jalkaprässi. Liikkeen aloitusasento ja jalkaprässin penkin paikka määritettiin tutkittavien polvikulman mukaan mahdollisimman lähelle 65 astetta. Tutkittavat ohjeistettiin

istumaan selkä vasten selkänojaa penkillä pitäen kahvoista kiinni, jalat asetettiin vapaasti valittavalle leveydelle laitteen työntölevylle. Liike aloitettiin ala-asennosta, josta jalat työnnettiin eteen. Toisto laskettiin onnistuneeksi, kun jalat ojennettiin suoriksi. Matka-aikalaitteella (Jyväskylän yliopisto, Jyväskylä, Suomi) mitattiin painopakan kulkemaa matkaa sekä konsentrisen ja eksentrisen työvaiheen kestoa. Kuvassa 6 nähdään jalkaprässilaitteen (DAVID 210 jalkaprässi, Helsinki, Suomi) toiminta.



KUVA 6. Horisontaalisen jalkaprässin aloitus- ja lopetusasento (vasemmalla) sekä polvien ojennusvaihe (oikealla).

Polvenojennus. Laitteen (DAVID 200 polven ojennus, Helsinki, Suomi) penkki asetettiin niin, että tutkittavien polvikulma oli lähtöasennossa noin 90 astetta. Penkin säätö oli joka harjoituskerta sama. Tutkittava istui selkä vasten selkänojaa pitäen laitteen kahvoista kiinni sääret vasten pehmustetta. Polvet ojennettiin lähtöasennosta suoriksi ja palautettiin jarruttaen takaisin. Toisto laskettiin onnistuneeksi, kun polvet ojentuivat suoriksi. Matka-aika-laitteella mitattiin painopakan kulkemaa matkaa sekä konsentrisen ja eksentrisen työvaiheiden kestoa. Kuvassa 7 havainnollistetaan polvenojennuslaitteen toimintaa.



KUVA 7. Polvien ojennus -liikkeen aloitus- (vasemmalla) ja lopetusasento (oikealla).

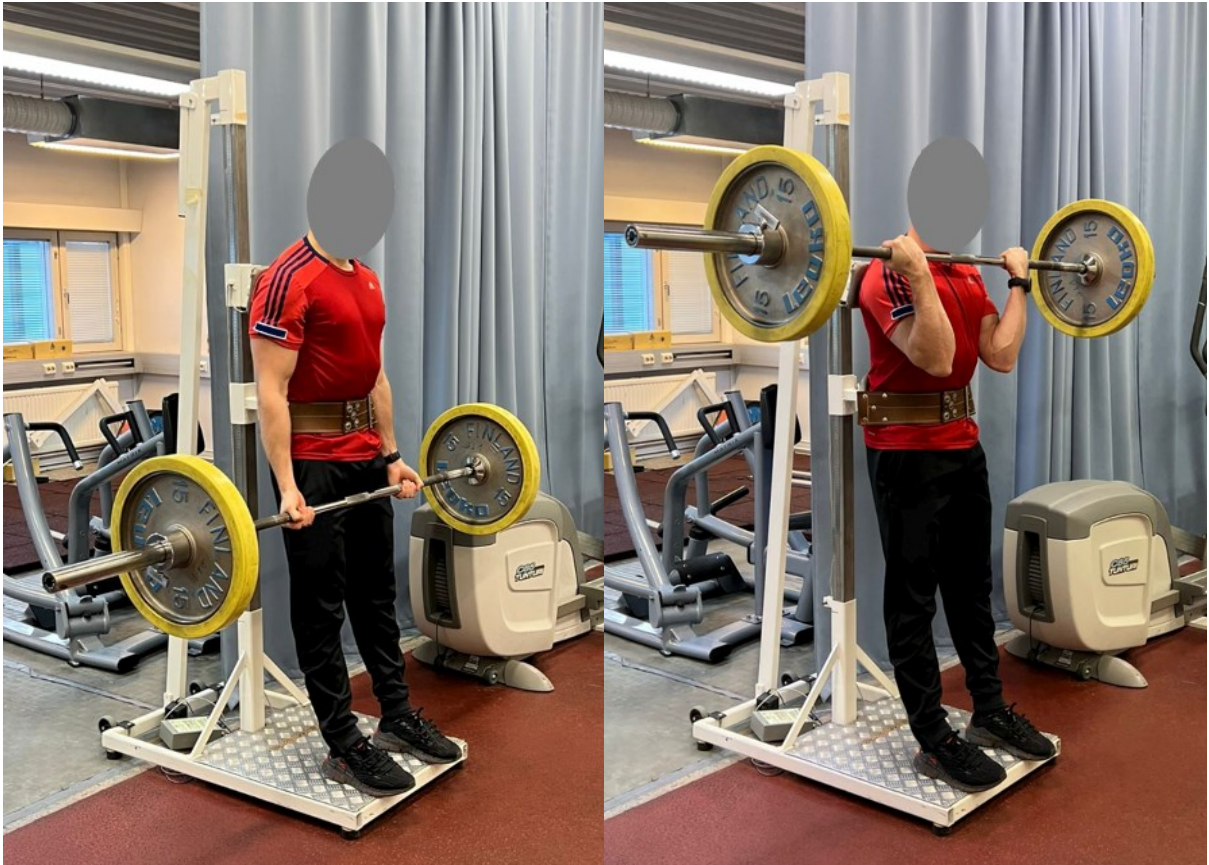
Penkkipunnerrus. Penkkipunnerrus suoritettiin Smith-laitteessa (Marbo Sport, Puola) niin, että hartiat, selkä, pää ja pakarat pysyivät kiinni penkissä ja jalat maassa. Oteleveys oli noin 30–40 cm hartialinjaa leveämpi, sitä ei kuitenkaan vakioitu jokaiselle harjoituskerralle samaksi. Toisto aloitettiin yläasennosta kyynärnivelet suorina, laskettiin koskettamaan kevyesti rintaa, josta se työnnettiin takaisin aloitusasentoon. Kuvassa 8 havainnollistetaan penkkipunnerrusliike.



KUVA 8. Penkkipunnerruksen aloitus- (vasemmalla) ja lopetusasento (oikealla).

Hauiskääntö. Hauiskääntö tehtiin selkä ja hartiat tuettuna laitteeseen (Jyväskylän yliopisto, Jyväskylä, Suomi) vyö vyötärön ympärillä ylimääräisen liikkeen estämiseksi. Ylempi tuki

säädettiin lapaluun harjanteen tasolle ja alempi tuki risti-suoliluunivelen tasolle. Jokaisella harjoituskerralla säädöt asetettiin samoiksi. Liikkeen aloitusasennosta tanko nostettiin kyynärniveltä koukistamalla leuan alle ja laskettiin takaisin suorille käsivarsille. Hyväksytyssä toistossa lantion ja lapojen tuli pysyä kiinni tuissa koko liikkeen ajan. Kuormana tangossa käytettiin levypainoja (Leoko Oy, Tampere, Suomi). Kuvassa 9 havainnollistetaan hauiskäännön ala- ja yläasento.



KUVA 9. Hauiskääntö-liikkeen aloitus- (vasemmalla) ja lopetusasento (oikealla).

Tuettu kulmasoutu. Tuettu kulmasoudussa rintakehä tuli pitää kiinni laitteen (Matrix Fitness MG-PL34 Seated Row, Wisconsin, Yhdysvallat) tuessa, kädet neutraalissa otteessa. Hyväksytyssä toistossa liikkeen aloitusasennosta (kyynärnivelet ojennettuna) kyynärpäät vedettiin kylkien tasolle tai hieman kylkien yli rinnan pysyen kiinni tuessa. Kuormana laitteessa käytettiin levypainoja (Leoko Oy, Tampere, Suomi). Kuvassa 10 tuetun kulmasoudun aloitus- ja lopetusasento.



KUVA 10. Tuettu kulmasoutu -liikkeen aloitus- (vasemmalla) ja lopetusasento (oikealla).

6.4 Aineiston keruu ja mittaukset

Jokaisessa harjoituksessa eli kahdesti viikossa kirjattiin paperille ja tietokoneelle ylös tutkittavien harjoituspainot ja sarjoissa tehdyt toistot. Lisäksi jalkaprässissä ja polvien ojennuksessa mitattiin tehdyn työn matka, konsentriseen ja eksentriseen työhön käytetty aika matka-aika-laitteella, joka oli yhdistetty elektronisesti jalkaprässiin ja polven ojennuslaitteeseen (Jyväskylän yliopisto, Jyväskylä, Suomi). Harjoituksen yhteydessä mitattiin myös kevennyshyppy sekä kysyttiin RPE sekä lihasarkuus. Lisäksi aina viikon jälkimmäisessä harjoituksessa mitattiin tutkittavan paino.

Viiden viikon välein tehtävässä voimamittausten yhteydessä mitattiin tutkittavien oikean puolen kaksipäisen olkalihaksen ja ulomman reisilihaksen poikkipinta-alojen paksuus ultraäänellä. Lisäksi tehtiin voimatestit, kevennyshyppy, maksimaalinen isometrinen polvenojennus sekä lisäksi täytettiin muutoskyselypatteristo omatoimisesti.

Paastossa tehtävät mittaukset toteutettiin 10 viikon välein, ja niihin sisältyi: kehonkoostumusmittaukset, lihasbiopsianäytteet sekä laskimoverinäytteet. Seuraavaksi tarkastellaan tähän pro gradu -tutkielmaan liittyviä mittauksia ja aineiston keruuta.

6.4.1 Voimamittaukset

Voimamittaukset toteutettiin kontrolliviikolla kaksi viikkoa ennen voimaharjoittelun aloittamista (viikko -2), ennen harjoittelun aloittamista (viikko 0), viiden viikon välein harjoitusjakson tai harjoitustauon aikana (viikko 5, vko 10, vko 15, viikko 20, viikko 25 ja viikko 30) eli yhteensä seitsemässä aikapisteessä. Voimamittauksia edelsi aina voimaharjoitustakin edeltävä aiemmin mainittu alkulämmittely.

Lämmittelyn jälkeen tutkittavilta mitattiin esikevennyshypyistä lentoaika valokennoilla (Jyväskylän yliopiston elektroniikkalaitehuolto, Jyväskylä, Suomi). Hyppyjen nousukorkeus laskettiin kaavalla $h = (g * t_{\text{lento}}^2) / 8$. Tutkittavat saivat tehdä ensin testihypyn, jonka jälkeen he hyppäsivät kolme maksimaalista hyppyä, joiden välissä pidettiin 1 min palautus. Jos tulos parani kolmannen hypyn jälkeen yli 5 %, tehtiin vielä neljäs hyppy. Esikevennyshyppy toteutettiin myös jokaisella harjoituskerralla lämmittelyn jälkeen.

Ennen dynaamisia voimatestejä testattiin isometrisesti polven ojennuksen maksimivoima voima-anturilla (Jyväskylän yliopiston liikuntabiologian laitos, Jyväskylä, Suomi). Data kerättiin Signal 4.10 -ohjelmistolla (Cambridge Electronic Design Ltd., Iso-Britannia). Tutkittavan asento vakioitiin ja tutkittavan oikean jalan nilkka kiinnitettiin penkkiin malleolus lateralisen yläpuolelta. Tutkittava ohjeistettiin tuottamaan voimaa maksimaalisesti mahdollisimman nopeasti ojentamalla polvea. Ennen varsinaisia yrityksiä tutkittavaa ohjeistettiin tekemään lämmittelytoisto noin 50 % maksimaalisesta yrityksestä. Voimaa ylläpidettiin 3 sekunnin ajan. Tutkittavat tekivät kolme maksimaalista yritystä, joiden välissä pidettiin 1 minuutin palautus.

Alaraajojen maksimivoimaa mitattiin jalkaprässissä yhden toiston maksimitestillä eli 1 RM. Jalkaprässilaite oli sama kuin harjoituksissa käytetty ja tutkittavan asento vakioitu samaksi jokaiselle testikerralle. Lämmittely koostui 10 toistosta 40–60 % kuormalla arvioidusta 1 RM:sta, 5 toistosta 60–80 % kuormalla arvioidusta 1 RM:sta, välissä pidettiin 1 minuutin palautus. Yhden toiston maksimiyritys aloitettiin suorin jaloin niin, että avustaja kevensi prässin. Ensin tehtiin hallittu mutta ei vakioitu eksentrisen vaihe, konsentrisen vaiheen sai aloittaa vasta äänimerkistä, kun painopakka oli pysähtynyt ala-asentoon. Suoritus oli hyväksytty, kun painopakka saatiin työnnettyä ylös. Yritysten välissä pidettiin 3 minuutin

palautukset, ja tulos määritettiin 2,5 kg tarkkuudella. Yhden toiston maksimi pyrittiin saamaan selville 3–5 yrityksen aikana.

