

YLÄVARTALON MAKSIMIVOIMAN YHTEYS TASATYÖN-
NÖN KESTÄVYYSSUORITUSKYKYYN NUORILLA NAIS-
HIIHTÄJILLÄ

Martikkala Sanna

Opinnäytetyö
Pohjoinen hyvinvointi ja palvelut
Liikunta ja vapaa-aika
Liikunnanohjaaja (AMK)

2019

Pohjoinen hyvinvointi ja palvelut
Liikunta ja vapaa-aika
Liikunnanohjaaja (AMK)

Tekijä	Sanna Martikkala	Vuosi	2019
Ohjaaja	Jarmo Rinkinen		
Toimeksiantaja	Lapin Urheiluakatemia		
Työn nimi	Ylävartalon maksimivoiman yhteys tasatyönnön kestävyysuorituskykyyn nuorilla naishiihtäjillä		
Sivu- ja liitesivumäärä	44		

Maastohiihto on intervallityyppinen laji, jossa tarvitaan hyviä aerobisia ominaisuuksia. Ylävartalon voimaominaisuuksien merkitys on kuitenkin kasvanut nykyajan hiihdossa ja hyvällä hermolihasjärjestelmän toiminnalla voi kasvattaa kestävyysuorituskykyä. Maksimivoiman on osoitettu olevan yhteydessä kestävyysuorituskykyyn ja sen tekijöihin, kuten maksimaaliseen hapenottokykyyn.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää ylävartalon maksimivoiman yhteyttä tasatyönnön kestävyysuorituskykyyn nuorilla naishiihtäjillä. Tutkimuksessa selvitettiin maksimaalisten voimatasojen yhteyksiä maksimaaliseen hapenottokykyyn, maksimaalisen hapenottokyvyn testin uupumisaikaan ja anaerobisen kynnyksen hapenkulutukseen. Lisäksi selvitettiin myös iän yhteyksiä saatuihin testituloksiin sekä ylävartalon voimatestien välisiä yhteyksiä. Toimeksiantajana toimi Lapin urheiluakatemia.

Tutkimukseen osallistui kymmenen kansallisen tason nuorta naishiihtäjää. Tutkittavat suorittivat antropometriset mittaukset sekä tasatyönnön maksimaalisen hapenottokyvyn testin ja ylävartalon voimatestit. Tuloksien yhteyksien tarkasteleluun käytettiin Pearsonin korrelaatioanalyysia.

Työn päätuloksina havaittiin, etteivät absoluuttiset maksimaaliset voimat olleet yhteydessä tasatyönnön kestävyysuorituskykyyn muuttujiin. Sen sijaan ylävartalon 1 RM/BW oli positiivisen kohtalaisesti yhteydessä tasatyönnön maksimaaliseen hapenottokykyyn sekä ylävartalon 1 RM/BW ja penkkipunnerruksen 1 RM/BW olivat myös positiivisen kohtalaisesti yhteydessä maksimaalisen hapenottokyvyn testin uupumisaikaan. Tilastollisesti melkein merkitsevää positiivista korrelaatiota löydettiin penkkipunnerruksen toistomaksimin ja tasatyönnön maksimaalisen hapenottokyvyn testin uupumisajan väliltä ($p = ,013$).

Avainsanat

anaerobinen kynnys, kestävyysuorituskyky, maksimaalinen hapenotto, maksimivoima, tasatyöntö

School of Northern Well-being and Services
Degree Programme in Sport and Leisure Management
Bachelor of Sport Studies

Author	Sanna Martikkala	Year	2019
Supervisor	Jarmo Rinkinen		
Commissioned by	Lapland Sports Academy		
Subject of thesis	Relationship between maximal upper body strength and double poling endurance performance in young female cross-country skiers		
Number of pages	44		

Cross-country skiing is an interval-type of sport. It requires good aerobic endurance characteristics. The importance of upper-body strength has increased throughout the years and with a well functioning neuromuscular system, endurance performance can be increased. Maximal strength has been shown to be in relation with the endurance performance and its factors, like maximal oxygen uptake.

The purpose of this preliminary study was to examine the relationship between maximal upper-body strength and double poling endurance performance in young female cross-country skiers. In this study maximal upper-body strength was investigated in relation to maximal oxygen uptake, time to exhaustion at maximal oxygen uptake test and lactate threshold during double poling. In addition, a correlation between the age and strength test as well as upper-body strength tests was studied. This thesis was commissioned by Lapland Sports Academy.

Ten national level female cross-country skiers participated in the study. They performed anthropometric measurements, maximal oxygen uptake test during double poling and upper-body strength tests. The data were analyzed by using Pearson's correlation analysis.

The main results of this thesis were that there was no correlation between the absolute maximal strength and variables of endurance performance during the double poling. Instead, the pulldown 1 RM/BW was in a moderate positive correlation with the double poling maximal oxygen uptake. The pulldown 1 RM/BW and the bench press 1 RM/BW were also in a moderate positive correlation with time to exhaustion at maximal oxygen uptake test. There was a significant correlation between the bench press and time to exhaustion ($p = ,013$).

Key words double poling, endurance performance, lactate threshold, maximal oxygen uptake, maximal strength

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	7
2	TASATYÖNNÖN YDINKOHDAT	9
2.1	Tasatyöntö nykyajan hiihdossa	9
2.2	Tasatyönnön tekniikka	9
2.3	Hiihtonopeus	11
2.4	Tasatyönnön kestävyys suorituskyky	12
2.4.1	Maksimaalinen hapenottokyky	12
2.4.2	Anaerobinen kynnys	13
2.4.3	Taloudellisuus	14
2.4.4	Anaerobinen suorituskyky	15
2.4.5	Hermolihasjärjestelmän suorituskyky	16
3	MAKSIMIVOIMAN VAIKUTUS KESTÄVYSSUORITUSKYKYYN	18
3.1	Maksimivoimaharjoittelun vaikutus kestävyys suorituskykyyn	18
3.2	Maksimivoiman yhteydet kestävyys suorituskykyyn	19
3.3	Voimatasojen yhteydet suorituskykyyn	20
4	TUTKIMUKSEN TOTEUTUS	22
4.1	Määrällinen tutkimusote	22
4.2	Koehenkilöt	22
4.3	Koeasetelma	23
4.4	Mittaukset	24
4.5	Tilastolliset menetelmät	25
5	TULOKSET	27
5.1	Yhteydet hapenottokyvyn testin muuttujiin	27
5.2	län yhteydet testituloksiin	29
5.3	Voimatestien väliset yhteydet	31
6	POHDINTA	33
6.1	Tulosten johtopäätökset	33
6.1.1	Voiman yhteys tasatyönnön kestävyys suorituskykyyn	33
6.1.2	Muiden muuttujien väliset yhteydet	36
6.2	Virhelähteet	37
6.3	Opinnäytetyöprosessi	38

6.4	Jatkotutkimusaiheet.....	39
	LÄHTEET.....	40

LYHENTEET

Anak	anaerobinen kynnys
Anak TT (ml/kg/min)	tasatyönnön anaerobisen kynnyksen hapenkulutus
BP ½ BW (rep)	penkkipunnerruksen minuutin toistomaksimi vastuksen ollessa puolet kehon painosta
BP 1 RM	penkkipunnerruksen yhden toiston maksimi (kg)
BP 1 RM/BW	penkkipunnerruksen yhden toiston maksimi suhteessa kehon painoon
PD 1 RM	ylätaljavedon yhden toiston maksimi (kg)
PD 1 RM/BW	ylätaljavedon yhden toiston maksimi suhteessa kehon painoon
VO _{2max}	maksimaalinen hapenotto
VO _{2max} TT (ml/kg/min)	tasatyönnön maksimaalinen hapenottokyky
VO ₂ TT time (min)	tasatyönnön maksimaalisen hapenottokyvyn testin uupumisaika
%VO _{2max}	suhteellinen maksimaalinen hapenottokyky

1 JOHDANTO

Viimeisten vuosikymmenien aikana maastohiihto on kokenut monia muutoksia. Muutoksia ovat aiheuttaneet uudet kilpailumuodot ja -radat sekä nopeutunut hiihtovauhti, jotka ovat vuorostaan kasvattaneet nopeus-, voima- ja anaerobisten ominaisuuksien merkitystä hiihdossa ja johtaneet ylävartalon voiman ja kestävyuden parantumiseen (Sandbakk & Holmberg 2014, 117) sekä tasatyönnön yleistymiseen (Ohtonen & Mikkola 2016, 491). Tasatyönnön merkitystä korostaa myös Staibin, Imin, Caldwellin ja Rundellin (2000, 288) tutkimus, jonka mukaan tasatyönnön aerobinen suorituskyky ennustaa hiihtosuorituskykyä myös muilla tekniikoilla.

Vaikka voimaominaisuuksien merkitys on kasvanut, voimatasojen yhteyksiä hiihtosuorituskykyyn on tutkittu varsin vähän. Ensimmäiset tutkimukset ovat vuodelta 1978 ja 1988 (Niinimaa, Dyon & Shephard 1978, 91; Ng ym. 1988, 205). Ainoassa nykyaikaisessa tutkimuksessa selvitetäänkin maksimivoiman ja tasatyönnön maksiminopeuden välisiä yhteyksiä, mutta ei maksimivoiman yhteyksiä kestävyysuorituskykyyn (Stöggl, Müller, Ainegren & Holmberg 2011, 791).

Näistä syistä tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää ylävartalon maksimivoiman yhteyttä tasatyönnön kestävyysuorituskykyyn nuorilla naishiihtäjillä. Kestävyysuorituskyvyn päätekijöitä ovat maksimaalinen hapenottokyky, suhteellinen aerobinen teho, taloudellisuus ja hermolihasjärjestelmän tehontuotokyky (Bassett & Howley 2000, 77 – 78). Tässä tutkimuksessa ylävartalon maksimivoiman yhteyksiä tarkasteltiin kestävyysuorituskyvyn kolmeen osatekijään: maksimaaliseen hapenottokykyyn, maksimaalisen hapenottokyvyn testin uupumisaikaan sekä anaerobiseen kynnykseen. Lisäksi tarkasteltiin iän yhteyksiä saatuihin testituloksiin sekä ylävartalon voimatestien välisiä yhteyksiä. Tavoitteena oli saada tietoa nuorten naishiihtäjien ylävartalon maksimaalisista voimatasoista ja tasatyönnön kestävyysuorituskyvystä sekä siitä onko maksimaalisilla voimatasoilla yhteyttä tasatyönnön kestävyysuorituskykyyn.

Saadut tulokset auttavat valmennuksellisissa päätöksenteoissa. Urheilija ja valmentaja saavat testituloksista apua harjoittelun seurantaan, kuten siihen, millä tasolla voimatasot ja tasatyönnön kestävyys suorituskyky ovat sekä siihen, että tulisiko näitä ominaisuuksia kehittää ja kuinka paljon. Saadut testitulokset auttavat myös asettamaan tavoitteita ja sitä kautta ovat apuna harjoittelun suunnittelussa kullekin yksilölle oikeaan suuntaan, kuten esimerkiksi voimaharjoittelua painottaviin harjoitusjaksoihin. Yhteyksiä tarkastellessa saadaan tietoa vuorostaan siitä, onko ylävartalon maksimaalisilla voimatasoilla yhteyttä tasatyönnön kestävyys suorituskyvyn osa-alueisiin, kuten esimerkiksi auttavatko korkeat voimatasot parempaan tasatyönnön kestävyys suorituskykyyn.

Tähän määrälliseen tutkimukseen osallistui kymmenen ($n = 10$) kansallisen tason tavoitteellisesti harjoittelevaa nuorta naishihtäjää (ikä $21,7 \pm 3,9$, pituus $168,3 \pm 5$, paino 63 ± 6). Tutkittavat suorittivat kehonkoostumusmittaukset, tasatyönnön maksimaalisen hapenottokyvyn testin ja ylävartalon voimatestit. Tuloksien analysointiin käytettiin Pearsonin korrelaatiokerrointa.

Tässä opinnäytetyössä pyritään vastaamaan seuraaviin tutkimuskysymyksiin:

1. Onko ylävartalon maksimivoiman ja tasatyönnön maksimaalisen hapenottokyvyn välillä yhteyttä?
2. Onko ylävartalon maksimivoiman ja tasatyönnön hapenottokyvyn testin uupumisajan välillä yhteyttä?
3. Onko ylävartalon maksimivoiman ja tasatyönnön anaerobisen kynnyksen välillä yhteyttä?
4. Onko iän ja testitulosten välillä yhteyttä?
5. Onko voimatestitulosten välillä yhteyttä?

2 TASATYÖNNÖN YDINKOHDAT

2.1 Tasatyöntö nykyajan hiihdossa

Maastohiihto on ollut murroksessa viimeisten vuosikymmenien aikana. Muutoksia lajiin ovat aiheuttaneet uusien kilpailumuotojen ja -ratojen mukaantulo sekä kasvanut hiihtovauhti (Sandbakk & Holmberg 2014, 117). Uudet kilpailumuodot, kuten yhteislähtö- ja sprinttikilpailut, sisältävät paljon lähes maksimivauhtista ja maksimivauhtista hiihtoa, rytminvaihtoja ja kiihdytyksiä, kuten loppukirikamppailuita. Kilpailut käydään nykyään myös yhä enenevässä määrin lyhyillä radoilla, joissa nousut ja laskut ovat lyhyitä ja jyrkkiä. Kilpailuvauhdit ovat vuorostaan kasvaneet johtuen väline- ja voidekehityksestä, paremmasta hiihtoalustasta, erikoistekniikoiden mukaantulosta, sprinttihiihdosta ja voimantuottoominaisuuksien kehittymisestä. (Ohtonen & Mikkola 2016, 491.)

