

**VALMISTAVAN VOIMAHARJOITUKSEN VAIKUTUS YLÄ- JA ALAVARTALON
VOIMANTUOTTOON**

Piia Koski

Valmennus- ja testausopin pro gradu -tutkielma

Liikuntatieteellinen tiedekunta

Jyväskylän yliopisto

Kevät 2021

Ohjaaja: Juha Ahtiainen

TIIVISTELMÄ

Koski, P. 2021. Valmistavan voimaharjoituksen vaikutus ylä- ja alavartalon voimantuottoon. Liikuntatieteellinen tiedekunta, Jyväskylän yliopisto, Valmennus- ja testausopin pro gradu -tutkielma, 52 s, 3 liitettä.

Urheilijoiden keskuudessa on yleistä tehdä valmista harjoitus ennen kilpailua, minkä tarkoituksena on parantaa urheilijan suorituskykyä. Tutkimustietoa valmistavan harjoituksen vaikutuksesta suorituskykyyn on kuitenkin rajallisesti. Tämän tutkimuksen tarkoitus oli selvittää, onko valmistavalla voimaharjoituksella vaikutusta suorituskykyyn 4–6 tuntia harjoituksen jälkeen. Lisäksi tarkoituksena oli selvittää, onko suoritetuilla maksimi- ja nopeusvoimaharjoituksilla eriäviä vaikutuksia suorituskykyyn.

Tutkimukseen osallistui 14 juniorjääkiekkoilijaa (ikä 16–17 v, pituus 179.4 ± 5.7 cm, paino 76.2 ± 9.0 kg, painoindeksi 23.7 ± 2.6). Tutkittavat suorittivat alkutestit ennen varsinaisia testipäiviä. Alkutesteissä mitattiin tutkittavien paino, pituus ja määritettiin painot testipäivien kuormituksiin. Alkutestien jälkeen tutkittavat suorittivat neljä testipäivää. Kuormituksina oli maksimivoimakuormitus, kaksi nopeusvoimakuormitusta sekä kontrolli. Kontrollissa tutkittavat eivät suorittaneet mitään fyysistä aktiivisuutta. Maksimivoimakuormitus sisälsi takakyökky- ja penkkipunnerrusharjoitteet $6 \times 50\%$, $4 \times 70\%$, $3 \times 80\%$, $2 \times 2 \times 90\%$ yhden toiston maksimista. Nopeusvoimakuormitus 1 sisälsi kyykkyhyppyjä 3×5 optimikuormalla, sekä takakyökky- ja penkkipunnerrusharjoitteet $5 \times 40\%$, $4 \times 50\%$, $3 \times 60\%$ yhden toiston maksimista. Nopeusvoimakuormitus 2 sisälsi sprinttejä 5×20 m, aitahyppyjä 4×5 ja hyppypunnerruksia 5×4 . 4–6 tuntia kuormituksen jälkeen tutkittavilta mitattiin voimantuotto ballistisessa penkkipunnerruksessa ja isometrisessä jalkadynamometrissä. Lisäksi tutkittavilta kysyttiin harjoitusvalmius ja koettu kuormittuneisuus sekä mitattiin kehon lämpötila.

Nopeusvoimakuormitukset eivät vaikuttaneet ballistisessa penkkipunnerruksessa mitattuihin muuttujiin, mutta maksimivoimakuormituksen jälkeen ballistisen penkkipunnerruksen huipputeho ($p=0.024$) heikkeni merkitsevästi verrattuna kontrolliin. Isometrisessä jalkadynamometrissä mitatuissa muuttujissa ei havaittu merkitseviä eroja kuormitusten välillä. Koettu kuormittuneisuus oli merkitsevästi korkeampi maksimivoimakuormituksen jälkeen verrattuna nopeusvoimakuormitukseen ($p=0.001$). Koetun kuormittuneisuuden, harjoitusvalmiuden tai lämpötilan ja suorituskyvyn välillä ei havaittu korrelaatioita.

Tämän tutkimuksen perusteella nopeusvoimakuormituksen voi tehdä valmistavana harjoituksena, jos urheilija haluaa tehdä kilpailupäivänä harjoituksen. Maksimivoimakuormituksen jälkeen ballistisen penkkipunnerruksen huipputeho heikkeni merkitsevästi, mutta nopeusvoimakuormitukset eivät vaikuttaneet suorituskykyyn. Maksimivoimakuormitusta voidaan suositella lajeihin, joissa ei tarvita ylävartalon voimantuottoa. Urheilijan ja valmentajan on kuitenkin tarpeellista kokeilla erilaisia valmistavia harjoituksia ennen kauden pääkilpailuja.

Asiasanat: kilpailupäivän harjoitus, suorituskyvyn potentioituminen.

KÄYTETYT LYHENTEET

PAP	post-aktivaatio-potentiaatio
PAPE	post-activation-performance enhancement, tahdonalaisen voimantuoton parantuminen kuormituksen jälkeen
RFD	rate of force development, räjähtävä voimantuotto
RM	repetition maximum, toistomaksimi
V1-kuorma	kuorma, jolla pystytään tuottamaan keskimääräinen 1 m/s liikenopeus

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

1	JOHDANTO.....	1
2	VALMISTAVAN VOIMAHARJOITUKSEN VAIKUTUS SUORITUSKYKYYN	2
2.1	Hyppy- ja sprinttisuoritukset	2
2.2	Simuloidut kilpailusuoritukset.....	4
2.3	Voimantuotto	5
3	SUORITUSKYVYN POTENTOITUMISEEN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT	13
3.1	Valmistavan harjoituksen intensiteetti ja volyymi	13
3.2	Valmistavan harjoituksen harjoitteet	16
3.3	Palautumisaika harjoituksen jälkeen	17
3.4	Suorituskyvyn potentoitumista selittävät tekijät	18
4	TUTKIMUSKYSYMYKSET JA HYPOTEESIT	22
5	TUTKIMUSMENETELMÄT	23
5.1	Tutkittavat.....	23
5.2	Tutkimusasetelma.....	24
5.3	Aamupäivän kuormitukset.....	24
5.4	Aineiston keräys	26
5.4.1	Alkutestit	26
5.4.2	Testit.....	28
5.5	Aineiston tilastollinen analysointi	31
6	TULOKSET	32
6.1	Ballistinen penkkipunnerrus	32

6.2	Isometrinen jalkadynamometri	34
6.3	Lämpötila.....	34
6.4	Harjoitusvalmius ja koettu kuormittuneisuus	35
7	POHDINTA.....	37
7.1	Johtopäätökset	43
7.2	Käytännön sovellukset.....	43
	LÄHTEET	44
	LIITTEET	

1 JOHDANTO

Urheilussa pyritään optimoimaan suorituskyky parhaaksi mahdolliseksi kilpailua varten. Urheilijoiden keskuudessa on yleistä tehdä valmistava harjoitus ennen kilpailupäivää tai kilpailupäivän aamuna, jonka tavoitteena on parantaa urheilijan fyysisiä tai psyykkisiä ominaisuuksia (Gill 2014). Tutkimustietoa valmistavan harjoituksen vaikutuksesta suorituskykyyn on kuitenkin olemassa rajallisesti. Lisäksi harjoitusten sisältö vaihtelee urheilijoiden välillä, eikä ole selkeää onko eri harjoituksilla erilaisia vaikutuksia suorituskykyyn (Harrison ym. 2020.)

Tutkimustulokset ovat olleet positiivisia, vaikka aiheesta on vähän tutkimuksia. Valmistavan harjoituksen on todettu aiheuttavan suorituskyvyn potentoitumista 2–6 tuntia kuormituksesta (Cook ym. 2014; Ekstrand ym. 2013; Fry ym. 1995; González-García ym. 2020; Kilduff ym. 2013; Mason ym. 2017; McGowan ym. 2016; Russell ym. 2015; Saez Saez de Villarreal ym. 2007). Ekstrandin ym. (2013) tutkimuksessa arvioitiin voimaharjoituksen vaikutusten kestävän 4–6 tuntia. Aikaikkuna olisi myös käytännöllinen ajatellen kilpailupäivää ja sen aikataulua, jos harjoitus halutaan tehdä kilpailupäivänä. Suorituskyvyn on todettu parantuvan myös 24–48 tuntia voimaharjoituksesta (Raastad & Hallén 2000; Tsoukos ym. 2017).

Valmistavan harjoituksen vaikutusmekanismit suorituskykyyn ovat kuitenkin epäselvät. Mekanismeiksi esitetty esimerkiksi kehon lämpötilan ja hormonien konsentraatioissa tapahtuvia muutoksia, neuromuskulaarisia muutoksia sekä post-aktivaatio-potentiaatiota. Lisäksi harjoituksen muuttujat, kuten volyyymi ja intensiteetti todennäköisesti vaikuttavat suorituskyvyn potentoitumiseen. On myös mahdollista, että harjoituksen vaikutukset ovat yksilölliset ja kaikki eivät hyödy siitä. (Harrison ym. 2019.)

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää, vaikuttaako valmistava voimaharjoitus ylä- ja alavartalon voimantuottoon 4–6 tuntia kuormituksen jälkeen. Lisäksi tarkoituksena oli selvittää, onko suoritetuilla nopeus- ja maksimivoimaharjoituksilla erilaisia vaikutuksia suorituskykyyn.

2 VALMISTAVAN VOIMAHARJOITUKSEN VAIKUTUS SUORITUSKYKYYN

Valmistavan voimaharjoituksen on todettu aiheuttavan suorituskyvyn potentoitumista 2–6 tuntia kuormituksesta (Cook ym. 2014; Ekstrand ym. 2013; Fry ym. 1995; González-García ym. 2020; Kilduff ym. 2013; Mason ym. 2017; McGowan ym. 2016; Russell ym. 2015; Saez Saez de Villarreal ym. 2007) ja 24–48 tuntia voimaharjoituksesta (Raastad & Hallén 2000; Tsoukos ym. 2017). Suorituskyky on parantunut esimerkiksi hyppysuorituksissa (Saez Saez de Villarreal ym. 2007), sprinteissä (Cook ym. 2014), kuulanheitossa (Ekstrand ym. 2013) ja teho- sekä nopeusominaisuuksissa (González-García ym. 2020). Valmistava harjoitus ei ole kuitenkaan aina suorituskykyyn (Woolstenhulme ym. 2004) tai on voinut heikentää sitä (Howatson ym. 2016).

2.1 Hyppy- ja sprinttisuoritukset

Valmistava voimaharjoitus on vaikuttanut positiivisesti hyppysuorituksiin 5–6 tuntia kuormituksen jälkeen (Cook ym. 2014; Fry ym. 1995; González-García ym. 2020; Russell ym. 2015; Saez Saez de Villarreal ym. 2007). Tsoukosin ym. (2017) tutkimuksessa valmistava harjoitus paransi kevennyshypyn tulosta merkitsevästi 24 ja 48 tuntia kuormituksesta, kun taas Raastadin ja Hallénin (2000) tutkimuksessa kyykkyhyppy oli merkitsevästi parantunut 33 tuntia kuormituksen jälkeen.

Cookin ym. (2014), González-Garcían ym. (2020) ja Saez Saez de Villarrealin ym. (2007) tutkimuksissa maksimivoimakuormitus vaikutti positiivisesti hyppysuoritukseen. Cookin ym. (2014) tutkimuksen maksimivoimakuormitus sisälsi penkkipunnerruksessa ja takakyykyssä sarjat $3 \times 50 \%$, $3 \times 80 \%$, $3 \times 90 \%$ ja $3 \times 100 \%$ kolmen toiston maksimista (3 repetition maximum, 3 RM) 90 sekunnin palautuksilla. Kuormitus paransi merkitsevästi kevennyshypyn tehoa 6 tuntia kuormituksen jälkeen. González-Garcían ym. (2020) tutkimuksessa tehtiin puolikyykyssä kaksi sarjaa 80% 1 yhden toiston maksimista (1 repetition maximum, 1 RM) siten, että liikenopeus sai hidastua maksimissaan 20% sarjan aikana. Kuormitus paransi merkitsevästi kevennyshyppyä 6 tuntia kuormituksesta.

Saez Saez de Villarreal ym. (2007) tutkivat lajinomaisen ja maksimivoimaharjoituksen vaikutuksia hyppysuoritukseen seitsemällä eri kuormituksella. Tutkittavat olivat Espanjan toiseksi korkeimmalla tasolla pelaavia lentopallon pelaajia. Kevennyshyppy, pudotushyppy optimikorkeudelta ja kyykkyhyppy optimikuormalla mitattiin 6 tuntia kuormituksen jälkeen. Kuormitukset sisälsivät 1) 3×5 kyykkyhyppyjä optimikuormalla, 2) takakyykyssä sarjat $2 \times 4 \times 80 \%$ ja $2 \times 3 \times 85 \%$ 1 RM, 3) takakyykyssä sarjat $2 \times 4 \times 80 \%$, $2 \times 2 \times 90 \%$ ja $2 \times 1 \times 95 \%$ 1 RM, 4) 3×5 pudotushypyt optimikorkeudelta, 5) lajinomaisen lentopallon alkulämmittelyn ilman lisäpainoja, 6) takakyykyssä sarjat $3 \times 5 \times 30 \%$ 1 RM ja 7) kontrollin. Kuormitukset 2 ja 3 paransivat merkittävästi pudotushyppyä optimikorkeudelta, mutta kuormitus 1 paransi pudotushypyn lisäksi kyykkyhyppyä 6 tuntia kuormituksesta. Tutkijoiden mukaan lajinomaiset ja korkean intensiteetin kuormitukset voivat parantaa eniten iltapäivän suorituskykyä.

Russellin ym. (2015) tutkimuksen mukaan myös nopeusharjoitus voi parantaa kevennyshyppyä. Heidän tutkimuksessaan pyöräily- ja juoksukuormitukset paransivat merkittävästi kevennyshypyn tulosta 5 tuntia kuormituksesta. Pyöräilykuormitus sisälsi 6×6 sekunnin maksimaalista sprinttiä polkupyöräergometrilla kuorman ollessa 7,5 prosenttia omasta kehonpainosta ja palautusten 54 sekuntia. Juoksukuormitus sisälsi 6×40 metrin juoksusprinttiä 20 sekunnin palautuksella.

Tutkimuksissa on saatu positiivisia tuloksia hyppysuoritukseen yli 6 tuntia harjoituksen jälkeen (Tsoukos ym. 2017; Raastad & Hallén 2000). Tsoukosin ym. (2017) tutkimuksessa tutkittiin nopeusvoimaharjoituksen vaikutusta kevennyshyppyyn ja pudotushypyn reaktiivisen voiman indeksiin. Kuormituksessa suoritettiin kyykkyhyppyissä 5×4 40% 1 RM kuormalla ja testit suoritettiin 24 ja 48 tuntia kuormituksesta. Kevennyshyppy sekä pudotushypyn reaktiivisen voiman indeksi paranivat merkittävästi 24 tunnin kohdalla. Kevennyshyppy pysyi parantuneena vielä 48 tunnin kohdalla, mutta parannus oli suurin 24 tunnin kohdalla. Raastad ja Hallénin (2000) tutkimuksessa kyykkyhyppy parantui merkittävästi (5 %) 33 tuntia kuormituksesta, joka sisälsi etu- ja takakyykyssä sarjat 3×3 70% 3 RM ja polven ojennuksessa 3×6 76% 3 RM kuormalla. Kuormat olivat noin 65 % yhden toiston maksimista.

Voimaharjoitus ei ole kuitenkaan aina vaikuttanut suorituskykyyn (Woolstenhulme ym. 2004) Woolstenhulmen ym. (2004) tutkimuksessa 18 tutkittavaa suorittivat aamulla voimaharjoituksen, joka sisälsi seitsemän liikettä. Liikkeitä tehtiin 3–4 sarjaa, jotka sisälsivät 5–12 toistoa 2–3 minuutin palautuksella. Iltapäivällä (6 tuntia kuormituksesta) testattiin kevennyshyppy, 30 sekunnin Wingate-testi sekä heittotarkkuus. Mikään testeistä ei parantunut verrattuna kontrolliryhmään, joka ei harjoitellut aamulla. Huomioitavaa on, että tutkimuksessa käytetty harjoitusvolyymi oli suurempi verrattuna muihin tutkimuksiin.

Cookin ym. (2014) ja Russellin ym. (2015) tutkimuksissa valmistava harjoitus paransi sprinttisuoritusta. Cookin ym. (2014) tutkimuksessa tutkittavat suorittivat koko vartalon maksimivoimakuormituksen ja sprinttikuormituksen, joka sisälsi 5×40 m juoksusprintit. Molemmat harjoitukset paransivat merkitsevästi 40 metrin juoksuaikaa. Samoin Russellin ym. (2015) tutkimuksessa voimaharjoitus sekä sprinttikuormitus paransivat toistosprinttitesteissä kahden ensimmäisen sprintin aikaa merkitsevästi, mutta kokonaisaikaan kuormitukset eivät vaikuttaneet. Heidän tutkimuksessaan voimaharjoitus sisälsi penkkipunnerruksessa sarjat $5 \times 10 \times 75\%$ 1 RM. Juoksukuormituksessa tehtiin sarjat 6×40 maksimaalista sprinttiä. Toistosprinttitesti sisälsi $6 \times 20 + 20$ m vetoa 180 asteen suunnanmuutoksella.

2.2 Simuloidut kilpailusuoritukset

Tähän päivämäärään mennessä ei löytynyt tutkimuksia, jotka olisivat vertailleet valmistavan voimaharjoituksen vaikutusta todelliseen kilpailusuoritukseen. Simuloituja kilpailusuorituksia ovat kuitenkin käyttäneet Fry ym. (1995), McGowan ym. (2016) ja Marrier ym. (2019). Fryn ym. (1995) tutkimuksessa junioripainonnostajat suorittivat aamupäivällä 5×3 tempausvetoja sekä työntövetoja 3×3 85 % yhden toiston maksimista. Iltapäivällä (5.5 tuntia kuormituksen jälkeen) simuloitiin painonnostokisa sekä mitattiin vertikaalihypyn korkeus. 19 nostajasta kuusi paransi jokaista suoritusta (tempaus, työntö ja vertikaalihyppy).