Alaraajojen kestovoimaa mitattiin toistomaksimitestin avulla, joka tehtiin yhden toiston maksimitestin jälkeen 85 % 1 RM:sta kuormalla. Toistomaksimitesti aloitettiin suurin jaloin samoin kuin yhden toiston maksimitesti. Ensin tehtiin hallittu, mutta ei vakioitu eksentrisen vaihe, konsentrisen vaiheen sai tehdä vasta äänimerkistä. Tutkittava teki toistoja uupumukseen asti, kuitenkin sarjan ylittäessä 100 toistoa, keskeytettiin sarja aikataulun vuoksi.

Hauiskäännön yhden toiston maksimitesti ja sen lämmittely toteutettiin samalla periaatteella kuin jalkaprässitesti. Testi tehtiin tuettuna samalla telineellä ja vakioituna samoilla säädöillä kuin harjoituksissa. Onnistuneiden yritysten jatkuessa yrityksiä jatkettiin siihen asti, kunnes saavutettiin kuorma, jolla tutkittava ei kyennyt tekemään hyväksytyä toistoa. Tulos määritettiin 0,5 kg tarkkuudella. Toistojen välissä pidettiin 3 minuutin palautus. Tämän jälkeen yläraajojen kestovoimaa mitattiin vielä toistomaksimitestin avulla, jonka kuorma määritettiin 80 % 1 RM:sta. Tutkittava teki toistoja uupumukseen asti.

6.4.2 Ultraääni ja kehonkoostumus

Ultraäänikuvaus tehtiin aina ennen voimatestejä. Ultraäänilaitteella (SSD- α 10, Aloka, Tokio, Japani) kuvattiin kaksipäisen olkalihaksen (m. biceps brachii) ja uloimman reisilihaksen (m. vastus lateralis) poikkipinta-alat sekä lihasten pennaatiokulmat. Olkaluun pituus mitattiin olkalisäkkeestä olkaluun distaalisen pään lateraaliseen sivunastaan, ja kaksipäisen olkalihaksen kuvauspaikka määritettiin 1/3 olkavarresta (olkalisäkkeestä) lähtien. Uloimman reisilihaksen kuvauskohta määritettiin puoleen väliin reisiluun mittaa. Reisiluu mitattiin polvilumpion yläosasta isoon sarvennoiseen. Kuvauskohta merkittiin vielä tussilla ja tutkittavia ohjeistettiin vahvistamaan merkkejä tutkimusjakson aikana. Jokaisella mittauskerralla otettiin vähintään kolme pennaatiokulmaa ja kolme poikkipinta-alakuvaa. Kuvat analysoitiin tutkimuksen päätyttyä jokaisesta kuvasta manuaalisesti Image -ohjelmistolla (National Institutes of Health, Bethesda, Maryland, Yhdysvallat), ja sen teki sama henkilö jokaisesta kuvasta. Poikkipinta-ala määritettiin kunkin kuvauskerran kahden toisiaan lähempänä olleen pinta-alan keskiarvona.

Kehonkoostumus mitattiin paastottuna aamulla 10 viikoin välein Inbody 770 - bioimpedanssilaitteella (Biospace Co. Seoul, Korea). Mittaus suoritettiin aina aamuaikaan paastonneena, tutkittavia pyydettiin välttämään hikoilua ja urheilua edellisenä päivänä. Inbody-mittauksen yhteydessä tutkittavat kuvattiin lisäksi Fit3D -laitteella (Fit3D, INC, San Francisco, Kalifornia, Yhdysvallat), joka on tarkoitettu kehon 3D kuvantamiseen.

6.4.3 Subjektiiivisen stressin kyselyt

Tutkittavat täyttivät myös viiden viikon välein muutoskyselypatteriston, jonka avulla pyrittiin selvittämään tutkimusjaksoon mahdollisesti vaikuttavia ulkopuolisia tekijöitä, kuten fyysistä aktiivisuutta, unta, ruokailua, sairastuvuutta sekä koettua stressiä. Kyselypatteristoon vastattiin sähköisesti Webropol -ohjelmistossa (Webropol Oy, Helsinki). Linkki kyselyihin jaettiin 5 viikon välein viikon viimeisen harjoituksen jälkeen. Tutkittavia kehoitettiin vastaamaan kyselyyn välittömästi tai mahdollisimman pian harjoituksen jälkeen. Tässä Pro Gradu -tutkielmassa tarkastellaan seuraavia subjektiiviseen stressiin liittyviä kyselyitä.

PSS-kysely. Koetun stressin kysely (Perceived Stress Scale) on kansainvälisestikin käytetty mittari psykologisen stressin mittaamiseksi (Cohen ym. 1983). Sen kysymykset keskittyvät harjoittelun ulkopuolisen elämän kuormittavuuden arvioimiseen. PSS-kysely on nähtävissä liitteessä 1.

Psyykkisten voimavarojen kysely. Ruuska ym. (2012) käyttämän kyselyn avulla arvioidaan subjektiivista stressiä psyykkisten voimavarojen näkökulmasta. Psyykkisten voimavarojen kyselyjana nähtävissä liitteessä 2. Kysely on muotoiltu seuraavaan muotoon:

Miten arvioit psyykkisiä voimavarojasi tällä hetkellä? Ota huomioon elämäsi kokonaistilanne, eli sekä työ- että yksityistilanteesi. Vastausasteikko on 10 portainen jana, jossa:

1 = psyykkiset voimavarani ovat vähissä, elämässäni on paljon psyykkisesti kuormittavia asioita

5 = psyykkiset voimavarani ovat kohtuulliset, elämässäni on jonkun verran psyykkisesti kuormittavia asioita

10 = psyykkiset voimavarani ovat hyvät

Stressikysely. Kyselyn tarkoituksena on arvioida subjektiivisesti stressiä 5 portaisella Likert -asteikolla. Webropol -ohjelmiston kysely on nähtävissä liitteessä 3. Kyselyssä stressiä kuvataan seuraavalla tavalla:

Stressi tarkoittaa tilannetta, jossa ihminen tuntee itsensä jännittyneeksi, levottomaksi, hermostuneeksi tai ahdistuneeksi tai hänen on vaikea nukkua asioiden vaivatessa mieltä. Oletko sinä tuntenut tällaista stressiä viimeisen kuukauden aikana? Vastausvaihtoehdot ovat: 1 = en yhtään, 2 = vain vähän, 3 = jonkin verran, 4 = melko paljon ja 5 = erittäin paljon.

6.5 Tilastolliset menetelmät

Tulokset on esitetty keskiarvoina ja keskihajontoina. Aineiston normaalijakautuneisuus on testattu Shapiro-Wilk testillä. Toistomittausten varianssianalyysia ANOVA käytettiin muutoksen havaitsemiseen niin stressikyselyiden muuttujissa kuin voimatesteissä, lihasten poikkipinta-alassa sekä kehon rasvattomassa massassa. Stressikyselyiden 20 viikon muutoksien havaitsemiseen käytettiin Friedman-testiä.

Stressikyselyiden sekä mittausten yhteyksien havaitsemiseen käytettiin Pearsonin korrelaatiokerrointa sekä nonparametrisiin muuttujiin Spearmanin korrelaatiokerrointa. Stressaantuneiden ja ei-stressaantuneiden ryhmien vertaamiseen käytettiin Mann-Whitney U -testiä. Tilastollinen ero oli merkitsevä, kun $p < 0,05$. Analyysit tehtiin Microsoft Excel 2010 (Microsoft Corporation, WA, USA) sekä IBM SPSS Statistics 29.0.1.0 (171) -ohjelmilla (SPSS Inc, Chicago, IL, USA).

7 TULOKSET

Tässä osiossa tarkastellaan tutkimuksesta saatuja tuloksia. Tuloksia analysoitiin 10 viikon ja 20 viikon harjoitusjakson ajalta, jotta voitiin tarkastella lyhyemmän harjoitusjakson lisäksi myös pidemmän harjoitusjakson aikana tapahtuneita muutoksia. Tuloksista tarkastellaan lihasvoimaa, lihaskokoa, kehon rasvatonta massaa ja subjektiivisen stressin kyselyiden tuloksia sekä niiden muutosta. Lisäksi tarkastellaan stressikyselyiden ja voimaharjoittelun testituloksien yhteyttä.

7.1 10 viikon harjoitusjakson tulokset

Lihaskoossa mittaavien testien tulokset niin jalkaprässin kuin hauiskäännönkin osalta paranivat 10 viikon harjoitusjakson aikana tilastollisesti merkitsevästi. Myös lihaskoossa havaittiin tilastollisesti merkitsevä kasvu m. vastus lateraliksena sekä m. biceps brachiiin ultraäänikuvan poikkipinta-alassa. Ennen voimaharjoitusjaksoa tutkittavien jalkaprässin 1 RM keskimääräinen tulos oli $159,7 \pm 41,0$ kiloa ja hauiskäännön 1 RM keskimääräinen tulos $27,4 \pm 7,9$ kiloa. Molemmat testitulokset paranivat tilastollisesti merkitsevästi harjoitusjakson aikana ($p < 0,05$) jalkaprässin parantuessa keskimääräisesti tulokseen $191,8 \pm 42,8$ kiloa ja hauiskäännön tulokseen $32,9 \pm 8,4$ kiloa. Lihaskoko kehittyi ($p < 0,05$) m. vastus lateraliksena kohdalla keskimääräisesti $26,0 \pm 5,6$ neliösenttimetrinä $30,7 \pm 6,8$ neliösenttimetriin sekä m. biceps brachiiin osalta keskimääräisesti $8,9 \pm 3,1$ neliösenttimetrinä $10,4 \pm 3,5$ neliösenttimetriin. Viikkojen 0–5 ja viikkojen 5–10 välillä tuloksissa havaittiin myös tilastollisesti merkitsevä ero ($p < 0,05$). Kehon rasvattomassa massassa havaittiin myös tilastollisesti merkitsevä muutos ($p < 0,05$) 10 viikon harjoitusjakson aikana, kun verrataan ennen harjoitusjakson alkua sekä harjoitusjakson jälkeen mitattuja kehonkoostumustuloksia. Kehon rasvaton massa muuttui keskimääräisesti tutkimusjakson alusta ($54,7 \pm 10,5$ kg) tutkimusjakson loppuun ($55,7 \pm 11,1$ kg) noin yhden kilogramman. (taulukko 3)

TAULUKKO 3. Jalkaprässin sekä hauiskäännön 1 RM testitulokset, ultraäänikuvista analysoitujen lihaksien m. vastus lateralis (VL) ja m. biceps brachii (BB) poikkipinta-alat sekä kehonkoostumusmittauksesta kehon rasvaton massa (FFM) esitettynä keskiarvoina ja keskihajontoina ennen harjoitusjaksoa (viikko 0) sekä 10 viikon harjoitusjakson jälkeen (viikko 10) koko tutkimusjoukosta n = 44.

viikko	1 RM (kg)		Lihaskoko (cm ²)		FFM (kg)
	jalkaprässi	hauiskääntö	VL	BB	
0	159,7 ± 41,0	27,4 ± 7,9	26,0 ± 5,6	8,9 ± 3,1	54,7 ± 10,5
5	180,4 ± 42,7 [†]	30,7 ± 8,5 [†]	28,8 ± 6,4 [†]	10,0 ± 3,5 [†]	-
10	191,8 ± 42,8 ^{†*}	32,9 ± 8,4 ^{†*}	30,7 ± 6,8 ^{†*}	10,4 ± 3,5 ^{†*}	55,7 ± 11,1 [*]
muutos	32,1 ± 1,8	5,5 ± 2,8	4,7 ± 2,2	1,5 ± 0,7	1,0 ± 0,6

* p < 0,05 tilastollisesti merkitsevä ero viikon 0 ja viikon 10 välillä

[†] p < 0,05 tilastollisesti merkitsevä ero edellisen mittauskerran välillä

Subjektiiivisessa stressissä ei havaittu tilastollisesti merkitseviä eroja 10 viikon harjoitusjakson aikana. Jokaisen kyselyn kohdalla tulokset pysyivät keskimääräisesti samankaltaisina koko 10 viikon harjoitusjakson ajan. Stressikyselyn ja PSS-kyselyn kohdalla tutkittavien vastaukset subjektiivisesta stressistä ovat noin vastausasteikon mediaanin kohdalla, kun taas psyykkisten voimavarojen kyselyssä vastattiin keskimääräisesti eniten arvoa 8 (asteikko 1–10). Taulukossa 4 on stressikyselyiden tulokset keskiarvoina ja -hajontoina 10 viikon ajalta.