Nämä kaikki yllä mainitut tekijät ovat kasvattaneet nopeus-, voima- ja anaerobisten ominaisuuksien tärkeyttä hiihdossa (Sandbakk & Holmberg 2014, 117) ja johtaneet suoraviivaisempien työntötekniikoiden yleistymiseen, kuten tasatyöntöön (Ohtonen & Mikkola 2016, 491) sekä ylävartalon voiman ja kestävyuden parantamista painottavaan harjoitteluun (Sandbakk & Holmberg 2014, 119). Tasatyönnön merkitystä korostaa myös Staibin, Imin, Caldwellin ja Rundellin (2000, 288) tutkimus, jonka mukaan tasatyönnön aerobinen suorituskyky ennustaa myös muiden tekniikoiden hiihtosuorituskykyä. Kilpailusuoritusten eteneminen pelkällä tasatyönnöllä on myös yleistynyt niin sprinttihiihdossa kuin maratonmatkoilla. Tämä on vuorostaan synnyttänyt lajispesifejä hiihtotyylejä, kuten sprinttitasatyönnön ja lopettitasatyönnön. (Ohtonen & Mikkola 2016, 494.) Lehikaisen (2015) artikkelissa Ohtosen mukaan tasatyönnöllä edetään tulevaisuudessa myös normaalimatkojen kilpailuissa.

2.2 Tasatyönnön tekniikka

Tasatyöntö on nopein hiihtotyyli (Kirvesniemi & Sorjanen 2006, 74) ja se edellyttää hyvää lihaskestävyyttä (Ojanen 2014, 50). Sitä käytetään nopeissa olosuhteissa sekä tasaisella että loivissa ja kohtalaisissa alamäissä (Smith 2003, 42), mutta nykyään myös loivissa ylämäissä (Kirvesniemi & Sorjanen 2006, 74). Se

koostuu lähes pelkästään käsien yhtäaikaisesta toiminnasta, vartalon koukistus–liikkeestä (Smith 2003, 42) ja vartalon massan hyväksikäytöstä sekä nykyaikaisen tiedon mukaan myös jalkojen aktiivisesta työskentelystä (Ojanen 2014, 50).

Tasatyönnössä vuorottelevat työntö- ja liukuvaiheet (Smith 2003, 42). Juuri ennen työntövaiheen alkamista ylävartaloa nostetaan ylös ja pudotetaan sen jälkeen alas. Painopisteen pudottaminen alas auttaa hyödyntämään koko vartalon massaa ja siten tuottamaan enemmän voimaa. (Kirvesniemi & Sorjanen 2006, 74.) Kun sauvat ovat iskeytyneet maahan kyynärkulman ollessa 120 astetta, työntö etenee käsien ja vatsalihasten yhteistoiminnalla pitäen ”paketin” lukossa (Kirvesniemi & Sorjanen 2006, 78). Kun kädet kohtaavat reiden puolivälin, työntö jatkuu ojentajatyöntönä ja sauvoista päästetään lopulta irti. Työntöön saadaan enemmän tehokkuutta, kun jalkoja koukistetaan ja reisillä hieman ”pumpataan”. Istuvan asennon välttämiseksi painopiste pidetään edessä. (Ojanen 2014, 50.)

Työntövaiheen jälkeen seuraa liukuvaihe. Liuku tapahtuu koko jalalla painopisteen ollessa kantapään etuosassa. (Kirvesniemi & Sorjanen 2006, 79.) Työntöön valmistaudutaan nostamalla lantio ylös samanaikaisesti käsien liikkuessa eteen. Käsien ollessa ylhäällä lantio on hieman hartioita taempana. Tämä auttaa säilyttämään asennon hyökkäävänä ja siten pääsemään nopeammin työntövaiheeseen. (Ojanen 2014, 50.)

Holmbergin, Lindingerin, Stögglin ja Eitzlmairin (2005, 813 – 814) tutkimuksessa havaittiin, että tasatyöntö voidaan jakaa kahteen eri tasatyöntöstrategiaan, leveisiin (WE, wide elbows) ja kapeisiin (NE, narrow elbows) kyynärpäihin. WE-tasatyöntöstrategian ominaispiirteitä olivat olkavarren suurempi loitonuus, pienempi kyynärnivelen kulma työntöön alkaessa sekä nopeammin ja selväpiirteisemmin koukistettu kyynärniveli ja lantio dynaamisessa työntövaiheessa verrattaessa NE-tasatyöntöstrategiaan, jossa saatiin päinvastaisia tuloksia. WE-tasatyöntöstrategiaa käyttävät hiihtäjät olivat nopeampia sekä heillä oli korkeammat sauvan huippuvoimat, lyhyemmät voimantuottoajat tuottaa huippuvoimia ja suuremmat sauvan voimaimpulssit verrattuna NE-tasatyöntöstrategiaan. Hiih-

täjät, jotka käyttivät WE-tasatyöntöstrategiaa, aktivoivat enemmän teres majorista (iso liereälihas) kuin latissimus dorsia (leveä selkälihas). NE-tasatyöntöstrategiassa lihasten aktivointi oli päinvastaista.

2.3 Hiihtonopeus

Hiihtosyklin pituus ja frekvenssi vaikuttavat omalta osaltaan hiihtonopeuteen (Hoffmann, Clifford & Bender 1995, 264 – 265). Hiihtosyklin pituus kuvaa hiihtäjän painopisteen vaakasuorasti etenevää matkaa yhden syklin aikana. Frekvenssi kuvaa taas syklin suoritusnopeutta. Näiden kahden muuttujan avulla hiihtäjä säätelee suoritusnopeuttaan. Äkillisissä suoritusnopeuden muutoksissa vauhtia nostetaan kuitenkin frekvenssiä lisäämällä, kuten esimerkiksi loppukireissä. (Ohtonen & Mikkola 2016, 493.) Huippuhihtäjät kykenevät säätelemään tasatyönnön nopeutta lisäämällä työnnön frekvenssiä ja syklin pituutta (Lindinger, Stöggl, Müller & Holmberg 2008, 210). Ohtosen ja Mikkolan (2016, 493) mukaan syklin suoritusnopeudessa ei kuitenkaan ole todettu eroa nopeampien ja hitaimpien välillä.

Hiihtosyklin sisäisistä tekijöistä on havaittu, että nopeimmilla hiihtäjillä on nopeammat voimantuottoajat. Nopeamman voimantuottoajan omaavat hiihtäjät kykenevät siis tuottamaan nopeammin pidempään liukuun vaadittavan eteenpäin vievän voiman. (Ohtonen & Mikkola 2016, 493.) Nopeasta voimantuotosta on hyötyä etenkin ylämäessä. Ylämäissä huippuhihtäjät kykenevät lisäämään syklin nopeutta pitäen samalla syklin pituuden samana (Sandbakk & Holmberg 2014, 119). Stöggl ym. (2011, 800) havaitsivat tasatyönnön syklin pituuden olevan yhteydessä penkkivedon yhden toiston maksimiin. Heidän mukaansa korkea yhden toiston maksimi on edellytys sille, että nivelet pystytään stabiloimaan ja voima pystytään siirtämään sauvoista maahan.

Tasatyönnössä kaiken työntövoiman tuottaminen tapahtuu käsivarren ja vartalon toiminnan kautta sauvoihin (Smith 2003, 42). Eteenpäin vievän voiman tuottaminen vaatii oikealla hetkellä tapahtuvan työnnön ajoituksen ja voimantuoton. Voimaa tuotetaan eteenpäin sauvakulman ollessa maahan katsottuna alle 90 astetta ja sompien osuessa kantapäiden takapuolelle. Tätä isommissa kulmis-

sa, joissa sauvat ovat pystysuorassa sompien osuessa päkiän kohdalle, voimantuotto kohdistuu liian aikaiseen vaiheeseen, jolloin työntö ei ole taloudellista. Työnnön alussa kädet ovat suuremmat, mutta vartalon koukistuessa kädet koukistuvat välittäen vartalon koukistuksen tuottamaa voimaa. (Ohtonen & Mikkola 2016, 493 – 494.) Työntövoiman tehokkuus riippuu myös vartalon, olkapäiden, kyynärpäiden, käsien ja sauvojen asennosta (Smith 2003, 42).

2.4 Tasatyönnön kestävyysuorituskyky

2.4.1 Maksimaalinen hapenottokyky

Kestävyysuoritukset pohjautuvat aerobiseen energiantuottoon, jolloin maksimaalinen hapenottokyky muodostuu tärkeäksi ominaisuudeksi kestävyyslajeissa (Nummela & Häkkinen 2016, 272). VO_{2max} on korkein hapenkulutuksen arvo maksimaalisessa työssä. Kun aerobisen liikunnan intensiteetti kasvaa, kasvaa myös hapenkulutus. Lopulta hapenkulutus saavuttaa tasanteen ja ei enää kasva. Tällöin saavutetaan VO_{2max} -taso, joka määrää aerobiselle energiantuotolle ylärajan. (Hoffmann 2002, 110.) Tällä tasolla energiaa voidaan tuottaa noin kymmenen minuuttia (Nummela & Häkkinen 2016, 272).

Käytännössä VO_{2max} tarkoittaa suurinta määrää happea, mitä hengityselimistö kykenee siirtämään ulkoilmasta verenkiertoon sekä verenkiertoelimistön kykyä kuljettaa verta keuhkoista lihaksiin ja muuhun elimistöön (Hynynen 2016, 117). Maksimaaliseen hapenottokykyyn vaikuttavat ikä, sukupuoli, paino, yksilöllisyys, genetiikka, kuntotaso ja kehonkoostumus. Sen huippuarvo saavutetaan 18 – 20-vuoden iässä, minkä jälkeen se alkaa vähitellen laskea (Åstrand, Rodahl, Dahl & Strømme 2003, 262 – 264.) Sitä voidaan kuitenkin kasvattaa harjoittelulla (Rusko 2003, 23).

VO_{2max} on yksi tärkeimmistä ominaisuuksista maastohiihdossa (Rusko 2003, 1; Ohtonen & Mikkola 2016, 495). Tyypillisiä arvoja mies huippuhyttäjille ovat 80 – 90 ml/kg/min ja naishiittäjille 70 – 80 ml/kg/min (Sandbakk & Holmberg 2014, 118). Kestävyysurheilussa suurimmat hapenottokyvyn arvot on mitattu norjalaisella mieshyttäjällä 94 ml/kg/min ja venäläisellä naishiittäjällä 77 ml/kg/min (Kenney, Wilmore & Costill 2015, 128).

Maastohiihdossa VO_{2max} -arvon suuruus riippuu käytettävästä tekniikasta. Tasatyönnöllä eteneminen aiheuttaa pienimmät hapenkulutuksen arvot verrattuna muihin tekniikoihin (Staib ym. 2000, 284; Smith 2003, 42; Holmberg, Rosdahl & Svedenhag 2007, 439). Doyonin, Perreyn, Aben & Hughsonin (2001, 4) tutkimuksessa hapenkulutuksen arvot olivat tasatyönnössä $53,3 \pm 2,6$ ml/kg/min, vuorohiihdossa $60,4 \pm 2,8$ ml/kg/min ja juoksussa $62,4 \pm 2,9$ ml/kg/min. Tekniikoiden väliset hapenoton erot johtuvat käytettävästä lihasmassasta (Holmberg ym. 2007, 442).

Rusko (2003, 22) kuvaa korkeaa korrelaatiota ylävartalon hapenottokyvyn ja kilpailusuorituksen välille. Staib ym. (2000, 284 – 285) osoittavat myös tutkimuksessaan tasatyöntösuorituksen hapenkulutuksen arvon olevan tärkeää hiihtosuorituskyvylle. Tutkimuksessa huomattiin myös, että menestyneimmillä hiihtäjillä oli korkeammat tasatyöntösuorituksen hapenkulutuksen arvot verrattaisa vähemmän menestyneisiin.

2.4.2 Anaerobinen kynnys

Saman VO_{2max} -arvon omaavat urheilijat eivät kuitenkaan suoriudu yhtä hyvin normaalimatkojen kilpailuista, koska heidän kilpailusuorituskyvyt voivat olla eri tasoilla. Kilpailusuorituskyvyn kannalta merkittävämpää on kyky hiihtää kilpailu mahdollisimman lähellä VO_{2max} :ia ja tämä liittyy anaerobiseen kynnukseen, Anak (Rusko 2003, 24; Kenney ym. 2015, 264; Ohtonen & Mikkola 2016, 495). Anak tarkoittaa korkeinta suoritustehoa, jossa laktaatin tuotto ja poisto ovat tasapainotilassa (Kenney ym. 2015, 130; Hynynen 2016, 120; Nummela 2016a, 293). Sen ylittyessä veren laktaattipitoisuus jatkaa nousua, kunnes henkilö väsyä tai lopulta lopettaa suorituksen (Nummela 2016a, 293). Anaerobista kynnystä voidaan ilmaista myös prosentteina suhteessa maksimaaliseen hapenottokykyyn, $\%VO_{2max}$ (Hoffmann 2002, 112; Kenney ym. 2015, 130).