McGowan ym. (2016) tutkivat aamupäivän harjoituksen vaikutusta sprinttiuintisuoritukseen. Aamupäivällä suoritettiin kaksi erilaista harjoitusta, jotka sisälsivät joko pelkästään uintia tai uintia sekä voimaharjoituksen. 6 tuntia myöhemmin uitiin 100 m sprinttiuinti. Aamulla

suoritetun uintiharjoituksen jälkeen tulos parantui keskimäärin pelkän uintiharjoituksen jälkeen 1,6 % ja uinti- sekä voimaharjoituksen jälkeen 1,7 % verrattuna kontrolliryhmään, joka ei tehnyt aamulla harjoitusta. Muutos oli merkitsevä molempien kuormitusten jälkeen. Myös kehon lämpötila oli merkitsevästi korkeampi kuormitusten jälkeisinä päivinä verrattuna kontrolliin, minkä tutkijat yhdistivät parantuneeseen suorituskykyyn.

Marrierin ym. (2019) tutkimukseen osallistui 12 Ranskan U18 kansallisen tason rugbyjoukkueen pelaajaa. Kuormitus sisälsi lämmittelyn lisäksi pienpelejä ja maksimaalisia sprinttejä 2×50 m. Kaksi tuntia kuormituksen jälkeen tutkittavat suorittivat 6×30 m sprintit 25 sekunnin tauoilla sekä 2×7 minuutin rugbyypelin, josta mitattiin juoksuaktiivisuutta sekä maksimaalista sprinttinopeutta. Lisäksi pelaajilta mitattiin laktaatti, kortisoli, testosteroni ja verrattiin kuormituksen vaikutusta psykologiseen valmiuteen. Kuormitus ei vaikuttanut fyysiseen suorituskykyyn, mutta parempi psykologinen valmius raportoitiin kuormituksen jälkeen.

2.3 Voimantuotto

Valmistava voimaharjoitus on vaikuttanut positiivisesti alaraajojen räjähtävään voimantuottoon (Ekstrand ym. 2013; González-García ym. 2020). Ekstrandin ym. (2013) tutkimuksessa pään yli taakse -heitto (PYT) parantui merkitsevästi 4–6 tuntia kuormituksesta. Kuormitus sisälsi takakyykkysarjan epäonnistuneeseen nostoon asti 85 % yhden toiston maksimista ja neljän toiston raakarinnallevetosarjan maksimaalisella intensiteetillä. Tsoukosin ym. (2017) tutkimuksessa räjähtävä voimantuotto (rate of force development, RFD) oli merkitsevästi parantunut 24 ja 48 tuntia nopeusvoimakuormituksen kuormituksen jälkeen. González-Garcían ym. (2020) tutkimuksessa keskiteho ja -nopeus 80 % 1 RM kuormalla parantuivat merkitsevästi 6 tuntia maksimivoimaharjoituksen jälkeen.

Valmistavan voimaharjoituksen vaikutusta maksimivoimaan on tutkittu vähän, mutta tulokset ovat olleet positiivisia. Cookin ym. (2014) tutkimuksessa maksimivoimakuormitus paransi penkin ja takakyykyn 3 RM tulosta 6 tuntia kuormituksen jälkeen. Masonin ym. (2017) tutkimuksessa ballistisen penkkipunnerruksen huipputeho, -voima ja -nopeus parantuivat

merkitsevästi 2 tuntia kuormituksesta. Kuormitus sisälsi takakykyssä ja penkkipunnerruksessa 4 × 3 sarjat kuminauhoilla aiheuttaen yläasennossa 47 kilon vastuksen. Taulukossa 1 on esitelty muuttujat, joissa on todettu suorituskyvyn potentoituminen.

TAULUKKO 1. Muuttujat, joissa on havaittu suorituskyvyn potentoituminen.

Testattava ominaisuus	Suorituskykymuuttuja	Tutkimukset
Alavartalon voimantuotto	Vertikaalihyppy optimikuormalla	Saez Saez de Villarreal ym. (2007)
	Vertikaalihyppy	Raastad & Hallén (2000), Saez Saez de Villarreal ym. (2007), Cook ym. (2014), Russell ym. (2015), Tsoukos ym. (2017), González-García ym. (2020)
	3 RM takakyky	Cook ym. (2014)
	RFD, pudostuhypyn RVI	Tsoukos ym. (2017)
	Keskiteho- ja nopeus 80 % 1 RM puolikyky	González-García ym. (2020)
Ylävartalon voimantuotto	3 RM penkkipunnerrus Heittopenkki teho, nopeus, voima	Cook ym. (2014) Mason ym. (2017)
Sprintit	40 m juoksuaika Juoksuaika 40 m (180° suunnanmuutos)	Cook ym. (2014) Russell ym. (2015)
Kuulanheitot	PYT	Ekstrand ym. (2013)
Kilpailusuoritus	Olympianostot 100 m uintiaika	Fry ym. (1995) McGowan ym. (2016)

PYT = pään yli taakse heitto, RFD= räjähtävä voimantuotto (rate of force development), RVI= reaktiivisen voiman indeksi.

Voimaharjoitus on vaikuttanut akuutisti myös negatiivisesti voimantuottoon (Howatson ym. 2016; McCalley ym. 2008; Morán-Navarro ym. 2017). Howatson ym. (2016) tutkimuksessa

10 olympiatason yleisurheilijaa osallistui tutkimukseen, jonka tarkoituksena oli tutkia maksimi- ja nopeusvoimaharjoituksen akuutteja neuromuskulaarisia vasteita. Maksimivoimakuormitus sisälsi takakykyssä, askelkykyssä ja pystypunnerruksessa 4×5 sarjat, joiden kuormana oli RPE 16-17 Borgin 20 kohdan asteikolla. Nopeusvoimakuormitus sisälsi pikakykyssä, askelkykyhyppyssä ja vauhtipunnerruksessa samat sarjat, mutta vain 30 % kuormasta, jota käytettiin maksimivoimakuormituksessa. Lisäksi liikkeet pyrittiin tekemään maksimaalisella nopeudella. 24 tuntia kuormituksen jälkeen mitattiin kevennyshyppy, isometrinen maksimivoima ja sentraalinen aktivaatio. Nopeusvoimakuormitus ei vaikuttanut suorituskykyyn, mutta maksimivoimakuormituksen jälkeen isometrinen maksimivoima oli merkitsevästi heikentyneenä 24 tuntia kuormituksesta.

McCalley ym. (2008) tutkimuksessa tutkittiin maksimi- ja nopeusvoimakuormituksen sekä hypertrofisen kuormituksen vaikutusta isometrisen jalkakyykyn aikana mitattuihin muuttujiin sekä testosteronin ja kortisolin konsentraatioihin. Isometrisen jalkakyykyn aikana mitattiin huippuvoima, RFD ja lihasaktiivisuus (kaksipäinen reisilihas ja sisempi reisilihas). Maksimivoimakuormitus sisälsi takakykyssä sarjat 11×3 90 % 1 RM kuormalla, hypertrofinen kuormitus sisälsi takakykyssä sarjat 4×10 75 % 1 RM kuormalla ja nopeusvoimakuormitus kyykyhyppyssä 8×6 sarjat kehonpainolla. Mittauksia tehtiin yhteensä neljä: heti suorituksen jälkeen, tunti, 24 ja 48 tuntia kuormituksesta. Ainoastaan maksimivoimakuormituksen jälkeen RFD oli merkitsevästi heikentynyt vielä 24 tuntia kuormituksesta. Muissa muuttujissa ei havaittu merkitseviä muutoksia eri mittauspisteiden tai kuormitusmallien jälkeen. Nopeusvoimaharjoituksen jälkeen huippuvoima oli korkeammalla jokaisen mittauspisteen kohdalla verrattuna kontrolliin, mutta muutokset eivät olleet tilastollisesti merkitseviä.

Morán-Navarron ym. (2017) tutkimukseen osallistui 10 voimaharjoitellutta miestä, minkä tarkoituksena oli analysoida kolmen eri harjoituksen kuormittavuuden vaikutusta palautumiseen. Ensimmäinen kuormitus sisälsi sarjat 3×5 kuormalla, jolla tutkittava pystyi tehdä 10 toistoa (noin 75 % 1 RM). Toisessa kuormituksessa samalla kuormalla tehtiin 6×5 sarjat ja kolmannessa kuormituksessa 3×10 . Heti kuormituksen jälkeen ja 6, 24, 48 sekä 72 tuntia myöhemmin mitattiin kevennyshyppy, penkissä ja kyykyssä tangon liikenopeus 75 % 1 RM kuormalla ja V1-kuormalla sekä seerumin testosteronin ja kortisolin konsentraatio. V1-

kuorma on kuorma, jolla pystytään tuottamaan 1 m/s keskimääräinen työntönopeus. Ensimmäinen kuormitus ei vaikuttanut muuttujiin merkitsevästi ja toisen kuormituksen jälkeen ainoastaan testosteronin konsentraatio oli koholla 48 ja 72 tuntia kuormituksesta. Kolmannen kuormituksen jälkeen suorituskyky oli heikentynyt usean muuttujan osalta. Kevennyshyppy oli merkitsevästi heikentynyt 6, 24 ja 48 tuntia kuormituksen jälkeen. Puolikyökyn liikenopeus oli heikentynyt merkitsevästi V1-kuormalla ja 75 % 1 RM kuormalla 24 tuntia kuormituksesta. Penkkipunnerruksessa V1-kuorman liikenopeus oli heikentynyt merkitsevästi 6 ja 48 tuntia kuormituksen jälkeen ja 75 % 1 RM kuormalla 24 tuntia kuormituksesta. Lisäksi testosteroni oli koholla verrattuna lepoarvoihin 24, 48 ja 72 tuntia kuormituksen jälkeen. Taulukossa 2 on kuvattu tutkimukset, joissa on tutkittu harjoituksen aiheuttamia akuutteja vasteita suorituskykyyn.

TAULUKKO 2. Tutkimukset, niiden kuormitusmallit, tutkitut muuttujat ja aika kuormituksesta.

	Tutkittavat	Kuormitusmalli	Tutkitut muuttujat	Aika
Fry ym. (1995)	Junior-painonnostajat n=19 miestä (6 paransi jokaista suoritusta) ikä = 17.3 ± 1.9	Työntövedot 3 × 3 85 % 1 RM Tempausvedot 5 × 3 85 % 1 RM	↑ Tempaus ↑ Työntö ↑ VH	5.5 h
Raastad & Hallén (2000)	Voimanostajat, keihäänheittäjä, pikaluistelija n=10 miestä ikä = 27.5 ± 1	1) Taka- ja etukyykky 3 × 3 100 % 3 RM Polvenojennus 3 × 6 100 % 6 RM 2) Taka- ja etukyykky 3 × 3 70 % 3 RM Polvenojennus 3 × 6 76 % 6 RM	↓ VH (3–11, 22 h) ↓ Maksimivoima (11, 22 h) ↓ Voima sähköstimulaatiolla (22 h) ↑ VH (33 h) ↔ Maksimivoima ↔ Voima sähköstimulaatiolla	3, 7, 11, 22, 26, 30, 33 h

Woolstenhulme ym. (2004)	1 divisioonan koripalloilijat n=18 naista ikä = 20 ± 2	Rinnalleveto riipusta Raaka työntö Penkkipunnerrus Takakyykky Pystypunnerrus Polven koukistus Vinopenkki 3-4 × 5-12 × 60-80 % 1 RM	↔ VH ↔ Wingate 30 s teho ↔ Heittotarkkuus	6 h
Saez Saez de Villarreal ym. (2007)	1 divisioonan lentopalloilijat n=12 miestä ikä = 22.5 ± 1.5	1) 3×5 kyykkyhyppy optimikuormalla 2) Takakyykky 2×4×80 % ja 2×3×85 % 1 RM 3) Takakyykky 2×4×80 %, 2×2×90 % ja 2×1×95 % 1 RM	↑ PHO ↑ KHO ↔ KH ↑ PHO ↔ KHO ↔ KH ↑ PHO ↔ KHO ↔ KH	6 h
McCalley ym. (2008)	Yleisurheilijat n=10 miestä ikä = 21.8 ± 1.9	1) Takakyykky 11 × 3 90 % 1 RM 2) Kyykkyhyppy 8 × 6 3) Takakyykky 4 × 10 75 % 1 RM	↓ RFD (24 h) ↔ Huippuvoima ↔ Lihasaktiivisuus ↔ T ↔ K ↔ RFD ↔ Huippuvoima ↔ Lihasaktiivisuus ↔ T ↔ K	1, 24 ja 48 h
Ekstrand ym. (2013)	Heittolajien yleisurheilijat n=14, 6 naista ja 8 miestä ikä = 20.7 ± 2.5	Takakyykky 1 × 85 % 1 RM uupumukseen Rinnalleveto 4 toiston sarjoina 100 % 4 RM uupumukseen asti	↑ PYT ↔ VH	4-6 h

Cook ym. (2014)	Puoliammattilaiset rugbypelaajat	1) Juoksuvedot 5 × 40 m	↑ 40 m juoksuaika ↔ 3R M penkkipunnerrus ↔ 3R M takakyykky ↔ KH ↔ T ↑ K	6 h
	n=18 miestä			
	ikä = 22 ± 1	2) Penkkipunnerrus ja takakyykky 3 × 50 %, 3 × 80 %, 3 × 90 %, 3 × 100 % 3 RM	↑ 40 m juoksuaika ↑ 3R M penkkipunnerrus ↑ 3R M takakyykky ↑ KH ↑ T ↑ K	
Russell ym. (2015)	Ammattilaiset rugbypelaajat	1) Penkkipunnerrus 5 × 10 × 75 % 1R M	↑ juoksuaika toistoprinttitesti ↔ KH ↔ reaktioaika ↑ T ↔ K	5 h
	n=15 miestä			
	ikä = 24 ± 3	2) Juoksu 6 × 40 m	↑ juoksuaika toistoprinttitesti ↑ KH ↔ reaktioaika ↑ T ↔ K	
		3) Pyöräily 6 × 6 s	↔ juoksuaika toistoprinttitesti ↑ KH ↔ reaktioaika ↔ T ↔ K	
Howatson ym. (2016)	10 Olympiatason yleisurheilijaa	1) Kyykky askelkyykky ja pystypunnerrus 4 × 5 RPE 16-17/20	↔ KH ↓ Maksimivoima ↔ Sentraalinen aktivaatio	24 h
	n=10, 6 miestä, 4 naista			
	ikä= miehet 28 ± 2, naiset 26 ± 5	2) Pikakyykky, askelkyykky ja vauhtipunnerrus 4 × 5 30 % RPE 16–17/20	↔ KH ↔ Maksimivoima ↔ Sentraalinen aktivaatio	

McGowan ym. (2016)	Kansallisen tason uimarit n=13, 6 naista, 7 miestä ikä = naiset 17 ± 3 ja miehet 19 ± 3	1) Uinti 1200 m 2) Uinti + kuntopiiri 1200 m uinti, juoksuvedot 3 × 10 m, 4 × vertikaalihypyt, 5 × vertikaalipunnerrukset, 3 × 3 kuntopalloheitot, 3 × 10 s simuloidut delfiinipotkut	↑ 100 m uintiaika ↑ Kehon lämpötila ↑ 100 m uintiaika ↑ Kehon lämpötila	6 h
Mason ym. (2017)	Osavaltion tasoiset rugbypelaajat n=13 ikä = 18.5 ± 0.5	Takakyykky ja penkkipunnerrus kuminauhoilla 4 × 3	↓ KH huipputeho ↓ KH huippuvoima ↓ KH huippunopeus ↑ BP huipputeho ↑ BP huippuvoima ↑ BP huippunopeus	2 h
Morán-Navarro ym. (2017)	8.2 ± 3.5 vuoden kokemus voimaharjoittelusta n = 10 miestä ikä = 21.5 ± 4.0	1) Takakyykky ja penkki 3 × 5 75 % 1 RM 2) Takakyykky ja penkki 6 × 5 75 % 1 RM 3) Takakyykky ja penkki 3 × 10 75 % 1 RM	↔ KH ↔ V1-kuorma kyykky ↔ V1-kuorma penkki ↔ Tangon nopeus 75 % 1 RM kyykky ↔ Tangon nopeus 75 % 1 RM penkki ↑ T (48, 72 h kuormitus 2) ↔ K ↓ KH (6, 24, 48 h) ↓ V1-kuorma kyykky (24 h) ↓ V1-kuorma penkki (6, 48 h) ↓ Tangon nopeus 75 % 1 RM kyykky (24 h) ↓ Tangon nopeus 75 % 1 RM penkki (24 h) ↑ T (24, 48, 72 h) ↔ K	6, 24, 48, 72 h

Tsoukos ym. (2017)	Kansallisen tason teho- ja nopeuslajien urheilijoita n=17 miestä ikä = 22.7 ± 0.5	Kyykkyhyppy 5 × 4 40 % 1 RM	↔ Maksimivoima ↑ KH (24, 48 h) ↑ RVI (24 h) RFD ↑ 0–100 ms (24, 48 h) ↑ 0–200 ms (24 h) ↑ 0–300 ms (24 h)	24 ja 48 h
Marrier ym. (2019)	Ranskan U18 rugbyn maajoukkue n=12 miestä ikä = 17 ± 0.5	Pienpelit ja 2 × 50 m maksimaalisella intensiteetillä	↔ 6 × 30 m ↔ Aktiivisuus ja maksimaalinen nopeus pelissä ↑ Psykkinen valmius ↔ T ↔ K	2 h
González- García ym. (2020)	Vähintään vuoden kokemus voimaharjoittelusta n=11, 10 miestä, 1 nainen ikä = 24.6 ± 4.1	1) Puolikyökky 2 × 80 % 1 RM, 20 % nopeuden muutos 2) Puolikyökky 2 × optimikuormalla 20 % nopeuden muutos	↑ KH ↔ Puolikyökyn keskiteho ja - nopeus optimikuormalla ↑ Puolikyökyn keskiteho- ja nopeus 80 % 1 RM ↔ Valmius harjoitukseen ↔ KH ↔ Puolikyökyn keskiteho ja - nopeus optimikuormalla ↔ Puolikyökyn keskiteho- ja nopeus 80 % 1 RM ↔ Valmius harjoitukseen	6 h

PYT = pään yli taakse heitto, VH = vertikaalihinnoitus, PHO = pudotushyppy optimikorkeudelta, KHO = kyykkyhyppy optimikuormalla, KH = kevennyshyppy, RVI = reaktiivisen voiman indeksi, T = testosteroni, K = kortisoli, BP = ballistinen penkkipunnerrus, ↑ = parantui merkitsevästi verrattuna kontrolliin/lepoarvoihin, ↓ = heikentyi merkitsevästi verrattuna kontrolliin/lepoarvoihin, ↔ = ei merkitsevää muutosta verrattuna kontrolliin/lepoarvoihin.

