

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Naprapatian koulutusohjelma

Tero Immonen

Anu Männikkö

15–18-VUOTIAIDEN ALPPIHIIHTÄJIEN KUNTOTESTAUKSEN  
KEHITTÄMINEN SUOMESSA

Opinnäytetyö 2012

## TIIVISTELMÄ

### KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU Naprapatian koulutusohjelma

IMMONEN, TERO MÄNNIKKÖ, ANU	15–18-vuotiaiden alppihiihtäjien kuntotestauksen kehittäminen Suomessa
Opinnäytetyö	143 sivua + 7 liitesivua
Työn ohjaajat	Leena Wäre, KM, Petteri Koski, naprapaatti D.N., Tapani Pöyhönen, TtT, ft, liikuntafysiologi
Toimeksiantaja	Ski Sport Finland ry
Toukokuu 2012	
Avainsanat	alppilajit, lajianalyysi, fyysiset ominaisuudet, kuntotestaus, nuoret

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli perehtyä lajianalyysin avulla alppihiihdon suoritustekniikkaan ja lajin huippu-urheilijoiden antropometrisiin ja fyysisiin ominaisuuksiin sekä lisäksi hankkia tietoa fyysisiä ominaisuuksia mittaavista kuntotesteistä. Tarkoituksena oli myös selvittää, mitä fyysisiä ominaisuuksia alppihiihdossa lajianalyysin perusteella edellytetään ja millä testeillä valittuja fyysisiä ominaisuuksia on tarkoituksenmukaisinta testata nuorilla alppihiihtäjillä. Työn tavoitteena oli, että Ski Sport Finland ry voi hyödyntää työn lopputulosta 15–18-vuotiaiden alppihiihtäjien yhdenmukaisen kuntotestauksen toteuttamisessa Suomessa.

Opinnäytetyö on kvalitatiivinen tutkimus, jossa alppihiihdon suoritustekniikkaa ja fyysisiä ominaisuuksia sekä kuntotestausta käsittelevään aineistoon perehdyttiin integroivan kirjallisuuskatsauksen periaatteita noudattaen. Alussa asetettiin työn tutkimusongelmat ja hankitun aineiston pohjalta luotiin lajianalyysi. Lajianalyysin jälkeen arvioitiin kirjallista aineistoa ja tiivistettiin aineistosta alppihiihtäjän tärkeimmät fyysiset ominaisuudet sekä lajianalyysin ja käytännön kuntotestauksen toteutuksen välinen yhteys. Näiden perusteella valittiin nuorille alppihiihtäjille parhaiksi katsotut kuntotestit. Toisena tiedonkeruumenetelmänä käytettiin yhdeksälle menestyksekkäimmälle alppimaalle lähetettyä lomakekyselyä, jolla pyrittiin saamaan syventävää tietoa ja käytännön kokemuksen näkökulmaa alppihiihtäjiltä vaadittavista ominaisuuksista ja menetelmistä niiden mittaamiseksi. Valitettavasti kyselyyn ei saatu yhtään vastausta, joten arvokas käytännön kokemuksen tieto jäi hyödyntämättä tässä työssä.

Alppihiihtäjän merkittävimmit fyysisiksi ominaisuuksiksi nousivat lihasmassan määrä, lihasvoima, anaerobinen ja aerobinen kunto, ketteryys, koordinaatio ja tasapaino. Näitä ominaisuuksia mittaamaan valittiin sekä laboratorio- että kenttätestejä. Lopullisen valinnan ominaisuuksia mittaavista testeistä tekee Ski Sport Finland ry. Vaikka testaamisen on havaittu vakioiduissa testiolosuhteissa olevan luotettavin tapa arvioida alppihiihtäjien suorituskykyä, on taito nykytietämyksen mukaan merkittävin menestystä ennustava tekijä.

## ABSTRACT

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

University of Applied Sciences

Naprapathy

IMMONEN, TERO  
MÄNNIKKÖ, ANU

Developing Physical Fitness Testing Protocol for Alpine Skiers  
Aged 15 to 18 in Finland

Bachelor's Thesis

143 pages + 7 pages of appendices

Supervisors

Leena Wäre, MSc, Petteri Koski, D.N.,  
Tapani Pöyhönen, DHSc, BSc in physiotherapy

Commissioned by

Ski Sport Finland Ltd

May 2012

Keywords

alpine skiing, sport-specific analysis, physiology,  
physical fitness testing, young athlete

The aim of this Bachelor's thesis was to use a sport-specific analysis to study today's alpine skiing technique as well as the top athletes' anthropometrical and physiological attributes, and to collect information on the various testing methods used in measuring athletes' physiological attributes. The aim was to find out which physical attributes are re-quired in alpine skiing and which tests are best-suited for the testing of young alpine skiers. Furthermore, the aim was to present the results to Ski Sport Finland so that they would be able to test their young athletes (15 to 18 years of age) consistently throughout Finland.

This is a qualitative study in which the data regarding alpine skiing technique, the skiers' physical attributes, and physical fitness testing were studied following the principles of integrating literature review. First, we defined our research questions and then, based on the data collected, we drafted our sport-specific analysis. We assessed the literature data and then determined the most essential physical attributes of an alpine skier as well as the link between the sport-specific analysis and the actual carrying out of the testing. This information was used for selecting the tests we regarded as most suitable for testing young athletes. Another instrument used for gathering information was a questionnaire sent out to the representatives of the nine most successful alpine skiing countries. The questionnaire was intended to collect their valuable experiences and knowledge on the attributes required of alpine skiers and on how to test those attributes. Unfortunately we did not receive any replies, so this valuable data could not be included in our Bachelor's thesis work.

The attributes regarded as most essential for an alpine skier are muscle mass, muscular strength, anaerobic and aerobic fitness, agility, coordination and balance. To measure these attributes, both laboratory and field tests were selected. The final selection will, however, be carried out by Ski Sport Finland. Although testing in standardised testing conditions has been found to be the most reliable method of assessing alpine skiers' performance, it is a skill that, according to present knowledge, best predicts future success.

# SISÄLLYS

## TIIVISTELMÄ

## ABSTRACT

1	JOHDANTO	7
2	TUTKIMUKSEN ETENEMINEN JA TUTKIMUSONGELMAT	9
3	TUTKIMUSMENETELMÄT	10
3.1	Kirjallisuuskatsaus	10
3.2	Aineiston analyysi	13
3.3	Postitettu lomakekysely	15
4	SKI SPORT FINLAND RY	16
5	ALPPIHIIHDON LAJIANALYYSI	16
5.1	Lajihistoria ja säännöt	18
5.2	Alppihiihdon lajit	18
5.2.1	Vauhtilajit	19
5.2.2	Tekniikkalajit	20
5.3	Alppihiihdon perustaidot	21
5.3.1	Tasapaino	22
5.3.2	Kääntäminen	23
5.3.3	Kanttaaminen	24
5.3.4	Kuormittaminen	25
5.3.5	Rytmi	26
5.4	Alppihiihdon mekaniikka	27
5.4.1	Nykyaikainen laskutekniikka	29
5.4.2	Laskuasento ja dynaaminen tasapaino	31
5.4.3	Käännöksen vaiheet	36
5.4.4	Käännösvoimat	40
5.4.5	Painekeskipisteen liikkuminen käännöksen aikana	47
5.4.6	Polvikulmat ja liikenopeus	48

5.4.7	Kanttauskulmat	50
5.4.8	Laskulinja ja sen vaikutus lopputulokseen	51
5.5	Fyysisten ominaisuuksien vaatimukset	52
5.5.1	Antropometriset ominaisuudet	53
5.5.2	Lihassoima	60
5.5.3	Lihasten toimintaan ja suorituskykyyn vaikuttavat tekijät	69
5.5.4	Nopeus ja liikkuvuus	73
5.6	Energiantuoton ja kestävyuden vaatimukset	74
5.6.1	Energia-aineenvaihdunta	74
5.6.2	Aerobinen kunto	77
5.6.3	Anaerobinen kunto	80
5.7	Taito	84
6	KUNTOTESTAUKSEN PERUSTEET	85
6.1	Kuntotestauksen tavoitteet	86
6.2	Laboratorio- ja kenttätetit	86
6.3	Nuorison kuntotestaus	86
7	ALPPIHIIHTÄJIEN KUNTOTESTAUS	91
8	LAJIANALYYSISTÄ NOUSSEET KUNTOTESTIEN VALINTAAN VAIKUTTAVAT TULOKSET	95
8.1	Eri laskumuotojen väliset erot ja vaikutukset kuntotestaukseen	96
8.2	Antropometria	96
8.3	Lihassoima	97
8.4	Aerobinen ja anaerobinen kunto	100
8.5	Tasapaino, ketteryys, koordinaatio ja väsymys	101
9	KUNTOTESTIPATTERIIN VALITUT TESTIT	103
9.1	Antropometria	104
9.2	Aerobinen kunto	106
9.3	Anaerobinen kunto	107
9.4	Alaraajojen lihasvoima	109
9.5	Keskivartalon lihasvoima	111

9.6	Ylävartalon lihasvoima	113
9.7	Tasapaino	114
9.8	Toiminnalliset testit	116
10 POHDINTA		118
10.1	Tulosten johtopäätökset	119
10.2	Menetelmien tarkastelu	122
10.3	Luotettavuuden tarkastelu	123
10.4	Tutkimuksen rajoitukset ja vahvuudet	124
10.5	Tulosten hyödynnettävyys ja jatkotutkimusaiheet	125
LÄHTEET		127
LIITTEET		
Liite 1. Nuorten, alle 20-vuotiaiden alppihiihtäjien antropometriaa käsittelevien tutkimusten keskeiset tulokset		
Liite 2. Yli 20-vuotiaiden alppihiihtäjien antropometriaa käsittelevien tutkimusten keskeiset tulokset		
Liite 3. Postitettu lomakekysely		

## 1 JOHDANTO

Dokumentoitua tutkimustietoa eliittitason alppihiihtäjien fyysisistä ominaisuuksista on vähän verrattuna muihin urheilulajeihin (Neumayr, Hoertnagl, Pfister, Koller, Eibl & Raas 2003, 571). Merkittävin osa alppihiihtoon liittyvästä kirjallisuudesta on peräisin 1970- ja 1990-lukujen väliseltä ajalta, jolloin käytössä olleet tutkimusmenetelmät ja -teknologiat olivat aivan eri tasolla kuin nykypäivänä (Karlsonn 2005, Turnbull, Kilding & Keogh 2009, 147 mukaan). Varhaisin alppihiihtoa koskeva tutkimustieto käsittelee lähinnä hengitys- ja verenkiertoelimistön toimintaa ja kokonaisenergia-aineenvaihduntaa (Karlsonn 2005, Turnbull ym. 2009, 147 mukaan). Karvingsuksien käyttöönoton myötä alppihiihton laskutekniikka on kokenut suuren muutoksen ja muovautunut viime vuosikymmenen aikana sellaiseksi kuin se nykypäivänä tunnetaan. Nykyaikaisilla suksilla laskettaessa yksittäisen käännöksen säde on pienentynyt merkittävästi ja sitä kautta alaraajoihin kohdistuvat voimat ovat kasvaneet. Myös uuden tyyppiset "läpiajoportit", joita ei tarvitse enää kiertää vaan ovat päinlaskettavia, ovat tehneet muun muassa pujottelusta entistä nopeamman ja aggressiivisemmän laskutyylin lajin. (Turnbull ym. 2009, 147.) Nykyaikaisen tutkimusteknologian, urheilullisempien laskijoiden ja dynaamisemman laskutavan vuoksi nykyinen alppihiihtoa koskeva tutkimustieto keskittyy enemmän lihasten fysiologiaan: erityisesti lihasten voimantuottoon, hapen kuljetukseen ja jakeluun sekä energian kulutukseen (Karlsonn 2005, Turnbull ym. 2009, 147 mukaan).

Tieteellisen tutkimuksen näkökulmasta alppihiihtoa voidaan luonnehtia haasteelliseksi urheilulajiksi, sillä laji sisältää nopeita, arvaamattomia ja ajalliselta kestolta lyhyitä ponnisteluja kylmissä alppiolosuhteissa korkealla merenpinnan yläpuolella (Koutedakis ym. 1992, White & Johnson 1993, Ferber ym. 2003, Neumayr ym. 2003, Seifert ym. 2005, Turnbull ym. 2009, 147 mukaan). Erilaiset fysiologiset ominaisuudet ja niiden monimutkainen yhdistyminen ovat tärkeitä alppihiihdossa, mutta lopullista suorituskykyä tarkastellessa ei ole havaittavissa tietyn fyysisen ominaisuuden merkityksen korostumista. Sen sijaan lajisuorituksessa korostuu urheilijan tekninen ja taktinen osaaminen. Teknisen osaamisen ylläpitäminen kilpailusta toiseen koko kilpailukauden ajan vaatii paljon koko fysiologiselta järjestelmältä. (Turnbull ym. 2009, 146.) Alppihiihtosuorituksen aikaiset tekijät yhdessä ympäristötekijöiden kanssa vaikuttavat ihmisen fysiologiaan sekä siihen kuinka suoraan ja tarkasti fysiologiaa kyetään tutki-  
maan (Koutedakis ym. 1992, White & Johnson 1993, Ferber ym. 2003, Neumayr ym.

2003, Seifert ym. 2005, Turnbull ym. 2009, 147 mukaan). Nämä tekijät tuovat lisähaasteen, kun tieteellisen tutkimisen keinoin pyritään määrittelemään millainen menestyvä alppihiihtäjä on fyysisiltä ominaisuuksiltaan (Turnbull ym. 2009, 147). Toisaalta on näyttöä siitä, että menestystä alppihiihdossa ei voida ennustaa vain fyysisten ominaisuuksien parametreilla (Osgnach, Colombo, Bosio, Freschi, Buselli & Roi 2006).

1970-luvulta alkaen alppihiihtoa koskevan tieteellisen tutkimuksen ohella lisääntyi myös urheilijoiden fyysisten ominaisuuksien testaus ja seuranta. Hyviä kilpailutuloksia voidaan pitää merkinä onnistuneesta valmentautumisesta, mutta testauksen avulla voidaan eritellä syitä sekä hyvään että huonoon menestykseen. (Viitasalo & Rusko 1989, 202.) Alppihiihdossa fyysisten ominaisuuksien testaaminen hyvin vakioituissa testiolosuhteissa on todettu luotettavimmaksi ja tarkimmaksi tavaksi arvioida alppihiihtäjien suorituskykyä (Turnbull ym. 2009, 147). Kenttä- ja laboratoriotestien eroavaisuudet tulevat esille muun muassa testien lajispesifisyydessä, kustannuksissa ja testien tarkkuuksissa (von Läuppi, Schmidiger & Vogt 2007, 25). Laboratorioympäristössä tehtävien mittausten lajispesifisyyttä on pyritty parantamaan kehittämällä testejä lajinomaisempaan suuntaan (Viitasalo & Rusko 1989, 202).

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on laatia kirjallisuuskatsaus, jossa perehdytään alppihiihtoon ja kuntotestaukseen. Tarkoituksena on selvittää kootun lajianalyysin avulla mitkä fyysiset ominaisuudet ovat alppihiihdossa olennaisia ja miten lajianalyysissä esiin tulleita ominaisuuksia on tarkoituksenmukaisinta testata. Viitasalon ja Ruskon (1989, 201) mukaan lajianalyysiä voidaan tehdä kahdella eri tavalla: urheilulajin lajisuorituksen tutkimisen tai lajin huippu-urheilijoiden ominaisuuksien selvittämisen näkökulmista. Tässä työssä lajianalyysin koostaminen tapahtuu molempia edellä mainittuja tapoja käyttäen. Työn toimeksianto on lähtöisin Ski Sport Finland ry:n tarpeesta yhtenäistää 15–18-vuotiaiden alppihiihtäjien kuntotestauskäytänteet Suomessa. Tavoitteena on, että opinnäytetyötä voidaan hyödyntää nuorten alppihiihtäjien kuntotestauksen toteuttamisessa Suomessa. Työn tuloksesta hyötyvät kaikki lajin parissa toimivat henkilöt, erityisesti itse urheilijat ja heidän valmentajansa. Opinnäytetyö rakentuu alppihiihdon lajianalyysin koostamisesta, johon lukeutuu nykyaikaisen laskutekniikan kuvaus ja huipputasolla urheilevien laskijoiden fyysisten ominaisuuksien kartoitus. Tämän jälkeen esitellään kuntotestauksen perusteita, alppihiihtäjien kuntotestausta ja lajianalyysin pohjalta nousseita kuntotestien valintaan vaikuttaneita tuloksia.



Työn lopputuloksena esitellään valitut kuntotestit. Psykkisten ominaisuuksien vaikutusta suorituskykyyn ei ole huomioitu tässä työssä.

## 2 TUTKIMUKSEN ETENEMINEN JA TUTKIMUSONGELMAT

Opinnäytetyön eteneminen jaettiin neljään osaan:

- 1) Ensimmäisessä vaiheessa opinnäytetyön tekijät perehtyivät lajiin ja siinä käytettäviin käsitteisiin sekä kirjallisuuskatsauksen muodossa kokosivat lajianaalyyisin perehtyen samalla alppihiihtäjien kuntotestaukseen. Kootussa lajianaalyyisissä käsitellään muun muassa nykyaikaista laskutekniikkaa, laskusuorituksen aikaista biomekaniikkaa sekä nykyaikaisten laskijoiden fyysisiä ominaisuuksia.
- 2) Tutkimuksen toisessa vaiheessa kirjallisuuskatsausta täydentämään laadittiin kyselylomake, jonka avulla haluttiin syventää kirjallisuuskatsauksesta saatua ymmärrystä alppihiihtäjältä vaadittavista ominaisuuksista ja menetelmistä niiden mittaamiseksi. Kyselylomake postitettiin sähköisessä muodossa asiantuntijoille, jotka valittiin listaamalla FIS-pisteiden mukaisesti 30 parasta mies- ja naisalppihiihtäjää ja tarkastelemalla heidän edustamiaan alppimaita ja tämän listauksen tulosten mukaan kyselylomake lähetettiin yhdeksälle alppihiihdossa menestyksekkäimmän maan edustajalle.
- 3) Kolmannessa vaiheessa tiivistettiin lajianaalyyisistä nousseet kuntotestien valintaan vaikuttavat tulokset, joihin oli tarkoituksena yhdistää kyselylomakkeen tuoma tieto. Tämä vaihe ei kuitenkaan toteutunut kokonaisuudessaan suunnitelman mukaisesti, koska kyselylomakkeeseen ei saatu vastauksia.
- 4) Työn neljännessä eli viimeisessä vaiheessa valittiin lopulliseen kuntotestiin tulevat testivaihtoehdot. Tämä tehtiin kirjallisuuskatsauksen tiivistämisessä esiintulleiden ja kuntotestaamista ohjaavien tulosten perusteella.

Tutkimusongelmat:

- 1) Mitä fyysisiä ominaisuuksia alppihiihdossa lajianaalyyisin perusteella edellytetään?
- 2) Millä testeillä valittuja fyysisiä ominaisuuksia on tarkoituksenmukaisinta testata nuorilla alppihiihtäjillä?

### 3 TUTKIMUSMENETELMÄT

#### 3.1 Kirjallisuuskatsaus

Kirjallisuuskatsaus on menetelmä, jonka avulla muodostetaan kokonaiskuva käsiteltävästä asiakokonaisuudesta. Sen tavoitteena on kehittää ja jäsenellä jo olemassa olevaa tietoa sekä toisaalta luoda kokonaan uutta teoriaa. Edellä mainittujen lisäksi kirjallisuuskatsauksen avulla voidaan arvioida teoriaa. (Baumeister ja Leary 1997, Salminen 2011, 3 mukaan.)

Tähän opinnäytetyöhön valittiin kirjallisuuskatsauksen muodoksi integroiva kirjallisuuskatsaus, koska se kuvaa kiinnostuksen kohteena olevaa aihetta mahdollisimman monipuolisesti. Integroiva kirjallisuuskatsaus on hyvä tapa tuottaa uutta tietoa jo tutkittuun aiheesta ja se auttaa kirjallisuuden tarkastelussa, kriittisessä arvioinnissa ja syntetisoinnissa (Torraco 2005, 356–357). Integroiva kirjallisuuskatsaus on eräänlainen välimuoto narratiivisen ja systemaattisen katsauksen välillä. Narratiivinen kirjallisuuskatsaus on kevyin ja kriteereiltään löyhin ja systemaattinen kirjallisuuskatsaus puolestaan järjestelmällisin kirjallisuuskatsauksen muoto. (Salminen 2011, 7, 9, 10.) Integroiva katsaus ei ole yhtä valikoiva eikä seulo tutkimusaineistoa yhtä tarkasti kuin systemaattinen kirjallisuuskatsaus (Evans 2008, 137, Salminen 2011, 8 mukaan). Tällä menetelmällä tutkimuksen kohteena olevasta aiheesta on mahdollista kerätä huomattavasti isompi otos. Vaiheittain kuvattuna integroiva kirjallisuuskatsaus ei kuitenkaan juuri eroa systemaattisesta katsauksesta ja sitä voidaan pitää osana systemaattista kirjallisuuskatsausta. (Salminen 2011, 8.) Integroivan kirjallisuuskatsauksen eteneminen voidaan jakaa viiteen vaiheeseen: tutkimusongelman asettelu, aineiston hankkiminen, arviointi, analyysi sekä tulkinta ja tulosten esittäminen (Cooper 1989, 15, Salminen 2011, 9 mukaan). Tässä opinnäytetyössä kirjallisuuskatsauksen eteneminen noudattaa näitä viittä vaihetta.

Tutkimusongelmien asettamisen jälkeen hankittiin aineistoa lajianalyysiä varten. Aineisto koostui alppihiihdon suoritustekniikkaan, huippu-urheilijoiden antropometriaan ja fyysisiin ominaisuuksiin sekä kuntotestaamiseen liittyvästä tutkimustiedosta. Aineisto hankittiin elektronisista tietokannoista Science Direct, PubMed, Ebsco ja ProQuest Central (taulukko 1) vuosilta 1980–2011. Aineiston hankinnassa hakusanoina käytettiin seuraavia sanoja ja niiden yhdistelmiä: ”alpine skiing”, ”fitness testing”, ”physiology” ja ”biomechanics”. Elektronisista tietokannoista saadun tiedon lisäksi

lähdeaineistona käytettiin muun muassa Science and Skiing IV ja V kongressimateriaaleja sekä Science and Skiing III ja IV kongressien pohjalta julkaistuja teoksia (taulukko 2). Edellisten lisäksi aineistoa hankittiin käsihaulla Ski Sport Finland ry:n internetsivujen materiaalisalkusta.

Taulukko 1. Tutkimuksessa käytetyt elektroniset tietokannat

<b>Tietokanta</b>	<b>Kuvaus</b>
Science Direct	Johtava monitieteinen tietokanta, joka sisältää yli 2500 lehteä koko-tekstiaartikkeleineen ja yli 11.000 kirjaa ( <a href="http://www.sciencedirect.com">www.sciencedirect.com</a> )
Pubmed (Medline)	Kansainvälinen lääketieteen päätietokanta, joka sisältää yli 5000:n lääketieteen ja muiden terveystieteellisten julkaisujen viitetiedot (Elomaa & Mikkola 2010, 24)
Ebsco	Ebsco sisältää artikkeliviitteitä yli 2600 englanninkielisestä aikakauslehdestä eri aloilta. ( <a href="http://www.pohjanportti.fi/etakaytto.htm">http://www.pohjanportti.fi/etakaytto.htm</a> )
ProQuest Central	Tällä hetkellä markkinoiden suurin kokotekstijulkaisuja sisältävä tietokantaryhmittymä, joka tarjoaa tutkimustietoa monelta eri aihealueelta ( <a href="http://search.proquest.com.xhalax-ng.kyamk.fi:2048/pqcentral/index">search.proquest.com.xhalax-ng.kyamk.fi:2048/pqcentral/index</a> )

Taulukko 2. Muissa tieteellisissä julkaisuissa ja kongresseissa julkaistut artikkelit

<b>Muut tieteelliset julkaisut ja kongressit</b>	<b>Artikkelien kappalemäärä</b>
Science and Skiing III kirjajulkaisu	3
Science and Skiing IV kirjajulkaisu	9
4th International Congress on Science and Skiing 2007	12
5th International Congress on Science and Skiing 2010	16
The Young Athlete	2
8th Conference of the International Sports Engineering Association	1
11th Annual Congress of the European College of Sport Science	1
12th Annual Congress of the European College of Sport Science	1
Swiss Federal Institute of Technology, Zurich	1
The Rehabilitation of Winter and Mountain Sports Injuries, XV International Congress on Sports Rehabilitation and Traumatology	1
16th International Symposium on Biomechanics in Sports (1998)	2
22nd International Symposium on Biomechanics in Sports (2004)	2
24th International Symposium on Biomechanics in Sports (2006)	2
25th International Symposium on Biomechanics in Sports (2007)	1
27th International Symposium on Biomechanics in Sports (2009)	1

Saatua aineistoa arvioitiin ja ensisijaisesti relevanteiksi katsottiin tutkimukset, joissa kohteena oli kilpa-alppiihito. Aineiston rajaaminen kilpatasoista alppiihitoa koskeviin tutkimuksiin parantaa huomattavasti lajiansalyysin lopputuloksen luotettavuutta. Merkittävä osa kirjallisuuskatsauksella kootun lajiansalyysin tutkimustiedosta on yliopisto ja urheilututkimuskeskus tasoista ja tutkimuksissa toistuu sama korkeasti koulutettujen tutkijoiden joukko. Tutkimuksessa käytettyjen tieteellisten lehtien impaktifaktorit esitetään taulukossa 3. Alppiihitoa koskevassa tutkimuksessa on tavallista, että tutkimusten otoskoot ovat pieniä. Tämä on ymmärrettävää ottaen huomioon, ettei eliittitasolla laskevien alppiihtäjien määrä ole kovin suuri.

Taulukko 3. Aineistoon valittujen tutkimusartikkelien julkaisuun käytettyjen lehtien impaktifaktorit (Hopkins 2011)

<b>Lehden nimi</b>	<b>Artikkelien kappalemäärä</b>	<b>Impaktifaktori</b>
Acta Physiologica Scandinavica	1	3.1
Aviation, Space and Environmental Medicine	1	0.9
Biology of Sport	1	<1.0
British Journal of Sports Medicine	1	3.5
Clinical Nutrition	1	3.4
European Journal of Applied Physiology	1	2.2
Experimental Physiology	1	3.3
Gymnica	1	-
Idrott & Kunskap	1	-
International Journal of Sports Medicine	2	2.4
Journal of Applied Biomechanics	1	1.1
Journal of Electromyography and Kinesiology	1	2.4
Journal of Sports Medicine	1	-
Journal of Sport Sciences	1	1.9
Journal of Sports Science and Medicine	1	<1.0
Journal of Strength and Conditioning Research	2	1.8
Kinesiologia Slovenica	1	-
Kinesiology	4	0.5
Medical & Biological Engineering & Computing	1	1.8
Medicine & Science in Sports & Exercise	7	4.1
Medical Science of Sports Exercise	1	-
NSCA Journal	1	-
Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports	3	2.8
Sports Medicine	2	5.1
Sportverletz Sportschaden	1	<1.0
The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy	1	2.5

Kirjallisuuskatsaukseen sisällytettiin aiemmin mainituista tietokannoista ja manuaalisista hauista saatujen tulosten lisäksi henkilökohtaisia tiedonantoja henkilöiltä, joilla on erityisosaamista kuntotestauksesta ja alppihiihdon biomekaniikan tutkimuksesta. Tätä luotettavuutta parantavaa keinoa kutsutaan face-validiteetiksi. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että tutkimusta arvioidaan esittelemällä se henkilöille, joille tutkimuksen kohteena oleva ilmiö on tuttu, ja pyydetään heitä arvioimaan, vastaako kirjoitettu todellisuutta (Kyngäs & Vanhanen 1999,10). Henkilökohtaista tiedonantoa saatiin Kilpa- ja huippu-urheilun tutkimuskeskuksen (KIHU) biomekaniikan tutkija Tapani Keräseltä ja terveystieteiden tohtori, liikuntafysiologi, fysioterapeutti Tapani Pöyhöseltä.

### 3.2 Aineiston analyysi

Tässä opinnäytetyössä alppihiihdon lajianalyysiä ja kuntotestausta käsittelevä kirjallisuuskatsaus muodostaa laajan aineiston, josta aineiston analyysillä nostettiin esiin tutkimuskysymysten kannalta olennaisia asioita. Laajasta aineistosta on pyrittävä luomaan selkeä ja mielekäs kokonaisuus (Tuomi & Sarajärvi 2011, 108) ja siksi aineisto on järjestetty tiiviiseen muotoon kuitenkin kadottamatta sen sisältämää informaatiota. Kvalitatiivisen aineiston analyysimenetelmistä sisällönanalyysi on perusanalyysimenetelmä, jota voidaan käyttää kaikissa laadullisissa aineistoissa (Tuomi & Sarajärvi 2011, 91). Sisällönanalyysi mahdollistaa monisanaisen tekstin lajittelun huomattavasti tiivistetympään muotoon (Kyngäs & Vanhanen 1999, 3–4). Aineiston analysointitavaksi valittiin abduktiivisen päättelyn periaate, koska se etenee aineiston ehdoilla, mutta samalla teoreettiset käsitteet tuodaan valmiina (Tuomi & Sarajärvi 2011, 117). Abduktiivinen päättely on aineistolähtöisen ja teorialähtöisen välimaastoon sijoittuva aineistolähtöinen tapa tarkastella ilmiötä. Abduktiivisessä päättelyssä uusien löytöjen tekeminen aineistosta on mahdollista vain, jos havaintojen tekojen pohjalla on johtoajatus tutkimuksen tarkoituksesta, jolloin havainnot voidaan kohdistaa johtoajatuksen mukaisesti. (Grönfors 1982, 33–37.) Tässä työssä johtoajatuksena oli, että lajianalyysin avulla on mahdollista löytää ohjaavia perusteita alppihiihtäjien kuntotestauksen toteuttamiseen. Abduktiivista päättelyä on tässä työssä hyödynnetty käytäntöä palvelevien uusien teoreettisten jäsenysten muodostamisessa, jolloin lopputulos ei ole syntynyt vain tutkimustietoa tarkastelemalla, vaan oivalluksena opinnäytetyön tekijöiden ymmärryksen kautta. Abduktiivinen sisällönanalyysi noudattaa induktiivisen eli aineistolähtöisen analyysitavan vaiheita, jotka ovat aineiston pelkistäminen (reduointi),

ryhmittely (klusterointi) ja tutkimuksen kannalta oleellisen tiedon erottelu (abstrahointi) (Tuomi & Sarajärvi 2011, 108, 117). Lajianalyysiä läpi lukiessa pelkistäminen oli seurausta ilmauksien tunnistamisesta. Pelkistämällä tarkoitetaan ilmauksien tiivistämistä niin, että niiden olennainen sisältö säilyy, jolloin pelkistykset voidaan ryhmitellä sisältönsä perusteella luokiksi (Kylmä & Juvakka 2007, 117).

Kirjallisuuskatsausta pelkistettiin eli tiivistettiin etsien vastausta ensimmäiseen tutkimusongelmaan ”Mitä fyysisiä ominaisuuksia alppiihdossa lajianalyysin perusteella edellytetään?”. Aineistosta poimittiin luokiksi ne fyysiset ominaisuudet, jotka esiintyivät siinä toistuvasti alppiihdolle merkityksellisinä ja nämä valikoituneet ominaisuudet muodostivat samalla vastauksen ensimmäiseen tutkimusongelmaan. Luokkien alle koostettiin eli ryhmiteltiin kirjallisuuskatsauksen tietoa tiivistetyssä muodossa. Aineiston analyysiä ohjaavana ohjeistuksena käytettiin Tuomen ja Sarajärven (2011, 123–125) kuvausta sisällönanalyysistä systemaattisen kirjallisuuskatsauksen apuna. Siinä kuvataan, kuinka saadusta aineistosta nostetaan luokkia, joiksi tässä opinnäytetyössä muodostuivat: 1) antropometria, 2) lihasvoima, 3) aerobinen ja anaerobinen kunto sekä 4) tasapaino, koordinaatio, ketteryys ja väsymys. Tuomi ja Sarajärvi (2011,124) korostavat, että luokat eivät ole kirjallisuuskatsauksen tulos, vaan apukeino tiivistäen tarkastella tutkimuksissa olevaa tietoa. Varsinainen tulos alkaa hahmottua, kun luokkien sisällä tarkastellaan lähteisiin viitaten millaisia kuvauksia kyseisestä aiheista tutkimuksissa esitetään. (Tuomi & Sarajärvi 2011, 124.) Luokkien alle tiivistettiin eli pelkistettiin kirjallisuuskatsauksen avulla saatu tieto kustakin valituksi tulleet fyysisestä ominaisuudesta. Seuraavaksi luokkien sisällä tarkasteltiin alppiihdon laskusuorituksen aikaisia lajille ominaisia tekijöitä, jotka ovat yhdistettävissä käytännön kuntotestauksen toteutukseen.

Lopulta yleisesti saatavilla olevien alppiihtäjien kuntotestauskäytänteiden pohjalta luotiin käsitys siitä, millaisia kuntotestaus tapoja ja testejä alppiihtäjillä tyypillisesti käytetään. Tätä saatua tietoa yhdistettiin lajianalyysistä tiivistettyyn tietoon ja tämän perusteella valittiin kenttä- ja laboratoriotestivaihtoehdot kunkin määritellyn luokan alle. Edellä kuvatun tarkastelun kautta saatiin vastaus toiseen tutkimusongelmaan ”Millä testeillä valittuja fyysisiä ominaisuuksia on tarkoituksenmukaisinta testata nuorilla alppiihtäjillä?”. Vastaus ensimmäiseen tutkimusongelmaan esitellään opinnäytetyön kappaleessa 8 (Lajianalyysistä nousseet kuntotestien valintaan vaikuttavat tu-

lokset) ja kappale 9 (Kuntotestipatteriin valitut testit) tuo vastauksen toiseen tutkimusongelmaan.

### 3.3 Postitettu lomakekysely

Postitetun lomakekyselyn oli tarkoitus olla tutkimuksen toinen kvalitatiivinen aineistokeruumenetelmä. Lomakekyselyssä kysymykset ja vastausjärjestys ovat kaikille vastaajille identtiset. Lisäksi siinä tulee kysyä tutkimuksen tarkoituksen, tavoitteen ja ongelmanasettelun kannalta olennaisia kysymyksiä. Jokaiselle lomakekyselyn kysymykselle on löydettävä selkeä perustelu tutkimuksen viitekehuksesta ja tutkittavasta ilmiöstä. (Tuomi & Sarajärvi 2011, 74–75.) Lomaketutkimuksessa vastaajille esitetään mahdollisimman neutraaliksi muotoiltuja kysymyksiä vastaajaa itseään koskevista asioista eli kyse on ensikäden tiedosta (Alasuutari 2011, 110).

Integroivaa kirjallisuuskatsausta täydentämään luodun lomakekyselyn (liite 3) tarkoituksena oli hankkia ja syventävää tietoa ja käytännön kokemuksen näkökulmaa alppihiihtäjiltä vaadittavista ominaisuuksista sekä nuorten alppihiihtäjien kuntotestauksen toteutuksesta. Sähköisesti toimitettavan lomakekyselyn oli tarkoitus olla opinnäytetyön aineiston hankinnan toinen tiedonkeruumenetelmä. Lomakekyselyä varten listattiin kauden 2010/2011 osalta 30 parasta mies- ja naisalppihiihtäjää FIS-pisteiden mukaisesti ja tarkasteltiin heidän edustamiaan alppimaita (taulukko 4). Menestymisen perusteella valittiin yhdeksän parhaiten sijoittunutta alppimaata ja opinnäytetyön toimeksiantajan kautta saatiin yhteyshenkilöt haluttuihin maihin.

Taulukko 4. Kauden 2010/2011 FIS-pistetaulukon yhdeksän parhaimman alppimaan mies- ja naisalppihiihtäjien lukumäärät alppilajeittain

	<b>AUS</b>	<b>SUI</b>	<b>ITA</b>	<b>FRA</b>	<b>USA</b>	<b>GER</b>	<b>SWE</b>	<b>CAN</b>	<b>SLO</b>
DH M	6	7	4	4	2	-	-	3	2
DH W	4	6	4	4	5	3	1	1	2
SG M	9	5	3	2	2	1	1	3	1
SG W	6	6	4	3	5	2	2	1	1
GS M	5	4	4	5	2	2	1	-	-
GS W	7	1	5	3	3	4	3	2	1
SL M	5	3	3	3	2	1	5	4	1
SL W	5	1	3	3	2	7	3	1	1
<b>YHT</b>	<b>47</b>	<b>33</b>	<b>30</b>	<b>27</b>	<b>22</b>	<b>20</b>	<b>16</b>	<b>15</b>	<b>9</b>

Lomakekyselyn saatekirjeessä (liite 3) kerrottiin lyhyesti tutkimuksen tarkoituksesta ja tavoitteista sekä työn etenemisestä. Varsinainen kyselyosuus koostui kolmesta avoimesta kysymyksestä. Suomenkielinen lomakekysely käännettiin englanniksi kääntäjä Mikko Pitkäsen toimesta. Lomakekysely saatekirjeineen lähetettiin sähköpostitse kaikille vastaajille ja vastausajaksi määriteltiin kaksi viikkoa. Valitettavasti vastausajan umpeuduttua emme saaneet yhtäkään vastausta, joten arvokas käytännön kokemuksen tieto jäi hyödyntämättä tässä työssä.

#### 4 SKI SPORT FINLAND RY

Ski Sport Finland ry on liitto, joka pitää alppilajeista sisällään alppi- ja freestylehiihdon. Alajaokset tunnetaan nimillä Alpine Ski Team Finland ja Freestyle Ski Team Finland. Liiton toiminta-ajatuksena on vastata huippu-urheilun menestyksestä maa-joukkuetoimintojen ylläpitämisellä ja kehittämisellä. Päätehtävänä on kasvattaa ja kehittää nuorista laskijoista menestyviä huippu-urheilijoita, panostaa nykyisiin huippulaskijoihin sekä olla mukana lajin ja harrastamisen kehittämisessä. (Ski Sport Finland ry a.)

#### 5 ALPPIHIIHDON LAJIANALYYSI

Eri tieteenalojen tulosten ja menetelmien hyväksikäytöstä urheilussa on alettu laajemmin keskustella 1970- ja 1980-luvuilla. Tieteenalan huonostakin maineesta (doping) huolimatta valtaosa siitä tutkimuksesta, joka on eri muodoissaan urheilun taustalla, tehdään vilpittömästi tarkoituksena kehittää niin valmennus- kuin harjoitusmenetelmiä. (Viitasalo & Rusko 1989, 199.) Lajianalyysin tarkoituksena on selvittää monipuolisesti lajin kilpailullinen ja valmennuksellinen sisältö sekä urheilijalta vaadittavat perusominaisuudet. Lisäksi lajianalyysissä perehdytään lajin ja urheilijan perusominaisuuksien suhteeseen niin yksittäisessä kilpailutapahtumassa kuin eri harjoituksissa ja koko valmennuskaudella. Lajin sisällön ja urheilijalta vaadittavien ominaisuuksien tunteminen auttaa urheilijan lajivalinnassa, valmennuksen kehittämisessä sekä urheilijalahjakkuuksien tunnistamisessa. Vaikka lajianalyysin tekeminen on pitkä tapahtuma, on se yksi valmennuksen tärkeimmistä lähtökohdista. (Luhtanen 1989, 95.)

Kilpailun aikaista suoritusta analysoitaessa voidaan selvittää suorituksen ja sen vaiheiden biomekaaniset vaatimukset ja muodostaa tehokas ja teknisesti tuloksekas suorituksen malli. Lajianalyysissä määritellään suorituksessa aktiiviset lihasryhmät, edelly-



tetyt voimatasot sekä kestävyysominaisuuksien vaatimukset. Kilpailusuorituksen analysoimisen lisäksi selvitetään fyysisen kunnon osatekijät ja arvioidaan niiden painotusta tarkastelun kohteena olevan urheilulajin osalta fyysistä suorituskykyä mittaavien testien avulla. (Kantola 2004, 208.)

Lajianalyysillä ymmärretään toisaalta itse urheilulajin lajisuorituksen tutkimus ja toisaalta lajin huippu-urheilijoiden ominaisuuksien kartoitus. Lajisuorituksen tutkimuksessa keskitytään lajin suoritustekniikan analysoimiseen esimerkiksi kuvaamalla suoritusta, mittaamalla nivelkulmia tai kartoittamalla lihasten sähköistä aktiivisuutta. Yhdistettäessä suorituksen aikaiset muuttujat videokuvan avulla veren maitohappomittauksiin, sykemittauksiin ja hapenkulutusmittauksiin, voidaan lajianalyysillä saada tarkka kuva siitä, missä suhteessa laji rasittaa fyysisen kunnon ei osatekijöitä. Toinen tapa tehdä lajianalyysiä on huippu-urheilijoiden ominaisuuksien kartoitus. Testaamalla lajin huippuja saadaan kuva siitä, millaisia ovat lajissa menestyneiden urheilijoiden fyysisen kunnon osatekijät. Lajianalyysi on jatkuva prosessi, sillä urheiluvälineiden ja lajin suoritustekniikoiden kehittyminen muuttavat lajin luonnetta ja näin ollen myös elimistöön kohdistuvaa kuormitusta. (Viitasalo & Rusko 1989, 201.)

Urheilulajin säännöt määräävät lajin sisällön. Lajin luonteen puolestaan määrittelevät suurimmaksi osaksi kilpailun kesto sekä suorituksen tempo, nopeus ja kesto, suoritusvälisten tautot, suorituksen vaatima fyysinen voima ja koordinatiivinen taito, kilpailulle ominainen keskittymiskyky ja ulkoiset vaikuttavat tekijät. Urheilulajin luonne määrittelee edelleen lajin urheilijan ominaisuuksien perusvaatimukset erilaisina voima-, nopeus-, kestävyys-, taito- ja tarkkaavaisuustekijöinä. Näiden ominaisuuksien ymmärtämisestä syntyy harjoittelun lajinomaisen sisällön pääpiirteet. Toisin sanoen, lajianalyysiä hyväksi käyttäen on pyrittävä selvittämään, millaiset harjoitteet tukevat parhaiten juuri lajille ensiarvoisten ominaisuuksien kehittymistä. (Luhtanen 1989, 96.)

Urheilijan perusominaisuusryhmiä ja kykytekijöitä voidaan luokitella samalla tavalla lajista riippumatta. Eroa ominaisuuksien ja kykytekijöiden välille tulee niiden erilaisissa painotuksissa. Kestävyyslajeissa painottuu kestävyys, nopeuslajeissa nopeus ja voimalajeissa voima. Mikään mainituista ominaisuuksista lajiryhmissään ei silti takaa menestystä, vaan jokaisessa lajiryhmässä kaikki kykytekijät ja perusominaisuudet vaikuttavat kokonaissuoritukseen ja saattavat joskus olla joko voiton ehdoton edellytys tai tappion ainut syy. (Luhtanen 1989, 96.)

Lajianalyysiä tehdessä on pyrittävä luomaan looginen rakennelma menestymisen takana olevista kykytekijöistä ja muista urheilijan ominaisuuksista. Tuolloin lajitaitojen osa-alue ja lajin perusliikkeet hahmottuvat omiksi kokonaisuuksiksi. Missään lajissa taitoa ei voida pitää omana erillisenä osana suoritusta. Sen sijaan perusliikkeet voivat parantua niiden paremman suorittamisen ja fyysisten sekä psyykkisten tekijöiden kehittymisen myötä. (Luhtanen 1989, 96–97.)

## 5.1 Lajihistoria ja säännöt

1800-luvun loppupuolella hiihto koki ensimmäisen merkittävän muutoksensa, kun yleisesti käytetystä liikkumistavasta tuli urheilumuoto. Ensimmäinen kansainvälinen hiihtokilpailu pidettiin Norjassa vuonna 1868, josta varsinaisen hiihdon aikakauden katsotaan alkaneen. Muutamassa vuosikymmenessä hiihto levisi muualle Eurooppaan sekä Yhdysvaltoihin. Ensimmäinen pujottelukilpailu järjestettiin Sveitsin Mürrenissa 1922. Miesten ja naisten alppihiihto oli olympialajina ensimmäisen kerran Garmisch-Partenkirchenin olympialaisissa vuonna 1936. Tuolloin laskettiin vain yksi kilpailu, joka oli syöksylaskun ja pujottelun yhdistelmäkilpailu. Vuoden 1948 kisoissa kyseiset lajit laskettiin erillisinä kilpailuina. Suurpujottelu tuli olympiakisaohjelmaan vuoden 1952 talviolympialaisissa ja supersuurpujottelu eli Super-G hyväksyttiin neljänneksi olympiakisamuodoksi vuonna 1988. (Olympic Movement 2009.)

Kansallisella tasolla tapahtuvassa alppihiihdon kilpailutoiminnassa noudatetaan Ski Sport Finland ry:n kilpailusääntöjä. Kansainvälistä kilpailutoimintaa ohjaa ja määrittelee Kansainvälisen hiihtoliiton eli FIS, Fédération Internationale de Ski (The International Ski Federation) tekemät kilpailusäännöt. (Ski Sport Finland ry b.)

## 5.2 Alppihiihdon lajit

Alppihiihto koostuu kahdesta vauhtilajista ja kahdesta tekniikkalajista. Vauhtilajeiksi luetaan syöksylasku sekä super-g ja tekniikkalajeiksi pujottelu ja suurpujottelu. Kullekin lajille on ominaista laskuporttien asettelu, käännöksen säteen suuruus, laskunopeus ja radan pituus. (Turnbull ym. 2009, 146.) Muita kilpailumuotoja ovat alppiyhdistetty, superyhdistetty eli super-combi ja taitokilpailu. Alppiyhdistetyssä yhdistetään kahden erillisen syöksyn ja pujottelukilpailun tulokset omaksi tuloslistaksi. Super-combi on alppilajien uusin tulokas ja se koostuu saman päivän aikana lasketuista pujottelun ja super-g:n tai syöksyn erilliskilpailujen yhteisajasta. Lisäksi lapsille on ole-

massa oma kilpailumuoto nimeltään taitokilpailu. (Hiihtoliitto 2007a.) Kaikille kilpailumuodoille on tyypillistä, että laskijan tulee lähdössä saada nopea kiihdytys täyteen vauhtiin ennen kuin laskija pääsee dynaamiseen laskuasentoon ja laskee radan läpi kilpailumuotoon sopivalla laskutekniikalla. Laajasta lajikirjosta johtuen laskijoihin kohdistuu valtavia fysiologisia vaatimuksia. Vauhtilajeissa nopeudet ovat suuria ja laskijoiden tulee ”ankkuroida” koko vartalonsa virtaviivaiseen ja aerodynaamiseen laskuasentoon, kun taas tekniikkalajeissa laskijoiden tulee kyetä tekemään tiukkoja käännöksiä nopeina sarjoina rinteiden jyrkkyydestä riippumatta. (Ferguson 2009, 404.)

### 5.2.1 Vauhtilajit

Syöksylaskun kilpailusuoritus kestää puolestatoista minuutista kahteen ja puoleen minuuttiin asti. Tuona aikana laskija laskee syöksyradan, jonka pituus on rinteestä riippuen 2,5–4,0 km. Miesten syöksylaskuratojen korkeusero on puolesta kilometristä 1,1 kilometriin ja naisilla korkeusero vaihtelee 500–800 metrin välillä. Syöksylaskurata on merkitty aina punaisilla porteilla, joiden välinen leveys tulee olla vähintään kahdeksan metriä. Miehillä syöksylaskun aikaiset laskunopeudet yltyvät jopa 140 kilometriin tunnissa. Syöksylaskijan varusteisiin lukeutuvat syöksylaskusukset, joiden pituus on 215–225 cm, sekä muotoillut sauvat, jotka mahdollistavat optimaaliseen laskuasentoon pääsyn. Asunaan syöksylaskijalla on vartalonmyötäinen laskupuku, jonka ilmanläpäisevyys on tarkasti Kansainvälisen hiihtoliiton määrittelemä. Laskuturvallisuuden kannalta laskijat käyttävät kypärää ja selkäpanssaria. Varsinaisia kilpailulaskuja syöksylaskussa on vain yksi, jota edeltää vähintään yksi ja enintään kolme harjoittelulaskua. (Hiihtoliitto 2007b.) Syöksylaskussa lihasvoiman merkitys korostuu staattisen laskuasennon ylläpitämisessä. Tasapainon ylläpitämisen edellytys on puolestaan vahva ylävartalo. Kumpareisessa mäessä vaaditaan myös hyvää nivelten liikkuvuutta. (O’Shea 1989, 64.)

Super-g sijoittuu alppilajeissa syöksylaskun ja suurpujottelun väliin. Käännösten määrästä johtuen super-g on hitaampi vauhtilaji kuin syöksylasku, mutta nopeampi kuin suurpujottelu. Laskuradan käännösten määrä voi olla suurimmillaan 10 % radan korkeuserosta ja minimissään käännöksiä tulee olla miehillä 35 ja naisilla 30. Ratojen korkeuserot vaihtelevat miehillä 500–650 metrin ja naisilla 350–600 metrin välillä. Kilpailulaskun suoritus kestää reilusta minuutista kahteen minuuttiin ja laskunopeus voi parhaimmillaan nousta noin 120 kilometriin tunnissa. Varusteet ovat muuten sa-

manlaiset kuin syöksylaskussa, mutta sukset ovat hieman lyhyemmät. Super-g:ssä lasketaan syöksylaskun tavoin vain yksi kilpailulasku, mutta syöksylaskusta poiketen kilparadalla ei pääse suorittamaan harjoittelulaskuja vaan rataa tutustuminen tapahtuu radankatselun avulla. Radankatselussa laskijoilla on 1–1,5 tuntia aikaa lanata kilparinnettä ylhäältä alas. (Hiihtoliitto 2007c.)

### 5.2.2 Tekniikkalajit

Pujottelu on alppihiihdon lajeista nopeatempoisin. Yksi kilpailulasku kestää tyypillisesti 50 sekunnista yhteen minuuttiin. Miesten pujotteluradan korkeusero on arvokisoissa 180–220 metriä ja naisilla puolestaan 140–200 metriä. (Hiihtoliitto 2007e.) Kaksi keppiä muodostavat yksittäisen pujotteluportin, joita on pujotteluradalla naisilla 45–65 ja miehillä 55–75 kappaletta. Itse rata merkataan punaisin ja sinisin portein, vuorotellen. Pujottelukset ovat lyhyet (noin 155–165 cm) ja niiden suuri sivuleikkaus mahdollistaa tiukat kääntösäteet ja nopeat suunnanmuutokset. Laskijat käyttävät pujottelussa kypärää, rystyssuojia ja polvisuojia pehmentämään nivelkeppien iskuja. Suojavarusteet mahdollistavat mahdollisimman lyhyen ja suoran laskulinjan. (Hiihtoliitto 2007e; Kravanalysis 2006.) Pujottelu on teknisesti haastavaa sekä täsmällistä ja kontrolloitua laskua suurilla laskunopeuksilla (O’Shea 1989, 64).

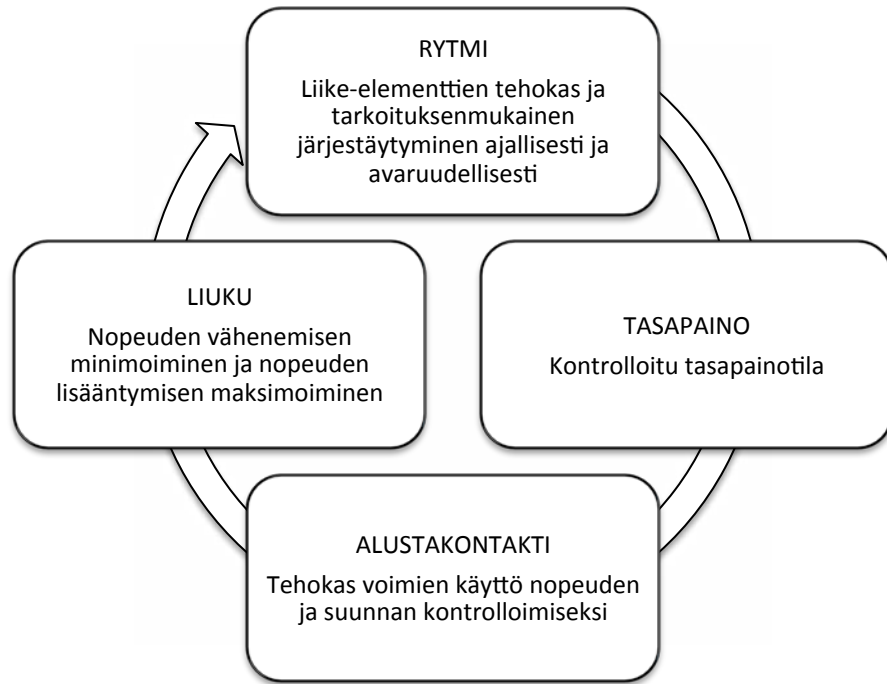
Suurpujottelussa rata on laajasäteisten käännösten muodostama rytmikäs kokonaisuus, jossa käännösten lukumäärä on 11–15 % radan korkeuserosta. Suurpujottelussa pujotteluportti muodostuu neljästä kepeistä sekä kahdesta lipusta. Porttien on oltava vuorotellen punaisia ja sinisiä. Suurpujottelussa kilpailulasku kestää 1,10 – 1,45 minuuttia. Kilpailussa laskuja on aina kaksi, jolloin yhteisaika on ratkaiseva. Miesten radan korkeuseron on oltava 250–450 metriä ja naisten 250–400 metriä. 300 metriä on pienin hyväksytty korkeusero maailmancup-kilpailuissa. Puku suurpujottelussa on ihonmyötäinen. Käsissä ja jaloissa käytetään toppauksia vaimentamaan porttien aiheuttamia iskuja. Suurpujottelukset ovat syöksysuksia lyhyemmät, kevyemmät ja kääntyvämmät. Sauvat ovat joko käyrät tai suorat. Kypärä on pakollinen. Radankatselu suoritetaan ylhäältä alaspäin lanaten. (Hiihtoliitto 2007d.) Lihasvoiman merkitys korostuu suurpujottelussa pujotteluun verrattuna, koska laskijan on kontrolloitava käännöksiä nopeammassa laskuvauhdissa. Suurpujottelussa korostuu maksimaalinen tekniikan hyväksikäyttö. (O’Shea 1989, 64.)