Treenaamattomilla henkilöillä $\%VO_{2max}$ on 50 – 60 prosenttia maksimaalisesta hapenottokyvystä, kun taas huippukestävyysurheilijoilla se voi olla 70 tai 80 prosenttia maksimaalisesta hapenottokyvystä (Kenney ym. 2015, 130) tai jopa enemmän. Tämän eron syinä ovat luultavasti huippuhiihtäjien korkeampi anae-

robinen kynnystaso, parempi väsymisen vastustuskyky lihastasolla sekä korkeampi hermolihasjärjestelmän suorituskyky (Ohtonen & Mikkola 2016, 495).

Maastohiihdossa on tutkittu, että 10 – 15 kilometrin kilpailuissa kyetään hiihtämään keskimääräisesti 90 – 95 prosentin, 30 kilometrin kilpailuissa 85 – 90 prosentin ja 50 kilometrin kilpailuissa 80 – 85 prosentin teholla maksimaalisesta hapenottokyvystä (Ohtonen & Mikkola 2016, 495). Eliitti maastohiittäjien kilpailun aikaisen %VO_{2max}-tehon välillä ei ole suuria eroja. Sen sijaan nuoret eivät kykene pitämään korkeaa %VO_{2max}-tehoa koko kisan ajan yhtä hyvin kuin aikuiset ja eliittihiihtäjät, vaikka nuorilla voi olla korkea %VO_{2max}. (Rusko 2003, 25.) Ylävartalon anaerobinen kynnys on keskimääräisesti 80 – 85 prosenttia maksimaalisesta hapenottokyvystä, kun taas alavartalo työssä se on 85 – 90 prosenttia (Rusko 2003, 24).

2.4.3 Taloudellisuus

Kestävyyslajeissa suorituksen taloudellisuudella on merkitystä (Nummela & Häkkinen 2016, 272). Hiihdossa sitä mitataan hapenkulutuksena tietyllä nopeudella (Rusko 2003, 25). Taloudellisen hiihtäjän etuna ovat pienempi energiankulutus ja alhaisempi prosentuaalinen osuus maksimaalisesta hapenkulutuksesta sekä parempi energiavarastojen säätely verrattuna samalla vauhdilla eteneviin hiihtäjiin. Hyvä taloudellisuus voi myös tasoittaa heikompaa aerobista suorituskykyä. (Ohtonen & Mikkola 2016, 496.) Suorituksen taloudellisuus riippuu hermolihasjärjestelmän voimantuottokyvystä ja tekniikasta (Nummela & Häkkinen 2016, 272). Sitä voidaan parantaa voimaharjoittelulla (Hoff ym. 1999; Sunde ym. 2010, 2157).

Hiihdon taloudellisuudessa eri hiihtäjien välillä on suuria eroja, sillä eri hiihtotekniikoiden käyttäminen maastonpiirteiden mukaan aiheuttavat suuret vaatimukset teknisille taidoille, mutta iän ja harjoittelun vaikutuksesta erot pienenevät (Rusko 2003, 25 – 26). Kansainvälisen tason hiihtäjät ovat taloudellisempia kuin kansallisen tason hiihtäjät. Tämä johtuu erityisesti paremmasta tekniikasta ja voimantuotosta. (Sandbakk, Holmberg, Leirdal & Ettema 2010, 480.) Tasatyöntö on tekniikoista taloudellisin tasaisella ja loivissa nousuissa, koska lihasmas-

saa käytetään vähemmän kuin muissa tekniikoissa. Käytetyt lihakset ovat kuitenkin aktiivisempia. Laktaattiarvot ovat vuorostaan korkeammat kuin muissa tekniikoissa. (Rusko 2003, 26.)

2.4.4 Anaerobinen suorituskyky

Anaerobinen kapasiteetti tarkoittaa yhtäjaksoisessa suorituksessa muodostettua anaerobisen energian kokonaismäärää. Siihen vaikuttavat glykolyysi- ja fosfokreatiinivarastojen koko sekä veren ja lihasten puskurointikyky. (Nummela 2016b, 132.) Anaerobista kapasiteettia tarvitaan niin sprinteissä kuin pitkän matkan suorituksissakin (Rusko 2003, 29) sekä lähdöissä, rytminvaihdoksissa, loppukirikamppailuissa ja jyrkkäpiirteisissä ylämäissä, jolloin energiantuotanto tapahtuu anaerobisesti. Lisäksi tällöin maksimaalisen hapenottokyvyn teho voidaan ylittää lyhytaikaisesti, jos radat sisältävät palauttavia laskuja. (Ohtonen & Mikkola 2016, 495 – 497.)

Kilpailun lähdössä hapenkulutuksella kestää kahdesta neljään minuuttiin kohota kilpailuvauhdin vaatimalle tasolle, minkä seurauksena syntyy happivelkaa. Elimistön happivelasta selviämiseen ja sitä kautta kilpailussa menestymiseen vaikuttavat puskurikapasiteetin ja laktaatin poistokyvyn taso. (Ohtonen & Mikkola 2016, 497.) Suorituksen lähdössä energiaa saadaan suurimmaksi osaksi fosfokreatiinivarastoista. Muutamia sekunteja tämän jälkeen energiaa tuotetaan glykolyysin avulla jopa muutamiin minuutteihin saakka. Glykolyysin merkitys kasvaa energiantuottotapana tilanteissa, joissa suoritusteho saavuttaa maksimaalisen aerobisen tehon tai ylittää sen. Glykolyysin lopputuotteena syntyy maitohappoa, jolloin veren ja lihasten happamuus sekä laktaattipitoisuus suurenevät aiheuttaen nopean uupumisen. Tällöin anaerobisella kapasiteetilla on merkitystä. (Nummela 2016b, 131.)

Kilpailumatka vaikuttaa aerobisen ja anaerobisen energiantuotannon jakautumiseen. Anaerobinen energiantuotanto voi nousta sprintissä 50 prosenttiin ja 5 kilometrin kilpailussa 10 prosenttiin kokonaisenergiantuotannosta. Pitkillä matkoilla, kuten 30 kilometrin kilpailussa, ylämäet hiihdetään 120 prosenttia

VO_{2max}-tason tehosta ja sprinttihilhdossa jopa 160 prosenttia VO_{2max}-tason tehosta. (Ohtonen & Mikkola 2016, 495 – 497.)

2.4.5 Hermolihasjärjestelmän suorituskyky

Hermolihasjärjestelmän voidaan sanoa olevan liikkumisen ja voimantuoton ”koneisto” (Mero, Kyröläinen & Häkkinen 2004, 37), joka koostuu hermostosta ja lihaksista. Hermosto muodostuu keskushermostosta, joka sisältää aivot ja selkäytimen sekä ääreishermostosta, johon kuuluvat selkäydinhermot ja autonominen hermosto. Keskushermostosta lähetetään käskyjä kehon ääreisosiin ja sisäelimiin joko motoristen tai autonomisten hermojen avulla. Ääreishermoston reseptoreista vuorostaan lähetetään viestejä sensorisia hermoja pitkin keskushermostoon. Hermosto ohjaa luurankolihasien toimintaa ja on siten merkittävässä roolissa voimantuotossa. (Avela, Mero & Kyröläinen 2016, 89 – 93.)

Nykypäivän maastohiihdossa hermolihasjärjestelmän toiminnalla on merkitystä, sillä hiihdon kehityksen vuoksi matkavauhdit ovat nousseet ja voimantuottoaika on pienentynyt (Ohtonen & Mikkola 2016, 497). Maastohiihdossa hermolihasjärjestelmän tehtävänä on voiman tuottaminen, lihasten rekrytointi, ja väsymyksen vastustaminen (Rusko 2003, 1; Ohtonen & Mikkola 2016, 497). Hyviä hermolihasjärjestelmän voimantuotto-ominaisuuksia tarvitaan kiri- ja rytminvaihtotilanteissa. Rytminvaihtotilanteissa hapenkulutus ja elimistön happamuus nousevat, jolloin hermolihasjärjestelmän tulee toimia tehokkaasti. Voimantuotto-ominaisuuksien hyödyntäminen normaalimatkojen loppukirikamppailuissa riippuvat kuitenkin siitä, kuinka hyvät ovat hiihtäjän aerobiset ominaisuudet ja väsymyksen vastustuskyky sekä tekniset taidot. (Ohtonen & Mikkola 2016, 497.) Voimantuottoon vaikuttavat lihasmekaaniset tekijät, joita ovat lihasrakenne, lihastoiminta, nivelkulmat, lihaspituus, voima-aika-riippuvuus ja voima-nopeusriippuvuus sekä hermostolliset tekijät, joita ovat refleksitoiminta ja esiaktiivisuus. (Mero ym. 2004, 53).

Hermolihasjärjestelmän voimantuottokyky voi estää joidenkin kestävyysurheilijoiden suorituskykyä. Vahvan aerobisen suorituskyvyn ja luultavasti hitaamman lihassoluprofiilin edustajilla se voi rajoittaa suoritusta nopeilla ja tasaisilla

osuuksilla sekä loppuratkaisuissa. Nopeamman lihassoluprofiilin edustajilla vuorostaan hermolihasjärjestelmän kyky vastustaa väsymystä voi rajoittaa suoritusta. (Ohtonen & Mikkola 2016, 497.) Ruskon (2003, 11 – 12) mukaan hitaiden lihassolujen suuri määrä on yhteydessä maksimaaliseen hapenottokykyyn, anaerobiseen kynnykseen ja harjoittelun määrään.

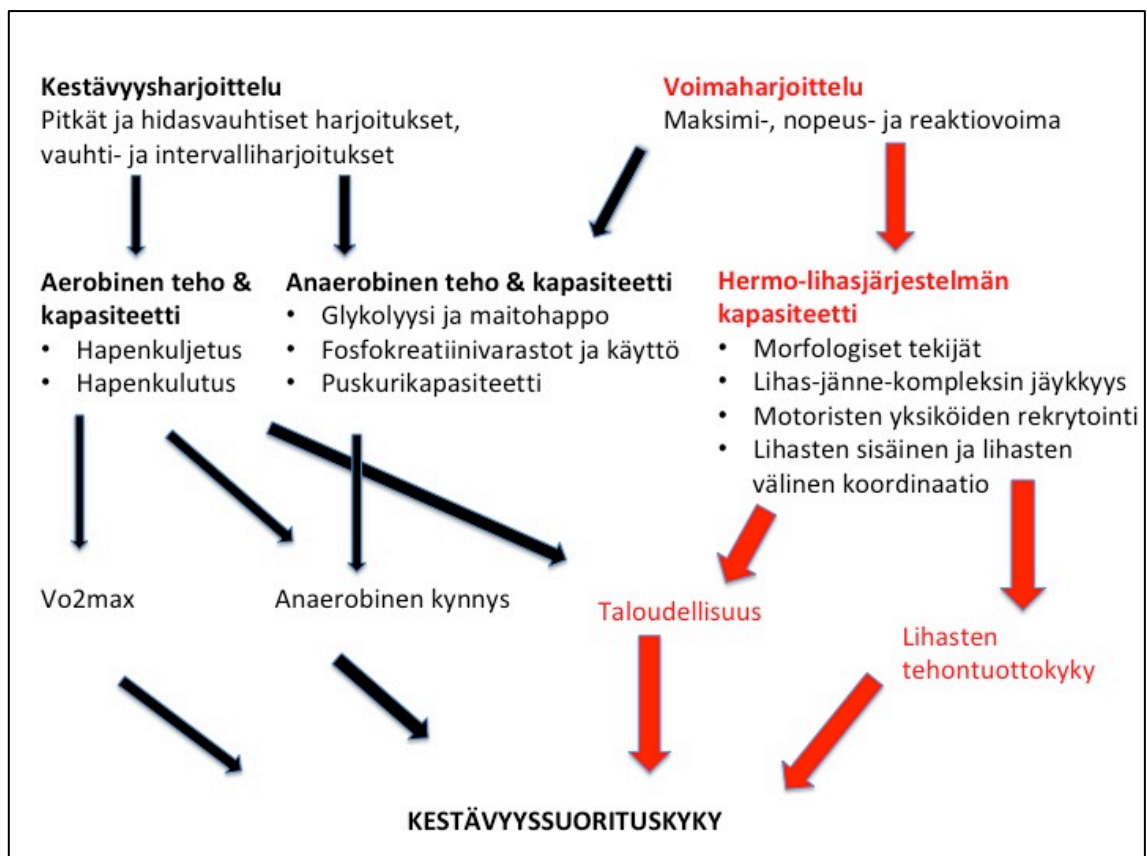
Hermolihasjärjestelmän voimantuottokyky on kestävyys suorituskyvyille tärkeää, koska se antaa ylärajan suoritusnopeudelle (Nummela & Häkkinen 2016, 272). Voimantuoton tehostaminen tapahtuu lisäämällä luurankolihakseen neuraalista käskytystä keskus- ja ääreishermoston toimesta. Lisääntynyt käskytyks käynnistää uusien motoristen yksiköiden rekrytoitumista eli käyttöönottoa. Rekrytointi etenee pienistä ja hitaista motorisista yksiköistä voiman tarpeen kasvaessa suurempiin ja nopeampiin motorisiin yksiköihin. Kestävyys harjoittelu aiheuttaa pienten ja hitaiden motoristen yksiköiden rekrytoitumista, kun vastaavasti voima- ja nopeusharjoittelu saavat aikaan isojen ja nopeiden motoristen yksiköiden käyttöönottoa. (Avela ym. 2016, 101.) Urheilijoiden elimistö oppii rekrytoimaan lihaksia ja lihassoluja vain tarvittavan määrän sekä vaihtelevaan aktiivisten lihasten ja lihassolujen määrää kestävyys suorituksen aikana. Huipputaso urheilijat kykenevät myös rekrytoimaan suuremman osan lihaksista maksimaalisessa suorituksessa kuin heikomman tason urheilijat. (Rusko 2003, 13). Hermolihasjärjestelmän kyky rekrytoida lihaksia voi rajoittaa kestävyys suorituskykyä ja maksimaalista hapenottokykyä (Rusko 2003, 19).

