

Kumulatiivisen maksimivoimaharjoittelun vaikutus hermoston valmiuteen ja suorituskykyyn – CheckMyLevel-menetelmätutkimus

Pekko Pirhonen



Tekijä(t) Pirhonen, Pekko Ilmari	
Koulutusohjelma Liikunnan ja vapaa-ajan koulutusohjelma	
Opinnäytetyön otsikko Kumulatiivisen maksimivoimaharjoittelun vaikutus hermoston valmiuteen ja suorituskyykyyn – CheckMyLevel-menetelmätutkimus	Sivu- ja liitesivumäärä 36 + 2
<p>Tutkimuksen päätarkoituksena oli tutkia CheckMyLevel-laitteiston soveltuvuutta maksimivoiman kasvuun tähtäävän voimaharjoittelun seurantatyökaluna. Lisäksi selvitettiin tutkimuksessa käytettävän kumulatiivisen harjoitusvolyymien lisäyksen vaikutusta suorituskyykyyn, subjektiivisiin palautuneisuus- ja kuormittuneisuustuntemuksiin sekä CheckMyLevel-arvoihin.</p> <p>Tutkimukseen osallistui 10 20-27-vuotiasta tervettä miestä, joilla kaikilla oli aiempaa kokemusta voimaharjoittelusta. Koehenkilöt suorittivat 6-viikkoisen harjoitusohjelman, joka sisälsi kevyen pohjadata keruuvaiheen sekä kolmeen jaksoon jaetun aktiiviharjoitteluvaiheen. Koehenkilöt suorittivat CheckMyLevel-mittauksen joka aamu tutkimusjakson ajan. Lisäksi he pitivät kirjaa subjektiivisista tuntemuksistaan palautuneisuudesta ja kokonaiskuormittuneisuudesta. Suorituskyykyä seurattiin alku-, väli- ja lopputesteillä joissa heiltä testattiin takakyykyyn, maastavedon, penkkipunnerruksen sekä lisäpainoleuanvedon yhden toiston maksimikuorma. Näiden tulosten perusteella jokaiselle kolmelle jaksolle tehtiin harjoitusohjelma siten, että prosentuaaliset kuormat olivat kaikilla samat, perustuen yksilöllisiin testituloksiin.</p> <p>Päätuloksina tutkimuksesta kävi ilmi, että kumulatiivinen maksimivoimaharjoittelu parantaa maksimivoimaominaisuuksia lyhyelläkin aikavälillä. CheckMyLevelin osalta ei löytynyt tilastollisesti merkittävää näyttöä laitteen toimivuudesta maksimivoimaharjoittelun seurantatyökaluna, mutta yksittäisiä viitteitä siihen suuntaan oli.</p> <p>Tutkimuksen päätelmänä oli, että CheckMyLevel on maksimivoimaharjoittelun seurantatyökaluna toimintaperiaatteeltaan potentiaalinen seurantatyökalu, mutta lisätutkimusta laitteen käyttöominaisuuksista tarvitaan.</p>	
Asiasanat Voimaharjoittelu, hermosto, liikuntafysiologia	

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Hermoston rakenne ja toiminta	2
2.1	Hermokudos.....	2
2.2	Aktiopotentiali.....	3
2.3	Keskushermosto	4
2.4	Ääreishermosto	4
2.5	Motorinen yksikkö ja lihassolutyypit.....	5
2.6	Lihaksisto	6
2.6.1	Luurankolihasen rakenne	7
2.6.2	Lihaksen toiminta	8
3	Refleksikaari	8
4	Voimaharjoittelun vaikutukset hermolihaksjärjestelmän toimintaan	9
4.1	Voimantuotto	10
4.2	Voiman lajit	10
4.3	Voimaominaisuuksien kehittäminen	11
4.3.1	Perusteet.....	11
4.3.2	Tulosten todentaminen ja testaaminen	12
4.4	Fysiologiset muutokset.....	12
4.4.1	Lihaksiston muutokset.....	12
4.4.2	Hermostolliset muutokset	12
4.4.3	Lihaksen palautuminen.....	13
4.4.4	Hermoston palautuminen	13
5	Hermoston valmiuden ja palautuneisuuden mittaaminen	14
5.1	Checkmylevel.....	14
6	Tutkimuksen tavoite ja tutkimusongelmat	15
7	Menetelmät	16
7.1	Koehenkilöt	16
7.2	Tutkimusasetelma	16
7.3	Mittaukset.....	19
7.3.1	Suorituskyvyn mittaukset.....	19
7.3.2	Subjektivisen kuormittuneisuuden mittaukset	21
7.3.3	CheckMyLevel-mittaukset	21
7.4	Tulosten tarkastelutavat	21
8	Tulokset	22

8.1 Suorituskyvyn muutos volyymiltaan asteittain lisääntyvän voimaharjoittelujakson aikana.....	22
8.2 Subjekttiivisen kuormittuneisuustuntemuksen muutos.....	25
8.3 CheckMyLevel-indeksin muutos.....	26
8.4 CheckMyLevel-indeksien yhteys harjoitteluvolyymiin, suorituskykyyn ja subjektiviisiin kuormittuneisuuslukemiin.....	27
8.5 Volyymi	28
8.6 Laktaatti	29
9 Pohdinta	29
9.1 Maksimivoiman kasvu suhteessa harjoitusvolyymin nousuun.....	29
9.2 Subjekttiivinen kuormittuneisuuden tunne suhteessa volyymin nostoon	30
9.3 CheckMyLevel-arvojen muutos harjoitusohjelman aikana	31
9.4 CheckMyLevel-arvot suhteessa harjoitusvolyyymiin, suorituskykyyn ja subjektiviisiin kuormitustuntemuksiin	31
9.5 Luotettavuus.....	32
9.6 Yhteenveto	33
Lähteet.....	34
Liitteet.....	36
Liite 1. Seurantalomake	36

1 Johdanto

Voimaharjoittelu on yksi paljon käytetyistä ja tutkituista urheilun osista. 2000-luvulla yhä suurempaan rooliin ovat nousseet erilaiset teknologiset apuvälineet seurantaan ja harjoittelun taltioimiseen. Tässä opinnäytetyössä tarkastellaan voimaharjoittelun hermostollista seurantaa ja tulosten analysointia suomalaisen Juno Medical –yhtiön kehittämän Checkmylevel-laitteiston avulla. Tutkimuksen idea on luoda testijakso, jossa koehenkilöt toteuttavat kumulatiivisesti kasvavaa maksimivoimaohjelmaa viiden viikon ajan. Tänä aikana he seuraavat hermostollista valmiuttaan sekä Checkmylevel-laitteella että subjektiivisilla mittareilla. Lisäksi heidän maksimaaliset voima-arvonsa mitataan ennen aloittamista, kahden viikon jälkeen ja neljän viikon jälkeen. Näistä voimatestauksista lasketaan heidän harjoitusohjelmissa käyttämänsä prosentuaaliset kuormat käyttäen aina tuoreinta testitulosta.

Näin ollen pyritään saamaan tutkimustuloksia CheckMyLevelin soveltuvuudesta voimaharjoittelun seurantatyökaluna. Voimaharjoittelussa ei ole vielä käytössä seurantalaitetta, joka toimii ilman laboratorio-olosuhteita ja auttaa datalla seuraamaan hermoston tilaa sekä välttämään ylikuntoa. Kaikenlaisessa harjoittelussa – niin voima- kuin kestävyysharjoittelussakin – on eduksi että harjoittelua voidaan seurata valideilla datan keräyskeinoilla. Tällöin urheilija ja valmentaja saavat arvokasta tietoa harjoituksen laadusta ja sitä kautta kehityksestä.

Volyymi on tärkeä tekijä harjoittelua suunniteltaessa. Progressiivisessa voimaharjoitusohjelmassa täytyy ottaa harjoituksen kokonaisvolyymi huomioon, jotta kehitys saataisiin maksimoitua. Volyymin nostot ovat yksi keino estää kehon täydellistä adaptaatiota vallitseviin harjoitusolosuhteisiin, jolloin myös kehitys hidastuu.

Tämän kumulatiivisen maksimivoimaharjoittelujakson aikana tutkitaan, löytyykö CheckMyLevel-laitteistosta saatavan datan ja suorituskyvyn, harjoitusvolyymien ja subjektiivisten mittareiden välillä yhteyttä.

2 Hermoston rakenne ja toiminta

Ihmiskehossa on monta erilaista elinjärjestelmää, jotka kukin vastaavat omista tehtävistään ja toiminnoistaan. Yksi näistä on hermolihaskärjestelmä, josta puhuttaessa viitataan hermoston, lihaksiston, jänteiden, luiden ja sidekudosten muodostamaan kokonaisuuteen. Sen tehtävänä on mahdollistaa kehon voimantuotto ja liikkuminen (Mero, Nummela, Keskinen & Häkkinen 2007, 37.). Järjestelmä on monimutkainen ja koostuu monesta pienestä osasta, joilla kaikilla on oma tehtävänsä liikkeen muodostamisessa. Tutkimuksen kannalta näistä osista tärkeimmät ovat lihaksisto sekä ääreis- ja keskushermosto.

2.1 Hermokudos

Hermokudos muodostuu gliakudoksesta ja hermosoluista. Sen rakenne ei ole samanlaista joka kohdassa, vaan sen sijainti ja toiminta määrittelevät hermokudoksen rakennetta. Hermostot eli neuronit välittävät viestejä kehossa sähköimpulssien muodossa. Gliat eli hermostokudoksen solut ympäröivät neuroneja ja toimivat hermoston tukikudoksena. Näillä gliasoluilla ei ole tiedonsiirtoon vaadittavia ominaisuuksia. Hermokudoksessa ei myöskään ole varsinaista soluväliainetta, mutta neuroglia-solut eristävät neuronit toisistaan, tukevat niiden rakennetta ja osallistuvat neuronien aineenvaihduntaan. Neuroglia-soluja on elimistössä noin 100 miljardia kappaletta, kaiken kaikkiaan kymmenkertainen määrä varsinaisiin neuroneihin verrattuna. (Kauranen & Nurkka 2010, 55.-56.). Neuroglia-solut voidaan jakaa viiteen lajiin, mutta niistä tämän tutkimuksen yhteydessä tärkeimmät ovat oligodendrosyytit ja Schwannin-solut. Oligodendrosyytit muodostavat myeliinituppea aksonin ympärille keskushermostossa. Schwannin-soluilla taas on vastaava tehtävä ääreishermostossa. Myeliinitupen tehtävä on eristää aksoni ympäröivästä aineksestä, jolloin hermoimpulssi kulkee nopeammin eteenpäin (Nienstedt, Hänninen, Arstila & Björkqvist 1999, 68.).

Neuronit ovat hermoimpulssien kuljettamiseen erikoistuneita soluja. Liikkeestä puhuttaessa puhutaan yleensä motoneuronista, joihin esimerkiksi kaikki luustolihasolut ovat yhteydessä. Ne muodostuvat runko-osasta eli soomasta, dendriiteistä eli tuojahaarakkeista sekä yhdestä aksonista eli viejähaarakkeesta. Aksoni voi haarautua useammaksi hermo päätteeksi, jolloin impulssi voidaan viedä useampaan kohteeseen kerralla. (Kauranen & Nurkka 2010, 57.). Neuronit muodostavat kehossa neuroniverkon, johon kaikki neuronit ovat yhteydessä. Ne yhdistyvät toisiinsa hermoliihtosten eli synapsien avulla. Synapsien avulla hermo saa tietoa muista hermo- ja lihassoluista ja ne ovat keskeisessä osassa hermoston toiminnassa. Aivojen kyky tiedonkäsittelyyn, oppimiseen ja liikkeen ohjaamiseen perustuu pitkäaikaisiin synapsimuutoksiin. Synapsissa kahden osapuolen muodostama

liitos välittää viestiä aina samaan suuntaan. Tämä viesti tunnetaan paremmin aktiopotentiaalina, joka on informaatiota välittävä sähköinen impulssi (Bjålie, Haug, Sand, Sjaastad & Toverud 1999, 61.).

2.2 Aktiopotentiaali

Aktiopotentiaaliksi kutsutaan hermostossa kulkevaa sähköistä impulssia joka välittää informaatiota. Dendriiteistä tuleva ärsyke saa tietyn voimakkuuden saavuttaessaan sooman synnyttämään hermoimpulssin, joka lähtee aksonia pitkin eteenpäin. Hermo- ja lihassoluilla on kyky saada aikaan tämä solukalvoa pitkin etenevä jännitemuutos. Kalvopotentiaali ja natrium-kalium-pumppu ovat ratkaisevassa asemassa aktiopotentiaalini etenemisessä. Lepopotentialissa solukalvon sisäpinnalla vallitsee heikko negatiivinen varaus, joka johtuu negatiivisesti varautuneiden kaliumionien (K^+) määrästä. Kalvon ulkopinnalla taas vallitsee heikko positiivinen varaus. Solukalvo on jännitteet toisistaan erottava kalvo, jossa on ionikanavia. Näiden ionikanavien kautta natrium-kalium-pumppu pumppaa ATP:sta saadun kemiallisen energian avulla natriumioneja (Na^+) pois solusta ja ottaa kaliumioneja solun sisään. (Bjålie ym. 1999, 48.).