TAULUKKO 4. Stressikyselyiden tulokset keskiarvoina ja keskihajontoina 10 viikon ajalta (n = 44).

	stressikysely	pss-kysely	psyykkiset voimavarat
viikko 0	2,6 ± 0,8	20,7 ± 4,8	7,4 ± 1,2
viikko 5	2,5 ± 0,8	20,7 ± 5,6	8,0 ± 1,5
viikko 10	2,4 ± 0,7	20,2 ± 5,0	7,8 ± 1,9

7.2 20 viikon harjoitusjakson tulokset

Kaikkien tutkittavien 10 viikon harjoitusjakson lisäksi otettiin tarkasteluun pienemmän joukon ($n = 20$) 20 viikon harjoittelujakson tulokset (taulukko 5) pidemmän aikajakson tulosten tarkastelemiseksi. Myös 20 viikon harjoittelujakson aikana havaittiin jalkaprässin ja hauiskäännön testituloksissa sekä lihaskoossa molempien mittauskohtien osalta tilastollisesti merkitsevä muutos ensimmäisen viikon (viikko 0) ja viimeisen viikon (viikko 20) välillä ($p < 0,05$). Jalkaprässin keskimääräinen tulos lisääntyi $156,2 \pm 35,3$ kilosta $201,6 \pm 42,1$ kiloon sekä hauiskäännön $27,4 \pm 7,5$ kilosta $35,1 \pm 8,7$ kiloon 20 viikon harjoitusjakson aikana. Puolestaan m. vastus lateraliksen poikkipinta-alassa havaittiin kasvua keskimäärin $6,4 \pm 2,3$ neliösenttimetriä ja m. biceps brachiin poikkipinta-alassa havaittiin kasvua keskimäärin $2,5 \pm 0,8$ neliösenttimetriä tutkimusjakson ensimmäisen ja viimeisen viikon välillä. Erona 10 viikon harjoitusjakson tuloksiin, havaittiin 20 viikon harjoitusjakson tuloksissa tilastollisesti merkitsevä ero myös kehon rasvattoman massan muutoksessa sen lisääntyessä keskimäärin 2,0 kilogrammaa viikon 0 ja viikon 20 välillä ($p < 0,05$).

Näiden lisäksi jalkaprässin 1 RM tuloksessa havaittiin tilastollisesti merkitsevä muutos viikkojen 0–5 ja 5–10 välillä. Hauiskäännön 1 RM tuloksessa havaittiin tilastollisesti merkitsevä muutos viikkojen 10–15 ja 15–20 välillä. Puolestaan mitattujen lihasten poikkipinta-alassa m. vastus lateraliksessa oli tilastollisesti merkitsevä muutos viikkojen 0–5 ja 5–10 välillä sekä m. biceps brachiissa viikkojen 0–5, 5–10 ja 15–20 välillä. Kehon rasvattoman massan muutoksessa havaittiin tilastollisesti merkitsevä ero viikkojen 0 ja 10 välillä. Muiden viikkojen välillä ei havaittu tilastollisesti merkitseviä eroja. Taulukossa 5 esitetään 20 viikon harjoittelujakson testituloksien muutoksien tilastolliset merkitsevyydet.

Subjektiiivisessa stressissä ei havaittu tilastollisesti merkitseviä muutoksia stressikyselyn ja psyykkisten voimavarojen kyselyn osalta 20 viikon tutkimusjakson aikana. Stressikyselyn keskimääräinen vastaus tutkimusjakson aikana oli noin 2,5, kun taas psyykkisten voimavarojen kyselyn keskimääräinen vastaus oli kaikissa mittapisteissä noin 8,5 lukuun ottamatta ensimmäisen viikon keskimääräistä vastausta 7,4. Puolestaan PSS-kyselyssä havaittiin tilastollisesti merkitsevä muutos ensimmäisen viikon (viikko 0) ja viimeisen viikon (viikko 20) välillä ($p < 0,05$). Pss-kyselyn keskimääräinen vastaus oli tutkimusjakson alussa $22,0 \pm 5,2$. Keskimääräinen tulos laski jokaisella mittauspisteellä lukuun ottamatta viikon 15 pientä

nousua. Viikolla 20 keskimääräinen PSS-kyselyn vastaus oli $17,9 \pm 3,7$. Taulukossa 6 esitetään stressikyselyiden tulokset keskiarvoina ja keskihajontoina.

TAULUKKO 5. Jalkaprässin sekä hauiskäännön 1 RM testitulokset, ultraäänikuvista analysoitujen lihaksien, m. vastus lateralis (VL) ja m. biceps brachii (BB) poikkipinta-alat sekä kehonkoostumusmittauksesta kehon rasvaton massa (FFM) esitettynä keskiarvoina ja keskihajontoina ennen harjoitusjaksoa (viikko 0) sekä 20 viikon harjoitusjakson jälkeen (viikko 20). Nämä tulokset ovat 20 viikkoa yhtäjaksoisesti harjoitelleiden, joiden $n = 20$.

viikko	1 RM (kg)		Lihaskoko (cm ²)		FFM (kg)
	jalkaprässi	hauiskääntö	VL	BB	
0	$156,2 \pm 35,3$	$27,4 \pm 7,5$	$26,4 \pm 5,4$	$8,8 \pm 2,9$	$53,3 \pm 9,6$
5	$176,1 \pm 37,8^\dagger$	$29,7 \pm 7,7$	$29,4 \pm 5,8^\dagger$	$9,8 \pm 3,1^\dagger$	
10	$188,3 \pm 37,7^\dagger$	$32,1 \pm 8,2$	$31,8 \pm 6,2^\dagger$	$10,4 \pm 3,4^\dagger$	$55,2 \pm 10,1^\dagger$
15	$196,7 \pm 41,2$	$34,6 \pm 8,8^\dagger$	$32,2 \pm 6,3$	$10,7 \pm 3,5$	
20	$201,6 \pm 42,1^*$	$35,1 \pm 8,7^\dagger^*$	$32,5 \pm 6,5^*$	$11,1 \pm 3,5^\dagger^*$	$55,3 \pm 10,2^*$
muutos	$45,4 \pm 16,6$	$7,6 \pm 3,0$	$6,4 \pm 2,3$	$2,5 \pm 0,8$	$2,0 \pm 0,3$

* $p < 0,05$ tilastollisesti merkitsevä ero viikon 0 ja viikon 20 välillä

† $p < 0,05$ tilastollisesti merkitsevä ero edellisen mittauskerran välillä

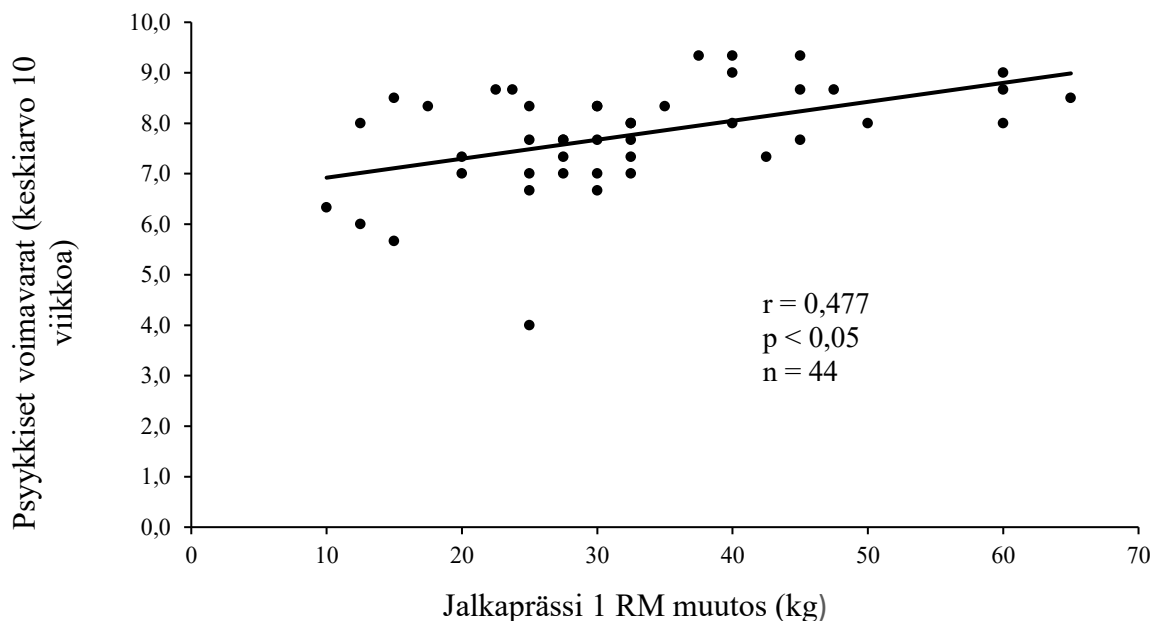
TAULUKKO 6. Stressikyselyiden tulokset keskiarvoina ja keskihajontoina 20 viikon ajalta, $n = 20$.

	stressikysely	pss-kysely	psykykkiset voimavarat
viikko 0	$2,6 \pm 0,8$	$22,0 \pm 5,2$	$7,4 \pm 1,4$
viikko 5	$2,4 \pm 0,8$	$21,5 \pm 3,2$	$8,5 \pm 1,2$
viikko 10	$2,3 \pm 0,6$	$19,5 \pm 4,0$	$8,5 \pm 1,4$
viikko 15	$2,6 \pm 0,6$	$19,7 \pm 4,0$	$8,5 \pm 1,5$
viikko 20	$2,8 \pm 0,7$	$17,9 \pm 3,7^*$	$8,5 \pm 1,3$

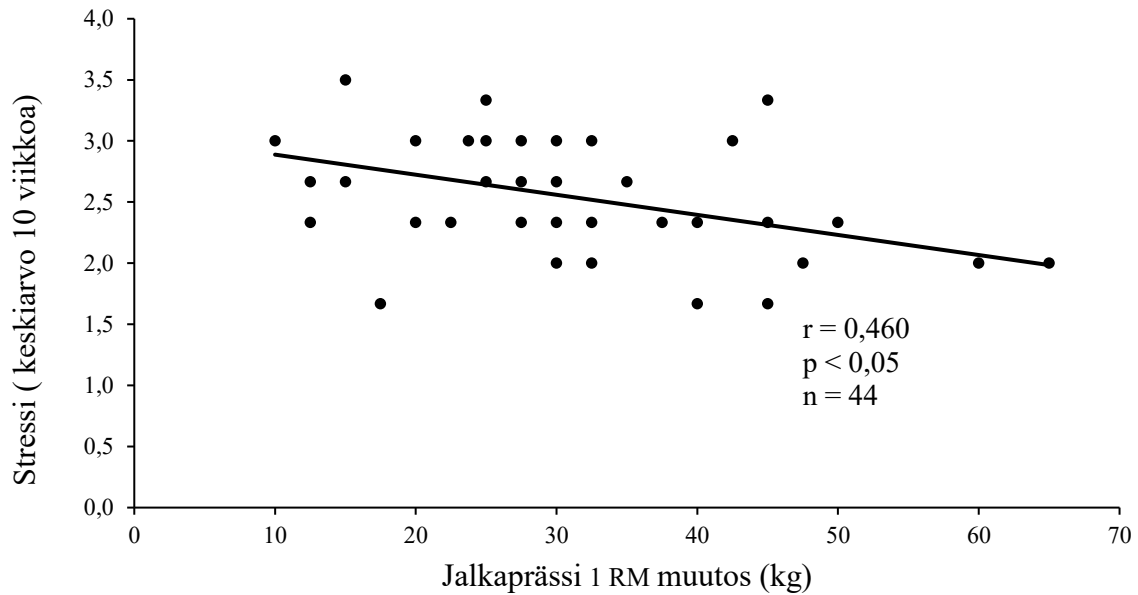
* $p < 0,05$ tilastollisesti merkitsevä ero viikon 0 ja 20 välillä

7.3 Subjekttiivisen stressin yhteys testituloksiin

Stressikyselyn ja psyykkisten voimavarojen kyselyn sekä voimatestituloksien muutoksien korrelaatioiden tarkasteluiden välillä havaittiin muutamia tilastollisesti merkitseviä yhteyksiä. Tilastollisesti merkitsevä positiivinen korrelaatio löydettiin psyykkisten voimavarojen kyselyn 10 viikon harjoitusjakson keskiarvon sekä jalkaprässin 1 RM tuloksen absoluuttisen muutoksen ($r = 0,477$, $p < 0,05$) sekä suhteellisen muutoksen ($r = 0,406$, $p < 0,05$) väliltä. Lisäksi stressikyselyn 10 viikon keskiarvon ja jalkaprässin 1 RM tuloksen absoluuttisen muutoksen sekä suhteellisen muutoksen väliltä löydettiin tilastollisesti merkitsevä negatiivinen korrelaatio ($r = -0,460$, $p < 0,05$ sekä $r = -0,338$, $p < 0,05$). Kuvassa 11 on havainnollistettu psyykkisten voimavarojen kyselyn ja jalkaprässin 1 RM absoluuttisen muutoksen yhteyttä sekä kuvassa 12 stressikyselyn ja jalkaprässin 1 RM absoluuttisen muutoksen yhteyttä. Psyykkisten voimavarojen kyselyssä suurimmalla arvolla 10 tarkoitetaan sanallisesti psyykkisesti hyviä voimavaroja, kun taas stressikyselyssä suurimmalla arvolla 5 tarkoitetaan sanallisesti erittäin paljon stressiä.