3 SUORITUSKYVYN POTENTOITUMISEEN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT

3.1 Valmistavan harjoituksen intensiteetti ja volyymi

Suorituskyky on parantunut yleensä raskasintensiteettisen ja kevytvolyymisen harjoituksen jälkeen. Myös kevyesti kuormatut ballistiset harjoitteet ovat parantaneet suorituskykyä. Lisäksi harjoitusten liikkeet on pyritty tekemään maksimaalisella nopeudella. (Harrison ym. 2019.) McGowanin ym. (2016) tutkimus on ainoa, jossa suorituskyky on parantunut pitkäkestoisen uintikuormituksen ja kevytintensiteettisen kuntopiirin jälkeen. Tutkimuksessa jo pelkkä uintikuormitus paransi iltapäivän suorituskykyä, joten on mahdollista, että kuntopiirillä ei ollut merkittävää vaikutusta suorituskykyyn (Harrison ym. 2019).

Suorituskyky on yleensä potentoitunut, kun voimaharjoituksessa käytetty intensiteetti on ollut 80–100 % 1 RM (Cook ym. 2014; Ekstrand ym. 2013; Fry ym. 1995; González-García ym. 2020; Saez Saez de Villarreal ym. 2007.) Ballististen liikkeiden intensiteettinä on käytetty 30–40 % 1 RM (Saez Saez de Villarreal ym. 2007; Tsoukos ym. 2017). Kahdessa tutkimuksessa myös sprinttikuormituksen jälkeen suorituskyky on parantunut. Cookin ym. (2014) tutkimuksessa 5 × 40 m sprinttikuormitus paransi juoksuaikaa kuten myös Russelin ym. (2015) tutkimuksessa 6 × 40 m sprinttikuormitus paransi juoksuaikaa ja kevennyshypyn korkeutta.

Intensiteetin lisäksi myös volyymi vaikuttaa harjoituksen akuutteihin vasteisiin. Kuormituksissa, joissa on käytetty ≥ 80 % 1 RM kuormia, volyymi on vaihdellut tutkimuksissa 10–14 toiston välillä (González-García ym. 2020; Saez Saez de Villarreal ym. 2007). Ekstrandin ym. (2013) tutkimuksessa ei kerrota volyymin määrää, mutta tutkimuksen kuormitus sisälsi takakykyssä 85 % 1 RM sarjan uupumukseen asti, jonka jälkeen tutkittavat tekivät rinnallevettoa neljän toiston sarjoina maksimaalisella intensiteetillä. Cookin ym. (2014) tutkimuksessa tehtiin taas 9 toistoa ≥ 80 % 3 RM kuormalla. Fryn ym. (1995) osa tutkittavista paransi suorituskykyä, kun he tekivät 24 toistoa 85 % 1 RM kuormalla tempaus- ja työntövetoa.

Russellin ym. (2015) tutkimus on ainoa, jossa tyypillinen hypertrofinen harjoitus on parantanut suorituskykyä. Tutkimuksessa suoritettiin penkkipunnerruksessa 50 toistoa 75 % 1 RM

intensiteetillä. Suorituskyvyn potentoitumista saattaa selittää se, että kuormitus tehtiin ylävartalolle ja 5 tuntia myöhemmin juoksuaika parantui, jolloin kuormitus ei aiheuttanut väsymystä alaraajoille. Myös Raastad ja Hallénin (2000) tutkimuksessa suuri volyyminen harjoitus paransi suorituskykyä. Tutkimuksessa käytetty intensiteetti oli noin 65 % 1 RM kuormasta ja toistoja oli 36 samalle lihasryhmälle. Lisäksi liikkeet tehtiin rauhallisesti ja hallitusti. Sama volyyymi 82–92 % 1 RM intensiteetillä taas heikensi suorituskykyä.

Ballistisissa kuormituksissa volyymin määrä on vaihdellut 12–20 toiston välillä (Mason ym. 2017; Saez Saez de Villarreal ym. 2007; Tsoukos ym. 2017). Saez Saez de Villarrealin ym. (2007) tutkimuksessa 15 kyykkyhyppyä optimikuomalla vaikutti positiivisesti suorituskykyyn. Masonin ym. (2017) tutkimuksessa 12 toistoa ballistisessa penkkipunnerruksessa paransi ballistisen penkkipunnerruksen huipputehoa, -voimaa ja -nopeutta. Tutkimuksessa ei kerrota intensiteettiä, mutta kuminauhut aiheuttivat yläasennossa noin 47 kilon vastuksen. Tsoukosin ym. (2017) tutkimuksessa 20 kyykkyhyppyä 40 % 1 RM intensiteetillä potentoi suorituskykyä 24 ja 48 tuntia myöhemmin. Taulukossa 3 on esitelty kuormitusten muuttujat niissä tutkimuksissa, joissa on todettu suorituskyvyn parantuminen.

TAULUKKO 3. Valmistavien harjoitusten muuttujat tutkimuksissa, joissa on todettu suorituskyvyn potentoituminen.

Volyyymi	Intensiteetti	Sarjat × toistot × % 1 RM	Harjoitustyypit
36, 50	~ 65, 75 % 1 RM	2340, 3000	Hypertrofinen/ hidas liikenopeus
12–20	30–40 % 1 RM	450–800	Ballistinen/ maksimaalinen liikenopeus
10–14	≥ 80 % 1 RM	~800–1190	Maksimivoima

Kuormituksissa, joissa käytetty intensiteetti on ollut 60–90 % 1 RM, ei ole kuitenkaan aina havaittu vaikuttavan suorituskykyyn tai se jopa on heikentänyt sitä (McCalley ym. 2008; Morán-Navarro ym. 2017; Woolstenhulme ym. 2004). McCalley ym. (2008) tutkimuksessa tehtiin takakyykyssä 33 toistoa 90 % 1 RM kuormalla ja havaittiin räjähtävän voimantuoton heikentyneen 24 tuntia kuormituksen jälkeen. Suorituskykyyn ei kuitenkaan vaikuttanut nopeusvoimakuormitus tai hypertrofinen kuormitus. Nopeusvoimakuormitus sisälsi 48

kyykkyhyppyä kehonpainolla ja hypertrofinen kuormitus takakyykyssä 40 toistoa 75 % 1 RM kuormalla. Woolstenhulmen ym. (2004) tutkimuksessa käytetty volyyymi on kaikista suurin edellä mainituista tutkimuksista. Kuormitus sisälsi 7 liikettä, joita tehtiin vähintään 162 toistoa 60–80 % 1 RM kuormalla. 6 tuntia myöhemmin suorituskyky ei laskenut, mutta on epätodennäköistä, että näin isolla volyyymilla pystyttäisiin parantamaan suorituskykyä akuutisti.

Myös harjoituksen kuormittavuus vaikuttaa suorituskykyyn. Uupumukseen asti tehty kuormitus voi heikentää suorituskykyä enemmän ja pidemmän aikaa, vaikka käytetty volyyymi ja intensiteetti olisivat samat kuin muissa sarjoissa (Morán-Navarro ym. 2017). Morán-Navarron ym. (2017) tutkimuksessa 10 voimaharjoittelutta miestä osallistui tutkimukseen, jonka tarkoituksena oli analysoida kolmen eri harjoituksen kuormittavuuden vaikutusta palautumiseen. Kuormitukset sisälsivät sarjat 3×5 , 6×5 ja 3×10 kuormalla, jolla tutkittava pystyi tekemään 10 toistoa (noin 75 % 1 RM). Ainoastaan 3×10 kuormituksen jälkeen suorituskyky heikkeni, vaikka volyyymi oli sama 6×5 kuormituksen kanssa. Tutkijoiden mukaan räjähtävä voimantuotto voi olla heikentyneenä 48 tuntia kuormituksen jälkeen, joka on tehty uupumukseen asti.

Myös Pareja-Blancon ym. (2020) havaitsivat suuremman suorituskyvyn heikkenemisen uupumukseen asti tehtyjen kuormitusten jälkeen. Heidän tutkimuksessaan verrattiin 10 erilaisen harjoituksen vaikutusta hermolihasjärjestelmän palautumiseen ja hormonaalisiin vasteisiin. Kuormituksissa suoritettiin takakyykyssä ja penkkipunnerruksessa kolme sarjaa joko maksimaalisella toistomäärällä tai vain puolella maksimimäärästä. Kuormitukset sisälsivät sarjat $3 \times 12 \times 12$ RM, $3 \times 6 \times 12$ RM, $3 \times 10 \times 10$ RM, $3 \times 5 \times 10$ RM, $3 \times 8 \times 8$ RM, $3 \times 4 \times 8$ RM, $3 \times 6 \times 6$ RM, $3 \times 3 \times 6$ RM, $3 \times 4 \times 4$ RM ja $3 \times 2 \times 4$ RM. Kuormat olivat noin 70, 75, 80, 85 ja 90 % arvioidusta 1 RM tuloksesta. Tutkimuksessa mitattiin kevennyshyppy ja tangon liikenopeus kyykyssä sekä penkissä V1-kuormalla 6, 24 ja 48 tuntia kuormituksen jälkeen.

Kuormituksissa, joissa tehtiin vain puolet maksimaalisesta toistomäärästä, suorituskyky palautui 6 tuntia kuormituksen jälkeen. Uupumukseen asti tehdyt kuormitukset johtivat suurempaan väsymykseen ja pidempään palautumiseen, varsinkin korkeavolyymisissa

kuormituksissa (8–12 RM), joissa suorituskyky palautui lepotasolle vasta 48 tuntia kuormitusten jälkeen. Uupumukseen asti tehdyille harjoitukselle oli ominaista suurempi liikenopeuden heikkeneminen kuormituksen aikana (penkkipunnerrus: 50–60 % ja kyykky: 40–50 %). Tutkijoiden mukaan maksimissaan 25 % penkkipunnerruksessa ja 20 % kyykyssä liikenopeuden hidastuminen mahdollistaisi nopeamman palautumisen, jolloin uusi harjoitus tai kilpailu olisi mahdollista suorittaa.

3.2 Valmistavan harjoituksen harjoitteet

Harjoitteiden ja liikkeiden määrä on vaihdellut tutkimuksissa, joissa on todettu suorituskyvyn potentioitumista. Osa tutkimuksista on käyttänyt 2–3 harjoitetta samalle lihasryhmälle (Ekstrand ym. 2013; Fry ym. 1995; Raastad ja Hallén 2000), mutta osa on yhtä harjoitetta (Cook ym. 2014; González-Gacía ym. 2020; Mason ym. 2017; Russell ym. 2015; Saez Saez de Villarreal ym. 2007; Tsoukos ym. 2017). McGowan ym. (2016) tutkimus on ainoa, jossa on käytetty yli kolmea harjoitetta samalle lihasryhmälle.

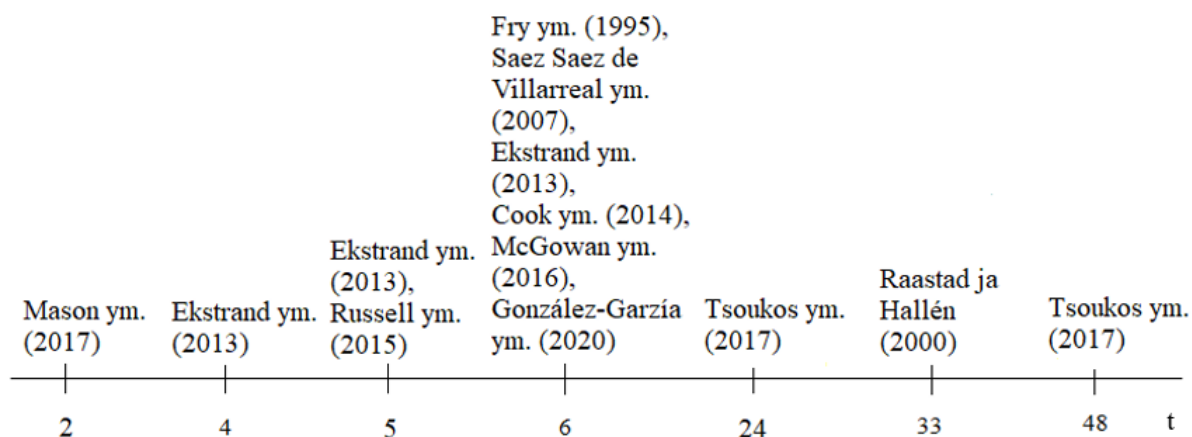
Kyykky, kyykyn ballistiset versiot tai vertikaalihyppy ovat olleen yleisin harjoite alaraajoille (Cook ym. 2014; González-Gacía ym. 2020; Mason ym. 2017; Raastad ja Hallén 2000; Russell ym. 2015; Saez Saez de Villarreal ym. 2007; Tsoukos ym. 2017). Myös rinnallevetoa, työntö- ja tempausvetoa sekä polven ojennusta on käytetty tutkimuksissa (Fry ym. 1995; Ekstrand ym. 2013; Raastad ja Hallén 2000). Sprinttien on todettu parantavan suorituskykyä kahdessa tutkimuksessa (Cook ym. 2014, Russell ym. 2015). Ylävartalolle yleisin harjoite on ollut penkkipunnerrus (Cook ym. 2014, Mason ym. 2017; Russell ym. 2015).

Ekstrandin ym. (2013) tutkimuksessa havaittiin kyykky- ja rinnallevetoharjoitteen jälkeen parannus kuulanheitossa, mutta ei kevennyshypyssä. Tutkijat perustelivat tulosta siten, että rinnallevedon liikemalli vastaa enemmän kuulanheittoa, jolloin kuormitus ei ollut tarpeeksi lajinomainen hyppysuorituksen parantumiseen. Suorituskyvyssä on havaittu positiivinen muutos, kun kuormitus on sisältänyt harjoitteita samoille lihasryhmille, joita on testattu myöhemmin (Cook ym. 2014; González-García ym. 2020; Mason ym. 2017; Raastad ja Hallén 2000; Saez Saez de Villarreal ym. 2007; Tsoukos ym. 2017). Ainoastaan Russellin ym. (2015)

tutkimuksessa on havaittu alaraajojen suorituskyvyn kehitys ylävartalon voimaharjoituksen jälkeen. Harjoitteiden kannattaisi todennäköisesti olla mahdollisimman lajinomaisia (Harrison ym. 2019; Mason ym. 2020).

3.3 Palautumisaika harjoituksen jälkeen

Suorituskyvyssä on havaittu eniten positiivisia muutoksia 4–6 tuntia kuormituksen jälkeen (Cook ym. 2014; Ekstrand ym. 2013; Fry ym. 1995; González-García ym. 2020; McGowan ym. 2016; Russell ym. 2015; Saez Saez de Villarreal ym. 2007), mutta myös tämän aikaikkunan ulkopuolella on havaittu suorituskyvyn potentoitumista. Masonin ym. (2017) tutkimuksessa ylävartalon voimaominaisuudet paranivat 2 tuntia kuormituksen jälkeen. Raastad ja Hallénin (2000) tutkimuksessa havaittiin positiivinen muutos suorituskyvyssä 33 tuntia kuormituksesta. Tsoukosin ym. (2017) tutkimuksessa kevennyshyppy ja RFD olivat parantuneet 24 ja 48 tuntia kuormituksen jälkeen. Kuvassa 1 on esitelty aikajana suorituskyvyn potentoitumiseen harjoituksen jälkeen.



KUVA 1. Tutkimusten lepoaika kuormituksen jälkeen, jolloin on havaittu positiivinen muutos suorituskyvyssä.

Raastad ja Hallénin (2000) tutkimuksessa tutkittiin raskaan ja keskiraskaan intensiteetin kuormitusten vaikutusta maksimaaliseen tahdonalaiseen voimantuottoon isokineettisessä polven ojennuksessa, kyykkyhyppyyn ja sähköstimulaatiolla tuotettuun voimaan. Raskasintensiteettisessä kuormituksessa suoritettiin taka- ja etukyykyssä sarjat 3×3 100 % 3

RM (~ 92 % 1 RM) kuormalla sekä polvenojennuksessa sarjat 3×6 100 % 6 RM (~ 82 % 1 RM) kuormalla. Keskiraskaan intensiteetin kuormituksessa suoritettiin samat sarjat ja toistot, mutta vain etu- ja takakykyssä 70 % 3 RM ja polven ojennuksessa 76 % 3 RM (~ 65 % 1 RM) kuormalla. Liikkeet pyrittiin tekemään hitaasti ja hallitusti. Testit tehtiin ennen kuormitusta ja 3, 7, 11, 22, 26, 30, 33 tuntia kuormituksen jälkeen. Kyykkyhyppy parantui merkitsevästi (5 %) 33 tuntia keskikovan kuormituksen jälkeen verrattuna lepotasoihin. Muissa muuttujissa tai mittauspisteissä ei havaittu merkitseviä eroja kuormituksen jälkeen. Raskasintensiivisen kuormituksen jälkeen muuttujien heikentyminen olikin suurempaa kuin keskiraskaan kuormituksen jälkeen. Kyykkyhyppy oli merkitsevästi heikentynyt 3–22 tuntia kuormituksen jälkeen. Maksimivoima oli merkitsevästi heikentynyt 11 ja 22 tuntia kuormituksen jälkeen ja sähköstimulaatiolla tuotettu voima 22 tuntia kuormituksen jälkeen.