Lepotilassa kalvolla on lepotentialiksi kutsuttu sähköinen varaus. Aktiopotentiaalini kullussa sähköinen impulssi saa solukalvon ionikanavat aukeamaan, jolloin positiivisia natriumioneja virtaa sisälle aksoniin. Tällöin aksonin negatiivinen jännite heikkenee eli depolarisoituu, mutta vain hetkeksi. Natrium-kanavat pysyvät auki vain hetken, jonka jälkeen ne sulkeutuvat. Depolarisaation aikana sisään virtaavat positiivisesti varautuneet ionit kulkevat myös aktiivisen alueen molemmille puolille, jolloin nekin depolarisoituvat. Tällöin viereinen alue toistaa saman reaktion ja impulssi etenee aksonia pitkin. Yhdensuuntainen impulssin etenemissuunta johtuu siitä, että impulssin edetessä natriumkanavat ovat avoinna vain hetken, jonka jälkeen ne siirtyvät refraktaarivaiheeseen, jonka aikana ei voi syntyä uutta aktiopotentiaalia (Bjålie ym. 1999, 60.). Myeliinitupettomassa aksonissa varautuneiden ionien vuotaminen solukalvon läpi saa impulssin etenemään hitaammin verrattuna myeliinitupelliseen, jossa myeliinituppien väliin jäävät Ranvierin kuroumat toimivat ainoina mahdollisina kanavina ionien liikkeelle kalvon läpi. Tämä saa aikaan impulssin niin sanotun hyppäämisen ja sitä kautta impulssin nopeamman etenemisen (Nienstedt ym. 1999, 69-71.).

Hermopäätteestä lihassoluun aktiopotentiaali siirtyy kemiallisen reaktion avulla. Aktiopotentiaalini saavuttaessa aksonin hermopäätteen se aktivoi depolarisaatiolla presynaptisen kalvon jänniteherkät kalsiumkanavat. Tällöin hermopäätteeseen virtaa synapsiraosta positiivisesti varautuneita kalsiumioneita (Ca^{2+}), jotka taas saavat aikaan hermopäätteessä

olevien, välittäjäaine asetyylikoliinia täynnä olevien rakkuloiden tyhjentymisen synapsira-koon. Tämä tapahtuma on todella lyhytaikainen, koska hermopäätteessä on lukuisia me-kanismeja, jotka säätelevät hermopäätteessä olevaa kalsiumpitoisuutta. Asetyylikoliini siir-tyy synapsiraosta vastaanottavan solun solukalvolle (reaktiivinen nimi postsynaptinen kalvo) jossa se aktivoi solukalvon ionikanavat. Tällöin postsynaptisen kalvon läpi virtaa natriumioneja, joka kynnysarvon ylittäessään käynnistää uuden aktiopotentiaalin. Ent-syympi asetyylikoliiniesteraasi pilkkoo asetyylikoliinia, jolloin reseptorihjatut ionikanavat sulkeutuvat. Motoneuronin toiminta riippuu viimekädessä monien tuojahaarakkeiden yh-distetystä sanomasta. Mikäli kiihottavien eli eksitatoivien ja hillitsevien eli inhiboivien ak-tiopotentiaalien summa ei ylitä vaadittua kynnysarvoa motoneuronin soomassa, ei uutta aktiopotentiaalia synny eivätkä täten motoneuronin hermottamat lihasyyt supistu.

2.3 Keskushermosto

Keskus- eli sentraalinen hermosto koostuu kahdesta osasta: aivoista ja selkäytimestä (Purves ym. 2012, 13.). Aivot mielletään ihmisen toiminnan keskuksiksi ja syystäkin. Aivoissa on sekä somaattisen eli tahdonalaisen hermoston että autonomisen hermoston toiminnoista vastaavia alueita (Nienstedt ym. 1999, 518.). Tutkimuksen kannalta olennaisimmat osat - eli liikkumista säätelevät osat - sijaitsevat sekä aivoissa että selkäyti-messä. Motoneuroneiden runko- eli soomaosa sijaitsee joko aivojen tai selkäytimen har-maassa aineessa (Ahonen & Sandström. 2011, 16.).

2.4 Ääreishermosto

Ääreishermosto voidaan jakaa toiminnallisesti kolmeen osaan; sensoriseen, somaattiseen ja autonomiseen. Näillä jokaisella osalla on oma tehtävänsä kehon toimintojen ylläpi-dossa. Sensorisen hermoston tehtävä on välittää aistiärsyksiä keskushermostoon her-moratoja pitkin. Somaattinen eli tahdonalainen hermosto taas säätelee tutkimuksen kan-nalta olennaisinta osaa eli lihasten toimintaa. Autonominen hermosto ylläpitää elintoimin-toja ja toimii tiedostamatta. Muun muassa kehon rauhaset sekä hengitys- ja verenkiertoeli-mistö toimivat autonomisen hermoston alaisuudessa. Autonominen hermosto voidaan vielä jakaa sympaattiseen ja parasympaattiseen hermostoon, joista ensimmäinen toimii hidastavana ja jälkimmäinen kiihdyttävänä järjestelmänä. Nienstedtin ym. (1999, 541-542) mukaan tyyppiesimerkki sympaattisen hermoston aktivoitumisesta on äkillinen kriisiti-lanne. Tällöin hengitystiet avartuvat, verisuonet supistuvat (verenpaine nousee) sekä sy-dämen ja liikkumiseen tarvittavien luustolihasen verisuonet laajenevat. Lisäksi sydämen lyöntitiheys ja iskutilavuus kasvavat. Kaikki edellä mainitut reaktiot edesauttavat maks-i-maalisen fyysisen suorituksen suorittamiseen. Parasympaattisen hermoston rooli taas on päinvastainen, esimerkiksi nukkuessa tai nukkumaan käydessä.

2.5 Motorinen yksikkö ja lihassolutyypit

Motorinen yksikkö on pienin hermolihasjärjestelmän yksikkö. Se sisältää alfamotoneuronin ja sen hermottamat lihassolut. Alfamotoneuroni (dendriitit, sooma ja aksoni) lähtee Kauranen & Nurkan (2010, 129) mukaan joko selkäytimen etusarvesta tai aivorungosta. Yksi motorinen yksikkö voi haaroittuvan aksonin välityksellä hermottaa 5-2000 lihassolua. Mitä karkeampi suurta voimantuottoa vaativa suoritus on kyseessä, sitä enemmän lihassoluja kuuluu yhteen motoriseen yksikköön. Esimerkiksi kaksoiskantalihaksessa on 1900 lihassolua motorista yksikköä kohti (Bjälje ym. 1999, 42.) kun taas ulommassa suorassa silmälihaksessa on vain viidestä kuuteen lihassolua yhtä alfamotoneuronia kohti (Kauranen & Nurkka 2010, 130.). Motorisessa yksikössä olevien lihassolujen lukumäärästä riippumatta kaikki motoriset yksiköt toimivat samalla periaatteella, eli joko kaikki yksikössä olevat lihassolut supistuvat tai yksikään ei supistu.

Motoriset yksiköt voidaan Meron ym. (2007, 42.) mukaan jakaa voimantuotollisesti kolmeen eri tyyppiin, kuten esitetty taulukossa 1 (Mukaeltu Mero ym. 2007, 42.):

Taulukko 1: Motoristen yksiköiden jaottelu ominaisuuksien mukaan

Motorisen yksikön tyyppi	Voimantuotto-kapasiteetti	Supistuksen nopeus	Väsymyksen sietokyky	Lihassolujen tyyppi yksikössä
Nopea, väsyvä (IIB)	korkea	nopea	matala	Nopea glykolyttinen
Nopea, kestää väsymystä (IIA)	kohtalainen	nopea	korkea	Nopea oksidatiivis-glykolyttinen
Hidas (I)	matala	hidas	korkea	Hidas oksidatiivinen

Yksi motorinen yksikkö on yhteydessä ainoastaan yhden tyyppisiin lihassoluihin. Lihaksessa voi kuitenkin olla sekä nopeita että hitaita lihassoluja. Karkeasti jaoteltuna lihassolujen tyypit jaetaan hitaisiin ja nopeisiin (Hidas = I-tyyppi ja nopea = II-tyyppi), mutta Meron ym. (2007, 43.) mukaan nopeat lihassolut voidaan lisäksi jakaa kolmeen alaluokkaan: IIA, IIX ja IIC. Vaikka ne ovat kaikki supistumisnopeudeltaan nopeita, on niiden aineenvaihdunnallisissa tekijöissä eroavaisuuksia. C-tyypin ollessa lapsilla havaittava kehitysmuoto, voidaan se jättää pois tämän tutkimuksen osalta. Taulukossa 2 (mukaeltu Baechle & Earle 2008, 10.) on esitetty eri lihassolutyyppien ominaisuuseroja.

Taulukko 2. Lihassolutyypien ominaisuudet (mukaeltu Baechle & Earle 2008, 10.)

	Lihassolutyypit		
Ominaisuus	Tyyppi I	Tyyppi Ila	Tyyppi IIX
Motoneuronin koko	pieni	suuri	suuri
Hermon syttymisnopeus	hidas	nopea	nopea
Supistusnopeus	hidas	nopea	nopea
Rentoutumisaika	hidas	nopea	nopea
Väsymyksen sieto	korkea	kohtalainen/matala	matala
Voimantuotto	matala	kohtalainen	korkea
Tehon tuotto	matala	Kohtalainen/korkea	korkea

2.6 Lihaksisto

Meron ym. (2007, 51.) mukaan ihmisellä on yli 660 luurankolihasta. Nämä kaikki osallistuvat osaltaan liikkumisen ja liikkeen voimantuottoon. Lisäksi ne ylläpitävät vartalon asentoa, säätelevät ruumiin aukkojen toimintaa ja kehon lämpötilaa, tuottavat ja säätelevät veren virtausta, tukevat sisäelimiä sekä mahdollistavat ruoansulatuskanavan peristaltiikan (Leppäluoto ym. 2013, 93.). Kolme ihmiskehosta löytyvää, rakenteeltaan ja toiminnaltaan erilaista lihastyyppeä ovat luustolihas, sileä lihas ja sydänlihas. Tutkimuksen kannalta niistä tärkein on kuitenkin luustolihas.

Luuranko- tai luustolihakset muodostuvat poikkijuovaisesta lihaskudoksesta ja niiden päätehtävänä on suorittaa hermojärjestelmän käskemä lihassupistus ja täten aikaansaada liikettä. Termi luustolihas antaa ymmärtää, että luustolihakset ovat yhteydessä luustoon. On totta että ne toimivat läheisessä yhteistyössä, mutta luustolihakset eivät kiinnity suoraan luihin. Kaurasen & Nurkan (2010, 113.) mukaan luun ja lihaksen välissä on aina joko jänne tai kalvojänne. Jänneet muodostuvat pääasiassa kollageenista ja niiden tehtävänä on antaa lihaksen ja jänneiden yhdistelmälle elastisia ominaisuuksia ja välittää lihaksen tuottama voima luihin.

2.6.1 Luurankolihasrakenteen rakenne

Bjälén ym. (1999, 189.) mukaan lihaksessa on hermoja, lihassoluja, sidekudosta ja verisuonia. Lihaksesta puhuttaessa puhutaankin monien lihassolujen eli lihassyiden kokonaisuudesta. Lihassyitä ympäröi sidekudoskalvo. Kun lihassyitä on useampia, niistä muodostuu lihassykimppu, jota ympäröivä sidekudoskalvo on hieman paksumpi kuin yksittäistä lihassyitä ympäröivä kalvo. Lihas taas koostuu monista lihassykimpuista ja sitä ympäröivää paksua peitinkalvoa kutsutaan faskiaksi (Bjälén ym. 1999, 189.). Edellä mainittujen sidekalvojen kollageeni yhdistyy jänteen ja luuston kollageenikudoksiin. Tämä yhteys mahdollistaa lihastyön tuottaman voiman muuttamisen liikkeeksi.

Koska lihaksen energia-aineenvaihdunta on lihastyön aikana vilkasta, vaatii se myös tehokasta verenkiertoa. Sidekudoskalvoissa kulkeekin hiusverisuonia, muodostaen hiussuoniverkoston jokaisen lihassyyn ympärille. Myös hermot kulkevat samassa sidekudoksessa, sekä tuoden käskyjä lihassoluihin että vieden viestejä lihaksista keskushermostoon. Lihassyit ovat lihaksessa samansuuntaisesti voimantuotto-ominaisuuksien vaatimusten vuoksi, mutta yksittäinen lihassy ei Ahosen & Sandströmin (2011, 95.) mukaan ole koskaan yhtä pitkä kuin koko lihas.

Yksittäinen lihassolu muodostuu Leppäluodon ym. (2013, 95.) mukaan myofibrilleistä, jotka ovat muodoltaan lieriömäisiä. Myofibrilleissa on pääsääntöisesti kahdenlaisia valkuaisaineista muodostuneita myofilamentteja: aktiinifilamentteja ja myosiinifilamentteja. Nämä filamenttityypit ovat säännöllisesti järjestäytyneinä lihassolussa siten, että ne muodostavat säännöllisesti toistuvan kaavan. Yhtä säännöllistä perusyksikköä kutsutaan sarkomeeriksi. Lihassyyn sarkomeerit ovat aina keskenään samassa linjassa, joka saa lihaksen näyttämään poikkijuovaiselta. Sarkomeerien välissä on valkuaisaineverkko, johon molempien sarkomeerien aktiinifilamenttiryhmän pää kiinnittyy. Sarkomeeri loppuu siis molemmissa päissä Z-levyyn. Z-levyn molemmin puolin on alue, johon myosiinifilamentti ei yllä. Tätä aluetta kutsutaan I-alueeksi. Sarkomeerin myosiinifilamenttien päiden välistä aluetta vastaavasti kutsutaan A-alueeksi. A-alueen myosiinifilamenttien keskellä näkyvä valkuaisainekalvo sitoo myosiinifilamenttien päät toisiinsa. (Bjälén ym. 1999, 190-191.)