### 5.3 Alppiihdon perustaidot

Meron (2004, 241) mukaan urheilusuorituksen tärkeimmät osatekijät ovat taito ja tekniikka. Taito jaetaan yleistaitavuuteen ja lajitaitavuuteen, joista jälkimmäinen voidaan jakaa edelleen tekniikkaan ja tyyliin. Yleistaitavuudella tarkoitetaan kykyä oppia ja hallita erilaisia fyysisiä suorituksia. Lajitaidolla tarkoitetaan kykyä käyttää lajissa vaadittavaa tekniikkaa tarkoituksenmukaisesti tilanteen vaatimalla tavalla. Hyvän lajitaidon omaavalla urheilijalla on kyky korjata tekniikkavirheitä sekä oppia uusia tekniikoita nopeasti. Tekniikka on puolestaan lajisuorituksessa vaadittavien liikeratojen osaamista. Kun urheilija osaa käyttää hyvää tekniikkaa nopeasti, taloudellisesti ja tarkoituksenmukaisesti, voidaan sanoa että urheilija omaa hyvän taidon.

Sigmundin (2007, 23) tutkimuksessa kokeneiden laskijoiden ja valmentajien tietoa ja oivalluksia kartoittamalla identifioitiin alppiihdon kolme pääelementtiä: tasapaino, alustakontakti ja liuku. Jokainen näistä pääelementeistä jakaantuu sarjaan teknisiä edellytyksiä, joiden merkitys vaihtelee kulloistenkin ympäristöolosuhteiden mukaan. Neljänneksi päätekijäksi tutkimuksessa nousi liikkeen rytmi (kuva 1). Liikkeen rytmi ei ole yhteydessä teknisiin perustaitoihin, mutta sillä on silti vahva ja perustava rooli taitavassa alppiihhdossa. Tutkimuksessa keskustellaan siitä, että tasapaino, alustakontakti ja liuku voidaan operationalisoida ja tutkia tiukalla analyyttisellä tavalla, mutta liikkeen rytmi näyttäisi olevan ei-analyyttisesti tarkasteltavissa oleva teknisiä elementtejä yhteen sitova alppiihdon osa. Voidaankin väittää, että juuri tällainen ominaisuuksien kokonaisvaltainen hallitseminen luonnehtii huippulaskijoita. Paremman ymmärryksen liikkeen rytmin merkityksestä tulisi olla tavoitteena alppiihdon tutkimuksessa jatkossa, jotta ymmärrys lajin vaatimuksista tarkentuisi.

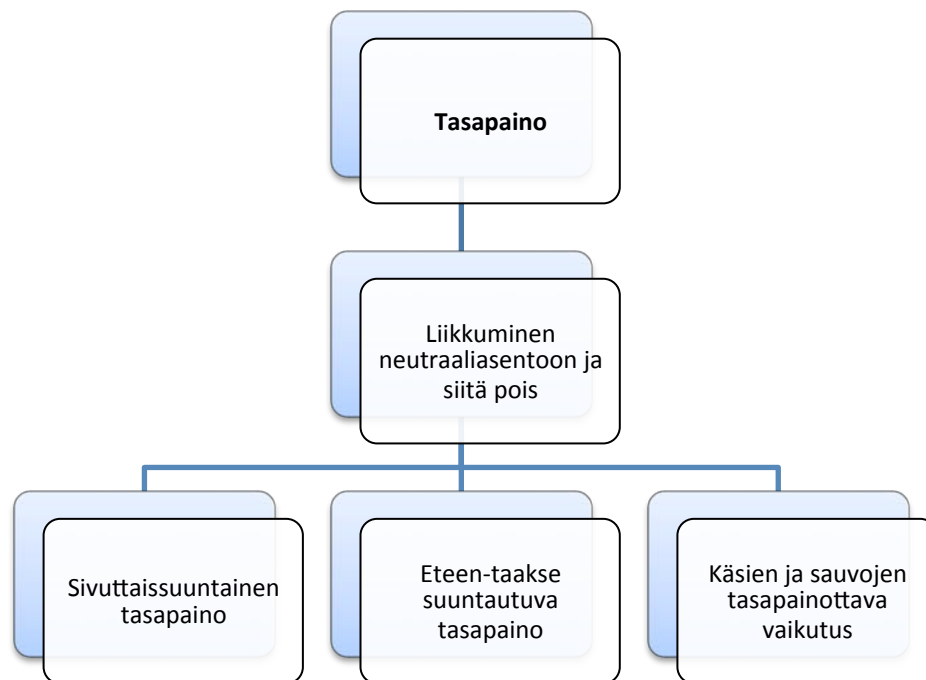
Alppiihdon perustaitoja ovat tasapaino, kääntäminen, kanttaaminen, kuormittaminen ja rytmi, joiden linkittyminen yhteen luo pohjan tehokkaalle laskemiselle. Taitavalla laskijalla perustaidot ovat sulautuneet tiiviisti yhteen muodostaen harmonisen kokonaisuuden. (Suomen hiihdonopettajat ry 2010, 8.)



Kuva 1. Alppihiihdon tekniikan pääelementit (Loland & Haugen 2000, Loland 2009, 53 mukaan)

### 5.3.1 Tasapaino

Tasapainoa pidetään kaiken liikkumisen perustana ja se on erittäin tärkeässä osassa myös alppihiihdossa (kuva 2), sillä sitä voidaan pitää edellytyksenä lajin muiden perustaitojen oppimiselle. Ylläpitääkseen tasapainoa laskijan keskushermosto saa jatkuvasti tietoa näköaistin, liikeaistin ja tuntoaistin avulla. Tämä mahdollistaa sen, että laskija pystyy tasapainoilemaan erilaisissa olosuhteissa reagoiden muuttuviin maastonmuotoihin, lumiolosuhteisiin sekä vauhtiin. Alppihiihdon laskuasentoa voidaan luonnehtia dynaamiseksi perusasennoksi, jossa tasapainon ylläpitäminen on dynaamista lihastyötä vaativa prosessi. Dynaamisuudella tarkoitetaan sitä, että asento muuttuu käännöksen etenemisen, käännöksen säteen ja maaston mukaan. Laskun aikainen tasapaino saavutetaan painopisteen ja tukipinta-alan välisen oikean suhteen avulla. Tasapainottavat liikkeet tapahtuvat kolmeen suuntaan: eteen ja taakse, ylös ja alas sekä molemmille sivuille. (Suomen hiihdonopettajat ry 2010, 9.)



Kuva 2. Tasapaino ja vaikuttavat tekijät (Loland & Haugen 2000, Loland 2009 45 mukaan)

### 5.3.2 Kääntäminen

Alppihiihdossa suksen kääntäminen tapahtuu laskijan tekemillä aktiivisilla kääntämisliikkeillä sekä suksen sivukaarevuuden että lumenpinnan muotojen avulla. Lisäksi kääntämisessä käytetään hyväksi painovoimaa ja laskuvauhtia. Laskija luo ohjauksen kääntämisliikkeiden avulla. Nykyaikaisten karvingsuksien sivukaarevuus mahdollistaa sen, että kääntämisliikettä tarvitaan vähemmän saman ohjauksen saavuttamiseksi. Leikkaavan käännoksen ohjauksen kulma on lähes olematon. Mitä suurempi on suksen sivukaarevuus, sitä vähemmän vaaditaan kääntämisliikettä. Leikkaavassa käännoksessä ohjataan kanttaamalla ja kuormittamalla suksea. Oikeastaan voidaan puhua käännoksen ohjaamisesta paineen säätelyn avulla eikä niinkään kääntämisestä. Käännokselle on tyypillistä se, että ylävartalo ja lantio liikkuvat uuden käännoksen suuntaan ennen kuin alavartalo. Lisäksi lyhytsäteisissä käännoksissa ylävartalo kulkee lähes suorassa linjassa ja sukset kiertävät käännoksissa. Itse kääntäminen tapahtuu pääosin vain jaloista. (Suomen hiihdonopettajat ry 2010, 10.)

Kassatin (2007, 38) mukaan laskija tarvitsee vain muutaman hyvin tiedossa olevan teknisen elementin tuottaakseen yhdensuuntaisin suksin tapahtuvia käännoksia; vartalon kallistuksella käännoksen suuntaan sekä käännoksen vaihdon ja kulmauksen muu-

toksen avulla kontrolloidaan suksien kääntymisen intensiteettiä. Myös rinteën kaltevuus on tekijä, joka kääntää suksia. Tästä johtuen laskijan on säilytettävä sopiva kontakti suksien ja kaltevuuden välillä ja tämän laskija toteuttaa edellä mainittujen teknisten elementtien avulla.

Keränen, Ihalainen & Kapustamäki (2011, 5) toteavat, että nopeassa vauhdissa ja jyrkällä ja jäisellä pinnalla leikkaavan käännöksen tekeminen on haastava taito. Kun leikkaava käännös on hyvä, kasvaa ulkosukseen tuotettu voima nopeasti säilyen aktiivisen ohjausvaiheen ajan lähellä maksimivoimatasoa lopussa nopeasti heikentyen. Vastakohtaisesti sisäsuksen voimantuotto kasvaa maltillisesti ja saavuttaa käännöksen loppuvaiheessa ulkosukseen verrattuna vain noin 30 % suuruisen huipputason. Keränen ym. (2011, 6) jatkaa määrittellen, että merkittävin ero pujottelukäännöksen ja suurpujottelukäännöksen välillä oli ajallinen: suurpujottelukäännös oli kestoltaan kolmasosan pidempi.

### 5.3.3 Kanttaaminen

Aina kun laskija haluaa muuttaa laskusuuntaansa, hän joutuu kanttaamaan suksiaan. Kanttaamisella säädellään käännöksen leikkaavuutta, vauhtia ja käännöksen muotoa. Suksen kanttaaminen mahdollistaa sen, että laskija pystyy kumoamaan liikkeen jatkuvuuden ja kääntymään. Leikkaaville käännöksille on tyypillistä, että sukki kulkee kantillaan pitkittäissuunnassa eteenpäin ja lumeen jää vain kanttien jättämät kapeat jäljet. Kanttaus voidaan tuottaa nilkoilla, polvilla, lantiolla tai koko vartalolla. Voimakkain kanttausliike saadaan tuotettua lantiosta, mutta tyypillisesti kanttaus suoritetaan näitä kaikkia yhdistelemällä. Kanttauksen aikana hartialinjan tulisi olla suunnilleen vaakatasossa tai rinteën suuntaisena rinteën kaltevuudesta riippuen. Laskijan vauhti, käännöksen säde ja rinneolosuhteet määrittelevät sen, kuinka suurella voimalla laskijan tulee kantata ja painua kohti käännöksen keskipistettä lantiosta ja koko vartalosta. Laskijaan kohdistuvien voimien kasvaessa myös laskijan painautumisen käännöksen sisään tulee kasvaa. Kanttaaminen on dynaamista liikettä ja hyvä kanttaaminen saa suksen kantiin pureutumaan lumeen ja jäähän. Laskuvauhtien kasvaessa kanttauksen vaihdon nopeus korostuu, joka mahdollistaa uuden käännöksen nopeamman aloittamisen. Vaihdon aikana ylävartalo antaa periksi liikkeen jatkuvuudelle ja suuntautuu kohti uutta käännöstä. Dynaamisella perusasennolla on suuri merkitys myös kanttaamiseen.



Riittävän leveä jalkojen asento mahdollistaa sen, että jaloilla on tilaa toimia. (Suomen hiihdonopettajat ry 2010, 10–11.)

#### 5.3.4 Kuormittaminen

Kuormittamisella tarkoitetaan suksen ja lumen välisen paineen säätelyä. Kuormittamisen avulla säädellään sekä suksen taipumista että käännöksen sädetä. (Suomen hiihdonopettajat ry 2010, 8, 11.) Kuormitus saadaan aikaan koko kehon avulla, mutta pääasiallisesti siihen osallistuvat vain jalat (Heikkinen, Kumpuniemi, Meriläinen & Uosukainen 2003).

Lumeen kohdistuvaan paineeseen vaikuttavat laskijan vauhdin, käännöksen muodon ja kanttaamisen lisäksi laskijan liikkeen määrä. Suksiin kohdistuvan paineen muuttaminen on ensimmäisiä alppihiihdossa opittavia taitoja. Suksia voidaan kuormittaa joko pituussuuntaisesti, pystysuuntaisesti tai sivusuunnassa sukselta toiselle. Laskijaan vaikuttavat ulkoiset voimat saavat jo itsessään aikaan pituussuuntaista painonsiirtoa, jota laskijan tulee vain osata hyödyntää. Karvingsuksilla tehtävien leikkaavien käännösten tuottaminen ei edellytä laskijalta pituussuuntaista painonsiirtoa siinä määrin kuin aiemmin käytössä olleet sukset. (Suomen hiihdonopettajat ry 2010, 11.) Pituussuuntaista kuormittamista tapahtuu kuitenkin siirtämällä painoa käännöksen alussa enemmän päkiälle eli suksen kärkeä kohti. Tavoitteena on paineen pysyminen mahdollisimman tasaisena koko käännöksen ajan, vaikka paine lisääntyikin käännöksen loppua kohti. (Heikkinen ym. 2003.)

Pystysuuntainen kuormittaminen tapahtuu ylös-alas-suuntaisen liikkeen avulla. Kun laskija kohottautuu ojentamalla polvia, kasvaa suksen ja lumen välinen paine. Selkeää kuormittamista ja painonsiirtoa jalalta toiselle ei usein ehditä nopeassa laskussa tekemään, vaan painonsiirto tapahtuu kanttauksen vaihdon yhteydessä käännöksestä toiseen. (Hälinen, Lautala & Mälkiä 2003.)

Kuormitusta tapahtuu myös kanttaamisen avulla. Mitä enemmän liikkeen jatkuvuus yrittää siirtää laskijaa pois käännöksestä, sitä enemmän laskijan on pyrittävä kumoamaan tätä voimaa. Kuormittaminen ja paineen säätely ovat perustaidoista vaikeimpia ja samalla niiden vaikutus laskuun on suuri ja merkittävä. Kuormitus vaikuttaa niin suksen kääntymiseen, käännöksen muotoon kuin laskun rytmiin. Laskijan tulee näin

ollen kaiken aikaa tarpeen mukaan keventää tai lisätä suksen ja lumen välistä painetta ojentamalla tai koukistamalla vartaloaan. (Suomen hiihdonopettajat ry 2010, 11.)

Valmennukselliset näkökannat frontaalitason tasapainon merkityksestä ovat vaihtelevia ja riippuvaisia muun muassa rinteiden jyrkkyydestä. Eräässä norjalaisessa tutkimuksessa päämääränä oli määrittää onko sisä- ja ulkosuksen kuormituksen välillä tunnusomaisia eroja kun verrataan jyrkkää ja tasaista rinnettä eliittitason laskijoiden keskuudessa. Tutkimuksessa tutkittava aineisto koostui neljälle laskijalle toteutetuista mittauksista ja lopputuloksena tutkijat toteavat, että erot sisä- ja ulkosuksen kuormittamisen välillä tasaisen ja jyrkän rinteiden välillä olivat hyvin yksilöllisiä eikä näin ollen selviä johtopäätöksiä ollut mahdollista tehdä. (Svandal, Reid, Haugen & Smith 2010, 109.)

### 5.3.5 Rythmi

Rythmi on olennainen osa rentoa suoritusta alppihiihdossa. Rythmiä voidaan havaita paitsi käänössarjoissa käännösten välillä myös yksittäisen käännöksen aikana. (Suomen hiihdonopettajat ry 2010, 8.) Rythmin voidaan sanoa sitovan yhteen yhdessä käänöksessä vaadittavat tekniset elementit sekä toisaalta yhdistävän eri käännökset toisiinsa muodostaen liikkeiden ketjun (Loland 2009, 51). Yksi nopean ja tehokkaan laskemisen edellytys on, että laskun rythmi on hyvin kehittynyt ja linkittynyt muihin hyvään suoritukseen tarvittaviin taitoihin (Heikkinen ym. 2003). Nykyaikaisen karvingkäänöksen tekeminen leikkaavasti edellyttää muiden ominaisuuksien ohella hyvää rythmiä (Capaul 2005).

Rythmi tekee laskusta helpompaa ja sujuvampaa sekä on usein onnistumisen edellytys. Alppihiihdossa rythmi voidaan jakaa käännösten väliseen eli ulkoiseen rythmiin (käänössarjan käännösten keskinäinen rythmi) ja yksittäisen käännöksen sisäiseen rythmiin. Rythmi on joko laskijan itsensä valitsema, olosuhteiden määräämä tai molempia yhdessä. Liikkeiden ajoitus ja koordinaatio tarkoittavat laskijan kykyä yhdistää liikkeet ja taidot harmoniseksi kokonaisuudeksi, jossa toivotut asiat tapahtuvat oikea-aikaisesti. (Suomen hiihdonopettajat ry 2010, 12.)

Ulkoisen rythmin kannalta on tärkeää, että kilpailija osaa radan ulkoa ja kykenee ennakkoimaan käänösrythmiä (Hälinen ym. 2003). Ulkoinen rythmi voi olla joko tasarytmistä tai sisältää käännösten välisiä rytmivaihdoksia. Tasainen rythmi tuo laskemiseen rentoutta ja helpottaa suoritusta. Se auttaa laskijaa keskittymään suorituksessa muihin

asioihin. Rytminvaihdokset tai epäsäännöllinen käännösten välinen rytmi on paitsi tasaista rytmistä vapauttavaa myös taidollisesti haastavaa. (Suomen hiihdonopettajat ry 2010, 12.)

Käännöksen sisäisellä rytmillä tarkoitetaan puolestaan laskijan liikkeiden ja perustaitojen oikeaa ajoitusta sekä koordinaatiota (Heikkinen ym. 2003). Laskija ennakoii sisäinen rytmin avulla radan rytmin ja rinteiden muotojen muutoksia, jotta ajolinjat säilyisivät. Käännöksen sisäinen rytmi on nopeampi esimerkiksi pujottelussa kuin suurpujottelussa, koska pujottelussa käännöksen kääntösäde on lyhyempi kuin suurpujottelussa. (Hälinen ym. 2003.) Vaikka rytmin hallinta on yksi alppihiihdon perustaidoista, on sen tärkeimpiä tehtäviä tukea muita perustaitoja, kuten kääntämistä, kanttaamista ja kuormittamista (Suomen hiihdonopettajat ry 2010, 12).

#### 5.4 Alppihiihdon mekaniikka

Alppihiihdon mekaniikalla tarkoitetaan laskusuoritukseen vaikuttavia voimia. Mekaniikkaan kohdistuvalla tutkimuksella pyritään selvittämään, mitkä ovat voimien vaikutukset urheilusuorituksessa ja miten niitä voidaan parhaiten hyödyntää niin, että laskusta saadaan mahdollisimman tarkoituksenmukaista ja toimivaa. (Suomen hiihdonopettajat ry 2010, 5.)

Massan keskipistettä kutsutaan painopisteeksi, jonka paikka vaihtelee vartalon asennosta riippuen. Tasapainoisessa perusasennossa laskijan painopiste sijaitsee lannenikamien korkeudella, navan seudulla lähellä selkärankaa. Laskijan viedessä käsiä eteenpäin painopiste siirtyy myös eteenpäin suksien kärkien suuntaan. Painopisteen kompensoinnilla tarkoitetaan, että painopisteen siirtyminen estetään liikuttamalla jostain vartalon osaa vastakkaiseen suuntaan. Laskijan painautuessa kyykkyyntä sekä lantion pudotessa taakse ja alas voi laskija kompensoida painopisteen siirtymistä taaksepäin viemällä ylävartaloa eteen. Kaikki laskijaan vaikuttavat voimat kulkevat painopisteen läpi. Voimien suunnan ja suuruuden muuttuessa laskijan tulee olla valmis siirtämään painopistettä niin, että tasapainoinen laskuasento säilyy. (Suomen hiihdonopettajat ry 2010, 5.) Painovoiman vaikutusta hillitsevät ilmanvastus, rinteiden jyrkkyys, suksien ja lumen välinen kitka ja laskijan kääntävät ja jarruttavat voimat (Peltonen 2010, 4).

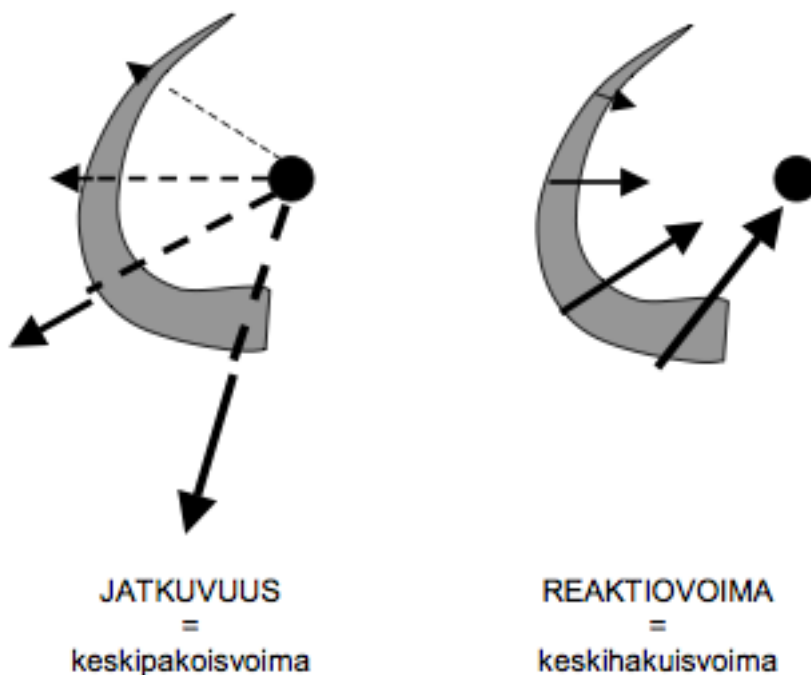
Alppihiihdossa suksien rajaama alue muodostaa tukipinnan eli tukipinta-alan. Laskiessa tukipinta-alaan vaikuttaa laskuasennon leveyden lisäksi sauvojen antama tuki. Laskijan kannalta olennaista on tukipinta-alan ja painopisteen välinen suhde, koska tukipinta-alan ja painopisteen keskinäinen sijainti vaikuttaa laskijan tasapainoon. Tukipiste on se kohta, jolla laskija ottaa tukea rinteeseen. Tukipiste voi olla esimerkiksi ulkosuksen kantti. (Suomen hiihdonopettajat ry 2010, 5.)

Yleisesti tarkasteltaessa voimat voivat muuttaa kappaleen muotoa, vaikuttaa kappaleen liikenopeuteen, laittaa paikallaan olevan kappaleen liikkeelle tai pysäyttää liikkuvan kappaleen. Voimat mahdollistavat myös kappaleen kulkusuunnan muuttumisen, kääntymisen ja pyörimisliikkeen. Alppihiihtäjään kohdistuu laskun aikana monia erilaisia voimia. Voimat voidaan luokitella sisäisiksi ja ulkoisiksi voimiksi. Sisäiset voimat ovat laskijan itse tuottamia ja ulkoiset voimat ympäristöstä johtuvia voimia. Painovoima on merkittävin alppihiihtäjään vaikuttavista voimista. Muita voimia ovat muun muassa suksien ja lumen välinen kitka, ilmanvastus ja laskijan tuottama lihastyö. (Suomen hiihdonopettajat ry 2010, 5–6.)

Jatkuvuudella tarkoitetaan voimaa, joka pyrkii pitämään kappaleen aseman entisellään (Peltonen 2010, 4). Kyseistä voimaa voidaan kutsua myös keskipakoisvoimaksi (Suomen hiihdonopettajat ry 2010, 9). Alppihiihdossa jatkuvuus yrittää pitää laskijan liikkeessä, vaikka laskija hidastaa nopeuttaan. Kääntymisen aikana jatkuvuus puolestaan pyrkii säilyttämään laskijan kulkusuunnan entisellään. Jatkuvuus siis ilmenee muutosta vastustavana voimana nopeuden tai kulkusuunnan suhteen. Laskijan oman voiman avulla liikkeen nopeutta tai suuntaa voidaan kuitenkin muuttaa jatkuvuutta vastaan. (Peltonen 2010, 4.) Jatkuvuuden vaikutus voimistuu käännöksen lopussa, jolloin laskija joutuu vastustamaan jatkuvuuden voimaa paitsi aktiivisella lihastyöllä myös kanttauksen tehostamisella ja keskipistettä kohti nojaamisella. (Suomen hiihdonopettajat ry 2010, 9.)

Laskijan täytyy tuottaa reaktio eli keskihakuisvoimaa kyetäkseen kumoamaan jatkuvuuden vaikutuksen ja muuttaakseen laskusuuntaansa käännöksen aikana. Reaktio- eli keskihakuisvoimaa tuottaessaan laskijan on suunnattava voima käännöksen keskipistettä kohti. Reaktivoima syntyy, kun laskija painaa kantattuja suksia lumen pintaa vasten, jolloin lumen vastus tuottaa vastavoiman juuri oikeassa suunnassa ja kulmassa kulkusuuntaan nähden. Laskijan vapauttaessa suksien kautta tuotetun reaktivoiman

keskipakoisvoiman vaikutus alkaa uudelleen, jolloin liikkeen jatkuvuus saa laskijan jälleen liikkumaan suoraa linjaa. (Peltonen 2010, 6.) Kuvassa 3 on kuvattu jatkuvuus ja reaktiovoima käännöksen aikana.



Kuva 3. Jatkuvuus ja reaktiovoima käännöksen aikana (Peltonen 2010, 6)

#### 5.4.1 Nykyaikainen laskutekniikka

Ensimmäiset karvingsukset valmistettiin Atomicin toimesta vuonna 1984 (Hurskainen 2008). Kilpailukäyttöön tiimalasimaiset karvingsukset tulivat vasta kaudella 1999/2000. Karvingsuksien myöhäiseen kilpailukäyttöön oton syynä oli muun muassa suksien materiaalien heikkous, jonka vuoksi kiertojäykkyyttä ei saatu riittävän hyväksi. (Lesnik & Zvan 2007, 40.) Tuosta hetkestä eteenpäin alppihiihdon laskutekniikka on kokenut suuria muutoksia. Nykyaikaiset karvingsukset ovat selkeästi lyhyemmät, profiililtaan tiimalasimaiset ja jäykemmät verrattuna edeltäjiinsä. Lisäksi siteiden alla olevat korokepalat kohottavat laskijan pystyasennon korkeutta 1–2 cm:llä. (Müller & Schwameder 2003, 679–680.) Pääperiaatteena nykyaikaisessa laskutekniikassa on säilyttää vauhti kaikissa käännöksen vaiheissa ilman merkittävää nopeuden hidastumista (Lesnik & Zvan 2003, 193).

Gurshman (2005) on tarkastellut huippualppihiihtäjien pujottelun ja suurpujottelun laskutekniikkaa ja todennut niissä paljon samankaltaisuuksia. Voidaan puhua kansainvälisestä modernista laskutekniikasta, sillä kaikilla eliittitason laskijoilla havaitaan samanlaisia ilmiöitä laskemisen aikana. Voidaan todeta, että urheilijoiden suorituskyky sekä vaistomaiset reaktiot erilaisiin häiriötekijöihin ja muuttuviin olosuhteisiin ovat enemmän taidetta, vaikka tieteen avulla on mahdollista selvittää, kuinka lasketaan nopeammin (Brodie, Walmsley & Page 2009, 173).

On yleisesti tiedossa, että kisaratojen vaihtuvat olosuhteet vaikuttavat kilpailijoiden laskusuoritukseen. Kilpailujen säännöistä vastaava taho on vaikuttanut tähän muun muassa kääntämällä toisen laskukierroksen laskujärjestyksen käänteiseksi eli ensimmäisen kierroksen nopein laskee toisen kierroksen viimeisenä. Muutosten pyrkimyksenä on ollut tehdä kilpailusta jännittävämpää ja tasapuolisempaa kaikille osallistujille. (Supej, Nemeč & Kugovnik 2005, 151.) Viidelle Slovenian Ski Teamin jäsenelle tehdyssä pujotteluradalla toteutetussa tutkimuksessa todettiin, että tasavertaisten laskuolosuhteiden varmistaminen kaikille laskijoille on lähes mahdoton tehtävä. Tutkimuksessa laskijat suorittivat kolme laskua samalla radalla ja kyseisistä laskuista tutkijat tarkastelivat sellaisia kinemaattisia parametreja, kuin laskijan painopiste, suksien nopeuden aritmeettinen keskiarvo, painopisteen kulkema matka, suksien kulkeman radan aritmeettinen keskiarvo, horisontaalinen ja vertikaalinen piste käännöksen aloituksessa ja käännöksen lopetuksessa sekä aika, joka kului yhden käännöksen toteuttamiseen. (Supej ym. 2005, 151.) Jatkuvasti muuttuvista olosuhteista johtuen jokaisen laskun jälkeen syntyi keskiarvallisesti 0,01 sekunnin ajallinen ero tarkasteltavan käännöksen osalta. Laskennallisesti ja teoreettisesti tämä johtaisi noin puolen sekunnin tappioon kokonaisella pujotteluradalla. Lisäksi tutkimuksessa laskijan painopisteen ja suksien kulkeman radan aritmeettinen keskiarvo kasvoi keskiarvallisesti noin 13 senttimetriä aina yhden laskun jälkeen. Käytännössä tämä tarkoittaisi sitä, että ensimmäisenä ja neljäntenätoista laskevan laskijan laskulinjan välinen ero olisi yli metrin. Tätä tutkimusta voidaan pitää viitteellisenä, sillä olosuhteet vaihtelivat tutkimuksen aikana enemmän kuin normaalien kisan aikana ja tutkijat esittävätkin, että vastaavia muutoksia tapahtuu yleensä vain yhdellä tai muutamalla kisaradan laskusuudella. (Supej ym. 2005, 155–156.)

#### 5.4.2 Laskuasento ja dynaaminen tasapaino

Alppihiihtäjän perusasento laskun aikana on ensisijainen vaatimus nopealle ja luotettavalle laskutekniikalle muuttuvissa olosuhteissa. Perusasentoa voidaan kuvailla vartalon asennoksi, joka sallii liikkeet jokaisessa liikesuunnassa ja mahdollistaa vartalon lihasjännityksen ylläpitämisen sekä suksipaineen säätelyn muuttuvissa olosuhteissa. Perusasento on myös erittäin tärkeä dynaamisen tasapainon näkökulmasta. (Thoma ym. 2011.) Laskijan perusasennolle on myös aerodynaamisia perusteita, josta Brownlie, Larose, D'auteuil, Allinger, Meinert, Kristofic, Dugas, Boyd ja Stephens (2010) tekivät viisi vuotta kestävästä tutkimuksesta, jonka aikana he selvittivät laskupuvun vaikutusta ilmanvastukseen sekä laskuasennon merkitystä ilmanvastuksen kannalta. Mittaukset suoritettiin kontrolloiduissa olosuhteissa ilmatunnelisimulaattorilla 100 kilometrin tuntivauhdissa. Tutkimuksessa selvisi, että mitä enemmän laskija poikkeaa matalasta eteen taipuneesta sulkeutuneesta laskuasennosta, sitä suurempi on ilman aiheuttama vastus. Tämä tulee esille esimerkiksi hypyn aikana, jolloin ilmanvastus nousee jopa 41 %:a. Ilmanvastuksen nousun aiheuttaa laskuasennon muuttuminen; ennen hyppyä optimaalisessa laskuasennossa kädet ovat vartalon edessä ja keskellä kun hypätessä kädet avautuvat enemmän sivuille ja vartalo kohoaa ylös pois optimaalisesta laskuasennosta. Tämän vuoksi laskijoita valmennetaan pitämään kädet lähellä vartaloa myös hypyn aikana. (Brownlie ym. 2010, 2375.)



Kuva 4. Laskijan vartalon asento pituussuunnassa (Thoma ym. 2011)

Laskijan perusasento voidaan jakaa osatekijöihin, jotka ovat vartalon asento pysty-, pituus- (kuva 4) ja sivuttaissuunnassa (kuva 5) sekä vartalon akselien asento (kuva 6). Pystysuuntaisella asennon mukauttamisella laskija säätelee asennon korkeutta suhteessa rinteeseen mahdollistaen vartalon lihasjännityksen sekä halutun lumikontaktin ylläpitämisen muuttuvissa olosuhteissa. Hyvä asennon pystysuuntainen mukauttaminen auttaa laskijaa vaihtelevissa rinneolosuhteissa, erilaisissa käänöksissä ja erilaisissa käänösten vaihdoissa. Perusasentoon vaikuttaa merkittävästi vartalon akselien asento. (Thoma ym. 2011.) Voidaan todeta, että kaikki ihmiskehon toiminnot ja liikuminen tapahtuvat liikeketjuna, josta käytetään nimikettä kineettinen ketju. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että yhdessä nivelessä tapahtuvan liikkeen vaikutus siirtyy läpi koko kineettisen ketjun. (Saarikoski, Stolt & Liukkonen 2010.) Alppihiihdon kannalta tärkeitä kineettisen ketjun osa-alueita pystyakseliin nähden ovat jalkaterien linjat, polvilinjat, lantiolinjat ja hartialinjat. Pystysuuntaisen akselin eli pituussuuntaisen asennon stabiili ylläpitäminen vaatii hyviä fyysisiä ominaisuuksia. Laskusuoritukseen liittyvän suorituskyvyn kannalta on epäedullista, mikäli jossain kineettisen ketjun osa-alueella tapahtuu epäedullista passiivista joustamista. Tämä huonontaa dynaamista tasapainoa ja kehon lihasjännitystä, joka välittömästi johtaa suksipaineen vähenemiseen ja heikentää laskijan mahdollisuutta kiihdyttää vauhtiaan. Yksinkertaisesti voidaan to-



deta, että stabiili kineettinen ketju on yhtä kuin dynaaminen tasapaino. Lisäksi nopealle laskijalle on tyypillistä, että hän ylläpitää tasapainoaan aktiivisella jalkatyöllä hyödyntäen kineettistä ketjua. Mikäli tasapainoa ylläpidettäisiin vain ylävartalon turvin, johtaisi se verrattain staattiseen tasapainoon. (Thoma ym. 2011.) Lisäksi laskeminen nykyaikaisilla karvingsuksilla vaatii laskijalta parempaa sagittaalitason tasapainoa sekä kehittyneempää suksen kantilla tapahtuvaa ohjausta samanaikaisen tasapainon säilyttämisen kanssa (Müller & Schwameder 2003, 684).



Kuva 5. Laskijan vartalon asento sivuttaissuunnassa (Thoma ym. 2011)



Kuva 6. Laskijan vartalon akselien asento (Thoma ym. 2011)

Mejovsek, Kasovic ja Cigrovski (2010) tutkivat alaraajojen lihasväsymyksen merkitystä dynaamiseen tasapainoon ja proprioseptiiviseen herkkyyteen. He tulivat tutkimuksessaan johtopäätökseen, jonka mukaan alaraajojen lihasväsymyksellä oli selvää tilastollista merkitsevyyttä polven proprioseptiiviseen herkkyyteen ja motoriseen kontrolliin niitä heikentävästi (Mejovsek, Kasovic & Cigrovski 2010, 139). Monojen merkitystä dynaamiseen tasapainoon on tutkittu useiden tutkijoiden toimesta. Jäykkärakenteiseksi suunnitellut monot helpottavat vartalon voimien siirtymistä suksiin, mutta samalla lisäävät haastetta tasapainon ylläpitämiseen (Mildner, Lemberg & Raschner 2010). EMG mittausta hyödyntämällä on kyetty todentamaan, että keho pystyy kompensoimaan monojen aiheuttamaa nilkkojen ”lukittumista” muuttamalla tasapainoa ylläpitäviä toimintastrategioita uudelleen järjestetyn lihaskoordinaation avulla. Laskijalla on siis mahdollisuus hyödyntää monojen antamaa lisätukea muuntamalla lihaskoordinaatiota säilyttääkseen tasapainon kontrollin muuttuvissa olosuhteissa. (Noe, Amarantini & Paillard 2007, 1.)

Mildner, Raschner, Lemberg, Patterson ja Märzendorfer (2007) tuovat Stamsin hiihtolukiolaisille tehdyn tutkimuksen johtopäätöksissä esiin, että yhtenäistä strategiaa kompensoida nilkkojen vähäistä liikettä tasapainon säilyttämiseksi ei ollut havaittavissa. Heidän havainnoissaan toiset korjasivat nilkkojen vähäistä liikettä polvien kautta ja toiset enemmän lonkkien kautta. Mildner ym. (2007) sekä Noe ja Paillard (2005) tuli-

vat molemmat samaan johtopäätökseen siitä, että laskettelumonoilla on negatiivinen vaikutus tasapainon hallintaan. Eliittitason ja alemman tason laskijoille tehdyssä tutkimuksessa huomattiin, että alemman tason laskijoilla oli parempi seisten ja suurin jaloin toteutettu tasapainon hallinta paljain jaloin verrattuna eliittitason laskijoihin. Tulos on mielenkiintoinen, sillä se on päinvastainen verrattuna aikaisempiin tutkimuksiin eliittitason urheilusta ja tasapainon hallinnasta. Alppihiihdossa lajitason noustessa ylemmäksi tasapainon hallinta heikkenee eivätkä eliittitason laskijat ole parempia tasapainon hallinnan suhteen verrattuna alempaan tasoon. Eliittitason laskijoiden heikkoja tasapainotuloksia on pyritty selittämään sillä, että alppihiihto on niin lajispesifi urheilumuoto, jossa monojen käyttö ylittää yli lähes koko harjoittelukauden ja pitkällä aikavälillä jatkuva monojen käyttö heikentää nilkkastrategian toimintaa. Heikko nilkan asentokontrolli lisää vammautumisen riskiä, joten alppihiihtäjien katsotaan hyötyvän asennonkontrolliin kohdistuvasta harjoittelusta. (Noe & Paillard 2005, 835–836.) Toisaalta taas paremmasta tasapainosta on suoranaista hyötyä esimerkiksi pujottelun aikana, jolloin laskija kohtaa laskun aikana ennalta arvaamattomia tilanteita tasapainonhallinnan suhteen eikä laskija voi hyödyntää nilkkastrategiaa monojen käytöstä johtuen (Malliou, Amoutzas & Theodosiou 2004, Hrysomallis 2011, 228 mukaan). Vaikka tasapainoharjoittelu ei näytä lisäävän lihasten maksimivoimatasoa, sillä saattaa olla vaikutuksia voimantuoton nopeuteen. Tutkimuksessa neljän viikon mittainen tasapainoharjoittelu paransi voimantuoton nopeutta maksimaalisessa isometrisessä kontraktiossa. (Gruber & Gollhofer 2004, Hrysomallis 2011, 230 mukaan.) Voimantuoton nopeuden lisääntyminen voi johtaa räjähtävän voiman lisääntymiseen ja edelleen parempiin tuloksiin motorisissa suorituksissa, kuten maksimaalisessa vertikaalihypyssä (Hrysomallis 2011, 230).

Lajeissa, kuten kivääriammunta, jalkapallo ja golf on eliittitason urheilijoilla todettu olevan parempi tasapainonhallinnan kyky kuin alemman tason urheilijoilla. Alppihiihto kuuluu kuitenkin siihen harvaan urheilulajien joukkoon, yhdessä surffauksen ja judon kanssa, jossa asia onkin käänteinen eli alemman tason urheilijat osoittivat parempaa tasapainonhallinnan kykyä. (Hrysomallis 2011, 221.) Kean, Behm ja Young (2006, 146) esittävät, että parempi yleinen tasapainonhallinta vähentäisi tasapainon ylläpitämiseen kohdistuvaa lihastyövaatimusta, jolloin lihakset voisivat tuottaa enemmän voimaa haluttuun liikkeeseen tai aktiviteettiin. Tasapainoharjoittelu saattaa johtaa selkäydintasolla neuraaliseen adaptaatioon, joka voi vaimentaa eksitoivia spinaalirefleksejä, kuten lihaksista tulevia venytysrefleksejä asennonsäilyttämisen aikana. On

oletettu, että tasapainoharjoittelu edistää liikkeiden kontrollin siirtymistä kortikaalisilta alueilta subkortikaalisille alueille ja pikkuaivoihin. (Taube, Gruber & Gollhofer 2008, Hrysomallis 2011, 230 mukaan.) Lihasten venytysrefleksien inhibitiolla selkäydintäsaamalla saattaa lisätä agonisti-antagonistin kokontraktiota, joka siten lisää nivelen stabiiliteettia eri häiriötekijöitä vastaan ja parantaa tasapainoa (Lloyd 2001, Hrysomallis 2011, 230 mukaan).

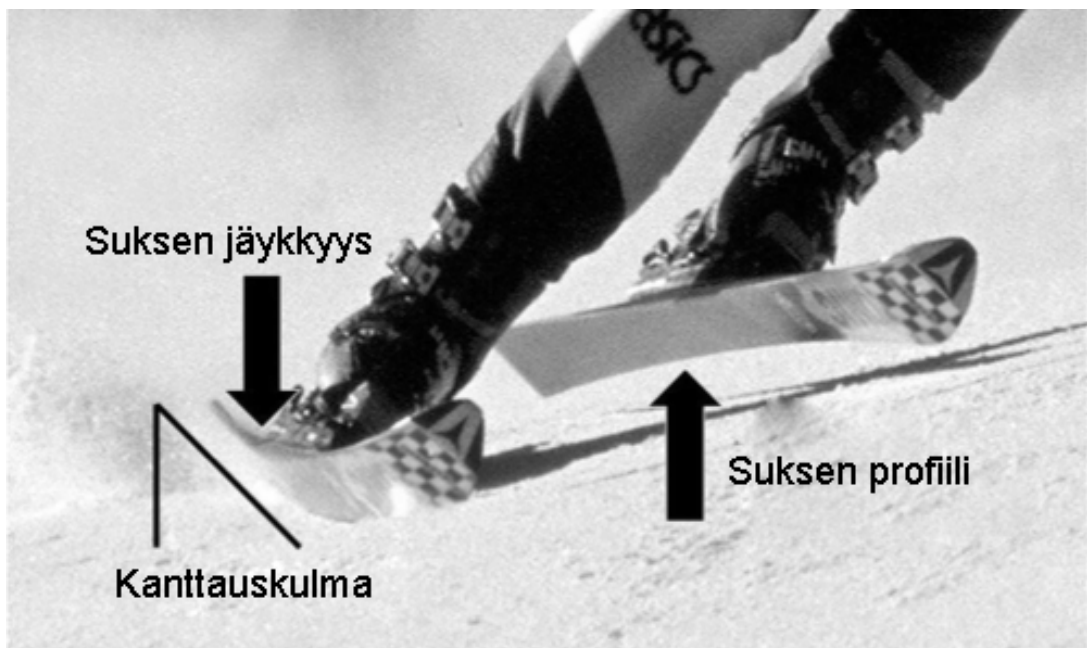
Pujottelun ja suurpujottelun käännökset tehdään yhdensuuntaisin suksin. Missään käännöksen, ratalaskun tai vapaalaskun vaiheessa ei tapahdu merkittävää suksien lähenemistä tai loitontumista. Riippumatta siitä minkä mallisesta käännöksestä on kyse, jalat liikkuvat aina eri suuntiin: sisempi jalka liikkuu ulospäin ja ulompi jalka sisäänpäin. Yhdensuuntaisilla suksilla laskettaessa on todettu olevan selvää vauhdillista hyötyä. Yhdensuuntaiset sukset mahdollistavat sen, että laskija pystyy käännöksen aikana kasvattamaan painetta myös sisäsuksella. Tämä eliminoi ulkosuksen sisäkantin liiallisen lukkiutumisen, jolla on suuri positiivinen vaikutus laskuvauhtiin. Yhdensuuntaiset sukset, reidet ja sääret mahdollistavat kummankin suksen karvingkäännöksen, joka johtaa ajallisesti nopeampaan laskuun. Pitämällä suksien kärjet lähes samalla tasolla laskijan on helpompi pitää sukset yhdensuuntaisina ja aloittaa karvingkäännös mahdollisimman aikaisessa vaiheessa. Sagittaalitasossa eli sivulta tarkasteltu poikkeavuus johtaa ei-toivottuun vastakiertoön ylävartalosta, joka voi puolestaan johtaa aikaistettuun sisäsuksen kuormitukseen. Tämä taas vaikuttaa sivusuuntaiseen tasapainoon ja vaikeuttaa leikkaavan käännöksen suorittamista molemmilla jaloilla. (Gurshman 2005.)

#### 5.4.3 Käännöksen vaiheet

Alppihiihdossa käännös on hyvin monimutkainen tapahtuma, jonka seurauksena laskun suunta vaihtuu määrääjain oikea- ja vasenvoittoiseksi. Käännösten frekvenssi ja kokonaiskesto, käännöksen säde ja liikkeen nopeus suhteessa ulkopuolisiin tekijöihin (esimerkiksi laskettavan pinnan muoto ja rinteiden kaltevuus) ovat muuttujia, joilla on huomattava vaikutus lopputulokseen käännöstä suoritettaessa. (Vaverka & Vodickova 2010, 130.) Koska laskun käännösvaiheet ovat kestoiltaan liukuaikaa pidempiä, on asianmukaisella karvingkäännöksen tekniikalla ratkaiseva rooli alppihiihdossa (Keränen, Ihalainen, Hyny & Salo 2010, 62). Kosken ja Kagemoton (2007, 130) tutkimuk-

nessä kävi ilmi, että eliittitason laskijat käyttävät käänöksissään karvingtekniikkaa, kun taas keskitason laskijat eivät.

Nykyaikaisessa laskutekniikassa pujottelu- ja suurpujottelukäänökset eivät ole muodoltaan täysin pyöreitä vaan muistuttavat pikemminkin pitkää pilkkua (Gurshman 2005). Karvingkäänöksen säteen suuruuteen vaikuttavia yksittäisiä muuttujia ovat suksen muodon suurempi tiimalasimaisuus, kanttauskulma ja suksen jäykkyys (kuva 7). Mitä suurempi suksen tiimalasimaisuus ja kanttauskulma on, sitä enemmän suksen täytyy joustaa, jotta alustakontakti säilyy koko suksenkantimien matkalta. (Müller & Schwameder 2003, 680.)



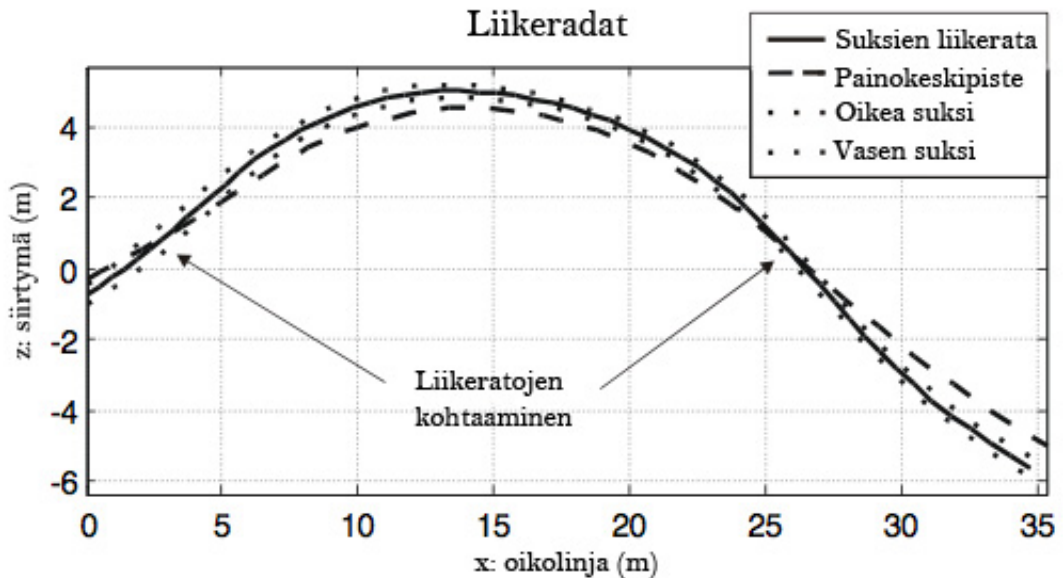
Kuva 7. Käänöksen säteeseen vaikuttavat muuttujat (Müller & Schwameder 2003, 681)

Laskun lopputuloksen kannalta on tärkeää sisäistää ajatus siitä, että lasku ei koostu vain sarjasta yksittäisiä käänöksiä, vaan kaikki käänökset liittyvät toisiinsa ja ovat toisistaan riippuvaisia. Karkeasti jaoteltuna yhdessä alppihiihdon karvingkäänöksessä voidaan eritellä kolme eri vaihetta: käänöksen alkuvaihe, oikolinja ja käänöksen loppuvaihe. (Thoma ym. 2011.) Karvingkäänöksen alkuvaihetta voidaan kutsua ensimmäiseksi ohjausvaiheeksi, jolloin laskija alkaa kuormittaa sisä- ja ulkosukseaan lähes yhtä tasaisesti (Müller & Schwameder 2003, 683). Uudelle laskutekniikalle on erittäin tyypillistä, että merkittävin osa laskun suunnanmuutoksesta tehdään jo ennen oikolinjaan tuloa. Aikainen käänöksen aloitus mahdollistaa sen, että laskija on tuot-

tanut 70 % käännöksestä jo ennen portille tuloa ja näin pystyy kiihdyttämään vauhtiin poistuessaan oikolinjasta. Jotta aikainen käännöksen aloitus olisi mahdollista, laskijan on vietävä sukset kantilleen jo aikaisessa vaiheessa. Aikainen suksien kanttaus mahdollistuu oikea-aikaisella käännöksen vaihdolla yhdistettynä ulkojalan ojennukseen sekä koko vartalon käännöksen puoleen suuntautuvaan inkliinaatioon eli sivukalistukseen. (Gurshman 2005.) Toisessa ohjausvaiheessa ulomman jalan suksen kuormitus lisääntyy merkittävästi laskijan saapuessa oikolinjaan. Kuormitushuippu puolestaan saavutetaan, kun laskija poistuu oikolinjasta. Toinen ohjausvaihe on verrattain lyhyt ja sitä seuraa nopeasti initiaatiovaihe eli käännöksen liuku- ja vaihtovaihe. (Müller & Schwameder 2003, 681, 683.) Perustuen dynamometriseen reaktiivoimatallennukseen, yksittäisen käännöksen ajallinen jakautuminen initiaatiovaiheen ja ohjausvaiheen välillä on  $37 \pm 7 \%$  suhteessa  $63 \pm 7 \%$  (Sona & Frantisek 2007, 113). Vodicova ja Vaverka (2009, 540) pääsivät tutkimuksessaan vastaaviin lukemiin yksittäisen käännöksen ajallisen jakautumisen suhteen, initiaatiovaihe  $37,36 \pm 6,80 \%$  ja ohjausvaihe  $62,64 \pm 6,80 \%$ . Berg & Eiken (1999, 3) raportoivat yhden liikesyklin eli kahden peräkkäisen käännöksen kestävän keskimäärin super-g:ssä 4,1 s, suurpujottelussa  $3,5 \pm 0,6$  s ja pujottelussa  $1,6 \pm 0,12$  s. Aivan tuoreessa tutkimuksessa (Keränen ym. 2011) koehenkilönä oli 10 suomalaista eliittitason miespuolista suurpujottelijaa. Käännöksen kestoksi mitattiin  $1,29 \pm 0,15$  sekuntia, mikä on noin 0,5 sekuntia pidempi kuin 2006–2008 samojen tutkijoiden tekemissä pujottelumittauksissa.

Karvingkäännöksen loppuvaiheessa, kun laskija on poistunut oikolinjasta ja vapauttanut suksipaineensa, alkaa initiaatiovaihe, jolloin laskija kohottautuu ylöspäin keventäen kuormitusta ensin ulko- ja sitten sisäsukselta valmistautuen uuteen käännökseen (Müller & Schwameder 2003, 683). Nykyaikaisessa laskutekniikassa käytetään kahta tapaa siirtää massan keskipiste käännöksen puolelta toiselle. ”Crossover” -tekniikassa massan keskipiste kulkee suksien yli toiselle puolelle, kun taas ”crossunder” -tekniikassa sukset kulkevat massan keskipisteen ali. Käytännössä hyvin usein voidaan todeta, että edellä mainitut tekniikat toteutuvat yhteistyössä keskenään tuottaen yhdenaikaisen massan keskipisteen siirtymisen sekä sivulle että eteenpäin. Molemmissa käännöksen vaihtotekniikoissa kuormitetaan suksea koko sen pituudelta. Käännöksen alussa painetta viedään päkiälle ja suksen kärjelle. Käännöksen loppuvaiheessa paine siirtyy enemmän suksen kannalle. Käännöksen vaihtotekniikat mahdollistavat nopean suksien siirron käännöksestä toiseen sekä auttavat paineen siirtämisessä suksen kannalta takaisin suksen kärkeen ja täten edesauttavat aikaisen käännöksen aloituksessa.

(Gurshman 2005.) Supej, Kugovnik & Nemek (2003, 14) mukaan edellisen ja seuraavan käännöksen välissä on tyypillistä, että painokeskipisteen kulkema linja ylittää suksien kulkeman linjan ja siirtyy uuden käännöksen puolelle. Näiden kahden muuttujan välisen kulkulinjan yhdistäminen helpottaa arvioitaessa käännöksen loppua ja alkua (kuva 8).



Kuva 8. Kehon painopisteen liikeradan ja suksien liikeradan kohtaaminen (Supej ym. 2003,14)

Suurpujottelussa käytetään molempia edellä mainittuja käännöksen vaihtotekniikoita: ”crossoveria” radan jyrkillä ja ”crossunderia” loivemmilla rataosuuksilla. Pujottelussa käännöksen vaihdot keskittyvät ”crossunder” -tekniikkaan, johon usein yhdistyy alaskevennys. Alaskevennysliikettä käytetään hyväksi sekä pujottelussa että suurpujottelussa, kun käännös tehdään ”crossunder” -tekniikalla. Alaskevennyksen aikana laskija keventää suksiensa kontaktia lumen pintaan tekemällä melko nopean alavartalon koukistusliikkeen, jota seuraa alavartalon ojennusliike juuri ennen käännöksen aloitusta. Alaskevennys yhdistettynä ”crossunder” käännöksen vaihtotekniikkaan toimii erityisen hyvin laskun keskijyrkillä osuuksilla. Tekniikka mahdollistaa nopean aikaisen käännöksen aloituksen sekä karvingkäännöksen. (Gurshman 2005.)