Väsymyksen vastustaminen riippuu hermolihasjärjestelmän kyvystä ylläpitää käskytyks ja rekrytoida lisää lihassoluja. Se johtuu myös suhteellisesta aerobisesta tehosta, glykogeenivarastoista, rasvojen hyväksikäytöstä, puskurikapasiteetista ja anaerobisesta kapasiteetista. (Rusko 2003, 19.) Sandbakkin ym. (2016, 1091 – 1100) tutkimuksessa havaittiin kansainvälisen tason naisiihtäjillä nopeampi tasatyönnön syklin nopeus verrattaessa kansallisen tason naisiihtäjiin. Nopeampi sykli tasatyönnössä kertoo paremmasta voimantuottokyvystä sekä väsymyksen siedosta.

3 MAKSIMIVOIMAN VAIKUTUS KESTÄVYYSSUORITUSKYKYYN

3.1 Maksimivoimaharjoittelun vaikutus kestävyysuorituskykyyn

Nykyajan tutkimustiedon mukaan kestävyysuorituskykyä voidaan kehittää voimaharjoittelun avulla (Nummela & Häkkinen 2016, 284 – 285; Anning 2016, 76; Beattie, Kenny, Lyons & Carson 2014, 848). Voimaharjoittelu parantaa kestävyysuorituksen taloudellisuutta ja loppukirikykyä sekä tehontuottokykyä (Nummela & Häkkinen 2016, 284), harjoittelun vastaanottokykyä ja palautumista sekä lajitekniikkaa ja suoritustehoa (Vuorimaa 2012, 144). Beattie ym. (2014, 847) artikkelissa kuvataan hypoteettinen malli kestävyysuorituskykyä määrittävistä tekijöistä sekä voimaharjoittelun aiheuttamista mahdollisista hyödyistä kestävyysuorituskyvylle (Kuvio 1). Punainen fontti kuvaa voimaharjoittelun aiheuttamia hyötyjä kestävyysuorituskyvylle.



Kuvio 1. Hypoteettinen malli kestävyysuorituskykyyn vaikuttavista tekijöistä (mukaillen Beattie ym. 2014, 847)

Kestävyysslajeissa voimaharjoittelulla haetaan hermotuksen kasvamista ja sitä kautta parempaa hermolihäsjärjestelmän voimantuotto- ja tehontuottokykyä. Erityisesti maksimi- ja nopeusvoimaharjoittelu kasvattavat hermolihäsjärjestelmän voiman- ja tehontuottokykyä. (Nummela & Häkkinen 2016, 284 – 285.) Sen sijaan kestovoimaharjoittelu ei anna riittävää ärsykettä lajinomaisille voima- ja nopeusalueiden kehittymiselle (Nummela, Keskinen & Vuorimaa 2004, 346). Maksimivoima on suurin voimataso, jonka lihas tai lihasryhmä kykenee tuottamaan. Maksimaaliseen voimatasoon vaikuttavat lihastyötapa ja testattava lihasryhmä sekä urheilijan maksimaalinen lihasaktivaatiotaso, lihaksen poikkipinta-ala, harjoitustausta, sukupuoli ja ikä. (Häkkinen & Ahtiainen 2016, 250.)

Anningin (2016, 76) tutkimuksessa havaittiin maksimivoimaharjoittelun olevan tehokkain tapa kehittää tehontuottoa, taloudellisuutta ja kestävyys suorituskykyä eri voimaharjoittelun muodoista. Kestävyysurheilijoilla maksimivoimaharjoittelun seurauksena on havaittu lisääntyneitä IIA-lihassolutyypin (nopea oksidatiivinen-glykolyttinen lihassolu) määrää (Aagaard ym. 2011, e301.), maksimivoiman kehittymistä (Hoff, Gran & Helgerud 2002, 291; Aagaard ym. 2011, e301; Losnegard ym. 2011, 394) ja voimantuottonopeuden parantumista (Hoff ym. 2002, 291; Aagaard ym. 2011, e301). Sen sijaan Skattebo, Hallén, Rønnestad & Losnegard (2016, 1010 – 1012) eivät havainneet suorituskyvyn kasvua raskaan ylävartalon voimaharjoittelujakson jälkeen nuorilla naishiittäjillä.

Ylävartalon voimien on katsottu olevan yhteydessä myös tasatyön hiihtosuorituskykyyn (Rusko 2003, 28). Nykyajan hiihtäjät korostavatkin etenkin ylävartalon voiman ja kestävyuden harjoittamista (Sandbakk & Holmberg 2014, 119). Voimaharjoittelussa tulee huomioida, että vaikutukset kohdistuvat lajisuorituksen kannalta tärkeille lihasryhmille (Nummela & Häkkinen 2016, 285).

3.2 Maksimivoiman yhteydet kestävyys suorituskykyyn

Maksimaalisen hapenottokyvyn kasvua on havaittu pyöräilijöillä (Sunde ym. 2010, 2162; Aagaard ym. 2011, e301) ja hiihtäjillä (Hoff ym. 2002, 292; Losnegard ym. 2011, 394) kestävyys harjoitteluun lisätyn voimaharjoittelun myötä. Hoff ym. (2002, 292) havaitsivat VO_{2max} :n vähäistä kehittymistä, mutta lyhytaikaisen

kestävyysuorituskyvyn merkittävää kasvua VO_{2max} -teholla hiihtoergometrillä tehtynä. Østeråsin, Helgerudin & Hoffin (2002, 260) hiihtoergometrillä tehdyssä tutkimuksessa vuorostaan VO_{2max} laski, mutta anaerobisen kynnyksen hapenkulutus nousi. Kestävyysjuoksijoilla on myös maksimivoimaharjoittelun jälkeen havaittu kehittymistä anaerobisen kynnyksen hapenkulutuksen arvoissa (Guglielmo, Greco & Denadai 2009, 30).

On myös havaittu, että maksimaalisen voiman kehittyminen on kasvattanut uupumisaikaa (Hoff ym, 2002, 291; Østerås ym, 2002, 258). Losnegardin ym. (2011, 393 – 396) tutkimuksessa voimaharjoittelua toteuttanut koeryhmä paransi 1,1 kilometrin tasatyöntötestin aikaa merkittävästi. Tässä tutkimuksessa havaittiin myös vahvaa korrelaatio viiden minuutin tasatyöntön suorituskykytestin ja ylätaljavedon yhden toiston maksimin välillä ($r = 0.87$). Korrelaatiota havaittiin myös ylämäkeen tehtävän 1,1 kilometrin tasatyöntötestin ja ylätaljavedon maksimin välillä ($r = -0.81$).

Hoffin ym. (1999, 870 – 876) tutkimuksessa tutkittiin naishiihtäjien maksivoimaharjoittelun vaikutusta maastohiihdon taloudellisuuteen ja anaerobiseen kynnukseen. Voimaharjoittelujakson jälkeen koeryhmän ylävartalon maksimaaliset voimatasot kasvoivat merkittävästi. Hiihtoergometrillä tehdyssä testissä voimaharjoittelua toteuttanut ryhmä paransi huomattavasti aikaansa verrattuna kontrolliryhmään. Sen sijaan anaerobinen kynnys ei muuttunut kummallakaan ryhmällä.

Heikot voimatasot ovat naisilla monesti yksi kestävyysuorituskykyä rajoittava tekijä ja siten voimaharjoittelulla on positiivisia vaikutuksia naiskestävyysurheilijoille miehiä enemmän. Tämän on katsottu pohjautuvan heikomman voimatason kohenemiseen ja siitä seuraavan liikkumistehon paranemiseen systemaattisen voimaharjoittelun seurauksena. (Vuorimaa 2012, 144.)

3.3 Voimatasojen yhteydet suorituskykyyn

Voimatasojen yhteyksiä suorituskykyyn on tutkittu vähän. Ng'n ym. (1988, 205) tutkimuksessa havaittiin ylävartalon ja reisilihaksen voiman olevan merkittävästi yhteydessä kymmenen kilometrin perinteisen tyylin kilpailusuoritukseen. Stög-

glin ym. (2011, 797) vuorostaan selvittivät yleisten voimatasojen yhteyksiä maksiminopeuteen eri hiihtotekniikoilla. Penkkivedon ja penkkipunnerruksen yhden toiston maksimeilla ei havaittu olevan merkittävää yhteyttä tasatyönnön submaksimaaliseen ja maksimaaliseen nopeuteen, kun taas vuorohiihdon ja penkkivedon yhden toiston maksimin tulosten välillä havaittiin hyvin merkittävää yhteyttä. Merkittävää yhteyttä havaittiin myös wassbergin ja penkkipunnerruksen yhden toiston maksimin välillä.

Stögglin ym. (2011, 802) mukaan hiihtäjät tarvitsevat tietyn voimatason, jotta suorituskyky parantuisi ja uusien alatekniikoiden käyttö olisi helpompaa. Isot voimatasot eivät kuitenkaan näytä olevan tärkein tekijä vaan se, miten voimatasot saadaan siirrettyä itse lajisuoritukseen. Häkkisen ja Ahtiaisen (2016, 262) mukaan lajeissa, joissa kehon painolla on merkitystä, ei absoluuttisilla voimilla ole suurta merkitystä. Sen sijaan merkitystä on suhteellisilla voimatasoilla. He toteavatkin, että yksilöiden välisissä vertailussa kehoon suhteutettu voimataso on parempi mittari kuin absoluuttinen voimataso.

4 TUTKIMUKSEN TOTEUTUS

4.1 Määrällinen tutkimusote

Tässä opinnäytetyössä käytetään määrällistä eli kvantitatiivista tutkimusotetta, jossa pyritään yleistämään saatuja tuloksia. Tutkimuksen ilmiö perustuu olemassa oleviin teorioihin, joista muodostetaan tutkimusongelmat. (Kananen 2015, 73.) Määrällisessä tutkimuksessa tietoja tarkastellaan numeerisesti. Se voi vastata kysymykseen, kuinka paljon. Se voi myös mitata muuttujien välisiä yhteyksiä ja eroja. (Vilka 2007, 13 – 14.)

Tässä opinnäytetyössä tarkastellaan maksimivoiman yhteyttä tasatyön kestävyyssuorituskykyyn numeerisesti. Tutkimuksen ilmiö ja ongelmat perustuvat teoriaan ja kirjallisuuteen. Seuraavissa luvuissa esitetään tutkimuksen koehenkilöt, koeasetelma ja mittausmenetelmät sekä tilastolliset menetelmät.

4.2 Koehenkilöt

Tutkimukseen osallistui alun alkaen 11 vapaaehtoista tavoitteellisesti harjoittelevaa nuorta naishiihtäjää. Alkumittauksissa koehenkilöistä kymmeneltä saatiin mitattua kaikki tulokset, minkä vuoksi sitä pidetään koehenkilöiden todellisena määränä. Koehenkilöiden taustatiedot ovat kuvattuna taulukossa 2.

Taulukko 2. Koehenkilöiden (n=10) taustatiedot keskiarvoina ja -hajontoina sekä minimi- ja maksimiarvoina

	keskiarvo	keskihajonta	min	max
Ikä	21,7	± 3,9	16,6	27,6
Pituus (cm)	168,3	± 5	160	177
Paino (kg)	63	± 6	51,8	72
BMI	22,2	± 1,6	20,2	25,2
Rasvaprosentti (%)	25,2	± 2,7	22	30,5
Rasvaton massa (kg)	47,2	± 4	39,5	54,4

Mahdollisille osallistujille lähetettiin kutsukirje, jossa kerrottiin tutkimuksen tarkoitus ja kulku. Halukkaat koehenkilöt hyväksyivät kirjallisella suostumuksella osallistumisensa Lapin urheiluopistolla järjestettävään tutkimuskokonaisuuteen. Suostumuslomakkeessa ilmeni tutkimuskokonaisuuden tarkoitus ja tavoite, suoritettavat mittaukset, tutkimuksen hyödyt ja haitat koehenkilöille sekä koehenkilöiden oikeudet ja vakuutusturva. Allekirjoittamalla koehenkilöt antoivat suostumuksensa käyttää tutkimustuloksiaan tieteelliseen raportointiin ja samalla vakuuttivat osallistuvansa terveenä mittauksiin.