Aktiopotentiaalikulun kannalta tärkeässä roolissa on myofibrillien välissä ja ympärillä kulkeva sarkoplasmakalvosto, joka tunnetaan myös solulimakalvostona. Lisäksi solukalvossa kulkee poikittaisia, haaroittuneita T-putkia Z-levyjen molemmilla puolilla. Niiden tehtävänä on Leppäluodon ym. (2013, 96.) mukaan kuljettaa aktiopotentiaalia syvemmälle sisempiin myofibrilleihin lihassolun pinnalta, jolloin saadaan aikaan lihassupistus.

2.6.2 Lihaksen toiminta

Lihassupistuksen tapahtuessa yksittäinen filamentti ei lyhene. Sen sijaan myosiini- ja aktiinifilamenttien liukuessa syvemmälle toistensa lomaan sarkomeeri lyhenee (Bjålie ym. 1999, 191.). Tämä liukumismekanismi perustuu myosiinifilamenttien kykyyn kiinnittyä aktiinifilamentteihin pienten väkästen avulla. Kun lihassyyn aktiopotentiaali saapuu solukalvolle ja T-putkiin, vapautuu sarkoplasmakalvostosta kalsiumioneita (Ca^{2+}). Myosiinifilamenttien väkäset kiinnittyvät kalsiumionin vaikutuksesta aktiinifilamentissa olevaan troponiiniin ja taipuvat kohti sarkomeerin keskiötä. Tällöin myosiinifilamentit vetävät sarkomeerin molempien päiden aktiinifilamenteja kohti keskiötä lomittain myosiinifilamenttien kanssa. Kun ATP-molekyylit sitoutuu myosiiniväkäseen, sidos aukeaa. ATP:n pilkkoutuessa ADP:ksi väkänen suoristuu. ATP:n pilkkoutuessa myosiinifilamentti kiinnittyy uudelleen aktiinifilamenttiin ja tuotoksena syntyy ADP-molekyylit ja fosfaatti-ioni. Sama tapahtumaketju tapahtuu uudestaan niin kauan kuin lihassolun kalsiumpitoisuus on riittävän suuri. Kalsium-pitoisuus laskee sarkoplasmakalvostolla olevien kalsiumpumppujen vaikutuksesta. Ne saavat toimintaansa vaadittavan energian pilkkomalla ATP:tä. Kun kalsiumpitoisuus laskee riittävän alas takaisin lähtötasolle, lihas veltostuu. (Bjålie ym. 1999, 193.).

3 Refleksikaari

Refleksikaari on ketjureaktio, joka alkaa aistiärsytyksestä ja päättyy ärsykkeen aiheuttamaan reaktioon kehossa. Se on tahdosta ja oppimisesta riippumaton automaattinen reaktio jonka motorinen säätelymekanismi tuottaa. Esimerkkinä terveydenhuollossa käytetty refleksitesti, jossa patellajänteeseen isketään kovalla esineellä. Tällöin reseptorina toimiva lihassukkula aistii jänteen venymisen vaikutuksesta myös lihassolujen äkkinäisen venymisen. Tämän vaikutuksesta lihassukkulasta lähtee sensorinen impulssi tuovaa eli afferenttia hermoa pitkin selkäyttimeen. Keskushermostoon kuuluvassa selkäytimessä tapahtuu hermoimpulssin siirtyminen synapsin välityksellä sensorisesta hermosta motoriseen hermoon, joka aiheuttaa vasteen lihaksessa. Impulssi matkaa takaisin samaan lihakseen, josta se sai alkunsa ja saa aikaan lihasnykäyksen. (Kauranen & Nurkka 2010, 102.)

Refleksin aiheuttaman reaktion nopeus on nopeampi kuin tietoinen reaktio ärsykkeeseen. Tämä johtuu siitä, että refleksikaarella aktiopotentiaali ei kulje aivoihin saakka ennen vasteen tapahtumista, vaan vasteen saa aikaan selkäydin. Kun aktiopotentiaali saavuttaa aivot, on refleksin aiheuttama vaste – tässä tapauksessa liike – jo käynnissä tai nopeimmilla tapauksissa jopa valmis. Kaikissa tapauksissa osallistuvien osien ketju ei kuiten-

kaan ole sama. Yksinkertaiset reaktiot tapahtuvat selkäytimestä, mutta monimutkaiset reaktiot kulkevat ensin aivojen kautta. Reaktioaikaa voidaan mitata ja sen avulla tarkkailla refleksitoimintojen eli hermoston tilaa. (Wilmore, Costill & Kenney 2008, 94.)

4 Voimaharjoittelun vaikutukset hermolihasjärjestelmän toimintaan

Voimaharjoittelu on urheilussa paljon käytetty oheisharjoittelumuoto, joka tähtää nimensä mukaisesti erilaisten voimaominaisuuksien tarkoituksenmukaiseen kasvattamiseen. Nykypäivänä tehdään paljon voimaharjoittelua koskevaa tutkimusta ihmisen suorituskyvyn kehittämiseksi ja kehon toiminnan paremmin ymmärtämiseksi. Meron ym. (2007, 251.) mukaan voimaominaisuuksien parantaminen on nostanut yleistä tulostasoa miltei kaikissa lajeissa viimeisen 20 vuoden aikana. Voimaharjoittelussa on kuitenkin syytä muistaa, ettei mikä tahansa voimaharjoittelun monista muodoista välttämättä vaikuta positiivisesti lajisuoritukseen jos nämä kaksi eivät ominaisuuksiltaan ja liikeradoiltaan kohtaa. Tästä syystä voimaharjoittelussa on tärkeää ottaa huomioon tarkoituksenmukaisuus ja lajinomaisuus lajisuoritukseen nähden. Ennen voimaharjoittelun alkua kannattaa pohtia, millaisia voimantuotto-ominaisuuksia lajissa tarvitaan ja voidaanko niitä harjoittaa mahdollisimman lähellä lajisuorituksen liikeratoja. Tätä varten kannattaa tehdä syvälinen lajiansalyysi, jossa pohditaan lajin vaatimuksia ja tutkitaan lajin huippu-urheilijoiden ominaisuuksia. On myös hyödyllistä perehtyä lajin ammattilaisten ja huippu-urheilijoiden käyttämiin harjoitusmetodeihin, joskaan lähdekriittisyyttä ei pidä unohtaa.

Voimaharjoittelussa käytetään kolmea erilaista lihastyömallia tai näiden yhdistelmiä. Nämä lihastyön muodot ovat konsentrisen-, eksentrisen- ja isometrisen lihastyö (Häkkinen 1990, 22; McGinnis 2005, 105.). Konsentrisessä lihastyössä lihas supistuu eli lihasyyt lyhenevät. Eksentrisessä vaiheessa lihas pitenee ja tekee jarruttavaa lihastyötä. Tällaisessa lihastyömuodossa lihaksen rooli on yleensä hidastaa ja hallita liikettä. Isometrisessä työssä lihaksen pituus taas ei muutu ja kuorma pysyy paikallaan. Häkkisen (1990, 22.) mukaan esimerkkinä voidaan käyttää hauiskääntöä, jossa hauislihas biceps brachii tekee painoa nostettaessa konsentristä työtä, laskettaessa eksentristä työtä ja painon pysyessä paikallaan työ on isometristä.

4.1 Voimantuotto

Lihaksen voimantuotto-ominaisuudet riippuvat monesta tekijästä. Näihin tekijöihin kuuluvat lihaksen poikkipinta-ala, lihassolutyyppi ja lihaksen pituus suhteessa lepopituuteen. Lihassolun poikkipinta-alan kasvaessa harjoituksen myötä myös sen kyky tuottaa suuria voimatasoja kasvaa. Tämä johtuu lihassyyn myofibrillien lisääntyneestä aktiini- ja myosiinifilamenttien määrästä sekä lisääntyneestä myofibrillien määrästä. Uudet filamentit lisätään fibrillin reunalle, mikä vastaavasti johtaa lihaksen poikittaispinta-alan kasvuun. (Baechle & Earle 2008, 100.) Kasvanut poikittaispinta-ala vaikuttaa voimantuotto-ominaisuuksiin lihassyyn supistuvien filamenttien määrän kasvulla – mitä enemmän supistuvia filamentteja, sitä enemmän tuotettua voimaa.

Lihassolutyyppi vaikuttaa voimantuottoon motorisen yksikön toiminnan kautta. Taulukossa 2 (s. 6.) on lueteltu eri lihassolutyyppien voimantuotto-ominaisuuksia. Hitaat lihassolut eivät kykene tuottamaan suuria voimatasoja kesto-ominaisuuksiensa vuoksi. Vastaavasti nopeat lihassolut tuottavat suuria voimatasoja, mutta eivät kykene ylläpitämään niitä pitkään. Tämä perustuu lihassolutyyppien energiantuottotapoihin. Oksidatiivisia energiantuottomenetelmiä käyttävät lihassolut ovat järjestään hitaampia voimatuotossa johtuen energiantuottomenetelmän hitaudesta suhteessa glykolyttisiin energiantuottotapoihin, joita nopeat lihassolut käyttävät. Lihassolujen määrän lisääminen ei Bjälén ym. (1999, 199.) mukaan ole mahdollista, mutta solujen ominaisuuksia (nopeat vs. hitaat solut) voidaan muokata harjoittelulla. Esimerkiksi pikajuoksijasta voidaan systemaattisella harjoittelulla muokata keskimatkojen tai pitkän matkan juoksija. Kaikki voimaharjoittelu perustuu motoristen yksiköiden (hermo ja sen hermottamat lihassolut) voimantuotto-ominaisuuksien muokkamiseen.

4.2 Voiman lajit

Erilaisissa lajeissa tarvitaan hyvin laaja-alaisesti vaihtelevia voimaominaisuuksia. Lihassoima voidaan Meron ym. (2007, 251.) jaottelun mukaan jakaa neljään luokkaan ominaisuuksien ja tarkoituksen mukaan. Nämä luokat ovat kesto-, maksimi-, nopeus- ja plyometrinen voima.

Kestovoimaa vaaditaan kaikissa pitkäkestoisissa suorituksissa. Myös asennon ylläpitäminen lasketaan kestovoimaksi. Kestovoimaharjoittelussa suoritus kestää yleensä pitkään ja sisältää useita toistoja konsentrista tai isometristä lihastyötä. Kestovoimaa tuottaessa voimatasot eivät nouse lihassolun ja hermotuksen voimantuotollisista ominaisuuksista johtuen kovin suuriksi. Esimerkkinä kestovoimasta pitkän matkan juoksu, jossa erityisesti jalakojen lihakset joutuvat toistuvasti pitkän ajanjakson ajan tuottamaan voimaa.

Maksimivoima on nimensä mukaisesti yhdellä suorituksella tuotettu maksimaalinen voimataso. Maksimivoiman mittauksessa käytettyjä keinoja ovat yhden toiston maksimi (1RM) ja isometrisesti tehdyllä maksimaalisella supistuksella liikkumatonta objektiä kohtaan (Mero ym. 2007, 251.)

Nopeusvoimaa tuotetaan usein toistuvasti lajisuurituksissa, mutta se voi myös olla kertaluontoinen suoritus. Nopeusvoimassa voimaa pyritään tuottamaan mahdollisimman nopeasti ja se vaatii Meron ym. (2007, 258.) mukaan suorittajaltaan maksimaalista yritystä. Jotta nopeusvoimasuoritus saataisiin toteutettua mahdollisimman nopeasti, käytetään siinä elimistön välittömiä energianlähteitä, ATP:a ja KP:a.

4.3 Voimaominaisuuksien kehittäminen

Voiman kehittäminen lajisuurituksen parantamiseksi on voimaharjoittelun perimmäinen tarkoitus urheilussa. Eri voiman lajien kehittämiseen vaikuttavat erilaiset tekijät, kuten lihastyön kesto, kuorman määrä, palautusaika ja harjoituksen volyyymi (kokonaiskuorma). Voimaohjelman sisältö riippuu pitkälti lajin vaatimuksista, mutta ennen kaikkea kohteesta eli urheilijasta. Urheilijan harjoitustausta, tarpeet ja heikkoudet määrittelevät paljon tulevan voimaharjoittelun sisällöstä (Baechle & Earle 2008, 382.).

4.3.1 Perusteet

Voiman kehittyminen perustuu ylikuormitusperiaatteeseen. Tässä yhteydessä ylikuormitus tarkoittaa kuormaa, joka ylittää voimantuottojärjestelmän päivittäiset vaatimukset. Tämä saa aikaan järjestelmän adaptaation eli sopeutumisen vallitseviin olosuhteisiin. (Cardinale, Newton & Nosaka 2011, 348.) Ylikuormitusperiaate voidaan pilkkoa osatekijöihin, joita ovat muun muassa aiemmin mainitut volyyymi, lihastyön kesto ja intensiteetti.

Volyyymista puhuttaessa puhutaan harjoituksen kokonaiskuormasta (sarjat x toistot x yhdessä toistossa käytetyn kuorman massa). Tällöin saadaan kuva yksittäisen harjoituskeran kokonaismassasta jota on liikuteltu. Lihastyön kestoa kuvailtaessa käytetään yleensä käytettyjen sarjojen toistomäärää. Eri voimantuotto-ominaisuuksien harjoittamisessa käytetään erilaisia toistomääriä (Mero ym. 2007, 263.). Intensiteetti tarkoittaa käytettävän kuorman suhdetta yhden toiston maksimikuormaan jonka urheilija kykenee suorittamaan. Tätä suhdetta kuvattaessa käytetään yleisesti %1RM-lukemaa (percentage of one repetition maximum, Cardinale ym. 2011, 348.).