Keränen, Valleala, Leskinen, Lindén, Hannola, Kanala & Laakso (2006, 2, 13) tutkivat eroja nopean ja hitaan karvingkäännöksen välillä eliittitason alppihihtäjien keskuudessa Levin maailmancupin miesten pujottelukilpailussa vuonna 2006. Analysoin-

nissa käytettiin laskijoiden kahden peräkkäisen käännöksen videotallenteita ja laskijoista valittiin kymmenen hitainta ja kymmenen nopeinta ja heille toteutettiin 3D liikeanalyysi. Tutkimuksen mukaan nopeamman ryhmän laskijat olivat vauhdikkaampia jo mittausalueelle tultaessa,  $12,48 \pm 0,39$  m/s vs  $11,48 \pm 0,65$  m/s. Nopeamman ryhmän kulkema matka porttivälissä oli myös verrattain lyhyempi,  $11,86 \pm 0,11$  m vs  $12,22 \pm 0,32$  m. Vaikka sukset kiertävät laskuportin, kulkee laskijan painopiste kepin yli ja näin tapahtui erityisesti nopeimpien laskijoiden keskuudessa. Vertailtavat ryhmät aloittivat käännöksen alemmalle portille yhtä kaukaa, nopeat  $5,39 \pm 0,43$  m vs hitaat  $5,18 \pm 0,48$  m. Huomattavaa oli kuitenkin se, että nopeamman ryhmän laskijoiden aktiivinen ohjausvaihe alkoi kauempaa,  $2,38 \pm 0,64$  m vs  $1,51 \pm 0,60$  m. Tutkimuksessa todettiin, että hitaamman ryhmän keskuudessa kierrettävän kepin kaatumissuunta oli alaviistoon tai jopa menosuuntaan nähden poikittain, kun taas nopeamman ryhmän joukossa kierrettävän kepin kaatumissuunta oli eteenpäin kohti seuraavaa laskuporttia.

#### 5.4.4 Käännösvoimat

Eliittitasonlaskijoilla ulko- ja sisäsuksen välinen painonjakautuminen pujottelussa on noin 80/20, kun suurpujottelussa vastaava luku on 70/30. Tämä suhde kuitenkin muuttuu käännöksen eri vaiheissa, sillä ennen oikolinjaan tuloa ulkosukseen kohdistuva paine voi olla jopa 90 %. Laskijan saapuessa oikolinjaan sisäsuksen kohdistuva paine kasvaa ja tasapainottavan tehtävän lisäksi sisäsuksi osallistuu karvingkäännöksen tekemiseen. Oikolinjasta poistuttaessa ulko- ja sisäsuksen välinen suhde on jo 60/40. Tasaisemmilla laskuosuuksilla tuo suhde voi olla jopa 50/50. Sisäsuksen kohdistetusta paineesta on nopeudellista hyötyä vain silloin, kun sukset pidetään yhdensuuntaisina koko käännöksen ajan. (Gurshman 2005.)

Rao, Berton, Amarantini ja Favier (2004, 382) tekivät kinemaattista ja dynaamista analyysia eliittitason alppihiihtäjille. Tutkimuksessa havaittiin ulomman ja sisemmän suksen kuormitusten olevan lähes yhdenmukaiset: sukset tuottavat synkronisen ja identtisen absoluuttisen maksimivoiman käännösliikkeen aikana. Gurshman (2005) toteaa suksien kuormittamisen ennen oikolinjaa ja oikolinjassa mahdollistavan sen, että laskija kykenee ylläpitämään laskuvauhtiaan ja jopa kiihdyttämään sitä tullessaan ulos käännöksestä. Näin suoritetusta suksien kuormittamisesta on enemmän merkittävää hyötyä suurpujottelussa, mutta myös pujottelussa siitä on ajallista apua. Eliittilaskijoille on tyypillistä, että he vapauttavat suksiin kohdistuvan paineen laskiessaan ulos oi-



kolinjasta. He saavat kiihdytettyä laskuvauhtiaan nopeilla käännöksen vaihdoilla, aikaisella käännöksen aloituksella sekä ennen oikolinjaa ja oikolinjassa tuotettujen reaktiivoimien oikea-aikaisella vapauttamisella.

Laskuksissa tapahtuneet muutokset ja erityisesti suksien kiertojäykkyyden lisääntyminen ovat johtaneet kasvaneisiin laskuvauhteihin ja sitä kautta suurentuneisiin käännösvoimiin (Lesnik & Zvan 2007, 40). Kirjallisuudessa esitetyt käännösvoimat on koottu taulukkoon 5. Ulkojalkaan kohdistuvat käännöksen aikaiset voimat saavuttavat huippunsa eli noin 180 % toisessa ohjausvaiheessa, kun laskija poistuu oikolinjasta (Müller & Schwameder 2003, 681). Keränen ym. (2011, 6) toteavat viimeisimmässä tutkimuksessaan ulkosukseen kohdistuvan keskimäärin noin 1,25 kertaisen laskijan kehon massan sekä pujottelu- että suurpujottelukäännöksen aikana. Müller, Benko, Raschner ja Schwameder (2000, 219) puolestaan raportoivat ulko- ja sisäjalkaan kohdistuvan hetkellisen maksimivoiman olevan pujottelukäännöksen aikana noin 2,5 kertaa laskijan kehon massa ja sisäjalkaan kohdistuvan kuorman noin 1,5 kertaa kehon massa. Pujottelua tarkastelivat myös Reid, Gilgien, Haugen, Kipp ja Smith (2010, 87) ja saivat maksimaaliseksi reaktiivomaksi 3000 N maksimivoiman ollessa jopa 3,5-kertainen kehon massaan nähden.

Keräsen, Vallealan ja Lindénin (2007) tekemän karvingkäännöksen reaktiivoimia ja painekeskipesteen kulkemista koskevan tutkimuksen mukaan ulkosuksen puoleiseen jalkaan kohdistuvat maksimaaliset reaktiivoimat olivat laskijaa kohden  $1322 \pm 157$  N,  $1386 \pm 174$  N ja  $1677 \pm 216$  N ja vastaavat arvot sisäsuksen puoleiseen jalkaan kohdistuen olivat  $987 \pm 186$  N,  $989 \pm 225$  N ja  $1248 \pm 224$  N. Maksimaalisten reaktiivoimien ajallinen kesto sekä ulko- että sisäjalassa vaihteli välillä  $0,39 \pm 0,16$  s –  $0,46 \pm 0,16$  s. Mittaukset suoritettiin kolmella Suomen maajoukkue-tason mieslaskijalla ja mittaus tapahtui laskumonoihin asennettavien painepohjallisten avulla. (Keränen, Valleala & Lindén 2007.) Laskija tuottaa noin 1000 N huippuvoiman ulkosukseen, mutta ulkojalkaan kohdistuvien muutaman millisekunnin kestoisten voimapiikkien seurauksena maksimaalinen mittatulos voi olla jopa 2200 N, joten hetkellinen iskevä voimanmuutos voi olla jopa kaksinkertainen verrattuna laskijan tietoiseen käännöksen voimantuottoon. Nämä suurimmat voimapiikit ovat kuitenkin kestoiltaan niin lyhyitä, että voidaan puhua värinästä. Lyhyestä kestoista johtuen yksittäisellä voimapiikillä ei ole vaikutusta suorituskykyyn. Kuitenkin on näyttöä siitä, että korkealle sijoittuvilla

laskijoilla on vähemmän värinän voimapiikkejä kuin huonommin menestyvillä. (Keränen ym. 2011, 7.)

Pozzo, Consuelo, Casasola, Grazzina, Rejc, Cotelli ja Canclini (2005) saivat tutkimuksessaan, joka kohdentui kuivaharjoittelulaitteen kehittämiseen, suurpujottelunkäännöksen aikana tuotetuiksi voimiksi ulkojalan osalta 1400 N ja sisäjalan osalta 500 N. Saksalaisen tutkimusryhmän tekemässä tutkimuksessa, jossa pyrittiin arvioimaan pujotteluun ja suurpujotteluun soveltuvan kuivaharjoittelulaitteen yhtenevyyttä keskijyrkällä tehtyihin erisäteisiin karvingkäännöksiin, ulkojalkaan kohdistuvat käännösvoimat vaihtelivat välillä 1034–1520 N. Keskimääräiset voimat olivat välillä 351–1022 N ja molempiin jalkoihin kohdistuneet yhteenlasketut voimat 2117–2336 N. (Spitzenpfeil, Niessen, Rienaecher & Hartmann 2005, 208.) Syöksylaskua GPS tekniikalla ja painepohjallisilla analyysoivassa tutkimuksessa ulkojalkaan kohdistuvien reaktiivoimien osalta päästiin jopa 4500 N suuruisiin voimiin keskiarvon ollessa 2500 N ja sisäjalkaan kohdistuvan voiman ollessa maksimissaan 2900 N (Ducret, Ribot, Vargiolu, Lawrence & Midol 2005, 63).

Kanttauskulmien ja reaktiivoimien suoraa mittausmenetelmää kehittävässä tutkimuksessa entinen Saksan maajoukkuelaskija laski karvingkäännöksiä sisältävän vapaalaskun. Rinteen jyrkällä osuudella, kallistuskulman ollessa 21°, ulkosukseen kohdistuvat reaktiivoimat vaihtelivat välillä 2000–2300 N. Rinteen loivemmalla osuudella, kallistuskulma 13°, ulkosukseen tuotetut reaktiivoimat olivat pienempiä: 1700–1950 N. Sisäsuksen osalta reaktiivoimat, erityisesti ohjauksen ensimmäisessä vaiheessa, olivat pienempiä rinteen loivemmalla osuudella verrattuna jyrkempään laskuosuuteen. Ohjauksen toisessa vaiheessa sisäsuksen tuotetut reaktiivoimat vaihtelivat rinteen jyrkyydestä ja kanttauskulmasta riippuen 50–1050 N. (Krueger, Edelman-Nusser, Spitzenpfeil, Huber, Waibel & Witte 2006, 3–4.)

Eri laskutekniikoiden vaikutuksia käännöksen aikaisiin voimiin on selvitetty slovenialaisten tutkijoiden toimesta. Pujottelun eri laskutekniikoita vertailevassa tutkimuksessa todetaan, että laskijan käyttämällä laskutekniikalla ja siihen liittyvillä liikkeillä on merkitystä laskijaan vaikuttaviin voimiin. Vanhemmalla niin kutsutulla ”double movement” -tekniikalla suoritettussa käännöksessä reaktiivoiman ajallinen voimakäyrä on verrattain matala ja pitkä. Korkein ajallinen kesto voimakäyrällä sijoittuu kyseisellä tekniikalla välille 600–1500 N, mutta huomattavaa on korkeampien voimien melko

suuri esiintyvyys. Reaktivoimat voivat saavuttaa niinkin suuria arvoja kuin 2700 N, joka vastaa noin nelinkertaista laskijan kehon massaa ja jopa 11 % käännöksen ajasta laskijaan vaikuttavat voimat ovat välillä 2100–2400 N. Vertailukohtana olevassa ”single movement” -tekniikassa laskija vähentää häneen kohdistuvia suuria voimia ja reaktivoimakäyrä on paljon kapeampi, mutta toisaalta taas terävämpi kuin ”double movement” -tekniikassa. Laskijaan kohdistuvat voimat ovat noin 1,5 kertaiset hänen omaan massaansa nähden. Huomionarvoinen seikka tekniikoiden välillä on, että ”single movement” -tekniikassa voimat eivät liiku missään vaiheessa lähellä 0 N:ia vaan laskijalla on koko ajan tukeva kontakti alustaan. (Supej, Kugovnik & Nemeč 2004, 206, 210.)

Keräsen ym. (2009) mukaan suurpujottelussa loivilla rinneosuuksilla ulkosuksen voimantuotto on hallitsevaa. Käännöksen aloituksessa paine haetaan ulkosuksen puoleisen jalkaterän lateraalisivulle, jonka seurauksena voima kasvaa jyrkästi. Todennäköisesti suurin voimantuotto ajoittuu oikolinjaan. Federolf (2005, 37) on samaa mieltä todetessaan, että suurin käännöksen aikainen kuormitus (1400 N) kohdistuu ulkosukseen laskijan poistuessa oikolinjasta, jolloin keskipakovoima ja painovoiman rinteeseen suuntainen komponentti vaikuttavat yhdessä. Keränen, Ihalainen, Österlund ja Nilsä (2009) jatkaa, että jyrkässä rinteessä olosuhteet muuttuvat, jolloin ulkosuksen voimantuotto käännöksen aikana on hallitsevaa ja loivaan rinteeseen verrattuna sisäjalan voimantuotto on suurempaa. Huolimatta suuremmasta nopeudesta eivät jyrkällä tuotetut voimat olleet loivan rinteeseen käännöksen voimia suurempia. ”Voimavajaus” johtunee osaltaan suksiin kohdistuvasta hakkaavasta tärinästä ja toisaalta laskijan omat aktiiviset liikkeet kohtisuoraan suksia vasten ovat vähäisempiä suurpujottelun loivilla laskeosuuksilla verrattuna pujottelukäännöksiin.

Edellä mainittujen seikkojen lisäksi on merkityksellistä, että käännökset jyrkällä ovat usein kestoiltaan pidempiä, joten vaikka laskijan aktiivinen liike olisikin ollut yhtä laaja kuin loivalla, niin hitaammin tehtynä sen tuottama voima jää pienemmäksi. Yhteenvetona voidaan sanoa, että loivan ja jyrkän maaston karvingkäännösten voimantuotot ovat erilaisia suurpujottelussa; loivassa rinteessä käännösvoimat tuotetaan lähes kokonaan ulkojalalla, kun taas jyrkässä rinteessä myös sisäjalka on aktiivisena ja sen aktiivisuus kasvaa käännöksen lopussa. (Keränen ym. 2009.) Tämän tutkimuksen tuloksen mukaan ulkosuksi ei dominoinut niin voimakkaasti kuin esimerkiksi Gurshman (2005) mukaan 70/30 %. Varsinkaan loivassa rinteessä tämä suhde ei toteutunut, kun

taas jyrkällä kriteeri näytti paremmin täyttyvän. Ulkosukseen tuotetut voimat eivät eronneet toisistaan jyrkän ja loivan maaston välillä. Hetkellinen maksimivoima ei kohoja pujottelun maksimivoimia korkeammaksi, joten kun suurpujottelussa voima tuotetaan suuressa nopeudessa keskipakovoimaa vasten ”puristamalla”, niin pujottelun käänösvoimassa korostuu laskijan aktiiviset liikkeet. Tekniikkalajina suurpujottelun karvingkäänöksen voimavaatimukset ja haasteet ovat pitkäkestoisessa kontrolloidussa voimantuotossa. Pitkät lihasaktiivisuudet käänösten aikana johtavat happivelkaan, joka rajoittaa voimantuottoa ja hienomotoriikkaa. (Keränen ym. 2009, Tomazin ym. 2008 mukaan). Myös suksien hakkaavuus pitkäkestoisen suorituksen aikana altistaa koko kehon korkeataajuiseen vibraatioon, joka myös väsyttää hermolihasjärjestelmää heikentäen motorista kontrollia (Mottram ym. 2005, Keränen ym. 2009, 8 mukaan).

Klous, Müller ja Schwameder (2007a) vertailivat polven kuormitusta karving- ja perinteisen käänöksen välillä. Keskimääräiset vertikaaliset polviniveleen kohdistuvat voimat karvingkäänöksessä olivat sisäsuksella 0,5 kertaiset laskijan painoon verrattuna ja ulkosuksella 0,76 kertaiset. Voimat olivat selkeästi korkeampia kuin vastaavat perinteisessä käänöksessä: sisäjalka 0,41 ja ulkojalka 0,48 kertaa laskijan paino. Eteen- ja taaksepäin suuntautuvat sekä sivusuuntaiset voimat ulkojalan puoleisessa polvessa olivat korkeammat karvingkäänöksessä, kun taas sisäjalalla perinteisessä käänöksessä. Voiman momenttia tarkasteltaessa korkeammat keskimääräiset ja huippuvoimat löydettiin perinteisen laskutyylin käänöksestä lukuun ottamatta keskiarvoa ja huippuvoimaa fleksio-ekstensiassa sisemmällä jalalla karvingkäänöksessä. Tutkijoiden mukaan polviniveleen kohdistuvan kuormituksen ei todettu olevan suurempi karvingkäänöksessä verrattuna perinteiseen käänökseen.

Vaverka ja Vodickova (2010, 129–133) tutkivat onko dominoivan alaraajan ja karvingkäänöksen välillä havaittavissa yhteyttä. Suurimmalla osalla väestöstä (jopa 90 %) oikea puoli on dominoiva ja tutkimuksessa verrattiin eroja oikealle ja vasemmalle suuntautuvien käänösten välillä. Tuloksena todettiin ensisijaisesti, että erot oikealle ja vasemmalle suuntautuvien käänösten välillä eivät ole tilastollisesti merkitseviä. Vasemmalle suuntautuvat käänökset, jolloin tutkittavien dominoiva oikea jalka toimi käänöksen ulkojalkana, olivat ajalliselta kestoaltaan pidempiä, aloittamisvaiheeltaan lyhyempiä, ohjausvaiheeltaan pidempiä ja maksimaalisen voiman osalta suurempia verrattuna käänöksiin oikealle. Näiden tulosten pohjalta esitettiin, että dominoivan jalan ollessa käänöksessä ulommaisena laskija käyttää tehokkaammin jarruttavaa

työtä säännöstelläkseen laskun nopeutta. Tutkimuksessa suurin mitattu reaktiovoima oli 2976 N ja keskimääräinen reaktiovoima 2241 N. Vasemmalle suuntautuvien käännösten keskimääräinen reaktiovoima oli 2368 N kun taas oikealle suuntautuvissa käännöksissä 2051 N. Käännöksissä mitatut maksimaaliset reaktiovoimat olivat 2,5–3,5 G:n välillä ja tämä korreloi tutkimuksen mukaan aiemmin esitettyjen tulosten kanssa. Suuren hajonnan epäillään johtuvan laskijoiden painoeroista.

Alppihiihdossa on ollut trendinä lisätä suksen pohjan ja monon pohjan välistä välimatkaa korokepalojen avulla. Korokepaloilla on hyvä vaimennusominaisuus ja erityisesti suurpujottelussa parempi vaimennus mahdollistaa nopeamman suorituksen. Korotuksen uskotaan kuitenkin lisäävän polveen kohdistuvia haittavaikutuksia, koska vipuvarret korotuksen johdosta pitenevät. Tämän vuoksi FIS rajoitti vuonna 1996 korokkeen maksimiksi 5,5 cm. Vertailtaessa eri tulosmuuttujien eroavaisuuksia laskijoiden laskiessa ilman korotusta, yhden senttimetrin ja kahden senttimetrin korotuksilla, kävi ilmi, että suoritus aika oli nopeampi senttimetrin korotuksella ja edelleen nopeampi kahden senttimetrin korotuksella. Päinvastoin voimat olivat pienimmät (1136,5 N) ilman koroketta verrattuna senttimetrin korokkeeseen (1167,7 N) ja kahden senttimetrin korokkeeseen (1173,3 N). Voimamomentti nousi 33,65 N:sta (ilman korotusta) 35,06 N:n (senttimetrin korotus) ja edelleen 36,02 N:n (kahden senttimetrin korotus). (Niessen, Müller & Schwameder 1998.) Suksien siteissä käytettävien korokepalojen lisäksi siteiden sijainnilla on merkitystä suoritukseen ja laskumukavuuteen. Muutokset ovat yksilökeskeisiä, mutta niillä voi olla suuri merkitys suoritukseen ja laskumukavuuden kannalta. Ilmiön takana olevia tekijöitä ei kuitenkaan tunneta tarkasti. On arveltu, että laskutekniikka, lihasvoima, sensorinen palautejärjestelmä ja antropometriset asymmetriat ovat tärkeässä roolissa, kun arvioidaan laskijan suorituskykyä erilaisilla siteiden sijainneilla. (Nigg, Schwameder, Stefanyshyn & von Tschamer 2000, 8.)

Klous, Müller ja Schwameder (2007b, 91–94) vertasivat polvi- ja nilkkanivelen kuormitusta alppihiihdon ja lumilautailun välillä. Tulokset osoittivat, että lumilautailussa jalkojen välinen kuormitus on alppihiihtoa tasaisempaa. Suurimmat keskimääräiset sekä maksimaaliset voimat havaittiin alppihiihdon käännöksessä ulkosuksella. Yhtä lailla suurimmat voimat nilkkanivelen kohdalta löytyivät ulkosukselta alppihiihdossa, kun taas lumilautailussa suurimmat voimat kohdentuvat takimmaiselle laudassa kiinni olevalle jalalle. Alppihiihdossa polviniveleen kohdistuva kuormitus ulommaisella jalalla nousi käännöksen alussa 0,5 kertaisesta kehon painosta yli kolminkertaiseksi

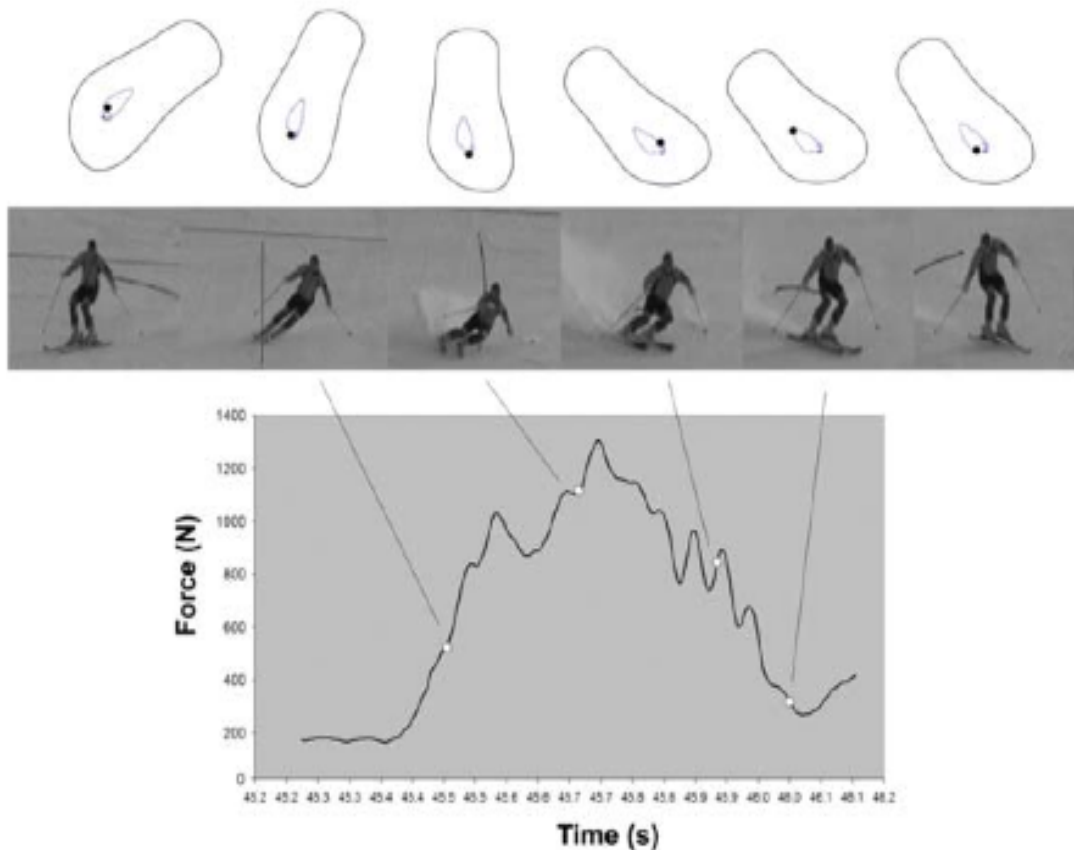
noin 60 %:n kohdalla käännöksestä. Polveen kohdistuvat voimat laskivat jälleen käännöksen loppua kohti saavuttaen 0,3 kertaisen kehon painon. Sisempään jalkaan kohdistuva voima on lähes vakio ja selkeästi matalampi joitakin poikkeuksia lukuun ottamatta. Vastaavasti lumilautailussa polviniveleen kohdistuva kuormitus on molemmilla jaloissa koko käännöksen ajan noin 0,5 kertainen kehon painoon nähden. Myös polviniveleen kulman vaihtelu on paljon suurempaa alppihiihdossa kuin lumilautailussa. Nilkkaniveleen osalta tutkimuksessa saatiin samankaltaisia tuloksia kuin polviniveleen: kuormitus jalkojen välillä on paljon tasaisempaa lumilautailussa kuin alppihiihdossa. Suurimmat voimat havaitaan alppihiihdon käännöksessä ulkojalan nilkkanivelellä, mutta suurin nilkkaniveleen liikkuvuus esiintyy lumilautailussa takimmaisessa jalassa. Selittävänä tekijänä todennäköisimmin välineistön erilaisuus lajien välillä, sillä alppihiihdossa mono ei salli nilkan liikkuvuuden vapaata käyttöä.

Taulukko 5. Ulko- ja sisäsuksen kohdistuvat reaktiovoimat karvingkäännöksen aikana

Lähde	Laskumuoto	Ulkosukseen kohdistuvat reaktiovoimat	Sisäsuksen kohdistuvat reaktiovoimat
Keränen ym. 2011	suurpujottelu	1000 – 1200N, jopa yli 2000N	noin 30 % ulkosuksen vastaavasta
Keränen ym. 2007		1322 ± 157 N 1386 ± 174 N 1677 ± 216 N	987 ± 186 N 989 ± 225 N 1248 ± 224 N
Müller ym. 2000	Pujottelu	2,5 x kehon massa (maksimiarvo)	1,5 x kehon massa (maksimiarvo)
Pozzo ym. 2005	Suurpujottelu	1400 N	500 N
Krueger ym. 2006	Vapaalasku	2000 – 2300 N (jyrkällä) 1700 – 1950 N (loivalla)	50 – 1050 N
Supej ym. 2004	Pujottelu	2050 N, keskiarvo 1,5 x kehon massa (single movement) 2700 N (double movement)	
Klous ym. 2007a	Karving vs. perinteinen polviniveleen	0,76 x kehon massa 0,48 x kehon massa	0,5 x kehon massa 0,41 x kehon massa
Federolf 2005	Karving	1400 N maksimaalinen	
Vaverka & Voldickova 2010	Karving	2976 N maksimaalinen ja 2241 N keskiarvo	
Spitzenpfeil ym. 2005	Vapaalasku	1304 – 1520 N	-
Ducret ym. 2005	Syöksylasku	4500 N maksimaalinen, keskiarvo 2500 N	2900 N maksimaalinen
Reid ym. 2010	Pujottelu	3000 N ja 3,5 x kehon massa maksimaaliset mitat	

#### 5.4.5 Painekekipisteen liikkuminen käännöksen aikana

Keränen ym. (2007) tutkivat painekekipisteen liikettä monoihin asetettavien painepohjallisten avulla (kuva 9). Painekekipiste liikkuu II-IV metatarsaalin eli jalkapöydän luun välisellä alueella. Käännöksen ohjausvaiheissa paine pysyy jalkaterän etuosassa, josta se portin ohittamisen jälkeen siirtyy liikeradan mediaalipuolta pitkin lähelle jalkaterän keskiosaa ja sieltä taas ulkokautta takaisin päkiälle, jalan etuosaan. Keränen tutkimusryhmineen (2009, 4) tutkivat voimantuottoa suurpujottelun karvingkäännöksen aikana tarkastellen samalla painekekipisteen liikkumista. Maksimivoiman tuottohetkellä ulkojalan painekekipiste sijaitsee aivan liikeratansa etuosassa, mutta silloinkin vain muutamien senttimetrin päässä jalkaterän keskikohdasta. Sisäjalan painekekipiste säilyy jalkaterän keskellä koko käännöksen ajan.



Kuva 9. Painekekipisteen liikkuminen karvingkäännöksen aikana (Keränen ym. 2007)

Keränen ym. (2010, 62) tutkimuksessa arvioitiin, onko korkealle ja matalalle FIS-pistetaulukossa sijoittuneiden laskijoiden välillä suksiin kohdistuvaa voimantuotollista

eroa karvingkäännöksen aikana. Tutkittavana oli yhdeksän laskijaa, jotka suorittivat useita laskuja monon sisäisen painemittarin kanssa. Korkealle FIS-pisteissä sijoittuneiden laskijoiden voimantuotto ulomman jalan etuosassa oli suurempaa kuin matalamman sijoituksen laskijoilla. Lisäksi painekeskapisteen liikeradalla oli suurempi sivuttaissuuntainen liike kuin matalamman FIS-sijoituksen laskijoilla.

#### 5.4.6 Polvikulmat ja liikenopeus

Berg ja Eiken (1999, 3–4) mukaan alppihiihdon eri muodoissa ulkosuksen jalan polvikulman liikealue pienenee, mitä vauhdikkaammasta lajista on kyse. Heidän mukaan ulkojalan puoleinen polvikulma super-g:ssä vaihteli välillä 83–96°, suurpujottelussa 86–114° ja pujottelussa 98–111°. Müller ja Schwameder (2003, 681) mukaan ulomman jalan polvikulma pysyy melko vakiona vaihdellen välillä 120°–130°. Analysoitaessa Levin maailmancupin pujottelukisaa vuonna 2006 käännöksen aloitusvaiheessa polvikulmissa ei ollut eroa (noin 100°) hitaamman ja nopeamman laskuryhmän välillä. Siitä huolimatta kierrettävälle alakepille mentäessä nopeamman ryhmän laskijoiden ulkosuksen puoleisen jalan polvikulma ojentui vähemmän kuin hitaamman ryhmän laskijoilla, 126° vs 134°. (Keränen ym. 2006, 2.) Polvikulmat ja kulmanopeudet on kuvattu tiivistetysti taulukossa 6. Gurshman (2005) toteaa suurpujottelun osalta, että ulomman jalan polven koukistuskulma on lähes olematon ja pujottelussakin se pyritään pitämään mahdollisimman pienenä. Ulomman jalan polven pieni koukistuskulma luo paljon voimakkaamman ja biomekaanisesti vakaamman asennon, jonka avulla on helpompi vastustaa laskijaan kohdistuvia suuria voimia. Szmedra, Im, Nioka, Chance ja Rundell (2001, 232) mukaan nuorilla eliittitason laskijoilla tehdyssä tutkimuksessa nivelkulmat olivat pienempiä suurpujottelussa kuin pujottelussa ( $p < 0.05$ ): nilkka  $83,8 \pm 11,9^\circ$  vs  $98,6 \pm 15,7^\circ$ , polvi  $107,4 \pm 14,9^\circ$  vs  $118,3 \pm 18,0^\circ$  ja lonkka  $98,8 \pm 14,3^\circ$  vs  $107,5 \pm 16,2^\circ$ .

Berg ja Eiken (1999, 3) tekemässä tutkimuksessa pienimmät polvikulmat toteutuivat poikkeuksetta sisäsuksen puoleisen eli vähemmän kuormittamattoman jalan puolella, kun tutkittavana olivat super-g, suurpujottelu ja pujottelu. Samanlaiseen johtopäätöksen tulivat myös Müller ja Schwameder (2003, 683), kun he totesivat, että ohjausvaiheen aikana ulomman jalan polvikulma on jatkuvasti sisemmän jalan polvikulmaa suurempi ja sisemmän jalan polvikulma on ensimmäisessä ohjausvaiheessa noin 120°, mutta pienenee jatkuvasti käännöksen edetessä saavuttaen miniarvonsa 95° juuri en-



nen initiaatiovaiheen alkamista. Initiaatiovaiheen aikana sisemmän jalan osalta tapahtuu hidaskin noin 40° ojennusliike, joka johtaa sisäsuksen kuormittamattomuuteen (Müller & Schwameder 2003, 683).

Polvikulman liikenopeudet ovat kaikissa alppilajeissa pieniä, jos niitä verrataan mihin tahansa muuhun nopeutta vaativaan lajiin, eikä karvingsuksien myötä liikenopeus ole ainakaan kasvanut (Keränen ym. 2006, 3). Berg ja Eiken (1999, 3) mittasivat suurimmat polven liikenopeudet pujottelussa  $69 \pm 11^\circ/\text{s-1}$ , kun suurpujottelussa  $34 \pm 2^\circ/\text{s-1}$  ja etenkin super-g:ssä  $17^\circ/\text{s-1}$  liikenopeudet olivat selvästi hitaampia. Nämä mitatut kulmanopeudet ovat poikkeuksellisia verrattuna muihin urheilulajeihin. Esimerkiksi juoksussa polven liikenopeudeksi voidaan saavuttaa jopa  $1000^\circ/\text{s-1}$  (Jacobs, Bobbert & Van Ingen Schenau 1993, Berg & Eiken 1999, 4 mukaan). Berg ja Eiken (1999, 4) tutkimuksessa olleiden freestylehiihtäjien osalta polven liikenopeudet ( $200\text{--}400^\circ/\text{s-1}$ ) olivat suurempia kuin alppihiittäjien ja toisaalta hyvin samankaltaisia verrattuna pyöräilijöihin (Ericson, Nisell & Nemeth 1988, Berg & Eiken 1999, 4 mukaan).

Taulukko 6. Polvikulmien ja polven liikenopeuksien vertailu eri urheilulajien välillä

Lähde	Urheilulaji	Polvikulma	Polven liikenopeus
Müller & Schwameder 2003	Alppihihto	120 – 130°	-
Szmedra ym. 2001	Alppihihto	118,3 ± 18°	-
		107,4 ± 14,9°	-
Berg & Eiken 1999	Alppihihto ja freestyle	98 – 111° (SL)	69 ± 11°/s-1 (SL)
		86 – 114° (GS)	34 ± 2°/s-1 (GS)
		83 – 96° (SG)	17°/s-1 (SG)
		62 – 133°	200 – 400°/s-1
Berg, Eiken & Tesch 1995	Alppihihto, suurpujottelu	20 – 50°	20 – 40°/s-1
Jacobs, Bobbert & Van Ingen Schenau 1993	Juoksu		n. 1000°/s-1
Ericson, Nisell & Nemeth 1988	Pyöräily	46 – 112°	-

#### 5.4.7 Kanttauskulmat

Kanttauskulma kuvaa suksien ja rinteiden välistä kulmaa (Thoma ym. 2011). Käännöksen aikainen kanttauskulma luodaan ensisijaisesti koko vartalon kallistuksen ja ojentuneen ulkojalan avulla. Inklinaatio eli kallistaminen yhdensuuntaisin jaloin mahdollistaa massakeskipisteen suoraviivaisemman ja lyhyemmän kulun käännösten aikana. (Gurshman 2005.) Kanttausta säädellään nilkoilla, polvilla, lantiolla tai koko vartalolla. Kanttauksen säätely ja vartalon kallistuksen suuruus riippuvat seuraavista tekijöistä: laskijan vauhti, rinteiden jyrkkyys, vallitsevat lumiolosuhteet, käännöksen säde, edellisestä käännöksestä johtuva vastaliike ja voimaimpulssi, laskijan suksien kääntösäde ja dynaamiset ominaisuudet sekä tietenkin laskijan fyysiset ominaisuudet. (Thoma ym. 2011.) Krueger ym. (2006, 2) mukaan karvingkäännösten kanttauskulmat vaihtelivat välillä 55–75° vapaalaskun aikana eikä sisä- ja ulkosuksen välillä havaittu merkittäviä kanttauskulman muutoksia. Müller tutkimusryhmineen (2000, 219) puolestaan mittasi pienempiä kanttauskulma arvoja huippuarvon ollessa vain 40°.

Kipp, Reid, Gildien, Haugen ja Smith (2010, 129) tutkivat alaraajan nivelkulmien yhteyttä kanttauskulmiin pujottelukäännöksen aikana. Suksen rakenne ja profiili on suunniteltu niin, että kallistuessa lumen pinnalle suksi mukautuu kulloiseenkin maastoon ja aiheuttaa yhdenaikaisen käännöksen ja liukumisen eteenpäin. Laskija kontrolloi käännöksen sädettä kanttauskulmalla, massakeskipisteen kaltevuuden hallinnalla sekä vaihtelemalla polven ja lonkan nivelkulmia. Nämä käännöksen aikaiset frontaalitasen liikkeet ovat keskeisiä käännöksen luomisessa ja laskijan tasapainoisen asennon säilyttämisessä. Massakeskipisteen sijainnin muutoksen todettiin olevan merkittävin keino suksen kanttauskulman kontrolloimisessa, kun tutkittiin kuuden Eurooppa Cupin laskijan polvi- ja lonkkakulmien sekä kaltevuuskulman vaikutusta pujottelukäännökseen. Frontaalitasossa havainnoitavat polvi- ja lonkkakulmat lisäävät molemmat noin 5–10° kanttauskulmaa käännöksen viimeiseen 25 %:iin asti. Käännöksen loppuneljänneksessä lonkkakulman havaittiin lisääntyvän ja polvikulman vähenevän saavuttaen jopa 20°:een negatiivisen arvon. Lonkkakulman lisääntyminen yhdessä polvikulman vähentymisen kanssa aiheuttaa sen, että kanttauskulma pienenee käännöksen päättyessä. Suuret kanttauskulmat yhdessä molempien suksien kuormittamisella vaikuttivat suksien ja lumen välisen kontaktin paineeseen positiivisesti kasvattamalla vastusta suksien sivuluisua vastaan (Heinrich, Mössner, Kaps & Nachbauer 2010).

Alppihiihdossa on olennaista pyrkiä minimoimaan ilmanvastus sekä suksen ja lumen välinen kitka, sillä menestyminen on usein kiinni sekunnin murto-osista. Kitkan vaikutusta on tähän mennessä tutkittu huomattavasti ilmanvastusta vähemmän. Optimaalisen suorituksen kannalta on havaittu, että laskijan tulisi minimoida kanttauksen määrä laskun liukuvaiheiden aikana, sillä kanttauksen ja laskunopeuden välillä on havaittavissa selvä yhteys. (Federolf, Scheiber, Rauscher, Schwameder, Luthi, Rhyner & Müller 2008.) Lisäksi Brodie ym. (2009, 171) ovat sitä mieltä, että laskijan tulisi tuottaa käännökseen tarvittava maksimaalinen kanttauskulma mahdollisimman nopeasti.

#### 5.4.8 Laskulinja ja sen vaikutus lopputulokseen

Alppihiihto on muuttunut entistä nopeammaksi lajiksi vuosien saatossa ja yksi merkittävimmistä laskunopeuksiin vaikuttaneista tekijöistä on laskulinjoissa tapahtuneet muutokset. Laskulinjan valinta ja sen etäisyys portista yksittäisten käännösten aikana on epäilemättä merkittävässä roolissa varsinkin tekniikkalajeista puhuttaessa. Aikaisemmin laskijat vain koskettivat hartiallaan kierrettävää porttia, kun taas nykypäivänä laskijat laskevat päin porttia, jolloin laskulinja kulkee aivan kepin vierestä ja laskijan massakeskipiste sijaitsee kierrettävän portin päällä tai jopa toisella puolella. Nopeutta lisää merkittävästi myös nykyaikaiset sukset, joita käyttämällä laskijat pyrkivät tekemään koko käännöksen karvingkäännökseenä, jolloin sukset ovat koko ajan kantillaan. (Lesnik & Zvan 2007, 40–41.)

Teoreettisesti ajateltuna lyhin mahdollinen laskulinja on paras ja nopein, mutta todellisuudessa laskeminen lyhyintä mahdollista laskulinjaa on erittäin vaikeaa ja riskialtista. Vuonna 2004 Kranjska Goran maailmancupin pujottelussa tutkittiin laskijoiden laskulinjavalintoja kinemaattista analyysiä hyväksi käyttäen. Tämän perusteella pyrittiin selvittämään, saavuttavatko lyhyemmän linjan laskijat suuremman laskunopeuden ja sitä kautta nopeamman liukumisen porttien välillä sekä paremman lopputuloksen kilpailussa kuin ne, jotka laskivat pidemmällä laskulinjalla. Tutkimuksessa selvisi, että niillä laskijoilla, joilla oli lyhyin laskulinja ensimmäiselle portille tultaessa, oli poikkeuksetta pidempi laskulinja toisella portilla. Sama ilmiö oli havaittavissa myös toisin päin: pitkää laskulinjaa ensimmäisellä käännöksellä seurasi lyhyt laskulinja seuraavalla. Näin ollen lyhyin laskulinja ei olekaan optimaalisin valinta seuraavaa käännöstä ajatellen. Merkittävää oli myös se, että suurimman nopeuden porttien välillä saavuttanut laskija ei kuulunut kymmenen lyhyintä reittiä laskeneen laskijan joukkoon. Lop-

putuloksessa tutkijat päätyivät kuitenkin ratkaisuun, jonka mukaan lyhyempää reittiä laskevalla laskijalla on paremmat mahdollisuudet saavuttaa suurempi nopeus ja parempi lopputulos kuin laskijalla, joka laskee pidemmällä laskulinjalla. Selvittämättä jäi se, onko kukaan kykenevä laskemaan rataa alusta loppuun kyseisellä tavalla vai onko se mahdollista vain tietyillä rataosuuksilla. Huomioiden perusteella todettiin ainoastaan, että on äärimmäisen hankalaa, jopa mahdotonta, laskea niin että laskulinja olisi erittäin lyhyt useassa peräkkäisessä onnistuneessa käänöksessä. Nopeus ja lyhyin laskulinja aiheuttavat lisääntyntä painetta suksissa käänöksen teon hetkellä. Jos paine on laskijalle liian suuri, hän joutuu vähentämään laskun vauhtia. Jos tämä ei onnistu, on laskijan korjattava valittua laskulinjaa seuraavaan käänökseen tultaessa. On ilmeistä, että nykyaikainen laskutekniikka edellyttää lukuisten taitojen erinomaista hallintaa. Hyvien tulosten saavuttaminen on viime kädessä kiinni teknisistä ja taktisista taidoista. (Lesnik & Zvan 2007, 40–41.)

Spörri, Kröll, Schiefermuller ja Müller (2010, 57) tutkivat laskulinjan yhteyttä suorituksen lopputulokseen suurpujottelussa. Lyhyintä laskulinjaa on tämänkin tutkimuksen mukaan pidetty nopeimpana, mutta tutkimustulosten mukaan osoitusta siitä ei näyttäisi olevan. Pidempi, mutta suurempi siirtyminen johti suuremman nopeuden saavuttamiseen laskussa. Ajoitus ja laskulinjan sijainti osoittautuivat merkittävimmiksi tekijöiksi nopeuden säätelijänä. Voidaan todeta, että intuitiivisen ennakointijärjestelmän harjoittamisen laskulinjan ja ajoituksen suhteen tulisi olla pääpainona tekniikan ja taktiikan harjoittamisessa. Myös Supej (2008) toteaa tutkimuksensa päätteeksi, että laskijan mekaanista energiaa mallittavan 3D-mittalaitteiston avulla tehtyjen tutkimusten avulla voidaan sanoa, ettei lyhyin laskulinja lyhyimmällä kääntösäteellä ole välttämättä tehokkain strategia huolimatta siitä, että monet valmentajat näin uskovat. Brodie ym. (2009, 171) havainnoivat, että suurpujottelussa keskijyrkällä rinneosuudella suuremman säteen omaavat käänökset johtivat parempaan loppuaikaan kuin suoremalla laskulinjalla, jonka käänökset olivat paljon äkillisempiä ja terävämpiä.

## 5.5 Fyysisten ominaisuuksien vaatimukset

Bengt Salt tutkimusryhmineen olivat ensimmäisiä, jotka raportoivat alppihiihtolaskun aikaisesta aerobisesta ja anaerobisesta solujen energia-aineenvaihdunnasta vuonna 1965. 1970-luvun loppupuolella syntyi (Karlson ym. 1978) päivitetty versio alppihiihton fysiologisista vaatimuksista, jota voidaan pitää eräänlaisena merkittävänä te-

oksena, johon viitataan vielä nykypäivänäkin. Molemmat mainitut tutkimusryhmät toivat esille lihasvoiman ja monimuotoisten motoristen taitojen tärkeyden alppihiihdossa. (Bacharach & von Duvillard 1995, 305–306.) 1980-luvun puolella Andersen ja Montgomery (1988) määrittelivät katsausartikkelissaan alppihiihdon olevan monimuotoinen urheilu- ja kilpailulaji, joka vaatii laskijalta korkeatasoista teknistä osaamista sekä fyysisiä ominaisuuksia (Impellizzeri, Rampinini, Freschi, Maffiuletti, Bizzini & Mognoni 2009, 272). Fysiologisesta näkökulmasta tarkastellen alppihiihdossa vaaditaan lihasvoimaa, anaerobista ja aerobista lihaskuntoa, liikkuvuutta sekä monia motorisia kykyjä, kuten ketteryyttä, koordinaatiota ja tasapainoa (Hintermeister & Hagerman 2000, Maffiuletti, Jordan, Spring, Impellizzeri & Bizzini 2009, 365 mukaan).

Nyky aikaisten laskijoiden on yleisesti todettu olevan urheilullisempia ja raskasrakenteisempia kuin vuosikymmeniä sitten, mikä voi osittain johtua suuremmasta yläkehon ja yläraajojen lihasmassasta (Neumayr ym. 2003, 574). Viime vuosien aikainen keskustelu fyysisistä ominaisuuksista on keskittynyt aerobisen ja anaerobisen kunnon sekä alaraajojen lihasvoiman merkitykseen alppihiihtomenestyksessä. Syynä tähän keskusteluun ovat olleet useamman kilpailukauden mittaiset tutkimukset, joissa on tarkasteltu kaikkia näitä edellä mainittuja fysiologisia parametrejä samanaikaisesti pidemmällä aikavälillä: Neumayr ym. (2003) itävaltalaisille alppihiihtäjille tekemä kolmen kilpailukauden mittainen pitkittäistutkimus, Impellizzeri ym. (2009) italialaisille alppihiihtäjille tekemä kahden kilpailukauden mittainen seurantatutkimus sekä Maffiuletti ym. (2009) sveitsiläisille alppihiihtäjille tekemä kymmenen vuoden pitkittäistutkimus.

### 5.5.1 Antropometriset ominaisuudet

Vaverka ja Cernosek (2007) kirjoittavat tutkimuksessaan, että kehon pituus ja paino ovat perusparametreja, jotka vaikuttavat eri tavoin suorituskyykyyn eri urheilulajeissa (Petr & Frantisek 2007, 147). Alppihiihdossa kehon perusmittojen voidaan kuvata olevan yhteydessä motorisiin ja fysiologisiin parametreihin (Colombo 2002, Petr & Frantisek 2007, 147 mukaan). Lohman ym. (2008, 424) toteavat kuitenkin, että tarkkoja kehonkoostumukseen liittyviä viitearvoja on vaikea määrittää varsinkin, kun kohderyhmänä ovat nuoret urheilijat. Toisaalta ei ole olemassa julkaistua tietoa siitä, voidaanko antropometrisillä ominaisuuksilla sanoa olevan ennustavaa merkitystä menestyksen suhteen nuorten alppihiihtäjien osalta (Doyle-Baker, Stewart & Venner

2010, 132). Kuitenkin on selvää, että biomekaanisesti ajateltuna kehon pituus vaikuttaa laskijan ilmanvastukseen ja kehon paino painovoimaan (Petr & Frantisek 2007, 147).

Nuorten alppihiihtäjien antropometriaan perehtyviä tutkimuksia on historiallisesta perspektiivistä tehty vähän ja ne on tuotettu 1970- ja 80-luvuilla (Emeterio & González-Badillo 2010, 1007). Viime vuosina tilanteeseen on kuitenkin tullut korjausta muuttamien nuorten antropometriaan keskittyvien tutkimusten myötä. Espanjalaisia nuoria alppihiihtäjiä on tutkittu tutkimusryhmien Gómez-López, Rupérez, Almiron-Megías ja Soto (2010) sekä Emeterio ja González-Badillo (2010) toimesta. Doyle-Baker ym. (2010) puolestaan tutkivat kanadalaisia nuoria alppihiihtäjiä ja Taeymans, Aerenhouts, Clijsen, Fässler, Clarys ja Baeyens (2010) tekemässä tutkimuksessa arvioitiin kansainvälisesti eri maiden eliittitason junioreiden ja seniorilaskijoiden antropometriaa. Tarkemmat tutkimuksia koskevat tiedot löytyvät taulukosta 7 ja keskeiset tutkimustulokset näkyvät liitteessä 1. Karkeasti arvioiden nuorten alppihiihtäjien antropometrisia arvoja käsittelevien tutkimusten tutkimuskohteena olevat nuoret ovat ikäjakaumaltaan 13–20 vuotta (liite 1). Viitaten taulukkoon 3, jossa on esitetty eri tutkimuksissa esiin tulleet antropometriset arvot, näyttäisi siltä, että nykyisin alppihiihtäjäpojat ovat noin 160–175 cm pitkiä ja painavat hieman alle 60 kg:sta reiluun 70 kg:aan asti, jolloin BMI sijoittuu 19–23 välille. Tytöt ovat noin 160–170 cm pitkiä ja painavat 50–60 kg ja heidän BMI on 18–23 väliltä. Poikien ja tyttöjen välinen vähäinen ero pituudessa ja painossa voidaan selittää osittain sillä, että poikien fyysinen kasvu ei ole vielä kunnolla käynnistynyt (Abbassi 1998, Beunen & Malina 1988, Emeterio & González-Badillo 2010, 1011 mukaan). Somatotyypeiltään pojat ovat mesomorfisia ja tytöt enemmän endo-mesomorfisia. Tämä somatotyyppien jakauma on hyvin samankaltainen verrattuna kahden vuosikymmenen taakse (Emeterio & González-Badillo 2010, 1007, 1010).

Taulukossa 7 esitettyjen tutkimustulosten mukaan poikien rasvaprosentti vaihtelee alle 10 ja 17 välillä, kun tyttöillä kehon rasvaprosentti on selvästi korkeampi: 17–23. Lihasmassan prosentuaalisen osuuden ja kehon rasvan määrän osalta Emeterio ja González-Badillo (2010, 1009) toteavat tutkimuksensa tuloksissa, että pojilla oli 9,5 % enemmän lihasmassaa ja 53 % vähemmän rasvaa kuin tyttöillä ja että poikien ihopaimumittaustulokset tyttöihin verrattuna olivat 50 % pienemmät alaraajoissa ja 31 % pienemmät yläraajoissa. Tätä merkittävää rasvan määrän eroa tyttöjen ja poikien välil-

lä voidaan selittää hormonituotannon kautta. Pojilla puberteetti-ikässä lisääntyvä androgeenien erityis aiheuttaa lipolyysia eli rasvojen pilkkoutumista ja siten vähentää rasvakudoksen määrää. Tyttöillä taas puberteetin aikana estrogeenin erityis lisääntyy, mikä lisää lipogeneesia lipaasin inhibition kautta. (Cowell, Briody, Lloyd-Jones, Smith, Moore & Howman-Giles 1997, Emeterio & González-Badillo 2010, 1007 mukaan.) Nykypäivänä saadut tulokset ovat samansuuntaisia kuin 1980-luvulla tehdyt tutkimukset, ja näyttää siltä, että rasvakudoksen määrä ei vaihtele eritasoisten laskijoiden välillä. Sen sijaan korkeamman tason laskijoilla näyttäisi olevan enemmän lihasmassaa. (Brown & Wilkinson 1983, Emeterio & González-Badillo 2010, 1010 mukaan.) Kanadalaisille nuorille alppihiihtäjille kohdennetussa tutkimuksessa, jossa tutkittavina oli nuorempia laskijoita edustava K2-ryhmä ja vanhemmista laskijoista koostunut FIS-ryhmä, todettiin että kehon rasvaprosentti ei ollut sukupuoliriippuvainen K2-ryhmässä ( $17,5 \pm 1,3$  %  $p=0.08$ ). Sen sijaan FIS-ryhmässä poikien rasvaprosentti oli  $12,6 \pm 2,6$  % ja tyttöjen  $22,5 \pm 1,3$  % ( $p<0.001$ ). (Doyle-Baker ym. 2010, 132.) Taeymans ym. (2010, 86) vastaavasti huomasivat somatotyyppejä ja antropometrisiä ominaisuuksia käsittelevän tutkimuksensa lopputuloksissa, että korkean rasvaprosentin ei nähty olevan rajoittava tekijä menestymisessä naisilla vanhempien laskijoiden ikäryhmässä (rasvaprosentti  $32,1 \pm 4,2$  % ja keski-ikä  $24,2 \pm 3,6$  vuotta), vaikka lihasmassan ja kehon massan todettiin olevan merkittäviä tekijöitä alppihiihdossa menestymisessä.

Espanjalaisille nuorille alppihiihtäjille tehdyssä tutkimuksessa selvisi, että poikien osalta lihasmassa korreloi merkittävästi alaraajojen lihasvoiman sekä laskumenestyksen kanssa. Tyttöillä vastaavaa korrelaatiota ei havaittu. Lisäksi poikien kehon rasvan prosentuaalisella osuudella oli negatiivinen korrelaatio esikevennyshyppyyn sekä 30 sekunnin hyppytestiin, jota tyttöillä ei ollut havaittavissa. Tutkimuksen mukaan nuoret alppihiihtäjät voivat hyötyä voimaharjoittelusta ja parantaa siten laskun aikaista suorituskyykyään. Erityisesti naispuoleiset alppihiihtäjät voisivat hyötyä suuremmasta lihasmassan ja alhaisemmasta rasvan määrästä. (Emeterio & González-Badillo 2010, 1009–1011.)