KUVA 11. Tutkittavien psyykkisten voimavarojen 10 viikon harjoitusjakson keskiarvo sekä jalkaprässin 1 RM muutos (kg). Muuttujien väliltä löydettiin tilastollisesti merkitsevä positiivinen korrelaatio $r = 0,477$, $p < 0,05$.



KUVA 12. Tutkittavien stressikyselyn 10 viikon harjoitusjakson keskiarvo sekä jalkaprässin 1 RM muutos (kg). Muuttujien väliltä löydettiin tilastollisesti merkitsevä negatiivinen korrelaatio $r = -0,460$, $p < 0,05$.

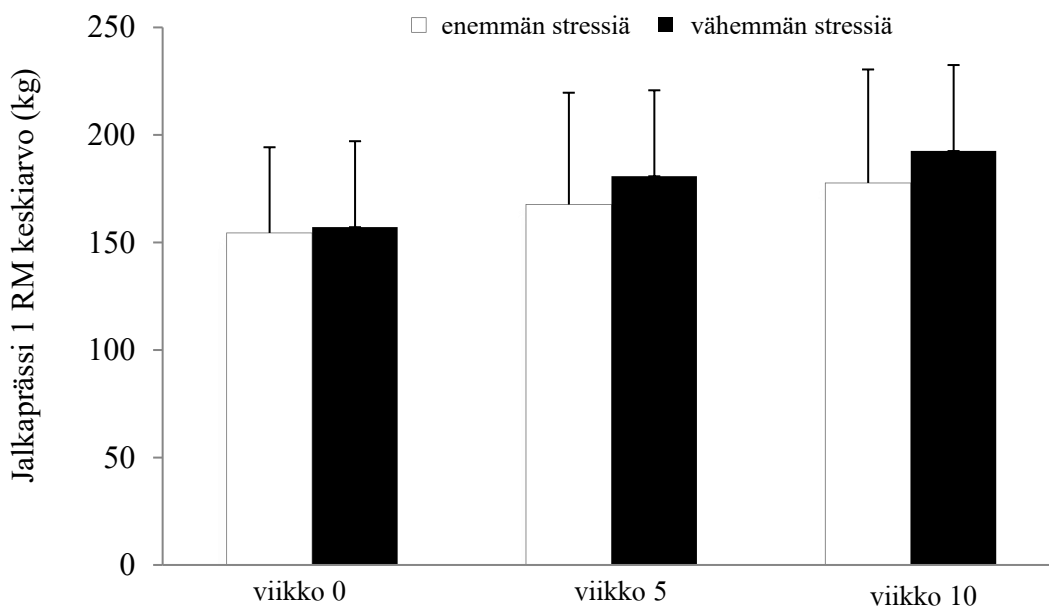
Subjektiiivisten stressikyselyiden ja muiden testimuuttujien väliltä ei löydetty tilastollisesti merkitseviä yhteyksiä. Lihasten poikkipinta-ala ja kehon rasvaton massa ei korreloinut tilastollisesti minkään kyselyn kanssa. Myöskään PSS-kyselyn sekä voimatestien, lihasten poikkipinta-alan ja kehon rasvattoman massan väliltä ei löydetty tilastollisesti merkitseviä korrelaatioita. Lisäksi stressikyselyiden ja testimuuttujien välillä ei havaittu yhteyksiä 20 viikon harjoitusjakson ajalta.

Tutkittavat pystyttiin jakamaan stressikyselyn perusteella enemmän stressiä kokevien ja vähemmän stressiä kokevien ryhmään 10 viikon tutkimusjakson ajalta. Ryhmät jaettiin tarkastelemalla tutkittavien 10 viikon stressikyselyn keskiarvoa. Kyselyn mediaaniluvun 3 ja sen yli olevat arvot luokiteltiin enemmän stressiä kokevien ryhmään, kun taas puolestaan mediaanin alapuolella olevat keskiarvot vähemmän stressiä kokevien ryhmään. Muiden subjektiiivisten kyselyiden osalta ei havaittu vastaavanlaista jakautumista, joten ryhmäjaottelua ei niiden perusteella ollut mahdollista tehdä. Taulukossa 7 on enemmän stressiä kokevien ($n=14$) ja vähemmän stressiä kokevien ($n=30$) ryhmien keskiarvot. Korkein stressikyselyn keskiarvo oli 3,5, puolestaan 1,7 oli alhaisin arvo.

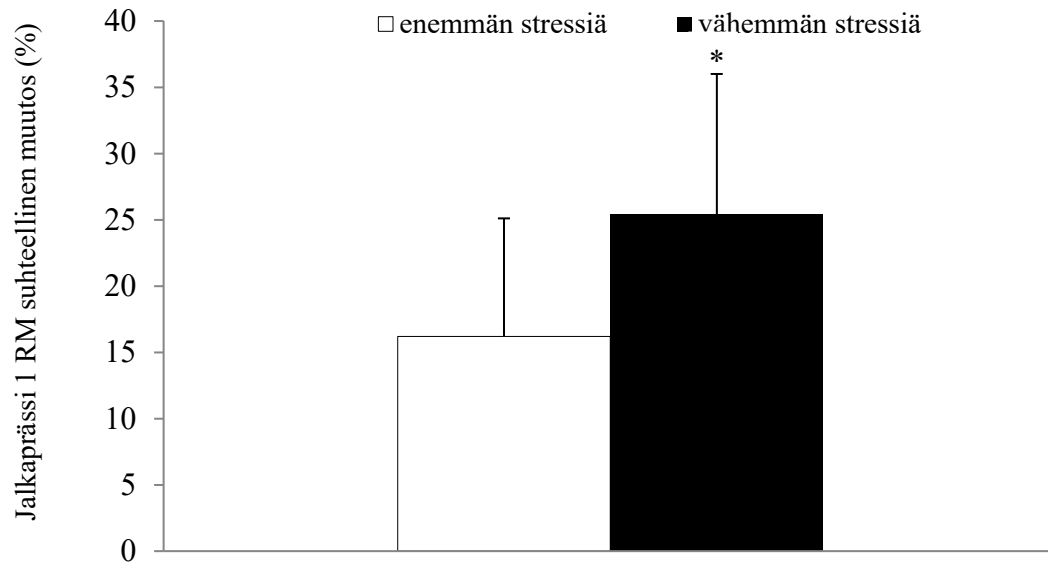
TAULUKKO 7. Vähemmän stressiä kokevien ja enemmän stressiä kokevien ryhmien stressikyselyn tulokset 10 viikon vastauksien keskiarvona. Kyselyn arvo 1 vastaa sanallisesti ”ei lainkaan stressiä”, arvo 3 vastaa sanallisesti ”jonkin verran stressiä” sekä arvo 5 vastaa sanallisesti ”erittäin paljon stressiä”. Vastaukset on esitetty keskiarvoina ja keskihajontoina.

Stressikyselyn keskiarvo	
enemmän stressiä kokevat (n = 14)	vähemmän stressiä kokevat (n = 30)
3,1 ± 0,8	2,2 ± 0,5

Ainoastaan jalkaprässin 1 RM testituloksen suhteellisessa muutoksessa (%) havaittiin tilastollisesti merkitsevä ero ($p < 0,05$) enemmän stressiä kokevan ryhmän ja vähemmän stressiä kokevan ryhmän kehittymisen välillä. Stressiryhmällä jalkaprässin 1 RM testitulos muuttui keskimäärin 16,21 %, kun taas ei- stressiryhmällä 25,43 %. Kuvassa 13 havainnollistetaan jalkaprässin 1 RM testituloksen absoluuttisen tuloksen (kg) muuttumista ja kuvassa 14 suhteellisen tuloksen (%) muuttumista vähemmän ja enemmän stressiä kokevilla ryhmillä 10 viikon harjoitusjakson aikana.



KUVA 13. Jalkaprässin 1 RM testituloksen (kg) muutos 10 viikon harjoitusjakson aikana enemmän stressiä kokevalla ja vähemmän stressiä kokevalla ryhmällä.



KUVA 14. Jalkaprässi 1 RM testituloksen suhteellinen muutos (%) 10 viikon harjoitusjakson aikana vähemmän ja enemmän stressiä kokevilla ryhmillä. * $p < 0,05$ tilastollisesti merkitsevä ero ryhmien välillä.

8 POHDINTA

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli tutkia voimaharjoittelujakson aikaisen subjektiivisen stressin ja voimaharjoittelussa kehittymisen yhteyttä harjoittelemattomilla henkilöillä. Lisäksi tutkittiin voimaharjoitusjakson aikaisia muutoksia lihasvoimassa, lihasten poikkipinta-alassa, kehon rasvattomassa massassa sekä subjektiivisessä stressissä. Tässä kappaleessa tarkastellaan tutkimuksen tuloksia sekä pohditaan niihin vaikuttavia tekijöitä. Lisäksi käydään läpi tutkimuksen rajoitteita ja sovelluksia.

8.1 Päätulokset

Niin 10 kuin 20 viikonkin voimaharjoittelujaksojen aikana tapahtui tilastollisesti merkitsevää kehittymistä lihavoimassa sekä lihaskoossa. Kehon rasvaton massa kasvoi tilastollisesti merkitsevästi 10 ja 20 viikon harjoitusjakson aikana. Subjektiivisessä stressissä havaittiin tilastollisesti merkitsevä muutos 20 viikon harjoitusjakson aikana ainoastaan PSS-kyselyssä. Subjektiivisessä stressissä ei havaittu tilastollisesti merkitsevää muutosta muiden kyselyiden osalta 10 tai 20 viikon harjoitusjakson aikana.

Subjektiivisen stressin ja lihasvoiman kehittymisen väliltä löydettiin tilastollisesti merkitsevä yhteys. Psykkisten voimavarojen kyselyn ja stressikyselyn sekä jalkaprässin 1 RM kehittymisen välillä havaittiin tilastollisesti merkitsevä yhteys 10 viikon harjoitusjakson aikana. Korkeammaksi koetut psyykkiset voimavarat olivat yhteydessä jalkaprässin 1 RM tuloksen suurempaan kehittymiseen, kun taas puolestaan korkeammaksi koettu stressi oli yhteydessä jalkaprässin 1 RM tuloksen pienempään kehittymiseen. Lisäksi kun vertailtiin enemmän stressiä kokevaa ryhmää ja vähemmän stressiä kokevaa ryhmää, havaittiin jalkaprässin 1 RM suhteellisessa kehittämisessä tilastollisesti merkitsevä ero. Enemmän stressiä kokeneella ryhmällä jalkaprässin 1 RM kehittyi suhteellisesti keskimäärin vähemmän verrattuna vähemmän stressiä kokevaan ryhmään.

8.2 Testituloksien ja subjektiivisen stressin muutos

Voimaharjoittelussa kehityttiin hypoteesin mukaisesti, ja aikaisempien tutkimuksien perusteella onkin selvää, että progressiivisesti toteutettu voimaharjoittelu kehittää voimantuottoa (Grgic ym. 2018; Kraemer 2017, 51; Williams ym. 2017) sekä lihaskokoa (Kraemer 2017, 29; Seynnes ym. 2006). Voimaharjoitteluvasteissa on kuitenkin eroja yksilöiden välillä, ja onkin havaittu, että samalla voimaharjoitteluohjelmalla vasteet vaihtelevat harjoittelemattomilla (Ahtiainen ym. 2016). Lihassoiman ja lihaskoon kehittämisessä havaitaan yksilöllistä vaihtelua, joka voi johtua geneettisistä tekijöistä tai ympäristön aiheuttamista tekijöistä. Esimerkiksi tässä tutkimuksessa ei tarkasteltu ravitsemusta tai proteiinin saantia, jolla on yhteyttä lihashypertrofiaan (Deldicque 2020; Tipton & Wolfe 2001), vaikka toisaalta harjoittelemattomilla esimerkiksi proteiinilisällä ei ole havaittu olevan vaikutusta kehittymiseen ensimmäisten harjoitusviikkojen aikana (Pasiakos ym. 2015). Tutkittavia neuvottiin jatkamaan päivittäistä arkeaan normaalisti, mutta esimerkiksi yhtäaikainen kestävyysharjoittelu saattaa vaikuttaa lihashypertrofisten ominaisuuksien kehittymiseen (Lundberg ym. 2022). Voimaharjoitteluun adaptoitumisessa on havaittu olevan niin sanottuja ”high respondereita” ja ”low respondereita” (Ahtiainen ym. 2016), mikä vaikuttaa voimaominaisuuksien kehittymisen vaihteluun. Mitchellin ym. (2012) mukaan androgeenisten reseptoreiden määrä selittää suuren osan lihashypertrofian vaihtelusta voimaharjoittelussa. Iän, sukupuolen ja etnisen taustan lisäksi myös genetiikalla ja kasvuympäristöllä onkin osoitettu olevan merkitystä harjoitusvasteissa (Bouchard & Rankinen 2001).