4.3.2 Tulosten todentaminen ja testaaminen

Tavoitteelliseen voimaharjoitteluun kuuluu olennaisessa osassa seuranta. Maksimivoiman kehittymisen mittauksessa yleisesti käytetty metodi on yhden toiston maksimi (1RM) jossa testataan suurin kuorma jolla testattava urheilija kykenee liikkeen suorittamaan. Säännöllisin aikavälein suoritettu mittaus kertoo mittauskertojen välissä tapahtuneen kehityksen tai voimatasojen vähenemisen. Jotta harjoitusvaikutuksesta saadaan mahdollisimman todentamukainen kuva, on testattavan liikkeen oltava mahdollisimman lähellä harjoiteltua liikettä, jonka taas on oltava mahdollisimman tarkoituksenmukainen lopullista tarkoitusta eli urheilulajia kohtaan. Voimatestauksella voi olla monta tarkoitusta, kuten suorituskyvyn seuranta, tulevien urheiluvoimien tason ennustaminen tai harjoitusohjelman suunnittelu. (Miller 2012, 2. & 158.)

4.4 Fysiologiset muutokset

Voimaominaisuuksien kehitys perustuu kehon superkompensaatiokykyyn (Stone, Stone & Sanders 2007, 262.). Superkompensaatioissa kehon suorituskyky laskee harjoituksen vaikutuksesta hetkellisesti lähtötason alapuolelle. Tätä seuraa superkompensaatiovaihe, jossa elimistön suorituskyky nousee palautumisen aikana ja adaptaation seurauksena lähtötasoa korkeammalle. (Häkkinen 1990, 54.) Tällöin elimistön voiman- ja energiantuottoon osallistuvat järjestelmät adaptoituvat vaadittuun aktiiviteettiin ja nostavat valmiuttaan suoriutua.

4.4.1 Lihaksiston muutokset

Maksimivoimaharjoituksessa lihakselta vaaditaan maksimaalista suorituskykyä, mihin lihas superkompensaatiovaiheessa reagoi kasvattamalla lihassolun poikkipinta-alaa. Tällöin kyseessä on hypertrofinen vaikutus lihakseen. Maksimaalisessa lihastyössä sekä tyyppi I että II lihassolut aktivoituvat maksimaalisen lihastyön vaikutuksesta, jolloin molemmat altistuvat potentiaaliselle poikkipinta-alan kasvulle (Beachle & Earle 2008, 101.) Kasvaneen lihasmassan myötä myös lihaksen maksimaalinen voimantuottokapasiteetti kasvaa, jolloin puhutaan harjoitusvasteen saavuttamisesta.

4.4.2 Hermostolliset muutokset

Beachlen & Earlen (2008, 97.) mukaan valtaosa voimaharjoittelun tuloksellisesta kehityksestä etenkin harjoittelun alkuvaiheessa johtuu hermostollisesta adaptaatiosta. Tämä adaptaatio johtuu muutoksista motoristen yksiköiden aktivaatiosta. Harjoittelun vaikutuksesta määrällisesti enemmän motorisia yksiköitä aktivoidaan. Stone ym (2007, 213.) to-

teavat motoristen yksiköiden aktivaation perustuvan kokoon. Heidän mukaansa lihaksessa olevat pienemmät I-tyyppin yksiköt aktivoituvat ensin syttymisherkkyytensä vuoksi. Vasta tämän jälkeen isommat II-tyyppin yksiköt aktivoituvat, jolloin saadaan myös tuotettua suurempia voimatasoja. Harjoittelun vaikutuksesta erot näiden yksikkötyyppien aktivoitumisherkkyyden välillä pienenevät, jolloin niiden aktivoituminen ja sitä kautta lihassupistus muuttuvat samanaikaisemmiksi, jolloin lihassolujen sykäyksien samanaikaisuus summautuu ja saadaan tuotettua enemmän voimaa.

4.4.3 Lihaksen palautuminen

Voimaharjoituksessa lihas supistuu nopeasti, mutta palautuminen lepopituuteen kestää pidempään kuin supistuminen. Lisäksi lihas käyttää supistuessaan lihakseen varastoitunutta energiaa supistuksen aikaansaamiseksi. Nämä varastot tyhjenevät harjoituksen aikana ja palautuvat palautusvaiheessa. Tällöin myös lihassolun lukuisten tumien seassa olevat reserviproteiinit muodostavat uusia myofibrillejä ja täten edesauttavat lihaksistollista adaptaatiota hypertrofian muodossa. Lihaksen voidaan katsoa palautuneen rasituksesta täysin kun se on saavuttanut lepopituutensa uudelleen, koska lepopituudessa lihas kykenee tuottamaan uudelleen suurimman mahdollisen voimatason. (Stone 2007, 214.)

4.4.4 Hermoston palautuminen

Hermoston väsyminen voidaan jakaa kahteen osaan, sentraaliseen ja perifeeriseen (Mero ym. 2007, 63.). Sentraalinen väsymys tarkoittaa keskushermoston väsymystä ja perifeerinen väsymys ääreishermoston mekanismien väsymistä. Meron mukaan yleisimmin voimantuotto-ominaisuuksien heikkeneminen johtuu nimenomaan perifeeristen toimintojen väsymisestä, sillä sentraalinen järjestelmä pystyy paremmin sopeutumaan muutoksiin joita väsymys saa kehossa aikaan. Yleisimmin väsyminen johtuu energiavarastojen ehtymisestä, jolloin aktiopotentiaali ei kulje hermostossa ainakaan yhtä tehokkaasti. Tällöin hermoimpulssi ei kulje lihassoluun, jolloin lihassupistusta ei tapahdu tai se tapahtuu alle maksimikapasiteetin.

5 Hermoston valmiuden ja palautuneisuuden mittaaminen

Erilaisilla seurantatyökaluilla voidaan optimoida harjoittelun määrää ja intensiteettiä. Sopivan harjoituskuormituksen löytämisellä ja seurannalla voidaan välttää ylipärasitustilaa, joka voi johtaa ylikuntoon. Yleisimmin käytetty metodi on sykkeen tarkkailu sekä levossa että rasituksessa. Sykkeen ollessa normaalia korkeampi levossa tai submaksimaalisessa rasituksessa voidaan epäillä alkavaa tai jo olemassa olevaa ylipärasitustilaa. Myös sykevälivaihtelua tarkastelemalla voidaan selvittää ylikuormitustilan laatua ja tilaa. (Urhausen & Kindermann 2002, 96.)

Hermoston aktiivisuutta on myös mitattu suorituksen aikana EMG:llä, jolla mitataan aktiopotentiaalia lihaksen pinnalta käsin (Häkkinen 1990, 27.). Hermoston aktiivisuuden laskusuuntaisuutta suuresta harjoitusmäärästä huolimatta voidaan pitää merkinä ylipärasitustilasta. Kuormitustilan tarkkailemiseen on olemassa myös laboratorioissa suoritettavia testejä, kuten hormonaalisen toiminnan tarkkailua verinäytteiden avulla (Kreher & Schwartz 2012, 134–136.), mutta niiden toteutusmahdollisuudet käytännön valmennuksessa ovat vähäiset tarkkojen olosuhdevaatimusten vuoksi.

5.1 Checkmylevel

Checkmylevel-laitteisto perustuu suomalaisen Juno medical-yhtiön kehittämään FAM-periaatteeseen (Frequency analysis method). Toisin kuin tähän mennessä, se ei vaadi laboratorio-olosuhteita vaan toimii päivittäisessä käytössä. Sen toiminta perustuu refleksikaareen ja lihasheijasteeseen. Lihashermoon johdetaan sähköimpulssi ja lasketaan viiveen ja käytetyn impulssivoimakkuuden avulla hermoston valmius suhteessa aiemmin kerättyyn yksilölliseen Baseline-pohjadataan. Baseline-mittauksia tehdään 8 päivän ajan ennen varsinaisen datan saamista. Tämän pohjadatavaiheen jälkeen mittauksia jatketaan samalla tavalla päivittäin ja saatuja tuloksia verrataan Baseline-vaiheen tuloksiin. Tämän vertausprosessin perusteella käyttäjä saa numeerisen valmiuslukeman sekä sanallisen tulkinnan päivän mittauksesta. Jotta laitteen antamat lukemat olisivat mahdollisimman tarkkoja, on pohjadatajärjestelmä dynaaminen, eli kaikki mittaukset liitetään pohjadataan. Mittauksen vakioimisen vuoksi on ohjeistettua suorittaa mittaus aamulla heräämisen jälkeen, jotta mitaustulokset ovat paremmin validoitavissa vakioinnin kautta. Checkmylevel-laitteistoon kuuluu mittalaite, iholle asetettava elektrodiliuska, älypuhelinsovellus sekä Checkmylevelin pilvipalvelin. (Checkmylevel 2015).

6 Tutkimuksen tavoite ja tutkimusongelmat

Tutkimuksessa tarkasteltiin CheckMyLevel-mittausjärjestelmän toimivuutta arvioitaessa hermolihasjärjestelmän kuormittuneisuutta asteittain kovenevan voimaharjoittelujakson yhteydessä. Tarkoituksena oli selvittää muuttuvatko CheckMyLevel-järjestelmän antamat harjoitusvalmiutta kuvaavat indeksit, kun voimaharjoittelun volyymia nostetaan vaativalle ja ylivaativalle tasolle. Lisäksi pyrittiin selvittämään ovatko CheckMyLevel-indeksit yhteydessä subjektiivisiin kuormittuneisuustuntemuksiin.

Tutkimusongelmat olivat:

- 1) Miten suorituskyky muuttui volyymiltaan asteittain lisääntyvän voimaharjoittelujakson aikana?
- 2) Miten subjektiivinen kuormittuneisuus (koehenkilöiden kokemukset) muuttui?
- 3) Miten CheckMyLevel-mittausindeksit muuttuivat?
- 4) Olivatko CheckMyLevel-indeksit yhteydessä harjoitteluvolyymiin, suorituskykyyn ja subjektiivisiin kuormittuneisuusmuutoksiin?

7 Menetelmät

7.1 Koehenkilöt

Tutkimukseen osallistui 10 tervettä miespuolista henkilöä jotka olivat iältään 20-27 vuotiaita (mediaani 22, ka. 22,5). Koehenkilöille asetettiin seuraavanlaiset vaatimukset:

- 1) Aiempaa kokemusta voimaharjoittelusta
- 2) Ei alkoholia tutkimuksen aikana
- 3) Ei akuutteja tuki- ja liikuntaelinvammoja
- 4) Ei akuuttia sairautta

7.2 Tutkimusasetelma

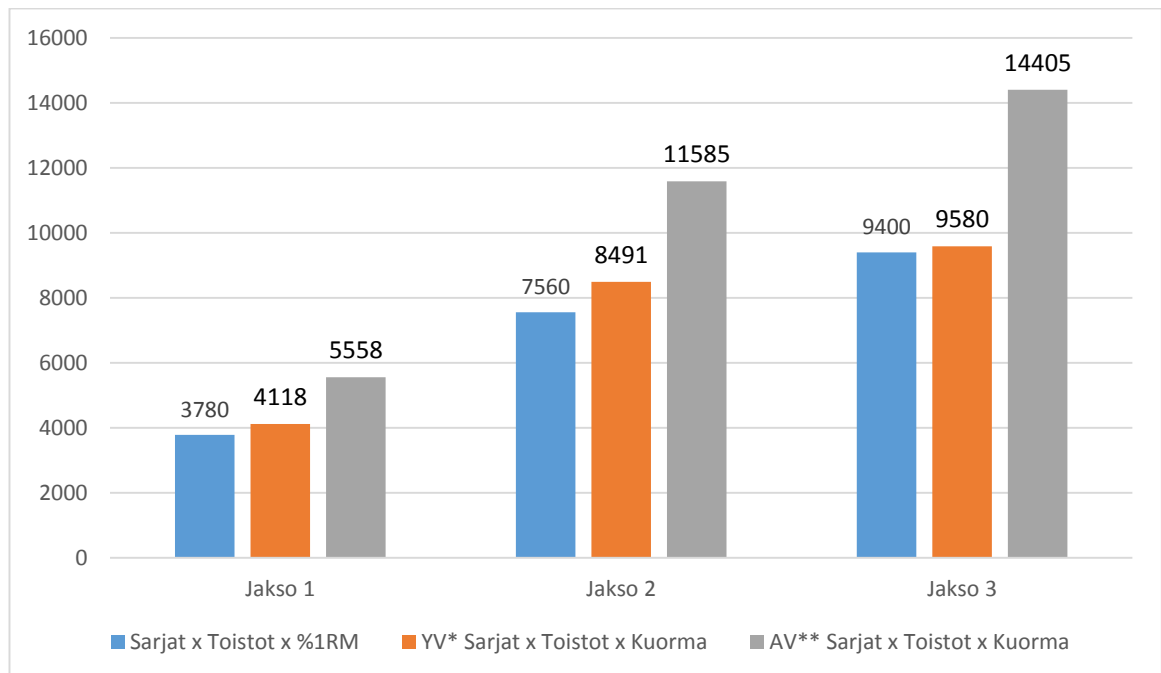
Tutkimuksen kesto oli 5 viikkoa. Sen aikana koehenkilöille tehtiin 8 päivää kestäneet Baseline-pohjadamittaukset jonka jälkeen aloitettiin harjoitusohjelman aktiivivaihe. Aktiivivaiheen aikana koehenkilöt eivät harjoitusohjelman ulkopuolella harjoitelleet. Koehenkilöiden maksimivoimatasot mitattiin kolme kertaa taulukossa 3 ilmoitetun ohjelman mukaisesti. Testausviikko alkoi aina maksimivoimamittauksilla ja jatkui yhden lepopäivän jälkeen ohjelman mukaisilla harjoituksilla.