Taulukko 7. Tutkimuksissa esiintyneet antropometriset arvot

	<b>Doyle-Baker ym. 2010</b>	<b>Gómez-López ym. 2010</b>	<b>Emeterio &amp; González- Badillo 2010</b>	<b>Taeymans ym. 2010</b>
Aineisto	K2: pojat n = 9, tytöt n = 6 FIS: pojat n = 5, tytöt n = 4	Pojat n = 35, tytöt n = 33	Pojat n = 16, tytöt n = 15	Juniori: pojat n = 11, tytöt n = 34 Seniори: mie- het n = 34, naiset n = 15
Paino pojat	K2 49,9 ± 11,7 kg FIS 65,6 ± 6,0 kg	67,3 ± 11,2 kg	59,2 ± 7,6 kg	J 74,1 ± 6,6 kg S 84,5 ± 6,0 kg
Pituus pojat	K2 161,0 ± 10,5 cm FIS 175,6 ± 4,6 cm	1,70 ± 0,08 m	1,67 ± 0,1 m	J 177,2 ± 7,2 cm S 180,6 ± 4,7 cm
BMI pojat	K2 ~ 19.3 FIS ~ 21.4	-	21.3 ± 2.3	J 23.6 ± 1.6 S 25.9 ± 1.6
Somatotyyppi pojat	-	Mesomorfinen	Mesomorfinen	Mesomorfinen
Rasva% pojat	K2 17,5 ± 1,3 % FIS 12,6 ± 2,6	-	10,2 ± 3,5 %	J 14,5 ± 2,9 S 17,4 ± 4,8
Ihopoimu ylä- raaja pojat	-	-	10,9 ± 5,2 mm	-
Ihopoimu ala- raaja pojat	-	-	14,6 ± 6,7 mm	-
Lihasmassa% pojat	-	-	44,7 ± 3,0 %	-
Paino tytöt	K2 46,7 ± 7,2 kg FIS 60,2 ± 8,8 kg	58,9 ± 4,9 kg	53,0 ± 6,4 kg	J 60,6 ± 5,3 kg S 68,2 ± 6,0 kg
Pituus tytöt	K2 160,8 ± 3,2 cm FIS 168,8 ± 5,6 cm	1,63 ± 0,04 m	1,59 ± 0,1 m	J 164,4 ± 5,2 cm S 168,7 ± 5,3 cm
BMI tytöt	K2 ~ 18.0 FIS ~ 21.1	17.39 ± 2.87 – 20.59 ± 4.87	20.8 ± 1.5	J 22.4 ± 1.5 S 23.9 ± 1.4
Somatotyyppi tytöt	-	Mesomorfinen	Endo- mesomorfinen	Endo- mesomorfinen
Rasva% tytöt	K2 17,5 ± 1,3 % FIS 22,5 ± 1,3 %	-	19,2 ± 3,4 %	J 22,2 ± 3,8 % S 32,1 ± 4,2 %
Ihopoimu ylä- raaja tytöt	-	-	14,3 ± 3,5 mm	-
Ihopoimu ala- raaja tytöt	-	-	21,9 ± 5,4 mm	-
Lihasmassa% tytöt	-	-	40,9 ± 3,1 %	-



Antropometriaa kuvaavia tutkimuksia on tehty enemmän yli 20-vuotiaille kuin sitä nuoremmille. Parhaimman kuvan ominaisuuksista, joita nykyaikaisessa alppihiihdossa vaaditaan antavat tutkimukset, joissa on seurattu lajissa menestyneiden urheilijoiden antropometrisia ominaisuuksia pidemmällä aikavälillä. Seuraavassa esitellään aikuisten alppihiihtäjien antropometrisiä ominaisuuksia koskevia tutkimuksia, joiden tarkemmat tiedot ja keskeiset tulokset löytyvät liitteestä 2.

Neumayrin ym. (2003, 571) tutkimuksessa tutkittavana oli yhteensä 48 itävaltalaisista maailmancupin laskijaa vuosien 1997–2000 väliseltä ajalta, jolloin kyseiset laskijat voittivat 48 % kaikista maailmancupin kisalähdöistä. Tutkimuksen tavoitteena oli kuvata fyysisiä ominaisuuksia maailmancupin laskijoiden keskuudessa. Tutkimuksen antropometristen arvojen mukaan naisten keskimääräinen pituus oli 1,66 m ja miesten 1,81 m. Naiset painoivat keskimäärin 65,1 kg ja miehet 87 kg. Rasvaprosenttina naisilla 24,5 % (BMI  $23.6 \pm 1,7$ ) ja miehillä 15,8 % (BMI  $26.5 \pm 1,7$ ). Näissä tuloksissa ei havaittu mainittavaa variaatiota tutkittujen vuosien välillä. (Neumayr ym. 2003, 571–572.) Maffiuletti ym. (2009, 366) tekivät puolestaan 10-vuotisen pitkittäistutkimuksen Sveitsin eliittialppihiihtäjien antropometrisistä ja fysiologisista ominaisuuksista. Tutkimus toteutettiin vuosien 1997 ja 2006 välisenä aikana ja mukana oli yhteensä 98 Sveitsin miespuolista maailman- ja Eurooppa-cupin laskijaa. He olivat pituudeltaan  $179 \pm 5$  cm ja painoivat  $83 \pm 6$  kg. Osgnach ym. (2006) tutkivat alppihiihtäjien antropometrisiä ominaisuuksia Italian maajoukkueen miespuolisilla laskijoilla. Mittaukset toteutettiin vuosina 1982, 1999 ja 2005. Tutkimuksessa vertailtiin näitä kolmena vuonna saatuja tuloksia keskenään. Tarkat antropometriset tulokset näkyvät taulukossa 8.

Taulukko 8. Antropometrisiä tunnuspiirteitä Italian mieslaskijoilla vuosina 1982, 1999 ja 2005 (Osgnach ym. 2006)

	1982	1999	2005	$\Delta$ % 1982-1999
Aineisto	n = 35	n = 28	n = 26	-
Ikä (vuosia)	20,6 $\pm$ 2,4	23,4 $\pm$ 2,8	25,0 $\pm$ 3,9	+13,4
Paino (kg)	78,4 $\pm$ 6,7	83,8 $\pm$ 7,7	83,7 $\pm$ 6,8	+7,0
Pituus (cm)	177,1 $\pm$ 5,5	179,4 $\pm$ 4,9	179,9 $\pm$ 5,9	+1,3
BMI	25,0 $\pm$ 1,6	26,1 $\pm$ 2,1	25,9 $\pm$ 1,7	+4,3
Rasva%	13,8 $\pm$ 3,2	10,2 $\pm$ 2,6	11,0 $\pm$ 2,8	-26,4
Rasvaton massa (kg)	67,5 $\pm$ 5,2	75,2 $\pm$ 6,2	74,4 $\pm$ 5,2	+11,5

Italialaisia miespuolisia alppihiihtäjiä koskevan tutkimuksen tuloksista nostettiin esille, että vuoden 1999 laskijat olivat noin kolme vuotta vanhempia ja noin viisi kiloa painavampia kuin vuoden 1982 laskijat. Lisäksi BMI oli vuonna 1999 korkeampi ( $P < 0.05$ ). Kehon rasvaprosentti oli merkitsevästi matalampi vuonna 1999 kuin 1982 ja samalla rasvattoman massan osuus oli huomattavasti korkeampi jälkimmäisenä vuonna ( $P < 0.001$ ). Pituudessa ei havaittu merkitsevää muutosta. Tulokset olivat hyvin samankaltaisia tarkasteltaessa vuoden 1982 tuloksia suhteessa vuoden 2005 tuloksiin. Vuosien 1999 ja 2005 antropometristen ominaisuuksien profiilit olivat lähes muuttumattomat. (Osgnach ym. 2006.)

Osgnacin ym. (2006) tutkimuksessa saatuja tuloksia verrattiin Neumayrin ym. (2003) tekemään tutkimukseen Itävallan maailmancupin laskijoista ja suurin eroavaisuus näkyi kehon rasvaprosentissa, joka oli itävaltalaisilla  $15,8 \pm 3,7$  ja ero on  $\Delta$  % +54,9 italialaisten 1999 tulokseen verrattuna. Kuitenkin italialaistenkin osalta tutkimus osoittaa modernissa alppihiihdossa näkyvän lisääntyneen voimavaatimuksen verrattuna 30 vuotta aikaisempaan alppihiihtäjän profiiliin. Merkittävää korrelaatiota antropometristen ominaisuuksien ja menestyksen välillä ei ollut tässäkään tutkimuksessa havaittavissa. (Osgnach ym. 2006.)

Eri maiden maajoukkueiden kanssa yhteistyössä tehdyssä tutkimuksessa, jossa tutkitavina oli maailman- ja Eurooppa-cupin tason laskijoita yhteensä 33 mieslaskijaa ja 15 naislaskijaa, pyrittiin selvittämään laskijoiden tarkkaa somatotyyppejä pujottelijoiden ja super-g/syöksylaskijoiden välillä. Tutkimuksen tuloksissa selvisi, että molemmat ver-

tailtavat ryhmät miehissä sekä naispujottelijat ovat vartalotyypiltään ensisijaisesti mesomorfisia ja toissijaisesti endomorfisia, kun taas naisten super-g/syöksylasku-ryhmän edustajat ovat lähes tasapuolisesti endomorfisia ja mesomorfisia. Kaikkien vertailtavien ryhmien osalta endo- ja mesomorfinen vartalotyyppi olivat korkeasti edustettuina, jonka katsotaan olevan tyypillistä voimaa vaativien lajien keskuudessa. (Aerenhouts, Clijsen, Fässler, Clarys & Taeymans 2010, 80.)

Saksan maajoukkue-tason laskijoiden (N=143) keskuudessa tehtiin viiden vuoden mittainen seuranta tutkimus vuosien 2004 ja 2008 välisenä aikana, jossa haluttiin selvittää antropometrian, kliinisten laboratoriotutkimusten ja kuntotestien korrelaatiota menestykseen alppiihhdossa. Suuremmalla rasvattoman kehonpainon prosentuaalisella osuudella ja korkeammalla ferritiiniarvolla havaittiin olevan yhteys hyvään alppime- nestykseen. FIS pisteiden ja kehon rasvattoman massan välillä oli korkea korrelaatio (naiset:  $R=-0,53$  ja miehet  $r=-0,73$  ja molemmilla  $p<0,01$ ) ja FIS-pisteillä ja ferritiinil- lä (naiset  $r=-0,43$  ja miehet  $r=-0,69$  ja molemmilla  $p<0,01$ ) (Geissler, Waibel, Maler, Scherr & Wolfafth 2010, 77.) Maffiuletti ym. (2009, 370) sveitsiläisille alppiihtäjille tekemässä tutkimuksessa todettiin antropometrinen tulosten suhteen, että vaikka ke- hon rasvaprosentti laski, ei koko kehon paino tai pituus muuttunut merkitsevästi tut- kimuksen aikana ( $F=3,7$ ;  $P<0,001$ ). Tulos tukee nykykäsitystä kehon rasvattoman massan suhteellisen osuuden kasvusta ja siitä mahdollisesti saatavasta hyödystä.

Toisaalta Aerenhouts ym. (2010, 80) tekemässä kansainvälisessä vertailututkimukses- sa todettiin, että vaikka alppiihhdon eri muodoissa vaaditaan paljon lihastyövoimaa, voi myös korkeammasta rasvaprosentista ja suuremmasta kehon massasta olla hyötyä, sillä se saattaa tehostaa maan vetovoiman vaikutusta. Vauhtilajien laskijoiden suu- remman kehon massan kilpailullisen edun puolesta puhuu myös Neumayr ym. (2003, 574) tutkimuksessaan. Suuntaus suurempaan kehon massaan näyttää olevan seurausta ylävartalon lisääntyneestä lihasmassasta, eikä alaraajojen lihasmassassa havaittu muu- toksia. Minkään antropometrisen ominaisuuden ja lajissa menestymisen välillä ei ollut kuitenkaan yhteyttä. Myös Impellizzeri ym. (2009, 272) tutkimus osoitti, että antro- pometriset ominaisuudet eivät olleet erottelevana tekijänä laskijoiden välisessä menes- tyksessä maailmancupissa.

Alppiihhdon eri lajien vertailun ja antropometrian näkökulmasta on tehty joitakin tut- kimuksia. Petr ja Frantisek (2007, 147) halusivat selvittää, onko eliittitason pujotteli-

joiden ja syöksylaskijoiden kehon mittasuhteissa suuria eroavaisuuksia keskenään. Tutkimukseen valittiin kauden 2006/2007 maailmancupin 30 parasta loppusijoittunutta sekä miehistä että naisista pujottelussa ja syöksylaskussa. Miespuolisten laskijoiden osalta tilastollisesti merkitseviä eroja havaittiin kehon painossa (pujottelu  $85,24 \pm 5,53$  kg, syöksylasku  $90,93 \pm 4,10$  kg) ja paino-pituus indeksissä. Vastaavaa tilastollista merkitsevyyttä ei havaittu naisten tulosten keskuudessa (pujottelu  $65,51 \pm 5,61$  kg, syöksylasku  $67,24 \pm 6,04$  kg) eikä pituudella katsottu olevan merkitystä kummankaan sukupuolen osalta. Tutkimuksen mukaan kehon painolla on tärkeä merkitys huippulaskijoita kuvaavana tekijänä sekä pujottelussa että syöksylaskussa. (Petr & Frantisek 2007, 147.) Marijana, Zeljko ja Pavie (2007, 127) tutkivat puolestaan eliittinaislaskijoiden kehon painoa suhteessa menestykseen. Pujottelussa ja super combissa parhaiten sijoittuivat laskijat, joiden pituus oli lähellä 171 cm:ä ja paino noin 68 kg:a. Suurpujottelussa parhaiten sijoittuvat hiukan edellistä kevyemmät ja lyhyemmät laskijat, kun taas nopeuslajeissa painavimmat ja pidemmät ovat paremmin sijoittuneita.

### 5.5.2 Lihasvoima

Neumayr ym. (2003, 571) rinnastaa hyvän lihasvoiman yhdeksi alppihiihtäjän tärkeimmäksi fysiologiseksi ominaisuudeksi yhdessä aerobisen kapasiteetin kanssa. Tutkimuksessa vuodelta 1983 puolestaan määritellään lihasvoiman ja anaerobisen kunnan olevan alppihiihtäjälle merkityksekkäimpiä ominaisuuksia (Brown & Wilkinson 1983, Hoshino, Tsunoda & Sasaki 2009, 242 mukaan). Berg, Eiken ja Tesch (1995) kuvaavat alppihiihtäjien olevan urheilupiireissä hyvin tunnettuja vahvoista alaraajoistaan (Turnbull ym. 2009, 150). Jos lihaksessa havaitaan korkeatasoista EMG-aktiivisuutta, merkittävä osa kyseessä olevasta lihaksesta on tuolloin aktiivisena (Ferguson 2009, 404). EMG-mittausta hyväksikäyttäen on eri tutkimuksissa pystytty kuvaamaan, mitkä lihakset ja lihasryhmät ovat aktiivisia alppihiihtolaskun aikana. Ruotsalaisten kokooman alppihiihdon lajiansalyysin mukaan käytetyimmät lihasryhmät alppihiihdossa ovat vartalon ojentajat eli ekstensorit ja näiden vastavaikuttajalihakset eli antagonistit. Tutkimukset osoittavat korkeaa EMG-aktiiviteettia erityisesti alaraajojen adduktoreissa, mm. biceps femoriissa, m. erector spinaessa, mm. gluteus maximuksessa, mm. tibialis anteriorissa, mm. peroneuksessa ja mm. vastus mediaaliksessa. (Raschner, Schiefermüller, Zallinger, Hofer, Müller & Brunner 2001, Kravanalyys 2006, 13 mukaan.) Vastaavasti USSA (US Ski and Snowboard Association) suoritti EMG-tutkimuksen, jonka mukaan merkittävimmät lihakset alppihiihdossa olivat: m. gluteus maximus, m. glute-

us medius, m. adductor longus, m. rectus femoris, m. vastus medialis, m. biceps femoris, m. semimembranosus ja m. peroneus longus (Flanagan). Keigo, Mitsuru ja Masaki (2007, 131) tutkivat alaraajojen lihasten ja selän ojentajalihasten EMG-aktiivisuutta laskun aikana vertaamalla perinteisiä suksia kahdentyyppisiin erilaisiin karvingsuksiin. Tutkimuksen mukaan molemmat karvingsukset osoittivat alemmaa keskimääräistä lihasaktiivisuutta kaikissa mitatuissa lihaksissa perinteisiin suksiin verrattuna.

Alppihiihtolaskun suoritus aika on lajista riippuen 45–120 sekuntia (Bacharach & von Duvillard 1995, 305) ja sinä aikana laskijalta vaaditaan toistuvasti korkeatasoista lihasvoimaa isometrisesti ja eksentrisesti tuotettuna (Ferguson 2009, 404). Esimerkiksi pujottelun osalta on havaittavissa merkittävä yhteys eksentrisen lihastoiminnan määrän ja menestyksen (FIS-pisteet) välillä (Hoppeler & Vogt 2007, 27). Eksentrisellä lihastyötavalla tarkoitetaan lihaksen pitenemistä supistuksen yhteydessä (Flanagan). Eksentristä lihasvoimaa käytetään erityisesti vauhdin hiljentämiseen ja jarruttamiseen. Alppihiihtäjälle tarkka eksentrisen voiman käytön määrä on erityisen tärkeää käännöksen nopeuden maksimoimiseksi. (Hoppeler & Vogt 2007, 27.) Berg ym. (1995) tutkivat eksentrisen lihasaktiiviteetin osuutta suurpujottelussa ja todentavat hitaan eksentrisen lihasaktiiviteetin olevan dominoivaa ja tapahtuvan lähellä maksimaalista voimantuottokykyä. Tutkijat toteavat, että näin vallitseva eksentrisen voimantuoton lajijominaisuus näyttäisi olevan uniikkia alppihiihdolle. Keränen ym. (2011, 3, 16) havaitsivat, että tuloslistalla korkealla olevilla laskijoilla värinän voimapiikkejä oli vähemmän kuin huonommin menestyneillä. Paremmen menestyvät suurpujottelijamiehet pystyivät paremman laskulinjan- ja asennon ansiosta säilyttämään vartalon jännityksen koko käännöksen ajan ja tämän johdosta heidän sukset leikkasivat käännöksen paremmin, kuin heikommin menestyneillä. Tutkijat totesivat, että vartalon lihasjännitys säilyy kehon liikkeillä ja eksentrisellä lihastyöllä keskipakoisvoimaa vasten ja pelkkä staattinen lihasten jännittäminen ei riitä. Käännössäteen ollessa tiukka on myös keskipakoisvoima suuri. Siksi vain lihasvoimaltaan vahvat laskijat pystyvät kovassa vauhdissa leikkaaviin lyhyen kääntösäteen käännöksiin.

Berg ja Eiken (1999, 3) raportoivat polven ekstensoreihin kohdistuneiden EMG-mittausten mukaan pujottelussa, suurpujottelussa ja supersuurpujottelussa olevan tyyppillistä, että eksentrisen lihastyö on vallitsevaa konsentriseen lihastyöhön nähden sekä intensiteetiltään että ajalliselta kestoltaan. Vastaavanlaiseen tulokseen pääsivät aikaisemmin myös Berg ym. (1995), kun he tutkivat lihastoimintaa pelkän suurpujottelun

osalta sekä Hoppeler ja Vogt (2007), jotka myös toteavat eksentrisen lihastyön korostuvan alppihiihdossa. Tämä eksentrisen lihastyön vallitsevuus on todennäköisesti seurausta matalasta laskuasennosta, jonka katsotaan olevan tyypillistä kyseisille laskumuodoille, sekä maan vetovoiman ja käännösten aikaisten keskipakovoimien yhteisvaikutuksesta (Ferguson 2009, 404). Toisaalta taas on olemassa myös yksittäisiä tutkimustuloksia siitä, että pujottelussa konsentrisen ja eksentrisen lihastyön välillä ei ole kuin pieni eksentrisen lihastyön vallitsevuus konsentriseen nähden (Petroni & Marcolin). Berg ja Eiken (1999, 3) mukaan vastaavanlaista eksentrisen lihastyön vallitsevuutta ei ole raportoitu missään muussa urheilulajissa. Tyypillisesti suurta lihasvoimaa vaativissa aktiviteeteissa jokainen liikesykli vaatii myös suurta konsentrista voimantuottoa, jolloin kehon massa liikkuu vastakkaiseen suuntaan maan vetovoimaan, ilmanvastukseen tai alustan kitkaan nähden. Esimerkiksi painonnostossa kyykyn aikana eksentrisen lihastyövaade on yhtä suuri kuin konsentrisen lihastyön. Toisena esimerkkinä voidaan pitää pikaluistelua, jossa vaaditaan myös suurta alaraajojen lihasvoimaa, mutta vallitsevana lihastyötapana on konsentrisen lihastyö (Koning, de Grooth & Van Ingen Schenau 1991, Berg & Eiken 1999, 3 mukaan). Harjoittelun tuloksellisuuden kannalta voisi tulevaisuudessa olla tärkeää ymmärtää entistä tarkemmin, millainen on konsentrisen ja eksentrisen voimantuoton kesto ja aktivaation taso laskun aikana, jotta juuri näitä ominaisuuksia voitaisiin kehittää harjoittelulla (Petroni & Marcolin).

Eliittilaskijoiden keskuudessa näkyy selkeästi lisääntynyt polven ekstensoreiden voima suhteessa heikommin menestyneisiin laskijoihin. Tämä on hyvin perusteltua sen tiedon pohjalta, että pujottelussa ja suurpujottelussa tuotettavien käännösten välillä ja voimakkaalla eksentrisellä lihastyötavalla on selkeä yhteys. (Tesch 1995, 310.) Berg ym. (1995) suurpujottelua koskevan tutkimuksen mukaan EMG:llä mitattuna ulkosuksen puoleisen jalan polven ekstensoreiden toiminta oli vallitsevaa käännöksen aikana ( $p < 0.05$ ). Lisäksi ulkojalasta mitattujen EMG-tulosten mukaan käännöksen aikainen polven ekstensoreiden eksentrisen työ ylitti ( $p < 0.05$ ) konsentrisen vaiheen vastaavat lukemat ja saavutti lihasaktiivisuudeltaan samankaltaiset aktiivisuustasot kuin laboratoriossa mitatussa isometrisessä polven ekstensiossa. Hintermeister, O'Connor, Dillman, Suplizio, Lange ja Steadman (1995, 315–317) saivat puolestaan suurpujottelua ja pujottelua käsittelevässä tutkimuksessaan selville, että käännöksen aikana lihaksista mitattu EMG-aktiivisuus oli keskimääräiseltä amplitudiltaan 58–112 % maksimaalisesta lihaskontraktiosta. Korkeimmat ja pisimpään kestävät EMG-aktiivisuusamplitudit syntyivät käännöksen loppuvaiheessa, jolloin laskijan tulee vas-

tustaa keskipakoisvoiman ja maan vetovoiman yhteisvaikutusta. Heidän tutkimuksensa lopputulos antoi runsasta näyttöä lihasten kokontraktiosta sekä siitä, että lihasten sähköinen aktiivisuus EMG:llä mitattuna on hyvin samankaltainen pujottelussa ja suurpujottelussa. Ishige, Fujita ja Yoshioka (2010, 128) tutkivat m. rectus femoriksen EMG-aktiivisuutta syöksylaskun aikana. Heidän tekemien havaintojen mukaan lihaksen sähköinen aktiivisuus oli jatkuvasti suhteellisen korkealla tasolla ja tämän ilmiön katsottiin olevan lajispesifiä syöksylaskulle, sillä EMG-aktiivisuuskäyrät syöksylaskussa olivat huomattavan erilaiset verrattuna vastaaviin pujottelussa tai suurpujottelussa.

Jatkuva laskijan kehon massakeskipisteen vertikaalisuuntainen siirtymä, jonka avulla laskija tuottaa vauhdin ja kineettisen energian, mahdollistaa toistuvan korkeiden eksentristen voimatasojen tuoton. Lihaksiin kohdistuva kuormitus määräytyy ensisijaisesti laskijan massan ja nopeuden mukaan, jotka ovat suoraan verrannollisia kappaleen kiihtyvyyteen. Näiden lisäksi käännöksen säde on kääntäen verrannollinen, mikä tarkoittaa, että lihaksiin kohdistuvan kuormituksen määrä kasvaa, kun käännöksen säde pienenee. (Berg & Eiken 1999, 3.) Maksimoidakseen voimantuoton on tyypillistä, että laskijat tukeutuvat enemmän eksentriseen voimantuottoon, jolloin voimantuotto on suurempaa, vähemmän energiaa kuluttavaa (Dudley, Tesch, Harris, Golden & Buchanan 1991, Berg & Eiken 1999, 3 mukaan) sekä lihaksia väsyttävää verrattuna konsentriseen lihastyötapaan (Tesch, Dudley, Duvoisin, Hather & Harris 1990, Berg & Eiken 1999, 3 mukaan). Hoppeler ja Vogt (2007, 27) olivat samaa mieltä, kun he totesivat eksentriseen lihastyöhön vaadittavan metabolian olevan noin neljä kertaa alhaisempaa ja motoristen yksiköiden aktivoitumisen puolet pienempää verrattuna konsentriseen lihastyöhön. Eksentrisellä lihastyöllä on myös spesifejä fysiologisia ominaisuuksia, joita ei ole vielä tutkittu läheskään yhtä paljon kuin vastaavia ominaisuuksia konsentrisessä lihassupistuksessa. (Hoppeler & Vogt 2007, 27.) On kuitenkin tiedossa, että eksentristä lihastyötä kontrolloivat neuraaliset komennot ovat ainutlaatuisia verrattuna isometriseen tai konsentriseen lihastyöhön (Enoka 1996, Ferguson 2009, 405 mukaan).

Lihassolujen ”rekryointikaava” on alppiihhdossa edelleen epäselvä, eivätkä asiaa käsittelevät tutkimukset ole tuoneet täyttä selvyyttä aiheeseen (Ferguson 2009, 405). Tesch, Larsson, Eriksson ja Karlsson (1978) sekä Nygaard, Andersen, Nilsson, Eriksson, Kjessel ja Saltin (1978) esittivät tutkimustensa pohjalta, että glykogeenin käyttö

hitaisissa eli tyypin I-lihassoluissa oli suurempaa alppihihdon aikana, joten näitä lihas-soluja käytettäisiin enemmän (Ferguson 2009, 405). Edellä mainittujen tutkimusten rajoittavana tekijänä on kuitenkin se, että mittauksia edeltävät laskusuoritukset kesti-vät yli kymmenen minuuttia eivätkä siten kuvasta todellisuutta yksittäisen laskun nä-kökulmasta (Ferguson 2009, 405). Todellisempi ja parempi kuva alppihiittäjien lihas-solujakaumasta saadaan Thorstensson, Larson, Tesch ja Karlsson (1977, Ferguson 2009, 407 mukaan) sekä Tesch (1995) tekemien tutkimusten myötä. Thorstensson ym. (1977) mukaan eliittitason alppihiittäjät erottuvat ei-urheiluvista henkilöistä korke-ammalla lihasvoimalla ja pienellä tyypin I-lihassolujen vallitsevuudella (Ferguson 2009, 407). Tesch (1995, 310) on samaa mieltä ja toteaa, että alppihiittäjien lihaksisto ei ole selkeästi nopea- eikä hidasliahassoluvoittoista. Mahdollisesti pieni hitaiden lihas-solujen voittopuolisuus on havaittavissa. Tämän tiedon voidaan todeta korreloivan hy-vin pujottelussa ja suurpujottelussa käytettävään lihastyöhön, joka on sekä hidasta että nopeaa. (Tesch 1995, 310.) Frick, Schmidtbleicher, Raschner ja Müller (1997) analy-soivat pujottelun käännoksiä ja esittivät hitaiden lihas-solujen käytön olevan vallitse-vaa (Raschner, Patterson & Platzer 2006, 1). Toisaalta taas Malisoux (2006) esittää, että alppihiittäjillä voidaan olettaa tapahtuvan tyypin 2b-lihassolujen hypertrofista adaptaatiota (Hoshino, Tsunoda & Sasaki 2007, 27). Tensiomyografialla (TMG) mita-ten lihaksen kontraktioajan on todettu korreloivan merkitsevästi lihas-solutyypijakauman kanssa, jolloin lyhyempi lihaksen kontraktioaika johtuu pienemmästä tyypin I-lihassolujen prosentuaalisesta määrästä (Dahmane, Valencic, Knez & Erzen 2000). Lihaskemialla saattaa olla vaikutuksia myös lihas-solujen aktiivisuuteen (Ferguson 2009, 405).

Suurpujottelussa ulkosuksen puoleisen jalan eksentrisen työvaihe käännoksen aikana, jolloin polvikulma pienenee, kesti ajallisesti  $1,0 \pm 0,2$  s. Käännoksen aikaisen eksent-risen lihastyövaiheen kesto oli pidempi ( $p < 0,05$ ) kuin initiaatiovaiheessa tapahtuva konsentrisen vaihe  $0,5 \pm 0,1$  s. (Berg ym. 1995.) Jokaisen yksittäisen käännoksen ai- kana laskija saavuttaa lähes maksimaalisen lihasaktivaation pujottelussa, suurpujotte-lussa sekä super-g:ssä. Lisäksi suurpujottelulle ja super-g:lle on tyypillistä, että pi- demmistä yksittäisistä käännoajoista johtuen laskija joutuu ylläpitämään korkeata li- hasaktiivisuustasoa pidempään. (Berg & Eiken 1999, 3.) Myös Keräsen ym. (2011, 6) mukaan lihas-supistuksen kestot suurpujottelussa ovat pujottelun vastaavia pidempiä, joten voimakestävyys on suurpujottelussa korostuneemmassa asemassa.



1970- ja 80-luvun taitteessa Yhdysvaltain alppihiihtäjille tehdyissä tutkimuksissa todettiin, että alaraajojen lihasvoima isometrisesti ja isokineettisesti mitattuna on paras tekijä arvioimaan alppihiihtosuoritusta (Tesch ym. 1978, Haymes & Dickinson 1980, Turnbull ym. 2009, 150 mukaan). Vaikka nykyaikaiset alppihiihtäjät ovat raskasrakteisempia ja lisääntyneen voimaharjoittelun johdosta vahvempia, ovat viimeaikaiset tutkimukset osoittaneet, että maksimaalisen lihasvoiman jamaailman cupin sijoituksen välillä ei ole korrelaatiota (Andersen & Montgomery 1988, Neumayr ym. 2003, Turnbull ym. 2009, 150 mukaan). Berg ja Eiken (1999) sekä Neumayr ym. (2003) eivät ole löytäneet tutkimuksissaan eroja lihasvoimassa tekniikka-, nopeus- tai yhdistelmäajien laskijoiden välillä. Kuitenkin espanjalaisia nuoria alppihiihtäjiä käsittelevässä tutkimuksessa todettiin poikien osalta, että alaraajojen räjähtävällä voimalla ( $r = 0.59$ ;  $p = 0.017$ ) ja maksimaalisella lihasvoimalla ( $r = 0.59$ ;  $p = 0.017$ ) oli havaittavissa korrelaatio laskumenestyksen suhteen. Tyttöillä vastaavaa korrelaatiota ei havaittu. (Emeterio & González-Badillo 2010, 1010.)

Alppihiihtäjien alaraajojen lihasvoima korostuu, kun lihasvoimaa testataan hitailla liikenopeuksilla esimerkiksi  $30^\circ/\text{s}$ :ssa. Kun liikenopeutta lisätään  $180^\circ/\text{s}$ :ssa, alppihiihtäjät ovat voimatuotollisesti samalla tasolla muiden urheilulajien edustajien kanssa. (White & Johnson 1993, Berg & Eiken 1999, Turnbull ym. 2009, 150 mukaan.) Hoshino ym. (2009, 245–246) mukaan eri nivelkulmanopeuksilla toteutetuissa isokineettisissä mittauksissa eliittitason ja alemman tason alppihiihtäjät tuottivat suurempia voimia eksentrisellä työtavalla verrattuna kontrolliryhmään ( $p < 0.05$ ). Tämä tukee näkökulmaa alppihiihdon eksentrisen työtavan vallitsevuudesta. Tutkimuksessa eliittitason laskijat kykenivät tuottamaan suurempia eksentrisiä voimia kaikilla kulmanopeuksilla verrattuna alemman tason laskijoihin sekä kontrolliryhmään. Konsentrisen lihastyön osalta isokineettisissä mittauksissa ei ilmaantunut yhtä merkittävää eroa eliittitason ja alemman tason laskijoiden välille. Ainut huomioitava asia oli eliittilaskijoiden selvästi suurempi konsentrisen voimantuotto hitailla liikenopeuksilla. (Hoshino ym. 2009, 245–246.)

Alppihiihtäjien alaraajojen lihasvoiman osalta voidaan todeta, että mikäli laskijan voimataso ei ole riittävä vastustamaan laskun aikana laskijaan kohdistuvia ulkoisia voimia ja suorittamaan eksentristä lihastyötä, loukkaantumisriski kasvaa merkittävästi. Polven loukkaantumisriski lisääntyy myös, jos reiden etuosan lihaksisto (quadriceps) on voimatasoltaan merkittävästi suurempi kuin reiden takaosan lihaksisto (hamstring).

(Turnbull ym. 2009, 151.) Yleensä polviniveleen vaikuttavien reiden lihasten osalta puhutaan hamstring- ja quadriceps-lihasten välisestä voimasuhteesta (Aagaard, Simonsen & Trolle 1995, Lembert, Raschner, Platzer, Patterson & Mildner 2009, 357 mukaan). Perinteisesti hamstring- ja quadriceps-lihasten välinen suhde on määritetty isokineettisellä mittauksella maksimaalisista polven koukistus- ja ojennusliikkeistä, jolloin polven liikenopeus ja lihastyötavat ovat olleet molemmissa samat. Isokineettisellä mittauksella testattaessa hamstring-quadriceps välinen suhdeluku muuttuu riippuen siitä testataanko avoimessa vai suljetussa kineettisessä ketjussa ja muodostetaanko suhdeluku konsentristen lihastyötapojen välille vai konsentrisen ja eksentrisen lihastyön välille. Suljetun kineettisen ketjun testauksessa, jolloin liike tapahtuu polviniveleen lisäksi myös lonkkanivelessä, tulisi hamstring-quadriceps suhdeluvun sijaan puhua alaraajan koukistus-ojennus välisestä suhdeluvusta. (Lembert ym. 2009, 358, 363.)

Konsentrisilla lihastyötavoilla tuotetuissa avoimen kineettisen ketjun isokineettisissä mittauksissa hamstring-quadriceps suhde vaihtelee lähteestä riippuen: 0.5–0.8 (Aagaard ym. 1995, Lembert ym. 2009, 358 mukaan) ja 0.57–0.60 (Neumayr ym. 2003). Nuorten alppihiihtäjien avoimen kineettisen ketjun konsentristen hamstring-quadriceps välisen suhteen osalta on päästy samanlaisiin tuloksiin kuin Neumayr ym. (2003) tutkimuksessa (Axtell, Rinehardt, Finn, Stofon, Martens, Kenefick & Pier 1997, Lembert ym. 2009, 358 mukaan). Suljetun kineettisen ketjun ja toiminnallisuutta paremmin kuvaavan konsentrisen ja eksentrisen alaraajan koukistuksen ja ojennuksen välisen suhteen on todettu olevan pienempi verrattuna avoimessa kineettisessä ketjussa saatuihin tuloksiin. Innsbruckin yliopistossa vuosina 2006 ja 2007 itävaltalaisille alppihiihtäjille suoritetuissa testeissä suljetun kineettisen ketjun eksentrisen-konsentrisen suhde koukistus-ojennuksen osalta oli 0.26. (Lembert ym. 2009, 358.)

Alppihiihdossa puhutaan paljon polven ekstensoreista ja niiden eksentrisestä lihastyöstä. Hamstring-lihaksilla on kuitenkin suuri merkitys, sillä ne vähentävät polven etummaiseen ristsiteeseen kohdistuvia leikkaavia voimia eli toimivat ACL:n antagonistina sekä lisäävät polven dynaamista stabiliteettiä (Aagaard ym. 1995, Tourny-Chollet & Leroy 2002, Lembert ym. 2009, 357 mukaan). Tämä hamstring-lihasten vaikutus ACL-ligamenttiin on erittäin tärkeässä asemassa, kun mietitään alppihiihdossa tapahtuvia loukkaantumisia. Alppihiihdossa tapahtuvista vammoista polvivammoja on Hunter (1999) mukaan 20–36 %:a ja ACL-vammojen on todettu olevan hyvin yle-

siä erityisesti nuorten kilpalaskijoiden keskuudessa (Lembert 2009, 357). Esimerkiksi itävaltalaisista 15–18 vuotiaista naisalppiihittäjistä 26,2 %:lla ja miesalppiihittäjistä 10,4 %:lla oli vähintään yksi ACL-vamma (Tecklenburg, Smekal, Hoser, Raschner, El Attal & Fink 2006, Lembert 2009, 357 mukaan). Kibler, Press ja Sciascia (2006) totesivat, että keskivartalon toiminta stabiloijana ja myös voiman tuottajana on keskeistä hyvällä urheilijalla (Raschner, Patterson & Platzer 2006, 4) ja alentuneen keskivartalon voiman on arveltu olevan yhteydessä alaraajojen vammautumisiin; esimerkiksi ACL-vaurioihin alppiihityksessä (Leetern 2004, Raschner, Patterson & Platzer 2006, 4 mukaan).

Lesnik, Simunic, Golob, Zvan ja Pisot (2010, 85) totesivat vauhti- ja tekniikkalajien laskijoiden välillä olevan havaittavissa erilaista adaptaatiota polven ekstensoreiden suhteen. Vauhtilajien laskijoilla todettiin lyhyempi m. vastus medialiksen kontraktioaika 20–60°:n polven fleksiokulmilla verrattuna tekniikkalajien laskijoihin ( $p < 0.05$ ). Vastaavasti tekniikkalajien laskijoilla voitiin todeta lyhyempi m. vastus lateraaliksen kontraktioaika 0–10°:n polven fleksiokulmilla ( $p < 0.05$ ). Näitä mahdollisia polven ekstensoreiden asymmetriamuutoksia tulisi tarkkailla sekä tarvittaessa ottaa huomioon harjoittelussa, jotta voidaan ennaltaehkäistä lihasepätasapainon vaikutusta biomekaniikkaan ja siten loukkaantumisen riskin kasvuun sekä toisaalta mahdollistettaisiin optimaalinen suorituskyky.

Suurempi maksimaalinen voimantuotto mahdollistaa sen, että alppiihittäjän tarvitsee laskun aikana työskennellä pienemmällä prosentuaalisella osuudella hänen maksimaalisesta voimantuotostaan. Energia-aineenvaihdunnan näkökulmasta tarkasteltuna lihaksiin kohdistuva pienempi suhteellinen kuormitus vähentää metabolian vaadetta ja siihen liittyviä seurauksia. (Rundell 1996, Foster, Rundell, Snyder, Stray-Gundersen, Kemkers, Thometz, Broker & Knapp 1999, Szmedra, Im, Nioka, Chance & Rundell 2001, Turnbull ym. 2009, 151 mukaan.) Taulukossa 9 on nähtävissä muutamia kirjallisuudessa julkaistuja alaraajojen lihasvoiman isokineettisiä mittaustuloksia ja taulukoon 10 on koottu maksimaalisen hyppytestin tuloksia. Emeterio ja Gonzáles-Badillo (2010, 1010) nuorille alppiihittäjille tekemässään tutkimuksessa havaitsivat, että pojat kykenivät tuottamaan hyppytesteissä 53,5 % enemmän räjähtävää voimaa kuin tytöt. Myös alaraajojen maksimivoima oli pojilla 40,8 % suurempi tyttöihin nähden.

Taulukko 9. Kirjallisuudessa julkaistuja isokineettisesti mitattuja polven ojennus- ja koukistusvoimia

Lähde	Ikä, sukupuoli ja tutkittavien määrä	Mittausmenetelmä	Polven extensorit	Polven fleksorit
Impellizzeri ym. 2009	25,4 ± 3,0, mies n = 17 (SL-GS)	Isokineettinen mittaus (OKC)	4,9 ± 0,9 Nm/kg (eks)	2,6 ± 0,3 Nm/kg (eks)
	25,2 ± 4,2, mies n = 17 (DH-SG)		4,2 ± 0,6 Nm/kg (eks)	2,4 ± 0,4 Nm/kg (eks)
Maffioletti ym. 2009	22 ± 3, mies n = 98	Isokineettinen mittaus (OKC)	3,77 ± 0,29 Nm/kg (kons, 1997)	2,12 ± 0,11 Nm/kg (kons, 1997)
			3,21 ± 0,24 Nm/kg (kons, 2006)	2,02 ± 0,24 Nm/kg (kons, 2006)
Neumayr ym. 2003	25,2, nainen n = 20	Isokineettinen mittaus (OKC)	200 ± 32 Nm (kons, 97-98), 206 ± 21 Nm (kons, 99-00)	115 ± 19 Nm (kons, 97-98), 119 ± 15 Nm (kons, 99-00)
	27,6, mies n = 28		326 ± 45 Nm (kons, 97-98), 314 ± 44 Nm (kons, 99-00)	187 ± 23 Nm (kons, 97-98), 186 ± 24 Nm (kons, 99-00)

Taulukko 10. Kirjallisuudessa esitettyjä maksimaalisen esikevennyshyppytestin (CMJ) arvoja

Lähde	Ikä (vuotta)	Sukupuoli ja tutkittavien määrä	Hyppykorkeus	Suhteellinen maksimivoima
Emeterio & González-Badillo 2010	14,6 ± 1,1	Mies, n = 16	34,4 ± 7,7 cm	25,5 ± 2,9 W/kg
	14,9 ± 1,0	Nainen, n = 15	29,8 ± 2,6 cm	23,5 ± 1,69 W/kg
Impellizzeri ym. 2009	25,4 ± 3,0 (SL-GS)	Mies, n = 17	48,6 ± 5,0 cm	31,2 ± 2,5 N/kg
	25,2 ± 4,2 (DH-SG)	Mies, n = 17	46,8 ± 4,6 cm	29,0 ± 2,5 N/kg

Minett ja Susta (2010, 55) tutkimuksessa maksimaalinen eksentrisen voimantuotto oli 54,0 ± 11,3 W/kg. Tutkimuksessa tämän tuloksen todettiin olevan 62 % suurempi kuin Minett vuonna 1998 toteuttamassa vastaavassa tutkimuksessa, jossa lukema oli 33,3 ±

8,1 W/kg (Minett 1998, Minett & Susta 2010, 55 mukaan). Tuloksen arveltiin olevan yhteydessä lisääntyneeseen eksentrisen voimantuoton harjoittamiseen alppiihhdossa (Minett & Susta 2010, 55). Impellizzeri ym. (2009, 274) italialaisille alppiihtäjille tekemässä tutkimuksessa ei havaittu eksentrisissä polven fleksio- ja ekstensiotuloksissa eroa eliittitason ja keskitason laskijoiden välillä. Sen sijaan merkitsevää tai lähelle merkitsevää eroa havaittiin keskimääräisessä hyppykorkeudessa 45 sekuntia kestävässä esikevennyshyppytestissä, esikevennyshyppytestin aikaisissa maksimivoimatasoissa sekä isokineettisesti mitatuissa eksentrisissä polven koukistuksissa ja ojennuksissa, kun laskijat ryhmiteltiin tekniikka- ja vauhtilajien laskijoihin. Tekniikkalajien edustajat omasivat suhteellisesti korkeammat fyysiset ominaisuudet verrattuna nopeuslajien laskijoihin. (Impellizzeri ym. 2009, 277–279.)

### 5.5.3 Lihasten toimintaan ja suorituskykyyn vaikuttavat tekijät

Isometrinen sekä eksentrisen lihastyötapo aktivoi kaikkia lihassolutyyppejä ja kyseessä oleville lihastyötavoille on tyypillistä, että ne nostattavat lihaksen sisäistä painetta (Sejersted, Hargens, Kardel Blom, Jensen & Hemansen 1984, Ferguson 2009, 405 mukaan) ja siten heikentävät työskentelevien lihasten verenkiertoa (Bonde-Petersen, Mork & Nielsen 1975, Sjogaard, Savard & Juel 1988, Ferguson 2009, 405 mukaan), joka vuorostaan vähentää veren kuljettaman hapen määrää lihaksissa ja lisää energia-aineenvaihdunnan vaadetta (Ferguson 2009, 405). Heikkoa lihasten hapetusta seuraa välittömästi lihasiskemia, joka johtaa lihasväsymykseen sekä sentraalisten että perifeeristen mekanismien kautta. Tätä seuraa heikentynyt motorinen kontrolli ja lopulta alentunut suorituskyky. (Ferguson 2009, 404–405.)

De Ruyter, Goudsmit, Van Tricht ja De Haan (2007) mukaan etureiden lihaksiin happirikasta verta kuljettavien valtimoiden on todettu sulkeutuvan verrattain pienellä polven ekstensoreiden isometrisellä lihaskontraktiolla. Valtimoverenkierron pysähtymiseen vaadittiin vain noin 35 % maksimaalisesta vääntömomentista. (Ferguson 2009, 405.) Szmedra ym. (2001) totesivat nelipäisen reisilihaksen happisaturaation laskevan enemmän suurpujottelun kuin pujottelun aikana. Tämä saattaa johtua suurpujottelun matalammasta ja staattisemmasta laskuasennosta. (Ferguson 2009, 405.)

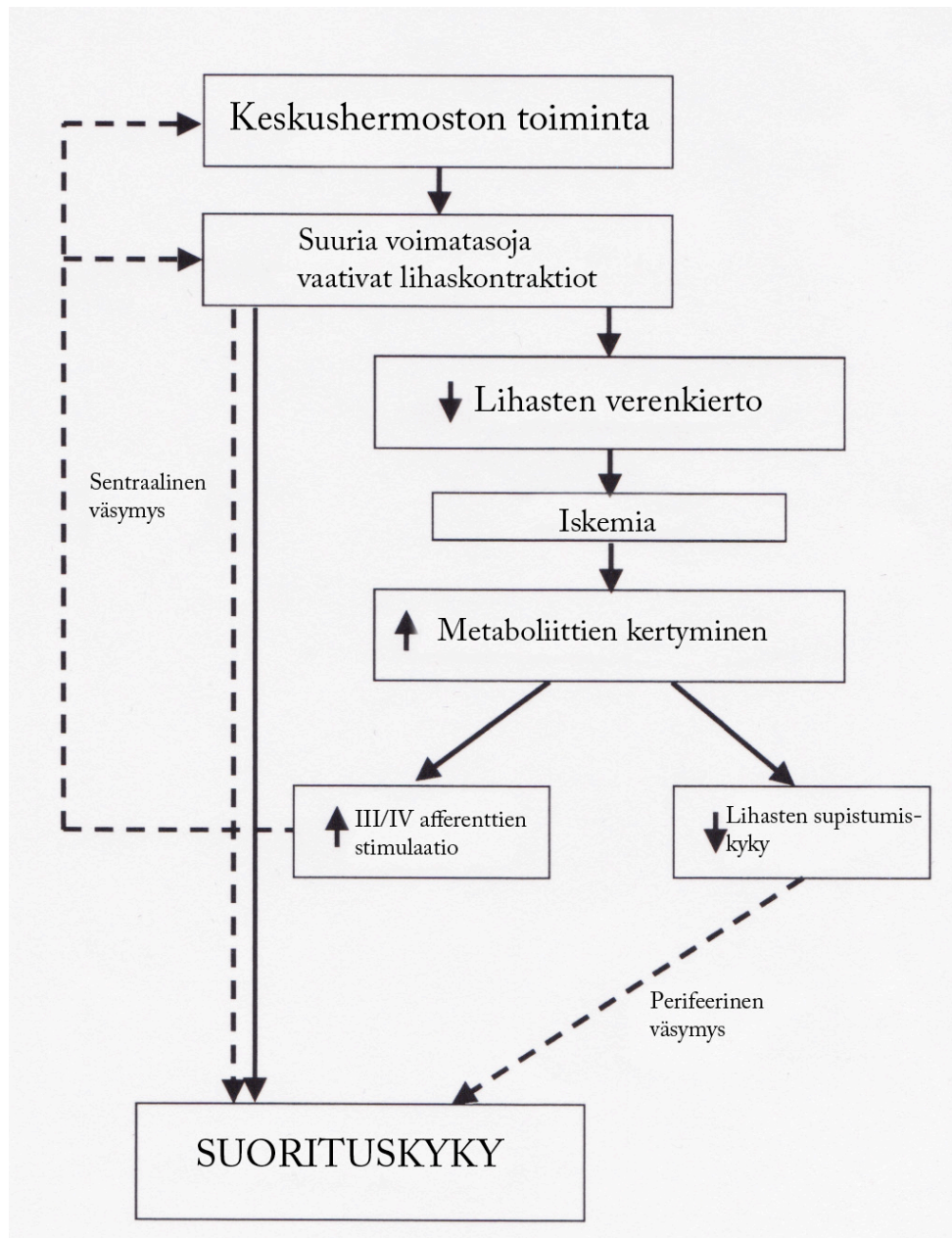
Ferguson (2009, 406) mukaan lihasväsymystä voidaan selittää perifeeristen ja sentraalisten mekanismien kautta. Perifeerisellä lihasväsymyksellä tarkoitetaan itse lihaskudoksessa tapahtuvia muutoksia eli puhutaan hermolihaskuoliitukseen nähden distaalisista

mekanismeista. Perifeerisen lihasväsymyksen mahdollisena selitysmallina voidaan pitää aineenvaihdunnan seurauksena syntyviä sivutuotteita. Ferguson (2009, 406) mukaan perifeerisessä lihasväsymyksessä tapahtuu muutoksia muun muassa poikittaissiltojen muodostuksessa aktiini- ja myosiinifilamenttien välillä (Fitts 2008), kalsiumionien vapautumisessa ja sitoutumisessa (Allen, Lamb & Westerblad 2008b) sekä aktiopotentiaalin leviämässä ja metaboliassa (Allen, Lamb & Westerblad 2008a). Aikaisemmin on ajateltu, että lihaskudoksen pH:n laskulla olisi ollut merkitystä lihaksen supistumiskykyyn, mutta nykykäsityksen mukaan väsymystä voi ilmentyä ilman kudoksen pH:n laskua. Nykyaikana ollaan enemmän kiinnostuneita aktiopotentiaaliin liittyvistä ionitasapainon muutoksista sekä heikentyneestä kalsiumionien vapautumisesta sarkoplasmisesta kalvostosta. Yksittäisten metaboliittien merkitystä perifeeriseen lihasväsymykseen ei ole toistaiseksi pystytty täysin selittämään ja yleisesti vallalla onkin käsitys, että perifeerinen lihasväsymys johtuu useammasta kuin yhdestä metabolisesta muutoksesta. (Ferguson 2009, 406.)

Sentraalisilla mekanismeilla tarkoitetaan yleisesti hermokudokseen ja keskushermostoon liittyviä lihassupistuksen ja lihasvoiman kontrollointiin vaikuttavia tekijöitä (Ferguson 2009, 406). Aineenvaihdunnan sivutuotteilla, jotka syntyvät supistuvassa lihaskudoksessa, näyttää olevan stimuloivaa vaikutusta ryhmän III ja IV afferentteihin eli keskushermostoon palaaviin hermosoluihin (Kaufman, Rybicki, Waldrop & Ordway 1984, Light, Huguen, Zhang, Rainier, Liu & Lee 2008, Ferguson 2009, 406 mukaan). Afferenttien stimulaatiolla on lihaksen käskytystä inhiboiva vaikutus, joka vaikuttaa aktiivisesti tuotettuihin lihassupistuksiin. Keskushermostolla on siten kyky valvoa työskentelevän lihaskudoksen tilaa. Keskushermosto lisää lihaksen neuraalista käskytystä ja sitä kautta lihaksen voimantuottoa tai hillitsee lihaksen pitkään kestänyttä korkeata aktiviteettia, jotta lihassolujen sisäistä ”katastrofitilaa” ei syntyisi. ”Katastrofitila” johtaisi perifeeriseen väsymiseen. (Gandevia 2001, Ferguson 2009, 406 mukaan.)

Perifeerisellä ja sentraalisella väsymyksellä on merkittävät vaikutukset motoriseen kontrolliin ja suorituskykyyn, kuten voidaan todeta kuvasta 10. Motorisella kontrollilla on suuri merkitys alppihiihtosuorituksessa, sillä hyvin hallitut ja lähes automaatiolta vaikuttavat liikkeet vaativat joko pieniä voimia juuri oikeilla hetkillä tai suuria voimia yllättävien tilanteiden ilmaantuessa. Perifeeristen lihassolujen voimantuoton epäonnistuminen yhdistettynä sentraalisen järjestelmän inhiboivaan toimintaan johtaa vääjää-

mättä heikentyneeseen suorituskykyyn, joka voi päättyä laskijan kaatumiseen kovasta vauhdista radan loppuosuuksilla. (Ferguson 2009, 406–407.)



Kuva 10. Väsymyksen ja suorituskykyyn vaikuttavat tekijät alppiihdon aikana. Katkoviivat kuvaavat inhibitiota (Ferguson ym. 2009, 407)

Miten alppiihtäjät sitten suoriutuvat kilpalaskusta ilman, että perifeerinen ja sentraalinen väsymys saavat ylivallan ja vaikuttavat suoritukseen radikaalisti? Ferguson (2009, 407) pohtii voiko eliittitason alppiihtäjien raajojen lihasten vaskulariteetti olla adaptoitunut niin hyvin, että niinä lyhyinä hetkinä, jolloin lihasten aktiivisuus on pienimmillään, verisuonisto kykenee ylläpitämään lihasten aineenvaihduntaa. Hänen

mukaansa on olemassa näyttöä siitä, että urheilulajeissa, joissa tuotetaan suuria voimia lyhyillä tauoilla, urheilijoille näyttäisi kehittyvän vaskulaarinen adaptaatio lihasten riittävän verenkierron ylläpitämiseksi. Adaptaatiomekanismi ei kuitenkaan ole täysin selvä, mutta sen voidaan ajatella johtuvan joko verisuoniston toiminnallisista tai rakenteellisista muutoksista. Parantuneen tai ”ylikehittyneen” verenkierron ansiosta lihastyön aikana syntyneiden metabolian sivutuotteiden poistuminen lihaksista tehostuu, jolloin supistuvaa lihasjärjestelmää koskevaa perifeeristä väsymystä eikä myöskään afferenttijärjestelmän kautta sentraalista väsymystä pääse syntymään. (Ferguson 2009, 407.)