Mielenkiintoinen havainto tutkimuksessa oli ensimmäisen päivän aikana tapahtuva nopean palautumisen vaihe suorituskäytössä. Raskasintensiivisen kuormituksen jälkeen (3–7 tuntia), vain kyykkyhyppy oli merkitsevästi heikentynyt verrattuna lepoarvoihin. Suorituskyky alkoi laskea uudelleen 11 tuntia kuormituksen jälkeen, jolloin myös maksimivoima oli merkitsevästi heikompi verrattuna lepoarvoihin. Suorituskyky oli alhaisimmillaan 22 tuntia kuormituksen jälkeen, palautuen uudelleen lepotasolle 33 tunnin jälkeen. Tutkijat arvelivat suorituskäytön toisen laskun johtuvan esimerkiksi päivittäisestä vaihtelusta tai harjoittelun aiheuttamista myöhästyneistä mekanismeista, kuten muutoksista eksitaatio-supistus-kytkennässä ja häiriöistä supistumisproteiineissa. (Raastad ja Hallénin 2000.) Valmistavan harjoituksen jälkeen saattaa siis olla ajanjakso, jolloin suorituskäytöksi olisi parhaimmillaan. Tällöin kuormituksen tekeminen tiettyyn aikaan olisi tärkeää, jotta suorituskäytöksi olisi maksimaalinen kilpailussa.

3.4 Suorituskyvyn potentioitumista selittävät tekijät

Valmistavan harjoituksen mekanismit suorituskäytön potentioitumiseen ovat epäselvät. Ilmiötä on pyritty selittämään neuromuskulaarisia muutoksilla, post-aktivaatio-potentiaatiolla (PAP), vuorokausirytmillä, hormoneiden konsentraatioilla, kehon lämpötilan kasvulla ja psyykkisillä tekijöillä. On myös mahdollista, että valmistavan voimaharjoituksen vaikutus on yksilöllinen ja kaikki eivät välttämättä hyödy siitä. (Harrison ym. 2019.)

Saez Saez de Villarreal ym. (2007) arvelivat positiivisen muutoksen suorituskyvyssä johtuvan harjoituksen aiheuttamasta korkean frekvenssin motoristen yksiköiden stimuloitumisesta, joka saattaisi parantaa räjähtävää voimantuottoa. Tutkijoiden mukaan voimaharjoituksen positiivisia vaikutuksia on mahdollista maksimoida tekemällä liikkeet maksimaalisen nopeasti. Harrisonin ym. (2019) mukaan on mahdollista, että voimaharjoitus parantaa akuutisti erityisesti hermolihasarjestelmän kykyä käyttää pitenemis-lyhenemissyklusta. Ei ole kuitenkaan varmaa, voiko voimaharjoitus vaikuttaa akuutisti hermolihasarjestelmään.

Post-aktivaatio-potentiaation (PAP) on todettu parantavan submaksimaalista voimantuottoa 0,5–4 minuuttia kuormituksen jälkeen (Blazevich & Babault 2019.) PAP johtuu todennäköisesti myosiinin kevyiden päiden fosforylaatiosta tyypin II lihassoluissa. Myös lisääntynyttä neuraalista aktivaatiota ja lihaksen pennaatiokulman muutoksia on ehdotettu taustamekanismiksi. (Seiz & Haff 2016; Tillin & Bishop 2009.) PAP voidaan todeta ihmisillä mittaamalla passiivisen lihasnykäyksen voima (twitch force responses) supramaksimaalisella sähköstimulaatiolla kuormituksen jälkeen. Post-aktivaatio-potentiaation vaikutus tahdonalaisen lihaksen voimantuottoon on kuitenkin epävarmaa, koska suorituskyky on saattanut tutkimuksissa parantua, vaikka post-aktivaatio-potentiaatiota ei ole todettu tai mitattu (Blazevich & Babault 2019; Cuenca-Fernández ym. 2017; Prieske ym. 2020; Zimmermann ym. 2020.) Tutkimuksissa, joissa on havaittu suorituskyvyn potentioitumista 2–48 tuntia kuormituksen jälkeen ei ole mitattu passiivisen lihasnykäyksen voimaa. Ei siis voida todeta, että potentioituminen johtuisi post-aktivaatio-potentiaatiosta.

Post-aktivaatio-potentiaatiosta olisikin hyvä erottaa toinen ilmiö, joka vaikuttaa tahdonalaisen voimantuoton parantumiseen. Tätä ilmiötä on alettu kirjallisuudessa kutsumaan kuormituksen jälkeiseksi suorituskyvyn parantumiseksi (post-activation performance enhancement, PAPE). PAPE:n vaikutusikkunaksi on todettu aiemmissa tutkimuksissa 5–15 minuuttia kuormituksen jälkeen, joka ei yleensä vastaa PAP:n vaikutusaikaa. Onkin todennäköistä, että kyseessä on kaksi eri ilmiötä, joilla on myös eri vaikutusmekanismit. PAPE saattaa johtua lihaksen lämpötilan kasvusta, lihaksen sisäisen nestemäärän kasvusta, lihaksen pH:n laskusta, neuraalisten tekijöiden muutoksista sekä lihas-jännekompleksin jäykkyyden lisääntymisestä. (Blazevich & Babault 2019; Cuenca-Fernández ym. 2017; Prieske ym. 2020; Zimmermann ym.

2020.) Näiden tekijöiden vaikutusta suorituskykyyn 2–48 tuntia kuormituksen jälkeen ei tiedetä.

Vuorokausirytmii vaikuttaa suorituskykyyn, joka vaihtelee vuorokauden ajan mukaan (Bishop 2003; Racinais 2010; Racinais & Oksa 2010; Chtourou & Souissi 2012). Varsinkin lyhyissä anaerobisissa suorituksissa suorituskyvyn on todettu olevan parhaimmillaan alkuillasta 16:00-20:00 ja heikoimmillaan aamulla 06:00-10:00 (Ammar ym. 2015; Chtourou & Souissi 2012; Rasinais 2010). Suorituskyvyn parantuminen kohti iltaa johtuu todennäköisesti kehon ja ympäristön lämpötilan noususta, entsyymien aktiivisuuden lisääntymisestä ja lihasten optimaalisemmasta työskentelystä (Hayes ym. 2010).

Lämpötilan nousulla on todettu monia suorituskykyä parantavia vaikutuksia, kuten lihaksen supistumisominaisuuksien parantuminen ja siten voimantuoton sekä tehon lisääntyminen (Bishop 2003; Racinais ym. 2005), hermojen johtumisnopeuden kasvu (Bishop 2003; Racinais & Oksa 2010), lihaksen relaksaation nopeutuminen (De Ruiten ym. 1999) sekä lisääntynyt glukoneogeneesi, glykolyysi ja fosfaattien hajotus harjoituksen aikana (Febbraio ym. 1996). Lämpötilan on todettu parantavan suorituskykyä varsinkin aamulla, jolloin kehon lämpötila on alhaisimmillaan. Onkin arveltu, että lämpötilan ja suorituskyvyn välillä on kausaalinen yhteys, lämpötilan nousun toimiessa passiivisena lämmittelyinä. (Chtourou & Souissi 2012.) Lämpötilan nousu kuitenkin vaikuttaa positiivisesti vain tiettyyn rajaan asti, jonka jälkeen lämpötilan kasvusta ei ole hyötyä. (Racinais 2010; 2005.) McGowan ym. (2016) tutkimus on ainoa, jossa lämpötilan kasvu on yhdistetty suorituskyvyn parantumiseen 6 tuntia valmistavan voimaharjoituksen jälkeen. Muissa tutkimuksissa ei ole mitattu lämpötilaa tai havaittu lämpötilan vaikuttavan suorituskykyyn.

Myös hormonien pitoisuudet vaihtelevat vuorokauden mukaan siten, että testosteronin ja kortisolin arvot ovat korkeimmillaan aamulla laskien kohti iltaa ja yötä (Kraemer ym. 2000). Testosteroni ja kortisoli voivat vaikuttaa varsinkin eliittuurheilijoilla heidän suorituskykyynsä (Cook & Crewther 2012). Voimaharjoitus aiheuttaa akuutin vasteen testosteronin sekä kortisolin pitoisuuksissa ja tyypillisen hypertrofisen harjoituksen vaste vapaan testosteronin määrässä on suurempi kuin nopeusvoimaharjoituksessa (Linnamo ym. 2005). Lisäksi vapaan testosteronin määrä voi vaikuttaa urheilijan suorituskykyyn myös motivaation kautta.

Kohonneen testosteronipitoisuuden on havaittu lisäävän aggressiivisuutta, halua voittaa ja suoriutua hyvin tehtävästä (Carre & McCormick 2008).

Russellin ym. (2016) tutkimuksessa tutkittiin rugby pelaajilla erilaisten aamupäivän harjoitusten vaikutusta suorituskykyyn sekä sylkinäytteistä mitattuihin hormonitasoihin. Normaalin vuorokausirytmien aiheuttamaa testosteronin laskua pystyttiin eniten ehkäisemään juoksukuormituksella, mikä oli yhteydessä parantuneeseen suorituskykyyn. Kortisolipitoisuuksiin aamuharjoitukset eivät vaikuttaneet. Cookin ym. (2014) tutkimuksessa taas iltapäivällä suurimmat testosteroniarvot mitattiin, kun aamupäivällä oli suoritettu voimaharjoitus. Testosteronin pitoisuuden kasvu oli yhteydessä parempaan suorituskykyyn, mutta kausaalista yhteydestä tutkijat eivät olleet varmoja. Harjoitukset vaikuttivat myös kortisolin määrään, mutta vähemmän kuin testosteronin. Muissa tutkimuksissa (Marrier ym. 2019; Mason ym. 2020; McCalley ym. 2008, Morán-Navarro ym. 2017) ei ole havaittu kortisolin tai testosteronin vaikutusta suorituskykyyn valmistavan harjoituksen jälkeen. Ei ole siis selkeää vaikuttaako akuutti muutos testosteronin pitoisuuksissa suorituskykyyn tai pystytäänkö voimaharjoituksella estämään vuorokausirytmien mukaista pitoisuuksien laskua. (Harrison ym. 2019; Mason ym. 2020).

Valmistava harjoitus voi vaikuttaa urheilijan psyykkisiin tekijöihin. Valmistavan harjoituksen olisi hyvä vaikuttaa positiivisesti urheilijan mielialaan, eikä urheilija saisi kokea harjoitusta liian raskaaksi tai väsyttäväksi. (Gill 2014.) Masonin ym. (2017) tutkimuksessa mitattiin valmistavan harjoituksen vaikutusta psyykkisiin tekijöihin. Tutkijat havaitsivat merkitsevästi paremman mielialan harjoituksen jälkeen verrattuna kontrolliin, mutta kokonaisuudessaan harjoitus ei vaikuttanut merkitsevästi psyykkisiin tekijöihin. Heidän tutkimuksessaan ballistisessa penkkipunnerruksessa oli merkitseviä positiivisia muutoksia, kun taas kevennyshypyssä havaittiin negatiivisia muutoksia. Marrierin ym. (2019) tutkimuksessa rugby pelaajilla havaittiin myös parempi psyykkinen valmius päivän toiseen harjoitukseen, kun aamupäivällä oli tehty harjoitus. Muutos ei vaikuttanut kuitenkaan fyysiseen suorituskykyyn. González-García ym. (2020) tutkimuksessa maksimi- tai nopeusvoimakuormitus ei vaikuttanut valmiuteen harjoitella, mutta suorituskyky parantui maksimivoimaharjoituksen jälkeen.

4 TUTKIMUSKYSYMYKSET JA HYPOTEEBIT

Tämän tutkimuksen tarkoitus oli selvittää, vaikuttaako valmistava voimaharjoitus ylä- ja alavartalon voimantuottoon. Lisäksi tarkoituksena oli selvittää, onko suoritetuilla maksimi- ja nopeusvoimaharjoituksilla erilaisia vaikutuksia suorituskykyyn.

Tutkimuskysymys 1: Vaikuttaako maksimi- tai nopeusvoimaharjoitus hermolihasjärjestelmän suorituskykyyn 4–6 tuntia harjoituksen jälkeen?

Hypoteesi 1: Kyllä. Maksimi- tai nopeusvoimaharjoitus vaikuttaa positiivisesti suorituskykyyn.

Perustelu 1: Aiemmissä tutkimuksissa voimaharjoituksella on pystytty parantamaan myöhempää suorituskykyä (Cook ym. 2014; Ekstrand ym. 2013; González-García ym. 2020; Mason ym. 2017; Raastad & Hallén 2000; Russell ym. 2015; Tsoukos ym. 2017). Fryn ym. (1995) tutkimuksessa osa koehenkilöistä paransi suoritusta.

Tutkimuskysymys 2: Eroaako maksimi- ja nopeusvoimakuormitusten vaikutukset suorituskykyyn?

Hypoteesi 2: Kyllä. Nopeus- ja maksimivoimaharjoitusten vaikutuksissa on eroja suorituskykyyn.

Perustelu 2: Sekä Cookin ym. (2014) että González-Garcían ym. (2020) tutkimuksissa maksimi- ja nopeusvoimakuormituksilla saatiin erilaisia tuloksia. Maksimivoimaharjoitus saattaa parantaa suorituskykyä useammalla mittarilla.

5 TUTKIMUSMENETELMÄT

5.1 Tutkittavat

Tutkimukseen osallistui 14 juniorijääkiekkoilijaa (ikä 16–17 v, pituus 179.4 ± 5.7 cm, paino 76.2 ± 9.0 kg, painoindeksi 23.7 ± 2.6). Tutkittavat olivat miehiä ja rekrytointi tapahtui olemalla yhteydessä joukkueen päävalmentajaan. Tutkimukseen oli tarkoitus alun perin osallistua 16 pelaajaa, mutta kaksi heistä estyi osallistumasta. Ennen tutkimuksen alkua jokainen tutkittava täytti ja allekirjoitti suostumus- (liite 1) ja tietosuojalomakkeen. Tietosuojalomakkeessa käytiin läpi tutkimuksen tarkoitus, eteneminen, tutkittavan oikeudet ja vakuutukset sekä tutkimukseen liittyvät mahdolliset riskit. Tutkittavat täyttivät myös terveyslomakkeen, jonka avulla varmistettiin tutkittavien sopivuus tutkimukseen. Tutkimus oli Jyväskylän yliopiston eettisen toimikunnan hyväksymä.

Joukkueen kilpailukausi kesti elokuusta maaliskuuhun. Tutkimus suoritettiin helmikuussa 2019, jonka aikana joukkueella oli kolmen viikon tauko peleistä. Ensimmäisen viikon aikana suoritettiin alkutestit ja kahdella seuraavalla viikolla suoritettiin mittaukset. Kuormituspäivät olivat maanantai ja torstai. Neljännellä ja viidennellä viikolla järjestettiin vielä korvaavat kuormituspäivät, koska kaikki tutkittavat eivät päässeet paikalle tarkoitettuina mittauspäivinä. Tutkimuksen aikana joukkue harjoitteli poikkeuksellisesti vain tiistaisin ja torstaisin, mutta joukkueen tyypillinen harjoitusviikko on esitelty taulukossa 4.

TAULUKKO 4. Joukkueen harjoitusviikko kilpailukaudella.

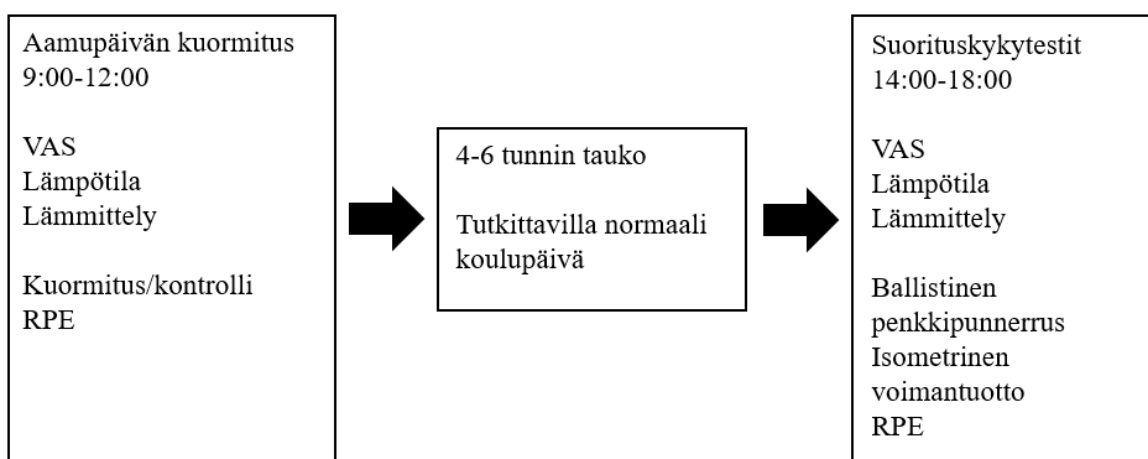
	Maanantai	Tiistai	Keskiviikko	Torstai	Perjantai	Lauantai	Sunnuntai
Aamu	JH	TH + JH	VH	NH + JH	JH	Kotipeli	Vieraspeli
Ilta		VP + JH		JH			

JH = jääharjoitus, TH = taitoharjoittelu, VP = videopalaveri, VH = voimaharjoitus ja NH = nopeusharjoitus.