Taulukko 3. Mittausjakson viikkosisältö

Viikko 1	Baseline-mittaukset
Viikko 2	Lähtötestit + jakso 1 aloitus
Viikko 3	Jakso 1
Viikko 4	Puolivälitestit + Jakso 2 aloitus
Viikko 5	Jakso 2 + Jakso 3
Viikko 6	Lopputestit

Baseline-mittauksien aikana kohderyhmä ei osallistunut raskaisiin fyysisiin aktiviteetteihin laitteen valmistajan ohjeistuksen mukaan. Urheilijan kevyttä viikkoa simuloivasti kevyet ja palauttavat harjoitukset sallittiin kohderyhmäläisiltä. Baseline-mittauksien jälkeen suoritettiin maksimivoimatestit, joiden pohjalta määritettiin kunkin jakson voimaharjoituksissa käytettävät työkuormat.

Baseline-viikon jälkeen tutkimusjakso jaettiin kahteen osaan, joista ensimmäinen osa sisälsi alkutestit ja jakson 1, jossa harjoitusvolyymi pysyi samana koko kahden viikon ajan. Toinen osa alkoi puolivälitesteillä, joita seurasi jakso 2, jossa harjoitusvolyymi kaksinkertaistettiin. Tämän jälkeen kahteen viimeiseen harjoitukseen (jakso 3) volyymiä nostettiin lisää. Harjoitusvolyymien nostot olivat tietoisesti suuria suhteessa normaaleihin suosituksiin (2,5-5% kerralla, Komi 2011, 217.). Tällä haettiin maksimaalista kuormitusta raskaassa maksimivoimaharjoittelussa työskenteleville hermoston osille. Mainittavaa on, että harjoitusohjelmassa tapahtunut muutos koski ainoastaan volyymia, ei tehoa. Laktaattimittausten perusteella myöskään aineenvaihdunnallista tehoa ei muutettu. Kuviossa 1 on esitetty yksittäisen harjoituskerran volyymien muutos kunakin harjoituspäivänä pääliikkeiden osalta mittausjakson eri jaksoilla intensiteetin perusteella laskettuna sekä molempien harjoituspäivien osalta. Tukiliikkeitä ei ole laskettu mukaan taulukkoon niiden vakioimattomuuden takia.



Kuvio 1. Pääliikkeiden volyymien muutos jaksoittain. *YV=Ylävartalo. **AV=Alavartalo.

Kuorma = kg. Ylä- ja alavartalon kuvaajissa on laskettu harjoituksen molempien pääliikkeiden yhteisvolyymien keskiarvo. n = 10.

Kuviossa 1 näkyvä volyymimäärää on laskettu taulukon 4 esittämien sarjojen perusteella, jotta saadaan kuvattua volyymien kasvua graafisesti.

Taulukko 4. Jaksoilla 1-3 käytetyt prosentuaaliset kuormat pääliikkeissä tuoreimpiin maksimivoimatestien tuloksiin pohjautuen

Liike	Jakso 1	Jakso 2	Jakso 3
Takakyykky	10x70%, 8x80%, 4x90%, 2x95%	2x10x70%, 2x8x80%, 2x4x90%, 2x2x95%	2x10x70%, 2x8x80%, 2x4x90%, 2x2x95%, 6x70%, 4x80%, 2x90%
Maastaveto	10x70%, 8x80%, 4x90%, 2x95%	2x10x70%, 2x8x80%, 2x4x90%, 2x2x95%	2x10x70%, 2x8x80%, 2x4x90%, 2x2x95%, 6x70%, 4x80%, 2x90%
Penkkipunnerrus	10x70%, 8x80%, 4x90%, 2x95%	2x10x70%, 2x8x80%, 2x4x90%, 2x2x95%	2x10x70%, 2x8x80%, 2x4x90%, 2x2x95%, 6x70%, 4x80%, 2x90%
Lisäpainoleuan- veto*	10x70%, 8x80%, 4x90%, 2x95%	2x10x70%, 2x8x80%, 2x4x90%, 2x2x95%	2x10x70%, 2x8x80%, 2x4x90%, 2x2x95%, 6x70%, 4x80%, 2x90%

*Lisäpainoleuoissa kuorma laskettiin poikkeuksellisesti kaavalla:

$(1RM(kg) + \text{kehon } m(kg)) \times \%1RM - \text{kehon } m(kg)$. Tämä tehtiin jotta työsarjat pysyivät toteutettavissa.

Pääliikkeiden suoritusmetodina käytettiin nousevaa leveää pyramidia (Mero ym. 2007, 262.). Käytettävät kuormat valittiin niiden viitteellisten hypertrofis-hermostollisten vaikutusten vuoksi. Jotta harjoitusohjelmasta saataisiin mahdollisimman hyvin yleistä urheilijan voimaharjoitusta vastaava, lisättiin kummallekin harjoituspäivälle (ylä- vs. alavartalo) tukiliikkeitä (taulukko 7.) Näitä tukiliikkeitä käytettiin monipuolistamaan ja tukemaan pääliikkeitä ja keskivartaloa.

Taulukko 7. Harjoitusohjelmassa käytetyt tukiliikkeet toistomäärineen

Harjoitus 1: Alavartalo	Harjoitus 2:
Takakyökky (päälliike)	Penkkipunnerrus (päälliike)
Maastaveto (päälliike)	Lisäpainoleuanveto (päälliike)
Hyvää huomenta (tukiliike) 3x10	Dippipunnerrus (tukiliike) 3x10
Etenevä askelkyökky (tukiliike) 3x10	Kulmasoutu (tukiliike) 3x10
Linkkarivatsat (tukiliike) 3x10	Jalkojen nostot (tukiliike) 3x10

Tukiliikkeiden volyyymi ei muuttunut päälliikkeiden volyymin noston yhteydessä, vaan niiden määrä pysyi vakiona läpi tutkimuksen.

7.3 Mittaukset

7.3.1 Suorituskyvyn mittaukset

Maksimivoimatesteissä käytettiin testausprosessia, jossa progressiivisen alkulämmittelyn jälkeen testattavan oli neljän (4) yrityksen aikana etsittävä maksimikuorma jolla liike kyettiin suorittamaan (Miller 2012,163.). Testattavat liikkeet suoritettiin aina samassa järjestyksessä täydellisillä palautuksilla. Järjestys oli takakyökky, maastaveto, penkkipunnerrus ja lisäpainoleuka. Myös koehenkilöiden testauspäivän paino punnittiin suhteellisten voima- ja volyymitasojen laskemista varten.

Taulukko 4. Testeissä ja harjoitusohjelmassa käytettävät päälliikkeet

Testattavat voimaliikkeet	
Alavartalo:	Ylävartalo:
Takakyökky 1RM	Penkkipunnerrus 1RM
Maastaveto 1RM	Leuanveto lisäpainolla 1RM

Testattavien liikkeiden vakioimiseksi niille asetettiin liikestandardeja jotka määrittivät hyväksytyin suorituksen. Tällöin testeissä kyetään saamaan mahdollisimman vertailukelpoisia tuloksia. Taulukossa 5 kerrotaan jokaiselle liikkeelle asetetut standardit.

Lisäksi harjoittelun volyymia seurattiin hyödyntäen Haffin (2010) suhteellista volyymi-indeksiä suhteessa suhteelliseen kehonpainoon.

(sarjat x toistot x kuorma/kehon paino (kg)^{0,67})

Suhteellisella voimaindeksillä saadaan seurattua paremmin volyymien tilaa suhteessa kehonpainoon. Haffin teorian edellä mainitussa kaavassa saadaan paremmin kuvastettua suhteellista kehon massaa ja kehon painon sijaintia.

Taulukko 5. Liikestandardit

Liike	Standardit
Takakyykky	Selkä suorana koko liikkeen ajan, alasennessa reisiluun pää on samassa vaakalinjassa polvilumpion kanssa. Yläasennossa nilkka-polvi-lantio –linja suorana.
Maastaveto	Selkä suorana koko liikkeen ajan, yläasennossa nilkka-polvi-lantio –linja suorana. Käsien oteveveys jalkojen ulkopuolelta.
Penkkipunnerrus	Ala-asennossa tanko koskettaa rintakehää kyynärvarsi kohtisuorassa kattoa kohti, yläasennossa kyynärpää suorana. Lantion nousu sallitaan, kunhan suoritus on identtinen jokaisella mittauskerralla.
Lisäpainoleuanveto	Lähtö kuolleesta riipusta, ei heiluriliikettä, yläasennossa leuka tangon yläpuolella.
Huomioitavaa: Mikäli testattava käytti jotain suoritukseen vaikuttavaa apuvälinettä, kuten nostovyötä, vaadittiin sen käyttö myös harjoitusjakson kaikissa harjoituksissa ja testeissä.	

Kuten kappaleessa 7.2 mainittiin, testit suoritettiin kahden viikon välein alku-, väli- ja lopputesteinä. Harjoitusohjelma rakennettiin testattavien pääliikkeiden ympärille siten, että alavartaloharjoitteet tehtiin omana harjoituksenaan ja ylävartaloharjoitteet omanaan. Jokaista harjoituspäivää seurasi lepopäivä, jolloin ei harjoiteltu. Myös jokaista testipäivää edelsi ja seurasi lepopäivä. Liikkeet valittiin sekä niiden vakioitavuuden että toiminnallisuuden kannalta yksipuolisen harjoittelun haittavaikutuksien ehkäisemiseksi.

Testaustilaisuuden alussa koehenkilöitä muistutettiin jokaisella testauskerralla hyväksytyyn liikesuorituksen kriteereistä. Täysin palautuneena suoritukseen lähtemistä painotettiin myös jotta suorituskyvyn sen hetkinen maksimiarvo saataisiin mahdollisimman hyvin esiin.

7.3.2 Subjektiiivisen palautuneisuuden mittaukset

Subjektiiivista kuormittuneisuutta mitattiin päivittäin täytettävällä seurantalomakkeella (liite 1). Lomakkeeseen merkittiin edellisen yön uni, päivän kokonaiskuormitus, palautuneisuus ennen harjoitusta, harjoituksen kuormittavuus ja kesto.

Seurantakaavion olennaisimmat osat olivat palautuneisuus ennen harjoitusta ja harjoituksen kuormittavuus. Näistä saatiin verannaisarvot CheckMyLevel-laitteiston readiness-lukemalle. Jokaisen seurantalomakkeella mitattavan kohdan arvot merkittiin lomakkeeseen pystyviivalla kunkin päivän kohdalla janalle, josta ne muutettiin numeeriseksi arvoksi manuaalisesti mittaamalla.

7.3.3 CheckMyLevel-mittaukset

Koehenkilöt suorittivat CheckMyLevel-mittaukset päivittäin aina heräämisen jälkeen. Mittaus tapahtui asettamalla elektrodiliuska kyynärvarteen radialishermon päälle. Mittalaitteen anturi asetettiin saman käden peukalon päähän. Tämän jälkeen liuska yhdistettiin mittalaitteeseen joka oli bluetoothin välityksellä yhteydessä älypuhelinsovellukseen. Kun yhteys oli muodostettu, asetettiin käsi rentona tuen päälle, kuten pöydälle. Tämän jälkeen painettiin mittalaitteen aloituspainiketta, jolloin laite alkoi elektrodiliuskan välityksellä lähettää sähköimpulsseja käteen. Peukalon päässä oleva anturi rekisteröi saadut tulokset ja mittalaite lähetti ne älypuhelimeen, joka vuorostaan lähetti ne pilvipalvelimelle. Koko prosessi oli yksittäiseltä mittauskerralta ohi minuuteissa. Tämän jälkeen älypuhelimien näytölle ilmestyi Readiness-arvo numeerisena sekä sanallinen suositus päivän harjoittelusta. Datavirtaa seurattiin ja kerättiin tutkimuksen aikana CheckMyLevel-internetsivujen seurantalopalvelusta.