Perifeerinen ja sentraalinen väsymys ovat välittömiä vaikutuksia suurelle lihastyölle, kun taas pidemmällä aikavälillä tarkasteltuna puhutaan matalataajuisesta väsymyksestä (LFF), jolla on myös vaikutusta lihasten supistumiskykyyn (Edwards, Hill, Jones & Merton 1977, Ferguson 2009, 408 mukaan). Matalataajuiselle väsymykselle on tyypillistä, että matalataajuisella stimulaatiolla voimantuotto on heikentynyt, kun taas korkeataajuisella stimulaatiolla ei ole havaittavissa vastaavaa voimantuoton alenemaa (Ferguson 2009, 408). Matalataajuisen väsymyksen todennäköiseksi aiheuttajaksi on esitetty hermolihasjärjestelmän optimaalisen toiminnan häiriötä (Jones 1996, Ferguson 2009, 408 mukaan) ja sen katsotaan olevan tyypillisempää eksentrisen lihastyön jälkeen (Rijkelijkhuizen, Ruiten, Huijing & De Haan 2003, Ferguson 2009, 408 mukaan). Näyttäisi myös siltä, että lihaksen nopeat eli tyypin II-solut, jotka tukeutuvat enemmän laktiseen glykolyysiin, ovat herkempiä matalataajuiselle väsymykselle kuin hitaat tyypin I-solut, joiden energia-aineenvaihdunta vaatii enemmän happea (Ferguson 2009, 408). Eliittitason laskijoille on tosin tyypillistä pieni tyypin I-lihassolujen määrän vallitsevuus verrattaessa ei urheileviin ihmisiin. Eliittitason laskijoilla matalataajuisen väsymyksen merkitys kilpalaskusuorituksessa tulee esille vain, jos laskijan täytyy suorittaa ennen kisaa intensiivinen karsintalasku. (Thorstensson ym. 1977, Ferguson 2009, 407 mukaan.)

Kyky vaimentaa tehokkaasti alppihiihdon laskun aikaista vibraatiota on yksi ratkaiseva ominaisuus alppihiihtäjälle (Haas, Simon & Schmidbleicher 1998). Federolf, von Tscherner, Haeufle, Nigg, Gimpl ja Müller (2009, 19) totesivat, että alppihiihtäjä altistuu vibraatiolle, jonka on todettu vaikuttavan lihasten fysiologiaan ja neuromuskulaariseen aktiviteettiin. Voimakas suksien vibraatio syntyy suksen ja lumen välisestä kontaktista, josta se leviää laskijan koko kehoon ja tämän vibraation vaikutuksesta kehon



pehmytkudoksissa tapahtuu resonanssi-ilmiö. (Mester, Spitzenpfeil, Schwarzer & Seifritz 1999, Federolf ym. 2009, 19 mukaan.) Laskun aikaisen suorituskyvyn kannalta vibraatio heikentää motorista kontrollia (ohjauksen laatua) ja lisää kaatumisen sekä loukkaantumisen riskiä. Ihmiskehon pääasialliseksi vibraation vaimentajaksi katsotaan alaraajojen nivelet, joissa vibraation vaimennus tapahtuu joko passiivisesti tai aktiivisesti. Passiivisiksi mekanismeiksi luetaan alaraajojen nivelissä olevat rustopinnat sekä luihin kiinnittyvät pehmytkudokset. Aktiivinen vibraation vaimennus tapahtuu niveltä ympäröivien lihasten kokontraktiolla, jolloin nivel jäykistyy ja siitä tulee stabiilimpi. (Federolf ym. 2009, 19.) Aktiivisella lihastyöllä (rytmikäs jalkojen ojentajalihasten supistuminen) pyritään muokkaamaan matalataajuinen värähtely korkeataajuiseksi, jolloin jo aikaisemmin tekstissä mainittua lihasvoiman alenemaa ei tapahdu (Haas ym. 1998).

Federolf ym. (2009, 23) totesivat vibraation intensiteetin vaihtelevan eri alppilajien välillä, mikä voidaan selittää eri laskunopeuksilla, erilaisella suksi–lumi -kontaktilla (sivuluisu vs leikkaava käännös vs liuku) sekä laskuvälineillä. Lihasten aktivaation todettiin lisääntyvän, kun vibraation intensiteetti kasvoi, jolle löytyi selvä korrelaatio EMG:n ja vibraatiomittauksen välillä. Mielenkiintoista oli se, että vaikka korrelaatiota havaittiin kahden tai useamman lihaksen osalta, suurimmalla osalla laskijoista oli lihaksia, joiden aktiivisuus ei kasvanut vibraation lisääntyessä. Tästä päätellen voidaan todeta, että yhden lihasryhmän osalta yhden lihaksen aktiivisuuden kasvu riittää vaimentamaan resonanssia, jolloin muut lihasryhmän lihakset voivat suorittaa haluttua liikettä. (Federolf ym. 2009, 24.)

#### 5.5.4 Nopeus ja liikkuvuus

Nykyisen tutkimustiedon perusteella voidaan todeta, että vaikka liikenopeus on alppi-hiihdossa hidas verrattuna muihin urheilulajeihin, niin vaadittavan lihaskontraktion nopeus ei välttämättä olekaan hidas. Itse asiassa lajin ominaispiirteisiin kuuluva tarve muuttaa kulkusuuntaa nopeasti vaatii nopeaa eksentristä voimantuottoa. Tästä syystä esimerkiksi harjoiteltaessa nopeita ja räjähtäviä dynaamisia liikkeitä harjoittelun tulisi keskittyä eksentriseen eikä niinkään konsentriseen työvaiheeseen. (Turnbull ym. 2009, 152.)

Liikkuvuutta pidetään yleensä tärkeänä tekijänä, kun puhutaan vammojen ennaltaehkäisystä, voimasta ja stabiliteetista nivelen koko liikealueella. Brown ja Wilkinson

(1983) sekä Andersen ja Montgomery (1988) tulivat tutkimuksissaan siihen lopputulokseen, että liikkuvuudessa on hyvin vähän eroja verrattaessa kansainvälistä tasoa kansallisiin tasoihin (Turnbull ym. 2009, 151 mukaan). Johtopäätöksenä on pidetty, että vähäisestä liikkuvuuden vajeesta ei ole merkittävää suorituskyvyn haittaa alppi-hiihdossa, kun pysytään tietyn minimiarvon paremmalla puolella (Turnbull ym. 2009, 151).

## 5.6 Energiantuoton ja kestävyiden vaatimukset

Kestävyydellä on merkitystä lajeissa, joissa suorituksen kesto ylittää kaksi minuuttia tai sellaisissa urheilusuurituksissa, joissa pidemmän ajan kuluessa toistuu useita lyhyitä, mutta tehokkaita työkaksoja. Kestävyys jaetaan suorituksen intensiteetin mukaan aerobiseen peruskestävyyteen, vauhtikestävyyteen, maksimikestävyyteen ja nopeuskestävyyteen. Kestävyysuorituskyky on lajispesifiä, vaikka kestävyysuorituskyky muodostuu lajista riippumatta maksimaalisesta aerobisesta energiantuottokyvystä ( $VO_2\max$ ), pitkäaikaisesta aerobisesta kestävydestä, suorituksen taloudellisuudesta ja hermolihasjärjestelmän voimantuottokyvystä. Kestävyysuorituskykyä selittävien ominaisuuksien painoarvo muuttuu suorituksen intensiteetin ja keston ja mukaan. Hermo-lihasjärjestelmän voimantuottokyky ja  $VO_2\max$  yhdessä ovat lopulta ratkaisevassa asemassa siinä, kuinka taloudelliseen suoritukseen urheilija lopulta pystyy. (Nummela, Keskinen & Vuorimaa 2004, 333.)

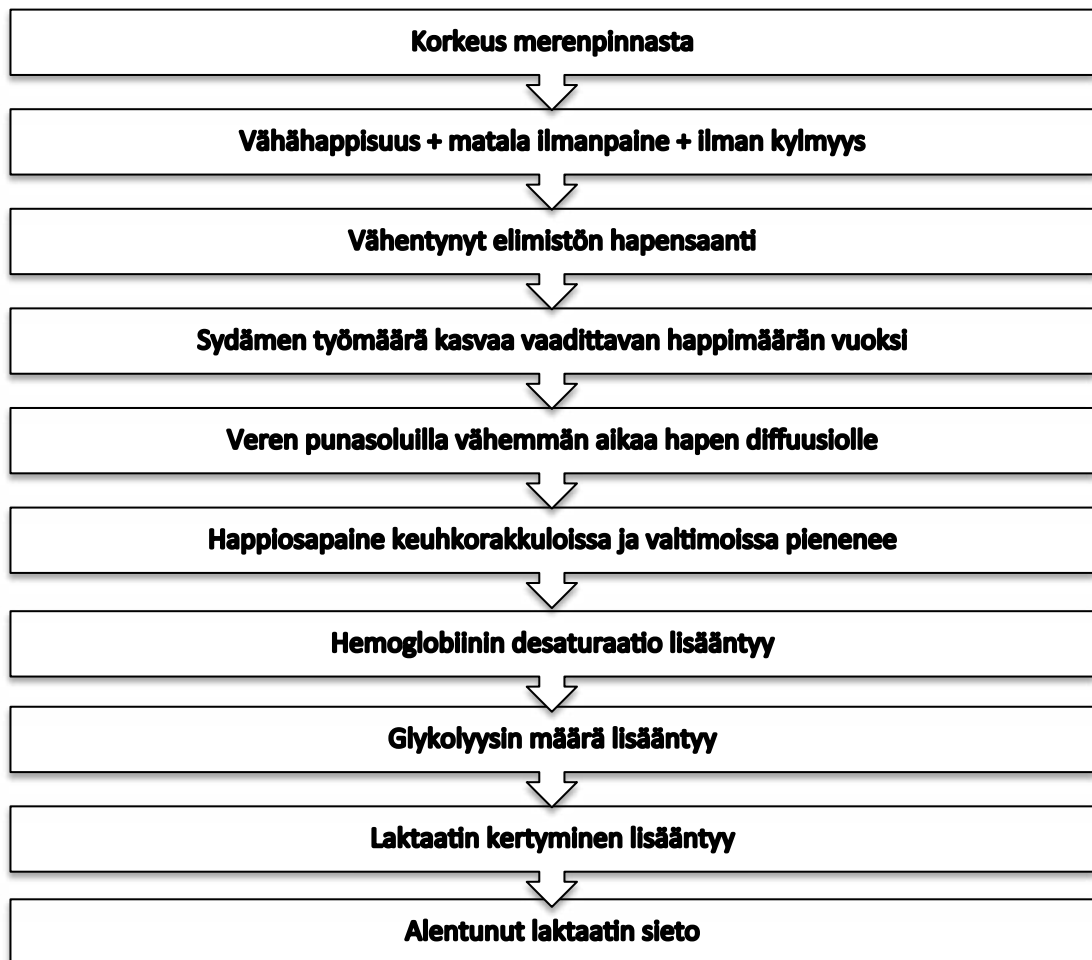
### 5.6.1 Energia-aineenvaihdunta

Energiamäärällä, joka tarvitaan peruselintoimintojen ylläpitämiseksi tarkoitetaan perusaineenvaihduntaa. Ihminen tarvitsee energiaa perusaineenvaihdunnan lisäksi syömisestä aiheuttamaan energian kulutukseen sekä liikkumisen ja urheilun aikana. Ravinnon nauttimisen ja imeytymisen jälkeen eri ravintoaineiden sisältämä energia varastoituu elimistössä korkeaenergisien fosfaattisidoksen sisältäviin yhdisteisiin kemiallisena energiana, joista tärkein on ATP eli adenosiniitri-fosfaatti. Elimistön kokonais-ATP:n määrä on verrattain pieni ja sen uusiutumiseen kuluu aikaa alle minuutti. Tästä johtuen ATP ei ole optimaalinen energiavarasto vaan elimistössä energia on varastoituneena rasvakudoksen triglyserideihin sekä lihasten ja maksan glykokeeniin. Näiden lisäksi lihas- ja hermokudoksessa energiaa on varastoituneena kreatiinifosfaattiin, josta se saadaan nopeasti käyttöön. Lihastyön aikana hiilihydraatteihin, rasvaan ja proteiineihin sitoutunut kemiallinen energia siirtyy mekaaniseksi energiaksi ATP:n välityksellä.

Rasvojen palaminen edellyttää hapen läsnäoloa, kun taas hiilihydraatit voivat pilkkoutua sekä aerobisesti että anaerobisesti. (Suomen Olympiakomitea 2012.)

Alppihiihtolaskun aikaista lihassolujen energia-aineenvaihduntaa on tutkittu 1970-luvulta lähtien (Impellizzeri ym. 2009, 272). Vuonna 1978 Tesch, Larsson, Eriksson ja Karlsson raportoivat eliittitason laskijoiden saavuttavan 80–90 % maksimaalisesta hapenottokyvystään (Turnbull ym. 2009, 148). 1980-luvun puolella Saibene, Cortili, Gavazzi ja Magistri (1985) puolestaan päätyivät suurempiin lukemiin, kun he totesivat suurpujottelun aikana saavutettavan 120 % VO<sub>2</sub>max arvosta (Turnbull ym. 2009, 148). Kun tätä verrataan ergometritestiin, jossa saavutetaan jopa 175 % VO<sub>2</sub>max arvosta, suurpujottelua voidaan pitää submaksimaalisena suorituksena (Saibene ym. 1985, Turnbull ym. 2009, 148 mukaan). Veicsteinas, Ferretti, Margonato, Rosa ja Tagliabue (1984) saivat vieläkin suurempia lukuja, kun he raportoivat pujottelun ja suurpujottelun aikana eliittilaskijoiden saavuttavan 160–200 % maksimaalisesta hapenottokyvystään (Turnbull ym. 2009, 148). Sekä Veicsteinas ym. (1984) että Saibene ym. (1985) tutkimusten mukaan alppihiihdossa noin 65 % energia-aineenvaihdunnasta tapahtuu anaerobisesti (Turnbull ym. 2009, 148). Tarkemmin määriteltynä Veicsteinas ym. (1984) tutkimuksen mukaan pujottelun ja suurpujottelun aikaisesta 60 %:sta anaerobisesta energiantuotannosta 40 % on laktista eli maitohappoa tuottavaa glykolyysia (Maffioletti ym. 2009, 365).

Kiireisen kilpailukauden ja ohessa tapahtuvan lajiharjoittelun katsotaan edellyttävän alppihiihtäjältä erinomaista aerobista ja anaerobista kuntoa (Raschner ym. 2006, 3). Alppihiihdolle, niin kuin muillekin talvikilpailulajeille, on tyypillistä, että kilpailuolosuhteet sijaitsevat korkealla jopa 800–3500 metriä merenpinnantason yläpuolella, jossa hengitettävän ilman happikonsentraatio vaihtelee välillä 13–19 % (Mester, Achtzehn, de Marées, Engelmeyer, Liphardt & Suhr 2009, 59). Kilpailu ja lajiharjoittelu tapahtuvat ympäristössä, jossa kylmä, vähähappinen ja matalailmanpaineinen ilmanala vähentävät keuhkorakkuloiden ja valtimoiden happipitoisuutta. Tästä seuraa glykolyysin lisääntyminen ja glykogeenivarastojen nopeampi ehtyminen, joka vuorostaan lisää metabolian painottumista anaerobiselle puolelle (kuva 11). (Kuno ym. 1994, Haman ym. 2002, Roberts 2005, Seifert ym. 2005, Svensson 2005, Turnbull ym. 2009, 149 mukaan.)



Kuva 11. Korkeuden ja kylmän ilmanalan vaikutus lihasten metaboliaan (Turnbull ym. 2009, 149)

Viitaten työssä aikaisemmin esitettyyn tekstiin lihasten toiminnasta ja suorituskykyyn vaikuttavista tekijöistä, voidaan esittää, että korkeuden ja kylmän ilmanalan aiheuttamien vaikutusten lisäksi alppihiihdossa aerobista metaboliaa häiritsee merkittävästi myös isometrinen lihastyö, jolloin supistuva lihas haittaa ja osittain estää veren tehokasta virtausta hiusverisuonissa. Heikon verenvirtauksen sekä korkean ilmanalan on todettu lisäävät laktaatin muodostusta lihaksissa (Tesch ym. 1978, Foster ym. 1999, Turnbull ym. 2009, 149 mukaan).

Von Duvillard (2009, 543) esittää, että laskusuorituksen aikainen lihassolujen energia-aineenvaihdunta on riippuvainen sekä anaerobisesta että aerobisesta energiantuotosta, jotka johtavat merkittävään laktaattipitoisuuden lisääntymiseen verenkierrassa. Yksinkertaistettuna sanoen voidaan todeta, että tekniikkalajeissa korostuu enemmän anaerobinen energia-aineenvaihdunta, kun taas ajallisesti pidemmissä vauhtilajeissa ae-

robisella metaboliolla on suurempi rooli (von Duvillard 1995, Turnbull ym. 2009, 149 mukaan; Maffioletti ym. 2009, 365).

### 5.6.2 Aerobinen kunto

Aerobista kuntoa pidettiin alppiihhdossa menestymisen perusehtona aina 1980-luvun puoliväliin saakka (Impellizzeri 2009, 272). Kyseiseen johtopäätökseen vaikuttaneena merkittävimpänä tekijänä pidettiin Karlsson ym. (1978) julkaisemaa tutkimusta ruotsalaisista alppiihtäjistä ja heidän suurista maksimaalisista hapenottokykyarvoista. Ruotsalaisten silloinen alppiihtokuningas Ingemar Stenmark saavutti maksimaaliseksi hapenottokyvyksi jopa 70 ml/min/kg. (Karlsson ym. 1978, Impellizzeri ym. 2009, 272 mukaan.) 1980-luvun puolivälin paikkeilla alkoi puolestaan ilmestyä tutkimuksia (mm. Haymes & Dickinson 1980; Brown & Wilkinson 1983; White & Johnson 1991), joiden mukaan eliittitason laskijoita ei voida erotella heikompi tasoista maksimaalisen hapenottokyvyn avulla (Impellizzeri ym. 2009, 272).

Nykyaikaisella laskutekniikalla ja nykyaikaisilla välineillä tapahtuvan alppiihdon osalta aerobisen kunnan merkitykseen otti ensimmäisenä kantaa Neumayr ym. (2003), kun he esittivät maksimaalisella hapenottokyvyllä ja miesten super-g:n ja syöksylaskun maailmancupin (1998) menestyksen välillä olevan vahvaa korrelaatiota itävaltalaisien alppiihtäjien keskuudessa. Vastaavaa korrelaatiota ei kuitenkaan ollut havaittavissa saman ryhmän osalta kilpailukausina 1997, 1999 tai 2000. Korrelaatiota ei myöskään ollut havaittavissa miehissä eikä naisissa tekniikkalajien osalta. (Impellizzeri ym. 2009, 273.) Neumayrin (2003, 571) esittämiin tutkimustuloksiin laativat Maffioletti, Impellizzeri, Rampinini, Bizzini ja Mognomi (2006, 166–167) *International Journal of Sports Medicine* -lehdessä julkaistun vastineen, jossa kritisoitiin lihasvoiman ja aerobisen tehon (power) ratkaisevaa asemaa alppiihtomenestyksessä. He perustelivat tutkimustuloksiin perustuen vastaväitteensä siten, että lihasvoiman ei ole voitu osoittaa olevan yhteydessä menestykseen alppiihhdossa ja että Neumayrin tutkimuksesta ei voida vetää sellaista johtopäätöstä, että aerobinen kunto olisi anaerobista merkityksellisempää alppiihhdossa. Viimeksi kuluneiden vuosien aikana on edelleen vahvistunut, etteivät maksimaalinen aerobinen teho ja aerobinen kapasiteetti ole määrittäviä tekijöitä alppiihtomenestyksessä (Hintermeister & Hagerman 2000, White & Johnson 1991, Maffioletti ym. 2006, 166 mukaan), kun taas anaerobisen

komponentin on ehdotettu olevan enemmän menestystä ennustava (Tesch 1995, Maffioletti ym. 2006, 166 mukaan).

Vaikka maksimaalisen aerobisen kunnan merkitys yksittäisten alppihiihtolaskujen kannalta on kyseenalainen, White ja Johnson (1993) raportoivat, että korkealla hapenottokyvyllä saattaisi olla vaikutuksia palautumiseen anaerobisten suoritusten välillä ja korkeampi aerobinen kapasiteetti mahdollistaisi aerobisen energian tuoton pitempään suorituksen aikana (Maffioletti ym. 2009, 365). Näiden lisäksi von Duvillard (1995) ja Kyröläinen ym. (1998) esittävät, että suurempi aerobinen energiantuotto voisi vähentää neuromuskulaariseen systeemiin kohdistuvaa stressiä (Turnbull ym. 2009, 149). Hintermeister ja Hagerman (2000) ovat samoilla linjoilla, kun he toteavat, että paremmalla aerobisella kunnolla saattaisi olla ennaltaehkäiseviä vaikutuksia väsymyksestä johtuviin vammoihin (Maffioletti ym. 2009, 372).

Doyle-Baker, Stewart ja Venner (2010, 132) tekemien havaintojen mukaan nuorempien laskijoiden ikäryhmässä (noin 13-vuotiaat) sukupuolella ei ollut merkitystä mitattuihin maksimaalisen hapenottokyvyn arvoihin ( $40,7 \pm 5,4$  ml/kg/min  $p=0.13$ ), mutta vanhempien ikäryhmässä (noin 16-vuotiaat) naisten  $VO_2\max$  oli  $46,0 \pm 0,90$  ml/kg/min, kun taas miehillä  $50,1 \pm 1,02$  ml/kg/min. Lisää tutkimuksissa esiin tulleita maksimaalisia hapenottokyvyn sekä aerobisen tehon arvoja taulukossa 11. Gross, Fabio, Lehmann, Hoppeler ja Vogt (2009, 2084) tahollaan vertailivat erilaisten fysiologisten testien tulosten eroja harjoitus- ja kisakauden välillä eliittitason miesalppihiihtäjillä. Tutkimuksessa maksimaalisen hapenottokyvyn todettiin olevan korkeampi ( $55,2 \pm 5,2$  ml/kg/min) kauden jälkeen kuin kauden alussa ( $52,7 \pm 3,6$  ml/kg/min) ( $P<0.01$ ). Tutkijat uskovat parempien kauden jälkeisten testitulosten johtuneen vähäisemmästä harjoittelun aiheuttamasta väsymyksestä. Kuitenkin tulosten perusteella pääteltiin nykyaikaisen alppihiihdon kisakauden tarjoavan riittävän runsaasti kardiovaskulaarista harjoittelua, jotta laskijoiden aerobinen kapasiteetti säilyy kauden aikana. Päinvastoin edelliseen verrattuna von Duvillard ym. (2009, 554) nuorille alppihiihtäjille tekemän tutkimuksen mukaan hapenvaade suurpujotteluharjoittelun aikana oli vain noin 50 %  $VO_2\max$  arvoista, joita nuoret kykenivät tuottamaan laboratoriotesteissä. Tämä poikkeaa selvästi Karlsson ym. (1978) saamista arvoista ruotsalaisten alppihiihtäjien osalta, sillä he saavuttivat laskun aikana jopa 88 %  $VO_2\max$  arvoistaan, vaikka heidän mitatut hapenottokykyarvot olivat selkeästi suurempia kuin vertailtavien nuorten (von Duvillard ym. 2009, 554). Hofmann, Steiner, Groeschl, Spirk ja Tschakert (2010, 51)

tutkivat myös tahollaan hapenottokykyä kisatilannetta vastaavassa laskusuorituksessa suurpujottelussa ja suhteuttivat tuloksia kuntotestausten tuloksiin. Seitsemän tutkittavaa olivat iältään  $19,3 \pm 5,5$  vuotiaita. Maksimaalinen hapenottokyky ergometritestauksessa ( $3,46 \pm 0,96$  l/min) oli korkeampi kuin laskusuorituksessa ( $2,5 \pm 1,1$  l/min). Von Duvillard ym. (2009, 554) mukaan osittaisena selityksenä näin selkeästi pienempiin arvoihin voitaisiin pitää laskuvälineistön ja tekniikan merkittävää kehittymistä energiataloudellisemman laskemisen suuntaan.

Taulukko 11. Kirjallisuudessa esitettyjä maksimaalisia hapenottokyvyn sekä aerobisen tehon arvoja

Lähde	Ikä	Sukupuoli ja tutkittavien määrä	Mittausmenetelmä	VO <sub>2</sub> max
Gómez-López ym. 2010	$16,6 \pm 1,9$	Mies, n = 35	-	$51,24 \pm 5,30 - 55,37 \pm 7,06$ ml/kg/min
	$19,7 \pm 4,4$	Nainen, n = 33		$40,11 \pm 4,85 - 43,68 \pm 4,88$ ml/kg/min
Impellizzeri ym. 2009	$25,4 \pm 3,0$ (SL-GS)	Mies, n = 17	Polkupyöräergometri, hengityskaasut	$56,9 \pm 4,1$ ml/kg/min
	$25,2 \pm 4,2$ (DH-SG)	Mies, n = 17		$55,2 \pm 5,3$ ml/kg/min
Von Duvillard ym. 2009	$16,8 \pm 1,4$	Mies, n = 13	Juoksumatto, hengityskaasut	$58,0 \pm 4,7$ (TT-1) $55,9 \pm 8,7$ (TT-2) ml/kg/min
Neumayr ym. 2003	$27,6 \pm 3,5$	Mies, n = 28	Polkupyöräergometri	$60 \pm 4,7$ ml/kg/min
	$25,2 \pm 3,9$	Nainen n = 20		$55 \pm 3,5$ ml/kg/min
Hofmann ym. 2010	$19,3 \pm 5,5$	Mies, n = 7	Polkupyöräergometri	$3,46 \pm 0,96$ l/min
			Kisasuoritusta vastaava lasku	$2,5 \pm 1,1$ l/min
Lähde	Ikä	Sukupuoli ja tutkittavien määrä	Mittausmenetelmä	Maksimaalinen aerobinen teho (MAP)
Gómez-López ym. 2010	$16,6 \pm 1,9$	Mies, n = 35	-	$145 \pm 33,91 - 199,29 \pm 36,68$ W
	$19,7 \pm 4,4$	Nainen, n = 33		$107 \pm 28,21 - 130 \pm 23,33$ W
Maffioletti ym. 2009	$22 \pm 3$	Mies, n = 98	Polkupyöräergometri, hengityskaasut	$3,93 \pm 0,26$ W/kg (1997) $4,30 \pm 0,31$ W/kg (2006)

Maffiuletti ym. (2009, 371) tutkivat sveitsiläisiä miesalppihiihtäjiä kymmenen vuoden mittaisella seurantatutkimuksella ja totesivat, että sveitsiläisten miesalppihiihtäjien osalta on havaittavissa selvää muutosta fysiologisten ominaisuuksien suhteen. Seuranan loppupuolella tehdyt mittaukset osoittivat selkeästi, että verrattuna 5–10 vuoden takaisiin mittauksiin nykyaikaiset alppihiihtäjät saavuttivat 11 % paremmat tulokset maksimaalisessa aerobisessa tehossa, 10 % huonommat tulokset anaerobisessa tehossa ja noin 20 % huonommat tulokset alaraajojen lihasvoimassa. Tutkijoiden mukaan tämä melko suuri muutos fysiologissa ominaisuuksissa saattaa hyvinkin kuvastaa alppihiihtäjien muuntautumista ”voimaurheilijoista” enemmän kestävyystyypiksi urheilijoiksi. Mahdollisia muutokseen johtaneita syitä voisivat olla nykyinen oheisharjoittelu sekä välineiden tuomat muutokset. Tutkimuksen tulosten perusteella voitaisiin spekuloida välineilläkin olevan oma merkityksensä; laskeminen nykyaikaisilla karving-suksilla vaatii vähemmän lihasvoimaa ja anaerobista tehoa/kapasiteettia ja kenties enemmän teknistä osaamista kuin vanhan malliset sukset. (Maffiuletti ym. 2009, 371–372.)

### 5.6.3 Anaerobinen kunto

Anaerobisen kunnan on osoitettu monien tutkimusten mukaan korreloivan hyvin alppihiihtomenestyksen kanssa. Nummela ym. (2004, 346) mukaan nopeuskestävyydellä tiedetään olevan suurin merkitys lajeissa, joiden suorituksen kesto on 10–90 sekuntia ja suoritus perustuu energiantuotollisesti anaerobiseen energiantuottoon. Nopeuskestävyyden pohjana ovat nopeus, kestävyys, voima ja lajitekniikka. Nopeuskestävyys on lajisidonnainen ominaisuus, joten sitä tulee harjoittaa siten, että harjoitusvaikutukset saadaan kohdistumaan lajissa käytettäviin lihaksiin. (Nummela ym. 2004, 346.)

Von Duvillard (1995) mukaan kehon massa suhteutettuna anaerobista tehoa mittaavat testit korreloivat paremmin alppihiihtomenestyksen kanssa kuin aerobista tehoa mittaavat testit (Turnbull ym. 2009, 150). Muista tutkimuksista mainittakoon White ja Johnson (1993) tekemä tutkimus, jossa havaittiin vertikaalihypyn olevan paras suorituskykyä kuvaava mittari, sekä Haymes ja Dickinson (1980) tekemä tutkimus, jossa puolestaan havaittiin vertikaalihypyn ja FIS-pisteiden välinen korrelaatio (Turnbull ym. 2009, 150). Kirjallisuudessa esitettyjä anaerobisen kunnan arvoja on koottu taulukkoon 12. Aivan yksioikoista tämä anaerobisen kunnan merkitys ei kuitenkaan ole.



Vaikka useiden tutkijoiden ja tutkimusten mukaan lihasvoima ja anaerobinen kunto ovat merkittävimpiä fyysisiä ominaisuuksia alppihiihtäjälle, tästä ei ole olemassa selvää näyttöä kirjallisuudessa. Itse asiassa yksikään seuraavista aihetta käsittelevistä tutkimuksista: Brown ja Wilkinson (1983), Abe ym. (1992), Bacharach ja von Duvillard (1995), Tesch (1995) tai Maffiuletti ym. (2006) ei ole yhdenmukaisesti pystynyt näyttämään toteen, että lihasvoima millään lihastyötavalla tai anaerobinen teho Wingate- tai hyppytestillä testattuna, voisi erotella eri tason laskijoita toisistaan ja/tai se korreloisi suorituskyvyn ja menestyksen kanssa (Impellizzeri ym. 2009, 273). Anaerobisen suorituskyvyn merkityksen puolesta puhuu Hofmann, Steiner, Groeschl, Spirk ja Tschakert (2010, 51) tekemä tutkimus, jossa tutkittiin seitsemää kokenutta miespuolista laskijaa (15–25-vuotiaita) erilaisin fyysisin testein ja tuloksia verrattiin kisasuoritusta simuloivan laskun fyysisten mittausten tuloksiin. Laskusuorituksia toteutettiin kaksi. Molempien laskujen ajallisen keston ja hyppytestin tehohuipun (peak jump power) ( $50,3 \pm 7,0$  W/kg) tuloksen välillä oli merkittävä yhteys ( $p < 0.02$ ). Samanlainen yhteys oli hyppytestin keskimääräisellä teholla (mean transition power) ja nopeilla laskuajoilla. Tutkimuksessa ilmenneiden testitulosten ja laskunopeuden välinen yhteys vahvistaa anaerobisen suorituskyvyn merkitystä nykyaikaisessa suurpujottelussa. (Hofmann ym. 2010, 51.)

Taulukko 12. Kirjallisuudessa esitettyjä anaerobista kuntoa kuvaavia mittaustuloksia

Lähde	Ikä	Sukupuoli ja tutkittavien määrä	Mittausmenetelmä	Tulos
Emeterio & González-Badillo 2010	14,6 ± 1,1	Mies, n = 16	30-s esikevennys-hyppytesti	27,3 ± 5,0 cm
	14,9 ± 1,0	Nainen, n = 15		22,6 ± 2,4 cm
Impellizzeri ym. 2009	25,4 ± 3,0 (SL-GS)	Mies, n = 17	45-s esikevennys-hyppytesti	29,7 ± 4,2 cm
	25,2 ± 4,2 (DH-SG)	Mies, n = 17		26,5 ± 3,7 cm
Maffioletti ym. 2009	22 ± 3	Mies, n = 98	45-s esikevennys-hyppytesti, hyppykorkeusprosentin muuttuminen ensimmäisten 15s ja viimeisten 15 s aikana	-20,5 ± 3,7 % (1997) -22,6 ± 6,0 % (2006)
Emeterio & González-Badillo 2010	14,6 ± 1,1	Mies, n = 16	30-s Wingate testi	12 ± 2 W/kg (suhteellinen huipputeho), 26 ± 11 % (väsymisindeksi)
	14,9 ± 1,0	Nainen, n = 15		10 ± 1 W/kg (suhteellinen huipputeho), 31 ± 9 % (väsymisindeksi)

Vaikka anaerobisella energiantuotolla ja alppihiihtomenestyksellä ei ole tieteellisesti pystytty osoittamaan yhdenmukaista korrelaatiota, anaerobinen energiantuotto on merkittävässä asemassa alppihiihtosuorituksen aikaisessa energia-aineenvaihdunnassa. Lukuisten tutkimusten mukaan (mm. Anders & Montgomery 1988 ja Tesch 1995) suurin osa tarvittavasta energiasta pujottelulaskun aikana tulee anaerobisen glykolyytisen järjestelmän kautta (Dolenec, Tomazin, Jereb & Vojko 2007, 173). Anaerobisen energiantuoton osuutta suorituksen aikaisessa kokonaisenergia-aineenvaihdunnassa kuvaa laskujen jälkeen mitatut kohonneet laktaattiarvot, jotka on esitetty kootusti taulukossa 13. Pujottelun kilpailusuorituksen jälkeiseksi laktaattipitoisuudeksi on mitattu 9–13 mmol/l (Anders & Montgomery 1988, Dolenec ym. 2007, 173 mukaan). Tesch, Larsson, Eriksson ja Karlsson (1978) puolestaan mittasivat veren laktaattipitoisuuksia suurpujottelukisan jälkeen ja saivat tuloksiksi 12,00 mmol/l tai enemmän (von Duvil-

lard ym. 2009, 544). Syöksylaskun jälkeen suoritetuissa laktaattimittauksissa havaittiin laktaattiarvon olevan  $6,0 \pm 1,7$  mmol/l. Kolmen syöksylaskun ja laktaattien mittauksien jälkeen tutkijat totesivat alppihiihdon nostavan veren laktaattipitoisuutta merkittävästi ( $p = 0.01$ ). Lisäksi ensimmäiseen laskuun liittyneet ennen ja jälkeen laskusuorituksen mitatut laktaattipitoisuudet olivat merkittävästi pienemmät kuin toisen tai kolmannen laskukerran. (Richardson, White, Seifert, Porretta & Johnson 1993.)

Taulukko 13. Tutkimuksissa mitattuja laktaattiarvoja

Lähde	Laskumuoto	Suorituksen jälkeinen laktaattiarvo
Hofmann ym. 2010	suurpujottelu	maksimissaan $8,7 \pm 2,2$ mmol/l
Tomazin ym. 2008	pujottelu	15min suorituksen jälkeen $7,1 \pm 1,6$ mmol/l
Dolenec ym. 2007	pujottelu	Laskujen aikana veren laktaattipitoisuus vaihteli $2,2\text{--}3,3$ mmol/l välillä 15 portin laskun aikana
Hernán & Gómez-López 2007	suurpujottelu	maksimissaan $17,8 \pm 2,9$ mmol/l
Dolenec ym. 2006	pujottelu	15 porttisen laskuradan jälkeen $2,6 \pm 0,57$ mmol/l (ennen laskua $2,5 \pm 0,88$ mmol/l); 30 porttisen laskuradan jälkeen $4,5 \pm 0,52$ mmol/l (ennen laskua $1,6 \pm 0,58$ mmol/l); 45 porttisen laskuradan jälkeen $6,7 \pm 0,99$ mmol/l (ennen laskua $1,8 \pm 0,71$ mmol/l)
Richardson ym. 1993	syöksylasku	$6,0 \pm 1,7$ mmol/l
Anders & Montgomery 1988, Dolonec ym. 2007 mykaan	pujottelu	Kilpailusuorituksen jälkeen veren laktaattipitoisuuden on mitattu olevan $9\text{--}13$ mmol/l
Tesch ym. 1978, von Duvillard ym. 2009 mukaan	suurpujottelu	$12$ mmol/l tai enemmän

Hernán ja Gómez-López (2007, 172) puolestaan keskittyivät vertailemaan veren laktaattipitoisuuksia erilaisten testien ja alppihiihdon kisasuoritusten välillä kauden 2006–2007 aikana. Tutkittavana oli yhdeksän noin 17-vuotiasta tyttöä Espanjan maajoukkueesta. Veren laktaattipitoisuutta mitattiin 30 sekunnin tauottomalla hyppytestil-

lä, 300 metrin juoksulla ja suurpujottelun kisalaskuilla sekä FIS-kisoissa että kansainvälisissä mestaruuskisoissa. Tutkittavat jaettiin kahteen ryhmään FIS-pisteiden mukaan ( $G1 = 43,5 \pm 4,5$  FIS-pistettä,  $n=4$  ja  $G2 = 78,9 \pm 7,9$  FIS-pistettä,  $n=5$ ). Paremmiin sijoittuneilla  $G1$  ryhmän naislaskijoilla oli parempi anaerobinen suorituskyky spesifeissä testeissä ja he saavuttivat korkeampia laktaattiarvoja. Paremmien menestyneiden laskijoiden fysiologinen vaste oli siis huomattavasti parempi. Tämän tutkimuksen loppupäätelmässä todetaan, että anaerobisen kapasiteetin harjoittaminen on tärkeä elementti nuorten alppihiihtäjien harjoittamisessa. Dolonec, Tomazin, Jereb ja Strojnik (2006, 173) tutkivat puolestaan laskusuorituksen pituuden suhdetta laktaattiarvoihin, jotta tätä tietoa voitaisiin käyttää hyödyksi tekniikkaharjoittelussa. Tutkijat totesivat tuloksiinsa viitaten, että 15 portin pujottelulaskun aikana veren laktaattipitoisuus ei saavuta vielä anaerobista tasoa eikä väsymisreaktiota vielä ehdi ilmetä. Tästä johtuen 15 portin rataa lepotauon kanssa voidaan pitää optimaalisena tapana opetella laskutekniikkaa. Näin meneteltäessä laskujen aikainen veren laktaattipitoisuus vaihtelee ainoastaan 2,2–3,3 mmol/l välillä. (Dolonec ym. 2007, 173.) Sen sijaan Tomazin ym. (2008, 189) tutkimuksessa tutkittavat suorittivat 45 portin mittaisen pujotteluradan, joka oli kestoaltaan noin 45 sekuntia. Tutkittavana oli kahdeksan mies alppihiihtäjää ( $18,4 \pm 1,2$  vuotta, FIS-pisteet pujottelussa  $30,1 \pm 5,4$ ). Veren keskimääräinen laktaattipitoisuus kasvoi suoritusta edeltäneestä  $1,6 \pm 0,6$  aina suorituksen jälkeiseen  $7,1 \pm 1,6$  mmol/l ( $p < 0.001$ ).

Szmedra ym. (2001, 232) tutkimuksen tarkoituksena oli tutkia lihasten verivolyymin muutosta ja hemoglobiinin/myoglobiinin happidesaturaatiota suurpujottelu- ja pujottelulaskun aikana. Tutkittavana oli 30 nuorta 9–17-vuotiasta eliittitason laskijaa. Lihaksen (mitattiin m. vastus lateralikselta) verivolyymin pieneneminen (reduction) levosta maksimaaliseen rasitukseen oli 30 % suurempi suurpujottelun kuin pujottelun aikana ( $p < 0.05$ ) ja desaturaatio oli 33 % suurempi suurpujottelun aikana ( $p < 0.05$ ). Nämä tulokset antavat kuvaa suurpujottelun matalamman laskuasennon vaikutuksesta kuormitukseen ja vaatimuksesta korkeamman maksimaalisen lihaskontraktion osuuden käyttövaatimuksesta.

## 5.7 Taito

Alppihiihtäjien keskuudessa on hyvin tiedostettu, että laskun hyvä tekninen osaaminen on välttämätöntä parannettaessa kilpailusuoritusta. Alppihiihtäjän kilpailusuorituksen

pohjalla on hyvät fysiologiset ominaisuudet, mutta erot huipulla laskijoiden välillä ratkotaan teknisten ja taidollisten elementtien avulla. (Hoshino ym. 2007, 27.) Taidolla tarkoitetaan liikkeiden tekemistä rytmisesti oikein. Taitava suoritus on sulavasti vaiheesta toiseen etenevää toimintaa ja se koostuu toinen toistaan oikeaan aikaan seuraavista vaiheista. Tietoisuus toiminnan suorittamisesta on sitä pienempää, mitä taitavampi suoritus on. Taitoon liittyy läheisesti myös hyvä ennakointi sekä suorituksen korkean tason säilyttäminen vaihtelevissakin olosuhteissa. Urheilijan on omattava tiettyt voima-, nopeus- ja kestävyysominaisuudet pärjätäkseen urheilulajissaan, mutta mitä enemmän aivoihin on tallentunut harjoittelulla saavutettuja motorisia liikemalleja, sitä vähemmän kapasiteettia kuluu liikkeen kontrolloimiseen ja sitä automaattisempi liiketapahtuma on. (Forsman & Lampinen 2008, 435.)

12–15-vuotiaana yleisten taidon kehittymisen edellytysten tulisi olla sillä tasolla, että voidaan alkaa panostaa lajikohtaisen taidon harjoittamiseen. Nopean oppimisen edellytyksenä on hyvä taitopohja. Nopeuden, kimmoisuuden ja nopeusvoiman herkkyyskaudet ovat parhaimmillaan tässä ikäryhmässä. Myös aerobisen kestävyuden herkkyyskausi alkaa tässä ikävaiheessa ja jatkuu aina 20-vuotiaaksi asti. Tässä ikäryhmässä voidaan aloittaa myös anaerobinen kestävyys harjoittelu sekä voimaharjoittelu. 16–20-vuotiaana taito hiotaan huipputasoon. Taitopohjan tulisi olla niin hyvä, että harjoittelussa on mahdollista edetä myös vaikeampiin olosuhteisiin. Herkkyyskausi tässä vaiheessa on kimmoisuuden, kestävyuden sekä voiman alueilla. Harjoittelussa on oltava lajin vaatimalla tasolla anaerobista kestävyys harjoittelua ja voimaharjoittelua. Tässä ikävaiheessa tulisi ottaa tarkasti huomioon lajin vaatimukset fyysisiltä osialueilta ja harjoittaa fyysisiä ominaisuuksia niiden pohjalta. (Forsman & Lampinen 2008, 415.)

## 6 KUNTOTESTAUKSEN PERUSTEET

Jokaisessa urheilulajissa kuntotestien valinnassa perusteena käytetään lajille ominaista suoritustapaa, suoritusaikaa, käytettäviä lihasryhmiä, liikeratoja sekä voimantuottoa. Vertaamalla tuloksia määritelyihin viitearvoihin saadaan tietoa yksittäisen urheilijan suorituskyvystä aikaisempien sukupolvien vastaaviin arvoihin verrattuna. Testitulosten kehittyminen kertoo harjoittelun onnistumisesta ja menestymisen edellytysten parantumisesta. (Kantola 2004, 210.)

## 6.1 Kuntotestauksen tavoitteet

Kuntotestauksessa tavoitteena on arvioida perus- ja lajiominaisuuksien tasoa, seurata kehitystä pidemmällä sekä lyhyemmällä aikavälillä ja hankkia tietoa harjoittelun suuntaamisesta ja optimaalisen harjoituskuormituksen määrittämisestä (Kantola 2004, 210). Urheilijan harjoittelussa tavoitteena on aina suorituskyvyn ja sitä kautta tulosten parantaminen. Valmennuksessa tavoitteena on parantaa urheilijan suorituskykyä perusominaisuuksia kehittämällä sekä harjoittaa taitoja lajin ja urheilijan vaatimusten mukaisella tavalla. Kuntotestauksessa tavoitteena on saada tietoa urheilijan suorituskyvystä, seurata kehittymistä ja suunnata harjoittelu parhaiden harjoitusvaikutusten aikaansaamiseksi. Testitulokset auttavat lajin parissa toimivia näkemään millaisista osatekijöistä suorituskyky muodostuu ja kuinka harjoittelua on suunnattava niin, että suorituskyvyn parantumisen kautta kilpailutulokset kehittyvät toivottuun suuntaan. Kaikkien edellä esitettyjen syiden johdosta kuntotestaus on useimmiten keskeisessä roolissa tavoitteellisessa urheiluvalmennuksessa. Lajikohtaiset kuntotestauksen paketit suunnitellaan mittaamaan lajin keskeisimpiä ominaisuuksia lajiantalyysiin perustuen. (Kantola 2004, 208.)

## 6.2 Laboratorio- ja kenttätetit

Kuntotetit jaetaan laboratorio- ja kenttätesteihin. Laboratoriotesteillä mitataan suorituskyvyn osatekijöitä erityisesti sitä varten suunnitellulla välineistöllä ja testaus tapahtuu urheilututkimusasemilla sekä valmennuskeskusten ja urheiluopistojen testiasemilla. Testeistä saatuja tuloksia käytetään lajiantalyysin tekemisessä, fyysisten perusominaisuuksien kartoittamisessa ja pitkän aikavälin kehityksen seurannassa. Kenttätetit puolestaan toteutetaan harjoitustilanteissa ja niiden käyttöalue on lajiominaisuuksien seurannassa ja optimaalisen harjoituskuormittamisen määrittämisessä. Kun 1970- ja 1980-luvuilla vielä käytettiin monivaiheisia ja pitkiä testipatteristoja, on 2000-luvulle tultaessa siirrytty kerran tai kaksi kertaa vuodessa tehtäviin perustestistöihin, jotka koostuvat vain muutamasta lajille tärkeästä laboratorio- ja kenttätestistä. (Kantola 2004, 208–209.)

## 6.3 Nuorison kuntotestaus

Kasvu tarkoittaa mitattavia muutoksia koossa, fysiikassa ja kehon koostumuksessa, kun taas kypsymisellä (maturaatio) tarkoitetaan etenemistä täysin kehittyneeseen ti-

laan. Kronologinen ikä on usein vertailun kohteen tutkimuksissa, jotka koskevat kasvua ja suorituskyykyä. On kuitenkin tiedostettava, että on olemassa huomattavaa variaatiota iän, maturaation ja suorituskyyvyn suhteen lapsuudessa ja nuoruudessa ja erityisesti puberteetti-iässä; maturaatio on eriaikaista eri elinsysteemien välillä ja lisäksi ajoituksessa on suuria yksilöllisiä eroja. (Beunen & Malina, 2008, 3.) Lampl, Veldhuis ja Johnson (1992) toteavat, että varsinainen kasvu on nuorella enemmänkin episodimaista kuin tasaisesti jatkuvaa (Beunen & Malina 2008, 3). Pituuskasvun huippukohta on tytöillä 12 vuoden ja pojilla 14 vuoden iässä. Noin 13 vuoden iässä voimaominaisuuksien kehittyminen on pojilla erityisen vauhdikasta, kun taas tytöillä voiman kehittyminen on suhteellisen tasaisesti jatkuvaa aina 15 ikävuoteen saakka ilman erityistä huippukohtaa. Sukupuolten väliset erot käyvät ilmeisemmiksi puberteetti-iässä ja 16-vuotiaiden keskuudessa vain harva tyttö on suorituskyyvyltään samalla tasolla kuin keskiverto ikäisensä poika. Kasvupyrähdyksen jälkeen esimerkiksi maksimaalinen hapenottokyyky on tytöillä keskimäärin 70 % poikien vastaavasta. (Beunen & Malina 2008, 3–4.)

Klinka ja Malina (1999) toteavat, että eliittitason urheilijoiden keskuudessa sukupuolten välisiä eroavaisuuksia motorista suorituskyykyä tarkastellen on tutkittu hyvin vähän. Niinpä he tutkivat suurella aineistolla (N = 260) kilpailevia nuoria (8–18-vuotiaita) alppihiittäjiä sukupuolten välisiä eroavaisuuksia viiden motorisen testin avulla. Räjähävän voiman ja lihaskestävyyden osalta sukupuolten välistä eroa ei ollut havaittavissa 8–13-vuotiailla laskijoilla, kun taas tätä vanhemmissa ikäryhmissä poikien testitulokset olivat huomattavasti tyttöjen vastaavia parempia. Ketteryyttä (agility) kuvaavassa testissä merkitsevää eroa tulosten välillä ei ollut havaittavissa sukupuolten välillä missään ikäryhmässä muutoin kuin yhden jalan hyppytestissä (lateral jump), jossa 14–18-vuotiaat pojat olivat merkitsevästi tyttöjä nopeampia. Tasapainon tulokset olivat samankaltaisia kaikissa ikäryhmissä sillä poikkeuksella, että 16–18-vuotiaat tytöt olivat merkitsevästi saman ikäisiä poikia parempia. (Klinka & Malina 1999.)

Urheilijat jotka menestyvät nuorena lajissaan, ovat usein edellä maturaatiossa keskiverto kehitykseen verrattuna. Tästä syystä on tärkeää tarkastella suoritusta suhteessa maturaatioon. Tehdyt analyysit kronologisen iän, luuston iän, pituuden ja painon perusteella osoittavat, että variaatiot maturiteetissa vaikuttavat suorituskyykyyn epäsuorasti. (Beunen & Malina 2008, 7.) Beunen (1981) mukaan nuorten poikien keskuudes-

sa kronologinen ikä ja luuston ikä itsessään tai yhdessä pituuden ja painon kanssa olivat hiukan (0–17 %) yhteydessä eroavaisuuksiin nopeudessa, liikkuvuudessa, räjähtävässä voimassa ja lihaskestävyydessä, mutta ero staattisen voiman suhteen oli niinkin korkea kuin 58 %. (Beunen & Malina 2008, 7 mukaan).

Tuoreessa artikkelissa nuorten urheiluun perehtynyt professori Tonkonogi (2012, 58–59) kirjoittaa, kuinka nuorten urheilijoiden parissa toimivien tulisi olla tietoisia biologisen iän merkityksestä urheilusuorituksia ja fyysisen kunnon osa-alueita arvioitaessa. Biologisen iän määrittäminen auttaa harjoittelun seurannassa, valmennuksellisten päätösten tekemisessä ja odotuksissa siitä, millaisia tuloksia nuorella urheilijalla on mahdollisuus saavuttaa ikäryhmässään. Biologisen iän määrittäminen auttaa myös ottamaan huomioon nuoren urheilijan parhaan aikakauden kehittyä jossakin ominaisuudessa ja saada sitä kautta edellytyksiä hyvälle tuloksille jatkossa. Riski ohittaa lahjakas urheilija vähenee, kun biologinen ikä otetaan arvioinnissa huomioon: biologiselta iältään hitaammin kehittyvä urheilija saattaa nuorella iällä jäädä kilpailuihin osallistumista edellyttävien suoritusarvojen alapuolelle, mutta olla myöhemmällä iällä lajissa menestyvä yksilö ja tätä merkityksellistä asiaa on vasta viime aikoina alettu paremmin ymmärtää. Biologisen iän arvioimiseen on kehitetty erilaisia keinoja, joista tarkin on röntgenologinen kuvantaminen. Tuolloin erityisesti pieniä käsien ja ranteiden luita tarkastelemalla voidaan määritellä varsin tarkasti nuoren biologinen ikä. Kuvantaminen on kuitenkin biologisen iän määrityskeinona harvoin saatavilla ja edellyttää myös osaavaa henkilökuntaa asianmukaisen tulkinnan aikaansaamiseksi. Sen vuoksi on kehitetty myös helpompia ja ei kuvantamista vaativia keinoja biologisen iän määrittämiseen. Käytetyin näistä on brittiläisen lastenlääkäri ja tutkija James Tannerin 1960-luvulla kehittämä metodi, kun taas kanadalaisten kehittämä LTAD (Long Term Athlete Development) on menetelmistä uusimpia ja keskustelua herättäneimpiä.

Vammautumisariski kasvaa, mikäli elimistö ei ole vielä biologisesti sopeutunut esimerkiksi maksimivoimaharjoitteluun. Myöhemmässä kehitysiässä olevan urheilijan keho kestää kuormitusta paljon paremmin ja palautuminen on paljon nopeampaa. Motivaation kanssa voi myös olla ongelmia, jos kovastakaan harjoittelusta huolimatta kehitystä ei tapahdu toisin kuin vieressä harjoittelevalla joukkueoverilla. Edellisen perusteella on ymmärrettävää, että lasten ja nuorten urheilussa on tiettyjä fysiologiaan liittyviä seikkoja, jotka tulisi ottaa huomioon kuntotestejä toteutettaessa ja tuloksia analysoitaessa. Peruseriaatteena on, että jos halutaan parantaa jotain fyysistä ominaisuutta, on



toteutettava senhetkisen kapasiteetin ylittävä kuormitus harjoitettavan ominaisuuden suhteen. Näin tehtäessä elimistö pyrkii korjaamaan vajauksen lisäämällä kapasiteettia. Periaatteen mukaisesti esimerkiksi lihasmassaa voidaan lisätä voimaharjoittelulla. Kuitenkin alle puberteetti-ikäisellä nuorella urheilijalla nämä ominaisuudet kehittyvät luonnostaan niin paljon, että voimakkaallakaan harjoittelulla ei ole voitu osoittaa selvää parannusta esimerkiksi lihasmassan kasvuun. On kyseenalaista kannattaako tämän ikäisillä urheilijoilla yrittää kehittää maksimivoimaa ja aerobista tai anaerobista kapasiteettia, koska ero normaalikehitykseen verrattuna jää hyvin vähäiseksi tai jopa olemattomaksi. Parhaiten tässä iässä kehittyvät sellaiset ominaisuudet kuten koordinaatio, liikkuvuus, pelitaito ja -käsitys, tekniikka ja henkiset ominaisuudet. (Selänne.)

Forsman ja Lampinen (2008, 415) jakavat lapsen ja nuoren kehityksen kolmeen herkkyykskauteen: 6–12-vuotiaat, 12–15-vuotiaat ja 16–20-vuotiaat. Lapsuudessa 6–12-vuotiaana taidon yleisten edellytysten kehittäminen ja niiden painottaminen harjoittelussa on tärkeää. Tällä varmistetaan lajitaitojen sujuva oppiminen myöhemmillä kehitysvaiheilla. Motorisen oppimisen rinnalla ketteryys-, tasapaino- ja koordinaatiokyky sekä nopeus kehittyvät parhaiten tässä ikävaiheessa. Nopeus, kimmoisuus ja nopeusvoima kehittyvät parhaiten 12–15-vuotiaana. Myös aerobisen kestävyuden kehitys alkaa tässä ikävaiheessa ja jatkuu aina 20 ikävuoteen asti. Ikävuodet 16–20 ovat taidon hiomisen aikaa ja herkkyykskausi kimmoisuuden, kestävyuden ja voiman alueilla jatkuu. (Forsman & Lampinen 2008, 415.)