Voimaharjoittelussa kehittymisen ja lihasmassan kasvun lisäksi myös kehon rasvattomassa massassa tapahtui kehittymistä 10 ja 20 viikon harjoitusjakson aikana. Voimaharjoittelun onkin osoitettu lisäävän kehon rasvatonta massaa normaalipainoisilla esimerkiksi korkea intensiteettisen toiminnallisen voimaharjoittelun seurauksena (Kapsis ym. 2022) ja voimaharjoittelun tiedetään yleisesti olevan yhteydessä lisääntyneeseen lihasmassaan (Benito ym. 2020). On kuitenkin hyvä huomata, että kehon rasvattoman massan mittaamiseen bioimpedanssimenetelmällä liittyy aina virheitä. Kehon rasvattoman massan määrälle arvioidaan virheen bioimpedanssimittauksissa olevan 3,5–6 % (Kyle ym. 2004). Bioimpedanssimenetelmä perustuu kehon nesteiden määrään, johon voi vaikuttaa erilaiset tekijät, kuten urheilu, ruokailu ja naisilla kuukautiskierto. Esimerkiksi tämän tutkimuksen tutkittavista noin puolet olivat naisia, ja mittaus viikko ennen ja jälkeen kuukautisten muuttaa

impedanssia eli kehon kudosten aiheuttamaa vastusta (Moon 2013), mikä voi vääristää tuloksia. Tässä tutkimuksessa bioimpedanssianalyysillä mitattu kehon rasvaton massa kuitenkin lisääntyi tutkimusjakson aikana hypoteesin mukaisesti. Kehon rasvaton massa sisältää elimistön lihasmassan, joten lihasmassan kasvu voidaan havaita tässä tutkimuksessa myös bioimpedanssimenetelmällä mitattuna.

Subjektiiivisten stressimittareiden vastauksissa ei havaittu tilastollisesti merkitseviä muutoksia lukuun ottamatta 20 viikon harjoitusjakson aikana mitatun PSS-kyselyn vastauksia. Tutkittavien keskimääräisesti koettu stressi nousi harjoitusjakson aikana PSS-kyselyn vastauksien mukaan. Intensiivinen voimaharjoittelu aiheuttaa väsymystä (Zajac ym. 2015) ja psykologinen väsymys vaikuttaa yksilön kapasiteettiin todennäköisesti motorisen käskytyksen heikkenemisenä aivokuoresta selkäytimen motorisiin neuroneihin (Ament & Verkerke 2009). Etenkin harjoittelemattomilla on havaittu myös intensiivisen harjoittelun aiheuttavan negatiivisia kokemuksia (Davis & Bailey 1997). Aikaisemmin voimaharjoittelujaksoon sitoutumattomalle 20 viikon jakso voi mahdollisesti aikaansaada muutoksia stressissä. Toisaalta PSS-kyselyn tarkoituksena on nimenomaan ”arvioida harjoittelun ulkopuolista kuormitusta tutkimusjakson aikana”, joten kyselyn ei välttämättä voida olettaa reagoivan tutkimusjakson voimaharjoittelun aiheuttamaan stressiin. Mielenkiintoista on, että muissa tutkimuksen stressimittareissa ei havaittu tilastollisia muutoksia. Toisaalta on hyvä huomata psyykkisten voimavarojen kyselyn sekä stressikyselyn olevan asteikoltaan yksinkertaisempia ja lyhyempiä kuin jo pitkään käytetyn ja validoidun PSS-kyselyn. PSS-kyselyn maksimipistemääräksi voi saada 40, kun taas stressikyselyn 5 ja psyykkisten voimavarojen kyselyn 10. Tämä jo itsessään aiheuttaa enemmän eroja PSS-kyselyn pistemääriin.

8.3 Subjektiiivisen stressin yhteys voimaharjoittelussa kehittymiseen

Tämän tutkimuksen tuloksien mukaan subjektiiivisella stressillä ja voimaharjoittelussa kehittyemisellä on tilastollisesti merkitsevä yhteys ainakin jalkaprässin 1 RM testituloksen ja stressikyselyn sekä psyykkisten voimavarojen kyselyn välillä 10 viikon harjoitusjakson aikana. Lisäksi kun tutkittavat jaettiin ryhmiin stressikyselyn mediaanin molemmilta puolilta, havaittiin stressaantuneiden ryhmän kehittyneen keskimäärin vähemmän kuin ei-stressaantuneiden ryhmän. Ero oli tilastollisesti merkitsevä jalkaprässin 1 RM suhteellisen muutoksen osalta.

Nämä tutkimustulokset tukevat hypoteesia, jonka mukaan matala stressi on yhteydessä suurempaan kehittymiseen voimaharjoittelussa (Bartholomew ym. 2008) ja, että mentaalinen rasite voi mahdollisesti huonontaa lihasadaptaatioita sekä olla yhteydessä palautumisen kanssa (Stults-Kolehmainen ym. 2014). Myös esimerkiksi ne, jotka ovat stressaantuneita voivat kokea suurempaa keskushermoston väsymystä ja laskua harjoituksessa yrittämissä tai voivat jopa jättää harjoittelematta, etenkin jos ovat satunnaisesti harjoittelevia voimaharjoittelijoita (Davis & Bailey 1997). Toisaalta tässä tutkimuksessa harjoituksia ei jätetty välistä, vaan poissaolon sattuessa siirrettiin harjoittelua eteenpäin niin, että kaikki suunnitellut harjoituskerrat toteutuivat.

Bartholomewin ym. (2008) tutkimusasetelman voisi sanoa muistuttaneen tämän tutkimuksen asetelmaa lukuun ottamatta käytettyjä subjektiivisia mittareita sekä kehonkoostumusmittauksia. Tutkimusjakson 12 viikon aikana harjoiteltiin kahdesti viikossa kolmessa mesosyklissä (hypertrofia, perusvoima ja maksimivoima) harjoitusohjelman kohdistuen niin ylä- kuin alavartalon lihaksiin. Testiliikkeinä käytettiin 1 RM penkki- ja kyykkyliikkeen 1 RM tulosta. Tutkittavat jaettiin samalla tavalla mediaanin puolittamisella ryhmiin, ja alavartalon voiman kehittyminen oli samankaltaista. Matalan stressin ryhmällä kyykyn 1 RM:ssä tapahtui 27 % kehitys ja korkean stressin ryhmällä 23 % kehitys (Bartholomew ym. 2008). Puolestaan tässä tutkimuksessa stressiryhmällä jalkaprässin 1 RM testitulokseksi muuttui keskimäärin 16,21 %, kun taas ei-stressiryhmällä 25,43 %. Molemmissa tutkimuksissa ero oli tilastollisesti merkitsevä.

Matala stressi oli psyykkisten voimavarojen mittarilla yhteydessä testituloksen kehittymiseen myös Ruuskan ym. (2012) tutkimuksessa. Heidän tutkimuksensa koski kuitenkin kestävyysuorituskyvyn kehittymistä. Tutkimuksen kestävyysmittarina käytettiin maksimaalista hapenottoa testiä, joka perustuu toisaalta myös maksimaaliseen tahdonalaiseen yritykseen kuten maksimivoiman testaamiseenkin. Subjektiivinen hyvinvointi voikin olla yhteydessä maksimaaliseen yritykseen (Saw ym. 2016), jolloin on mahdollista, että stressiä kokevalla maksimaalinen yritys jää heikommaksi, mikä voi näkyä myös harjoitusadaptaatiossa ja testituloksissa.

Stressireaktioon liittyvillä hormoneilla on selitetty stressin ja harjoitusadaptaatioiden mahdollisia yhteyksiä. Testosteronin esiasteella (DHEA-S, dehydroepiandrostenidionisulfaatti) on havaittu olevan rooli stressin puskuroinnissa ja elimistön palautumisessa (Dutheil ym. 2021;

Kroboth ym. 1999; Morgan ym. 2004). Testosteronin esiasteen toista muotoa, DHEA (dehydroepiandrostenidioni), käytetään rasituksen akuuttien vasteiden tutkimisessa sen DHEA-S:ia lyhyemmän puoliintumisajan takia (Collomp ym. 2021). Hyangin ym. (2006) tutkimuksessa havaittiin korkeamman DHEA-S-tason olevan yhteydessä parempaan harjoitusvasteeseen. Tutkittavat olivat kuitenkin iäkkäitä naisia ja tutkimus keskittyi aerobiseen kestävyysharjoiteluun. DHEA ja DHEA-S vaikutuksia voimaharjoittelussa on tutkittu melko vähän, mutta niiden konsentraatio näyttäisi nousevan intensiivisen harjoituksen seurauksena. Ikä näyttäisi kuitenkin olevan yhteydessä erityisesti DHEA-S vasteeseen. Tutkimustietoa tarvitaan kuitenkin lisää Collompin ym. (2021) mukaan aiheesta.

Stults-Kolehmainen ym. (2014) sekä Stultsin (2008) tutkiman mukaan vähän stressiä kokevat, palautuvat lähtötasolle palautumisessa useita kertoja nopeammin kuin ne, jotka arvioivat stressinsä korkeaksi. Krooninen mentaalinen stressi heikentää palautumista 96 tunnin ajan rankasta voimaharjoituksesta (Stults-Kolehmainen 2014). Tässä tutkimuksessa pyrittiin pitämään vähintään kaksi palautumispäivää harjoitusten välissä, joten on mahdollista, että erityisesti korkeampaa stressiä kokevilla palautumisaika on ollut liian lyhyt harjoitusten välillä.

8.4 Tutkimuksen rajoitteet ja vahvuudet

Tutkimuksen rajoitteita olivat subjektiivisuuden liittyviin mittareihin perustuvat ongelmat, tutkimusjoukon koko erityisesti 20 viikon harjoitusjakson tarkastelussa, mittauksiin ja testaukseen liittyvät virhelähteet sekä se, että tutkimusasetelmaa ei oltu suunniteltu stressitutkimukseksi. Toisaalta tutkimuksen vahvuuksina voidaan pitää suhteellisen pitkää harjoitusjaksoa ja useaa mittausaikapistettä sekä sitä, että subjektiivisen stressin yhteyttä voimaharjoittelussa kehittymiseen on tutkittu melko vähän, joten lisätutkimustieto on tarpeen.

Tässä tutkimuksessa ei mitattu objektiivista stressiä esimerkiksi seerumin kortisolin avulla, joten ei voida sanoa ovatko sen kataboliset vaikutukset voineet olla yhteydessä siihen, että subjektiivisen stressin ja kehittymisen väliltä löydettiin yhteys. Lisäksi stressimittareiden perusteella ei voida suoraan vetää johtopäätöstä, että tutkittavat olisivat olleet todella stressaantuneita, sillä keskimäärin 10 viikon aikana stressikyselyn ja PSS-kyselyn vastaukset olivat noin kyselyiden mediaanin kohdalla. Psykkisten voimavarojen mittarilla koettiin psykkisten voimavarojen olevan jopa melko hyvät (keskimääräinen arvo 7–8). Stressin

arvioiminen subjektiivisesti onkin haastavaa ja tässä tutkimusasetelmassa tutkittavien stressaantuneisuus oli sattumanvaraista. Stults-Kolehmainen ym. (2014) lähestyivät tätä ongelmaa kokeellisesti, jossa suuri otos seulotaan kroonisesta stressistä ja lopulta saadut matalan ja korkean stressin ryhmät valitaan tutkittaviksi.

Lisäksi tutkimuksen subjektiivisen stressin mittareista ainoastaan PSS-kyselyä voidaan pitää validoituna mittarina subjektiivisen stressin tutkimiseen, joten muiden mittareiden tuloksiin tulee suhtautua varauksella ja niiden luotettavuuden ja toistettavuuden tutkimiselle on tarvetta. Kyselyihin vastaaminen perustui vapaaehtoisuuteen ja kyselypatteristossa oli huomattava määrä myös muihin elämän osa-alueisiin liittyviä kysymyksiä, mikä saattaa laskea vastausmotivaatiota. Lisäksi retrospektiivisesti täytettävästi kyselyiden haittana on herkkyys muistamisharhalle, joka kasvaa pitkien vastausaikavälien myötä (Bernard ym. 1984). Esimerkiksi Cohenin ym. (1983) mukaan arvioidun stressin tasoon vaikuttavat päivittäinen arkielämä, isot tapahtumat elämässä ja muutokset stressinsietämiskyvyssä, joten PSS-kyselyn validiteetti laskee todennäköisesti kyselyn vastaamisajankohdan viivästyessä (Cohen ym. 1983).