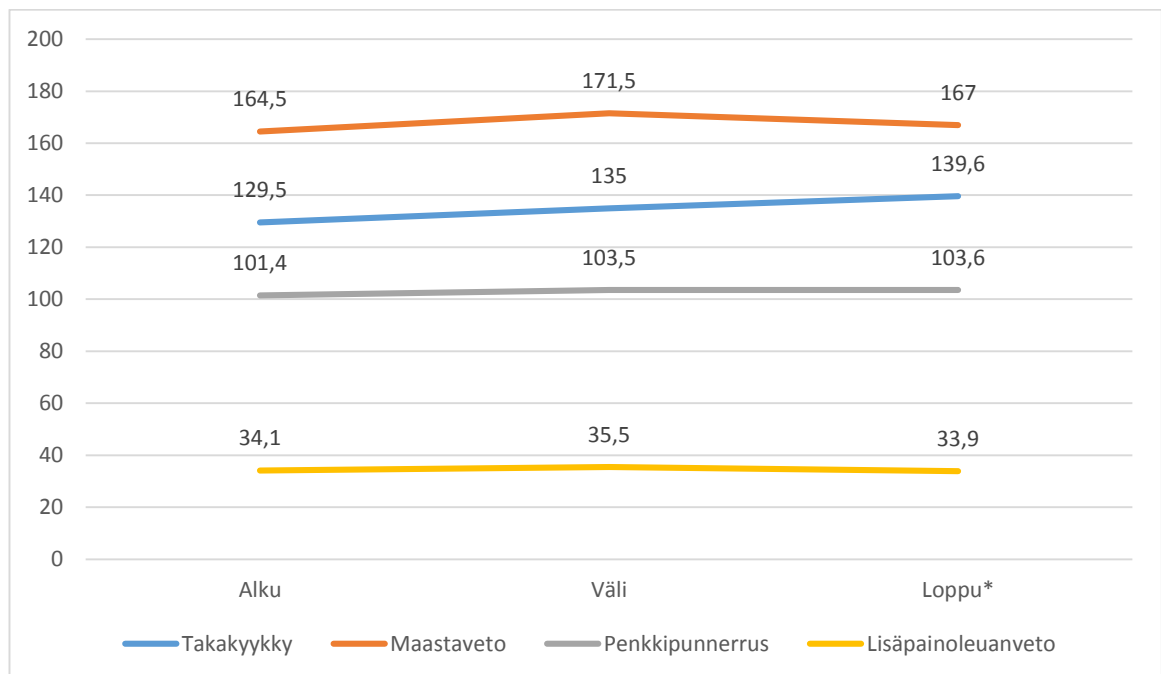
7.4 Tulosten tarkastelutavat

Tuloksia tarkasteltiin päämuuttujien osalta keskiarvoina ja keskihajontoina. Näitä päämuuttujia olivat suorituskkyky voimatesteissä, subjektiiviset kuormittuneisuusarviot ja CheckMyLevelin Readiness-indeksit. Myös joidenkin yksittäisten koehenkilöiden tuloksia tarkasteltiin trendinomaisesti.

CheckMyLevel-Readiness-tulosten yhteyttä harjoitusvolyymiin ja subjektiiviseen kuormituneisuuteen tarkasteltiin Pearsonin korrelaatiokertoimien avulla. Readiness-luvuista saatujen keskiarvojen eroa testattiin myös alaryhmien välillä kaksisuuntaisella riippumattomien otosten t-testillä. Alaryhmät muodostettiin 1) niistä jotka uupuivat harjoitusjakson aikana johtaen suorituskyvyn laskuun voimatesteissä ja 2) niistä jotka eivät uupuneet johtaen suorituskyvyn kasvuun tai ennallaan pysymiseen.

8 Tulokset

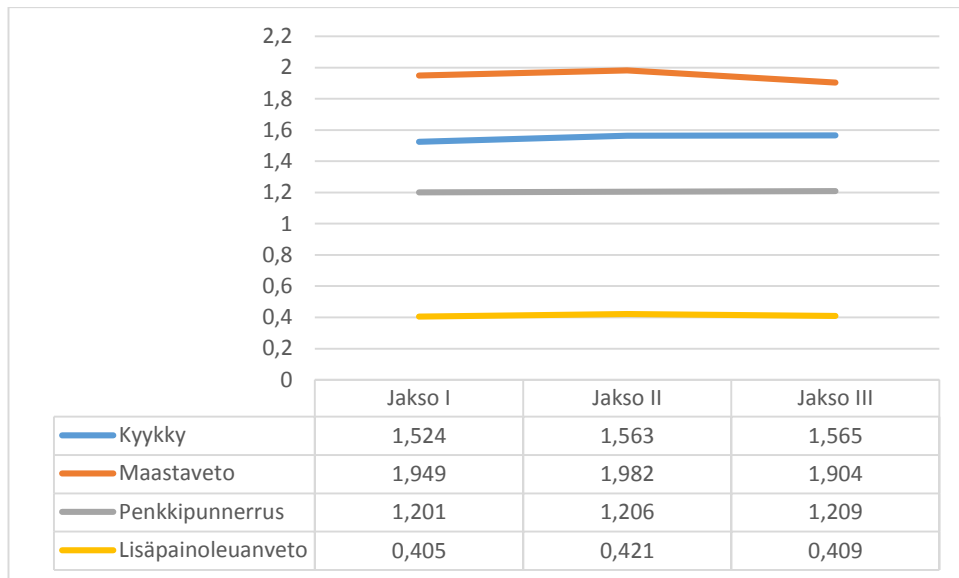
8.1 Suorituskyvyn muutos volyymiltaan asteittain lisääntyvän voimaharjoittelujakson aikana



Kuvio 2. Voimatestien tulosten muutos keskiarvoina (n=10)

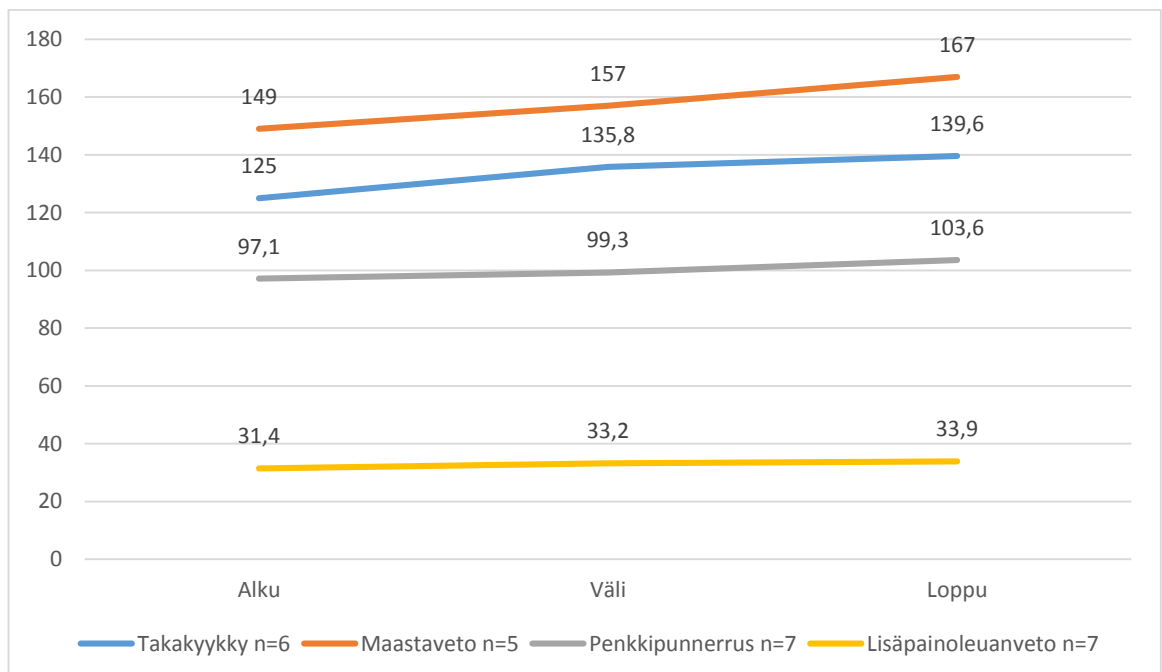
*Lopputesteissä otanta vaihteli terveydellisten syiden vuoksi liikkeittäin seuraavasti: takakyykky n=6, maastaveto n=5, penkkipunnerrus n=7, lisäpainoleuanveto n=7.

Jotta kyettäisiin tarkastelemaan myös koehenkilöiden voimaa suhteessa kehon painoon, laskettiin myös voiman suhde kehon massaan kunkin liikkeen osalta (Kuvio 3).



Kuvio 3. Testiliikkeiden kuorma suhteessa kehonpainoon keskiarvoina ilmoitettuna. n=10

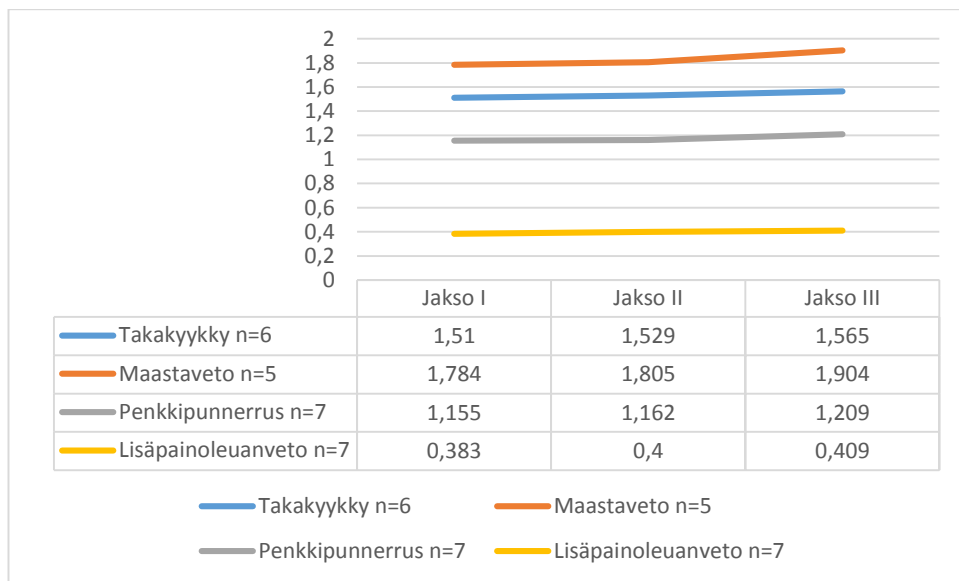
Otannan äkillisen kaventumisen vuoksi esitetään lisäksi karsitun otannan kuvio 4 jossa kahdesta ensimmäisestä voimatestivaiheesta on poistettu niiden koehenkilöiden tulokset, jotka puuttuivat viimeisistä mittauksista.



Kuvio 4. Supistetun otannan voimankehityksen todellista trendiä kuvaava kuvio. (kg)

Kuvioiden 2 ja 4 keskiarvot perustuvat maksimivoimatesteistä saatuihin yksilöllisiin tuloksiin, joista on laskettu kullekin testatulle voimaliikkeelle keskiarvo. Kuviossa 4 jokaiselle pääliikkeelle on merkitty oma otantansa niistä koehenkilöistä, jotka kykenivät suorittamaan jokaisen mittauskerran.

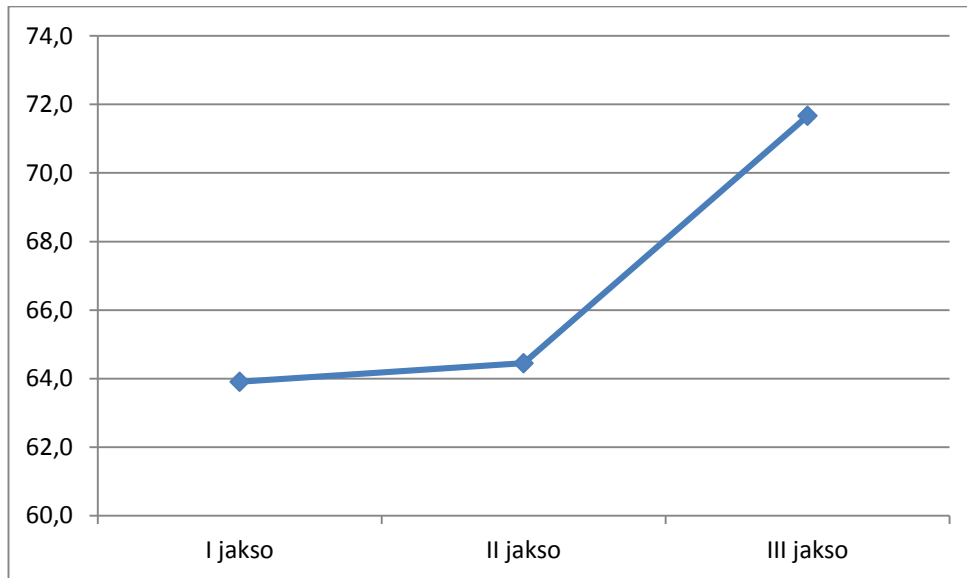
Jotta myös voimasta suhteessa kehon massaan saataisiin vääristymätön kuvaaja, laskettiin myös suhteelliset voimatasot erikseen supistuneella otannalla. Tämä on esitetty kuviossa 5. Jaksojen otannan tasaus näyttää suhteellisen voimatason nousevan kehityssuunnan tutkimuksen aikana.



Kuvio 5. Ulkoisen kuorman suhde kehonpainoon keskiarvoina kaventuneella otannalla. Otannan laajuus on merkitty erikseen kunkin liikkeen kohdalla.

8.2 Subjektiiivisen palautuneisuudentuntemuksen muutos

Subjektiiivisen palautuneisuudentunteen keskiarvon muutos on esitetty kuviossa 6. Subjektiiiviset indeksit perustuvat jokaisen koehenkilön laskettuihin keskiarvoihin edellä mainituista harjoitusjaksoista. Tämän jälkeen on laskettu jokaiselle harjoitusjaksolle kaikkien koehenkilöiden keskiarvo.