4.3 Koeasetelma

Tämä opinnäytetyö on osa suurempaa tutkimuskokonaisuutta, jonka päätyönä tehtiin Jyväskylän yliopiston pro gradu-tutkielma, jonka mittauksissa syntynyttä dataa käytettiin myös tässä opinnäytetyössä. Tästä syystä koehenkilöiden ominaisuuksia mitattiin lukuisin eri mittausmenetelmin kaksi kertaa harjoituskauden aikana (touko-kesäkuussa ja elokuussa 2017) Lapin urheiluopistolla. Tässä tutkimuksessa keskitytään touko-kesäkuun alkumittausten kehonkoostumuksen ja ylävartalon voiman mittauksiin sekä tasatyönnön maksimaalisen hapenottokyvyn testiin.

Alkumittauksissa jokaisella koehenkilöllä oli kaksi mittauspäivää. Ensimmäisenä mittauspäivänä koehenkilöiltä mitattiin kehonkoostumus, jonka jälkeen suoritettiin maksimaalinen hapenottokyvyn testi sauvakävellen. Testipäivä kesti kokonaisuudessaan tunnin kullakin koehenkilöllä. Noin kaksi viikkoa myöhemmin järjestettiin toinen testipäivä, jolloin suoritettiin ylävartalon voimatestit seuraavassa järjestyksessä: penkkipunnerruksen yhden toiston maksimi, penkkipunnerruksen toistomaksimi ja ylätaljavedon yhden toiston maksimi. Suoritusten välillä pidettiin muutaman minuutin tauko. Voimatestien jälkeen suoritettiin lyhyt lämmittely tasatyöntämällä juoksumatolla, minkä jälkeen suoritettiin tasatyönnön nopeustesti kaksi kertaa. Nopeustestin jälkeen pidettiin 15 minuutin aktiivinen palautus, minkä jälkeen suoritettiin tasatyönnön maksimaalinen hapenottokyvyn testi uupumukseen saakka. Toinen testipäivä kesti kokonaisuudessaan noin 90 minuuttia kullakin koehenkilöllä. Kumpanakin testipäivänä koehenkilöt suorittivat omatoimisen verryttelyn.

4.4 Mittaukset

Testaajina toimivat Lapin ammattikorkeakoulun liikunnanohjaajaopiskelija ja Jyväskylän yliopiston Liikuntatieteellisen opiskelijat sekä Lapin urheiluopiston kuntotestaus henkilökunta ja valmentajat. Kehonkoostumusmittaukset sisälsivät painon, pituuden ja rasvaprocentin mittaukset. Koehenkilöt mittasi aina sama henkilö.

Voimatesteissä mitattiin penkkipunnerruksen yhden toiston maksimi penkkipunnerrustelineessä. Kuormaa lisättiin 2,5 kilogrammaa kerrallaan niin kauan, että maksimitulos saavutettiin. Toisena testinä tehtiin penkkipunnerruksen minuutin kestävä toistomaksimitesti vastuksen ollessa puolet koehenkilön painosta. Kolmantena vuorossa oli ylätaljavedon yhden toiston maksimi myötäotteella. Kuormaa lisättiin 5 kilogrammaa kerrallaan niin kauan, että maksimitulos saavutettiin. Suoritusten välillä pidettiin noin kolmen minuutin tauko.

Tasatyönnön maksimaalinen hapenottokyvyn testi suoritettiin Lapin urheiluopiston juoksumatolla (OJK-2, Telineyhtymä, Kotka, Suomi) taulukon 3 protokollan mukaisesti. Kuormat olivat kolmen minuutin pituisia ja nopeutta nostettiin joka kuormalla. Juoksumaton kulma oli koko testin ajan 2 astetta. Matto pysäytettiin joka kuorman jälkeen enintään 20 sekunniksi laktaattinäytteen oton ajaksi. Laktaattinäyte analysoitiin (Lactate Pro) laktaattianalysointilaitteella. Testin aikana mitattiin myös hengityskaasuja (Cortex Metalyzer 3B) hengityskaasuanalysointilaitteella ja sykettä (Polar Vantage NV, Polar Electro Oy, Kempele, Suomi) sykemittarilla. Testi suoritettiin uupumukseen saakka. Kaikki testattavat käyttivät samoja rullasuksia (Marwe), mutta omia sauvoja ja monoja.

Taulukko 3. Tasatyönnon maksimaalisen hapenottokyky testin protokolla

Aika(min)	Km/h	Aste
0	-	-
3	8	2
6	9,6	2
9	11	2
12	12,6	2
15	14	2
18	15,6	2
21	17	2
24	18,6	2
27	20	2
30	21,6	2
33	23	2
36	24,6	2

4.5 Tilastolliset menetelmät

Tulosten analysoinnissa käytettiin tilastollisia menetelmiä. Muuttujia tarkasteltiin keskiarvoina ja keskihajontoina sekä minimi- ja maksimiarvoina käyttäen Excel –taulukkolaskentaohjelmaa. Tilastollisissa analyyseissa käytettiin IBM SPSS Statistics 22-ohjelmaa. Muuttujat olivat normaalisti jakautuneita. Muuttujien välisiä yhteyksiä tarkasteltiin Pearsonin kaksisuuntaisen tulomomenttikorrelaatiokertoimen avulla. Merkitsevyyden rajaksi asetettiin $p < 0,05$ (*, melkein merkitsevä).

Muuttujien välisiä yhteyksiä voidaan tarkastella Pearsonin korrelaatiokertoimen avulla. Se mittaa muuttujien välisen lineaarisen yhteyden voimakkuutta. Positiivinen yhteys syntyy, kun toisen muuttujan arvot kasvavat toisen muuttujan arvojen kasvaessa. Vuorostaan negatiivinen yhteys syntyy, kun toisen muuttujan arvot laskevat toisen muuttujan arvojen laskeessa. Muuttujien välillä ei ole line-

aarista yhteyttä korrelaatiokertoimen ollessa nolla tai lähelle sitä. Sen sijaan mitä lähempänä ykköstä kerroin on, sitä voimakkaampaa yhteys on. (Nummenmaa, Holopainen & Pulkkinen 2014, 214 – 215.)

Suuri korrelaatiokerroin ei kuitenkaan yksistään kerro muuttujien välisestä syy-seuraus-suhteesta. Kahdella muuttujalla voi olla yhteiset syyt, jotka voivat saada ne korreloimaan keskenään, vaikka muutokset itsessään eivät ole yhteydessä toisiinsa. Syy-seuraus-suhteen edellytyksenä on muuttujien yhteisvaihtelu, kolmansien muuttujien poissulkeminen ja teorian tuki sekä ajallinen järjestys: syy ennen seurausta. Korrelaatiokerroin voi aiheuttaa tulkintavirheitä edellä mainittujen seikkojen lisäksi poikkeavan havainnon seurauksena. Poikkeava havainto muuttaa herkästi kertoimen arvoa. (Heikkilä 2008, 204 – 205.)

Korrelaatiokertoimen tilastollista merkitsevyyttä voidaan testata p-arvon avulla. Kun korrelaatiokerrointa vastaava p-arvo alittaa käytetyn merkitsevyytason, voidaan korrelaation sanoa olevan tilastollisesti merkitsevä. (Heikkilä 2008, 206.) Korrelaatiokertoimen testaus edellyttää likimäärin normaalijakaumaa ja perusjoukon satunnaisotosta sekä yhden tapauksen muuttujien arvojen tulee olla riippumattomia muiden tapausten muuttujien saamien arvojen osalta (Holopainen & Pulkkinen 2008, 242).

5 TULOKSET

Yhteensä 10 nuorta naishihtäjää osallistui kehonkoostumusmittauksiin, ylävartalon voimatesteihin ja rullahihtäen suoritettavaan tasatyönnön maksimaalisen hapenottokyvyn testiin. Mittauksien tulokset ovat esitettyinä keskiarvoineen ja -hajontoineen sekä minimi- ja maksimiarvoineen taulukossa 4.

Taulukko 4. Voimatestien sekä tasatyönnön maksimaalisen hapenottokyvyn testin testitulokset keskiarvoineen ja -hajontoineen sekä minimi- ja maksimiarvoineen (n = 10)

	keskiarvo	keskihajonta	min	max
BP 1 RM	52	± 6,2	40	60
BP 1 RM/BW	0,83	± 0,08	0,72	0,97
BP ½ BW (rep)	29	± 5	24	39
PD 1 RM	59	± 5,8	45	65
PD 1 RM/BW	0,9	± 0,07	0,79	1,02
VO ₂ max TT (ml/kg/min)	48	± 5,85	40	60
VO ₂ TT time (min)	16,1	± 2,4	13	22
Anak TT(ml/kg/min)	42	± 5,5	35	54

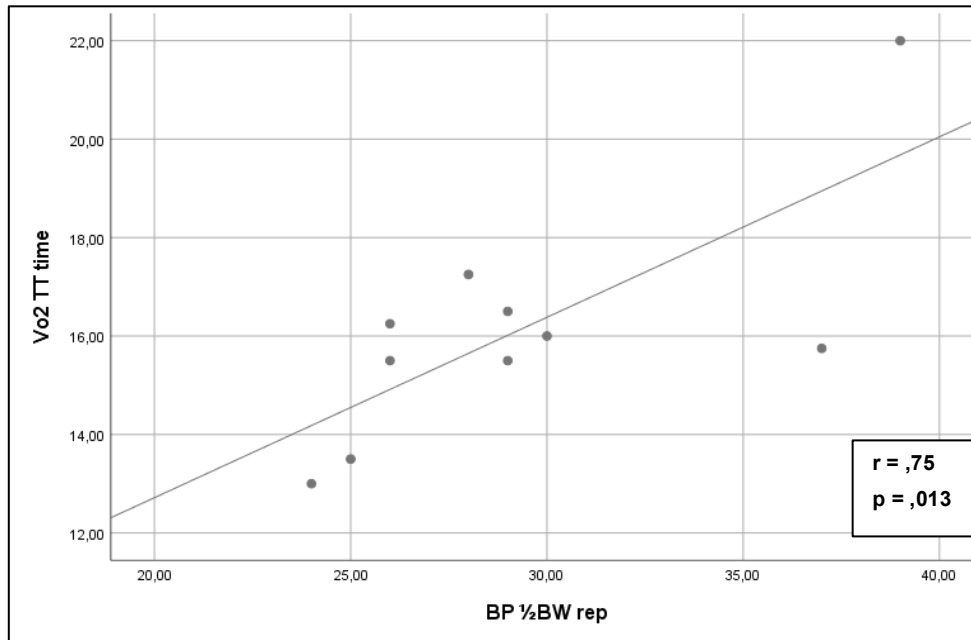
5.1 Yhteydet hapenottokyvyn testin muuttujiin

Yhteyksiä tarkasteltaessa löydettiin taulukon 5 mukaiset korrelaatiokertoimet. Positiivisen kohtalaisia korrelaatioita löydettiin BP ½ BW (rep) ja VO₂max TT (ml/kg/min) (r = ,429), PD 1 RM/BW ja VO₂max TT (ml/kg/min) (r = ,519), BP 1 RM/BW ja VO₂ TT time (min) (r = ,572) ja PD 1 RM/BW ja VO₂ TT time (min) (r = ,456) sekä BP ½ BW (rep) ja Anak TT(ml/kg/min) (r = ,513) väliltä. Nämä tulokset eivät kuitenkaan olleet merkitseviä.

Taulukko 5. Tutkittavien (n = 10) ylävartalon voimatestien tulosten yhteydet ta-
satyönnön maksimaaliseen hapenottookykyyn, maksimaalisen hapenottookyvyn
testin uupumisaikaan ja anaerobisen kynnyksen hapenkulutukseen

		VO ₂ max TT (ml/kg/min)	VO ₂ TT time (min)	Anak TT(ml/kg/min)
BP 1 RM	r	-0,215	-,018	-0,256
	p	0,55	0,96	0,476
BP 1 RM/BW	r	0,283	0,572	0,365
	p	0,429	0,084	0,3
BP ½ BW (rep)	r	0,429	,750*	0,513
	p	0,216	,013*	0,129
PD 1 RM	r	-0,111	-0,211	-0,359
	p	0,759	0,558	0,308
PD 1 RM/BW	r	0,519	0,456	0,368
	p	0,125	0,185	0,295

Tilastollisesti melkein merkitsevää positiivista korrelaatiota ($p < 0,05$) löytyi kuitenkin BP ½ BW (rep) ja VO₂ TT time (min) väliltä ($r = ,75$, $p = ,013$). Tämä yhteys on esitettyä kuviossa 1.