Aineistonkeruun haasteita olivat mahdolliset ultraäänikuvantamisen ja bioimpedanssimittausten sekä voimaharjoittelun ja testauksen virheet. Ultraäänikuvantamisen avulla lihaksen poikkipinta-alan määrittämiseen liittyy mittaajien välisiä virheitä. Toisaalta tässä tutkimuksessa pyrittiin siihen, että ultraäänikuvantamista suoritti aina sama henkilö. Bioimpedanssimittaus perustuu kehon nestemäärään, jolloin esimerkiksi syöminen ja raskas urheilu voivat vaikuttaa tulokseen laskemalla impedanssia aiheuttaen noin 3 % virheen tulokseen verrattuna paastomittaukseen (Kyle ym. 2004). Tutkimuksessa mittaustilanne pyrittiin standardoimaan niin, että kehonkoostumusmittaukset suoritettiin aina aamumittauksina paastonneena ja tutkittavia kehoitettiin välttämään raskasta ruokailua tai urheilua edellisenä päivänä, sillä raskaan urheilun ja syöminen ennen testaamista on todettu laskevan impedanssia, mikä aiheuttaa virheen tulokseen verrattuna paastomittaukseen ilman urheilua (Kyle ym. 2004).

8.5 Johtopäätökset

Tämän tutkimuksen perusteella progressiivinen koko vartaloon kohdistuva voimaharjoittelujakso kehittää lihasvoimaa ja lihaskokoa niin 10 viikon kuin 20 viikon harjoitusjakson aikana aikaisemmin voimaharjoittelua harrastamattomilla. Tämä on myös yhteydessä aikaisempaan tutkimuskirjallisuuteen aiheesta. Bioimpedanssilla mitatun kehon rasvattoman massan lisääntyminen havaitaan myös 10 ja 20 viikon voimaharjoittelun seurauksena. Puolestaan tämän tutkimuksen perusteella kyselyillä mitatussa subjektiivisessa stressissä ei välttämättä havaita muutoksia 10 tai 20 viikon voimaharjoittelujakson aikana, mikä osoittaa sen, että voimaharjoittelujaksolla ei luultavasti ole yhteyttä stressin muuttumiseen.

Subjektiivisen stressin ja voimaharjoittelussa kehittymisen yhteydestä voidaan todeta, että matalampi subjektiivinen stressi ja hyvät psyykkiset voimavarat elämässä ennustavat suurempaa lihasvoiman kehittymistä ainakin jalkaprässin 1 RM testissä aikaisemmin harjoittelemattomilla eli subjektiivisella stressillä ja voimaharjoittelussa kehittymisellä voidaan todeta mahdollisesti olevan yhteys. Suurempiin johtopäätöksiin tarvitaan kuitenkin lisätutkimusta. Subjektiivisen stressin ja kestävyysharjoittelun yhteydestä on enemmän tutkimustietoa, jossa siltäkin saralla lisätutkimus on tarpeen. Subjektiivisen stressin ja voimaharjoitteluvasteiden mahdollisista yhteyksistä tarvitaan siis lisätutkimusta suuremmalla tutkimusjoukolla tarkempien johtopäätöksien tekemiseksi.

8.6 Käytännön sovellukset

Stressin kokeminen voi laskea yksilön kykyä adaptoitua harjoitukseen niin heikentyneen progressiivisuuden, harjoituksessa jaksamisen tai palautumisprosessin heikkenemisen kautta (Bartholomew ym. 2008). Tällöin voidaan subjektiivisia stressimittareita hyödyntää urheilijoiden sekä harrastajien palautumisen seurantaan ja optimaalisten harjoituspäivien löytämiseen sekä toisaalta ylikuormituksen mahdollisuuden havaitsemiseen ja siihen reagoimiseen ajoissa.

Subjektiivisten stressimittareiden hyödyntäminen harjoittelun ja palautumisen seurannassa on helppo, edullinen ja herkkä työkalu verrattuna objektiivisiin mittaustapoihin. Toisaalta parhaiten informaatiota harjoittelukuormituksesta ja stressistä saadaan hyödyntämällä

subjektiivisiä ja objektiivisiä menetelmiä yhdessä (Roos ym. 2013; Saw ym. 2016). Lisäksi subjektiivisen stressin mittarin valinnassa tulee huomioida sen sopivuus käytettävälle joukolle (Lee ym. 2012).

LÄHTEET

- Acevedo, E. O., Webb, H. E., Weldy, M. L., Fabianke, E. C., Orndorff, G. R., & Starks, M. A. (2006). Cardiorespiratory Responses of Hi Fit and Low Fit Subjects to Mental Challenge during Exercise. *International Journal of Sports Medicine*. 27 (12), 1013–1022. doi: 10.1055/s-2006-923902.
- Ahtiainen, J. P., Walker, S., Peltonen, H., Holviala, J., Sillanpää, E., Karavirta, L., Sallinen, J., Mikkola, J., Valkeinen, H., Mero, A. & Hulmi, J. J. (2016). Heterogeneity in resistance training-induced muscle strength and mass response in men and women of different ages. *Age* (38), 10. doi: 10.1007/s11357-015-9870-1.
- Allen, D. L., McCall, G. E., Loh, A. S., Madden, M. C. & Mehan, R. S. (2010). Acute daily psychological stress causes increased atrophic gene expression and myostatin-dependent muscle atrophy. *American Journal of Physiology. Regulatory, Integrative and comparative physiology*. 299 (3), 889–898. doi: 10.1152/ajpregu.00296.2010.
- Ament, W. & Verkerke, G. (2009). Exercise and Fatigue. *Sports Medication* 39 (5), 389–422. doi: 0112-1642/09/0005-0389/\$49.95/0.
- Appell, H. J., Soares, J. M. & Duarte, J. A. (1992). Exercise, muscle damage and fatigue. *Sports Medicine*. 13 (2), 108–105. doi: 10.2165/00007256-199213020-00006.
- Bamman, M. C., Shipp, J. R., Jiang, J., Gower, B. A., Hunter, G. R., Goodman, A., McLafferty Jr., C. L. & Urban, R. J. (2001). Mechanical load increases muscle IGF-I and androgenreceptor mRNA concentrations in humans. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism* 280, 383–390. doi: 10.1152/ajpendo.2001.280.3.E383.
- Bartholomew, J. B., Stults-Kolehmainen, A., Elrod, C. C. & Todd, J. S. (2008). Strength Gains after Resistance Training: The Effect of Stressful, Negative Life Events. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 22 (4), 1215–1221. doi: 10.1519/JSC.0b013e318173d0bf.
- Bellica, A., van Baak, M., A., Battista, F., Beaulieu, K., Blundell, J. E., Busetto, L., Carraça, E. V., Dicker, D., Encantado, J., Ermolao, A., Farpour-Lambert, N., Pramono, A., Woodward, E. & Oppert, J-M. (2021). Effect of exercise training on weight loss, body composition changes, and weight maintenance in adults with overweight or obesity: An overview of 12 systematic reviews and 149 studies. *Obesity Reviews* 22 (S4), 1–13. doi: 10.1111/obr.13256.
- Benito, P. J., Cupero, R., Ramos-Campo, D. J., Alcaraz, P. E. & Rubio-Arias, J. A. (2020). A Systematic Review with Meta-Analysis of the Effect of Resistance Training on Whole-

- Body Muscle Growth in Healthy Adult Males. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 17 (4), 1287. doi: 10.3390/ijerph17041285.
- Bernard, H. R., Killworth, P., Kronenfeld, D. & Sailer, L. (1984). The problem of informant accuracy: The validity of retrospective data. *Annual Reviews of Anthropology* 13, 495–517.
- Bompa, T. & Haff, G. (2009). *Periodization: Theory and Methodology of Training*. 5. painos. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Bouchard, C. & Rankinen, T. (2001). Individual differences in response to regular physical activity. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 33 (6), 446–451.
- Chovanec, L. & Gröpel, P. (2020). Effects of 8-week endurance and resistance training programmes on cardiovascular stress responses, life stress and coping. *Journal of Sport Sciences* 38 (15), 1699–1707. doi: 10.1080/02640414.2020.1756672.
- Clarkson, P. M. & Hubal, M. J. (2002). Exercise-induced muscle damage in humans. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation* 81 (11), S52–69. doi: 10.1097/00002060-200211001-00007.
- Cohen, S., Kamarck, T. & Mermelstein, R. (1983). A Global measure of perceived stress. *Journal of Health and Social Behaviour* 24 (4), 385–396. doi: 10.2307/2136404.
- Collomp, K., Buisson, C., Lasne, F. & Collomp, R. (2015). DHEA, physical exercise and doping. *Journal of Biochemistry and Molecular Biology* 145, 206–212. doi: 10.1016/j.jsbmb.2014.03.005.
- Compas, B. E., Davis, G. E., Forsythe, C. J., & Wagner, B. M. (1987). Assessment of major and daily stressful events during adolescence: The Adolescent Perceived Events Scale. *Journal of Consulting and Clinical Psychology* 55, 534–541. doi: 10.1037/0022-006X.55.4.534.
- Crandall, C. S., Preisler, J. J. & Aussprung, J. (1992). Measuring Life Event Stress in the Lives of College Students: The Undergraduate Stress Questionnaire (USQ). *Journal of Behavioral Medicine* 15 (6), 627–662. doi: 10.1007/BF00844860.
- da Poian, A. T. & Castanho, M. A. R. B. (2015). *Inegrative Human Biochemistry. A Textbook for Medical Biochemistry*. E-kirja. New York: Springer. Viitattu 27.10.2023.
- Davis, J. M. & Bailey, S. (1997). Possible mechanisms of central nervous system fatigue during exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 29 (1), 45–57. doi: 10.1097/00005768-199701000-00008.
- Davis, H., Orzeck, T. & Keelan, P. (2006). Psychometric item evaluations of the Recovery-Stress Questionnaire for athletes. *Psychology of Sport and Exercise* 8, 917–938.

- Deldicque, L. (2020). Protein Intake and Exercise-Induced Skeletal Muscle Hypertrophy: An Update. *Nutrients* 12 (7), doi: 10.3390/nu12072023.
- Duclos, M., Gouarne, C. & Bonnemaïson, D. (2003). Acute and chronic effects of exercise on tissue sensitivity to glucocorticoids. *Journal of Applied Physiology* 94 (3) 869–875. doi: 10.1152/jappphysiol.00108.2002.
- Dutheil, F., de Saint Vincent, S., Pereira, B., Schmidt, J., Moustafa, F., Charkhabi, M., Bouillon-Minois, J-B. & Clinchamps, M. (2021). DHEA as a Biomarker of Stress: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Frontiers in Psychiatry* 12, 1–14. doi: 10.3389/fpsyt.2021.688367.
- Ebrecht, M., Hextall, J., Kirtley, L-G., Taylor, A., Dyson, M. & Weinman, L. (2004). Perceived stress and cortisol levels predict speed of wound healing in healthy male adults. *Psychoneuroendocrinology*, 29 789–809. doi: 10.1016/S0306-4530(03)001.
- Eliakim, A & Nemet, D. (2020). Exercise and the GH-IGF-I Axis. Teoksessa: Hackney, A. C. & Constantini, N. W. (toim.) *Endocrinology of physical activity and sport*. E-kirja. New York, NY: Humana Press. Viitattu 13.11.2023.
- Fink, J., Kikuchi, N. & Nakazato, K. (2016). Effects of rest intervals and training loads on metabolic stress and muscle hypertrophy. *Clinical Physiology and Functional Imaging* 38 (2), 261–268. doi: 10.1111/cpf.12409.
- Folland, J. P., Williams, A. G. (2007). Morphological and neurological contributions to increased strength. *Sports Med* 37: 145–168.
- Gordon, B. R., McDowell, C. P., Lyons, M. & Herring, M P. (2017). The Effects of Resistance Exercise Training on Anxiety: A Meta-Analysis and Meta-Regression Analysis of Randomized Controlled Trials *Sports medicine* 47, 2521–2532. doi: 10.1007/s40279-017-0769-0.
- Costa, R. R., Buttelli, A. C. K., Vieira, A. F. Coconcelli, L., de Lima Magalhães, R., Delevatti, R. S. & Krueel, L. F. M. (2019). Effect of Strength Training on Lipid and Inflammatory Outcomes: Systematic Review with Meta-Analysis and Meta-Regression. *Journal of Physical Activity and Health* 16 (6), 477–491. doi: 10.1123/jpah.2018-0317.
- Grgic, J., Schoenfeld, B. J., Davies, T. B., Lazineca, B., Krieger, J. W. & Pedisic, Z. (2018). Effect of Resistance Training Frequency on Gains in Muscular Strength: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine* 48 (5), 1207–1220. doi: 10.1007/s40279-018-0872-x.
- Guyton, A. C. & Hall, J. E. (2011). *Textbook of Medical Physiology*. 12. painos. Philadelphia, PA: Saunders Elseiver.