Viidentoista vuoden iässä siirrytään harjoittelemaan kilpailemiseen tähdäten. Harjoittelun ohjelmointi ja suunnitelmallisuus lisääntyvät. Urheilijat harjoittelevat läpi vuoden yhä enemmän omien tavoitteidensa mukaisesti. Tälle vaiheelle pääsy edellyttää useimmiten kuudesta kymmeneen vuotta harjoittelutaustaa. (Alppiihitovalmennuksen perusteet, 13.) Puberteetissa poikien mieshormonipitoisuus kasvaa voimakkaasti. Tämän vuoksi elimistöllä on lisääntynyt kapasiteetti kasvattaa lihasmassaa tai parantaa hapenottoa. Jos tätä voimakkaan kehityskapasiteetin vaihetta ei hyödynnetä oikein, vaatii yksilön parhaan mahdollisen kehitystason saavuttaminen aikuisena paljon enemmän työtä. Nuoren urheilijan kanssa toimiessa olisi tiedettävä milloin yksilön elimistö on siinä vaiheessa, että tiettyjä ominaisuuksia kannattaa harjoitella. (Selänne.) Voimakkaan hormonaalisen kehityksen vaihe voidaan käyttää lihasmassan kasvattamisessa hyväksi, mikäli harjoitettava laji sitä vaatii (Forsman & Lampinen 2008, 418).

15–19-vuotiailla alppihiihtäjillä harjoittelu yhdistetään opiskeluun alppikouluissa ja akatemioissa sekä Ski Sport Finland alppilajien joukkueissa. Tässä vaiheessa urheilijoiden valmennus vaatii yhteistyössä eri alojen ammatti-ihmisten käyttöä niin lajiharjoittelun kuin muunkin harjoittelun osalta (testaus, fysioterapia, kuntoutus, fysiikka-harjoittelu). Fyysisten ominaisuuksien testaus ja tulkinta suoritetaan testiasemilla. Tulokset analysoidaan ja niistä johdetaan yksilölliset ohjelmat urheilijoille. Lajinomaisten taitojen kontrollina toimivat FIS-kilpailut. Tässä ikäryhmässä urheilijoiden tulisi laskea kaikkia lajeja. Suomen Hiihtoliiton Alppilajien valinnat ensimmäisiin joukkueisiin tapahtuvat tämän vaiheen aikana. (Alppihiihto- ja alppilajien valmennuksen perusteet, 4.)

Pidemmälle edistyneille urheilijoille on hyvä tehdä tarkempi suunnitelmallinen harjoitusohjelma. Lajinomaisten taitojen osalta tulee muistaa monipuolisuus. Tytöt nousevat kehityksessä tasolta seuraavalle pääsääntöisesti nopeammin kuin pojat. Tytöt ovat aiemmin valmiit analysoimaan ja kantamaan vastuuta tekemisistään. Tyttöjen aikaisempi kypsyminen antaa lajin parissa toimiville mahdollisuuden sallia tytöille enemmän vastuuta harjoittelusta. (Alppihiihto- ja alppilajien valmennuksen perusteet, 3.)

Säännöllisenä toistuvan systemaattisen testauksen ja valvotun harjoittelun katsotaan olevan kulmakiviä nuorten itävaltalaisien alppihiihtäjien menestyksen takana. Testiprotokollien luomisesta ja viitearvojen määrittämisestä eri ikäryhmille on apua fyysisten vajavaisuuksien nopeaan huomioimiseen. Viimeisen kymmenen vuoden aikaiset testitulokset (erityisesti pojilla) osoittavat, että Itävallan nuorten laskijoiden fyysiset ominaisuudet ovat erinomaisella tasolla verrattuna muiden lajien urheilijoihin.

(Raschner ym. 2006, 1.) Alppihiihdon monimuotoisuus edellyttää, että myös nuorten testauksen on oltava monipuolista. Testaamisen on keskityttävä määrittämään yksilöllinen status ja arvioimaan yksilöllistä kehittymistä lajissa. (Raschner ym. 2006, 1.)

10–16-vuotiaat voivat olla hyvin sensitiivisiä harjoittelun volyyymille ja intensiteetille meneillään olevien fysiologisten muutosten vuoksi. Tämän vuoksi on välttämätöntä, että niin testipatterit kuin harjoitusohjelmatkin on suunniteltu niin, että nuorten kehityksen vaihe on otettu huomioon. Viimeisen 10 vuoden aikana lähes kaikki nuoret itävaltalaiset laskijat ikävuosilla 12–18 toteuttavat fyysisten ominaisuuksien testipatterin kaksi tai kolme kertaa vuodessa. (Raschner ym. 2006, 2.) 12–18-vuotiaiden testipatteriin Itävallassa kuuluu maksimaalinen isometrinen yhden jalan ekstensiovoiman testi, maksimaalinen isometrinen keskivartalon (core) voiman testi, hyppytestejä Kistler

voimalevyanturilla (force platform) (counter movement jump, special power test ja reactive strenght test), hyppykoordinaation testi, kestävyys voiman 8strenght endurance) testi ja kaksi kestävyystestiä: anaerobinen viivajuoksu ja Cooperin testi (Raschner ym. 2005, Raschner ym. 2006, 2 mukaan).

## 7 ALPPIHIIHTÄJIEN KUNTOTESTAUS

Urheilijoiden fyysisten ominaisuuksien testaus ja seuranta ovat kehittyneet 1970-luvulta alkaen voimakkaasti samoin kuin urheilijoiden fyysisten ominaisuuksien harjoittaminen (Viitasalo & Rusko 1989, 202). Alppihiihdon harjoittelu- ja kilpailuympäristö sekä lajiin liittyvien liikkeiden monimuotoisuus tuovat haasteita testauksen spesifisyyteen (tarkkuuteen), validiteettiin (pätevyyteen) ja reliabiliteettiin (luotettavuuteen). Fyysisten ominaisuuksien testaaminen hyvin vakioituissa testiolosuhteissa on todettu luotettavimmaksi ja tarkimmaksi tavaksi arvioida alppihiihtäjien suorituskykyä. (Turnbull ym. 2009, 147.) Yleisesti ottaen laboratorioympäristössä tehtäviä mittauksia on kehitelty urheilulajien suuntaan ja toisaalta kenttäolosuhteissa tehtävissä mittauksissa on alettu käyttää tieteellisestä tutkimuksesta sovellettuja menetelmiä (Viitasalo & Rusko 1989, 202). Alppihiihtoon liittyvä taidon suuri merkitys ja toisaalta lajin luomat haasteet ovat muokanneet testipattereita siten, että nykyään ne pyrkivät mittaamaan mahdollisimman monia eri tekijöitä (Brown & Wilkinson 1983, White & Johnson 1991, 1993, Turnbull ym. 2009, 148 mukaan). Alppihiihtäjien kuntotestauksessa on hyvä muistaa se tosiasia, että yksittäisten testien spesifisyys alppihiihtoon nähden on kyseenalaista eivätkä pelkät alppihiihtäjistä saadut fyysiset parametrit ole riittäviä ennustaan tai luomaan hyvää alppihiihtäjää. Sen sijaan saadut fyysiset parametrit kuvaavat erittäin hyvin erilaisten harjoitusten harjoitteluvaikutusta. (Bacharach & von Duvillard 1995, 305.)

Maksimaalisen hapenottokyvyn mittaukseen on kehitetty epäsuoria ja suoria testejä. Urheilijoille suunnatussa testauksessa halutaan mahdollisimman suuri mittaustarkkuus ja siksi käytetään pääsääntöisesti suoria testimenetelmiä. (Nummela 2004, 64–65.) Laboratoriotesteistä polkupyöräergometritestiä pidetään parhaimpana testinä mittaamaan alppihiihtäjien maksimaalista hapenottokykyä suoralla mittausmenetelmällä. Kuntopyörällä suoritettavassa testissä on se hyvä puoli, että sillä on selvä lajinomainen yhteys alppihiihtoon työskentelevien lihasten ja lihasten rekrytoinnin osalta. (Turnbull ym. 2009, 147.) Karlsson (2005) mukaan moniportainen polkupyöräergo-

metritesti on yleisin käytössä oleva testi mittaamaan alppihiihtäjien maitohappojen kertymistä sekä  $VO_2\text{max}$ :a. Myös juoksumatolla suoritettavaa testiä on käytetty, mutta käytännössä on todettu, että heikosta juokсутekniikasta johtuen monien alppihiihtäjien testitulokset jäävät heikommiksi kuin mitä kunto todellisuudessa on (Brown & Wilkinson 1983, Svensson 2005, Turnbull ym. 2009, 147 mukaan; Rissanen & Atrila 1989, 370). Useampien lähteiden mukaan Beep–testiä voidaan pitää parhaimpana kenttätestinä mittaamaan epäsuorasti aerobista kuntoa (Brown & Wilkinson 1983, White & Johnson 1991, Turnbull ym. 2009, 147 mukaan). Kukaan ei ole kuitenkaan pystynyt tieteellisesti osoittamaan, miksi juuri Beep–testi olisi hyvä testi alppihiihtäjien testauksessa (Turnbull ym. 2009, 147). Kirjallisuuden mukaan anaerobista kuntoa mittaavista testeistä 30 sekunnin Wingate–testi näyttäisi olevan yleisin käytössä oleva testi, mutta 60 ja 90 sekunnin testien käyttö on yleistymässä, ja ne vaikuttaisivat olevan alppihiihdon kannalta lajinomaisemmat ajallisen keston ja energia-aineenvaihdunnan suhteen. Yli 30 sekuntia kestävän testin puolesta puhuu se, että voimantuotto vähenee merkittävästi, kun testi kestää kauemmin kuin 30 sekuntia. (Bacharach & von Duvillard 1995, 305–306.)

Isokineettisesti suoritettavasta alaraajojen lihasvoiman mittauksesta on tullut standardoitu laboratoriomittaus arvioimaan alppihiihtäjien alaraajojen lihasvoimaa. Isokineettisellä dynamometrillä suoritettu testaus on tarkin keino mitata konsentrista, isometrisestä ja eksentrista lihasvoimaa halutuilla nivelkulmilla ja liikenopeuksilla. Kenttätestauksessa alaraajojen lihasvoimaa mitataan tyypillisesti kyykky- ja jalkaprässitesteillä sekä isometrisellä lihasjännityksellä selkä seinää vasten polvet  $90^\circ$ :n kulmassa. (Hoff 2005, Blazeovich & Gill 2006, Turnbull ym. 2009, 148 mukaan.)

Keskivartalon stabiliteetin merkitystä urheilijan näkökulmasta tutkineiden Kibler, Press ja Sciascia (2006) mukaan keskivartalon lihasvoiman arvioinnin tulisi olla dynaamista ja sisältää spesifien toimintojen (vartalon hallinta seisten) ja eri liikesuuntien (kolmen tason liikkeit) arviointia. Kirjallisuuden mukaan keskivartalon lihasvoiman arvioimiseen käytettyjä kenttätestejä ovat tyypillisesti Hoover -asento sekä erilaiset vatsalihastestit (Hoff 2005, Blazeovich & Gill 2006, Turnbull ym. 2009, 148 mukaan).

Edellä esitettyjen kirjallisuudessa esiin tulleiden testaukseen liittyvien käytänteiden lisäksi taulukkoon 14 on koottu muutamia esimerkkejä eri alppimaiden testausmenetelmistä, joiden kaikkien tavoitteena on mitata alppihiihtäjän alaraajojen lihasvoimaa,

dynaamista stabiliteettia, koordinaatiota, ketteryyttä, anaerobista kestävyyttä, tasapainoa, ylä- ja keskivartalon lihasvoimaa sekä aerobista kuntoa. Tarkastelun kohteena ovat Suomen, Ruotsin, Norjan, Kanadan, USA:n, Sveitsin ja Itävallan saatavilla olevat testikäytänteet. Tarkasteltavista testausprotokollista Itävallan Stams:n alppilukion (Stams Schigymnasium) testauskäytänteet ovat ainoat, jossa käytetään suurelta osin laboratoriotestejä, kun muut esitetyt testipatterit keskittyvät enemmän kenttätesteihin.

Taulukko 14. Muutamia esimerkkejä eri alppimaiden testauskäytänteistä

<b>Fyysisen kunnan osa-alue/testi</b>	<b>Testimuoto</b>	<b>Testiä käyttävät maat</b>
<b>Aerobinen kunto</b>		
- Polkupyöräergometri	Laboratorio (suora)	Itävalta, Suomi (Vierumäki)
- Beep-testi tai vastaava	Kenttätesti (epäsuora)	Kanada, USA
- 3000m juoksu	Kenttätesti (epäsuora)	Norja, Ruotsi
- 1000 m juoksu	Kenttätesti (epäsuora)	Suomi (Kalle)
- 12 min Cooper testi	Kenttätesti (epäsuora)	Sveitsi
<b>Anaerobinen kunto</b>		
- Polkupyöräergometri	Laboratorio (suora)	Itävalta, Suomi (Vierumäki)
- 60 laatikkohyppy testi	Kenttätesti (epäsuora)	USA
- 90 laatikkohyppy testi	Kenttätesti (epäsuora)	Kanada, Norja, Sveitsi
<b>Alavartalon lihasvoima</b>		
- Isokineettinen mittaus	Laboratorio	Itävalta
- Vertikaalihinnoitus	Laboratorio/kenttätesti	Ruotsi, USA, Kanada, Suomi (Vierumäki)
- 1 RM kyykky	Kenttätesti	Norja
- 3 RM kyykky	Kenttätesti	Suomi (Vierumäki)
- Submaks. kyykky	Kenttätesti	Norja
- 5-loikka	Kenttätesti	Sveitsi, Suomi (Kalle)
- Tasaloikka	Kenttätesti	Norja, Sveitsi
- Toistokyykky	Kenttätesti	Suomi (Vierumäki)
<b>Nopeus ja räjähtävä voima</b>		
- Pudotushyppy/voimalevy	Laboratorio	Itävalta
- 20m juoksu	Kenttätesti	Ruotsi
- 60m juoksu	Kenttätesti	Suomi (Kalle)
<b>Keskivartalon lihasvoima</b>		

- Isokineettinen/isometrinen	Laboratorio	Itävalta
- 7–portainen vatsatesti	Kenttätesti	USA
- 3–portainen ylävatsa testi	Kenttätesti	Kanada
- Isometrinen alavatsa testi	Kenttätesti	Kanada
- Isometrinen vatsatesti	Kenttätesti	Suomi (Vierumäki)
- Hoover	Kenttätesti	Sveitsi
- “Brutaali penkki”	Kenttätesti	Ruotsi, Norja
- Isometrinen selkätести	Kenttätesti	Suomi (Vierumäki)
Ylävartalon lihasvoima		
- Isometrinen penkkipunn.	Laboratorio	Itävalta
- 1 RM penkkipunnerrus	Kenttätesti	Norja, Kanada
- Etunojapunnerrus	Kenttätesti	Kanada, Sveitsi
- Dippipunnerrus	Kenttätesti	Norja
- Leuanveto	Kenttätesti	Ruotsi
- Puristusvoima	Laboratorio/kenttätesti	Ruotsi, Itävalta
Koordinaatio/ketteryys/dynaaminen tasapaino		
- Agility test	Laboratorio	Itävalta
- 6–kulmiohyppely	Kenttätesti	Norja, Kanada
- 60m pujottelujuoksu	Kenttätesti	Suomi (Kalle)
- TDS–estejuoksu	Kenttätesti	Sveitsi
- Schweizerkreuz (CH-Kreuz+)	Kenttätesti	Sveitsi
Tasapaino		
- Tasapainolevy	Laboratorio	Itävalta
- Tasapainolauta	Kenttätesti	Kanada
Väsymis%		
- Toistokyykky + välitön kevennyshyppy	Laboratorio/kenttätesti	Suomi (Vierumäki)

Alppilajien kenttätestipatteri on ollut Suomessa seurojen käytössä 1980-luvun loppupuolelta saakka. Kaksi tai kolme kertaa toteutettavia kenttätestistöjä käytettiin 15–18-vuotiaiden valmennusryhmissä. Testiliikkeitä olivat 60 metrin juoksu, 5–loikka, 6–kulmiohyppely, ketteryystesti, vatsalihastesti, jalkakyykky, suurpujotteluhyppely ja 1000 metrin juoksu. (Rissanen & Atrila 1989, 367–369.)

## 8 LAJIANALYYSISTÄ NOUSSEET KUNTOTESTIEN VALINTAAN VAIKUTTAVAT TULOKSET

Tässä kappaleessa esitellään alppihiihtäjän tärkeimmät fyysiset ominaisuudet. Johtoajatuksena lajianalyysin tarkastelussa käytettiin fyysisten ominaisuuksien ja kuntotestauksen välistä yhteyttä. Kappaleen sisältö on samalla tulos ensimmäiseen tutkimusongelmaan ”*Mitä fyysisiä ominaisuuksia alppihiihdossa lajianalyysin perusteella edellytetään?*”

Fysiologisesta näkökulmasta tarkasteltuna alppihiihdossa vaaditaan lihasvoimaa, anaerobista ja aerobista lihaskuntoa, liikkuvuutta sekä monia motorisia kykyjä, kuten ketteryyttä, koordinaatiota ja tasapainoa (Hintermeister & Hagerman 2000, Maffiuletti ym. 2009, 365 mukaan). Kuntotestauksen tavoitteena on arvioida suorituskykyä perus- ja lajiominaisuuksien osalta, seurata kehitystä pidemmällä sekä lyhyemmällä aikavälillä ja hankkia tietoa harjoittelun suuntaamisesta ja optimaalisen harjoituskuormituksen määrittämisestä (Kantola 2004, 210). Kuitenkaan mitään yksittäistä fyysistä ominaisuutta ei ole voitu nostaa ylivoimaiseksi menestyksen ennustajaksi alppihiihdossa (White & Johnson 1993, Raschner ym. 2006, 1 mukaan.) Lisäksi kohderyhmä (15–18-vuotiaat nuoret) huomioon ottaen on tiedostettava, että on olemassa huomattavaa variaatiota iän, maturaation ja suorituskyvyn suhteen nuoruudessa sekä erityisesti puberteetti-iässä (Beunen & Malina, 2008, 3). Tonkonogi (2012, 58–59) painottaa, että nuorten urheilijoiden parissa toimivien tulee olla tietoisia biologisen iän merkityksestä urheilusuorituksia ja fyysisen kunnon osa-alueita arvioitaessa.

Kuntotestaus jaotellaan laboratorio- ja kenttätesteihin (Kantola 2004, 208). Fyysisten ominaisuuksien testaaminen hyvin vakioiduissa testiolosuhteissa on todettu luotettavimmaksi sekä tarkimmaksi tavaksi arvioida alppihiihtäjien suorituskykyä (Turnbull ym. 2009, 147). Eri ominaisuuksia mittaavien testien tulee olla optimaalisia mittaamaan juuri sellaisia fysiologisia vasteita, jotka ovat yhtenäisiä kisasuorituksen vaatimusten kanssa (Hernán & Gómez-López 2007, 172). Lisäksi valittavissa testeissä tulisi pyrkiä lajinomaisuuteen, jolloin esimerkiksi työskentelevät lihasryhmät, lihastyöta- pa, ajallinen kesto sekä nivelkulmat ovat identtisiä lajisuorituksen suhteen.

## 8.1 Eri laskumuotojen väliset erot ja vaikutukset kuntotestaukseen

Vauhti- ja tekniikkalajien laskusuoritusten välillä on havaittavissa selviä eroja. Vauhtilajeissa nopeudet ovat suuria ja laskijoiden tulee ”ankkuroida” koko vartalonsa virtaviivaiseen laskuasentoon, kun taas tekniikkalajeissa laskijoiden tulee kyetä tekemään tiukkoja käännöksiä nopeina sarjoina (Ferguson 2009, 404). Vauhtilajeissa keski- ja ylävartalon lihasvoiman merkitys korostuu staattisen laskuasennon ja tasapainon ylläpitämisessä. Tekniikkalajeista pujottelu on teknisesti haastavaa, täsmällistä ja kontrolloitua laskua suurilla laskunopeuksilla ja siinä tarvitaan lihasvoimaa ylläpitämään tasapaino nopeuden ja tekniikan välillä. Suurpujottelussa voimalla on suurempi merkitys pujotteluun verrattuna, koska siinä laskijan on kontrolloitava käännöksiä nopeammassa laskuvauhdissa. (O’Shea 1989, 64.)

Vaikka vauhti- ja tekniikkalajien välillä on havaittavissa selviä eroja, ei edellä mainittujen muuttujien eroavaisuuksia eritellä itse kuntotestauksessa. Testitulosten tarkastelussa tulee kuitenkin huomioida, että esimerkiksi Impellizzeri ym. (2009, 277–279) havaitsivat kymmenvuotisten mittaustulostensa perusteella, että tekniikkalajien edustajat omasivat suhteellisesti korkeammat fyysiset ominaisuudet verrattuna nopeuslajien laskijoihin. Toisena esimerkkinä voidaan pitää Bacharach ja von Duvillard (1995) tekemää tutkimusta, jossa havaittiin suorituskyvyllisiä eroja maksimaalisen anaerobisen tehotuoton suhteen pujottelijoiden ja syöksylaskijoiden välillä; pujottelijat kykenivät tuottamaan suurempia maksimaalisia tehotasoja, mutta eivät kykeneet ylläpitämään niitä pitkiä aikoja, kun taas syöksylaskijat tuottivat matalampia maksimaalisia tehotasoja, mutta pystyivät ylläpitämään voimatasoja pidempään. (Turnbull 2009, 148.) Suorituskyvyn ei katsota olevan erotteleva tekijä eri tason laskijoiden välillä (Impellizzeri ym. 2009, 278).

## 8.2 Antropometria

Säännöllinen kehon koostumuksen arviointi on tärkeä näkökulma niin nuoren kuin aikuisen urheilijan terveyden ja fyysisen kehittymisen seurannassa (Lohman, Going & Herrin 2008, 415). Alppihiihdossa kehon perusmittojen voidaan kuvata olevan yhteydessä motorisiin ja fysiologisiin parametreihin (Colombo 2002, Petr & Frantisek 2007, 147 mukaan). Lohman ym. (2008, 424) toteavat kuitenkin, että tarkkoja kehonkoostumukseen liittyviä viitearvoja on vaikea määrittää varsinkin silloin, kun kohderyhmänä ovat nuoret urheilijat, eikä toisaalta ole olemassa julkaistua tietoa siitä, voidaan-



ko antropometrisillä ominaisuuksilla sanoa olevan ennustavaa merkitystä menestyksen suhteen nuorten alppihiihtäjien osalta (Doyle-Baker, Stewart & Venner 2010, 132). On kuitenkin selvää, että biomekaanisesti ajateltuna kehon pituus vaikuttaa laskijan ilmanvastukseen ja kehon paino painovoimaan (Petr & Frantisek 2007, 147).

Kuntotestauksen näkökulmasta tarkasteltuna antropometrisista tuloksista mielenkiintoisimpia ovat BMI, rasvaprosentti ja rasvattoman kehon massa, vaikka muun muassa Neumayr ym. (2003, 574) ja Osgnach ym. (2006) esittävät, ettei antropometristen ominaisuuksien ja lajissa menestymisen välillä ole havaittavissa yhdenmukaista näyttöä. Nuorten alppihiihtäjien antropometrisia ominaisuuksia tarkasteltaessa poikien BMI sijoittuu 19–23 ja tyttöjen 18–23 välille (Abbassi 1998, Beunen & Malina 1988, Emeterio & González-Badillo 2010, 1011 mukaan). Kirjallisuuskatsaukseen koostettujen tutkimustulosten mukaan poikien rasvaprosentti vaihtelee alle 10 ja 17 välillä, kun tytöillä kehon rasvaprosentti on selvästi korkeampi; 17–23. Korkeammasta rasvaprosentista ja suuremmasta kehon massasta saattaa olla hyötyä erityisesti vauhtilajeissa, sillä suurempi massa tehostaa maan vetovoiman vaikutusta (Aerenhouts ym. 2010, 80; Neumayr ym. 2003, 574). Yhtenä suuremman kehon massan taustatekijänä pidetään lisääntyneitä ylävartalon massaa (Neumayr ym. 2003, 574). Tutkimustuloksia on myös sen puolesta, että eritasoisten laskijoiden välillä rasvakudoksen määrä ei vaihtelee, mutta sen sijaan korkeamman tason laskijoilla näyttää olevan enemmän lihasmassaa (Brown & Wilkinson 1983, Emeterio & González-Badillo 2010, 1010 mukaan).

Espanjalaisten nuorten alppihiihtäjien osalta havaittiin, että pojilla lihasmassa korreloi merkittävästi alaraajojen lihasvoiman sekä laskumenestyksen kanssa, mutta tytöillä vastaavaa korrelaatiota ei havaittu. Lisäksi poikien kehon rasvan prosentuaalisella osuudella oli negatiivinen korrelaatio esikevennyshyppyyn sekä 30 sekunnin hyppytettiin, jota tytöillä ei ollut havaittavissa. Nuoret alppihiihtäjät ja erityisesti naispuoleiset laskijat voisivat hyötyä suuremmasta lihasmassan ja alhaisemmasta rasvan määrästä. (Emeterio & González-Badillo 2010, 1009–1011.) Myös italialainen tutkimus osoittaa modernissa alppihiihdossa näkyvän lisääntyneen voimavaatimuksen verrattuna 30 vuotta aikaisempaan alppihiihtäjän profiiliin (Osgnach ym. 2006).

### 8.3 Lihasvoima

Lihasvoiman mittaaminen on kuulunut alppihiihtäjien kuntotestaamiseen jo 1960- ja 70-luvuilta lähtien (Bacharach & von Duvillard 1995, 305). 1990-luvulla suoritettujen

alaraajojen lihasvoimamittausten tuloksissa korostui eliittitason laskijoiden suuri alaraajojen maksimivoima, erityisesti polven ojennusvoima (Maffiuletti ym. 2009, 371–372; Tesch 1995, 310). 2000-luvulla maksimaalista alaraajojen lihasvoimaa käsittelevät tutkimukset antavat kuitenkin viitettä siitä, että nykyaikainen laskutekniikka nykyisillä laskuvälineillä ei ehkä vaadikaan yhtä paljon maksimaalista alaraajojen lihasvoimaa verrattuna aikaisempaan (Neumayr ym. 2003, 574; Maffiuletti ym. 2009, 371). Mahdollista maksimaalisen lihasvoiman vaatimuksen muutosta kuvastaa Sveitsin miesalppihiihtäjille tehty tutkimus, jossa vuoden 1997 maksimaaliset lihasvoimamittauksitulokset polven ekstension sekä vartalon ekstension ja fleksion suhteen olivat 20 % paremmat kuin vuoden 2006 vastaavat tulokset (Maffiuletti ym. 2009, 371). Suuremmasta maksimaalisesta voimantuotosta saattaa kuitenkin olla hyötyä, sillä työskentely pienemmällä maksimivoiman prosentuaalisella osuudella lihaksiin kohdistuva metabolinen vaade on pienempi, jolloin metabolian aiheuttamat seuraukset ovat vähäisempiä (Rundell 1996, Foster ym. 1999, Szmedra ym. 2001, Turnbull ym. 2009, 151 mukaan).

Alppihiihtolaskun suoritus aika on lajista riippuen 45–120 sekuntia (Bacharach & von Duvillard 1995, 305) ja sinä aikana laskijalta vaaditaan toistuvasti korkeatasoista lihasvoimaa isometrisesti ja eksentrisesti tuotettuna (Ferguson 2009, 404). Alppihiihtäjien kuntotestauksen lihasvoiman mittauksessa tulee ottaa huomioon lajin eksentrisen lihastyön vallitsevuus, liikenopeus, nivelkulma sekä maksimaalisen voimantuoton ajallinen kesto. Eksentrisen lihastyön vallitsevuuden puolesta puhuvat useat eri tutkimukset (Hoppeler & Vogt 2007; Berg & Eiken 1999, 3; Berg ym. 1995; Petrone & Marcolin) ja tämän lisäksi kyseisen lihastoiminnan määrän ja menestyksen välillä on havaittu merkittävä yhteys ainakin pujottelussa (Hoppeler & Vogt 2007, 27) ja suurpujottelussa (Keränen ym. 2011, 3, 11). Vastaavanlaista eksentrisen lihastyön vallitsemisvuutta ei ole havaittu missään muussa maksimaalista lihasvoimaa vaativassa urheilulajissa (Berg & Eiken 1999, 3).

Alppihiihto poikkeaa muista lajeista myös hitaan polven liikenopeutensa vuoksi. Suurrimman polven liikenopeudet on mitattu pujottelussa  $69 \pm 11^\circ/\text{s}$ , kun muissa laskumuodoissa liikenopeus on vieläkin hitaampi. (Berg & Eiken 1999, 3.) Jotta päästään mahdollisimman lajinomaiseen lihasvoiman testaukseen, suoritettavassa testissä tulee huomioida Berg ja Eiken (1999, 3-4) esittämät ulkosuksen puoleista jalkaa koskevat polven liikealueet ( $83\text{--}96^\circ$  SG,  $86\text{--}114^\circ$  GS,  $98\text{--}111^\circ$  SL), sillä käännöksen aikana

ulkosuksen on todettu olevan dominoiva sisäsuukseen nähden (Gurshman 2005). Dominoivaan jalkaan kohdistuvat voimat ovat suurimmillaan oikolinjasta poistuttaessa (Müller & Schwameder 2003, 681), jolloin laskijan tuottamat hetkelliset reaktiovoimat vaihtelevat 1000 N:sta aina 4500 N:iin asti (taulukko 5). Pujottelussa, suurpujottelussa ja super-g:ssä laskijat saavuttavat lähes maksimaalisen lihasaktivaation jokaisen yksittäisen käännöksen aikana (Berg & Eiken 1999, 3). Alppihiihdolle tyypilliset ulomman jalan pienet koukistuskulmat luovat voimakkaan ja biomekaanisesti vakaan asennon, jonka avulla laskijan on helpompi vastustaa häneen kohdistuvia suuria ulkoisia voimia (Gurshman 2005). Polven ekstensoreiden lisäksi myös harmstring-lihaksilla on suuri merkitys, sillä ne toimivat ACL-antagonisteina sekä lisäävät polven dynaamista stabiliteettia (Aagaard ym. 1995, Tourny-Chollet & Leroy 2002, Lembert ym. 2009, 357 mukaan).

Laskijoiden lihasvoiman arvioinnissa ei tule keskittyä pelkästään alaraajojen lihasvoimaan, vaan tarkastelua tulee laventaa myös keski- ja ylävartaloon. Thoma ym. (2011) mukaan keskivartalon lihasvoimalla on suuri merkitys pystyakselin kineettisen ketjun hallintaan. Heikko motorinen kontrolli aiheuttaa haitallista passiivista joustamista, joka johtaa dynaamisen stabiliteetin heikkenemiseen ja suksipaineen vähenemiseen, jolloin laskijan mahdollisuus kiihdyttää vauhtiaan heikkenee (Thoma ym. 2011). Edellä mainittujen tekijöiden lisäksi lihasvoiman testauksessa tulee huomioida suoritus-aika, sillä eksentrisen lihastyön ajallisessa kestossa on eroja eri laskumuotojen välillä; super-g:ssä kaksi peräkkäistä käännöstä kestävä 4,1 s, kun pujottelussa käännöksiin kuluu aikaa  $1,6 \pm 0,2$  s (Berg & Eiken 1999, 3). Vaikka alppihiihdossa nivelten liikenopeudet ovat hitaita verrattuna muihin urheilulajeihin, vaadittavan lihaskontraktion nopeus ei välttämättä olekaan hidas. Koska lajille ominaiset nopeat suunnanmuutokset vaativat nopeaa eksentristä voimantuottoa (Turnbull ym. 2009, 152), lihasvoiman testauksessa tulee arvioida myös voimantuoton nopeutta.

Lihassoiman tulosten tulkinnassa on huomioitava sukupuolien väliset erot. Esimerkiksi Emeterio ja González-Badillo (2010, 1010) raportoivat alaraajojen maksimivoiman olevan pojilla 40,8 % suurempi tyttöihin nähden. Pojat kykenivät myös tuottamaan hyppytesteissä 53,5 % enemmän räjähtävää voimaa kuin tytöt.

#### 8.4 Aerobinen ja anaerobinen kunto

Maksimaalista hapenottoa (VO<sub>2</sub>max) kuvaavia kuntotestejä pidetään perustesteinä usean urheilulajin osalta. Lopulta voimantuottoa ja VO<sub>2</sub>max yhdessä määrittelevät, kuinka taloudelliseen suoritukseen urheilija pystyy (Nummela ym. 2004, 333). Aerobisen kunnan merkitystä alppihiihdossa on tutkittu paljon, mutta aerobisen kunnan osuudesta ja vaikutuksista alppihiihtoon on edelleen ristiriitaista näyttöä ja epäselväksi jää kuinka tärkeää aerobinen kunto on ja miksi (Bacharach & von Duvillard 1995, 306–307). Sveitsiläisille alppihiihtäjille toteutetun kymmenvuotisen pitkäaikais-tutkimuksen mukaan nykypäivän alppihiihtäjien fysiologisissa ominaisuuksissa on tapahtunut merkittävää muutosta, jonka mukaan "voimaurheilijoista" on tullut enemmän kestävyystyyppisiä urheilijoita (Maffioletti ym. 2009, 372). Nopeatempoisen kilpailukauden ja siinä ohessa tapahtuvan lajiharjoittelun voidaan kuitenkin katsoa edellyttävän sekä erinomaista aerobista että anaerobista kuntoa (Raschner ym. 2006, 3; von Duvillard 2009, 543). Lajien välisten vertailujen pohjalta voidaan sanoa, että ajallisesti pidemmissä vauhtilajeissa aerobisella metaboliolla on merkittävämpi rooli, kun taas tekniikkalajeissa korostuu enemmän anaerobinen energia-aineenvaihdunta (von Duvillard 1995, Turnbull ym. 2009, 149 mukaan; Maffioletti ym. 2009, 365). Lukuisat tutkimukset (mm. Anders & Montgomery 1988 ja Tesch 1995) varmentavat tätä käsitystä esittäessään, että suurin osa tarvittavasta energiasta pujottelulaskun aikana tulee anaerobisen glykolyyttisen järjestelmän kautta (Dolenec ym. 2007, 173). Alppihiihdossa aerobista metaboliaa häiritsee isometrinen lihastyö, jolloin supistuva lihas heikentää lihaksen sisäistä verenkiertoa. Heikko verenvirtaus ja korkea ilmanala yhdessä lisäävät laktaatin muodostusta lihaksissa (Tesch ym. 1978, Foster ym. 1999, Turnbull ym. 2009, 149 mukaan).

Anaerobisen kunnan testaamista puoltavat useat tutkimukset ja esimerkiksi von Duvillard (1995) toteaa kehon massaan suhteutettujen anaerobista tehoa mittavien testien korreloivan paremmin alppihiihtomenestyksen kanssa kuin aerobista tehoa mittaavien testien (Turnbull ym. 2009, 150). White ja Johnson (1993) havaitsivat vertikaalihypyn olevan paras suorituskykyä kuvaava mittari ja Haymes ja Dickinson (1980) havaitsivat vertikaalihypyn korreloivan FIS-pisteiden kanssa (Turnbull ym. 2009, 150). Impellizzeri ym. (2009, 273) puolestaan kirjoittavat, että vaikka anaerobisen kunnan merkitystä tukevat muun muassa Brown ja Wilkinson (1983), Abe ym. (1992), Bacharach ja von Duvillard (1995), Tesch (1995) ja Maffioletti ym. (2006), nämä tutkimukset eivät

kuitenkaan tarjoa yhdenmukaista näyttöä siitä, että anaerobinen kunto tai vaihtoehtoisesti lihasvoima voisivat erotella eritason laskijoita toisistaan tai nämä korreloisivat laskumenestyksen suhteen. Anaerobisen aineenvaihdunnan toteutumista ja suurta osuutta kokonaisenergia-aineenvaihdunnassa kuitenkin todistavat laskusuoritusten jälkeiset korkeat veren laktaattipitoisuudet (taulukko 13). Anaerobisen energia-aineenvaihdunnan merkitystä lisää kilpailu- ja lajiharjoitteluolosuhteet, joissa vähähappinen ilmanala vähentää keuhkorakkuloiden ja valtimoiden happipitoisuutta, josta seuraa glykolyysin lisääntyminen ja glykokeenivarastojen nopeampi ehtyminen, jonka katsotaan lisäävän metabolian painottumista anaerobiselle puolelle. (Kuno ym. 1994, Haman ym. 2002, Roberts 2005, Seifert ym. 2005, Svensson 2005, Turnbull ym. 2009, 149 mukaan.)

## 8.5 Tasapaino, ketteryys, koordinaatio ja väsymys

Tasapainoa pidetään kaiken liikkumisen perustana ja se on erittäin tärkeässä osassa myös alppihiihdossa (Suomen hiihdonopettajat ry 2010, 9). Tasapainon testaamisen voidaan katsoa sisältyvän nykyaikaiseen alppihiihtäjien kuntotestaamiseen, vaikka sitä ei useissa käytössä olevissa testikäytänteissä mitata isoloidusti, vaan tasapainon katsotaan sisältyvän johonkin toiminnalliseen testiin. Tuolloin tasapainon arviosta ei saada täsmällistä tietoa, vaan tasapaino lukeutuu koko testin lopputulokseen. Alppihiihdossa tasapainon ylläpitäminen laskuasennossa on dynaamista lihastyötä vaativa prosessi (Suomen hiihdonopettajat ry 2010, 9), jolloin koko vartalon lihastyöskentelyn avulla saavutetaan stabiili kineettinen ketju eli puhutaan dynaamisesta tasapainosta (Thoma ym. 2011). Laskusuorituksen aikana tasapaino saavutetaan painopisteen ja tukipinta-alan välisellä oikealla suhteella sekä eteen-taakse, ylös-alas ja sivulta sivulle tapahtuvien tasapainottavien liikkeiden avulla (Suomen hiihdonopettajat ry 2010, 9). Lisäksi nykyaikaisilla karvingsuksilla laskemisen on todettu edellyttävän entistä parempaa tasapainoa sagittaalitasossa sekä kehittyneempää suksen kantilla tapahtuvaa ohjausta samanaikaisen tasapainon säilyttämisen kanssa (Müller & Schwameder 2003, 684).

Laskusuorituksen aikaiseen tasapainoon vaikuttaa alaraajojen lihasväsymys, jolla on todettu olevan selvää tilastollista merkitsevyyttä polven proprioseptiiviseen herkkyyteen ja motoriseen kontrolliin (Mejovsek ym. 2010, 139). Jäykkien alppihiihtomonien on todettu johtavan nilkkojen "lukittumiseen", jolloin tasapainoon vaikuttavan nilkkastrategian poisjääminen kompensoituu tasapainoa ylläpitävien toimintastra-

tegioiden uudelleen järjestelyllä (Noe ym. 2007, 1). Nilkkastrategian kompensoinnin on todettu olevan yksilöllistä, jolloin toiset korjaavat tasapainoaan enemmän polvien ja toiset lonkkien kautta (Mildner ym. 2007).

Eritasoisia alppihiittäjiä koskevissa tutkimuksissa on käynyt ilmi, että eliittitason laskijoilla on huonompi paljain jaloin seisten toteutettu tasapainon hallinta kuin alemman tason laskijoilla (Mildner ym. 2007; Noe ja Paillard 2005). Tästä huolimatta paremman tasapainon on todettu olevan eduksi äkkinäisissä tilanteissa esimerkiksi pujotellussa (Malliou, Amoutzas & Theodosiou 2004, Hrysomallis 2011, 228 mukaan). Tasapainoharjoittelu ei näytä lisäävän lihasten maksimivoimatasoa, mutta sillä saattaa olla vaikutuksia voimantuoton nopeuteen (Gruber & Gollhofer 2004, Hrysomallis 2011, 230 mukaan). Voimantuoton nopeuden lisääntyminen voi puolestaan johtaa räjähtävän voiman lisääntymiseen ja edelleen parempiin tuloksiin motorisissa suorituksissa, kuten maksimaalisessa vertikaalihypyssä (Hrysomallis 2011, 230). Kean, Behm ja Young (2006, 146) esittävät, että parempi yleinen tasapainonhallinta vähentäisi tasapainon ylläpitämiseen kohdistuvaa lihastyövaatimusta, jolloin lihakset voisivat tuottaa enemmän voimaa haluttuun liikkeeseen tai aktiviteettiin (Taube, Gruber & Gollhofer 2008, Hrysomallis 2011, 230 mukaan).

Alppihiittäjien ketteryys ja koordinaatio joutuvat koetukselle käännösten vaihtojen yhteydessä, joten näidenkin ominaisuuksien arviointi tulee sisältyä alppihiittäjien kuntotestaukseen mahdollisimman lajinomaisella tavalla. Käännöksen vaihdon yhteydessä laskijan täytyy siirtää kehon massan keskipiste käännöksen puolelta toiselle. Nykyaikaisessa laskutekniikassa tämä tapahtuu joko "crossunder", "crossover" tai molempia tekniikoita hyväksi käyttäen (Gurshman 2005). Kuntotestauksessa alppihiittäjien ketteryyden arviointia on tyypillisesti suoritettu erilaisilla hyppytesteillä, joissa laskija joutuu nopeassa rytmissä siirtämään jalkojaan kehon massapisteensä alitse.

Laskusuorituksen aikaisen lihasväsymyksen taustalta löytyy sentraalisia ja perifeerisiä mekanismeja, jotka ovat seurausta alppihiidolle tyypillisistä lihastyötavoista sekä niiden vaikutuksista lihaksen sisäisen paineen kasvuun (Sejersted ym. 1984, Ferguson 2009, 405 mukaan) ja heikentyneeseen lihasten verenkiertoon (Bonde-Petersen ym. 1975, Sjogaard ym. 1988, Ferguson 2009, 405 mukaan), jotka puolestaan johtavat lihasten vähähappisuuteen ja lihasiskemiaan (Ferguson 2009, 405). Verrattain pieni isometrinen lihastyö, noin 35 % maksimaalisesta vääntömomentista, riittää valtimove-

renkierron pysähtymiseen lihaksessa ja edellä kuvatun prosessin käynnistymiseen. Eri mekanismien kautta syntyvää lihasväsymystä seuraa heikentynyt motorinen kontrolli ja lopulta alentunut suorituskyky. (Ferguson 2009, 404–405.) Motorisella kontrollilla on todettu olevan suuri merkitys alppihiihtosuoritukseen ja sen heikentyminen erityisesti radan loppuosuksilla lisää kaatumisen ja loukkaantumisen riskiä (Ferguson 2009, 406–407). Väsymys ja väsyminen on perusteltua ottaa huomioon alppihiihtäjien kuntotestauksessa ja pyrkiä arvioimaan väsymyksen vaikutuksia urheilijan motorisessa suoriutumisessa.

## 9 KUNTOTESTIPATTERIIN VALITUT TESTIT

Tässä kappaleessa esitellään nuorten alppihiihtäjien kuntotestaukseen soveltuvat tarkoituksenmukaisimmat testit. Testit on koottu aikaisemmin työssä esitettyjen kuntotestien valintaan vaikuttavien tulosten perusteella. Testit löytyvät taulukosta 11. Tämä kappale vastaa toiseen tutkimusongelmaan ”*Millä testeillä valittuja fyysisiä ominaisuuksia on tarkoituksenmukaisinta testata nuorilla alppihiihtäjillä?*”

Testit on jaoteltu laboratorio- ja kenttätesteihin, joita täydentämään on otettu lisäksi lajinomaisia toiminnallisia testejä. Seuraavissa osioissa esitellään fyysisen testauksen osa-alueet yksi kerrallaan; ensin tarkempi ja kalliimpia testauslaitteita vaativa laboriotesti ja seuraavana vähäisempiä investointeja ja välineitä vaativa kenttätesti. Vaikka kenttätestejä voidaan usein pitää lajispesifinä, ovat ammattimaisesti suoritettujen laboriotestien tulokset luotettavampia ja tarkempia (von Läuppi ym. 2007, 25; Nummela 2007, 124), mutta toisaalta laboriotestien kustannukset ovat kenttätestejä suuremmat (von Läuppi ym. 2007, 25).

Tässä työssä ei luoda yhtä testauskäytäntöprotokollaa vaan tarjotaan opinnäytetyön tilaajalle mahdollisuuden valita heille optimaalisen testauskäytäntömenettelyn, joka pohjautuu heidän käytössä oleviin resursseihin sekä tietoon nykyisistä alppikoulujen testauskäytännöistä. Lopullisen kuntotestipatterin valinta jää Ski Sport Finland ry:n vastuulle. Taulukkoon 15 on koottu kuntotestipatteriin sisältyvät fyysisen kunnan osa-alueet laboratorio- ja kenttätestivaihtoehtoinen, joista Ski Sport Finland ry valitsee soveltuvamman vaihtoehdon (A tai B). Taulukko 15 on samalla ehdotus siitä, missä järjestyksessä testaus tulisi suorittaa.

Tämän opinnäytetyön teoriaan pohjautuen ihanteellinen testauskäytäntö olisi suorittaa kaikille nuorille alppihiihtäjille yhdenmukaiset laboratoriotestit 2–3 kertaa vuodessa yhdistettynä lajinomaiseen toiminnalliseen testaukseen. Testauksen luotettavuus ja tulosten vertailukelpoisuus parantuisivat huomattavasti, mikäli testauksen toteuttava ja tulokset antava yksikkö olisi kaikille urheilijoille sama. Tällöin välttyttäisiin muun muassa testikuormien vakioinnin ja eri testilaitteiden antamien tulosten välisten vertailun ongelmilta (Nummela 2007, 59).

Taulukko 15. Kuntotestipatterin valinta

	<b>Laboratoriotesti (Vaihtoehto A)</b>	<b>Kenttätesti (Vaihtoehto B)</b>
<b>Ensimmäinen testiosuus</b>		
- Antropometria	Biosähköinen impedanssi	Ihopoimuumittaus
- Anaerobinen kunto	60 s hyppelytesti	90 s laatikkohyppytesti
- Tasapaino	Tasapainolevy	Tasapainolauta
- Alaraajojen lihasvoima	Isokineettinen mittaus CKC/OKC	3 RM jalkaprässi yhdellä jalalla
- Toiminnallinen testi	6-kulmiohyppely	
<b>Toinen testiosuus</b>		
- Aerobinen kunto	Polkupyöräergometri	Cooper -testi
- Keskivartalon lihasvoima	Isometrinen vartalon fleksio ja extensio	Brutaalipenkki
- Ylävartalon lihasvoima	Isometrinen penkkipunnerrus	3 RM penkkipunnerrus
- Toiminnallinen testi	Illinois agility run	

## 9.1 Antropometria

Antropometrialla tarkoitetaan pituuteen, kehon massaun, kehon mittasuhteisiin ja koostumukseen liittyviä mittauksia, joiden avulla pyritään arvioimaan ihmisen terveydentilaa ja kasvua (Fogelhom 2007, 45). Lajianalyysistä nousseiden kuntotestien valintaan vaikuttavien tulosten perusteella voidaan todeta, että alppihiihtäjän antropometrian tarkastelun tulee sisältää ainakin laskijan pituus, paino, BMI (massa /pituus<sup>2</sup>), rasva % ja rasvattoman kehon massa. On osoitettu, että esimerkiksi ihopoimuumittauksen tuloksen ja rasvaprosentin välinen yhteys vaihtelee iän, maturaation (Slaughter 1988, Beurenberg 1990, Lohmann ym. 2008, 423 mukaan), ylipainon, eri urheilulajien edustajien ja etnisyyden mukaan (Heyward 2004, Lohman ym. 2008, 423 mukaan). Tämä tulee ottaa huomioon, kun yksittäisen laskijan tuloksia halutaan ver-



tailla, jolloin vertailu tulee suorittaa vain saman lajin edustajien välillä (Lohmann ym. 2008, 423). Tulee kuitenkin pohtia, onko kyseinen vertailu tarpeellista vai tulisiko tarkastelussa keskittyä vain saman yksilön aikaisempiin antropometriatuloksiin.

Laboratoriomenetelmistä vedenalaispunnitusta voidaan pitää yhtenä kehon koostumuksen mittaamisen luotettavimpana arviointimenetelmänä ja se toimii esimerkiksi ihopoimuumittaukseen perustuvien menetelmien referenssinä (Fogelholm 2007, 48). Vedenalaispunnituksen huolellinen suoritus aika on 30–45 minuuttia (Fogelholm 2007, 48), joten sitä ei ehkä voida pitää muun muassa ajallisen keston puolesta optimaalisimpana laboratoriotestinä arvioimaan alppihiihtäjän kehon koostumusta. Alppihiihtäjän kehon koostumuksen arviointi kannattaa toteuttaa ihopoimuumittauksena tai biosähköisellä impedanssimenetelmällä (BIA). Bioimpedanssi -mittaus perustuu kehon kykyyn johtaa sähköä (Fogelholm 2007, 50). Sen käyttö on jatkuvasti lisääntynyt, koska se on helposti paikasta toiseen siirrettävä, turvallinen, helppo toteuttaa, noninvasiivinen sekä tulokset ovat toistettavia ja nopeasti saatavilla olevia (Kyle, Bosaeus, De Lorenzi, Deurenberg, Elia, Gómez, Heitmann, Kent-Smith, Melchior, Pirlich, Scharfetter, Schols & Pichard 2004, 1227). Testiin ei kohdistu ihopoimuumittauksen kaltaisia mittaajasta lähtöisin olevia virhelähteitä. Kyseinen mittaus on kuitenkin herkempi aineenvaihdunnallisten tekijöiden aiheuttamille virheille, joten mittaukselta tulee edeltää vähintään neljän tunnin paasto ja virtsarakko tulee tyhjentää 30 minuuttia ennen mittauksen toteutusta. Mittarin heikkous piilee esimerkiksi siinä, että naisia ei voida mitata luotettavasti kuukautisten aikana. (Fogelholm 2007, 50.)

Lukuisat tutkimukset ovat yhdistäneet niin aikuisille kuin nuorille urheilijoille pituuden ja painon mittaukseen ihopoimuumittauksen kuvataksien paremmin kasvun ja kehityksen aiheuttamia muutoksia kehon koostumuksessa. Ihopoimuumittauksen valikoituneet mittauspaiikat ovat osoittautuneet parhaiksi kehon subkutaanin rasvan kuvaamisessa. (Lohman ym. 2008, 423.) Ihopoimuumittauksessa (olkavarren ojentaja ja koukistaja, lavalan ihopoimu ja suoliluun harjanteen poimu) mitataan kaksinkertaisen ihonalaisen rasvan osuus useasta kehon kohdasta. Lopullinen kunkin poimun tulos on kolmesti toistetun mittauksen antamien tulosten keskiarvo. Testattavan rasvaprosentti lasketaan yhtälön avulla. Sekä yhtälön valinta että mittaajan tekniikka vaikuttavat lopputulokseen, eikä eri mittaajien tuloksia voida pitää täysin luotettavasti vertailukelpoisina. (Fogelholm 2007, 50.) Tämä puoltaa osaltaan sitä, että luotettavimmat ja vertai-

lukelpoisimmat mittaustulokset saavutetaan, jos testimenetelmä ja mittaja ovat samoja tai vähintäänkin yhtä kokeneita.

## 9.2 Aerobinen kunto

Käytetyin testimenetelmä kestävyyskunnan mittaamisessa kuntotestauksessa sekä tutkimustyössä on polkupyöraergometritesti (Nummela 2007, 59). Tämä testi soveltuu alppihiihtäjille juoksemalla tehtävää testiä paremmin, sillä juoksemalla tehdyn testin tulokseen vaikuttaa merkittävästi juoksutekniikka (Turnbull ym. 2009, 147). Maksimaalisesti suoritettuna ergometritestien virhemahdollisuus on huomattavasti pienempi submaksimaalisiin testeihin verrattuna (Keskinen, Mänttari, Aunola & Keskinen 2007b, 82). Erityisesti urheilijoilla suositaan suoraa testausmenetelmää sen paremman luotettavuuden ja informatiivisemman tuloksen vuoksi. Urheilumailmassa on todennettu kestävyysominaisuuksien kehittyvän vain 1–3 % vuodessa ja siksi muutosta kuvaavan mittarin on oltava mahdollisimman tarkka. (Nummela 2007, 64.)

Maksimaalisen kuormituksen saavuttamiseksi polkupyöraergometritesti suoritetaan usein suoralla mittausmenetelmällä (Keskinen ym. 2007b, 81). Tuolloin testauksessa käytetään usein myös hengityskaasuanalysointia, jolla hapenkulutusta mitataan avoimella menetelmällä. Testin aikana testattava hengittää huoneilmaa sisään erityisen suukappaleen läpi, jonka avulla analysointilaite mittaa sisään- ja uloshengitysilman happi- ja hiilidioksidipitoisuutta sekä hengitettävän ilman tilavuutta. Hapenkulutusta laskettaessa selvitetään, kuinka paljon sisään hengitetystä hapesta jää kudosten käyttöön. Tämä voidaan tehdä uloshengitysilman koostumusta tarkkailemalla. (Nummela 2007, 60–61.)

Suorassa eli pitkässä testissä määritellään usein veren laktaattipitoisuus jokaisen kuormitustason jälkeen. Pitkässä testissä voidaan määrittää aerobinen ja anaerobinen kynnyksarvo maksimaalisen hapenottokyvyn lisäksi, jota lyhyessä testissä ei voida toteuttaa. Aerobisella kynnyksellä tarkoitetaan laktaattiarvon nousemista ensimmäisen kerran yli perustason, kun taas anaerobinen kynnyksarvo määrittyy laktaattipitoisuuden toisen jyrkän nousukohtaan mukaan. Suoran testin kuormitusmallissa pyritään 8–12 kuormitusportaaseen ja tuolloin kokonaistestiaika on 24–36 minuuttia. Testiä jatketaan uupumukseen asti tai hetkeen, jolloin testattava ilmoittaa halustaan päättää testi. Ennen testiä tulisi olla kaksi kevyttä harjoittelupäivää. Luotettavuutta lisää muutoksen välttäminen unen ja ravinnon suhteen ennen testiä. (Nummela 2007, 64–66.) Tu-

loksia tarkasteltaessa on huomion arvoista, että painokiloon suhteutettu hapenottokyky vääristää iso- ja pienikokoisten henkilöiden maksimaalisen aerobisen kapasiteetin vertailua. Tämän vuoksi tuloksia voidaan tarkastella myös muodossa  $\text{ml/kg}^{-2/3}\text{min}^{-1}$ . (Nummela 2007, 68).