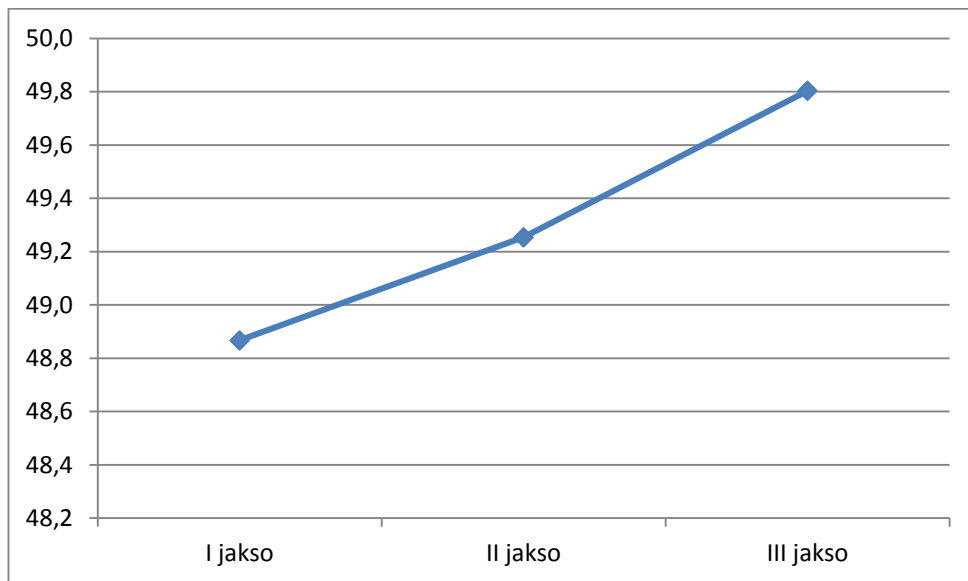


Kuvio 6. Subjektiiivisen palautuneisuuden muutos harjoitusjaksoittain keskiarvona kuvattuna. $n=10$. $P(I \text{ vs } II) = 0,635$. $P(I \text{ vs } III) = 0,158$.

(Keskiahajonta I-jakso = 20,59. II-jakso = 14,66. III-jakso = 19,21.)

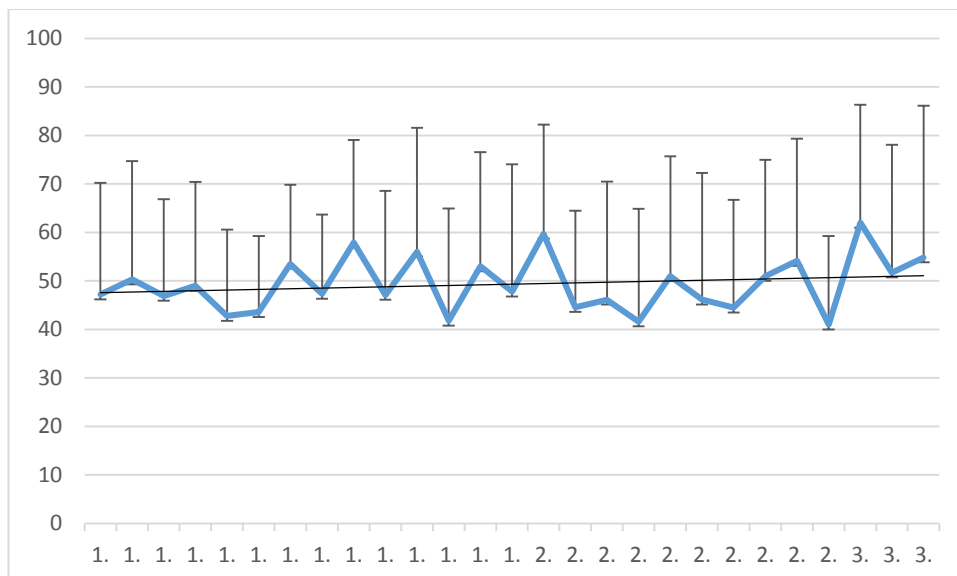
Subjektiiivinen palautuneisuuden tunne kasvoi koko tutkimuksen ajan ensimmäisestä toiseen ja toisesta kolmanteen jaksoon.

8.3 CheckMyLevel-indeksin muutos



Kuvio 7. CheckMyLevel Readiness-lukemien keskiarvot ja keskihajonnat harjoitusjaksoilta I, II ja III. Lukemakeskiarvot on laskettu siten, että ensin on laskettu kunkin koehenkilön kaikkien edellä mainittujen harjoitusjaksojen erillinen keskiarvo. Tämän jälkeen on laskettu kaikkien koehenkilöiden keskiarvolukujen keskiarvo. $n=10$ (II-jakso $P=0,184$. III-jakso $P=0,620$) (Keskihajonnat: I Jakso = 21,96. II Jakso = 23,74. III Jakso = 27,56.)

Kuviossa 8 on esitelty CheckMyLevel Readiness-arvoja kolmen harjoitusjakson aikana keskiarvoina, keskihajontana sekä trendikäyränä.



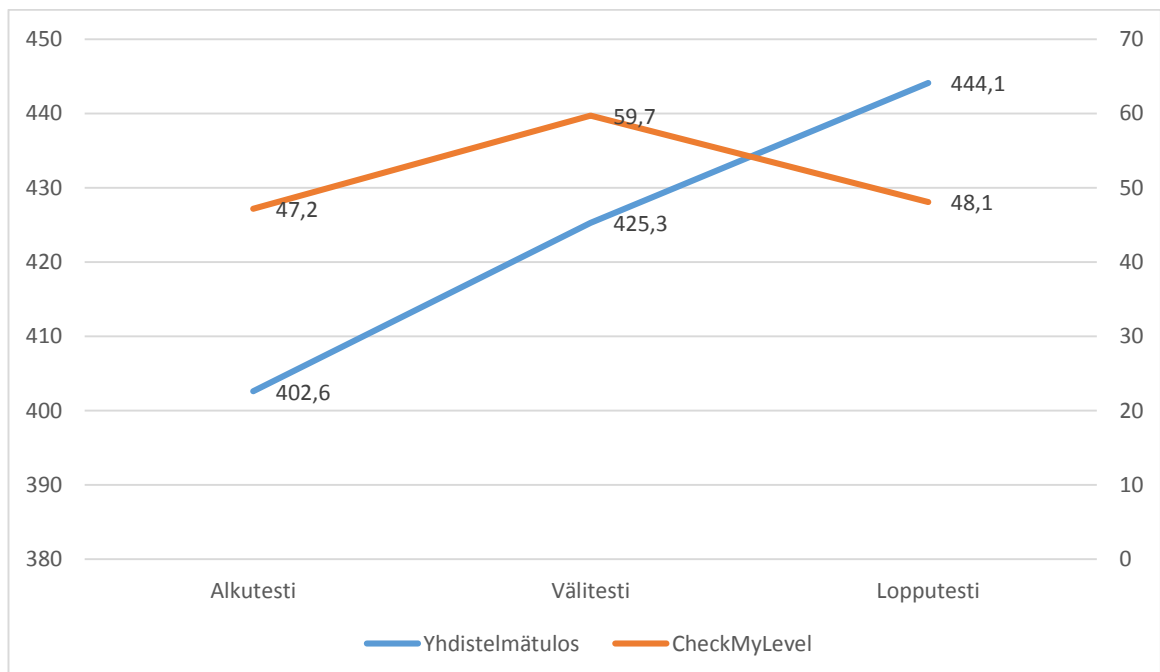
Kuvio 8. CheckMyLevel Readiness-lukemat keskiarvoina, keskihajontana ja trendikäyränä. $n=10$.

8.4 CheckMyLevel-indeksien yhteys harjoitteluvolyymiin, suorituskykyyn ja subjektiivisiin kuormittuneisuuslukemiin.

CheckMyLevelin ja harjoitusvolyymien välinen korrelaatio laskettiin ottamalla kunkin koehenkilön osalta jokaisella harjoitusjaksolla tehdyt harjoituspäivät, joiden volyyymi-indeksistä tehtiin tulosmatriisi. Tämän jälkeen harjoituspäivien jälkeisenä aamuna tehdyistä CheckMyLevel Readiness-arvoista tehtiin toinen matriisi ja näiden matriisien välinen korrelaatio laskettiin. Readiness-arvojen ja harjoitusvolyymien nousun välillä ei ollut tilastollista yhteyttä. ($R = 0.087$, $P = 0.4313$, $n = 84$)

CheckMyLevelin ja subjektiivisen kuormituksen välinen yhteys laskettiin muodostamalla matriisit CheckMyLevel Readiness-lukemista ja subjektiivisen kuormituksen lukemista. Tähän käytettiin päiväkohtaisia keskiarvoja. CheckMyLevel Readiness-arvojen ja subjektiivisista kuormitusta kuvaavien arvojen välillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää yhteyttä ($R = -0.12$, $P = 0.5352$, $n = 29$). Otantana käytettiin testijakson kaikkia päiviä, pois lukien baseline-mittaukset.

Readiness-arvojen yhteyttä suorituskykytestiin tarkasteltiin testauspäivien yhdistelmätulosten (kaikkien pääliikkeiden tulosten summa) ja Readiness-arvojen vertailulla. Kuviossa 9 on esitetty molempien arvojen muutokset keskiarvoina.



Kuvio 9. Suorituskykytestien yhteistuloskäyrä ja CheckMyLevel-arvojen keskiarvo testauspäivinä.

8.5 Volyymi

Volyymin määrä ja sen nousu voidaan laskea käyttämällä Haffin (2010) menetelmiä volyymin sekä suhteellisen volyymin laskemiseen. Taulukossa 9 on laskettu sekä harjoittelun kuormavolyymi (toistot x käytetty kuorma) tonneina sekä volyyymi-indexi (kuormavolyymi jaettuna kehon massalla).

Taulukko 9. Tutkimusjakson kuormavolyymien nousu ja volyyymi-indeksin kasvu

	Harjoitus	Kuormavolyymi (ka, tonnia)	Volyyymi-indexi (ka)
Jakso 1	Alavartalo	5,558	67
	Ylävartalo	4,118	50
Jakso 2	Alavartalo	11,585	134
	Ylävartalo	8,491	99
Jakso 3	Alavartalo	14,405	166
	Ylävartalo	9,579	112

Kuormavolyymilla saadaan tietoon harjoituksessa liikutellun kuorman kautta tehdyn työn määrä = kuormavolyymi. Koska Haffin mukaan voima on hyvä suhteuttaa urheilijan painoon, lasketaan tehdystä työstä myös volyyymi-indexi, joka on tehdyn työn määrä suhteessa koehenkilön painoon. Lisäksi suhteellisella volyyymi-indeksillä saadaan paremmin kuvattua voiman todellista kasvua suhteessa kehon painoon. Tämä on esitetty taulukossa 10.

Taulukko 10. Suhteellinen volyyymi-indexi ja keskihajonnat pääliikkeiden osalta eri jaksoilla.

	Jakso I		Jakso II		Jakso III	
	Vol. Index	Keskihajonta	Vol. Index	Keskihajonta	Vol. Index	Keskihajonta
Takakyykky	74,82	15,59	257,03	41,73	319,59	51,88
Maastaveto	160,89	7,43	326,18	67,57	405,57	84,01
Penkkipunnerus	99,56	14,34	197,90	25,71	246,07	31,97
Lisäpainoleuanveto	114,82	12,87	232,64	28,43	239,42	42,94

8.6 Laktaatti

Laktaattia mitattiin kahdesti jakso 1:n aikana ja kahdesti jakso 2:n aikana (taulukko 10).

Taulukko 10. Laktaattimittausten tulokset (N=10)

	Jakso 1 alavar- talo (ka. Mmol/l)	Jakso 1 ylävar- talo (ka. Mmol/l)	Jakso 2 alavar- talo (ka. Mmol/l)	Jakso 2 ylävar- talo (ka. Mmol/l)
Keskiarvo	7,35	5,47	5,98	6,5
Keskihajonta	1,58	1,59	0,89	2,30

Laktaattimittausten tulokset eivät reagoineet volyymin nostoon.

9 Pohdinta

Tämän tutkimuksen päälöydöksenä voidaan pitää sitä, että CheckMyLevel ei reagoi ras-
kaaseen voimaharjoitteluun selkeästi havaittavalla tavalla. Harjoittelun volyyymia lisättä-
essä CheckMyLevel-indeksi ei näyttänyt selkeää muutosta jonka volyymin nosto nykyisen
fysiologiateorian mukaan aiheuttaisi.

9.1 Maksimivoiman kasvu suhteessa harjoitusvolyymin nousuun

Käytössä olleella harjoitusohjelmalla oli odotettavissa että maksimivoima kasvaa. Ky-
seessä on kuitenkin todella lyhyt ajanjakso, joten Häkkisen (1990, 56.) teorian mukaan
voimantuoton kehitys johtuu lähinnä hermostollisesta adaptaatiosta. Tätä teoriaa tukee
myös Baechle & Earle (2008, 97-98.), joiden mukaan alkuvaiheen maksimaalisen voiman-
tuoton lisääntyminen johtuu juuri hermoston toiminnan adaptoitumisesta. Motoristen yksi-
köiden aktivaatio synkronoituu, jolloin useammat lihassäikeet supistuvat samanaikaisesti.
Tämä taas johtaa suurempaan voimantuottoon.

Tutkimusjakson puolivälimittauksista näkyy että maksimivoiman tuottokyky kasvaa harjo-
itusohjelmassa käytetyllä leveällä pyramidimetodilla. Loppumittaukset antavat vahvistusta
tälle löydökselle, joskin pienentynyt otanta heikentää loppumittausten merkittävyyttä tilas-
tollisessa tarkastelussa.

Jotta saadaan tarkasteltua voiman kehitystä suhteessa urheilijaan, voidaan tarkastella voi-
man suhdetta kehon painoon. Koko otannan suhteellisen voiman kehityksessä nähdään

kehitystä ensimmäisestä toiseen jaksoon siirryttäessä, mutta voimakkaampien koehenkilöiden poistuessa otannasta kolmannella jaksolla tapahtuu laskua. Toisaalta kapeamman otannan taulukossa otannan ollessa tasainen kaikkien jaksojen ajan, nähdään todellinen suunta suhteellisen voiman kasvulle. Kasvava suhteellinen voima kertoo siitä, että voiman kasvu ei johdu pelkästään hypertrofiasta, vaan hermostollisesta adaptaatiosta.