- Halson, S. L. (2014). Monitoring Training Load to Understand Fatigue in Athletes. *Sports Medication* 44 (2), 139–147. doi: 10.1007/s40279-014-0253-z.
- Herman, J. P. (2013). Neural control of chronic stress adaptation. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*. 7 (61), 1–12. doi: 10.3389/fnbeh.2013.00061.
- Hitzschke, B., Holst, T., Ferrauti, A., Meyer, T., Pfeiffer, M., & Kellmann, M. (2016). Entwicklung des Akutmaßes zur Erfassung von Erholung und Beanspruchung im Sport [Development of the Acute Recovery and Stress Scale]. *Diagnostica* 62, 212–226. doi: 10.1026/0012-1924/a000155.
- Hitzschke, B., Kölling, S., Ferrauti, A., Meyer, T., Pfeiffer, M., & Kellmann, M. (2015). Entwicklung der Kurzsкала zur Erfassung von Erholung und Beanspruchung im Sport (KEB) [Development of the Short Recovery and Stress Scale for Sports (SRSS)]. *Zeitschrift für Sportpsychologie* 22, 146–162. doi: 10.1026/1612-5010/a000150.
- Hulmi, J. & Mero, A. (2016). Proteiinisynthese ja proteiinien hajoaminen. Teoksessa: Mero, A., Nummela, A., Kalaja, S. & Häkkinen, K. Huippu-urheiluvalmennus teoria ja käytäntö päivittäisvalmennuksessa. VK-kustannus, 113–116.
- Häkkinen, K & Ahtiainen J. (2016). Maksimivoimaharjoittelu. Teoksessa: Mero, A., Nummela, A., Kalaja, S. & Häkkinen, K. Huippu-urheiluvalmennus teoria ja käytäntö päivittäisvalmennuksessa. VK-kustannus, 250–320.
- Juster, R. P., McEwen, B. S. & Lupien, S. J. (2010). Allostatic load biomarkers of chronic stress and impact on health and cognition. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*. 35, 2–16. doi: 10.1016/j.neubiorev.2009.10.002.
- Kapsis, D. P., Tsoukos, A., Psarraki, M. P., Douda, H., T., Smilios, I. & Bogdanis, G. C. (2022). Changes in Body Composition and Strength after 12 Weeks of High-Intensity Functional Training with Two Different Loads in Physically Active Men and Women: A Randomized Controlled Study. *Sports* 10 (7), 1–12. doi: /10.3390/sports10010007.
- Kellmann, M., Bertollo, M., Bosquet, L., Brink, M., Coutts, A., Duffield, R., Erlacher, D., Halson, S., Hecksteden, A., Heidari, J., Kallus, K. W., Meeusen, R., Mujika, I., Robazza, S., Venter, R. & Beckmann, J. 2018. Recovery and Performance in Sport: Consensus Statement. *National Journal of Sports Physiology and Performance* 13, 240–245. doi: 10.1123/ijsp.2017-0759.
- Kellmann, M., & Kallus, K. W. (2001). Recovery-Stress Questionnaire for athletes: User manual. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Kellmann, M., Kölling, S., & Hitzschke, B. (2016). Das Akutmaß und die Kurzsкала zur Erfassung von Erholung und Beanspruchung im Sport: Manual. [The Acute Measure and

- the Short Scale of Recovery and Stress for Sports: Manual]. Hellenthal: Sportverlag Strauß.
- Kenttä, G. & Hassmen, P. (1998). Overtraining and Recovery. A Conceptual Model. *Sports Medication*. 26 (1), 1–16.
- Kyle, U.G., Bosaeus, I., De Lorenzo, A.D., Deurenberg, P., Elia, M., Gómez, J.M., Heitmann, B.L., Kent-Smith, L., Melchior, J-C., Pirlich, M., Scharfetter, H., Schols, A.M.W.J. & Pichard, C. (2004). Bioelectrical impedance analysis- part I: review of principles and methods. *Clinical nutrition*. 23: 1226–1243.
- Kyrou, I. & Tsigos, C. (2009). Stress hormones: physiological stress and regulation of metabolism. *Current Opinion in Pharmacology*. 9, 787–793. doi: 10.1016/j.coph.2009.08.007
- Kraemer, W. J. (2017). How Muscle Grows. Teoksessa: L. E. Brown. (toim.) *Strength Training*. 2. painos. Champaign, IL: Human Kinetics, 29–48.
- Kraemer, W. J., Hatfield, D. L. & Fleck, S. J. (2017.) Types of Muscle Training. Teoksessa: L. E. Brown. (toim.) *Strength Training*. 2. painos. Champaign, IL: Human Kinetics, 49–71.
- Kraemer, W. J., Häkkinen, K., Newton, R: U., Nindl, B. C., Volek, J. S., McCormick, M., Gotshalk, L. A., Gordon, S. E., Fleck, S. J., Campbell, W. W., Putukian, M. & Evans, W. J. (1999). Effects of heavy-resistance training on hormonal response patterns in younger vs. older men. *Journal of applied physiology* 87 (3) 982–992. doi: 10.1152/jappl.1999.87.3.982.
- Kraemer, W. J., Marchitelli, L., Gordon, S. E., Harman, E., Dziados J. E., Mello, R., Frykman, P., McCurry, D. & Fleck, S. J. (1990). Hormonal and growth factor responses to heavy resistance exercise protocols. *Journal of Applied Physiology* 69 (4), 1442–1450.
- Kraemer, W. J., Ratamess, N. A., Hymer, W. C., Nindl, B. C. & Fragala, M. S. (2020). Growth Hormone(s), Testosterone, Insuline-Like Growth Factors, and Cortisol: Roles and Integration for Cellular Development and Growth with Exercise. *Frontiers in Endocrinology*. 11 (33), 1–25. doi: 10.3389/fendo.2020.00033.
- Kraemer, W. J. & Vingren, J. L. (2017). Muscle Anatomy. Teoksessa: L. E. Brown. (toim.) *Strength Training*. 2. painos. Champaign, IL: Human Kinetics, 3–27.
- Kroboth, P. D., Salek, F. S., Pittenger, A. L., Fabian, T. J. & Frye, R. F. 1999. DHEA and DHEA-S: A Review. *Journal of Clinical Pharmacology* 39, 327–348.

- Laurego, K. D. & Moberg, G. P. (2000). Effects of acute behavioral stress and LPS-induced cytokine release on growth and energetics in mice. *Physiology & Behavior* 64, 415–422. doi: 10.1016/s0031-9384(99)00206-1.
- Lazarus, R. S. & Folkman, S. (1984). *Stress, Appraisal, and Coping*. E-kirja. New York, NY: Springer Publishing Company. Viitattu 14.2.2023.
- Lee, E-H. (2012). Review of the Psychometric Evidence of the Perceived Stress Scale. *Asian Nursing Research* 6, 121–127. doi: 10.1016/j.anr.2012.08.004.
- Liu, X., Gao, Y., Lu, J., Ma, Q., Shi, Y., Liu, J., Xin, S. & Su, H. (2022). Effects of Different Resistance Exercise Forms on Body Composition and Muscle Strength in Overweight and/or Obese Individuals: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Frontiers Physiology* 12, 1–13. doi: 10.3389/fphys.2021.791999.
- Lovallo, W. (2005.) *Stress and health. Biological and Psychological Interactions*. E-kirja. Thousand Oaks: Sage Publications. Viitattu: 10.1.2024.
- Lundberg, T. R., Feuerbacher, J. F., Sünkeler, M. & Schumann, M. (2022). The Effects of Concurrent Aerobic and Strength Training on Muscle Hypertrophy: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medication* 52 (10), 2391–2403. doi: 10.1007/s40279-022-01688-x.
- Lutz, R., Stults-Kolehmainen, M. & Bartholomew, J. (2010). Exercise caution when stressed: Stages of change and the stress-exercise participation relationship. *Psychology of Sport and Exercise*. 11 (6), 560–567. doi: 10.1016/j.psychsport.2010.06.005.
- Mangine, G. T., Hoffman, J. R., Gonzalez, A. M., Townsend, J. R., Wells, A. J., Jajtner, A. R., Beyer, K. S., Boone, C. H., Wang, R., Miramonti, A. A., LaMonica, M. B., Fukuda, D. H., Witta, E. L., Ratamess, N. A. & Stout, J. R. (2017). Exercise-Induced Hormone Elevations Are Related to Muscle Growth. *Journal of Strength and Conditioning Research* 31 (1), 45–53. doi: 10.1519/JSC.0000000000001491.
- Marketon, J. I, W. & Glaser, R. (2008). Stress hormone and immune function. *Cellular Immunology*. 252, 16–26. doi: 10.1016/j.cellimm.2007.09.006.
- McCall, G. E., Byrnes, W. C., Fleck, S. J., Dickinson, A. & Kraemer, W. J. (1999). Acute and chronic hormonal responses to resistance training designed to promote muscle hypertrophy. *Canadian journal of applied physiology* 24 (1), 96–107. doi: 10.1139/h99-009.
- McEwen, B. C. Protective and Damaging Effects of Stress Mediators. (1998). *The New England Journal of Medicine*. 338 (39), 171–179. doi: 10.1056/NEJM199801153380307.

- McGarth, J.E. (1970). *Social and psychological factors in stress*. New York, NY: Holt, Rinehart & Winston.
- McLoughlin, E., Arnold, R., Fletcher, D., Spahr, C. M., Slavich, G. M. & Moore, L. J. (2022). Assessing lifetime stressor exposure in sport performers: Associations with trait stress appraisals, health, well-being, and performance. *Psychology of Sports & Exercise*. 58, 102078. doi: 10.1016/j.psychsport.2021.10207
- Mercado, A. M., Quan, N., Padgett, D. A., Sheridan, J. F. & Marucha, P. T. (2002). Restraint stress alters the expression of interleukin-1 and keratinocyte growth factor at the wound site: an in situ hybridization study. *Journal of Neuroimmunology* 129, 74–83. doi: 10.1016/S0165-5728(02)00174-1.
- Mitchell, C. J., Churchward-Venne, T. A., Bellamy, L., Parise, G., Baker, S. K. & Phillips, S. M. (2013). Muscular and systemic correlates of resistance training-induced muscle hypertrophy. *PLoS One* 8 (10), 1–10. doi: 10.1371/journal.pone.0078636.
- Moon, J. R. (2013). Body composition in athletes and sports nutrition: an examination of the bioimpedance analysis technique. *European Journal of Clinical Nutrition* 67, S54–S59.
- Morgan, C. A., Southwick, S., Hazlett, G., Rasmusson, A., Hoyt, G., Zimolo, Z. & Charney, D. (2004). Relationships Among Plasma Dehydroepiandrosterone Sulfate and Cortisol Levels, Symptoms of Dissociation, and Objective Performance in Humans Exposed to Acute Stress. *Archives of General Psychiatry* 61, 819–825.
- Mujika, I. (2017). Quantification of Training and Competition Loads in Endurance Sports: Methods and Applications. *International Journal on Sports Physiology and Performance* 12. S2-9 -S2-17. doi: 10.1123/ijsp.2016-0403.
- Mujika, I., Chatard, J. C., Padilla, S., Guezennec, C. Y., Geysant, A. (1996). Hormonal responses to training and its tapering off in competitive swimmers: relationships with performance. *European Journal of Applied Physiology* 74 (4), 361–366. doi:10.1007/BF02226933.
- Nässi, A., Ferrauti, A., Meyer, T., Pfeiffer, M. & Kellman, M. (2017). Development of two short measures for recovery and stress in sport. *European Journal of Sport Science* 17 (7), 894–903. doi: 10.1080/17461391.2017.1318180.
- Pasiakos, S. M., McLellan, T., Lieberman, H. (2015). The effects of protein supplements on muscle mass, strength, and aerobic and anaerobic power in healthy adults: a systematic review. *Sports Medication* 45 (1), 111–131. doi: 10.1007/s40279-014-0242-2.
- Perna, F. M., & McDowell, S. L. (1995). Role of psychological stress in cortisol recovery