5.2 Tutkimusasetelma

Tutkittaville suoritettiin alkutestit ennen varsinaisia testipäiviä. Alkutesteissä tehtiin tutkittaville antropometriset mittaukset, sekä määritettiin penkkipunnerruksen ja takakyökyn 3 RM ja kyykkyhypyn optimikuorma. Alkutestien jälkeen tutkittavat suorittavat neljä testipäivää, joita edelsi vähintään yksi täysi lepopäivä.

Aamupäivän kuormitukset suoritettiin 9:00-12:00 välisenä aikana ja iltapäivän testit 14:00-18:00 aikana, jolloin tutkittava saapui aina 4–6 tuntia aamupäivän kuormituksen jälkeen. Kuormitusten ja testien välissä tuli välttää fyysistä aktiivisuutta. Sekä aamupäivän kuormitukset että iltapäivän testit suoritettiin Jyväskylän yliopiston Viveca-rakennuksessa sekä Jyväskylän Hipposhallissa. Testipäivä on kuvattu kokonaisuudessaan kuvassa 2.



KUVA 2. Testipäivän kulku VAS = Visual Analog Scale, RPE = Rating of Perceived Exertion.

5.3 Aamupäivän kuormitukset

Testipäivien kuormituksia oli neljä; maksimivoimakuormitus, nopeusvoimakuormitus 1, nopeusvoimakuormitus 2 sekä kontrolli. Kontrollissa tutkittavat eivät suorittaneet mitään fyysistä aktiivisuutta. Taulukoissa 5, 6 ja 7 on esitelty kuormitukset.

Ennen kuormituksia tutkittavia pyydettiin kuvaamaan valmiutta harjoitukseen VAS-mittarilla (Visual Analog Scale) ja mitattiin kehon lämpötila kehon lämpötila Braun Thermoscan Pro 6000 -korvalämpömittarilla (Braun GmbH, Kronberg, Saksa). Tutkittavat suorittivat ennen kuormitusta ja suorituskykytestejä vakioidun lämmittelyn. Lämmittely sisälsi viisi minuuttia kevyttä juoksua, viisi minuuttia dynaamisia liikkuvuusharjoitteita ja kaksi submaksimaalista 20 metrin sprinttiä. Aamupäivän kuormituksessa lämmittelyyn kuului vielä lähestymissarjat. Kuormituksen jälkeen tutkittavilta kysyttiin koettua rasittuneisuuden tilaa (Rating of Perceived Exertion, RPE).

TAULUKKO 5. Maksimivoimakuormituksen liikkeitä sekä kuormat. Kuormat ovat prosentuaalinen osuus yhden toiston maksimista.

Liike	Sarja 1	Sarja 2	Sarja 3	Sarja 4	Sarja 5
Takakyökky	6 × 50 %	4 × 70 %	3 × 80 %	2 × 90 %	2 × 90 %
Penkkipunnerrus	6 × 50 %	4 × 70 %	3 × 80 %	2 × 90 %	2 × 90 %

TAULUKKO 6. Nopeusvoimakuormitus 1:n liikkeitä sekä kuormat. Kuormat ovat prosentuaalinen osuus yhden toiston maksimista.

Liike	Sarja 1	Sarja 2	Sarja 3
Kyykkyhyppy	5 × optimikuorma	5 × optimikuorma	5 × optimikuorma
Takakyökky	5 × 40 %	4 × 50 %	3 × 60 %
Penkkipunnerrus	5 × 40 %	4 × 50 %	3 × 60 %

TAULUKKO 7. Nopeusvoimakuormitus 2:n liikkeitä ja kuormat.

Liike	Sarjat	Kuorma
Sprintit	5 × 20 m	Kehonpaino
Aitahyppy	4 × 5	Aidan korkeus 40 cm
Hyppypunnerrukset	5 × 4	Kehonpaino

5.4 Aineiston keräys

5.4.1 Alkutestit

Alkutesteissä tutkittavat palauttivat heille etukäteen annetut esitieto-, suostumus- ja tietosuojalomakkeet sekä heiltä mitattiin paino ja pituus. Tämän jälkeen määritettiin tutkittavien takakykyyn sekä penkkipunnerruksen kolmen toiston maksimi sekä kyykkyhypyssä optimikuorma tehonmittauspotentiometrillä (MuscleLab, Linear displacement sensor, Norja) vapailla painoilla. Alkutestien lopuksi tutkittaville esiteltiin myös mittalaitteet sekä -ympäristö ja tutustutettiin mittauspäivinä tehtäviin kuormituksiin ja testeihin.

Takakykyssä ja penkkipunnerruksen kolmen toiston maksimista laskettiin arvio yhden toiston maksimista (1 RM) Wathanin kaavan avulla. Arvioidun maksimin avulla määritettiin maksimi- ja nopeusvoimakuormituksiin kuormat prosentuaalisina osuuksina yhden toiston maksimista. Wathanin kaavassa w = kuorma ja r = toistot. (LeSuer ym. 1997).

$$\text{Wathanin kaava} = 1RM = \frac{100w}{48.8 + 53.8e^{-0.078r}}$$

Optimikuorma testipäivän kuormitukseen määritettiin kyykkyhypyssä tuotetun tehon avulla. Teho mitattiin tehonmittauspotentiometrillä (Ergotest Innovation A.S., Porsgrunn, Norja). Tutkittavat suorittivat kyykkyhypyssä vapailla painoilla 1×20 kg, 1×40 kg, 1×60 kg ja 1×80 kg sarjat, joista optimikuormaksi valittiin kuorma, jolla tutkittava pystyi tuottamaan suurimman tehon. Kyykkyhypyssä käytettiin 90° polvikulmaa ja se vakioitiin samalla tavalla kuin takakykyssä. Tehonmittauspotentiometri asetettiin maahan ja sensori kiinnitettiin narulla kohtisuoraan levytankoon kiinni. Sensori mittasi tangon kulkemaa matkaa ja suoritukseen kulunutta aikaa, jonka avulla tietokoneen Musclelab-analysointiohjelma (Ergotest Innovation A.S., Porsgrunn, Norja) laski suorituksen tehon. Ohjelmaan syötettiin ennen suoritusta kuorma ja tehontuottoa mitattiin ainoastaan suorituksen konsentrisesta vaiheesta. Taulukossa 8 on esitelty alkutestien tulokset.

TAULUKKO 8. Alkutestien tulokset.

Takakyky 3 RM (kg)	Takakykyyn arvioitu 1 RM (kg)	Penkkipunnerrus 3 RM (kg)	Penkkipunnerruksen arvioitu 1 RM (kg)	Optimikuorma (kg)
134 ± 20.7	145 ± 20.7	64 ± 10.7	68.1 ± 11.9	47.8 ± 8.9

Takakykyssä sekä kyykkyhypyssä polvinivelen kulmaksi määritettiin 90°, joka mitattiin yksilöllisesti goniometrillä. Kyykkysvyvyys vakioitiin siihen tarkoitettulla välineellä (Kilpa- ja huippu-urheilun tutkimuskeskus, Jyväskylä, Suomi), siten, että takareiden tai pakarän osuessa laitteeseen polvikulma oli 90° ja tutkittava aloitti kyykyn tai kyykkyhypyn konsentrisen vaiheen. Laite on esitelty kuvassa 3. Penkkipunnerruksessa tangon tuli laskemisvaiheessa osua rintaan ja käsien ojentua suoriksi suorituksen lopussa. Tutkittavat saivat valita oteleveyden, joka vakioitiin merkkäamalla ote yksilöllisesti.



KUVA 3. Polvikulman vakiointiin käytetty laite (Kilpa- ja huippu-urheilun tutkimuskeskus, Jyväskylä, Suomi).

5.4.2 Testit

Tutkittavat suorittivat aamupäivällä yhden neljästä kuormituksesta ja saapuivat 4–6 tuntia myöhemmin suorittamaan iltapäivän testit. Tutkittavat eivät tienneet saapuessaan, minkä kuormituksen he suorittaisivat. Ennen aamupäivän kuormituksia ja iltapäivän testejä tutkittavia pyydettiin kuvaamaan valmiutta harjoitukseen ja heiltä mitattiin kehon lämpötila. Tutkittavat suorittivat vakioidun lämmittelyn ennen testejä. Kuormituksen ja testien jälkeen tutkittavilta kysyttiin koettua rasittuneisuuden tilaa.

Ballistinen penkkipunnerrus. Ballistisessa penkkipunnerruksessa tutkittavat tekivät heittopenkkisuorituksen Smith-laitteessa 25 kilogramman tangolla. Ennen varsinaisia testisuorituksia tutkittavat suorittivat yhden 10 toiston lämmittelysarjan penkkipunnerrusta 20 kilogramman tangolla ja tämän jälkeen yhden viiden toiston lämmittelysarjan Smith-laitteessa (Marbo Sport, Starachowice, Puola) 25 kilogramman tangolla niin, että kaksi viimeistä toistoa suoritettiin penkkipunnerrusheittoina. Tutkittavan tuli laskea tanko rauhallisesti rinnalle, jonka jälkeen ojentaa kädet suoraksi mahdollisimman nopeasti ja heittää tanko mahdollisimman ylös. Tangon päissä oli aina kaksi varmistajaa, jotka ottivat tangon kiinni. Tutkittavilla oli kolme suoritusta, joiden välissä oli kolme minuutin tauko.

Muuttujia mitattiin ballistisessa penkkipunnerruksessa tehonmittauspotentiometrillä (Ergotest Innovation A.S., Porsgrunn, Norja). Tehonmittauspotentiometri asetettiin suoraan linjaan Smith-laitteen tangon liikeradan kanssa. Suorituksesta mitattiin teho suorituksen konsentrisestä vaiheesta samalla tavalla kuin kyykkyhypyssä. Suorituksista valittiin keskitehon perusteella paras. Suorituksesta tarkasteltiin myös huipputehoa, keski- ja huippunopeutta sekä keskivoimaa. Ballistisessa penkkipunnerruksessa käytetyt välineet ovat esiteltyinä kuvassa 4.



KUVA 4. Smith-laite (Marbo Sport, Starachowice, Puola) ja tehonmittauspotentiometri (Ergotest Innovation A.S., Porsgrunn, Norja).

Maksimivoima ja voimantuottonopeus isometrisessä jalkadynamometrissä. Tutkittavien maksimaalista ja räjähtävää voimantuottoa mitattiin isometrisessä jalkadynamometrissä (Jyväskylän yliopiston liikuntalaboratorio, Suomi). Polvikulma vakioitiin 107 asteeseen goniometrillä yksilöllisesti. Voimakäyrien mittaamiseen ja analysointiin käytettiin Signal 4.11-tietokoneohjelmistoa (Cambridge Electronic Design Ltd, Cambridge, Englanti). Tutkittava aloitti voimantuoton ”paina”-käskystä ja ylläpiti sitä 3–4 sekuntia, kunnes hänelle annettiin lopetuskäsky. Tutkittavia ohjeistettiin tuottamaan mahdollisimman paljon voimaa mahdollisimman nopeasti. Jokainen tutkittava suoritti testin kolme kertaa ja suoritusten välissä oli kolmen minuutin palautus. Suorituksista valittiin tarkasteltavaksi se, jossa tuotettiin suurin maksimivoima. Suorituksesta tarkasteltiin maksimivoiman lisäksi myös keskivoimaa 0–500 millisekunnin ajalta sekä räjähtävää voimantuottoa (Rate of Force Development RFD). RFD kuvaa voiman maksimaalista nousunopeutta eli kahden aikapisteen välistä voiman muutosta. RFD mitattiin voimakäyrän jyrkimmästä kohdasta 10 millisekunnin keskiarvona. Isometrinen jalkadynamometri on esitetty kuvassa 5.



KUVA 5. Isometrinen jalkadynamometri (Jyväskylän yliopiston liikuntalaboratorio, Suomi).

Kehon lämpötilan mittaaminen. Kehon lämpötilan mittaaminen suoritettiin Braun Thermoscan Pro 6000 –korvalämpömittarilla (Braun GmbH, Kronberg, Saksa). Lämpötila mitattiin aina oikeasta korvasta ja vasta sen jälkeen, kun tutkittavat olivat olleet sisätiloissa vähintään 10 minuuttia passiivisesti. Mittaus suoritettiin jokaiselle tutkittavalle kolme kertaa, joista laskettiin keskiarvo.

Valmius harjoitteluun. Tutkittavien subjektiivista valmiutta harjoitteluun mitattiin VAS-mittarilla (visual analog scale). Mittari oli 100 millimetrin pituinen jana, jonka toisen ääripään arvo oli 0, joka kuvasi erittäin huonoa valmiutta ja toisen ääripään arvo oli 100, joka kuvasi erittäin hyvää harjoitusvalmiutta (liite 3). Tutkittavaa pyydettiin piirtämään viiva siihen kohtaan janaa, minkä kokee kuvastavan tämänhetkistä valmiutta harjoitella. Viivan etäisyys mitattiin arvosta nolla ja tulos ilmoitettiin prosentteina.

Koettu kuormittuneisuus, RPE. Koettua kuormituksen tilaa mitattiin RPE-asteikolla. Tutkittavalle näytettiin RPE-asteikko, jossa alin arvo on 6 ja korkein arvo 20. Tutkittava kertoi, mikä arvo kuvasi parhaiten omaa rasittuneisuuden tilaa. RPE-taulukko on kuvattu liitteessä 2.

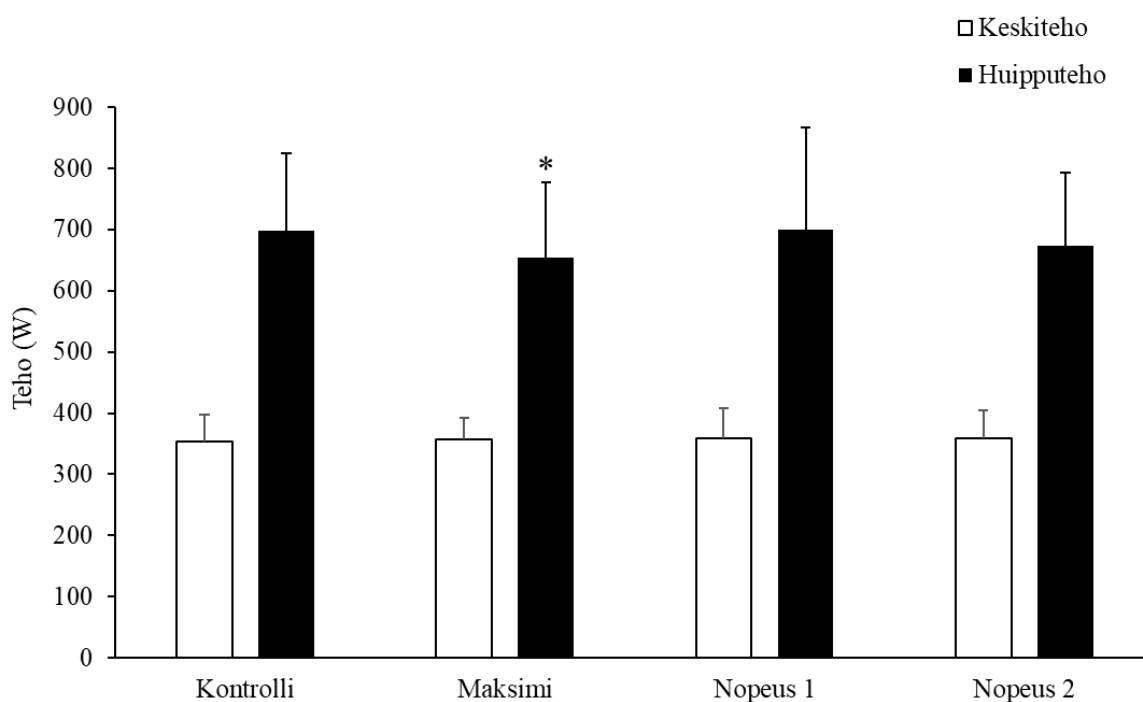
5.5 Aineiston tilastollinen analysointi

Tilastollinen analyysi suoritettiin SPSS 24- (International Business Machines Corporation, New York, Yhdysvallat) ja Microsoft Excel 2016- ohjelmilla (Microsoft Corporation, Washington, Yhdysvallat). Muuttujien normaalijakautuneisuus testattiin Shapiro-Wilk – testillä. Kuormitusten välisessä vertailussa käytettiin toistettujen mittausten varianssianalyysiä Bonferroni-korjauksella merkitsevyyden havainnoinnissa muuttujilla, jotka olivat normaalijakautuneita. Jos Mauchly'n sfäärisyystestin p-arvo oli alle 0,05, niin käytettiin Greenhouse-Geisser –korjattua testiä. Friedmanin kaksisuuntaista varianssianalyysiä käytettiin muuttujille, jotka eivät olleet normaalijakautuneita. Koetun kuormittuneisuuden, harjoitusvalmiuden ja lämpötilan sekä iltapäivän suorituskyvyn välistä yhteyttä havainnointiin Spearmanin korrelaatiokertoimen avulla. Kontrolli-, maksimivoima- ja nopeusvoimapäiville laadittiin erikseen korrelaatiomatriisit ja jokaisesta merkitsevästä korrelaatiosta tehtiin hajontakaavio, joista poistettiin selkeästi poikkeavat arvot. Jos korrelaatio laski alle 0,4 sen jälkeen, kun hajontakaaviosta poistettiin selvästi poikkeavat arvot, jätettiin se huomiotta. Tulokset on esitetty keskiarvoina ja keskihajontoina. Tilastollisen merkitsevyyden kuvaamisessa on käytetty * -symbolia (* = $p < 0.05$, ** = $p < 0.01$, *** = $p < 0.001$).