Kuvio 1. Penkkipunnerruksen toistomaksimin yhteys tasatyönnön maksimaalisen hapenottokyvyn testin uupumisaikaan

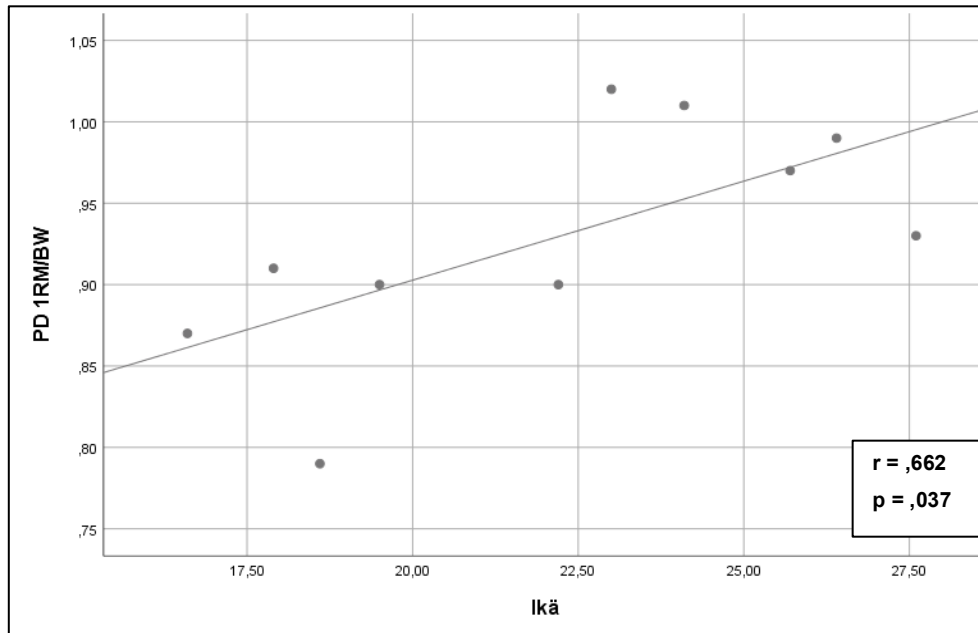
5.2 Iän yhteydet testituloksiin

Iän ja testitulosten välisiä yhteyksiä tarkasteltaessa löydettiin taulukon 6 mukaiset korrelaatiokertoimet. Positiivisen kohtalaista korrelaatiota löydettiin iän ja BP 1 RM ($r = ,517$). Tulos ei ollut tilastollisesti merkitsevä.

Taulukko 6. Koehenkilöiden (n = 10) iän yhteydet testituloksiin

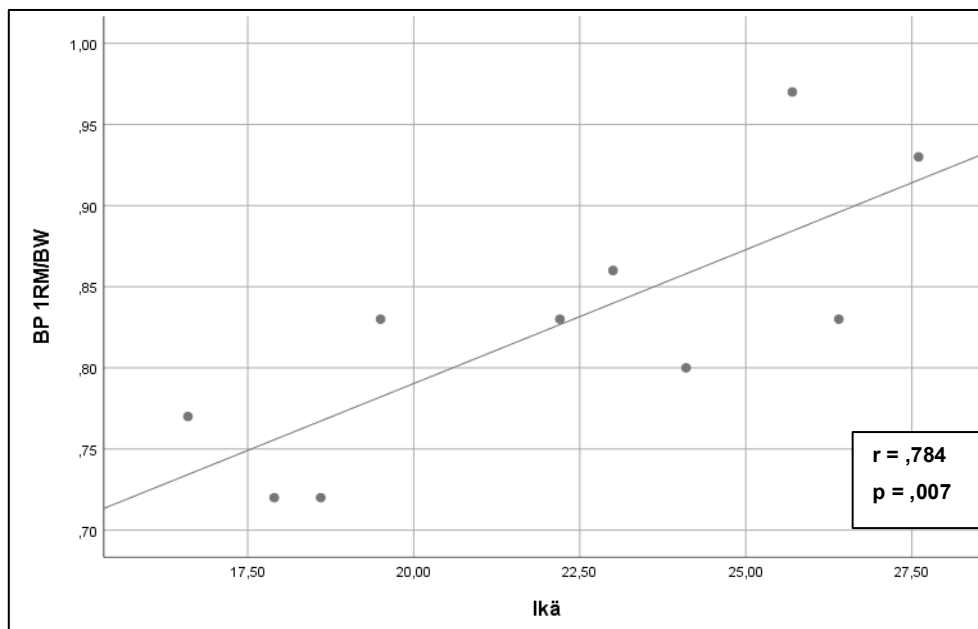
		ikä
BP 1 RM	r	,517
	p	,126
BP 1 RM/BW	r	,784**
	p	,007
BP 1/2BW (rep)	r	,345
	p	,328
PD 1 RM	r	,370
	p	,292
PD 1 RM/BW	r	,662*
	p	,037
VO ₂ max TT (ml/kg/min)	r	,211
	p	,558
VO ₂ TT time (min)	r	,327
	p	,558
Anak TT(ml/kg/min)	r	,159
	p	,660

Tilastollisesti melkein merkitsevää positiivista korrelaatiota ($p < 0,05$) havaittiin iän ja PD 1 RM/BW ($r = ,662^*$, $p = ,037$) väliltä. Yhteys on esitettyä kuviossa 2.



Kuvio 2. Iän yhteys ylätaljavedon suhteelliseen yhden toiston maksimiin

Tilastollisesti merkitsevää positiivista korrelaatiota ($p < 0,01$) löytyi iän ja BP 1 RM/BW väliltä ($r = ,784^{**}$, $p = ,007$). Yhteys on kuvattuna kuviossa 3.



Kuvio 3. Iän yhteys penkkipunnerruksen suhteelliseen yhden toiston maksimiin

5.3 Voimatestien väliset yhteydet

Voimatestien tulosten välisiä yhteyksiä tarkasteltaessa löydettiin taulukon 7 mukaiset korrelaatiokertoimet. Kohtalaista positiivista korrelaatioita löydettiin BP 1

RM/BW ja PD 1 RM/BW ($r = ,524$) sekä BP $\frac{1}{2}$ BW_(rep) ja PD 1 RM/BW ($r = ,514$) väliltä. Tulokset eivät olleet tilastollisesti merkitseviä. Tilastollisesti melkein merkitsevää ($p < 0,05$) positiivista korrelaatioita löytyi BP 1 RM ja PD 1 RM ($r = ,709^*$, $p = ,022$) sekä BP 1 RM/BW ja BP $\frac{1}{2}$ BW_(rep) ($r = ,702^*$, $p = ,024$) väliltä.

Taulukko 7. Koehenkilöiden ($n = 10$) penkkipunnerruksen ja ylätaljavedon tulosten väliset yhteydet

		BP $\frac{1}{2}$ BW _(rep)	PD 1 RM	PD 1 RM/BW
BP 1 RM	r	,283	,709*	,169
	p	,428	,022	,640
BP 1 RM/BW	r	,702*	,199	,524
	p	,024	,582	,120
BP $\frac{1}{2}$ BW _(rep)	r	1	,056	,514
	p		,879	,129

6 POHDINTA

6.1 Tulosten johtopäätökset

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää ylävartalon maksimaalisen voiman yhteyttä tasatyönnön kestävyys suorituskykyyn ja erityisesti maksimaaliseen hapenottokykyyn, maksimaalisen hapenottokyvyn testin uupumisaikaan ja anaerobiseen kynnykseen. Tässä opinnäytetyössä selvitettiin myös penkkipunnerruksen toistomaksimin yhteyksiä tasatyönnön kestävyys suorituskyvyn muuttujiin sekä iän yhteyksiä saatuihin testituloksiin ja voimatestien yhteyksiä toisiinsa. Tavoitteena oli saada tietoa nuorten naishiihtäjien tasatyönnön kestävyys suorituskyvystä ja ylävartalon maksimaalisista voimatasoista sekä siitä, onko tasatyönnön kestävyys suorituskyvyn ja maksimaalisten voimatasojen välillä yhteyttä.

Mittaukset osoittivat isoja eroja testattavien voimaominaisuuksien ja tasatyönnön kestävyys suorituskyvyn välillä (Taulukko 4). Mielestäni suurimmat syyt näihin eroihin ovat koehenkilöiden ikäerot, erilaiset harjoitustaustat sekä yksinkertaisesti eri tasoiset kestävyys suorituskyvyt ja voimaominaisuudet. Erot saattavat johtua myös vasta alkaneesta harjoituskaudesta ja sen vuoksi kunkin yksilön harjoittelun määrästä ja painopisteistä. Kilpailukauden jälkeinen harjoittelutauko on myös mahdollisesti alentanut voimantuottoa, jos voimaharjoittelua ei ole tehty. Tasatyönnön maksimaalisen hapenottokyvyn testin tulosten erot saattavat johtua myös hiihtäjien teknillisen osaamisen eroista, koska esimerkiksi hyvällä tekniikalla voidaan parantaa suorituksen taloudellisuutta ja sitä kautta koko suorituskykyä.

6.1.1 Voiman yhteys tasatyönnön kestävyys suorituskykyyn

Tutkimuksen päähavaintoina oli, etteivät penkkipunnerruksen ja ylätaljavedon absoluuttiset yhden toiston maksimit olleet tilastollisesti yhteydessä tasatyönnön maksimaaliseen hapenottokykyyn, anaerobisen kynnyksen hapenkulutukseen eivätkä maksimaalisen hapenottokyvyn testin uupumisaikaan. Saatu tulos on yhtenevä kirjallisuuden kanssa, sillä maksimivoima ja kestävyys suorituskyky

ovat fysiologisesti erilaisia. Maksimivoima vaatii toimiakseen hermolihasjärjestelmän osatekijöiden toimintaa (Häkkinen & Ahtiainen 2016, 250), kun taas VO_{2max} on riippuvainen hengitys- ja verenkiertoelimistön toiminnasta (Hynynen 2016, 117). Toisaalta yllättävää oli myös se, ettei maksimaalisilla voimilla ollut yhteyttä maksimaaliseen hapenottokykyyn, koska useissa tutkimuksissa maksimaalinen hapenottokyky oli kasvanut voimaharjoittelun seurauksena (Hoff ym. 2002, 292; Losnegard ym. 2011, 394).

Penkkipunnerruksen ja ylätaljavedon yhden toiston maksimit eivät olleet yhteydessä maksimaalisen hapenottokyvyn testin uupumisaikaan. Sama havainto on tehty myös kovemmissa nopeuksissa, kuten Stögglin ym. (2011, 797) tutkimuksessa, jossa havaittiin, etteivät penkkivedon ja penkkipunnerruksen yhden toiston maksimit olleet yhteydessä tasatyönnön maksiminopeuteen ja submaksimaaliseen nopeuteen. Tulos on kuitenkin päinvastainen Hoffin ym. (2002) ja Østeråsin ym. (2002) tulosten kanssa, joissa voimatasojen kehittyminen vuorostaan kasvatti uupumisaikaa (Hoff ym. 2002, 291; Østerås ym. 2002, 258).

Nummelan & Häkkisen (2016, 272, 284 – 285) mukaan maksimaalinen voimaharjoittelu aiheuttaa hermotuksen kasvamista, mikä johtaa hermolihasjärjestelmän voimantuotto- ja tehontuottokyvyn paranemiseen, mikä vuorostaan taas johtaa suorituksen parempaa taloudellisuuteen. Tässä tutkimuksessa ei kuitenkaan tiedetä ovatko koehenkilöt tehneet voimaharjoittelua ja kuinka paljon ennen tutkimukseen osallistumistaan. Siten kysymykseksi muodostuu kunkin koehenkilön hermolihasjärjestelmän sen hetkinen tila ja sen vaikutus kestävyysuorituskykyyn.

Positiivisen kohtalaista yhteyttä löydettiin tasatyönnön maksimaalisen hapenottokyvyn ja ylätaljavedon 1 RM/BW väliltä, testin uupumisajan ja penkkipunnerruksen 1 RM/BM väliltä sekä uupumisajan ja ylätaljavedon 1 RM/BM väliltä. Heuran (2014) artikkelin mukaan maksimivoiman ollessa suuri suhteessa kehon painoon, urheilijalla on enemmän voimaa käytettävänä verrattaessa urheiliijaan, jolla on pienemmät voimatasot suhteessa kehon painoon. Tällöin suhteellisesti vahvemman urheilijan yksi työntö ei kuluta yhtä paljon urheilijan kokonaisvoimasta, jolloin suorituskyky paranee. Tämän perusteella voidaan todeta, että

maksimivoimataso suhteessa henkilön omaan painoon on yhteydessä tasatyönnön maksimaaliseen hapenottokykyyn ja erityisesti sen uupumisaikaan enemmän kuin absoluuttinen yhden toiston maksimi.

Tilastollisesti melkein merkitsevää positiivista korrelaatiota löytyi penkkipunnerruksen toistomaksimin ja tasatyönnön maksimaalisen hapenottokyvyn testin uupumisajan väliltä. Penkkipunnerruksen toistomaksimi korreloi myös maksimaalisen hapenottokyvyn ja anaerobisen kynnyksen hapenkulutuksen kanssa positiivisen kohtalaisesti, mutta ei merkitsevästi. Näitä tutkimustuloksia tukee Ng'n ym. (1988, 205) tutkimustulokset siitä, että ylävartalon voima on yhteydessä kymmenen kilometrin kilpailusuorituskykyyn. Kymmenen kilometrin kilpailuvauhdin voidaan sanoa myös sivuavan anaerobista kynnystehoa (Ohtonen & Mikkola 2016, 495) ja anaerobinen kynnyks yhdessä maksimaalisen hapenottokyvyn kanssa ovat merkittäviä tekijöitä kestävyysuorituskyvyille (Kenney 2015, 130). Näistä syistä tutkimustulosta voidaan verrata Ng'n (1988) tutkimukseen.