- from exhaustive exercise among elite athletes. *International Journal of Behavioral Medicine* 2 (1), 13-26. doi: 10.1207/s15327558ijbm0201_2.
- Petrie, T. A. (1992). Psychosocial Antecedents of Athletic Injury: The effects of Life Stress, and Social Support on Female Collegiate Gymnasts. *Behavioral Medicine* 18 (3), 127–138.
- Pyne, D. B. (1994). Exercise-induced muscle damage and inflammation: a review. *Australian Journal of Science and Medicine in Sport* 26 (3–4), 49–58.
- Quattrocchi, M., Barefield, D. Y., Warner, J. L., Vo, A. H., Hadhazy, M., Earley, J. U., Demonbreun, A. R. & McNally, E. M. (2017). Intermittent glucocorticoid steroid dosing enhances muscle repair without eliciting muscle atrophy. *Journal of Clinical Investigation* 127 (6), 2418–2432. doi: 10.1172/JCI91445.
- Rethorst, C., Wipfli, B. & Landers, D. (2009). The Antidepressive Effects of Exercise. *Sports Medicine* 28 (6), 491–511. doi: 10.2165/00007256-200939060-00004.
- Rimmele, U., Zellweger, B. C., Marti, B., Seiler, R., Mohiyeddini, C., Ehlert, U. & Heinrich, M. (2009). Trained men show lower cortisol, heart rate and psychological responses to psychosocial stress compared with untrained men. *Psychoneuroendocrinology* 32, 627–635. doi: 10.1016/j.psyneuen.2007.04.005.
- Roete, A. J., Elferink-Gemser, M. T., Otter, R. T. A., Stoter, I. K. & Lamberts, R. P. (2021). A Systematic Review on Markers of Functional Overreaching in Endurance Athletes. *International Journal of Sports Physiology and Performance* 16, 1065–1073. doi: 10.1123/ijsp.2021-0024.
- Roos, L., Taube, W., Brandt, M., Heyer, L. & Wyss, T. (2013). Monitoring of Daily Training Load and Training Load Responses in Endurance Sports: What Do Coaches Want? *Schweizerische Zeitschrift für Sportmedizin und Sporttraumatologie* 61 (4), 30–36.
- Rushall, B. S. (1990). A Tool for Measuring Stress Tolerance in Elite Athletes. *Applied Sport Physiology* 2, 51–66. doi: 10.1080/10413209008406420.
- Ruuska, P., Hautala, A., Kiviniemi, A., Mäkikallio, T. & Tulppo, M. 2012. Self-rated mental stress and exercise training response in healthy subjects. *Frontiers in Physiology* 3 (51), 1–7. doi: 10.3389/fphys.2012.00051.
- Saeidifard, F., Medina-Inojosa, J. R., West, C P., Olson, T. P., Somers, V. K., Bonikowske, A R., Prokop, L J., Vinciguerra, M. & Lopez-Jimenez, R. (2019). The association of resistance training with mortality: A systematic review and meta-analysis. *European Journal of Preventive Cardiology* 26 (15), 1647–1665, doi: 10.1177/2047487319850718.

- Sapolsky, R. M. (1994). Individual differences and the stress response. *Seminars in The Neurosciences* 6 (4), 261–269. doi: 10.1006/smns.1994.1033
- Saw, A. E., Main, L. C. & Gastin, P. B. (2016). Monitoring the athlete training response: subjective self-reported measures trump commonly used objective measures: a systematic review. *British Journal of Sports Medicine* 50, 281–291. doi:10.1136/bjsports-2015-094758.
- Schiaffino, S., Dyar, K. A., Ciciliot, S., Blaauw, B. & Sandri, M. (2013). Mechanisms regulating skeletal muscle growth and atrophy. *The FEBS Journal* 280 (17), 4294–4314. doi: 10.1111/febs.12253.
- Scott, W., Stevens, J. & Binder-Macleod, S. A. (2001). Human Skeletal Muscle Fiber Type Classifications. *Physical Therapy* 81 (11), 1810–1816. <https://doi.org/10.1093/ptj/81.11.1810>.
- Seynnes, O. R., de Boer, M. & Narici, M. V. (2007). Early skeletal muscle hypertrophy and architectural changes in response to high-intensity resistance training. *Journal of Applied Physiology* 102, 368–373. doi: 10.1152/jappphysiol.00789.2006.8750-7587/07.
- Slavich, G. M. & Shields, G. S. (2018). Assessing Lifetime Stress Exposure Using the Stress and Adversity Inventory for Adults (Adult STRAIN): An Overview and Initial Validation. *Psychosomatic medicine* 80 (1), 17–27. doi: 10.1097/PSY.0000000000000534.
- Smith, L. L. (2000). Cytokine hypothesis of overtraining: a physiological adaptation to excessive stress? *Medicine & Science in Sports & Exercise* 32 (2), 317–331. doi: 0195-9131/00/3202-0317/0.
- Smith, J. J., Eather, N., Morgan, P. J., Plotnikoff, R. C., Faigenbaum, A. D & Lubans, D, R. (2014). The Health Benefits of Muscular Fitness for Children and Adolescents: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine* 44, 1209–1223. doi: 10.1007/s40279-014-0196-4.
- Spiering, B.A., W.J. Kraemer, J.M. Anderson, L.E. Armstrong, B.C. Nindl, J.S. Volek, D.A. Judelson, M. Joseph, J.L. Vingren, D.L. Hatfield, M.S. Fragala, J.Y. Ho, and C.M. Maresh. (2008). Effects of elevated circulating hormones on resistance exercise-induced Akt signaling. *Medical Science of Sports and Exercise* 40 (6), 1039–1048.
- Stults, M. A. (2009). *Physiological and Psychological Recovery from Muscle Distruption following Resistance Exercise: The Impact of Chronic Stress and Strain*. University of Texas at Austin in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Doctor of

- Philosophy. The University of Texas at Austin ProQuest Dissertations Publishing, 3519268. Väitöskirja. Viitattu 16.11.2023.
- Stults-Kolehmainen, M. A. & Bartholomew, J. B. (2012). Physiological Stress Impairs Short-Term Muscular Recovery from Resistance Training. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 44 (11), 2220–2227. doi: 10.1249/MSS.0b013e31825f67a0.
- Stults-Kolehmainen, M., Bartholomew, J. B. & Sinha, R. (2014). Chronic Physiological Stress Impairs Recovery of Muscular Function and Somatic Sensations Over a 96-Hour Period. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 28 (7), 2007-2017. doi: 10.1519/JSC.0000000000000335
- Stults-Kolehmainen, M. A., Lu, T., Ciccolo, J. T., Bartholomew, J. B., Brotnow, L. & Sinha, R. (2016). Higher chronic psychological stress is associated with blunted affective responses to strenuous resistance exercise: RPE, pleasure, pain. *Psychology of Sport and Exercise*. 22, 27–36. doi: 10.1016/j.psychsport.2015.05.004.
- Stults-Kolehmainen, M. A. & Sinha, R. (2014). The Effects of Stress on Physical Activity and Exercise. *Sports Medication* 44, 81–121. doi: 10.1007/s40279-013-0090-5.
- Stojmenovik, A., Katanic, B. & Ugrinic, B. (2021). Physical Activity and Mental Health. Conference paper. 4th International Conference Health, Sport & Recreation. Belgrade, 259–268.
- Szivak, T.K., D.R. Hooper, C. Dunn-Lewis, B.A. Comstock, B.R. Kupchak, J.M. Apicella, C. Saenz, C.M. Maresh, C.R. Denegar, and W.J. Kraemer. (2013). Adrenal cortical responses to high-intensity, short rest, resistance exercise in men and women. *Journal of Strength and Conditioning Research* 27 (3), 748–760. doi: 10.1519/JSC.0b013e318259e009.
- ten Hoor, G. A., Kok, G., Peters, G-J. Y., Frissen, T., Schols A. M. W. J. & Plasqui, G. (2017). The Psychological Effects of Strength Exercises in People who are Overweight or Obese: A Systematic Review. *Sports Medication*. 47, 2069–2081. doi: 10.1007/s40279-017-0748-5.
- Tipton, K. D., Hamilton, D. L. & Gallagher, I. J. (2018). Assessing the Role of Muscle Protein Breakdown in Response to Nutrition and Exercise in Humans. *Sports Medicine* 48 (1), 53–64. doi: 10.1007/s40279-017-0845-5.
- Tipton, K. D. & Wolfe, R. R. (2001). Exercise, Protein Metabolism and Muscle Growth. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism* 11, 109–132. doi: 10.1123/ijsnem.11.1.109.

- Vingren, J. L., Kraemer, W. L., Ratamess, N. A., Anderson, J. M. Volek, J. S. & Maresh, C. M. (2010). Testosterone Physiology in Resistance Exercise and Training. The Up-Stream Regulatory Elements. *Sports Medicine* 40 (12), 1037–1053. doi: 0112-1642/10/0012-1037/\$49.95/0
- Walburn, J, Vedhara, K, Hankins, M, Rixon, L, & Weinman, J. (2009). Psychological stress and wound healing in humans: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Psychosomatic Research* 67, 253–271. doi: 10.1016/j.jpsychores.2009.04.002
- Webb, H. E., Rosalky, D. S., Tangsilat, S. E., McLeod, K. A., Acevedo, E. O., & Wax, B. (2013). Aerobic fitness affects cortisol responses to concurrent challenges. *Official Journal of the American College of Sports Medicine* 45 (2), 379–386. doi: 10.1249/MSS.0b013e318270b381.
- Webster, J. I., Tonelli, L. & Sternberg, E. M. (2002). Neuroendocrine Regulation on Immunity. *Annual Review of Immunology* 20, 125–163. doi: 10.1146/annurev.immunol.20.082401.104914.
- Weinberg, R. S. & Gould, D. 2019. *Foundations of Sport and Exercise Psychology*. 7. Painos. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Williams, T. D., Toluoso, D. T., Fedewa, M. V. & Esco, M. R. (2017). Comparison of Periodized and Non-Periodized Resistance Training on Maximal, Strength: A Meta-Analysis. *Sports Medication* 47, 2083–2100. doi: 10.1007/s40279-017-0734.
- World Health Organization. (2022). Physical Activity. Verkkosivu. Viitattu 10.11.2023. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/physical-activity>.
- Wust, S., Federenko, I., Hellhammer, D. H., & Kirschbaum, C. (2000). Genetic factors, perceived chronic stress, and the free cortisol response to awakening. *Psychoneuroendocrinology* 25, 707-720. doi: 10.1016/S0306-4530(00)00021-4.
- Zajac, A., Chalimoniuk, M., Maszczyk, A., Gołaś, A. & Lngfort, J. (2015). Central and Peripheral Fatigue During Resistance Exercise – A Critical Review. *Journal of Human Kinetics* volume 49, 159–169. doi: 10.1515/hukin-2015-0118.

LIITE 1. PSS-kysely (Perceived Stress Scale) Webropol -ohjelmistossa. Mukailtu lähteestä (Cohen ym. 1983).

3. Kyselyn tarkoituksena on arvioida harjoittelun ulkopuolista kuormitusta tutkimusjakson aikana. Lue kysymykset tarkasti ja vastaa kysymyksiin mahdollisimman huolellisesti ja totuudenmukaisesti merkitsemällä rasti parhaiten sopivaan sarakkeeseen. Arvioi tuntemuksiasi viimeisimmän kuukauden ajalta: Kuinka usein...

*

	En koskaan	Melko harvoin	Toisinaan	Melko usein	Hyvin usein
olet ollut poissa tolaltasi jonkin yllättävän tapahtuman vuoksi?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
sinusta on tuntunut, että olet ollut kykenemätön hallitsemaan tärkeitä asioita elämässäsi?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
olet tuntenut olosi hermostuneeksi ja stressaantuneeksi?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
olet tuntenut varmuutta kyvystäsi ratkaista henkilökohtaisia ongelmiasi?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
olet tuntenut, että asiat ovat sujuneet kuten halusit?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
sinusta on tuntunut, ettet pysty selviytymään kaikista niistä asioista, joista sinun täytyisi?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
olet pystynyt hallitsemaan harmeja elämässäsi?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
sinusta on tuntunut, että olet hallinnut asioita ja ollut niiden "yläpuolella"?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
olet ollut vihainen tapahtuneiden asioiden vuoksi, joihin et ole voinut vaikuttaa?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
olet tuntenut, että ongelmat ovat kasautuneet niin suuriksi, ettet pysty selviämään niistä?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

LIITE 2. Psyykkisten voimavarojen kysely Webropol -ohjelmistossa. Mukailtu lähteestä Ruuska ym. (2012).

4. Miten arvioit psyykkisiä voimavarojasi tällä hetkellä? Ota huomioon elämäsi kokonaistilanne, eli sekä työ- että yksityiselämäsi.

1 = psyykkiset voimavarani ovat vähissä, elämässäni on paljon psyykkisesti kuormittavia asioita

5 = psyykkiset voimavarani ovat kohtuulliset, elämässäni on jonkin verran psyykkisesti kuormittavia asioita

10 = psyykkiset voimavarani ovat hyvät

*



LIITE 3. Stressikysely Webropol -ohjelmistossa.

- 5. Stressi tarkoittaa tilannetta, jossa ihminen tuntee itsensä jännittyneeksi, levottomaksi, hermostuneeksi tai ahdistuneeksi tai hänen on vaikea nukkua asioiden vaivatessa mieltä. Oletko sinä tuntenut tällaista stressiä viimeisen KUUKAUDEN aikana? 1 = En lainkaan; 2 = Vain vähän; 3 = Jonkin verran; 4 = Melko paljon; 5 = Erittäin paljon.**

*

	En lainkaan	Vain vähän	Jonkin verran	Melko paljon	Erittäin paljon
Valinta	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>