Volyymi-indeksin suhteuttamisesta kehon painoon voidaan huomata, että volyymin nosto suhteessa suhteelliseen kehon painoon on todellisuudessa suurempi kuin aluksi luultiin, johtuen voimatasojen kasvusta alkumittauksien jälkeen. Suuremmat voimatulokset toisella voimamittauskerralla johtavat yli 100 % volyymin nostoon toiselle harjoitusjaksolle suhteessa ensimmäiseen harjoitusjaksoon. Tästä syystä voimaohjelmaa rakentaessa on otettava tutkimuksen ulkopuolella huomioon myös suhteellinen voimaindeksi, jotta volyymin nosto ei ole liian iso. Tämän tutkimuksen kannalta tämä ei kuitenkaan ole ratkaiseva tekijä, koska tutkimuksessa haettiin viitearvoihin suhteutettuna suurta volyymin nostoa.

Harjoitusohjelman oli tarkoituskin olla rankka siten, että lopussa saadaan aikaan kontrolloitu hermostollinen ylikuormitus elimistöön ja sitä kautta todettava heijaste Checkmylevel-mittareilla.

9.2 Subjektiiivinen palautuneisuuden tunne suhteessa volyymin nostoon

Tutkimuksen perusteella näyttää siltä, että harjoitusohjelman aikana tapahtui myös henkistä adaptaatiota harjoitusmetodiin. Tämä näkyy siinä, että harjoitusta edeltävä palautuneisuuden tuntemuksen keskiarvo kasvaa lähemmäs 100%:a harjoitusohjelman edetessä. Subjektiiivisten tuntemusten seuranta harjoittelun tukena on hyödyllinen tukikeino, mutta sen soveltuvuus on erittäin yksilöllistä. Tutkimuksessa käytetyllä verrattain suurella volyymin nostolla (vrt. Komi 2007, 217.) on oletettavaa, että subjektiivinen palautuneisuuden tuntemus pysyy samana tai laskee, ellei henkistä sopeutumista harjoitusrytmiin tapahdu. On kuitenkin otettava huomioon koehenkilöiden – ja urheilijoiden ylipäänsä - psyykkisten ominaisuuksien vaihtelevuus. Tämä onkin suurin muuttuja joka tekee subjektiivisten mittausten käyttämisestä vaikeasti vakioitavaa.

9.3 CheckMyLevel-arvojen muutos harjoitusohjelman aikana

CheckMyLevel Readiness-arvot eivät näyttäneet ryhmän tarkastelussa minkäänlaista systemaattista reaktiota kasvavaan kuormitukseen. Päivittäisiä keskiarvoja tarkasteltaessa näkyi, että vastoin ennakko-odotuksia Readiness-arvo oli harjoitusta seuraavana aamuna keskiarvoltaan korkeampi kuin harjoituspäivän aamuna. Raskaasta voimaharjoituksesta palautuminen kestää >24 tuntia, joka ei tue Readiness-arvojen antamia tuloksia. Huomioitavaa on kuitenkin, että CheckMyLevelin mittaamaan hermoston refleksiheijasteeseen vaikuttaa harjoituksen lisäksi moni muukin asia, kuten unen laatu ja -määrä sekä päivittäinen psyko-fyysinen stressi.

9.4 CheckMyLevel-arvot suhteessa harjoitusvolyymiin, suorituskyykyyn ja subjektiivisiin kuormitustuntemuksiin

Readiness-arvojen ja harjoitusvolyymien välillä ei ollut tilastollista yhteyttä. Tuloksia tarkasteltaessa nähdään kuitenkin, että harjoitusvolyymien kasvaessa CheckMyLevelin ilmoittama Readiness-arvojen keskiarvo nousi myös hieman. Häkkisen (1990, 56.) mukaan lyhyellä aikavälillä voi tapahtua hermostollista adaptaatiota, jolloin keho tottuu siltä vaadittuun työhön ja suorituskyyky kasvaa. Tämä ei kuitenkaan selitä reaktion näkymättömyyttä CheckMyLevel-indeksissä harjoitusjakson alkuvaiheessa, jolloin hermoston odotettiin reagoivan alkushokkiin superkompensaatiolla. Ottaen huomioon myös suuret yksittäiset volyyminostot jaksojen välillä, on syytä miettiä muitakin syitä Readiness-indeksien nousulle. Näitä syitä voivat olla juuri hermostollinen adaptaatio, mutta myös päivittäisen muun kuormittavuuden kasvu ja unen laadun paraneminen. Jatkotutkimuksessa tulosten validiteetin lisäämiseksi unen ja sitä kautta palautumisen seuranta on hyvä ottaa huomioon.

Suorituskyykyä testanneisiin maksimivoimatesteihin nähden CheckMyLevel ei osoittanut selkeästi havaittavaa systemaattista käytöstä. Yksittäisillä koehenkilöillä oli lievästi samansuuntainen trendi Readiness-arvojen ja voimatestien välillä, mutta näissäkin tapauksissa trendissä oli suuria poikkeamia suoralta linjalta.

Verrattaessa CheckMyLevel-arvoja subjektiivisen palautuneisuuden arvoihin ei löytynyt merkittävää tilastollista yhteyttä. Tämä johtuu todennäköisesti molempien arvojen suuresta keskihajonnasta ja pienestä otannasta, jotka molemmat ovat laskevia tekijöitä korrelaation todennäköisyyttä pohdittaessa.

9.5 Luotettavuus

Kyseisellä testiprotokollalla CheckMyLevel ei näyttänyt säännöllisiä muutoksia hermoston tilassa. Tämä ei kuitenkaan tarkoita että reaktiota ei saataisi näkymään, mutta reaktio ei tutkimusasetelmalla ollut riittävä näkyäkseen indekseissä. Subjektiiivisten tuntemusten ja koehenkilöiden harjoituspäiväkirjoihin tekemien merkintöjen perusteella raskas harjoitus saatiin suoritettua subjektiivisilla mittareilla mitattuna vaikeuksitta vaikka Readiness-arvo olisi ollut alhainen (laitteen antama sanallinen palaute joko ”Slow down” tai ”Get help”). Tilastollisen yhteyden olemassaoloa ei kuitenkaan kyetä tämän tutkimuksen perusteella pääättelemään johtuen pienestä otannasta ja lyhyellä aikavälillä tapahtuneesta tutkimuksesta. Yksittäisiä koehenkilöitä tarkastellessa voidaan havaita viitteitä sekä laitteen toimivuudesta että sen toimimattomuudesta.

Laitteen oikeaoppinen käyttö oli myös todella tarkkaa. Pilottikokeiluissa laitteen antama lukema saattoi vaihdella edestakaisin perättäisissä mittauksissa kymmeniä prosentteja. Myös elektrodin asettaminen jatkuvasti oikealle paikalle tuotti hankaluuksia. Jos mittaustulos vaihtelee sen mukaan, liikutetaanko elektrodiliuskaa 1-2mm johonkin suuntaan, herää kysymys mittauksen vakioitavuudesta. Mikäli testi on hankala vakioda luotettavasti, on syytä miettiä laitteen valmiutta testattavaksi.

Voimatestien luotettavuus on hyvä niiden vakioitavuuden vuoksi. Kuitenkin harjoitusohjelman toteutus päivittäisessä harjoittelussa voidaan kyseenalaistaa valvonta-aspektin pois saolon vuoksi. Mikäli tutkimusta halutaan lähteä kehittämään, tulisi pohtia valvonnan lisäämistä harjoitustilanteeseen. Tällöin saadaan varmistettua harjoitusten oikeaoppinen toteuttaminen ja ennen kaikkea suorituksen loppuun asti vieminen.

9.6 Yhteenveto

Yhteenvetona voidaan todeta, että kumulatiivisella voimaharjoittelulla voidaan saada aikaan maksimaalisten voimatasojen nousua hermostollisella ja lihaksistollisella adaptaatiolla. CheckMyLevelin osalta varmaa tietoa laitteen toimivuudesta maksimivoimaharjoittelun seurantatyökaluna ei löytynyt. On mahdollista että CheckMyLevel-indekseissä näkyisi muutoksia esimerkiksi perättäisinä päivinä suoritettujen harjoitteiden vaikutuksesta.

Jatkotutkimusehdotuksina tutkimusta voisi kehittää ottamalla mukaan hormonaalisen vasteen tutkimisen verinäytteiden avulla. Lisäksi Checkmylevelin verrattain lyhyen markkina-ajan vuoksi voi olla hyödyllistä käyttää kontrollikeinona esimerkiksi sykkeen ja sykevälivaihtelun tarkkailua tai hormonaalisten vasteiden tarkkailua verinäytteiden avulla. Tämän tutkimuksen ollessa verrattain lyhytkestoinen ottaen huomioon sen raskaan sisällön, olisi hyödyllistä suorittaa samantyyppinen tutkimus pidemmällä aikavälillä ja suuremmalla otannalla, jolloin saadun datan määrä olisi suurempi ja sitä kautta luotettavuus tilastollisessa laskennassa olisi myös suurempi. Konkreettinen jatkotutkimusidea on tutkia samantyyppistä raskasta voimaharjoittelua perättäisinä päivinä suoritettuna, jolloin todennäköisesti tapahtuu uupumista. Tällöin todennäköisyydet hermoston väsymisen näkymiselle CheckMyLevel-indekseissä nousevat myös.

Lähteet

- Baechle, T. & Earle, R. 2008. Essentials of strength training and conditioning. 3. painos. National strength and conditioning association.
- Bjålie, J., Haug, E., Sand, O., Sjaastad, O. & Toverud, K. 2009. Ihminen fysiologia ja anatomia. 6. painos. WSOY. Helsinki.
- Cardinale, M., Newton, R. & Nosaka, K. 2011. Strength and conditioning – biological principles and practical applications. 1. painos. Wiley-Blackwell.
- Haff, G. Quantifying workloads in resistance training: a brief review. 2010. Julkaistu UK strength and conditioning association magazine, Issue 19, s. 31-40. UKSCA.
- Häkkinen, K. 1990. Voimaharjoittelun perusteet. Gummerus Kirjapaino Oy. Jyväskylä.
- Komi, P. 2011. Neuromuscular aspects of sport performance. Wiley-Blackwell.
- Kreher, J., Schwartz, J. 2012. Overtraining syndrome: a practical guide. Sports Health: A Multidisciplinary Approach 4, s. 128-138.
- Leppäluoto, J., Kettunen, R., Rintamäki, H., Vakkuri, O., Vierimaa, H. & Lätti, S. 2013. 3. uudistettu painos. Sanoma Pro Oy. Helsinki.
- McGinnis, M. 2005. Biomechanics of sport and exercise. 2. painos.
- Mero, A., Nummela, A., Keskinen, K. & Häkkinen, K. 2007. Urheiluvalmennus. 2. painos. Gummerus Kirjapaino Oy. Jyväskylä.
- Miller, T. 2012. NSCA's guide to tests and assessments. 2012. National strength and conditioning association.
- Kauranen, K. & Nurkka, N. 2010. Biomekaniikkaa liikunnan ja terveydenhuollon ammattilaisille. Liikuntatieteellinen seura ry. Tampere.
- Nienstedt, W., Hänninen, O., Arstila, A. & Björkqvist, S. 1999. 18. uudistettu painos. WSOY. Helsinki.

Purves, D., Augustine, G., Fitzpatrick, D., Hall, W., LaMantia, A. & White, L. 2012. Neuroscience. 5. painos. Sinauer associates Inc.

Sandström, M. & Ahonen, J. 2011. Liikkuva ihminen- aivot, liikuntafysiologia ja sovellettu biomekaniikka. Otavan kirjapaino oy. Keuruu.

Stone, M.H., Stone, M. & Sands, W. 2007. Principles and practice of resistance training. Human Kinetics.

Urhausen, A., Kindermann, W. 2002. Diagnosis of overtraining: What tools do we have? Sports Medicine 2, s. 95-103.

Wilmore, J., Costill, D., Kenney, W. 2008. Physiology of sport and exercise. Human kinetics.

OHJEET LOMAKKEEN TÄYTTÄMISEEN

Edellinen yöuni

Arvioi tutkimuksen jokaisena aamuna, miten hyvin nukuit edellisen yön. Merkitse pystyviiva janalle kohtaan, mikä parhaiten kuvaa edellistä yöuntasi.

Päivän kuormittavuus

Arvioi iltaisin, miten kuormittava (sekä fyysisesti että henkisesti) päiväsi on ollut pois luki- tai harjoituksesta tästä arviosta mahdollisen fyysisen harjoittelun tuottama kuormitus. Merkitse pystyviiva janalle kohtaan, mikä parhaiten kuvaa päivän kuormittavuutta.

Palautuneisuus

Arvioi ennen päivän harjoituksen aloittamista, kuinka hyvin olet palautunut edellisestä harjoituksesta. Merkitse pystyviiva janalle kohtaan, mikä parhaiten kuvaa palautuneisuuttasi edellisestä harjoituksesta ennen uuden suorittamista.

Harjoituksen kuormittavuus

Jokaisen harjoituksen jälkeen arvioi, miten kuormittava harjoitus oli. Merkitse pystyviiva janalle kohtaan, mikä parhaiten kuvaa harjoituksen kuormittavuutta.

Huomioitavaa

Merkitse Huom.-ruutuun harjoituksen kesto ja mikäli päivän aikana on tapahtunut jokin sellainen asia, mikä voisi mielestäsi vaikuttaa harjoitukseen tai aamumittaukseen.