Mielestäni saadut tulokset antavat viitteitä siitä, että painoon suhteutetulla ylävartalon maksimivoimalla on vähäistä yhteyttä tasatyönnön maksimaalisen hapenottokyvyn testin uupumisaikaa. Sen sijaan penkkipunnerruksen toistomaksimilla on huomattavaa yhteyttä maksimaalisen hapenottokyvyn testin uupumisaikaan sekä lievää yhteyttä tasatyönnön maksimaaliseen hapenottokykyyn ja anaerobiseen hapenkulutukseen. Näiden perusteella voidaan todeta, että ainakin tällä koeryhmällä tasatyönnön kestävyysuorituskyky ja erityisesti uupumisaika ovat riippuvaisia penkkipunnerruksen toistomaksimista ja jonkin verran myös suhteellisesta maksimaalisesta ylävartalon voimasta. Absoluuttisilla maksimaalisilla voimilla ei näyttänyt olevan yhteyttä tasatyönnön kestävyysuorituskyvyn osatekijöihin.

Valmennuksellisesti ajatellen näiden tulosten perusteella mielestäni hiihtäjien tulisi kehittää niin ylävartalon maksimivoimaa kuin lihaskestävyttäkin, sillä tällöin voidaan mahdollisesti parantaa tasatyönnön kilpailusuorituskykyä normaalimatkoilla sekä pidentää kilpailun aikaisen väsymyksen sietoa. Tärkeää kuitenkin on miettiä, miten kehittyneet voimatasot saataisiin siirrettyä suoraan lajisuo-

ritukseen ja voimantuottoon. Tästä syystä voimaharjoittelun tulisi kohdistua hiihtosuorituksen vaatimille lihaskulmille ja lihaksille.

Tuloksia tarkastellessa huomaa myös, että kullakin koehenkilöllä on omat yksilölliset kehityksen kohteensa. Näihin mielestäni tulee keskittyä päivittäisvalmennuksessa. Valmentajan tulee miettiä tarvitaanko juuri tämän henkilön tasatyön kestävyyssuorituskyvyn parantamiseen lisää voimaharjoittelua, kestävysharjoittelu vai voisiko suorituskyvyn parantuminen löytyä jostain muusta, kuten nopeusharjoittelusta.

6.1.2 Muiden muuttujien väliset yhteydet

län ja testitulosten väliltä löytyi osittain yhteyttä. Melkein merkitsevää positiivista korrelaatiota löytyi iän ja 1RM PD/BW väliltä sekä merkitsevää positiivista korrelaatiota löytyi iän ja 1RM PB/BW väliltä. Kohtalaista positiivista korrelaatiota löytyi iän ja PB 1RM väliltä, mutta ei merkitsevästi. Ikä siis näyttää olevan yhteydessä positiivisesti maksimaalisiin voimatasoihin. Häkkisen ja Ahtiaisen (2016, 252) mukaan voiman huippuarvot saavutetaan 20 – 30-vuotiaana. Testattavat olivat iältään 16 – 27-vuotiaita, joten nuorimmilla voimatasot ovat jo luontaisesti heikkommat. Yllättäen ikä ei kuitenkaan ollut yhteydessä maksimaaliseen hapenottokykyyn, maksimaalisen hapenottokyvyn suoritusaikaan eikä anaerobisen kynnyksen hapenkulutukseen. Tämä saattaa johtua siitä, ettei näin pienellä koeryhmällä löydetty kyseisiä eroja sekä siitä, että nuoremmat urheilijat olivat tasoltaan samanlaisia vanhempien hiihtäjien kanssa.

Tilastollisesti melkein merkitsevää positiivista korrelaatiota havaittiin penkkipunnerruksen yhden toiston maksimin ja ylätaljavedon yhden toiston maksimin välillä. Tämän perusteella voidaan olettaa, että voimaominaisuudet ovat yhtenevät niin ylävartalon etu- ja takapuolella. Melkein merkitsevää positiivista korrelaatiota havaittiin myös penkkipunnerruksen suhteellisen yhden toiston maksimin ja penkkipunnerruksen toistomaksimin välillä. Tulos osoittaa, että penkkipunnerruksen suhteellinen maksimivoima ja toistomaksimi ovat yhteydessä keskenään.

6.2 Virhelähteet

Tutkimuksen luotettavuutta voidaan mitata reliabiliteetilla ja validiteetilla. Reliabiliteetti tarkoittaa tutkimustulosten toistettavuutta ja sitä tarkastellaan mittauksen tarkkuudella. Validiteetti tarkoittaa kykyä tutkia sitä, mitä on ollut tarkoituskin. (Heikkilä 2008, 29 – 30.) Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää ylävartalon maksimivoiman yhteyttä tasatyön kestävyyssuorituskykyyn. Tämä toteutui osittain, sillä opinnäytetyössä ei tarkasteltu kaikkia kestävyyssuorituskyvyn osatekijöitä, kuten suorituksen taloudellisuutta ja lihasten tehontuotto-kykyä. Näiltä osin opinnäytetyö ei ole validi. Toisaalta maksimaalinen hapenotto-kyky ja anaerobinen kynnykset ovat tärkeitä muuttujia kestävyyssuorituskyvylle ja sen vuoksi näitä ominaisuuksia on mielestäni tärkeää tarkastella.

Tutkimuksen mittaukset suoritettiin Lapin urheiluopistolla ammattitaitoisten testaajien toimesta tai heidän valvonnan alla. Tällä varmistettiin mittausten luotettavuus. Tästä huolimatta mittauksiin liittyy usein mittausvirheitä, jotka vaikuttavat reliabiliteettiin. Tässä opinnäytetyössä virheet voivat johtua mittareiden toiminnasta tai analysointi vaiheessa tapahtuvasta virheestä. Yhdeltä koehenkilöltä ei saatu mitattua tasatyön maksimaalisen hapenotto-kyvyn arvoa, joten hänet poistettiin tästä tutkimuksesta. Toiselta koehenkilöltä vuorostaan irtosi maski saman testin loppuosassa, mutta hänet on otettu mukaan. Mittauksissa kaksi laktaatti näytettä epäonnistui, minkä vuoksi ne saattavat vaikuttaa kynnyksen määrittelyyn epäluotettavasti. Mittaustulosten kirjaamisessa voi myös tulla huolimattomuusvirheitä suuren numeerisen datan vuoksi. Tutkimus on kuitenkin toistettavissa käyttämieni tutkimusmenetelmien puitteissa.

Tässä tutkimuksessa tarkasteltiin ylävartalon voiman ja tasatyön kestävyyssuorituskyvyn lineaarista riippuvuutta Pearsonin korrelaatiokertoimella. Testattava otos oli pieni ($n = 10$) ja siten se voi aiheuttaa virhetulkintoja. Pienen otoksen vuoksi ryhmää ei ollut myöskään järkevää jakaa kahteen ryhmään esimerkiksi iän mukaan. Ikäryhmiin jakaminen olisi voinut parantaa tulosten luotettavuutta, koska tässä tutkimuksessa iällä oli vaikutusta voimatasoihin ja siten myös tutkimustuloksiin. Jos otos koko olisi ollut suurempi, vanhempien ja nuori-

rempien urheilijoiden testituloksia olisi voinut vertailla niin sisäisesti ryhmässä kuin ryhmien välillä.

6.3 Opinnäytetyöprosessi

Keväällä 2017 sain tiedon, että Lapin urheiluopistolla aloitetaan pro gradu – tutkielman teko voimaharjoittelun vaikutuksesta tasatyöntöön. Mittauksissa syntyvästä datasta voisin tehdä myös oman opinnäytetyöni. Kiinnostuin tästä maastohiihdon lajitaustani vuoksi. Opinnäytetyön tekemisen aloitin toukokuussa 2017 tekemällä tutkimussuunnitelman.

Aineiston keruu tapahtui kesällä 2017 eri testaajien toimesta. Olin myös itse mukana testaajana ja koin sen erityisen mielenkiintoisena, koska pääsin tällä kertaa olemaan testaajana sen sijaan, että olisin testattavana. Tämä antoi paljon oppia esimerkiksi suoran maksimaalisen hapenottokyvyn testistä. Tämän jälkeen opinnäytetyöni tekemiseen tuli lähes puolen vuoden tauko sairastelujen ja muun opiskelun vuoksi.

Teoriaosuuden kirjoittamisen aloitin 2018 alkuvuodesta ja päätin 2018 loppuvuodesta. Teoriaosuuden koin koko opinnäytetyön haastavimmaksi osaksi, koska se vaati paljon tiedonhakua ja uusien asioiden ymmärtämistä. Oman osansa toi myös se, ettei tarvitsemaani tietoa tahtonut löytyä. Opinnäytetyöni aihe tarkentui moneen otteeseen teoriaosuuden aikana tiedon lisääntymisen seurauksena. Teoriaosuuden kirjoittaminen lisäsi kuitenkin omaa tietämystäni maastohiihdosta paljon. Se antoi uusia näkökulmia maastohiihdon fyysiseen valmennukseen ja erityisesti voimaharjoittelun tärkeydestä kestävyys suorituskykyyn. Näitä oppimiani asioita voin hyödyntää tulevaisuudessa valmennustehtävissäni. Huomion arvoista oli myös se, että alan englanninkielen taito karttui eri ulkomaisia tutkimuksia tarkastellessani. Uskon tästä olevan hyötyä tulevaisuudessa esimerkiksi työelämässä.

Aineiston analysoinnin ja tulosten kirjaamisen tein joulukuussa 2018. Perehtyminen tilastollisiin menetelmiin vei myös oman aikansa, mutta koin sen erityisen mielenkiintoiseksi. Lopulta päädyin tekemään analyysin Pearsonin korrelaati-

tiokertoimella, joka kertoo muuttujien välisistä yhteyksistä. Pohdinnan tein tammi-helmikuussa. Talvella 2019 sain opinnäytetyöprosessini valmiiksi.

6.4 Jatkotutkimusaiheet

Jatkotutkimusaiheina voitaisiin tutkia laajemmin eri lihasten voimatasojen yhteyksiä eri hiihtotyylien kestävyys suorituskyvyn kaikkiin neljään tekijään niin kansainvälisen kuin kansallisen tason naishiittäjillä. Olisi mielenkiintoista nähdä millaisia eroavaisuuksia näiden ryhmien väliltä löytyisi. Otoksen tulisi kuitenkin olla suurempi kuin tässä opinnäytetyössä, jotta saataisiin luotettavampia tuloksia ja voitaisiin yleistää koko perusjoukkoon. Mielenkiintoista olisi myös tutkia, miten voimatasot vaikuttavat tasatyön syklin osatekijöihin, kuten frekvenssiin ja syklin pituuteen sekä voimantuoton nopeuteen.

Toisena tutkimusaiheena voisi olla toiminnallinen opinnäytetyö aiheesta: ”Nykyaikaisen maastohiihdon voimaharjoittelun opas”. Tällainen opas voisi sisältää hiihtosuorituskyvylle tärkeitä voimaharjoitteluliikkeitä. Liikkeissä huomioitaisiin myös hiihdonomaiset nivelkulmat. Opas voisi myös sisältää teoreettista tietoa eri voiman lajeista sekä siitä miksi voimaharjoittelu on tärkeää hiihtäjille. Se voisi sisältää näiden lisäksi myös esimerkkejä eri harjoituskausien voimaharjoittelusta. Tarvetta olisi varmasti myös vinkeille, miten saatu voimataso saadaan siirrettyä hiihtosuoritukseen. Uskon, että tällaiselle oppaalle olisi käyttöä, koska lajin vaatimukset ovat muuttuneet viime vuosina ja siten on huomattu, että lajin kestävyys suorituskykyä voidaan tehostaa voimaharjoittelun avulla. Uskon, että monella lajin parissa työskentelevällä on varmasti mietinnässä se, miten voimaharjoittelua tulisi käytännössä toteuttaa, jotta siitä olisi hyötyä lajisuorituksessa.

LÄHTEET

Aagaard, P., Andersen, J. L., Bennekou, M., Larsson, B., Olesen, J. L., Cramer, R., Magnusson, S. P. & Kjær, M. 2011. Effects of resistance training on endurance capacity and muscle fiber composition in young top-level cyclists. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* Vol. 21 No 6, e298 – e307. Viitattu 13.9.2018 <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2010.01283.x>.

Anning, S. D. 2016. The impact of resistance training on performance in endurance athletes. *Journal of Australian Strength and Conditioning* Vol. 24 No 7, 69 – 78. Viitattu 1.2.2019
<http://web.a.ebscohost.com.ez.lapinamk.fi/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=4&sid=3c851bbe-e41d-46b3-9d0e-79693a0e16d2%40sdc-v-sessmgr06>.