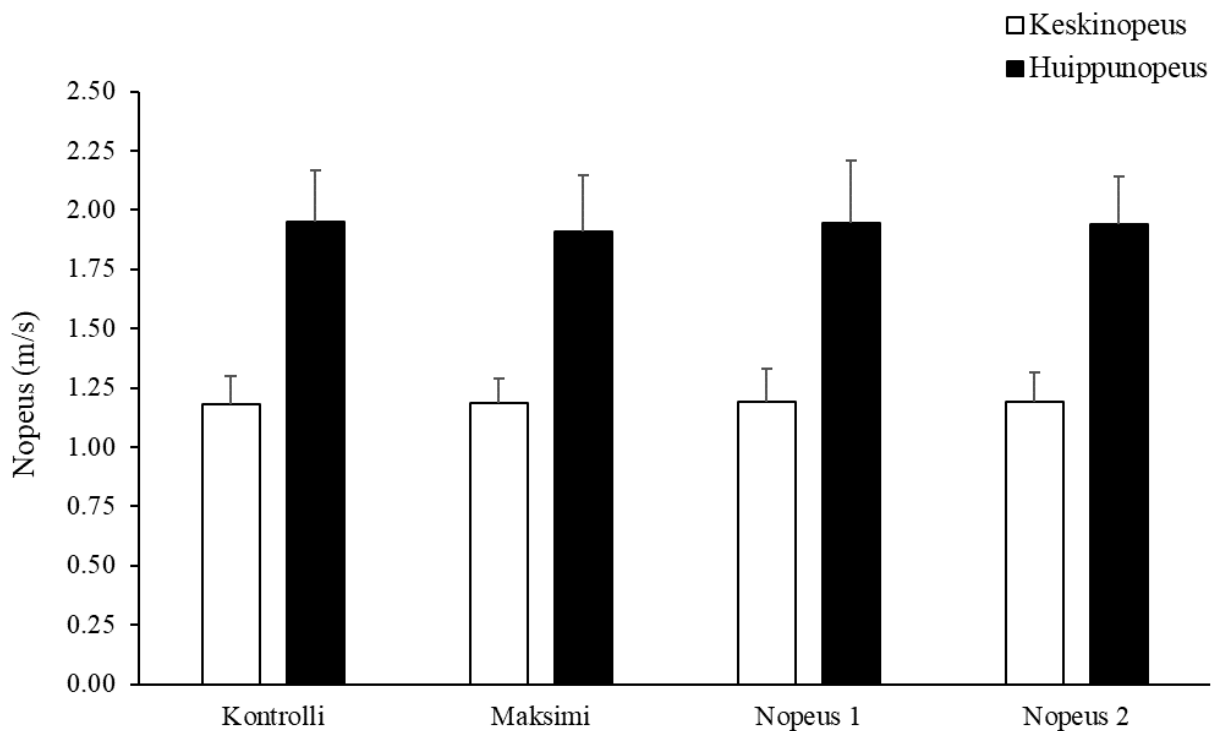
6 TULOKSET

6.1 Ballistinen penkkipunnerrus

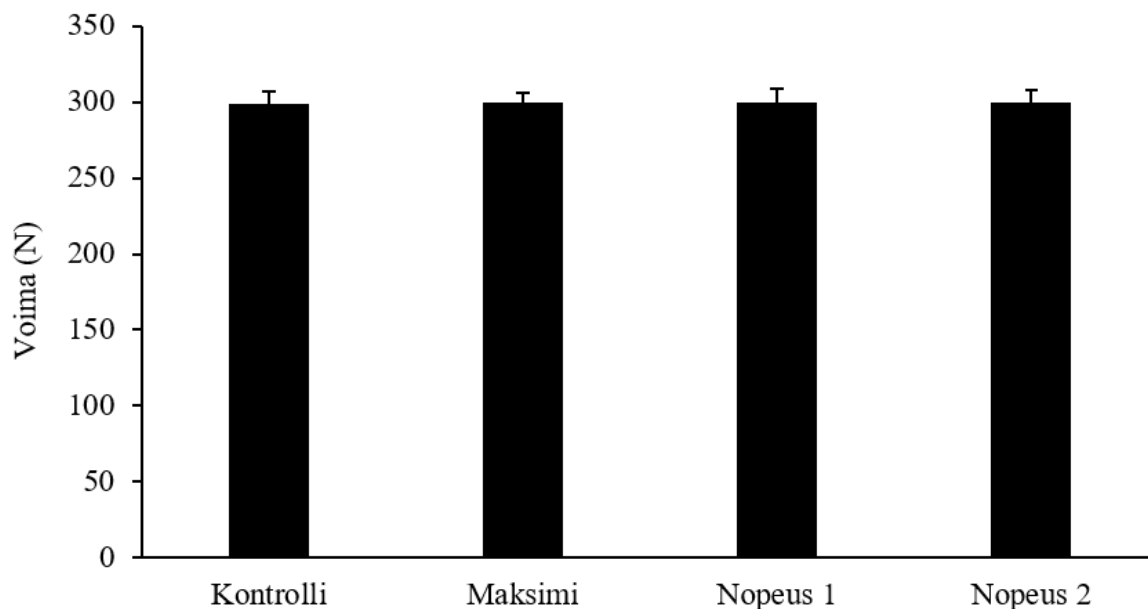
Keskitehossa ($F(3,000, 11,000) = 0,220, p=0,880$) ja keskivoimassa ($F(3,000, 11,000) = 0,877, p=0,483$) ei havaittu eroja kuormitusten välillä. Myöskään huippunopeudessa ($F(3,000, 11,000) = 3,007, p=0,076$) tai keskinopeudessa ($F(3,000, 11,000) = 0,193, p=0,899$) ei havaittu kuormitusten välillä merkitseviä eroja. Huipputehossa havaittiin merkitseviä eroja kuormitusten välillä ($F(3,000, 11,000) = 4,698, p=0,024$). Huipputeho heikkeni tilastollisesti merkitsevästi maksimivoimakuormituksen jälkeen verrattuna kontrolliin (698 ± 129 vs. 654 ± 123 W, $p=0.036$). Muiden kuormitusten välillä ei ollut merkitsevää eroa. Tulokset ballistisesti penkkipunnerruksesta on esitetty kuvioissa 1, 2 ja 3.



KUVIO 1. Ballistisen penkkipunnerruksen keski- ja huipputehon arvot eri kuormituspäivinä. Tulokset on esitetty keskiarvoina ja keskihajontoina. * $p < 0,05$ tilastollisesti merkitsevä ero verrattuna kontrolliin.



KUVIO 2. Ballistisen penkkipunnerruksen keski- ja huippunopeuden arvot eri kuormituspäivinä. Tulokset on esitetty keskiarvoina ja keskihajontoina.



KUVIO 3. Ballistisen penkkipunnerruksen keskivoiman arvot eri kuormituspäivinä. Tulokset on esitetty keskiarvoina ja keskihajontoina.

6.2 Isometrinen jalkadynamometri

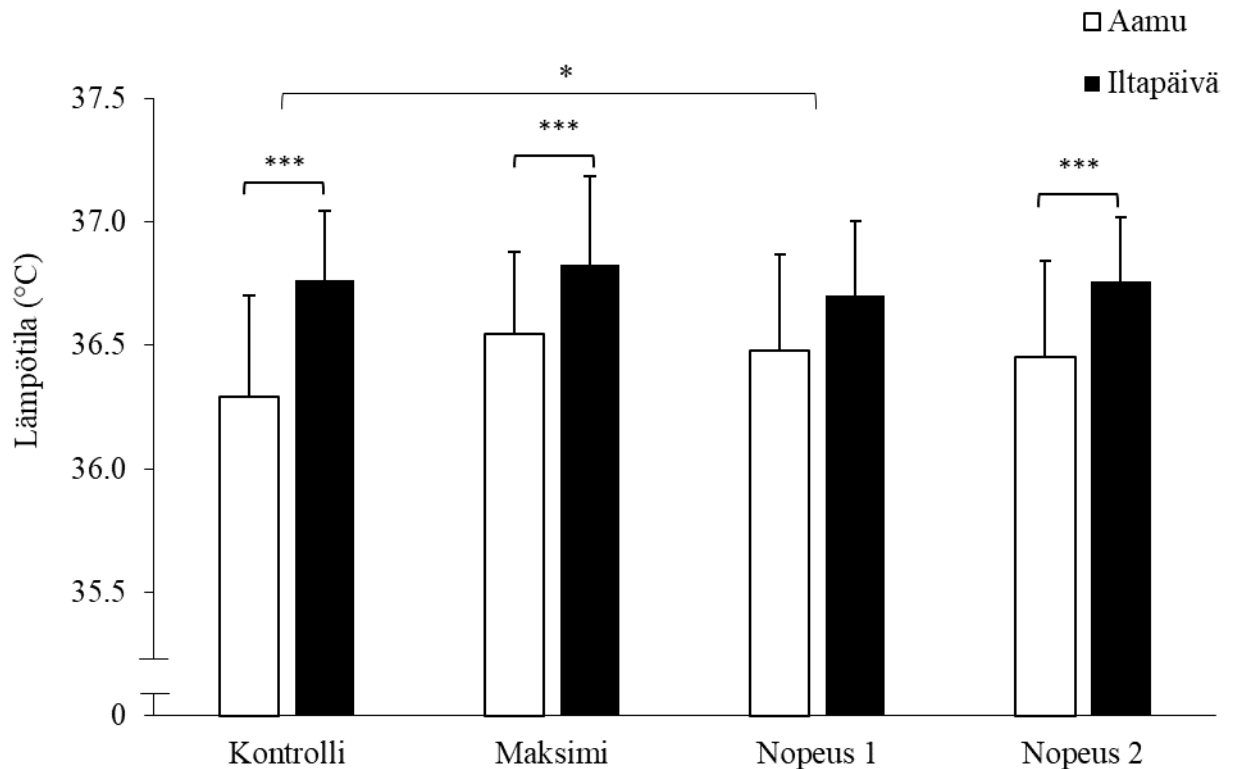
Kuormitusten välillä ei havaittu merkitseviä eroja maksimivoimassa ($\chi^2(3) = 1,971$, $p=0,578$) tai keskivoimassa 0-500 millisekunnin ajalta ($F(3,000, 11,000) = 1,988$, $p=0,174$). Myöskään räjähtävässä voimantuotossa (RFD) ei ollut merkitseviä eroja kuormitusten välillä ($F(3,000, 11,000) = 0,656$, $p=0,596$). Maksimivoima, keskivoima 0–500 millisekunnin ajalta ja RDF saivat parhaat arvot kontrollissa (taulukko 9).

TAULUKKO 9. Isometrisestä jalkadynamometristä saadut tulokset.

	Kontrolli	Maksimi	Nopeus 1	Nopeus 2	P-arvo
Maksimivoima (N)	3058 ± 865	2921 ± 1085	2887 ± 666	2890 ± 574	0,578
Keskivoima 0–500 ms (N)	1896 ± 531	1773 ± 649	1749 ± 616	1701 ± 450	0,174
RFD 10 ms (N/s)	16166 ± 5703	15196 ± 5530	15505 ± 6683	14572 ± 5725	0,596

6.3 Lämpötila

Lämpötilassa ei havaittu merkitseviä eroja kuormitusten välillä aamuisin ($F(3,000, 11,000) = 3,269$, $p=0,063$) tai iltapäivisin ($\chi^2(3) = 3,687$, $p=0,297$). Lämpötilan muutoksessa aamusta iltapäivään löydettiin merkitseviä eroja kuormitusten välillä ($\chi^2(3) = 9,630$, $p=0,022$). Lämpötilan muutos oli merkitsevästi suurempi kontrollin kuin nopeusvoimakuormitus 1 jälkeen ($0,47 \pm 0,36$ vs. $0,22 \pm 0,28$ °C, $p=0,013$). Merkitseviä eroja ei havaittu muiden kuormitusten välillä. Lämpötilan muutos aamusta iltapäivään oli jokaisena kuormituspäivänä erittäin merkitsevä ($p=0,001$), paitsi nopeusvoimakuormitus 1 päivänä ($\chi^2(3) = 2,571$, $p=0,109$). Kuviossa 4 esitellään aamun ja iltapäivän lämpötilat eri kuormituspäivinä.



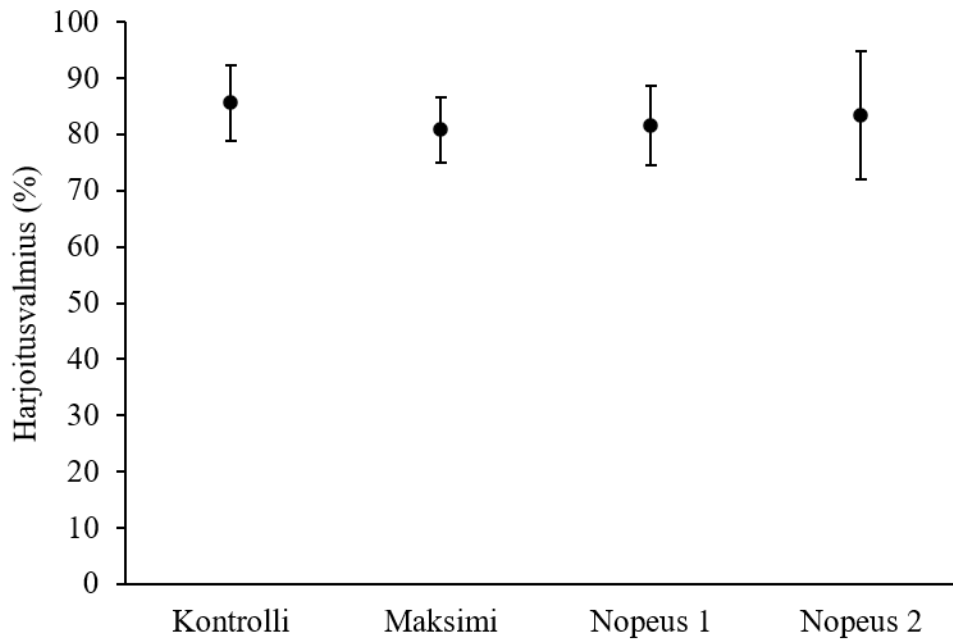
KUVIO 4. Lämpötilan muutos aamusta iltapäivään eri kuormituspäivinä. Tulokset on esitetty keskiarvoina ja keskihajontoina. * $p < 0,05$ tilastollisesti merkitsevä ero lämpötilan muutoksessa kontrollin ja nopeus 1 välillä. *** $p < 0,001$ tilastollisesti merkitsevä ero iltapäivällä verrattuna aamuun.

6.4 Harjoitusvalmius ja koettu kuormittuneisuus

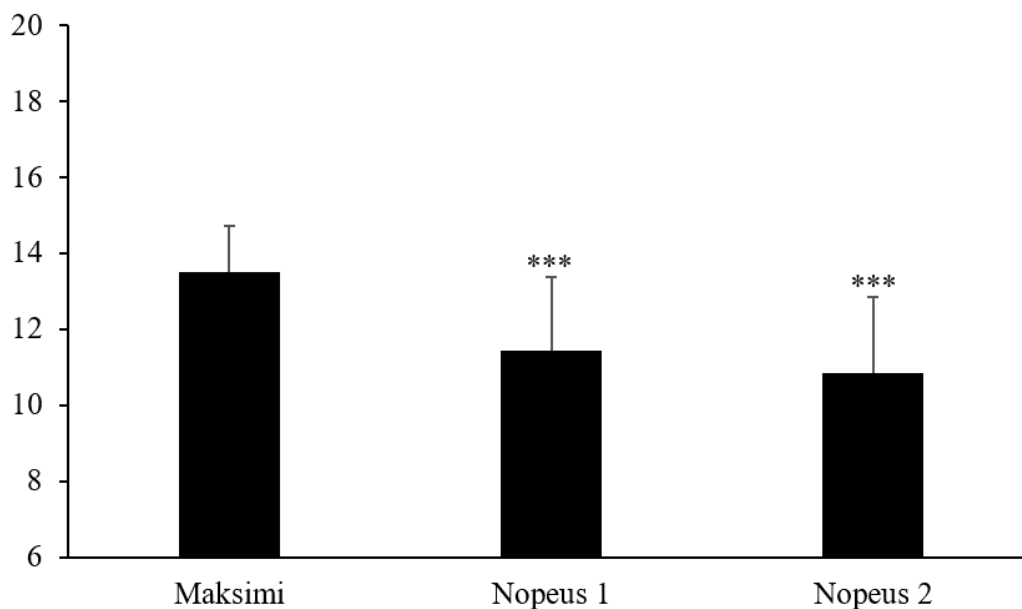
Harjoitusvalmiuden arvoista ei löytynyt merkitseviä eroja aamuisin, iltapäivisin eikä muutoksessa aamusta iltapäivään kuormituspäivien välillä. Valmius harjoitteluun heikkeni hieman maksimi- ja nopeusvoimakkuormitusten jälkeen verrattuna kontrolliin, jolloin valmius oli korkeimmillaan. Kuviossa 5 on esitetty iltapäivällä mitatun harjoitusvalmiuden arvot.

Koetun kuormittuneisuuden (RPE) arvoissa havaittiin merkitsevä ero aamuisin kuormitusten välillä ($\chi^2(2) = 20,857, p = 0,001$). Koettu kuormittuneisuus oli merkitsevästi suurempaa maksimivoimaharjoituksen jälkeen verrattuna nopeusvoima 1-kuormitukseen ($13,5 \pm 1,2$ vs. $11,4 \pm 1,9 = p < 0,001$) ja nopeusvoima 2-kuormitukseen ($13,5 \pm 1,2$ vs. $10,8 \pm 1,9 = p < 0,001$). Koetun kuormittuneisuuden arvot kuormituksen jälkeen on esitelty kuviossa 6. Korrelaatioita

ei havaittu koetun kuormittuneisuuden, harjoitusvalmiuden tai lämpötilan ja suorituskyvyn välillä.