Kenttätestiksi aerobisen kunnan mittaamiseen valikoitui Cooperin testi siitä huolimatta, että testi tehdään juoksemalla. Kenttäolosuhteisiin se on kuitenkin toteutukseltaan yksinkertaisin ja helposti toistettava. Cooperin testin ja maksimaalisen hapenottokyvyn välille on tutkimuksissa löydetty sekä erittäin merkitsevä riippuvuus että toisaalta matala korrelaatio (Keskinen ym. 2007a, 109). Cooper (1968) havaitsi korkean korrelaation ( $r = 0.897$ ) Cooper -testin ja maksimaalisen hapenottokyvyn välillä (Bellardini, Henriksson & Tonkonogi 2009, 58), kun taas kahden myöhemmin tutkimuksensa toteuttaneen ryhmän mukaan korrelaatio olisi matalampi ( $r = 0.3$ ) (Jessup 1974, Safrit 1988, Keskinen ym. 2007a, 109 mukaan).

Cooperin testi toteutetaan tasaisella radalla, jonka pituus on tarkasti määriteltävissä. Ainoa tarvittava väline on sekuntikello. Ennen testiä on 5–10 minuutin alkulämmittely ja sen jälkeen juostaan 12 minuutin ajan niin nopeasti kuin mahdollista. 12 minuutin kohdalla testi päättyy ja radalle merkataan testattavan loppusijainti, jotta voidaan mitata täsmällisesti juostu matka. Tulokseksi saadaan  $\text{VO}_2\text{max}$  arvo laskukaavasta:  $(\text{juostu matka metreinä} - 5504,9) / 44,73$ . Lisäksi on olemassa taulukoita, joista kunto- luokitus selviää testituloksen perusteella. (Keskinen ym. 2007a, 109.) Testattavan kannalta cooper -testin haasteellisuus kohdistuu oikeanlaiseen vauhdinjakoon. Mikäli juoksuvauhti on alkumatkasta todellista suorituskykyä hitaampi, testin lopputulos on usein alle todellisen suorituskyvyn. (Bellardini ym. 2009, 58.)

### 9.3 Anaerobinen kunto

Nopeuskestävyyden osalta voidaan erotella kaksi mitattavaa tekijää: anaerobinen suorituskyky ja anaerobinen aineenvaihdunta. Itse suorituskykyä on varsin helppo mitata vakioituilla menetelmillä, mutta suorituskyvyn takana olevien fysiologisten ominaisuuksien mittaaminen on selvästi haasteellisempaa. Anaerobisen suorituskyvyn testaaminen tapahtuu mittaamalla nopeus tai teho vakio pituisessa (pituus) tai -kestoisessa (aika) suorituksessa. (Nummela 2007, 117.)

Alppihiihtäjien anaerobisen suorituskyvyn laboratoriomittausmenetelmäksi valikoitui kontaktimatolla tehtävä 60 sekunnin hyppelytesti, jossa mitataan alaraajojen ojentajalihas- lihastan mekaanista tehoa. Mekaanisen tehon avulla voidaan arvioida anaerobista tehoa ja kapasiteettia sekä työskentelevien lihasten happamuuden- eli laktaatinsietokykyä. Polkupyöräergometritestiin (Wingate) verrattuna anaerobisessa hyppelytestissä vuorottelevat konsentrisen ja eksentrisen lihastyö, kun polkupyöräergometritestissä lihastyö tapahtuu konsentrisenä. Lisäksi hyppelytestissä hyödynnetään elastista energiaa. (Nummela 2007, 119.) 60 sekunnin hyppelytestin toistettavuus on todettu hyväksi,  $r = 0,95$  (Bosco ym. 1983, Nummela 2007, 119 mukaan) ja katsotaan soveltuvaksi testiksi lajeihin, jotka sisältävät lyhyitä intensiivisiä työskentelyjaksoja (Nummela 2007, 120). Testausvälineistö koostuu kontaktimatosta ja kontakti- ja lentoajat tallentavasta kellosta sekä veren laktaattipitoisuuden määrittämiseksi tarvittavasta välineistöstä. Testissä urheilija seisoo kontaktimatolla, kädet lanteilla, polvet  $90^\circ$  kulmassa ja selkä suorana. Tästä asennosta testattava lähtee suorittamaan maksimaalisia vertikaali- hyppyjä niin monta kuin ehtii. Alastullessaan testattavan tulee palata aina samaan lähtöasentoon sekä käsien tulee pysyä lanteilla koko suoritusajan. Polvikulman vaki- oinnissa voidaan käyttää äänimerkillistä kulmamittaria, jolloin tulosten luotettavuus paranee. Testitulokset ilmoitetaan tehona painokiloa kohden ( $W/kg^{-1}$ ) ja ponnistustehoja tarkastellaan 15 sekunnin jaksoissa, joista ensimmäinen kuvaa anaerobista tehoa sekä nopeusvoimaominaisuutta hyppelysuorituksessa. Keskiteho puolestaan kuvaa anaerobista kapasiteettia sekä polven ojentajalihas- kykyä tehdä työtä happamissa olosuh- teissa. (Nummela 2007, 119–120.) Hyppysuoritusta kuvaavien tulosten lisäksi testat- tavalta otetaan sormenpäältä verinäytteet ennen testin aloittamista lepolaktaattipitoi- suuden määrittämiseksi sekä 1, 4, 7 ja 10 minuutin kuluttua testin päättymisen jälkeen korkeimman laktaattipitoisuuden määrittämiseksi (Nummela 2007, 117).

Kenttätestinä anaerobista kuntoa arvioidaan 90 sekunnin laatikkohyppytestillä (kuva 12), jossa testattava pudottautuu alas laatikolta, hyppää takaisin laatikon päälle ja pu- dottautuu alas toiselle puolelle laatikkoa hypätäkseen jälleen laatikon päälle. Testin suorittamiseen vaaditaan laatikko tai penkki, kaksi avustajaa ja sekuntikello. Laatikon osalta on tärkeää, että se on standardisoitu ulkoisilta mitoiltaan 40 cm korkea, 51 cm leveä ja 60 cm pitkä, jolloin testin toistettavuus ja luotettavuus paranevat. Testin alku- asennossa testattava seisoo laatikon päällä ja lähtökomennosta alkaa suorittaa pudot- tautumisia alas laatikolta ja hyppyjä takaisin laatikon päälle. Yksi suoritus on pudot- tautuminen alas ja hyppy takaisin. Avustajat tukevat laatikkoa paikalleen, toinen las-

kee hyppysuoritukset sekä kirjaa ne ylös ja toinen toimii ajanottajana. 90 sekunnin aikana testattavan tulee suorittaa niin monta hyppysuoritusta kuin pystyy ja vain puhtaat hyppyt lasketaan. Hyppysuoritukset lasketaan ja kirjataan ylös 15 sekunnin sarjoissa, jolloin avustajien yhteistoiminta ja roolitus ovat keskeisessä asemassa. (Norges Skiforbund Olympiatoppen 2011, 16.) 90 sekunnin laatikkohyppytestiin voidaan myös yhdistää laktaattipitoisuuksien määrittäminen samalla tavalla kuin laboratoriotestiin, jos tarvittava välineistö on saatavilla.



Kuva 12. 90 sekunnin laatikkohyppytesti (Norges Skiforbund Olympiatoppen 2011, 16)

Riippumatta siitä kumpaa testiä käytetään, voidaan testitulosten tarkastelun yhteydessä laskea väsymisindeksi saatujen 15 sekunnin sarjojen tulosten perusteella. Väsymisindeksi lasketaan vähentämällä korkeimmasta 15 s:n sarjan tehosta/toistojen määrästä viimeisen 15 s:n sarjan teho/toistojen määrä ja jakamalla tämä korkeimman 15 s:n teholla/toistoilla. Prosentit saadaan kertomalla edellinen osamäärä sadalla. Laskukaava on siis  $F \% = (\text{korkein teho} - \text{viimeisen sarjan teho}) / \text{korkein teho} \times 100 \%$ . (Nummela 207, 117–118.)

#### 9.4 Alaraajojen lihasvoima

Alppihiihtäjien alaraajojen lihasvoiman laboratoriomittausmenetelmäksi valikoitui isokineettinen lihasvoimamittaus. Ahtiaisen ja Häkkisen (2007, 142–143) mukaan

isokineettisen lihasvoimamittauksen vahvuudet piilevät sen vakiointimahdollisuuksissa sekä tuottaman tiedon määrässä. Suorituksen vakiointi toteutuu nivelkulmien ja kulmanopeuden avulla. Maksimivoimaa mitataan tyypillisesti kulmanopeudella 60°/s, kun voimakestävyydessä nopeus nousee 180°:een ja nopeusvoimassa 240°:een sekunissa. Mittauksessa voidaan analysoida muun muassa voiman huippuarvo, voimantuotto eri nivelkulmilla sekä huippu- ja keskimääräinen teho. Isokineettistä mittausta suositaan erityisesti polven ojennus-koukistusliikkeen mittauksessa ja menetelmänä isokinetiikka mahdollistaa tarkan agonisti-antagonistilihasten välisen voimantuoton vertailun. Isokineettisellä mittausmenetelmällä on myös heikkoutensa; sitä ei ole standardoitu, mittaustulokset ovat laitesidonnaisia ja laitekustannukset ovat suuria. (Ahtiainen & Häkkinen 2007, 142–143.) Alppihiihtäjien alaraajojen lihasvoiman isokineettisessä mittauksessa tulisi huomioida lajille tyypilliset polven koukistuskulmat (110–130°), liikenoisuus (erittäin hidas eli < 69°/s) sekä eksentrisen lihastyön vallitsevuus.

Testisuorituksessa testattava istuu testipenkissä hyvin stabiloidussa asennossa. Isokineettisen mittalaitteen vääntövarren liikekeskus tulee asettaa mahdollisimman lähelle polvinivelen liikekeskusta, jonka jälkeen säädetään halutut liikelaajuudet. Varsinaista testiä edeltää alkulämmittely ja oikean testisuorituksen opettelu. Lisäksi isokineettisen mittalaitteen asetuksilla tulee määritellä mitä voimaa halutaan mitata (kulmanopeus ja toistomäärä) ja millä lihastyötavalla. (Ahtiainen & Häkkinen 2007, 125.)

Yhden toiston sarjoilla (1 RM) testattaessa voidaan puhua todellisesta dynaamisesta maksimivoimatestistä. Sen heikkoutena voidaan pitää hidasta liikenoisuutta, jolloin lihastyötapa on jo lähellä isometrasta ja kuitenkin useissa urheilulajeissa vaaditaan suurta dynaamista kiihtyvää voimantuottoa lyhyellä aikajaksolla. Lisäksi on hyvä tiedostaa, että vapailla painoilla tai laitteilla toteutettavassa maksimivoimatestauksessa itseasiassa mitataan maksimaalista voimantuottoa liikeradan heikoimmassa kohdassa. Yhden toiston maksimivoimatestiin liittyy suurempi loukkaantumisriski kuin kahden tai kolmen toiston testiin (Ahtiainen & Häkkinen 2007, 146–147), ja tästä syystä kenttätestiksi valikoituneen yhden jalan jalkaprässin toistomääräksi valikoitui kolme toistoa. Isoinertiaalisella voimantuotolla tapahtuvaan mittaukseen sisältyy myös liikkeen kiihtyvyys ja hidastuvuus (Ahtiainen & Häkkinen 2007, 146), jota isokineettisessä mittauksessa ei tapahdu (Pöyhönen). Jalkaprässillä toteutettavan testin edut jalkakyykkyyntä verrattuna ovat mahdollisuus testata yksi jalka kerrallaan sekä vähäisempi teknisen suorituskyvyn vaatimus.

3 RM jalkaprässi yhdellä jalalla suoritettuna noudattelee samaa kaavaa kuin mikä tahansa maksimitoistotesti. Aluksi testattavan on hyvä suorittaa 5–10 toiston lämmittelysarjoja 1–3 kertaa, jolloin kuorma on 40–60 % arvioidusta maksimista. Tämän jälkeen lähestymissarjoilla, joissa tehdään 3–5 toistoa, lähestytään testattavan 80 %:a maksimivoimasta. Tästä eteenpäin kuormaa lisätään vähän kerrallaan ja testattava suorittaa aina sarjaa kohden kolme toistoa, kunnes saavuttaa lopullisen kolmen toiston maksimikuorman. Jokaisen sarjan välissä pidetään 3–5 minuutin palautus. Optimaalissa tilanteessa maksimikuorma saavutetaan 3–5 sarjan jälkeen. (Ahtiainen & Häkkinen 2007, 146.) Testauksen toistettavuutta ja tulosten vertailun luotettavuutta lisätään hyvällä tutkittavan asennon ja polvikulman vakioinnilla. Testissä testattava istuu jalkaprässissä, toinen jalka työntölevyllä ja toinen jalka vapaana vieressä, jalkapohja lattiasa kiinni. Yksi suoritus muodostuu jalkaprässikelkan laskemisesta alas 90°:n polvikulmalle ja työnnöstä takaisin ylös. Ala-asennon 90° polvikulman määrittely tulisi toteuttaa esimerkiksi varsigoniometrillä ennen suorituksen alkua. Lisäksi olisi hyvä, jos polvikulman saavuttamiseen alaslaskun yhteydessä käytettäisiin jotain ulkoista ja näkyvää merkkiä, jonka myös testattava havaitsee helposti. Esimerkiksi urheiluteipin voi kiinnittää jalkaprässin kiskoon, jolloin prässin kelkan tulee laskeutua merkkiin asti jokaisella toistolla.

## 9.5 Keskivartalon lihasvoima

Keskivartalon fyysisten ominaisuuksien arvioiminen on hyvin vaihtelevaa, eikä tieteellistä perustetta optimaaliselle testaamiselle ole olemassa (Kibler ym. 2006, 189). Nykyisen tietämyksen valossa näyttäisi siltä, että sekä lokaalien että globaalien keskivartalon lihasten on toimittava yhdessä keskivartalon stabiliteetin saavuttamiseksi. Eri keskivartalon lihasten suhteellinen aktivaation osuus määräytyy toiminnon mukaan. Keskivartalon sensoris-motorisen kontrollin todetaan nykytiedon mukaan olevan merkittävämmässä roolissa kuin keskivartalon lihasten voima- ja kestävyysominaisuuksien. Näyttöä selvästä keskivartalon stabiliteetin ja suorituskyvyn välisestä korrelaatiosta ei ole kuitenkaan pystytty osoittamaan. Sen sijaan keskivartalon stabiliteetin ja vammautumisriskin välille on löydetty selkeitä yhteyksiä erityisesti alaselän ja polvinivelen osalta. (Borghuis, Hof & Lemmink 2008, 893.) Lisätutkimus on tarpeen, jotta voidaan osoittaa parhaat keskivartalon ominaisuuksien arviointimenetelmät eri kohderyhmille kohdentuen (Borghuis ym. 2008, 839).

Laboratorio-olosuhteissa suoritettavaksi testiksi valikoitui keskivartalon isometrinen mittaaminen koukistus- ja ojennussuuntiin (kuva 13). Ahtiainen ja Häkkisen (2007, 141) mukaan testauksen luotettavuuden ja toistettavuuden kannalta on erittäin tärkeää, että testiasento on hyvin vakioitu. Testattava on seisten ja hänet sovitetaan mittauslaitteeseen niin, että mittarin laudan alareuna miekkalisäkkeen korkeudella. Asennon on oltava niin jämäkkä, että vain hengittämiseen vaadittava liike sallitaan. Mittauksen aikana testattava painaa ylävartaloaan keskivartalon lihasten avulla maksimaalisesti tukea vasten. Kädet ovat vapaina vartalon sivuilla. Ne saavat jännittyä suorituksen aikana, mutta käsiä tai hartioita ei saa käyttää työntämiseen. Isometrisen lihasvoimamittauksen vahvuuksia ovat hyvä toistettavuus, turvallisuus ja suorittamisen helppous. Testisuorituksen aikana testattavan tulee tuottaa voimaa niin paljon ja niin lyhyessä ajassa kuin on mahdollista. Tällöin analysoitavana on myös voimantuoton nopeus voima-aika -käyrän mukaan. (Ahtiainen & Häkkinen 2007, 139–141.)

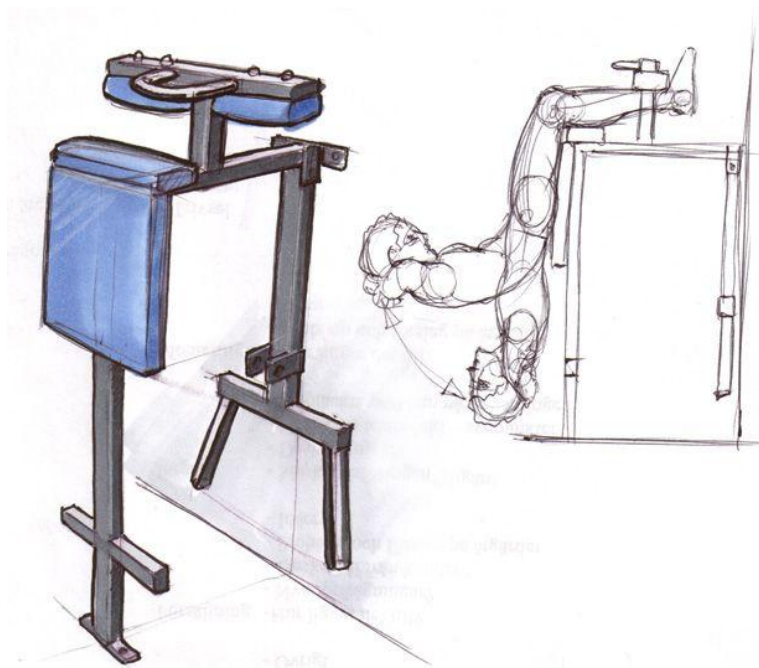


Kuva 13. Esimerkki vartalon isometrisestä ojennustestistä (Ahtiainen & Häkkinen 2007, 140)

Keskivartalon voimaa testaavaksi kenttätestiksi valikoitui brutaalipenkki, koska se esiintyi saatavilla olevissa testipattereissa toistuvasti (Ruotsi ja Norja) ja on hyvin vakioitavissa. Brutaalipenkiksi kutsuttu testi testaa submaksimaalista vatsalihasvoimaa. Testattava roikkuu kuvan 14 osoittamalla tavalla polvitaiteistaan käsien ollessa niskan



takana. Käsien asento vakioidaan 5 cm halkaisijaltaan olevalla köysirenkaalla, jota testattava pitää molemmissa käsissään vähintään kahdella sormella per käsi. Lämmitelynä testattava suorittaa 2–5 toistoa, joista hänelle annetaan palautetta suoritustekniikasta. Suoritusliikkeen tulee olla tasatahtinen, hallittu ja pakaroiden kontaktin tulee säilyä tukea vasten koko suorituksen ajan (mm. quadriceps lihasten rentous). Yläasennossa kyynärpäät koskettavat polvia. Ala-asennossa saa viipyä vain sekunnin. Jos testattava viipyy alhaalla yli sekunnin, hänelle huomautetaan siitä kerran ja seuraavalla kerralla testi keskeytetään. Hyväksytyllä suoritustekniikalla tehtyjen toistojen lukumäärä on testin tulos. (Norges Skiforbund Olympiatoppen 2011, 15.)



Kuva 14. Esimerkki brutaalipenkistä ja testisuorituksesta (Stockholm PowerZite 2004)

## 9.6 Ylävartalon lihasvoima

Ylävartalon lihasvoimaa mittaamaan valittiin helposti vakioitavissa ja toistettavissa oleva penkkipunnerrus, joka mittaa ylävartalon lihasvoimaa kokonaisvaltaisesti. Penkkipunnerrus voidaan toteuttaa isometrisenä Smith-laitteessa. Penkkipunnerrustanko lukitaan laitteessa noin 10–15 cm testattavan rintakehän yläpuolelle miekkalisäkkeen kohdalle. Kyynärnivelet asetetaan 90 asteen kulmaan ja sen mukaan määräytyy testattavan oteleveys tangosta. Tärkeintä on, että suoritusasento on tarkaan va-

kioitu; selkä saa kaareutua, mutta jalkojen ja takapuolen tulee pysyä kiinni alustassa koko suorituksen ajan. Testin aikana testattavan alle sijoitettu voimalevy mittaa testattavan alustaan tuottamaa voimaa. (Ahtiainen & Häkkinen 2007, 142.) Isometrisen lihasvoimamittauksen etuja on kuvattu keskivartalon lihasvoimakappaleessa.

Ylävartalon maksimaalista lihasvoimaa mittaavaksi kenttätestiksi valikoitui 3 RM penkkipunnerrus, joka mittaa olkavarsien ojentajien, hartialihasten ja rintalihasten voimantuottoa (Ahtiainen & Häkkinen 2007, 148). Levytangolla suoritettavassa maksimivoimapenkkipunnerruksessa testaus tapahtuu isoinertiaalisella voimantuotolla samalla tavoin kuin alaraajojen maksimilihasvoiman mittaus jalkaprässillä. Samoin toistojen määrä kasvatetaan 1 RM:stä kolmeen toistoon, jolloin saadaan luotettava arvio testattavan maksimivoimatasosta eikä loukkaantumisriski ole niin suuri kuin yhden toiston maksimivoimatestauksessa. (Ahtiainen & Häkkinen 2007, 146.) Testauksen aikana testattava on selinmakuulla penkillä, ja testi alkaa testattavan kannatella levytankoa suorin käsin. Tästä asennosta tanko lasketaan ensin rinnalle ja sen jälkeen työnnetään takaisin ylös suorille käsille. Testauksen toistettavuutta ja luotettavuutta lisätään asennon vakioinnilla. Jalat ja pakarat pysyvät kiinni alustassa koko suorituksen ajan. Otelevyden vakiointi tapahtuu siten, että ala-asennossa kyynärvarret ovat pystysuorassa alustaan nähden. Lisäksi liikenopeuden ja suoristusteknisyyden näkökulmasta tankoa ei saa alaslaskun yhteydessä pompauttaa rintakehää vasten, vaan tangon tulee pysähtyä ja koskettaa rintakehää. (Ahtiainen & Häkkinen 2007, 148.)

## 9.7 Tasapaino

Suunnitellussa testipatterissa tasapainon testaus suoritetaan kolme minuuttia anaerobisen testin jälkeen riippumatta siitä tehdäänkö tasapainotesti voimalevyanturilla vai tasapainolaudalla. Tämä menettely mahdollistaa tasapainon testaamisen lajille ominaisessa väsyneessä tilassa, jolloin tasapainon hallinta on kriittisintä. (Ellis & Sparovec.) Kohderyhmänä olevien nuorten urheilijoiden osalta ei tasapainon mittauksen suhteen ole tarkoituksenmukaista pyrkiä lajinomaisuuteen, vaan yleisen fyysisen kapasiteetin arvioinnin voidaan ajatella riittävän.

Alppihiihtäjien tasapainon arviointia voidaan toteuttaa voimalevyanturilla (force plate) testaten. Voimalevyanturilla mitataan jalkapohjien alustaan välittäviä reaktiovoimia. Mittaus tapahtuu laitteissa käytettävien venymäliuska-antureiden tai pietsosähköisyyteen perustuvien antureiden avulla. (Kauranen & Nurkka 2010, 298.) Voimale-

vyllä toteutettu tasapainon testaus on yleisin käytössä oleva laboratoriomenetelmä tasapainon mittaamiseen ja sen avulla tasapainosta voidaan määrittää pääasiassa kolmea tekijää: vakautta, symmetrisyyttä ja dynaamisuutta. Mittausten luotettavuuden ja toistettavuuden näkökulmasta voimalevyanturi tulee asettaa alustalle stabiiliksi ja vaakatasoon, jonka jälkeen suoritetaan laitteiston kalibrointi. (Kauranen & Nurkka 2010, 298, 360–361.)

Ennen varsinaista mittausta tutkittavalle annetaan ohjeet hänen tehtävästään mittauksen aikana (Kauranen & Nurkka 2010, 358). Laboratoriotestinä alppihihtäjille tehtävässä tasapainon mittauksessa mitataan paljain jaloin suoritettavaa staattista tasapainoa neljällä eri tavalla: kahdella jalalla silmät auki, kahdella jalalla silmät kiinni, yhdellä jalalla silmät auki sekä yhdellä jalalla silmät kiinni. Tämä menettely mahdollistaa näköaistin vaikutuksen arvioinnin suhteessa staattiseen tasapainoon, paljastaa mahdolliset alaraajojen puolierot tasapainon hallinnan osalta sekä antaa tietoa nilkkastrategian toiminnasta. Testauksen vakioinnissa tulee huomioida tutkittavan käsien asento asettamalla kädet ristiin hartioille sekä määrittämällä tutkittavan jalkojen asennonleveys mittanauhalla tai voimalevyn mitta-asteikolla, jotta samaa yksilöllistä asennonleveyttä voidaan käyttää jokaisessa uusintamittauksessa. Kaurasen ja Nurkan (2010, 365–366) mukaan painolevyllä suoritettujen tasapainomittauksen analysoinnissa saadaan sekä graafisia että numeerisia tuloksia. Useimmat tasapainon analysointiohjelmat näyttävät graafisesti voimavaikutusten keskipisteen kulkeman reitin mittauksen aikana sekä laskevat numeerisesti tiettyjä tunnuslukuja tästä radasta. Vaikka voimalevyt mittaavat nimenomaan pystysuunnassa vaikuttavia voimia, ne eivät ilmaise voimavaikutusten keskipisteen liikettä ylös-alas suunnassa. Tästä syystä varsinkin staattisissa tasapainomittauksissa keskitytään analysoimaan liikettä sivuttaissuunnassa ja eteen-taaksesuunnassa.

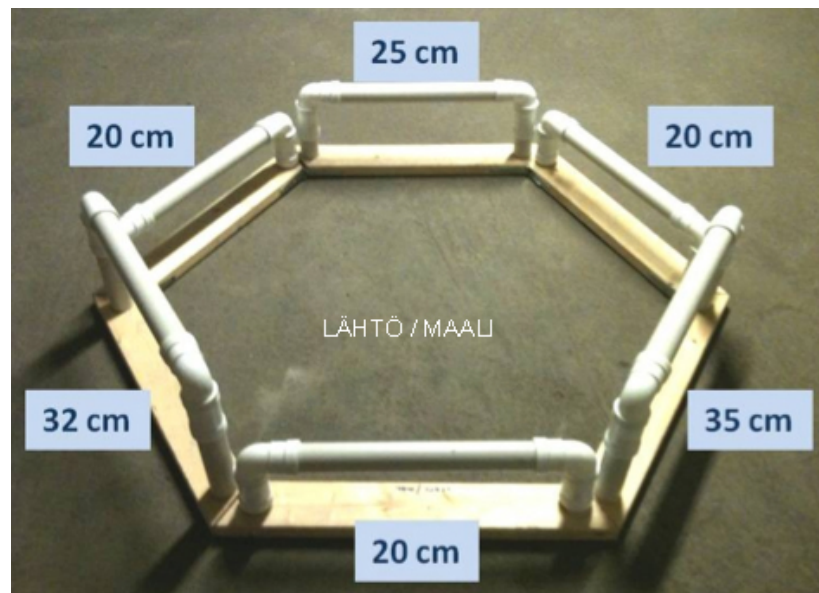
Staattista tasapainoa voidaan arvioida kenttätestisovellutuksena tasapainolaudan avulla, joka on helposti toteutettava ja toistettava testausmenettely. Testin suorittamista varten tarvitaan sekuntikello sekä ulkoisilta mitoiltaan ja muodoltaan vakioitu tasapainolauta, jota tulee käyttää jokaisessa uusintamittauksessa testitulosten vertailtavuuden saavuttamiseksi. Tasapainolaudalla suoritettava testi tehdään paljain jaloin ja käytetään samoja alkuasentoja kuin laboratoriomittauksessa, mutta käsien asentoa ei ole vakioitu vaan ne saavat olla vapaana. Ellis ja Sparovec mukaan ennen testisuorituksen ja ajanoton alkua urheilija asettuu tasapainolaudan päälle ottaen samalla tukea pöydäs-

tä tai seinästä. Ajanotto alkaa, kun urheilija saavuttaa tasapainoisen asennon ja päästää irti tuesta. Ajanotto päättyy kun tasapainolaudan reuna osuu lattiaan tai testattava astuu alas laudan päältä. Suoritus aika on testin tulos. (Ellis & Sparovec.)

## 9.8 Toiminnalliset testit

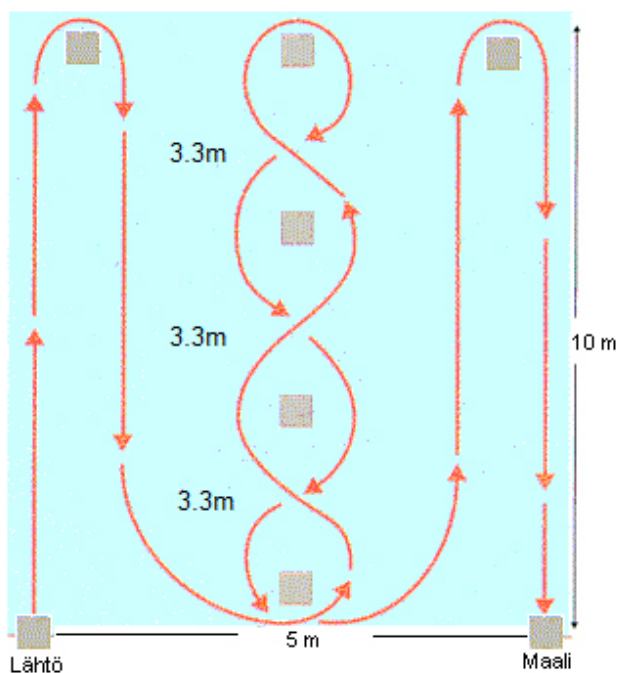
6-kulmiohyppelyllä testaan koordinaatiota, ketteryyttä (Norges Skiforbund Olympiatoppen 2011, 6) ja motoristen taitojen yhteensovittamista, erityisesti jalkatyöskentelyn tarkkuutta ja nopeutta sekä ylävartalon hallintaa (Ellis & Sparovec), ja siksi se soveltuu hyvin alppihiittäjien testaamiseen. Testin suorittamisessa käytetään standardimitoitettua 6-kulmaista estettä (kuva 15). Lisäksi mittauksen toteuttamiseen tarvitaan sekuntikello ja kova alusta, jolla este ei pääse siirtymään. (Norges Skiforbund Olympiatoppen 2011, 6.) Yhden testisuorituksen aikana 6-kulmio hypitään ympäri kaksi kertaa (Norges Skiforbund Olympiatoppen 2011, 6), jonka jälkeen testattavalla on 3 minuuttia aikaa levätä ennen seuraavaa testisuoritusta (Ellis & Sparovec). Ennen varsinaisia testisuorituksia testattava saa harjoitella hyppelyä yhden testisuorituksen verran myötä- ja vastapäivään. Harjoittelusuoritusten jälkeen tehdään kaksi mitattavaa suoritusta ensin myötäpäivään ja sitten vastapäivään. Mikäli testattava kaataa tai osuu esteeseen hyppyjen aikana, tuloksena on testisuorituksen hylkäys. Kokonaisuudessaan testiyri-tyksiä on maksimissaan kolme kappaletta suuntaa kohden. Ensimmäisen hypyssä, joka suuntautuu taaksepäin testattavan takana olevan 20 cm korkean esteen yli, hylkäystä ei tapahdu vaan testi aloitetaan alusta. (Norges Skiforbund Olympiatoppen 2011, 6.)

Testin suoritus alkaa urheilijan seistessä 6-kulmion sisällä niin, että oikean kyljen puolelle jää 35 cm ja vasemman 32 cm este. Urheilijan tulee säilyttää tämä lähtöasennon rintamasuunta koko testin ajan. Lähtökomennosta testattava saa aloittaa testisuorituksen ja samalla ajanotto alkaa. Kahden kokonaisen kierroksen jälkeen kello pysäytetään urheilijan laskeutuessa kehän keskelle ylitettyään viimeisen esteen: myötäpäivään kierrettyinä 35 cm ja vastapäivään 32 cm. Molempien suuntien paras suoritus aika kirjataan ylös ja niiden yhteenlaskettua aikaa voidaan verrata esimerkiksi norjalaisten viitearvotaulukkoon. (Norges Skiforbund Olympiatoppen 2011, 6.) Testi suoritetaan testipäivän päätteeksi, jolloin testattavan koordinaatiota, ketteryyttä ja motorisia taitoja pyritään testaamaan lajinomaisemmassa väsyneessä olotilassa.



Kuva 15. 6-Kulmiohyppytestiin standardoitu estelaite mittoineen (Norges Skiforbund Olympiatoppen 2011, 6)

Illinois agility run -testi testaa nopeutta, ketteryyttä ja kehon hallintaa. Testin suorittamiseen tarvitaan tasainen kenttä, kahdeksan merkkitolppaa, mittanauha ja sekuntikello. (Reiman & Manske 2009, 199.) Testistä ei ole olemassa reliabiliteetti- eikä validiteettiarvoja (Harman 2000, Hoffman 2006, Reiman & Manske 2009, 199 mukaan). Illinois agility run -testin tarkoituksena on arvioida testattavan ketteryyttä helposti toteutettavalla ja pieniä välineinvestointeja edellyttävällä testillä. Testirataan sisältyy useita nopeita suunnanvaihdoksia erilaisilla käänköskulmilla ja testattavan tavoitteena on kulkea rata läpi mahdollisimman nopeasti. (Topend Sports Network 2012.) Illinois agility run -rata radan toteuttaminen vaatii 10 x 5 metrin kokoisen alueen (kuva 16). Testialue rajataan neljällä merkillä ja keskelle asetetaan neljä merkkiä 3.3 metrin etäisyydelle toisistaan. Testattavalle ohjeistetaan suorituksen kulku ja tämän jälkeen testattava aloittaa testin makaamalla maassa kasvot alustaa kohden pää starttiviivan kohdalla kämmenet olkapäiden alla. Merkistä testattava kulkee radan läpi osumatta rata-merkkein. (Harman 2000, Hoffman 2006, Reiman & Manske 2009, 199 mukaan.) Ajanottoa voidaan tarkentaa laittamalla juoksukennot lähtö- ja maaliviivalle.



Kuva 16. Illinois agility run -testiradan piirustus ja suoritusohje (BrianMac Sports Coach 2012)

## 10 POHDINTA

Opinnäytetyömme tavoitteena oli lajianalyysin tuottaman tiedon pohjalta kehittää 15–18-vuotiaiden alppihiihtäjien kuntotestauksen toteutusta Suomessa. Tavoitteena oli Ski Sport Finland ry:n toimeksiannosta perehtyä alppihiihtoon sekä kuntotestaukseen ja niiden pohjalta rakentaa yhtenäinen testauskäytäntö Suomessa toimivien alppikoulujen käyttöön. Opinnäytetyö toteutettiin integroivana kirjallisuuskatsauksena, jonka avulla aihealueeseen voitiin perehtyä laajalla perspektiivillä. Merkittävin osa työmme teoriaosuudesta on alppihiihdon lajianalyysia, jossa perehdyttiin alppihiihdon perustaitoihin, alppihiihdon mekaniikkaan ja suoritusteknisiin asioihin sekä huippu-urheilijoiden antropometriin ja fyysisiin ominaisuuksiin. Lisäksi hankittiin tietoa fyysisiä ominaisuuksia mittaavista kuntotesteistä. Näiden tietojen avulla oli tarkoitus selvittää, mitä fyysisiä ominaisuuksia alppihiihdossa lajianalyysin perusteella edellytetään, miten lajianalyysi ohjaa alppihiihtäjien käytännön kuntotestauksen toteutusta sekä millä testeillä valittuja fyysisiä ominaisuuksia on tarkoituksenmukaisinta testata nuorilla alppihiihtäjillä. Työn aineisto rajattiin kilpa-alppihiihtoa koskeviin tutkimuksiin ja laskusuoritukseen vaikuttavat laskijan psyykkiset tekijät jätettiin työn tarkastelun ulkopuolelle.

## 10.1 Tulosten johtopäätökset

Integroivan kirjallisuuskatsauksen avulla kootusta lajianalyysistä ilmeni, että alppiihhdossa suorituskyky muodostuu sisäisten (fyysiset ja fysiologiset parametrit) ja ulkoisten (ympäristötekijät, materiaalit ja varusteet) tekijöiden yhteisvaikutuksesta. Opinnäytetyön lajianalyysia varten kootusta aineistosta ei löydy yhdenmukaista näyttöä siitä, minkälainen menestyvä alppiihittäjä on antropometrisilta tai fyysisiltä ominaisuuksiltaan. Kirjallisuuskatsauksen perusteella voidaan todeta, että alppiihittäjillä on sekä yksilöllisiä laskutekniikoita että fyysisiä ominaisuuksia. Nykypäivän tutkimusnäyttö tukee muun muassa Bacharach ja von Duvillard jo vuonna 1995 esittämää toteamusta siitä, että ei ole olemassa yhtäkään yksittäistä ominaisuutta, joka ennustaa menestystä alppiihhdossa. Vuosituhannen vaihteessa kilpailukäyttöön otetut karving-sukset vaikuttavat osaltaan tutkimustulosten arviointiin. 1980- ja 1990-lukujen aikana on tuotettu paljon alppiihitoa koskevaa tutkimustietoa, johon tulee nykypäivänä muun muassa välinemuutosten vuoksi suhtautua aikaisempaa kriittisemmin. Alppilajeja koskevia pitkittäistutkimuksia on hyvin vähän verrattuna muihin urheilutieteissä tutkittuihin lajeihin (Raschner, Pühringer, Patterson & Platzer 2004, 300).

2000-luvulla on tuotettu muutamia useamman vuoden mittaisia pitkittäistutkimuksia suuremmilla otoksilla, mutta siitä huolimatta ei ole riittävästi tutkimukseen perustuvaa näyttöä alppiihdon fysiologisten ominaisuuksien vaatimuksista. Nykypäivän tutkimustieto ei ole löytänyt vastausta siihen, kuinka hyvä alppiihittäjän tulee olla yksittäisen fyysisen ominaisuuden osalta tai minkälainen suhde eri fyysisten ominaisuuksien välillä tulisi olla. Hyvien tulosten saavuttaminen modernissa alppiihhdossa näyttää olevan kiinni pääasiassa huippuunsa hiotuista teknisistä ja taktisista taidoista. Fyysisten ominaisuuksien testaamista hyvin vakioiduissa testiolosuhteissa voidaan pitää luotettavimpana tapana arvioida alppiihittäjien suorituskykyä, vaikka teknisellä ja taktisella osaamisella on todettu olevan alppiihhdossa lopputuloksen kannalta suurempi merkitys. Nämä lajianalyysin pohjalta tehdyt johtopäätökset ovat yhteneviä tieteellisen kirjallisuuden kanssa, eivätkä ne vähennä kuntotestauksen arvoa alppiihittäjien harjoitteluvaikutuksia, kehittymistä ja ominaisuuksia seuraavana ja arvioivana tekijänä. Tiede on kuitenkin yhtä mieltä siitä, että alppiihdossa vaaditaan lihasvoimaa, anaerobista ja aerobista kestävyyttä, ketteryyttä, koordinaatiota ja tasapainoa. Edellä mainittujen ominaisuuksien lisäksi suorituksen aikaisella perifeerisellä ja sentraalisella väsymyksellä on merkitystä laskijan laskun aikaiseen suorituskykyyn. Integroivan kir-

jallisuuskatsauksen aineiston pelkistämisen jälkeen edellä mainitut ominaisuudet muodostivat luokkia, joiden alle ryhmitellyn tiedon avulla löydettiin lajianalyysin ja käytännön kuntotestauksen välinen yhteys eli tieto siitä, miten kirjallisuuskatsauksena tehty lajianalyysi ohjaa alppihiihtäjien käytännön kuntotestauksen toteutusta.

Hankitusta aineistosta selvisi, että varsinaisia tutkimuksia siitä, mitkä kuntotestit ovat tarkoituksenmukaisimpia mittaamaan fyysisiä ominaisuuksia juuri alppihiihtäjillä, ei ole olemassa. Tutkimuksemme kuitenkin osoitti, että alppihiihtäjien kuntotestaukseen tulee sisältyä antropometriaa, lihasvoimaa, aerobista ja anaerobista kuntoa, tasapainoa, ketteryyttä ja koordinaatiota mittaavia testejä. Työn lopputuloksen kannalta päädyimme tekemään yhden testipatterin, joka kattaa kaikki alppihiihdon lajit ilman tarkempia lajikohtaisia erittelyjä. Tämä on perusteltua, vaikka vauhti- ja tekniikkalajien laskusuoritusten välillä on havaittavissa selviä eroja. Lajikohtaisten erojen huomioiminen kuntotestauksen toteutuksessa ei ole perusteltua etenäkään nuorten alppihiihtäjien osalta. Tähän saimme vahvistusta Tapani Keräselältä, joka kommentoi aihetta sanomalla: "Tekniikka- ja vauhtilajien eroista huolimatta moni eliittitason laskija menestyy kaikissa lajeissa, eikä lajinomainen testaus ole perusteltua ainakaan nuorten alppihiihtäjien kohdalla". Opinnäytetyön tuloksen johtajatuksena oli, että nuorille alppihiihtäjille kohdennetulla kuntotestipatterilla pyritään arvioimaan pääasiallisesti nuoren urheilijan yleistä fyysistä kapasiteettia ottaen samalla huomioon lajianalyysin tuottama tieto laskusuorituksen aikaisista tekijöistä. Johtajatuksen johdattamana päädyimme lopputulokseen, jonka mukaan nuorten alppihiihtäjien kuntotestipatterin tulee koostua antropometrisesta arviosta, aerobisen ja anaerobisen kunnon, alaraajojen sekä keski- ja ylävartalon lihasvoiman ja tasapainon mittaamisesta. Näiden lisäksi alppihiihdossa vaadittavia erilaisia motorisia taitoja, kuten ketteryyttä ja koordinaatiota, tulee testata toiminnallisten testien avulla. Valmis kuntotestipatteri muodostui kaksijakoiseksi, jossa jokaista fyysisen kunnon osa-aluetta voidaan testata kahdella vaihtoehdoisella testillä. Tämä mahdollistaa tarkoituksenmukaisimman testin valinnan tarkemman ja kaltevia testauslaitteita vaativan laboratoriotestin sekä edullisemmän ja vähemmän välineitä vaativan kenttätestin välillä. Testien luokittelu laboratorio- ja kenttätesteiksi ei ole kuitenkaan aivan yksiselitteistä. Tässä työssä luokitteluperusteina käytettiin testin tarkkuutta, toteutettavuutta ja kustannuksia.

Opinnäytetyön tuloksena tuotetussa kuntotestipatterissa kohderyhmän ikä otettiin huomioon testiliikkeitä valittaessa. Nuorten kuntotestauksen tärkeimmäksi testausta



ohjaavaksi kriteeriksi nousi testauksen turvallisuus erityisesti maksimivoimaa mitattaessa. Tästä syystä esimerkiksi alaraajojen maksimivoimaa mittaavaksi kenttätestiksi valikoitui kolmen toiston maksimi (3 RM) yhden maksimitoiston sijaan (1 RM). Yksittäisten kuntotestien valinnassa pyrittiin suosimaan yleisesti käytössä olevia testejä, jolloin niiden luotettavuus on todettu yleisesti riittävän hyväksi. Lisäksi yksittäisten kuntotestien valinnassa hyödynnettiin lajianalyysin tuomaa tietoa alppihiihtosuorituksen aikaisista tekijöistä.

Yksittäisiä testituloksia tarkasteltaessa tulisi pohtia, onko urheilijan tuloksia perusteltua verrata muihin urheilijoihin vai tulisiko vertailun kohdistua vain urheilijan aikaisempiin testituloksiin. Urheilijan testitulosten vertailu aikaisempiin testituloksiin on hyvä keino seurata urheilijan fyysisten osa-alueiden kehittymistä ja niissä tapahtuvia muutoksia harjoittelu- ja kilpailukausien aikana. Mikäli urheilijoiden välistä tulosten vertailua halutaan tehdä, se tulee suorittaa saman ikäryhmän tuloksiin verraten. Nuorille alppihiihtäjille kohdennettuja tarkkoja viitearvoja ei ole saatavilla testipatteriin valittuihin testeihin. Jos nuoren alppihiihtäjän testituloksia halutaan verrata nuorten urheilijoiden viitearvoihin, lähdemateriaalina voidaan käyttää esimerkiksi Kuntotestauksen käsikirjan (Keskinen, Häkkinen & Kallinen) viitearvotaulukoita soveltuvilta osin. Päätös viitearvojen esittämisen poisjättämisestä vahvistui, kun asiasta keskusteltiin Tapani Pöyhösen kanssa. Opinnäytetyöprosessin aikana tuli esille mahdollisuus liittää testitulosten vertailuun biologisen iän arviointiin suunniteltu menetelmä (KEI), joka mahdollistaisi testitulosten tarkemman analysoimisen käytössä oleviin viitearvoihin nähden. Keskusteltaessa asiasta Tapani Pöyhösen kanssa selvisi, että biologisen iän arviointimenetelmät eivät ole järjestelmällisessä käytössä nuorten urheilijoiden kuntotestauksessa, joten menetelmän sisällyttämisestä opinnäytetyöhön luovuttiin.

Jatkuva harjoitusvaikutusten ja fyysisten ominaisuuksien seuranta auttaa urheilijan harjoittelun suunnittelussa sekä mahdollisten heikkojen osa-alueiden kehittämisessä. Tämän vuoksi kuntotestaamista tulisi toteuttaa säännöllisesti ja saatuja testituloksia tulisi hyödyntää monipuolisesti. On tärkeää huomioida, että kuntotestauksen taustalla on nuoren urheilijan tavoite kehittyä lajissaan sekä valmennusryhmän tarve tarkastella omia toimintatapojaan kriittisesti. Testauksessa esille tulleiden asioiden tulee näkyä käytännön toiminnan kehittämisessä, eikä testausta tule tehdä ainoastaan totutun tavan vuoksi.

Ihanteellisessa tilanteessa nuorten alppihiihtäjien kuntotestaaminen ja testien tulkinta toteuttaisiin Suomessa yhden testiaseman toimesta, jolloin testien suorittaminen ja tulosten analysoiminen olisivat mahdollisimman yhdenmukaisia ja ammattitaitoisesti toteutettuja.

## 10.2 Menetelmien tarkastelu

Opinnäytetyön menetelmäksi valikoitunut integroiva kirjallisuuskatsaus mahdollisti sen, että alppihiihtoa voitiin tarkastella laaja-alaisesti ilman systemaattisen kirjallisuuskatsauksen kaltaisia tiukkoja kriteerejä. Integroivan kirjallisuuskatsauksen menetelmin toteutettua laaja-alaista lajianalyysia voidaan pitää tämän työn ehdottomana vahvuutena. Integroiva kirjallisuuskatsaus soveltui menetelmäksi hyvin, sillä tutkijoilla ei ollut selvää ennakkotietoa tutkimusongelmiin vastaavien aineistojen saatavuudesta ja laadukkuudesta. Aineiston analyysitavaksi valikoitunut abduktiivinen päättely sopi työhömme parhaiten, koska se etenee aineiston ehdoilla, mutta teoreettiset käsitteet on tuotu valmiina. Aineiston analysoinnissa toteutettiin Tuomen ja Sarajärven (2011, 123–125) kuvausta sisällönanalyysistä systemaattisen kirjallisuuskatsauksen apuna ja tämä lisäsi menetelmän käytön luotettavuutta työssä. Aineiston pelkistämisen avulla lajianalyysia tiivistettiin ja asiasisällöt ryhmiteltiin eri luokiksi, joiden alle koostettiin lajianalyysin olennainen tieto kuntotestauksen kannalta. Lisäksi työssä käytetyn analyysimenetelmän osalta on hyvä muistaa, että tutkijan ei ole mahdollista tarkastella analyysiprosessia objektiivisesti vaan tutkijan subjektiivisuus vaikuttaa aina jossain määrin lopputulokseen (Kyngäs & Vanhanen 1999, 10).

Toiseksi tiedonkeruumenetelmäksi valittiin lomakekysely, jonka avulla oli tarkoitus kerätä integroivan kirjallisuuskatsauksen tuottaman tiedon lisäksi arvokkaita käytännön kokemuksen näkökulmia. Pohdimme jo lomakekyselyn suunnitteluvaiheessa, miksi vastaajat olisivat halukkaita jakamaan tietotaitoaan, kun he eivät itse hyötyisi työn lopputuloksesta. Lajin parissa toimiva sisällön ohjaajamme oli kuitenkin sitä mieltä, että lomakekysely kannattaa toteuttaa, koska siihen vastaamisen voidaan ajatella olevan kunnia-asia. Tästä huolimatta lomakekyselyyn ei saatu vastauksia. Voimme vain arvailla, miksi vastaajat eivät vastanneet kyselyymme ja millaisena he sen kokivat.

### 10.3 Luotettavuuden tarkastelu

Kvalitatiivista tutkimusta tehdessä tutkijat joutuvat pohtimaan ovatko tehdyt ratkaisut parhaita mahdollisia ja arvioimaan työn luotettavuutta koko tutkimusprosessin ajan (Eskola & Suoranta 1998, 209). Hankitun aineiston luotettavuutta arvioitiin tarkastelemalla minkälaisissa tieteellisissä julkaisuissa tai kongresseissa tutkimuksia oli julkaistu. Merkittävä osa, yhteensä 40 alkuperäislähdettä, saatiin Science and Skiing -kongressimateriaaleista ja kyseisten kongressien pohjalta toimitetuista kirjajulkaisuista. Edellä mainittujen lisäksi aineistoa kartutettiin 40 artikkelin verran erilaisista tieteellisistä julkaisuista, jotka löytyivät elektronisten tietokantahakujen avulla (taulukko 3). Aineiston hankinnassa hyödynnettiin Science Direct, PubMed, Ebsco ja ProQuest Central -tietokantoja, joissa hakusanoina käytettiin "alpine skiing", "fitness testing", "physiology" ja "biomechanics" sanayhdistelmiä aikarajauksen ollessa 1980–2011. Tietokantahauista tutkimukseen valittiin vain ne, joissa käsiteltiin kilpa-alppiihitoa.

Tuomen ja Sarajärven (2011, 140) mukaan aineiston hankinnan ja analysoinnin kuvaus on oleellinen kvalitatiivisen tutkimuksen luotettavuudesta kertova osio. Työsämme laadukkaiden elektronisten tietokantojen ja tarkkojen hakusanojen käyttäminen lisää luotettavuutta. Kyseisten artikkeleiden osalta luotettavuutta voidaan arvioida lehtien painoarvoa mittaavilla impaktifaktoreilla, jotka olemme koonneet taulukkoon x. Impaktifaktorilla kuvataan yleisesti lehdessä julkaistujen artikkeleiden käyttöastetta eli sitä, kuinka paljon tieteellisessä tutkimuksessa on viitattu kyseiseen lehteen. Impaktifaktorilla on luotettavuuden kannalta merkitystä, vaikka sen arvo eri tutkimusaloilla vaihtelee. Tässä opinnäytetyössä käytetyt artikkelit on julkaistu lehdissä, joiden impaktifaktorit vaihtelevat välillä 0.5–5.1. Science and Skiing -kongressien lisäksi hankittua aineistoa on esitelty (taulukko 2) muun muassa "International Symposium on Biomechanics in Sports" ja "Annual Congress of the European College of Sport Science" -tapahtumissa. Yksittäisten tutkimusten luotettavuutta saattaa vähentää se, että otoskoot olivat pieniä tai seuranta-aika oli liian lyhyt. Toisaalta taas viime vuosikymmenen aikana on julkaistu muutamia usean kilpailukauden mittaisia seurantatutkimuksia, jotka kuvastavat paremmin eliittitason alppiihtäjien fysiologisia muutoksia pidemmällä aikavälillä.

Aineiston luokittelu ja analyysivaihe suoritettiin kahden tutkijan toimesta, joka Kyn-gäksen ja Vanhasen (1999, 19) mukaan lisää tutkimuksen luotettavuutta. Samoin työn

luotettavuutta lisää se, että meillä oli mahdollisuus hyödyntää KIHU:n biomekaniikan tutkija Tapani Keräsen sekä terveystieteiden tohtori, liikuntafysiologi ja fysioterapeutti Tapani Pöyhösen tietämystä ja asiantuntijuutta alppihiihdosta ja kuntotestauksesta (face-validiteetti).

#### 10.4 Tutkimuksen rajoitukset ja vahvuudet

Tutkimuksen alkuvaiheen rajoittavaksi tekijäksi voidaan luonnehtia tutkijoiden perehymättömyyttä alppihiihtoon urheilulajina. Vähäisen alppihiihtoa koskevan tiedon vuoksi tutkijat joutuivat perehtymään tarkasti lajin suoritustekniikkaan ja laskusuorituksen aikaisiin tekijöihin lajiansalyysin luomisen yhteydessä. Tämä johti työn laajenemiseen ja työn rajaamisen haasteisiin. Työn laajeneminen johti puolestaan ajankäytöllisiin ongelmiin, sillä kattavan lajiansalyysin luomiseen kului aikaa suunniteltua enemmän, jolloin kuntotestaukseen ei voitu perehtyä lajiansalyysin kaltaisella tarkkuudella. Opinnäytetyön toimeksiannon vastaanottamisen jälkeen tutkijoiden olisi pitänyt saada automaattisesti tietää työn toimeksiantajan kautta, miten Suomen alppikoulut toteuttavat nuorten alppihiihtäjien kuntotestauksia. Merkittävimmäksi työn lopputulosta rajoittavaksi tekijäksi muodostui juuri epätietoisuus käytössä olevista testausmenetelmistä ja -laitteista. Useista toimeksiantajalle kohdistuneista pyynnöistä huolimatta saimme tietoomme vain yhden alppikoulun testauskäytänteet. Tiedon puute testausvälineiden käyttömahdollisuuksista vaikeutti yksittäisten kuntotestien valintaa, joten lopulta päädyimme lopputulokseen, jossa jokaista fyysisen kunnan osa-aluetta voidaan testata kahdella vaihtoehdoisella testillä. Lopullinen testien valinta siirtyy toimeksiantajan tehtäväksi, jolla on mahdollisuus valita työn lopputuloksesta tarkoituksenmukaisin vaihtoehto huomioiden käytössä olevat resurssit.