Avela, J., Mero, A. & Kyröläinen, H. 2016. Hermo-lihasjärjestelmän rakenne ja toiminta. Teoksessa A. Mero, A. Nummela, S. Kalaja & K. Häkkinen (toim.) *Huippu-urheiluvalmennus. Teoria ja käytäntö päivittäisvalmennuksessa*. Lahti: VK-Kustannus Oy, 88 – 112.

Bassett, D. R. & Howley, E. T. 2000. Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Medicine & Science in Sport & Exercise* Vol. 32 No 1, 70 – 84. Viitattu 10.11.2018
<http://dx.doi.org/10.1097/00005768-200001000-00012>.

Beattie, K., Kenny, I. C., Lyons, M. & Carson, B. P. 2014. The Effect of Strength Training on Performance in Endurance Athletes. *Sport Medicine* Vol. 44 No 6, 845 – 865. Viitattu 25.9.2018 <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0157-y>.

Doyon, K. H., Perrey, S., Abe, D. & Hughson, R. L. 2001. Field testing of VO₂peak in Cross-Country Skiers With Portable Breath-by-Breath System. *Canadian Society for Exercise Physiology* Vol. 26 No 1, 1 – 11. Viitattu 13.11.2018
<http://web.b.ebscohost.com.ez.lapinamk.fi/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=10&sid=23b65dc9-ee5b-4f85-a84b-e52655e468b0%40sessionmgr102>.

Guglielmo, L. G. A., Greco, C. C. & Denadai, B. S. 2009. Effects of Strength Training on Running Economy. *International Journal of Sports Medicine* Vol. 20 No 1, 27 – 32. Viitattu 13.1.2019 <https://doi.org/10.1055/s-2008-1038792>.

Heikkilä, T. 2008. *Tilastollinen tutkimus. 7., uudistettu painos*. Helsinki: Edita Prima Oy.

Hekura, I. 2014. Kestävyyssurheilija saa olla vahva – voimaharjoittelusta lisää potkua suoritukseen: osa II. *Kestävyyssurheilu* 27.11.2014. Viitattu 14.1.2019
<http://www.kestavyysurheilu.fi/plus/7876-kestavyysurheilija-saa-olla-vahva-voimaharjoittelusta-lisaa-potkua-suoritukseen-osa-ii>.

Hoff, J., Gran, A. & Helgerud, J. 2002. Maximal strength training improves aerobic endurance performance. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* Vol. 12 No 5, 288 – 295. Viitattu 24.9.2018
<http://dx.doi.org/10.1034/j.1600-0838.2002.01140.x>.

Hoff, J., Helgerud, J. & Wisloff, U. 1999. Maximal strength training improves work economy in trained female cross-country skiers. *Medicine & Science in Sport & Exercise* Vol. 21 No 6. 870 – 877. Viitattu 24.9.2018 <http://dx.doi.org/10.1097/00005768-199906000-00016>.

Hoffmann, J. 2002. *Physiological aspects of sport training and performance*. Champaign, IL: Human Kinetics.

Hoffmann, M. D., Clifford, P. S. & Bender, F. 1995. Effect of velocity on cycle rate and length for three roller skiing techniques. *Journal of applied biomechanics* Vol. 11 No 3, 257 – 266. Viitattu 11.2.2019. <http://web.a.ebscohost.com.ez.lapinamk.fi/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=6&sid=1c691dd0-36d2-44e8-a8be-048c7ff938db%40sessionmgr4010>.

Holmberg, H-C., Lindinger, S., Stöggl, T. & Eitzlmair, E. 2005. Biomechanical Analysis of Double Poling in Elite Cross-Country Skiers. *Medicine & Science in Sports & Exercise* Vol. 37 No 5, 807 – 818. Viitattu 17.7.2018 <https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000162615.47763.C8>.

Holmberg, H.-C., Rosdahl, H. & Svedenhag, J. 2007. Lung function, arterial saturation and oxygen uptake in elite cross country skiers: influence of exercise mode. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* Vol. 17 No 4, 437 – 444. Viitattu 8.11.2018 <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2006.00592.x>.

Holopainen, M. & Pulkkinen, P. 2008. *Tilastolliset menetelmät*. 6. – 5. painos. Helsinki: WSOY Oppimateriaalit Oy.

Hynynen, E. 2016. Hengitys- ja verenkiertoelimistö. Teoksessa A. Mero, A. Nummela, S. Kalaja & K. Häkkinen (toim.) *Huippu-urheiluvalmennus. Teoria ja käytäntö päivittäisvalmennuksessa*. Lahti: VK-Kustannus Oy, 117 – 127.

Häkkinen, K. & Ahtiainen, J. 2016. Maksimivoimaharjoittelu. Teoksessa A. Mero, A. Nummela, S. Kalaja & K. Häkkinen (toim.) *Huippu-urheiluvalmennus. Teoria ja käytäntö päivittäisvalmennuksessa*. Lahti: VK-Kustannus Oy, 250 – 264.

Kananen, J. 2015. *Opinnäytetyön kirjoittajan opas. Näin kirjoitat opinnäytetyön ja gradun alusta loppuun*. Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu.

Kenney, W. L., Wilmore, J. H. & Costil, D. L. 2015. *Physiology of Sport and Exercise*. 6. painos. United States: Human kinetics.

Kirvesniemi, Harri & Sorjanen, Axa. 2006. *Hyvä hiihtokoulu*. Jyväskylä: Teos.

Lehikoinen, H. 2015. Mihin tasatyöntö kehittyy ja mihin se kehittää hiihtoa? *Kestävyyssurheilu*. 5.5.2015. Viitattu 21.12.2018 <http://www.kestavyysurheilu.fi/plus/9727-mihin-tasatyonto-kehittyy-ja-mihin-se-kehittaa-hiihtoa>.

Lindinger, S. J., Stöggl, T., Müller, E. & Holmberg, H-C. 2008. Control of speed during the double poling technique performed by elite cross-country skiers. *Medicine and science in sport and exercise*. Vol. 41 No 1, 210 – 220. Viitattu 7.2.2019

<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.466.7974&rep=rep1&type=pdf>.

Losnegard, T., Mikkelsen, K., Rønnestad, B. R., Hallén, J., Rud, B. & Raastad, T. 2011. The effect of heavy strength training on muscle mass and performance in elite cross country skiers. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* Vol. 21 No 3, 389 – 401. Viitattu 22.9.2018 <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2009.01074.x>.

Mero, A., Kyröläinen, H. & Häkkinen, K. 2004. Hermolihasjärjestelmän rakenne ja toiminta. Teoksessa A. Mero (toim.) *Urheiluvalmennus*. Lahti: VK-kustannus Oy, 37 – 72.

Ng, A. V., Demment, D. R., Bassett, M. J., Bussan, R. R., Clark, J. M., Kuta, J. M. & Schauer, J. E. 1988. Characteristics and performance of male citizen cross-country ski racers. *International Journal of Sports Medicine* Vol. 9 No 3, 205 – 209. Viitattu 16.9.2019 <https://doi.org/10.1055/s-2007-1025007>.

Niinimaa, V., Dyon, M. & Shephard, R. J. 1978. Performance and efficiency of intercollegiate Cross-country skiers. *Medicine & Science in Sports & Exercise* Vol. 10 No 2, 91 – 93. Viitattu 20.11.2018 <https://journals.lww.com/acsm-msse/pages/articleviewer.aspx?year=1978&issue=10020&article=00005&type=abstract>.

Nummela, A. 2016a. Kestävyyssominaisuuksien seuranta. Teoksessa A. Mero, A. Nummela, S. Kalaja & K. Häkkinen (toim.) *Huippu-urheiluvalmennus. Teoria ja käytäntö päivittäisvalmennuksessa*. Lahti: VK-Kustannus Oy, 290 – 294.

Nummela, A. 2016b. Energia-aineenvaihdunta. Teoksessa A. Mero, A. Nummela, S. Kalaja & K. Häkkinen (toim.) *Huippu-urheiluvalmennus. Teoria ja käytäntö päivittäisvalmennuksessa*. Lahti: VK-Kustannus Oy, 128 – 139.

Nummela, A. & Häkkinen, K. 2016. Kestävyysharjoittelu ja voimaharjoittelu kestävyyslajeissa. Teoksessa A. Mero, A. Nummela, S. Kalaja & K. Häkkinen (toim.) *Huippu-urheiluvalmennus. Teoria ja käytäntö päivittäisvalmennuksessa*. Lahti: VK-Kustannus Oy, 272 – 294.

Nummela, A., Keskinen K. L. & Vuorimaa, T. 2004. Kestävyys. Teoksessa A. Mero, A. Nummela, K. L. Keskinen & K. Häkkinen (toim.) *Urheiluvalmennus*. Lahti: VK-Kustannus Oy, 333 – 363.

Nummenmaa, L., Holopainen, M. & Pulkkinen, p. 2014. *Tilastollisten menetelmien perusteet*. Helsinki: Sanoma Pro Oy.

Ohtonen, O. & Mikkola J. 2016. Maastohiihdon lajiantalyysi ja valmennuksen ohjelmointi. Teoksessa A. Mero, A. Nummela, S. Kalaja & K. Häkkinen (toim.)

Huippu-urheiluvalmennus. Teoria ja käytäntö päivittäisvalmennuksessa. Lahti: VK-Kustannus Oy, 491 – 519.

Ojanen, Simo-Viljami. 2014. Kehity hiihtäjänä. Saarijärvi: Docendo Oy.

Rusko, H. 2003. Physiology of cross country skiing. Teoksessa H. Rusko (toim.) Cross Country skiing. Massachusetts: Blackwell Publishing, 1 – 31.

Sandbakk, Ø., Hegge, A. M., Losnegard, T., Skattebo, Ø., Tønnessen, E. & Holmberg, H.-C. 2016. The physiological Capacity of the World's Highest Ranked Female Cross-country Skiers. *Medicine and Science in Sports And Exercise* Vol. 48 No 9, 1091 – 1100. Viitattu 20.1.2019 <https://dx.doi.org/10.1249%2FMSS.0000000000000862>.

Sandbakk, Ø & Holmberg, H.-C. 2014. A Reappraisal of Success Factors for Olympic Cross-Country Skiing. *International Journal of Sports Physiology & Performance* Vol. 9 No 1, 117 – 121. Viitattu 7.1.2019 <mtp://dx.doi.org/10.1123/IJSP.2013-0373>.

Sandbakk, Ø., Holmberg, H.-C., Leirdal, S. & Ettema, G. 2010. Metabolic rate and gross efficiency at high work rates in world class and national level sprint skiers. *European Journal of Applied Physiology* Vol. 109 No 3, 473 – 481. Viitattu 1.2.2019 <https://doi.org/10.1007/s00421-010-1372-3>.

Skattebo, Ø., Hallén, J., Rønnestad B. R. & Losnegard, T. 2016. Upper body heavy strength training does not affect performance in junior female cross-country skiers. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in sports* Vol. 26 No 9, 1007 – 1016. Viitattu 1.11.2018 <https://doi.org/10.1111/sms.12517>.

Smith, G. A. 2003. Biomechanics of cross country skiing. Teoksessa H. Rusko (toim.) Cross Country skiing. Massachusetts: Blackwell Publishing, 32 – 61.

Staib, J., Im, J., Caldwell, Z. & Rundell, K. W. 2000. Cross-Country Ski Racing Performance Predicted by Aerobic and Anaerobic Double Poling Power. *Journal of Strength and Conditioning Research* Vol. 14 No 3, 282 – 288. Viitattu 12.11.2018 https://journals.lww.com/nsca-jscr/Abstract/2000/08000/Cross_Country_Ski_Racing_Performance_Predicted_by.7.aspx.

Stöggl, T., Müller, E., Ainegren, M. & Holmberg, H.-C. 2011. General strength and kinetics: fundamental to sprinting faster in cross country skiing? *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* Vol. 21 No 6, 791 – 803. Viitattu 15.9.2018 <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2009.01078.x>.

Sunde, A., Støren, Ø., Bjerkaas, M., Larsen, M. H., Hoff, J. and Helgerud, J. 2010. Maximal strength training improves cycling economy in competitive cyclists. *Journal of Strength & Conditioning Research*. Vol. 24 No 8, 2157 – 2165. Viitattu 11.1.2019 <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181aeb16a>.

Vilka, H. 2007. Tutki ja mittaa. Määrällisen tutkimuksen perusteet. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.

Vuorimaa, T. 2012. Kestävyyden harjoittaminen. Teoksessa A. Mero, A. Uusitalo, H. Hiilloskorpi, A. Nummela & K. Häkkinen. Naisten ja tyttöjen urheiluvallmennus. Saarijärvi: VK-kustannus Oy, 138 – 146.

Åstrand, P.-O., Rodahl, K., Dahl, H. A. & Strømme, S. B. 2003. Textbook of Work physiology: Physiological Bases of Exercise. 4. painos. United States: Human Kinetics.

Østerås, H., Helgerud, J. & Hoff, J. 2002. Maximal strength-training effects on force-velocity and force-power relationships explain increases in aerobic performance in humans. *European Journal of Applied Physiology* Vol. 88 No 3, 255 – 263. Viitattu 8.1.2019 <https://doi.org/10.1007/s00421-002-0717-y>.