KUVIO 5. Iltapäivällä mitatun harjoitusvalmiuden arvot. Tulokset on esitetty keskiarvoina ja keskihajontoina.



KUVIO 6. Koetun kuormittuneisuuden arvot kuormitusten jälkeen. Tulokset on esitetty keskiarvoina ja keskihajontoina. *** $p < 0,001$ tilastollisesti merkitsevä ero verrattuna maksimivoimakkuuteen.

7 POHDINTA

Tämän tutkimuksen päätulos oli, ettei maksimi- tai nopeusvoimakuormitukset parantaneet ylä- ja alavartalon voimantuottoa merkitsevästi hypoteesin vastaisesti. Lisäksi maksimivoimaharjoituksen jälkeen ballistisessa penkkipunnerruksessa huipputeho heikkeni merkitsevästi verrattuna kontrolliin. Lämpötilan, koetun kuormittuneisuuden tai harjoitusvalmiuden ja iltapäivän suorituskyvyn välillä ei löytynyt korrelaatioita.

Ballistisessa penkkipunnerruksessa huipputeho laski merkitsevästi maksimivoimakuormituksen jälkeen, mutta muissa muuttujissa ei havaittu merkitseviä eroja kuormituspäivien välillä. Ylävartalon voimantuottoa ei ole tutkittu monissa tutkimuksissa, mutta tämän tutkimuksen tulokset ovat osittain ristiriidassa Cookin ym. (2014) ja Masonin ym. (2017) tutkimusten kanssa. Cookin ym. (2014) tutkimuksessa aamulla suoritettu ylä- ja alavartalon maksimivoimaharjoitus paransi koehenkilöiden penkkipunnerruksen 3 RM tulosta iltapäivällä, mutta sprinttikuormituksella ei ollut vaikutusta tulokseen. Masonin ym. (2017) tutkimuksessa taas ballistinen voimaharjoitus paransi heittopenkin huipputehoa, -voimaa ja -nopeutta.

Cookin ym. (2014) tutkimuksessa tehtiin takakykyssä ja penkkipunnerruksessa 9 toistoa ≥ 80 % 3 RM kuormalla ja tässä tutkimuksessa tehtiin 7 toistoa ≥ 80 % 1 RM kuormalla. Tämän tutkimuksen intensiteetti oli siis hieman Cookin ym. (2014) tutkimusta korkeampi. Lisäksi tutkittavat olivat tässä tutkimuksessa nuorempia kuin Cookin ym. (2014), jolloin heillä on todennäköisesti vähemmän kokemusta voimaharjoittelusta. Maksimivoimaharjoitus on saattanut olla liian raskas, mikä on voinut aiheuttaa väsymystä ja heikentää varsinkin ylävartalon voimantuottoa. Koettu kuormittuneisuus (RPE) oli merkitsevästi suurempi molempien nopeusvoimakuormitusten jälkeen verrattuna maksimivoimakuormitukseen. Maksimivoimaharjoituksen jälkeen isometrisessä jalkaprässissä ei havaittu merkitseviä eroja verrattuna muihin kuormituksiin. Koettu kuormittuneisuus ei kuitenkaan korreloinut suorituskykyymuuttujien kanssa.

Cookin ym. (2014) ja Masonin ym. (2017) tutkimuksissa lajinomainen kuormitus paransi suorituskykyä myöhemmin iltapäivällä. On mahdollista, että voimakuormitukset eivät olleet tässä tutkimuksessa tarpeeksi lajinomaisia aiheuttaakseen positiivisia vasteita suorituskykyyn. Kuormitus suoritettiin vapailla painoilla, kun taas testit suoritettiin Smith-laitteessa. Vapailla painoilla suoritettu penkkipunnerrus eroaa hieman ballistisesta penkkipunnerruksesta. Vapailla painoilla tehtävässä penkkipunnerruksessa liikettä stabiloivat lihakset työskentelevät voimakkaammin, kuin Smith-laitteella tehtäessä. Lisäksi vapailla painoilla tehtävässä penkkipunnerruksessa liikenopeus hidastuu suorituksen loppuvaiheessa, kun taas ballistisessa penkkipunnerruksessa liike kiihtyy loppuun asti. (Schick ym. 2010).

Nopeusvoimakuormitus 2 suoritettua hyppypunnerrukset ovat ballistinen liike, mutta sekin eroaa hieman ballistisen penkkipunnerruksen kinematiikasta (Bartolomei ym. 2018). Masonin ym. (2017) tutkimuksessa tehtiin 12 toistoa ballistista penkkipunnerrusta siten, että kuminauhat aiheuttivat 47 kilon vastuksen yläasennossa. Hyppypunnerruksia suoritettiin 20 toistoa kehonpainolla. Lisäksi tässä tutkimuksessa kuormituksen jälkeinen lepoaika oli 4–6 tuntia, kun taas Masonin ym. (2017) tutkimuksessa aika oli 2 tuntia. Lisäksi tässä tutkimuksessa testeissä kuorma oli jokaiselle koehenkilölle sama (25 kg), eikä sitä laskettu yksilöllisesti esimerkiksi 1 RM mukaan, jolloin kuorma ei välttämättä ollut optimaalinen teho- ja nopeusominaisuuksia ajatellen. Optimaalinen kuorma tehontuotossa on liikkeen mukaan 30–60 % 1 RM tuloksesta (Ratamess ym. 2009). Masonin ym. (2017) tutkimuksessa testissä käytettiin 20 kilogramman painoista tankoa, joka on voinut olla optimaalisempi teho- ja nopeusominaisuuksien mittaamiseen. Ballistisessa penkkipunnerruksessa parhaat suoritukset valittiin keskitehon perusteella, mutta huippunopeuden variaatiokerroin oli García-Ramosin ym. (2018) tutkimuksessa pienempi. He totesivat molempien muuttujien olevan kuitenkin luotettavia, mutta tulokset olisi voitu valita myös huippunopeuden mukaan.

Pareja-Blancon ym. (2020) vertasivat eri volyyymisten kuormitusten vaikutusta palautumiseen. Kuormituksissa, joissa tehtiin vain puolet maksimaalisesta toistomäärästä, suorituskyky palautui 6 tuntia kuormituksen jälkeen, mutta uupumukseen asti tehdyn kuormituksen jälkeen suorituskyky palautui vasta 48 tuntia kuormituksen jälkeen. Uupumukseen asti tehdyille harjoitukselle oli ominaista suurempi liikenopeuden heikkeneminen kuormituksen aikana (penkkipunnerrus: 50–60 %) Tutkijoiden mukaan maksimissaan 25 % penkkipunnerruksessa

liikenopeuden hidastuminen mahdollistaisi nopeamman palautumisen, jolloin uusi harjoitus tai kilpailu olisi mahdollista suorittaa aiemmin. Tässä tutkimuksessa sarjoja ei tehty uupumukseen asti, mutta liikenopeuden seurannalla saattaisi olla mahdollista säädellä harjoituksen kuormittavuutta.

Isometrisessä jalkaprässissä mitatuissa muuttujissa ei havaittu merkitseviä eroja maksimi- tai nopeusvoimakuormituksen jälkeen verrattuna kontrolliin. Tutkimuksia valmistavan voimaharjoituksen vaikutuksesta alaraajojen isometriseen maksimivoimaan on vähän. Cookin ym. (2014) tutkimus on ainoa, jossa alaraajojen maksimivoima on parantunut valmistavan maksimivoimaharjoituksen jälkeen. Tutkimuksessa tutkittavat tekivät 9 toistoa yli 80 % 3 RM kuormalla. Tässä tutkimuksessa tutkittavat suorittivat maksimivoimakuormituksessa 7 toistoa yli 80 % 1 RM tuloksesta. Dynaaminen ja isometrinen voimantuotto kuitenkin eroavat toisistaan, joten tutkimusten vertailu on haastavaa.

Raastad & Hallén (2000) ja Howatsonin ym. (2016) tutkimuksissa maksimaalinen tahdonalainen voimantuotto oli heikentynyt 11–24 tuntia kuormituksen jälkeen. Tutkimusten volyyymi oli suurempi kuin tässä tutkimuksessa käytetty volyyymi, joka selittää eroa tulosten välillä. Raastad & Hallén (2000) tutkimuksessa tehtiin 36 toistoa samalle lihasryhmälle 100 % 3/6 RM kuormalla ja Howatsonin ym. (2016) tutkimuksissa tehtiin 40 toistoa kuormalla, joiden RPE oli 16–17. Kummankaan tutkimuksen nopeusvoimakuormitukset eivät vaikuttaneet maksimaaliseen tahdonalaiseen supistukseen, mikä vastaa tässä tutkimuksessa saatuja tuloksia.

Tsoukosin ym. (2017) tutkimuksessa tutkittiin nopeusvoimaharjoituksen vaikutusta isometrisessä jalkaprässissä mitattuun huippuvoimaan sekä räjähtävään voimantuottoon, joka mitattiin kolmessa eri aikaikkunassa (0–100, 0–200, 0–300 millisekunnin aikana). Huippuvoimassa ei havaittu eroja 24 tai 48 tunnin kohdalla verrattuna kontrolliin. RFD parani merkitsevästi kaikissa aikaikkunoissa 24 tunnin kohdalla, mutta 48 tunnin kohdalla vain 0–100 millisekunnin aikana. Tämän tutkimuksen tulokset ovat osaltaan linjassa Tsoukosin ym. (2017) tutkimuksen kanssa. Huippuvoimassa ei havaittu merkitseviä eroja verrattuna kontrolliin nopeusvoimakuormituksen jälkeen, mutta räjähtävässä voimantuotossa ei havaittu merkitseviä muutoksia verrattuna kontrolliin. Tutkimusten vertailua hankaloittaa eri tutkimusasetelma.

Tsoukosin ym. (2017) tutkimuksessa suorituskykyä mitattiin vasta 24 tuntia kuormituksen jälkeen ja kuormituksessa ei tehty kyykkyhyppyjen lisäksi muita harjoitteita.

McCalley ym. (2009) tutkimuksessa maksimivoimakuormituksen jälkeen räjähtävä voimantuotto oli merkitsevästi heikentynyt vielä 24 tuntia kuormituksen jälkeen, mutta muissa muuttujissa ei havaittu merkitseviä muutoksia mittauspisteiden kohdalla. Nopeusvoimaharjoituksen jälkeen huippuvoima oli korkeammalla jokaisen mittauspisteen kohdalla verrattuna kontrolliin, mutta muutokset eivät olleet merkitseviä. McCaulleyn ym. (2009) tutkimuksessa maksimivoimakuormituksen volyyymi oli korkeampi kuin tässä tutkimuksessa, joka on voi selittää eroja tutkimusten välillä.

Isometrisessä jalkaprässissä mitattua tehoa tai nopeutta ei ole tutkittu aiemmissä tutkimuksissa. González-Garcían ym. (2020) tutkimuksessa kuitenkin maksimivoimaharjoituksen jälkeen dynaaminen keskiteho ja -nopeus parantuivat merkitsevästi 80 % 1 RM kuormalla 6 tuntia kuormituksen jälkeen. Optimikuormalla tehty kuormitus ei vaikuttanut suorituskykyyn. González-Garcían ym. (2020) kuormitus tehtiin täysin samalla tavalla kuin testisuoritukset. Saattaa olla, että tässä tutkimuksessa iltapäivän testin olisi pitänyt olla lajinomaisempi myös alaraajoille vasteiden saavuttamiseksi. Voimantuotto on spesifiä esimerkiksi lihaksille, lihastyötavalle, nivelkulmille, voimantuottonopeudelle ja liikkeelle (Morrissey ym. 1995). Aamupäivän kuormituksissa käytettiin dynaamista voimantuottoa sekä kyykyssä ja kyykkyhyppyissä 90 asteen polvikulmaa, kun taas isometrisessä jalkaprässissä käytettiin 107 asteen polvikulmaa. Lisäksi voimantuotossa paras tulos valittiin korkeimman maksimivoiman perusteella, jolloin teho-ominaisuudet eivät välttämättä saaneet parhaita arvoja.

Kehon lämpötilan muutoksessa aamusta iltaan havaittiin merkitseviä eroja kuormituspäivien välillä. Kontrollin jälkeen kehon lämpötilan muutos oli merkitsevästi suurempi kuin nopeusvoima 1-kuormituksen jälkeen. Lisäksi lämpötila kasvoi jokaisena kuormituspäivänä merkitsevästi, paitsi nopeusvoimakuormitus 1 päivänä. Nopeusvoimakuormitus 1 aamuna mitattu lämpötila oli korkein verrattuna muihin kuormituspäiviin, kun taas iltapäivällä mitatut arvot olivat alhaisimmat. Kuitenkaan aamulla tai iltapäivällä mitattujen lämpötilan arvoissa ei havaittu merkitseviä eroja kuormituspäivien välillä. Tällöin voidaan todeta, että merkitsevät erot lämpötilan arvoissa johtuivat todennäköisemmin päivittäisestä vaihtelusta tai

mittaushuoneen lämpötilan muutoksista, eikä niinkään kuormituksen aiheuttamista muutoksista. Mittaushuoneen lämpötilaa ei vakioitu, vaan tutkittavat odottivat sisätiloissa passiivisesti 10 minuuttia, että kehon lämpötila tasaantuu.

Kehon lämpötila on yleensä alhaisimmillaan aamulla nousten kohti iltaa ja yötä. Lämpötilan nousulla on todettu olevan monia suorituskykyä parantavia vaikutuksia, mutta kehon lämpötilan kasvun on todettu parantavan varsinkin suorituskykyä aamulla (Ammar 2015; Racinais 2010). Tämä voi osakseen selittää, miksei lämpötilan kasvu vaikuttanut tässä tutkimuksessa merkitsevästi suorituskykymuuttujiin. McGowanin ym. (2016) tutkimuksessa kehon lämpötila kasvoi merkitsevästi 1200 metrin uinnin sekä 1200 metrin uinnin ja yhdistetyn kuntopiirin jälkeen, mikä yhdistettiin parantuneeseen suorituskykyyn. Tässä tutkimuksessa lämpötilan ja suorituskyvyn välillä ei havaittu korrelaatiota.

Harjoitusvalmiuden arvoista ei löytynyt merkitseviä eroja aamuisin, iltapäivisin tai muutoksessa aamusta iltapäivään kuormituspäivien välillä, eikä niiden välillä löytynyt korrelaatiota suorituskykymuuttujien kanssa. Valmius harjoitteluun oli korkeimmillaan kontrollipäivänä ja alhaisin maksimivoimakuormituksen jälkeen. Masonin ym. (2017) tutkimuksessa nopeusvoimakuormitus paransi psyykkistä valmiutta, mutta fyysisessä suorituskyvyssä havaittiin sekä positiivisia että negatiivisia muutoksia. Marrierin ym. (2019) tutkimuksessa raportoitiin parempi mieliala aamupäivällä suoritettuna kuormituksen jälkeen, mutta sillä ei ollut vaikutusta suorituskykyyn. González-Garcían ym. (2020) tutkimuksessa suorituskyky parantui, vaikka psyykkisissä ominaisuuksissa ei havaittu merkitseviä muutoksia kuormituksen jälkeen. Valmius harjoitteluun on subjektiivinen kokemus omasta valmiudesta, eikä ole selkeää, miten valmistava harjoitus vaikuttaa psyykkisiin tekijöihin. Tarvitaan lisää tutkimuksia myös siitä, miten mahdollisten psyykkisten tekijöiden muutokset vaikuttavat fyysiseen suorituskykyyn.

Tämän tutkimuksen yksi vahvuuksista on valmistavan voimaharjoituksen vaikutusten tutkiminen nuorilla urheilijoilla. Aihetta ei ole tutkittu aiemmin 16–17-vuotiailla jääkiekon pelaajilla. Lisäksi tutkimuksen vahvuuksina voidaan pitää erilaisten harjoitusten vaikutusten tutkimista sekä ylä- että alavartalon voimantuottoon. Vapailla painoilla tehtävän

nopeusvoimaharjoituksen vaikutusta ei ole tutkittu aiemmissä tutkimuksissa. Testipatteristo oli monipuolinen ylä- ja alavartalon voimantuoton mittaamiseen, joten tuloksia pystytään soveltamaan moniin eri lajeihin ja suorituksiin. Tutkittavat muodostivat hyvin yhtenäisen ryhmän, jolloin tulosten yleistettävyys paranee.

Tämän tutkimuksen yksi heikkouksista on tutkittavien pieni otoskoko. Isompi otoskoko olisi mahdollistanut tulosten paremman yleistettävyuden ja merkitsevyyden. Lisäksi aamupäivällä tutkittavilta ei mitattu fyysisiä suorituskykytestejä, jolloin ei voida olla varmoja vaihteliko harjoitusten kuormittavuus testipäivien välillä. Aamupäivällä olisi voinut myös seurata liikenopeutta kuormitusten aikana, jolloin olisi pystynyt säätelemään harjoitusten kuormittavuutta. Suorituskykyä tutkittiin vain 4–6 tunnin aikavälillä, jolloin ei ole tietoa olisiko suorituskyky voinut potentoitua aikavälin ulkopuolella.

Heikkoutena voidaan myös pitää sitä, ettei suorituskykyä selittävää tekijää löydetty. Tutkimuksessa mitattiin tutkittavien lämpötilaa, tutkittavien subjektiivista kokemusta kuormituksen rasittavuudesta sekä valmiudesta harjoitukseen. McGowanin ym. (2016) tutkimus on ainoa, jossa on havaittu korrelaatio suorituskyvyn parantumisen ja lämpötilan kasvun välillä. Mason ym. (2017), Marrierin ym. (2019) ja González-Garcían ym. (2020) ovat tutkivat myös, miten valmistava harjoitus vaikuttaa psyykkisiin tekijöihin, mutta tuloksista ei pysty tekemään johtopäätöksiä. Lisäksi muita neuromuskulaarisia tekijöitä tai hormonien konsentraatioita ei mitattu, jolloin ei tiedetä miten valmistava harjoitus vaikutti muihin tekijöihin.