Opinnäytetyössä käytettyjen toissijaisten lähteiden voidaan ajatella heikentävän työmme luotettavuutta, mutta toisaalta kaikkien ensisijaisten lähteiden etsiminen ja käyttäminen olisi hankaloittanut työn tekemistä ja laajentanut sitä entisestään. Lisäksi tutkijoiden kokemattomuutta tieteellisen tutkimuksen tekijöinä voidaan pitää luotettavuutta alentavana ja tutkimusta rajoittavana tekijänä. Tutkijoiden verrattain vähäinen kokemus kuntotestauksesta voidaan laskea myös tutkimuksen rajoitukseksi. Aiemmat kokemukset tutkimuksen tekemisestä ja käytännön kuntotestauksesta olisivat helpottaneet tutkimusprosessin johdonmukaista eteenpäin viemistä ja auttaneet tutkijoita työn luotettavuuden parantamisessa.

Opinnäytetyön tekeminen oli kaiken kaikkiaan haastava ja opettavainen prosessi, jonka aikana opinnäytetyön tekijöiden ymmärrys lisääntyi alppihiihdon, kuntotestauksen ja tieteellisen tutkimuksen tekemisen osalta. Vaikka edellä puhuttiin tutkijoiden perehtymättömyyden olevan tutkimusta rajoittava tekijä, on se toisaalta opinnäytetyömme vahvuus. Lajiin kohdistuva etäinen näkökulma sekä aikaisemman tiedon ja kokemusten puuttuminen mahdollisti puolueettoman asian tarkastelun ilman hypoteeseja. Työn laaja-alaisuus ja laajasti hyödynnetty lähdemateriaali lisäävät työn laatua ja luotettavuutta. Lisäksi työn tekijöiden kunnianhimoisuus ja omistautuminen työlle mahdollistivat opinnäytetyön valmistumisen tässä laajuudessa.

## 10.5 Tulosten hyödynnettävyys ja jatkotutkimusaiheet

Opinnäytetyömme lajiansalyysi perehdyttää lukijan alppihiihdon suoritustekniikkaan sekä alppihiihtäjiin kohdistuviin antropometrisiin ja fysiologisiin vaatimuksiin. Ski Sport Finland ry voi hyödyntää tätä opinnäytetyötä Suomessa toimivien alppikoulujen testauskäytänteiden yhdenmukaistamisessa. Työssä esitetyn kuntotestien valinnan kautta on myös mahdollista muodostaa pelkkä kenttätestauskäytäntö, jota voitaisiin hyödyntää esimerkiksi paikallisella tasolla alppiseurojen toimesta. Opinnäytetyötä voivat hyödyntää kaikki alppihiihdon parissa toimivat urheilijat, valmentajat ja urheiluseurat, testausasemilla toimivat testausalan ammattilaiset sekä alppihiihdon tutkimusta tekevät henkilöt. Työn arvokkuutta lisää se, että vastaavanlaista alppihiihdon lajiansalyysia ei ole Suomessa suomen kielellä aikaisemmin julkaistu.

Laadukkaita useamman kilpailukauden mittaisia pitkittäistutkimuksia tarvitaan lisää, jotta pystytään selvittämään millaisia fyysisiä ominaisuuksia karvingsuksien aikakauden alppihiihto vaatii. Tulevaisuudessa alppihiihdon lajiansalyysia tulisi toteuttaa systemaattisen kirjallisuuskatsauksen kriteerejä noudattaen, jolloin tarkempien tutkimusten sisäänottokriteerien avulla nähtäisiin, kuinka paljon laadullista tutkimusta on tarjolla alppihiihtoon liittyen ja millä alppihiihdon osa-alueilla laadukasta tutkimusta tulisi lisätä. Laadukasta tutkimusnäyttöä tarvitaan lisää erityisesti aerobisen ja anaerobisen kunnon sekä alaraajojen lihasvoiman merkityksestä nykyaikaisessa alppihiihdossa. Alppihiihtoa koskevien tutkimusten kohderyhminä on käytetty pääasiassa aikuisia urheilijoita, joten jatkossa tutkimuksia voisi tehdä spesifimmin myös nuorten alppihiihtäjien osalta. Nuorten alppihiihtäjien kanssa työskenteleviä henkilöitä hyödyttäisi tutkimustieto siitä, minkälaisia asioita tulee ottaa huomioon, kun valmennettavana ja tes-

tattavana on nuori urheilija. Esimerkiksi biologisen iän määrittämisen hyödyntämistä kuntotestien lopputulosten arvioinnissa olisi syytä pohtia. Jatkotutkimusta tulisi myös kohdentaa urheilijoiden psyykkisiin ominaisuuksiin, jolloin tutkimuksen kohteena olisi psyykkisten tekijöiden vaikutus kilpailusuorituksen aikaiseen suorituskyyyn.

## LÄHTEET

- Aerenhouts, D., Clijsen, R., Fässler, R., Clarys, P. & Taeymans, J. 2010. Event-specific somatotype and physical characteristics of male and female elite alpine skiers. 5<sup>th</sup> International Congress on Science and Skiing, kongressimateriaali, s. 80.
- Ahtiainen, J. & Häkkinen, K. 2007. Hermo-lihasjärjestelmän toiminnan mittaaminen. Teoksessa Kuntotestauksen käsikirja, toim. Keskinen, K. L., Häkkinen, K. & Kallinen, M. Liikuntatieteellinen seura, Tampere: Tammer-Paino Oy, s. 125–193.
- Alasuutari, P. 2011. Laadullinen tutkimus 2.0. Neljäs uudistettu painos. Riika: Vastapaino.
- Alppiihitovalmennuksen perusteet. Alpine Ski Team Finland. Ski Sport Finland. Saatavissa:  
<http://www.skisport.fi/@Bin/5713663/ALPPIIIHTOVALMENNUS23%2b10.pdf>  
[viitattu 17.10.2011].
- Bacharach, D. & von Duvillard, S. 1995. Intermediate and long-term anaerobic performance of elite alpine skiers. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 3/1995, s. 305–309.
- Baumeister, R. F. & Leary, M. R. 1997. Writing narrative literature reviews. *Review of General Psychology* 1/1997, s. 311–320.
- Bellardini, H., Henriksson, A. & Tonkonogi, M. 2009. Tester och mätmetoder för idrott och hälsa. Sisu idrottsböcker.
- Berg, H. & Eiken, O. 1999. Muscle control in elite alpine skiing. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 7/1999, s. 1065–1067.
- Berg, H., Eiken, O. & Tesch, P. 1995. Involvement of eccentric muscle actions in giant slalom racing. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 12/1995, s. 1666–1670.

- Beunen, G. & Malina, R. M. 2008. Growth and biological maturation: relevance to athletic performance. Teoksessa *The young athlete*, toim. Hebestreit, H. & Bar-Or, O. International Olympic Committee, Blackwell Publishing Ltd., s. 3–17.
- Borghuis, J., Hof, A. & Lemmink, K. 2008. The importance of sensory-motor control improving core stability: implications for measurement and training. *Sports Medicine* 11/2008, s. 893–916.
- BrianMac Sports Coach. 2012. Illinois agility run test. Saatavissa: <http://www.brianmac.co.uk/illinois.htm> [viitattu 9.4.2012].
- Brodie, M., Walmsley, A. & Page, W. 2009. How to ski faster: art or science? Teoksessa *Science and Skiing IV*, toim. Müller, E., Lindinger, S. & Stöggl, T. Meyer & Meyer Sport, UK, s. 162–174.
- Brownlie, L., Larose, G., D’auteuil, A., Allinger, T., Meinert, F., Kristofic, P., Dugas, S., Boyd, R. & Stephens, D. 2010. Factors affecting the aerodynamic drag of alpine skiers. 8<sup>th</sup> Conference of the International Sports Engineerin Association (ISEA). *Procedia Engineering* 2/2010, s. 2375–2380.
- Capaul, G. 2005. From giant slalom technique to free skiing. Saatavissa: [http://youcanski.com/en/coaching/g2free\\_skiing.htm](http://youcanski.com/en/coaching/g2free_skiing.htm) [viitattu 14.11.2010].
- Cooper, H. 1998. *Synthesizing research: a guide for literature reviews*. Thousand Oaks, Sage Publications.
- Dahmane, R., Valen, V., Knez, N. & Er, I. 2001. Evaluation of the ability to make non-invasive estimation of muscle contractile properties on the basis of the muscle belly response. *Medical & Biological Engineering & Computing* 1/2001.
- Dolenec, A., Tomazin, K., Jereb, B. & Vojko, S. 2007. Level of blood lactate concentration after skiing on a 15 gate slalom course. 4<sup>th</sup> International Congress of Science and Skiing, kongressimateriaali, s. 173.



- Dolonec, A., Tomazin, K., Jereb, B. & Strojnik, V. 2006. Blood lactate concentration after slalom course of different length. 11<sup>th</sup> annual ECSS (European College of Sport Science) Congress Lausanne/Switzerland, July 5–8 2006.
- Doyle-Baker, P. K., Stewart, J. K. & Venner, A. A. 2010. Anthropometric and physiological differences in developing Canadian alpine racers. 5<sup>th</sup> International Congress on Science and Skiing, kongressimateriaali, s. 132.
- Ducret, S., Ribot, P., Vargiolu, R., Lawrence, J. & Midol, A. 2005. Analysis of downhill ski performance using GPS and grounding force recording. Teoksessa Science and Skiing III, toim. Müller, E., Bacharach, D., Klika, R., Lindinger, S. & Schwameder, H. Meyer & Meyer Sport, UK, s. 56–66.
- Dudley, G., Tesch, P., Harris, R., Golden, C. & Buchanan, P. 1991. Influence of eccentric actions on the metabolic cost of resistance exercise. *Aviation, Space and Environmental Medicine* 7/1991.
- Ellis, D. & Sparovec, J. Canadian alpine ski team testing protocol, provincial and divisional testing. Saatavissa:  
[http://nbalpine.dsdev.net/Uploaded/Documents/PROVINCIAL\\_TESTING\\_DOCUMENT.pdf](http://nbalpine.dsdev.net/Uploaded/Documents/PROVINCIAL_TESTING_DOCUMENT.pdf) [viitattu 21.4.2012].
- Elomaa, L. & Mikkola, H. 2010. Näytön jäljillä, tiedonhaku näyttöön perustuvassa hoitotyössä. Turku: Turun ammattikorkeakoulun oppimateriaaleja 12.
- Emeterio, C. A. & González-Badillo, J. J. 2010. The physical and anthropometric profiles of adolescent alpine skiers and their relationship with sporting rank. *Journal of Strength and Conditioning Research* 4/2010, s. 1007–1012.
- Ericson, M. O., Nisell, R. & Nemeth, G. 1988. Joint motions of the lower limb during ergometer cycling. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy* 8/1988.
- Eskola, J. & Suoranta, J. 1998. Johdatus laadulliseen tutkimukseen. 2. painos. Tampere: Vastapaino.

Evans, D. 2008. Overview of methods. *Teoksessa Reviewing Research Evidence for Nursing Practice, Systematic Reviews*, toim. Webb, C. & Ross, B. Oxford, Blackwell Publishing, s. 137–148.

Federolf, P., von Tscharnner, V., Haeufle, D., Nigg, B., Gimpl, M. & Müller, E. 2009. Vibration exposure in alpine skiing and consequences for muscle activation levels. *Teoksessa Science and Skiing IV*, toim. Müller, E., Lindinger, S. & Stöggl, T., Meyer & Meyer Sport, UK, s. 19–25.

Federolf, P., Scheiber, P., Rauscher, E., Schwameder, H., Luthi, A., Rhyner H. U. & Müller, E. 2008. Impact in skier actions on the gliding times in alpine skiing. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 6/2008, s. 790–797.

Federolf, P. 2005. Finite element simulation of a carving snow ski. Swiss Federal Institute of technology, Zurich.

Ferguson, R. A. 2009. Limitations to performance during alpine skiing. *Experimental Physiology* 3/2009, s. 404–410.

Flanagan, T. (Director of sport sciences, USSA) Muscles involved in alpine skiing.

Fogelholm, M. 2007. Antropometriset ja kehon koostumusta kuvaavat mittaukset. *Teoksessa Kuntotestauksen käsikirja*, toim. Keskinen, K. L., Häkkinen, K. & Kallinen M., Liikuntatieteellinen seura. Tampere: Tammer-Paino Oy, s. 45–50.

Forsman, H. & Lampinen, K. 2008. Laatu käytännön valmennukseen. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.

Geissler, U., Waibel, K., Maler, W., Scherr, J. & Wolfafth, B. 2010. Influencing factors on alpine skiing performance. 5<sup>th</sup> International Congress on Science and Skiing, kongressimateriaali, s. 77.

Gómez-López, P., Rupérez, O., de Almiron-Megías, P. & Soto, C. 2010. Anthropometric and physiological profiles in Spanish downhill skiing competitors. 5<sup>th</sup> International Congress on Science and Skiing, kongressimateriaali, s. 53.

Gross, M., Fabio, B., Lehmann, A. D., Hoppeler, H. & Vogt, M. 2009. Seasonal variation of  $\text{VO}_2\text{max}$  and the  $\text{VO}_2$ -work rate relationship in elite alpine skiers. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 11/2009, s. 2084–2089.

Grönfors, M. 1985. *Kvalitatiiviset kenttätömenetelmät*. Juva: WSOY.

Gurshman, G. 2005. Modern alpine racing technique. Saatavissa: [http://www.youcanski.com/en/coaching/modern\\_technique.htm](http://www.youcanski.com/en/coaching/modern_technique.htm) [viitattu 12.12.2010].

Haas, C., Simon, C. & Schmidbleicher, D. 1998. Simulation of vibration in alpine skiing. *ISBS - Conference Proceedings Archive, 16th International Symposium on Biomechanics in Sports*. Saatavissa: <http://w4.ub.uni-konstanz.de/cpa/article/view/1570> [viitattu 25.3.2011].

Heikkinen, K., Kumpuniemi, E., Meriläinen, T. & Uosukainen, M. 2003. *Alppihiihto, opetusohjelma*. Suomen hiihdonopettajat ry.

Heinrich, D., Mössner, M., Kaps, P. & Nachbauer, W. 2010. Calculation of the contact pressure between ski and snow during a carved turn in Alpine skiing. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 3/2010, s. 485–492.

Hernán, O. & Gómez-López, P. 2007. Anaerobic performance in skiers tested through analysis of blood lactate concentration. 4<sup>th</sup> International Congress on Science and Skiing, kongressimateriaali, s. 172.

Hiihtoliitto. 2007a. Alppihiihto muut lajit. Saatavissa: [http://www.hiihtoliitto.fi/alppihiihto/muut\\_lajit/](http://www.hiihtoliitto.fi/alppihiihto/muut_lajit/) [viitattu 12.11.2010].

Hiihtoliitto. 2007b. Alppihiihto Syöksylasku. Saatavissa: <http://www.hiihtoliitto.fi/alppihiihto/syoksy/> [viitattu 12.11.2010].

Hiihtoliitto. 2007c. Alppihiihto Super-G. Saatavissa: <http://www.hiihtoliitto.fi/alppihiihto/super-g/> [viitattu 12.11.2010].

Hiihtoliitto. 2007d. Alppihiihto Suurpujottelu. Saatavissa: <http://www.hiihtoliitto.fi/alppihiihto/suurpujottelu/> [viitattu 12.11.2010].

- Hiihtoliitto. 2007e. Alppihiihto Pujottelu. Saatavissa: <http://www.hiihtoliitto.fi/alppihiihto/pujottelu/> [viitattu 12.11.2010].
- Hintermeister, R., O'Connor, D., Dillman, C., Suplizio, C., Lange, G. & Steadman, R. 1995. Muscle activity in slalom and giant slalom skiing. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 3/1995, s. 315–322.
- Hofmann, P., Steiner, G., Groeschl, W., Spirk, S. & Tschakert, G. 2010. Oxygen uptake during race-like alpine giant slalom skiing in relation to variables of the human power spectrum. 5<sup>th</sup> International Congress on Science and Skiing, kongressimateriaali, s. 51.
- Hopkins, W. G. 2011. Impact factors of journals in sport and exercise science and medicine for 2011. Saatavissa: <http://www.sportsci.org/2011/wghif.htm> [viitattu 25.4.2012].
- Hoppeler, H. & Vogt, M. 2007. Eccentric exercise in elite skiers. 4<sup>th</sup> International Congress on Science and Skiing, kongressimateriaali, s. 27.
- Hoshino, H., Tsunoda, K. & Sasaki, T. 2007. Eccentric and concentric torques of knee extension and flexion in alpine ski racer's. 4<sup>th</sup> International Congress on Science and Skiing, kongressimateriaali, s. 75.
- Hrysomallis, C. 2011. Balance ability and athletic performance. *Sports Medicine* 3/2011, s. 221–232.
- Hurskainen, H. 2008. Laskettelusukset - ennen pitkät nyt pätkät. Suomen Hiihtokeskusyhdistys ry. Saatavissa: [http://www.ski.fi/valitse\\_sopivat](http://www.ski.fi/valitse_sopivat) [viitattu 22.11.2010].
- Hälinen, V., Lautala, A. & Mälkiä, K. 2003. Ratalasku. Suomen hiihdonopettajat ry.
- Impellizzeri, F. M., Rampinini, E., Freschi, M., Maffioletti, N. A., Bizzini, M. & Mognoni, P. 2009. Identification of the physical characteristics that discriminate between competitive levels and specialties of alpine skiers. Teoksessa *Science and Skiing IV*, toim. Müller, E., Lindinger, S. & Stöggl, T., s. 272–280.

Ishige, Y., Fujita, Z. & Yoshioka, S. 2010. Acquisition of EMG signals during downhill training – case report of two top elite alpine ski racers. 5<sup>th</sup> International Congress on Science and Skiing, kongressimateriaali, s. 128.

Kantola, H. 2007. Kuntotestaus valmentajan työvälineenä. Teoksessa Kuntotestauksen käsikirja, toim. Keskinen, K. L., Häkkinen, K. & Kallinen M., Liikuntatieteellinen seura, Tampere: Tammer-Paino Oy, s. 208–210.

Kassat, G. 2007. Not the skier- but the slope turns the skis. 4<sup>th</sup> International Congress on Science and Skiing, kongressimateriaali, s. 38.

Kauranen, K. & Nurkka, N. 2010. Biomekaniikkaa liikunnan ja terveydenhuollon ammattilaisille. Liikuntatieteellinen seura ry.

Kean, C., Behm, D. & Young, W. 2006. Fixed foot balance training increases rectus femoris activation during landing and jump height in recreationally active women. *Journal of Sports Science and Medicine* 5/2006, s. 138–148. Saatavissa: <http://www.jssm.org/vol5/n1/16/v5n1-16pdf.pdf> [viitattu 11.11.2011].

Keigo, T., Mitsuru, K. & Masaki, K. 2007. Influence of the carving ski on muscle activity- a comparison with the conventional ski using surface elektromyography. 4<sup>th</sup> International Congress on Science and Skiing, kongressimateriaali, s. 131.

Keränen, T., Ihalainen, S., Hynynen, E. & Salo, T. 2010. FIS-ranking and carving turn force production profile. 5<sup>th</sup> International Congress on Science and Skiing, kongressimateriaali, s. 62.

Keränen, T., Ihalainen, S., Kapustamäki, H. & Rukan ja Tahkon alppikoulujen valmentajat. 2011. Voimantuotto suurpujottelun karvingkäännöksessä. Kilpa- ja huippu-urheilun tutkimuskeskus KIHU, Jyväskylä. Saatavissa: <http://skisport-fi-bin.directo.fi/@Bin/6a1590b65f5e09762f0c7528db02132c/1335704457/application/pdf/6553150/Käyttöraportti%20Voimantuotto%20SP%20karvingkäännöksessä.pdf> [viitattu 25.10.2011].

Keränen, T., Ihalainen, S. & Österlund, A. & Nilsin ja Rukan alppikoulut. 2009. Voimantuotto suurpujottelun karvingkäännöksessä. Kilpa- ja huippu-urheilun tutki-

muskeskus KIHU, Jyväskylä. Saatavissa: <http://skisport-fi-bin.directo.fi/@Bin/5e3e363b9f5aff772764c9a157f8e853/1335704179/application/pdf/5698145/Voimantuotto%20suurpujottelun%20karvingkäännöksessä.pdf> [viitattu 25.10.2011].

Keränen, T., Valleala, R., Leskinen, J., Linden, P., Hannola, H., Kanala, T. & Laakso, T. 2006. Alppihiihdon suoritustekniikka Levi 2006. Kilpa- ja huippu-urheilun tutkimuskeskus KIHU, Jyväskylä. Saatavissa: [http://www.kihu.fi/tuotostiedostot/julkinen/2007\\_ker\\_alppihiihd\\_10000.pdf](http://www.kihu.fi/tuotostiedostot/julkinen/2007_ker_alppihiihd_10000.pdf) [viitattu 25.10.2011].

Keränen, T., Valleala, R. & Lindén, P. 2007. Ground reaction force and center of pressure in alpine skiing carved turn. Kilpa- ja huippu-urheilun tutkimuskeskus KIHU, Jyväskylä. Saatavissa: [http://www.kihu.fi/tuotostiedostot/julkinen/2007\\_ker\\_ground\\_rea\\_10000.pdf](http://www.kihu.fi/tuotostiedostot/julkinen/2007_ker_ground_rea_10000.pdf) [viitattu 25.10.2011].

Keskinen, O. P., Mänttari, A. & Keskinen, K. L. 2007a. Aerobisen kestävyuden arviointi kenttätesteillä. Teoksessa Urheiluvalmennus, toim. Mero, A., Numminen, A., Keskinen, K. & Häkkinen, K. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy, s. 104–117.

Keskinen, O. P., Mänttari, A., Aunola, S. & Keskinen, K. L. 2007b. Maksimaalisen hapenkulutuksen arviointimenetelmien luotettavuus ja tarkkuus. Teoksessa Urheiluvalmennus, toim. Mero, A., Numminen, A., Keskinen, K. & Häkkinen, K. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy, s. 81–82.

Kibler, W. B., Press, J. & Sciascia, A. 2006. The role of core stability in athletic function. *Journal of Sports Medicine* 3/2006, s. 189–198.

Kipp, R., Reid, R., Gildien, M., Haugen P. & Smith, G. 2010. Relative contributions of leg angles to ski edging during a slalom ski turn. 5<sup>th</sup> International Congress on Science and Skiing, kongressimateriaali, s. 129.

Klinka, R. J. & Malina, R. M. 1999. Sex differences in motor performance in elite young alpine skiers. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 31/1999.

Klous, M., Müller, E. & Schwameder, H. 2007a. Knee joint loading in alpine skiing: a comparison between carved and skidded turns. 12<sup>th</sup> Annual Congress of the ECSS (European College of Sport Science). 11–14.7.2001, Jyväskylä.

Klous, M., Müller, E. & Schwameder, H. 2007b. Lower extremity joint loading in carved ski and snowboard turns. ISBS - Conference Proceedings Archive, 25th International Symposium on Biomechanics in Sports, s. 91–94.

Kosuke, N. & Kagemoto, Y. 2007. Investigation of ski movements in carving turn: a pilot study. 4<sup>th</sup> International Congress on Science and Skiing, kongressimateriaali, s. 130.

Kravanalys. 2006. Alpine Ski Team, Sweden. Päivitetty 29.6.2006.

Krueger, A., Edelmann-Nusser, J., Spitzenpfeil, P., Huber, A., Waibel, K. H. & Witte, K. 2006. A direct measuring method for the determination of the edging angle and the ground reaction force in alpine skiing. ISBS - Conference Proceedings Archive, 24th International Symposium on Biomechanics in Sports. Saatavissa: <http://w4.ub.uni-konstanz.de/cpa/article/viewFile/197/157> [viitattu 24.10.2011].

Kyle, U. G., Bosaeus, I., De Lorenzo, A. D., Deurenberg, P., Elia, M., Gómez, J. M., Heitmann, B. L., Kent-Smith, L., Melchior, J. C., Pirlich, M., Scharfetter, H., Schols, A. M. W. J. & Pichard, C. 2004. Bioelectrical impedance analysis- part I: review of principles and methods. *Clinical Nutrition* 23/2004, s. 1226–1243.

Kylmä, J. & Juvakka, T. 2007. Laadullinen terveystutkimus. Helsinki: Edita Prima Oy.

Kyngäs, H. & Vanhanen, L. 1999. Sisällön analyysi. *Hoitotiede* 1/1999, s. 3–11.

Lembert, S., Raschner, C., Platzer, H. P., Patterson, C. & Mildner, E. 2009. H:Q ratios in open versus closed kinetic chain: what is the relevance for alpine ski racers? Teoksessa *Science and Skiing IV*, toim. Müller, E., Lindinger, S. & Stöggli, T. s. 357–364.

Lesnik, B., Simunic, B., Golob, L., Zvan, M. & Pisot, R. 2010. Adaptation of vastii muscles in top racers from different alpine skiing disciplines. 5<sup>th</sup> International Congress on Science and Skiing, kongressimateriaali, s. 85.

Lesnik, B. & Zvan, M. 2007. The best slalom competitors – kinematic analysis of tracks and velocities. *Kinesiology* 39/2007, s. 40–48. Saatavissa: [http://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id\\_clanak\\_jezik=24088&lang=en](http://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id_clanak_jezik=24088&lang=en) [viitattu 25.10.2011].

Lesnik, B. & Zvan, M. 2003. Comparison of centre of mass trajectories in modern giant slalom techniques. *Kinesiology* 2/2003, s. 191–200.

Lohman, T. G., Going, S. B. & Herrin, B. R. 2008. Body composition assessment in the young athlete. Teoksessa *The young athlete*, toim. Hebestreit, H. & Bar-Or, O. International Olympic Committee, Blackwell Publishing Ltd, s. 415–429.

Loland, S. 2009. Alpine skiing technique – practical knowledge and scientific analysis. Teoksessa *Science and Skiing IV*, toim. Müller, E., Lindinger, S. & Stöggl, T. Meyer & Meyer Sport, UK, s. 43–58.

Luhtanen, P. 1989. Lajianalyysi. Teoksessa *Suomalainen valmennusoppi 2. Suomen olympiakomitea*. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy, s. 95–122.

Maffiuletti, N. A., Jordan, K., Spring, H., Impellizzeri, F. & Bizzini, M. 2009. Physiological profile of Swiss elite alpine skiers- a 10-year longitudinal comparison. Teoksessa *Science and Skiing IV*, toim. Müller, E., Lindinger, S. & Stöggl, T., Meyer & Meyer Sport, UK, s. 365–373.

Maffiuletti, N. A., Impellizzeri, F., Rampinini, E., Bizzini, M. & Moggi, P. 2006. Letter to the editors - Is aerobic power really critical for success in alpine skiing? *International Journal of Sports Medicine* 27/2006, s. 166–167.

Marijana, H., Zeljko, H. & Pavie, M. 2007. Relationship between basic anthropometric measurements and ranking in elite women alpine skiing. 4<sup>th</sup> International Congress on Science and Skiing, kongressimateriaali, s. 127.



Mejovsek, M., Kasovic, M. & Cigrovski, V. 2010. The influence of peripheral fatigue on dynamic balance. 5<sup>th</sup> International Congress on Science and Skiing, kongressimateriaali, s. 139.

Mero, A. 2004. Taito ja tekniikka. Teoksessa Urheiluvallmennus, toim. Mero, A., Numminen, A., Keskinen, K. & Häkkinen, K. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy, s. 241–250.

Mester, J., Achtzehn, S., de Marées, M., Engelmeyer, E., Liphardt, A. M. & Suhr, F. 2009. Teoksessa Science and Skiing IV, toim. Müller, E., Lindinger, S. & Stöggl, T. Meyer & Meyer Sport, UK, s. 59–72.

Mildner, E., Lember, S. & Raschner, C. 2010. Influence of ski boots on balance performance. Sportverletz Sportschaden 1/2010, s. 31–35.

Mildner, E., Raschner, C., Lember, S., Patterson, C. & Märzendorfer, P. 2007. Influence of ski boots on balance performance and intermuscular coordination. 4th International Congress on Science and Skiing, kongressimateriaali.

Minett, A. E. & Susta, D. 2010. The maximum negative power and motor control during simulated hard and soft landing in alpine skiing. 5<sup>th</sup> International Congress on Science and Skiing, kongressimateriaali, s. 55.

Müller, E., Benko, U., Raschner, C. & Schwameder, H. 2000. Specific fitness training and testing in competitive sports. Medicine & Science in Sports & Exercise 1/2000, s. 216–220. Saatavissa:  
[http://www.motricidadhumana.com/specific\\_trainingtesting\\_competitivesports\\_EMuller.pdf](http://www.motricidadhumana.com/specific_trainingtesting_competitivesports_EMuller.pdf) [viitattu 24.10.2011].

Müller, E. & Schwameder, H. 2003. Biomechanical aspect of new techniques in alpine skiing and ski-jumping. Journal of Sports Sciences 21/2003, s. 679–692.

Neumayr, G., Hoertnagl, H., Pfister, R., Koller, A., Eibl, G. & Raas, E. 2003. Physical and physiological factors associated with success in professional alpine skiing. International Journal of Sports Medicine 34/2003, s. 571–575.

Nigg, B., Schwameder, H., Stefanyshyn, D. & von Tschamer, V. 2000. The effect of ski binding position on performance and comfort in skiing. Saatavissa: <http://www.hiitoliitto.fi/@Bin/5120/Binding+position+Benno.pdf> [viitattu 11.11.2010].

Niessen, W., Müller, E. & Schwameder, H. 1998. Force and moment measurements during alpine skiing depending on height position. ISBS - Conference Proceedings Archive, 16th International Symposium on Biomechanics in Sports. Saatavissa: <http://w4.ub.uni-konstanz.de/cpa/article/view/1542> [viitattu 5.3.2011].

Noe, F., Amarantini, D. & Paillard, T. 2007. How experienced alpine-skiers cope with restrictions of ankle degrees-of-freedom when wearing ski-boots in postural exercises. *Journal of Electromyography and Kinesiology* 2/2007. Saatavissa: <http://www.educ.uidaho.edu/cdickin/Courses/PEP%20510/Readings/Tyler%20Article%20-%20Skiboosts%20and%20posture.pdf> [viitattu 10.11.2011].

Noe, F. & Paillard, T. 2005. Is postural control affected by expertise in alpine skiing? *British Journal of Sports Medicine* 39/2005, s. 835–837.

Norges skiforbund Olympiatoppen. Ironman testbatteri (ver 3.2 07.05.06).

Nummela, A., Keskinen, K. & Vuorimaa, T. 2004. Kestävyys. Teoksessa *Urheiluvallmennus*, toim. Mero, A., Numminen, A., Keskinen, K. & Häkkinen, K. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy, s. 333–363.

Nummela, A. 2007. Kestävyysominaisuuksien mittaaminen. Teoksessa *Kuntotestauksen käsikirja*, toim. Keskinen, K. L., Häkkinen, K. & Kallinen, M. Liikuntatieteellinen seura, Tampere: Tammer-Paino Oy, s. 51–124.

O'Shea, P. 1989. Adolescent strength and conditioning for Alpine skiing- the Rowmark Academy program. *NSCA Journal* 3/1989, s. 63–66.

Olympic Movement. 2009. Alpine skiing equipment and history. Saatavissa: <http://www.olympic.org/en/content/Sports/All-Sports/Skiing/Alpine-skiing/Alpine-skiing-Equipment-and-History/?Tab=1> [viitattu 11.11.2010].

Osgnach, C., Colombo, M., Bosio, A., Freschi, M., Buselli, P. & Roi, G. S. 2006. Physical profile of top level alpine skiers: anthropometrical differences between Italian National Team competing in 1982, 1999 and 2005. *The Rehabilitation of Winter and Mountain Sports Injuries*, XV International Congress on Sports Rehabilitation and Traumatology.

Peltonen, O. M. 2010. *Mekaniikka*. Suomen hiihdonopettajat ry. Saatavissa: [http://www.hiihdonopettajat.com/File/Mekaniikka\\_2010.pdf](http://www.hiihdonopettajat.com/File/Mekaniikka_2010.pdf) [viitattu 10.3.2012].

Petr, K. & Frantisek, V. 2007. Relationship of basic body dimensions to the performance in slalom and downhill. 4<sup>th</sup> International Congress on Science and Skiing, kongressimateriaali, s. 147.

Petrone, N. & Marcolin G. 2009. Analysis of combined EMG and joint angular velocity for the evaluation of eccentric/concentric contraction in skiing. *ISBS - Conference Proceedings Archive*, 27th International Conference on Biomechanics in Sports. Saatavissa: <http://w4.ub.uni-konstanz.de/cpa/article/view/3258> [viitattu 10.10.2011].

Pozzo, R., Consuelo, P., Casasola, S., Grazzina, F., Rejc, E., Cotelli, C. & Canclini, A. 2005. Kinematic, kinetics and neuromuscular comparative analysis of the “turn movement” between alpine skiing and a new ski simulator. 10<sup>th</sup> Annual ECSS (European College of Sport Science) Congress Belgrade. Saatavissa: <http://www.smas.org/2-kongres/papers/14561.pdf> [viitattu 15.11.2011].

Rao, G., Berton, E., Amarantini, D. & Favier, D. 2004. A kinematic and dynamic analysis of elite alpine skiers. *ISBS - Conference Proceedings Archive*, 22nd International Symposium on Biomechanics in Sports. Saatavissa: <http://w4.ub.uni-konstanz.de/cpa/article/view/1328> [viitattu 10.10.2011].

Raschner, C., Pühringer, R., Patterson, C. & Platzer, H. P. 2004. Biomechanic aspects of sport specific testing in elite alpine ski racers. *ISBS - Conference Proceedings Archive*, 22th International Symposium on Biomechanics in Sports. Saatavissa: <http://w4.ub.uni-konstanz.de/cpa/article/view/1304> [viitattu 8.9.2011].

Raschner, C., Patterson, C. & Platzer H. P. 2006. Longitudinal fitness testing - supervision of training in young alpine ski racers. *ISBS - Conference Proceedings Archive*,

24th International Symposium on Biomechanics in Sports. Saatavissa:

<http://w4.ub.uni-konstanz.de/cpa/article/view/359/315> [viitattu 13.2.2012].

Raschner, C., Graupp, M., Niederkofler, A., Mildner, E., Platzer, H. P., Lember, S. & Patterson, C. 2007. Technique analysis in junior slalom ski racing through pressure distribution measurements. 5<sup>th</sup> International Congress on Science and Skiing, kongressimateriaali, s. 157.

Reid, R., Gilgien, M., Haugen, P., Kipp, R. & Smith, G. 2010. Force and energy characteristics in competitive slalom. 5<sup>th</sup> International congress in science and skiing, kongressimateriaali, s. 87.

Reiman, M. P. & Manske, R. C. 2009. Functional testing in human performance, 139 tests for sport, fitness and occupational settings. Human kinetics, United States.

Richardson, R., White, A., Seifert, J., Porretta, J. & Johnson, S. 1993. Blood lactate concentrations in elite skiers during a series of on-snow downhill ski runs. Journal of Strength & Conditioning Research, pdf only.

Rissanen, R. & Atrila, H. 1989. Alppilajien testit ja testinormisto. Teoksessa Suomalainen valmennusoppi 2. Suomen Olympiakomitea. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy, s. 367–371.

Saarikoski, R., Stolt, M. & Liukkonen, I. Liikeketju. Saatavissa:

[http://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p\\_artikkeli=jal00030](http://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p_artikkeli=jal00030) [viitattu 22.10.2011].

Salminen, A. 2011. Mikä kirjallisuuskatsaus? Johdatus kirjallisuuskatsauksen tyypeihin ja hallintotieteellisiin sovelluksiin. Vaasa: Vaasan yliopiston julkaisu. Opetusjulkaisuja 62, julkisjohtaminen 4.

Selänne, H. Liikunnan ja kansanterveyden edistämissätiö LIKES-tutkimuskeskus, Liikuntalääketieteen klinikka. Saatavissa:

<http://www.likes.fi/pages/content/Show.aspx?id=160> [viitattu 10.10.2011].

Sigmund, L. 2007. Alpine skiing technique- a praxeological approach. 4<sup>th</sup> International Congress on Science and Skiing, kongressimateriaali, s. 23.

Ski Sport Finland ry a. Ski Sport Finland strategian yhteenveto. Saatavissa: <http://skisport-fi-bin.directo.fi/@Bin/e7c388e43823b57341570b8b257d818d/1286291584/application/pdf/4898176/strat%20Ssf%20pdf.pdf> [viitattu 12.11.2010].

Ski Sport Finland ry b. Alpine Ski Team: alppihiihdon säännöt. Saatavissa: <http://www.skisport.fi/alppihiihto/saannot/> [viitattu 28.9.2011].

Sona, V. & Frantisek, V. 2007. Definition method of single phases of carving turn. 4th International Congress on Science and Skiing, kongressimateriaali, s. 113.

Spitzenpfeil, P., Niessen, M., Rienaecher, N. & Hartmann, U. 2005. Evaluation of specific training device in alpine skiing. Teoksessa Science and Skiing III, toim. Müller, E., Bacharach, D., Klika, R., Lindinger, S. & Schwameder, H. Meyer & Meyer Sport, UK, s. 204–215.

Spörri, J., Kröll, J., Schiefermuller, C. & Müller, E. 2010. Line characteristics and performance in giant slalom. 5<sup>th</sup> International Congress on Science and Skiing, kongressimateriaali, s. 57.

Stockholm PowerZite. 2004. Brutalbänk. Saatavissa <http://www.powerzite.se/item/itemDetail.asp?iSetID=254> [viitattu 9.4.2012].

Suomen hiihdonopettajat ry. 2010. Alppihiihto, opetusohjelma. Saatavissa: <http://www.hiihdonopettajat.com/fi/Koulutus/Koulutusmateriaalit.html> [viitattu 14.11.2010].

Suomen Olympiakomitea. 2012. Ravintofysiologian pikakurssi: energia-aineenvaihdunta. Saatavissa: [http://www.noc.fi/huippu-urheilu/tukipalvelut/urheilijan\\_ravitsemus/ravintofysiologian\\_pikakurssi/](http://www.noc.fi/huippu-urheilu/tukipalvelut/urheilijan_ravitsemus/ravintofysiologian_pikakurssi/) [viitattu 22.2.2012].

Supej, M. 2008. Differential specific mechanical energy as a quality parameter in racing alpine skiing. *Journal of Applied Biomechanics* 2/2008, s. 121–129.

Supej, M., Nemec, B. & Kugovnik, O. 2005. Changing conditions on the slalom ski course affect competitors' performances. *Kinesiology* 2/2005, s. 151–158.

Supej, M, Kugovnik, O & Nemec, B. 2004. Modelling and simulation of two competition slalom techniques. *Kinesiology* 2/2004, s. 206–212.

Supej, M., Kugovnik, O. & Nemec, B. 2003. Kinematic determination of the beginning of a ski turn. *Kinesiologia Slovenica* 1/2003, s. 11–17.

Svandal, I., Reid, R., Haugen, P. & Smith, G. 2010. Inside/outside ski loading characteristics in elite slalom skiers in steep and flat terrain. 5<sup>th</sup> International Congress on Science and Skiing, kongressimateriaali, s. 109.

Szmedra, L., Im, J., Nioka, S., Chance, B & Rundell, K. W. 2001. Hemoglobin/myoglobin oxygen desaturation during alpine skiing. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 2/2001, s. 232–236.

Taeymans, J., Aerenhouts, D., Clijsen, R., Fässler, R., Clarys, P. & Baeyens, J. P. 2010. Somatotype and kinanthropometric characteristics of male and female junior and elite senior alpine skiers. 5<sup>th</sup> International Congress on Science and Skiing, kongressimateriaali, s. 86.

Tesch, P., Dudley, G., Duvoisin, M., Hather, B. & Harris, R. 1990. Force and EMG signal patterns during repeated bouts of concentric or eccentric muscle actions. *Acta physiologica Scandinavica* 3/1990.

Tesch, P. A. 1995. Aspects on muscle properties and use in competitive alpine skiing. *Medical Science of Sports Exercise* 27/1995, s. 310–314.

Thoma, C. & tieteilinen työryhmä. 2011. Alppihiihtotekniikka tänään. Saatavissa <http://skisport-fi->

[bin.directo.fi/@Bin/dec92c76d8b6ebfa94b807b4103bcb20/1319292011/application/pdf/6232999/Guideline%20for%20Ski%20Technique\\_Fi.pdf](http://bin.directo.fi/@Bin/dec92c76d8b6ebfa94b807b4103bcb20/1319292011/application/pdf/6232999/Guideline%20for%20Ski%20Technique_Fi.pdf) [viitattu 20.10.2011].

Tomazin, K., Dolonec, A. & Strojnik, V. 2008. High- frequency fatigue after alpine slalom skiing. *European Journal of Applied Physiology* 2/2008, s. 189–194.

Tonkonogi, M. 2012. Med lite mer kunskap kanske man kan slippa lägga ner ungdomslandslagen. *Idrott & Kunskap* 1/2012, s. 58–59.

Topend Sports Network. 2012. Illinois agility test. Saatavissa: <http://www.topendsports.com/testing/tests/illinois.htm> [viitattu 9.4.2012].

Torraco, R. J. 2005. Writing Integrative Literature Reviews: Guidelines and Examples. *Human Resource Development Review* 4/2005, s. 356–367.

Tuomi, J. & Sarajärvi, A. 2011. Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi. Vantaa: Hansaprint Oy.

Turnbull, J. R., Kilding, A. E. & Keogh, J. W. L. 2009. Physiology of alpine skiing. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports* 2/2009, s. 146–155.

Vaverka, F. & Vodickova, S. 2010. Laterality of the lower limbs and carving turns. *Biology of Sport* 2/2010, s. 129–134.

Viitasalo, J. & Rusko, H. Tiede ja urheiluvalmennus. Teoksessa Suomalainen valmennusoppi 1. Suomen Olympiakomitea. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy, s. 199–207.

Vodickova, S. & Vaverka, F. 2009. The method of time analysis of a carving ski turn and its phases. Teoksessa *Science and Skiing IV*, toim. Müller, E., Lindinger, S. & Stöggl, T. Meyer & Meyer Sport, UK, s. 532–542.

Von Duvillard, S. P., Bacharach, D. & Stanek, F. 2009. Respiratory and metabolic demands of field versus laboratory tests in young competitive alpine ski racers. Teoksessa *Science and Skiing IV*, toim. Müller, E., Lindinger, S. & Stöggl, T. Meyer & Meyer Sport, UK, s. 543–555.

Von Läuppi, P., Schmidiger, R. & Vogt, M. 2007. Leistungsdiagnostik Swiss-Ski. *Coach-Point* 1/2007.

Nuorten, alle 20-vuotiaiden alppihiihtäjien antropometriaa käsittelevien tutkimusten keskeiset tulokset

<b>Tutkimuksen tekijät ja -vuosi</b>	<b>Tarkoitus</b>	<b>Aineisto ja aineiston keruu</b>	<b>Keskeiset tulokset</b>
Doyle-Baker ym. 2010	Tutkia antropometrisiä ja fysiologisia eroja kehittyvien alppihiihtäjien joukossa	Kahdelle ryhmälle (K2: noin 13-vuotiaita ja FIS: noin 16 vuotiaita) kanadalaisia laskijoita (n = 24) toteutettiin standardoitu testipatteristo	K2 ryhmässä rasvaprosentti ei ollut merkittävästi sukupuoli-riippuvainen ( $17,5 \pm 1,3 \%$ , $p=0,08$ ), mutta FIS-lakijoilla oli (miehet $12,6 \pm 2,6 \%$ ja naiset $22,5 \pm 1,3 \%$ , $p<0.001$ )
Gómez-López ym. 2010	Tarve parantaa espanjalaisten alppihiihtäjien yksilötasoa sekä tunnistaa uudet lahjakkuudet	Espanjalaisia alppihiihtäjiä, 1996-2006, pojat (n = 35, iältään $16,6 \pm 1,9$ ) ja tytöt (n = 33, iältään $19,7 \pm 4,4$ )	Tyttöjen BMI vaihteli välillä $17,39 \pm 2,87$ ja $20,59 \pm 4,87$ . Pojilla BMI välillä $11,28 \pm 3,18$ ja $12,63 \pm 3,61$ . Espanjalaiset alppihiihtäjät ja erityisesti pojat ovat somatotyypiltään mesomorffisia
Emeterio & González-Badillo 2010	Määrittää kansainvälisellä tasolla laskevien nuorten espanjalaisten alppihiihtäjien somatotyypin, jalkojen maksimivoima ja anaerobinen voima sekä selvittää edellä mainittujen muuttujien suhde menestykseen	Espanjalaisia alppihiihtäjiä, pojat (n = 16, iältään $14,6 \pm 1,1$ ) ja tytöt (n = 15, iältään $14,9 \pm 1,0$ )	Somatotyypiltään pojat olivat pääasiassa mesomorffisia ja tytöt endomesomorffisia. Pojilla oli lihassmassaa +9,5 % enemmän ja rasvakudosta -53 % vähemmän kuin tytöillä. Pojilla lihassmassan määrä korreloi
Taeymans ym. 2010	Kuvata somatotyypin ja fyysisiä ominaisuuksia juniori- ja seniirikäisten alppihiihtäjien keskuudessa (sekä miehet että naiset)	Eri kansallisuuksien eliittitason alppihiihtäjiä (n = 94). Juniorit alle ja seniorit yli 20-vuotiaita	Miespuoliset juniorit olivat mesomorffisia kun taas seniorimiehet endomesomorffisia. Naiset sekä juniori- että seniiri-iässä olivat endomesomorffisia



## Yli 20-vuotiaiden alppihiittäjien antropometriaa käsittelevien tutkimusten keskeiset tulokset

<b>Tutkimuksen tekijät ja -vuosi</b>	<b>Tarkoitus</b>	<b>Aineisto ja aineiston ke-ruu</b>	<b>Keskeiset tulokset</b>
Aerenhouts ym. 2010	Pyrkiä selvittämään onko pujottelun ja super-g/syöksylaskun laskijoiden välillä somatotyypista ja ruumiinrakenteellista eroa	Kansainvälinen tutkimus, miehet (n = 33) ja naiset (n = 15), ikäkauma välillä $22.1 \pm 2.4$ ja $25.7 \pm 3.7$ , Maailman cupin ja Eurooppa cupin laskijoita	Mieslaskijat sekä pujottelu että super-g/syöksylasku ryhmissä ja naisten pujottelulaskijat ovat kehoityypiltään endomorfis-mesomorfisia. Naisten super-g/syöksylasku tasapuolisesti endomorfinen ja mesomorfinen.
Geissler ym. 2010	Selvittää antropometrian, kliinisten laboratoriotutkimusten ja kuntotestien korrelaatiota alppihihdossa menestymisen kanssa	Viiden vuoden (2004–2008) mittainen seurantatutkimus Saksan kansallisten laskijoiden keskuudessa (n = 143)	FIS pisteiden ja kehon rasvattoman massan välillä korkea korrelaatio (naiset: $r=-0,53$ ja miehet $r=-0.73$ ja molemmilla $p<0.01$ ) ja FIS pisteillä ja ferritiinillä (naiset $r=-0.43$ ja miehet $r=-0.69$ ja molemmilla $p<0.01$ ). Tutkimuksen lopussa esitetään pohdintaa, kuinka merkittävää kehon rasvattoman massan lisääminen voimaharjoittelulla (strength) voisi olla tulosten kannalta
Maffioletti ym. 2007	Kuvata antropometrisiä ja fysiologisia ominaisuuksia Sveitsin miespuolisilla eliittitason laskijoilla 10 vuoden seurantatutkimuksessa (1997-2006)	(n = 98)	Rasvaprosentti laski, mutta koko kehon paino ei merkittävästi muuttunut. Tämä kertoo kehon rasvattoman massan painon noususta

Marijana, Zeljko & Pavie 2007	Tutkia eliitti naislaskijoiden painoa suhteessa menestykseen	Kaikki naispuoliset alppihiittäjät jotka sijoittuivat 2006 Olympialaisissa, maailmanmestaruuskisoissa 2007 ja maailmancupissa 2006/2007 (n=227)	Ensimmäisten 10 laskijan keskuudessa pituus vaihteli 160-177cm ja paino 58-81kg välillä. Suurpujottelussa parhaiten sijoittuivat hiukan kevyemmät ja lyhyemmät laskijat, kun taas nopeuslajeissa painavammat ja pidemmät olivat paremmin sijoittuneita
Petr & Fran-tisek 2007	Tutkia onko huippulaskijoiden keskuudessa suuria eroavaisuuksia kehon mittasuhteissa pujottelijoiden ja syöksylaskijoiden välillä	2006/2007 maailmancupin 30 parasta mies- ja naislaskijaa sekä pujottelusta että syöksylaskusta	Miesten keskuudessa havaittiin tilastollisesti merkitseviä eroja kehon painossa (pujottelu $85,24 \pm 5,53$ kg, syöksylasku $90,93 \pm 4,10$ kg) ja paino-pituus indekseissä. Naisten tulosten keskuudessa tilastollista merkittävyyttä ei havaittu (pujottelu $65,51 \pm 5,61$ kg, syöksylasku $67,24 \pm 6,04$ kg)
Osgnach ym. 2006	Tutkia antropometrisiä ominaisuuksia Italian maajoukkueen miespuolisilla laskijoilla vuosina 1982, 1999 ja 2005 sekä etsiä mahdollisia yhtäläisyyksiä FIS pisteiden ja antropometristen ominaisuuksien välille	Toteutettiin maailmancupin laskijoilla (n = 89)	Korrelaatiota antropometristen ominaisuuksien ja FIS pisteiden välillä ei havaittu. Vuoden 1999 laskijat olivat painavampia (noin viisi kiloa) kuin vuoden 1982 laskijat. Lisäksi BMI oli vuonna 1999 korkeampi. Rasvaprosentti laski vuodesta 1982 vuoteen 1999 $26.4 \Delta \%$ ja rasvattoman massan osuus lisääntyi $11.5 \Delta \%$
Neumayr ym. 2003	Kuvata Itävaltalaisien laskijoinen tyypillisiä fyysisiä ominaisuuksia	Laskijat testattiin ennen ja jälkeen kautta vuodesta 1997 vuoteen 2000 (n = 48)	Ei merkittävää eroa mitattujen vuosien välillä. Tyypillinen ikä noin 25 vuotta. Naisten keskimääräinen pituus oli 1,66 m ja paino 65,1 kg, BMI $23.6 \pm 1.7$ ja rasvaprosentti 24,5 %. Miesten vastaavat 1,81m, 87 kg, $26,5 \pm 1,7$ ja 15,8 %. Ei korrelaatiota antropometristen ominaisuuksia ja menestyksen välillä

## QUESTIONNAIRE

# DEVELOPING PHYSICAL FITNESS TESTING PROTOCOL FOR ALPINE SKIERS 15 TO 18 YEARS OF AGE IN FINLAND



Dear sports expert / coach

This questionnaire is part of a Bachelor's thesis done in the Master of Health Care program in Naprapathy in Kymenlaakso University of Applied Sciences, Finland. The thesis, commissioned by Ski Sport Finland, will map the most essential physical attributes in alpine skiing and study how to measure these elements in the most practical way. The commission originated from Ski Sport Finland's need of a physical fitness testing protocol for young alpine skiers (15 to 18 years of age) which would standardize the present testing practices in Finland and enable comparing the athletes' physical attributes.

Ski Sport Finland is federation of alpine ski sports, operating in Finland together with Alpine Ski Team Finland. The idea of the federation is to promote success in alpine sports on the top level by running and developing Finnish national team operations. The main mission is to educate young alpine skiers to successful top athletes, to support the skiers presently at the top level, and to be part of the development of the sport.

The progress of our thesis may be divided into four stages as follows:

- 1) Familiarizing ourselves with alpine skiing and alpine skier fitness testing in the form of a literature review. We compiled a sport-specific analysis that focuses on, among other things, today's skiing technique, biomechanics during a skier's performance and the physical attributes of today's skiers.
- 2) Drafting of a questionnaire to complement the literature review. This was done in order to deepen our understanding of the attributes required from an alpine skier as well as of the methods of testing them. The questionnaire was sent to representatives of the ten most successful alpine skiing countries according to FIS points.
- 3) Creating the selection criteria for the tests included in the eventual physical fitness testing protocol.
- 4) Selecting the eventual physical fitness testing protocol. The final result, our thesis, will be in Finnish but all the respondents will receive the English-language abstract.

This questionnaire serves the purpose of collecting **your valuable experience and knowledge** to go alongside the conclusions that surfaced in the literature review. We kindly ask for your permission to use your answers in our thesis work. The names, countries, occupations or titles of all the respondents will only be listed in an appendix to the thesis. **All the answers you give will be treated anonymously.**

**You have two weeks to answer, i.e. the last day of return is 6<sup>th</sup> of April.**

We would like you to answer the questions presented on the next page, fill in the section for your information which also serves as an electronic signature, and email your reply to **tero.immonen@student.kyamk.fi**. If you have any questions on this questionnaire or our thesis, you may email them to the addresses below.

Tero Immonen &  
Anu Männikkö  
Naprapathy students  
[tero.immonen@student.kyamk.fi](mailto:tero.immonen@student.kyamk.fi)

Petteri Koski D.N.  
Kymenlaakso University of Applied Sciences  
Social, Health and Sports Sciences  
Degree Programme in Naprapathy  
[petteri.koski@kyamk.fi](mailto:petteri.koski@kyamk.fi)

Petri Lindén  
Ski Sport Finland  
Education and Development manager  
[petri.linden@skisport.fi](mailto:petri.linden@skisport.fi)

1. Which physical attributes do you see as the most essential in achieving success in alpine skiing? You may mention up to four attributes. You do not have to list them in order of importance but please explain why you chose those attributes.

2. Which individual tests do you see as the most practical ones to be used in measuring the attributes you chose in question 1? Please mention one test per attribute and state your reasons for choosing them.

3. In your opinion, does testing of alpine skiers 15 to 18 years of age differ from testing of adults? How and why?

**Background information:**

Name

Where do you work?

What does your work include?

How long have you coached / worked in alpine skiing?

What is your education in this field?

**x I grant permission to list my name in the list of respondents.**