Valmistavasta harjoituksesta ja sen vaikutusmekanismeista tarvitaan lisää tutkimuksia. Tulevien tutkimusten kannattaa keskittyä tutkimaan isompaa ryhmää tutkimuksen yleistettävyuden parantamiseksi. Lisäksi olisi mielenkiintoista tutkia, vaikuttaako valmistava harjoitus eri tavoin esimerkiksi kansainvälisten urheilijoiden suorituskykyyn verrattuna kansallisen tason urheilijoihin. Tutkittavien pidempi seuranta kuten 10, 24 tai 48 tuntia kuormituksen jälkeen antaisi arvokasta tietoa siitä, miten valmistava voimaharjoitus vaikuttaa pidemmällä aikavälillä.

7.1 Johtopäätökset

Tämän tutkimuksen johto voidaan todeta, että nopeusvoimakuormitukset eivät vaikuttaneet positiivisesti tai negatiivisesti suorituskykyyn 4–6 tunnin aikaikkunalla. Maksimivoimakuormituksen jälkeen ballistisen penkkipunnerruksen huipputeho heikkeni merkitsevästi, mikä oli ainoa merkitsevä muutos suorituskyvyssä kuormituksen jälkeen. Tämän tutkimuksen perusteella ei voida vetää johtopäätöksiä valmistavan harjoituksen vaikutuksesta kehon lämpötilaan iltapäivällä tai harjoitusvalmiuteen.

Suorituskyvyn potentoitumiseen kuormituksen jälkeen vaikuttaa kuormituksen muuttujat, kuten intensiteetti, volyyymi ja harjoitteet. Valmistavan harjoituksen kannattaa olla lajinomainen ja ottaa huomioon esimerkiksi suorituksessa käytettävät lihakset, nivelkulmat sekä lihastyötavat. On myös mahdollista, että liikenopeutta seuraamalla voi säädellä harjoituksen kuormittavuutta. Valmistava harjoitus voi vaikuttaa urheilijoihin yksilöllisesti, jolloin erilaisia valmistavia harjoituksia kannattaa kokeilla. Harjoitus ei kuitenkaan saisi vaikuttaa negatiivisesti urheilijan psyykkisiin tai fyysisiin ominaisuuksiin.

7.2 Käytännön sovellukset

Tämän tutkimuksen perusteella nopeusvoimakuormituksen voi tehdä valmistavana harjoituksena, jos urheilija haluaa tehdä kilpailupäivänä harjoituksen. Maksimivoimakuormituksen jälkeen ballistisen penkkipunnerruksen huipputeho heikkeni merkitsevästi, mutta nopeusvoimakuormitukset eivät vaikuttaneet suorituskykyyn. Maksimivoimakuormitusta voidaan suositella lajeihin, joissa ei tarvita ylävartalon voimantuottoa. Urheilijan ja valmentajan on kuitenkin tarpeellista kokeilla erilaisia valmistavia harjoituksia ennen kauden pääkilpailuja, jotta kilpailukaudella pystyttäisiin optimoimaan suorituskyky parhaaksi mahdolliseksi.

LÄHTEET

- Ammar, A., Chtourou H., Trabelsi K., Padulo J., Turki M., El Abed K., Hoekelmann A. & Hakim A. 2015. Temporal specificity of training: intra-day effects on biochemical responses and Olympic-Weightlifting performances. *Journal of Sports Sciences* 33 (4), 358–369.
- Bartolomei, S., Nigro, F., Ruggeri, S., Malagoli Lanzoni, I., Ciacci, S., Merni, F., Sadres, E., Hoffman, J. R. & Semprini, G. 2018. Comparison between bench press throw and ballistic pushup tests to assess upper-body power in trained individuals. *J Strength Cond Res* 32, 6 1503–1510.
- Ballmann, C. G., McCullum, M. J., Rogers, R. R., Marshall, M. M. & Williams, T. D. 2018. Effects of preferred vs. nonpreferred music on resistance exercise performance. *J Strength Cond Res* 0, 0 1–6.
- Bishop, D. 2003. Warm Up I Potential Mechanisms and the Effects of Passive Warm Up on Exercise Performance. *Sports Medicine* 33 (6), 439–454.
- Carre, J. M. & McCormick, C. M. 2008. Aggressive behavior and change in salivary testosterone concentrations predict willingness to engage in a competitive task. *Hormones & Behavior* 54 (3), 403–409.
- Chtourou, H. & Souissi, N. 2012. The effect of training at a specific time of day: a review. *Journal of Strength and Conditioning Research* 26 (7), 1984–2005.
- Cook, C. J. & Crewther, B. T. 2011. Changes in salivary testosterone concentrations and subsequent voluntary squat performance following the presentation of short video clips. *Hormones and Behavior* 61, 17–22.
- Cook, C. J. & Crewther, B. T. 2012. The effects of different pre-game motivational interventions on athlete free hormonal state and subsequent performance in professional rugby union matches. *Physiology & Behavior* 106 (5), 638–688.
- Cook, C. J., Kilduff, L. P., Crewther, B. T., Beaven, M. & West, D. J. 2014. Morning based strength training improves afternoon physical performance in rugby union players. *Journal of Science and Medicine in Sport* 17, 317–321.

- Cuenca-Fernández, F., Smith, I. C., Jordan, M. J., MacIntosh, B. R., López-Contreras, G., Arellano, R. & Herzog, W. 2017. Nonlocalized postactivation performance enhancement (PAPE) effects in trained athletes: a pilot study. *Appl. Physiol. Nutr. Metab.* 42, 1122–1125.
- De Ruiter, C. J., Jones, D. A., Sargeant, A. & De Haan, A. 1999. Temperature effect on the rates of isometric force development and relaxation in the fresh and fatigued human adductor pollicis muscle. *Experimental Physiology* 84, 1137–1150.
- Ekstrand, L. G., Battaglini C. L., McMurray R. G. & Shields E. W. 2013. Assessing explosive power production using the backward overhead shot throw and the effects of morning resistance exercise on afternoon performance. *Journal of strength and conditioning research* 27 (1), 101–106.
- Febbraio, M. A., Carey, M. F., Snow R. J., Stathis, C. G. & Hargreaves, M. 1996. Influence of elevated muscle temperature on metabolism during intense exercise. *The American journal of physiology* 271, 1251–1255.
- Fry, A.C., Stone M. H., Thrush J. T. & Fleck, S. J. 1995. Precompetition training session enhance competitive performance of high anxiety junior weightlifters. *Journal of Strength and Conditioning Research* 9 (1), 37–42.
- Gill, N. 2014. Coach's Insight: Priming. Teoksessa P. Joyce & D. Lewindon (toim.) *High-performance Training for Sports*. Champaign, IL: Human Kinetics, 291–300.
- García-Ramos, A., Haff, G. G., Padial, P. & Feriche, B. 2018. Reliability of power and velocity variables collected during the traditional and ballistic bench press exercise. *Sports Biomechanics* 17 (1), 117-130.
- González-García, J., Giráldez-Costas, V., Ruiz-Moreno, C., Gutiérrez-Hellín, J. & Romero-Moraleda, B. 2020. Delayed potentiation effects on neuromuscular performance after optimal load and high load resistance priming sessions using velocity loss. *European Journal of Sport Science*. <https://doi.org/10.1080/17461391.2020.1845816>.
- Harrison, P. W., Lachlan, P. J., McGuigan, M. R., Jenkins, D. G. & Kelly, V. G. 2019. Resistance Priming to Enhance Neuromuscular Performance in Sport: Evidence, Potential Mechanisms and Directions for Future Research. *Sports Medicine* 6, 1-16.
- Harrison, P. W., Lachlan, P. J., McGuigan, M. R., Jenkins, D. G. & Kelly, V. G. 2020. Prevalence and application of priming exercise in high performance sport. *Journal of Science and Medicine in Sport* 23 297–303.

- Hayes, L. D., Bickerstaff, G. F. & Barker, J. S. 2010. Interactions of cortisol, testosterone, and resistance training: influence of circadian rhythms. *Chronobiology International* 27 (4), 675–705.
- Howatson, G., Brandon, R. & Hunter, A. M. 2016. The Response to and Recovery From Maximum-Strength and -Power Training in Elite Track and Field Athletes. *International Journal of Sports Physiology and Performance* 11, 356 -362.
- Kraemer, J. W, Loebel, C. C., Volek, S. J., Rataness, A. N., Newton, U. R., Wickham, N. A., Gotshalk, L. A., Duncan, N. D., Mazzetti, S. A., Cómez, A. L., Rubín, M. R., Nindl, B. C. & Häkkinen, K. 2000. The effect of heavy resistance exercise on the circadian rhythm of salivary testosterone in men. *European Journal of Applied Physiology* 8, 13–18.
- Kilduff, L. P., Finn, C. V., Baker, J. S., Cook, C. J. & West D. J. 2013. Preconditioning strategies to enhance physical performance on the day of competition. *International Journal of Sports Physiology and Performance* 8 (6), 677–681.
- Linnamo, V., Pakarinen, A., Komi, P., Kraemer, W. J. & Häkkinen, K. 2005. Acute hormonal responses to submaximal and maximal heavy resistance and explosive exercises in men and women. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19 (3), 566–571.
- MARRIER, B., DURGUERIAN, A., ROBINEAU, J., CHENNAOUL, M., SAUVET, F., SERVONNET, A., PISCIONE, J., MATHLEU, B., PEETERS, A., LACOME, M., MORIN, J. & LE MEUR, Y. 2019. Preconditioning Strategy in Rugby-7s Players: Beneficial or Detrimental? *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 14, 918-926.
- Mason, B. R. J., Argus, C. K., Norcott, B. & Ball, N. B. 2017. Resistance training priming activity improves upper-body power output in rugby players: implications for game day performance. *The Journal of Strength and Conditioning Research* 31, 913-920.
- McCaulley, G. O., McBride, J. M., Cormie, P., Hudson, M. B., Nuzzo, J. L., Quindry, J. C. & Triplett, N. J. 2009. Acute hormonal and neuromuscular responses to hypertrophy, strength and power type resistance exercise. *European journal of applied Physiology* 105, 695-704.
- McGowan, C. J., Pyne, D. B., Thompson, K. G, Raglin, J. S. & Rattray, B. 2016. Morning exercise enhances afternoon sprint swimming performance. *International Journal of Sports Physiology and Performance* 12 (5), 605–611.

- Morán-Navarro, R., Pérez, C. E., Mora-Rodríguez, R., de la Cruz-Sánchez, E., González-Badillo, J. J., Sánchez-Medina, L. & Pallarés, J. G. 2017. Time course of recovery following resistance training leading or not to failure. *Eur J Appl Physiol* 117, 2387–2399.
- Morrissey, M. C., Harman, E. A. & Johnson, M. J. 1995. Resistance training modes: specificity and effectiveness. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 27 (5), 648-660.
- Pareja-Blanco, F., Rodríguez-Rosell, D., Aagaard, P., Sánchez-Medina, L., Ribas-Serna, J., Mora-Custodio, R., Otero-Esquina, C., Yáñez-García, J. M. & González-Badillo, J. J. 2020. Time course of recovery from resistance exercise with different set configurations. *J Strength Cond Res* 34 (10), 2867–2876.
- Prieske, O., Behrens, M., Chaabene, H., Granacher, U. & Maffiuletti, N. A. 2020. Time to Differentiate Postactivation “Potentiation” from “Performance Enhancement” in the Strength and Conditioning Community. *Sports Medicine* 50, 1559–1565.
- Raastad, T. & Hallén, J. 2000. Recovery of skeletal muscle contractility after high and moderate intensity strength exercise. *European journal of applied Physiology* 82, 206-214.
- Racinais, S. 2010. Review: Different effects of heat exposure upon exercise performance in the morning and afternoon. *The Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 20 (3): 80–89.
- Racinais, S, Blonc, S, and Hue, O. 2005. Effects of active warm-up and diurnal increase in temperature on muscular power. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 37, 2134–2139.
- Racinais, S. & Oksa, J. 2010. Temperature and neuromuscular function. *Medicine & Science in Sports & Exercise* (3), 1–18.
- Ratamess, N. A., Alvar, B. A., Evetoch, T. K., Housh, T. J., Kibler, W. B., Kraemer, W. J. & Triplett, N. T. 2009. Progression Models in Resistance Training for Healthy Adults. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 41 (3), 687–708.
- Russell, M., King, A., Bracken, R. M., Cook, C. J., Giroud, T. & Kilduff, L. P. 2015. A Comparison of different modes of morning priming exercise on afternoon performance. *International Journal of Sports Physiology and Performance* 11 (6), 763–767.
- Saez Saez de Villarreal, E., González-Badillo, J. J. & Izquierdo, M. 2007. Optimal warm-up stimuli of muscle activation to enhance short and long-term acute jumping performance. *European journal of applied physiology* 100 (4), 393-401.

- Schick, E. E., Coburn, J. W., Brown, L. E., Judelson, D. A., Khamoui, A. V., Tran, T. T. & Uribe, B. P. 2010. A Comparison of Muscle Activation between a Smith Machine and Free Weight Bench Press. *Journal of Strength & Conditioning Research* 24 (3), 779-784.
- Seitz, L. B. & Haff, G. G. 2016. Factors Modulating Post-Activation Potentiation of Jump, Sprint, Throw, and Upper-Body Ballistic Performances: A Systematic Review with Meta-Analysis. *Sports Med* 46, 231–240.
- Tillin, N., A. & Bishop, D. 2009. Factors Modulating Post-Activation Potentiation and its Effect on Performance of Subsequent Explosive Activities. *Sports Med* 39 (2), 147–166.
- Tsoukos, A., Veligages, P., Brown, L. E., Terzis, G. & Bogdanis, G. C. 2017. Delayed effects of a low-volume, power-type resistance exercise session on explosive performance. *Journal of Strength and Conditioning Research* 32 (3), 645-650.
- Woolstenhulme, M.T., B.K. Bailey, and P.E. Allsen. 2004. Vertical jump, anaerobic power, and shooting accuracy are not altered 6 hours after strength training in collegiate women basketball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18 (3), 422–425.
- Zimmermann, B. H., MacIntosh, B, R. & Dal Pupo, J. Does postactivation potentiation (PAP) increase voluntary performance? *Appl. Physiol. Nutr. Metab.* 45, 349–356.

LIITE 1. Suostumuslomake



JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO

SUOSTUMUS TIETEELLISEEN TUTKIMUKSEEN

Minua on pyydetty osallistumaan tutkimukseen Aamupäivän maksimi- ja nopeusvoimaharjoituksen vaikutukset iltapäivän suorituskykyyn.

Olen perehtynyt tutkimusta koskevaan tiedotteeseen (tietosuojailmoitus) ja saanut riittävästi tietoa tutkimuksesta ja sen toteuttamisesta. Tutkimuksen sisältö on kerrottu minulle myös suullisesti ja olen saanut riittävän vastauksen kaikkiin tutkimusta koskeviin kysymyksiini. Minulla on ollut riittävästi aikaa harkita tutkimukseen osallistumista.

Ymmärrän, että tähän tutkimukseen osallistuminen on vapaaehtoista. Minulla on oikeus, milloin tahansa tutkimuksen aikana ja syytä ilmoittamatta keskeyttää tutkimukseen osallistuminen tai peruuttaa suostumukseni tutkimukseen. Tutkimuksen keskeyttämisestä tai suostumuksen peruuttamisesta ei aiheudu minulle kielteisiä seuraamuksia.

En osallistu mittauksiin flunssaisena, kuumeisena, toipilaana tai muuten huonovointisena.

Olen tutustunut tiedotteessa tietosuojailmoituksessa kerrottuihin rekisteröidyn oikeuksiin ja rajoituksiin.

Allekirjoittamalla suostumuslomakkeen hyväksyn tietojeni käytön tietosuojailmoituksessa kuvattuun tutkimukseen.

Kyllä

Suostun siihen, että tutkimuksen päätyttyä aineisto arkistoidaan tunnisteellisena.

Kyllä

Minuun saa myöhemmin ottaa yhteyttä pyydettyä suostumusta mahdollisiin jatkotutkimuksiin osallistumiselle, tämän tutkimuksen aineiston käytölle jatkotutkimuksissa tai tietojen keräämiselle muista rekistereistä.

Kyllä

Minuun saa myöhemmin ottaa yhteyttä haettaessa tutkittavia vastaaviin tutkimuksiin.

Kyllä

Allekirjoituksellani vahvistan, että osallistun tutkimukseen ja suostun vapaaehtoisesti tutkittavaksi sekä annan luvan edellä kerrottuihin asioihin.

Y-tunnus:
02458947
Sähköposti:
etunimi.sukunimi@ivu.fi

Puhelin:
(014) 260 1211
Faksi:
(014) 260 1021

Jyväskylän yliopisto
PL 35
40014 Jyväskylän yliopisto
www.ivu.fi

Allekirjoitus

Päiväys

Nimen selvennys

Syntymäaika

Osoite

Suostumus vastaanotettu

Suostumuksen vastaanottajan allekirjoitus

Päiväys

Nimen selvennys

Mikä luku mielestänne parhaiten vastaa juuri tällä hetkellä tuntemaanne kuormitusta?

<i>Asteikko 6–20</i>	
6	
7	erittäin kevyt
8	
9	hyvin kevyt
10	
11	kevyt
12	
13	hieman rasittava
14	
15	rasittava
16	
17	hyvin rasittava
18	
19	erittäin rasittava
20	

Liite 3. VAS-lomake. (Mukailtu Balmann ym. 2018).

Millainen harjoitusvalmiutesi on tällä hetkellä?

