

**ALPPIHIIHTÄJÄN ISOMETRISEN MAKSIMIVOIMAN-
TUOTON YHTEYS PUJOTTELURADALLA TUOTETTUIHIN
KÄÄNNÖSVOIMIIN**

Tiina Salo

Kandidaatintutkielma

Valmennus- ja testausoppi, VTE.A006

Liikuntabiologian laitos

Jyväskylän yliopisto

Työn ohjaajat: Heikki Kyröläinen ja

Tapani Keränen

Kesä 2008

TIIVISTELMÄ

Salo, Tiina 2007. Alppihiihtäjän isometrisen maksimivoimantuoton yhteys pujotteluradalla tuotettuihin käännösvoimiin. Valmennus- ja testausopin kandidaatintutkielma. Liikuntabiologian laitos, Jyväskylän yliopisto, 38 s.

Alppihiihdon perustaitoja ovat tasapaino, kääntäminen, kanttaaminen, kuormittaminen ja rytmi, joiden linkittyminen yhteen luo pohjan tehokkaalle laskemiselle (Heikkinen ym. 2003). Laskija kääntää suksiaan tuottamalla keskipakoisvoiman vastavoimaa, reaktivoimaa (Peltonen 2003). Tuotetut reaktivoimat voivat olla jopa 2,5-kertaisia laskijan painoon nähden (Müller ym. 2000). Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää, miten suuria reaktivoimia, suhteessa kehon painoon ja isometriseen maksimivoimaan, laskija tuottaa pujotteluradalla sekä tarkastella yli ja alle 40 FIS-pistettä omaavien laskijoiden käännösprofiilien eroavaisuuksia.

Koehenkilöinä toimi 17 Rukan ja Tahkon alppikoulun laskijaa sekä yksi maa-joukkuelaskija. Koehenkilöt suorittivat kaksi laskua tasarytmisellä pujotteluradalla jyrkässä rinteessä. Laskut kuvattiin videolle ja niiden aikana mitattiin painetta koehenkilön monon pohjalle asetetuilla painepohjallisilla (Parotec Systems). Dataloggeri ja virtalähde oli kiinnitettynä koehenkilön vyötärölle laskujen ajaksi. Koehenkilöiden isometrinen jalkojen ojennusvoima mitattiin 107°:een kulmalla jalkakyykkylaitteessa niin ikään voimaharjoituskenkiin asetetuilla painepohjallisilla. Jokaiselta koehenkilöltä valittiin videon perusteella Kihuvier-ohjelman avulla 3-5 onnistunutta käännöstä kumpaankin suuntaan analysoitavaksi. Painedatan avulla määritettiin valittujen käännösten ja jalkakyykkysuorituksen aikana tuotetut voimat Analyzer signaalianalyysiohjelmalla. Tilastollinen analyysi suoritettiin SPSS 12.0-ohjelmalla.

Laskijan ulkojalkaan kohdistui keskimäärin 1,6-1,7-kertainen voima painoon nähden. Suurin havaittu suhteellinen voima oli 2,4-kertainen laskijan painoon nähden. Ulkojalan reaktivoimamaksimin suhde isometriseen maksimivoimaan oli keskimäärin 1,1-1,2 maksimiarvojen ollessa 1,7-1,8. Vasemman ulkojalan reaktivoimamaksimi korreloi tilastollisesti merkitsevästi vasemman jalan isometrisen maksimivoiman kanssa ($r=0.528$, $p=0.029$). Paremmiin rankatut laskijat tuottivat 50 %, 70 % ja 90 % voimataason myöhemmin kuin huonommin rankatut laskijat.

Tämä tutkimus osoitti, että kääntäessään pujotteluradalla laskija joutuu sietämään sekä kehon painonsa että isometriseen maksimivoimaansa nähden suuria voimia. Isometriseen maksimivoimaan suhteutetut reaktivoimat paljastivat, että laskija tuotti kääntäessään voimaa eksentrisesti. Eksentrisen voimaharjoittelun tulisikin olla oleellinen osa laskijan harjoitusohjelmaa. Paremmiin rankatut laskijat kasvattivat ulkosuksen kuormitusta maltillisemmin kuin huonommin rankatut laskijat. Ero saattoi kuvastaa sitä, että paremmiin rankatut laskijat käänsivät koko käännöksen leikkaavasti, kun taas huonommin rankatut aloittivat käännöksen luisuttamalla. Tämän tutkimuksen perusteella ei kuitenkaan voitu päätellä, kumpi tapa kääntää oli nopeampi, vaan se jää selvitetäväksi tulevaisuudessa. Lisää tutkimusta kaivattaisiin myös eksentrisen voimaharjoittelun vaikutuksesta käännöksen aikana tuotettuihin reaktivoimiin.

Avainsanat: pujottelu, reaktivoima

SISÄLTÖ

TIIVISTELMÄ

1	JOHDANTO.....	5
2	ALPPIHIIHDON SUORITUSTEKNIikka	7
2.1	Perustaidot alppihiihdossa.....	7
2.1.1	Tasapaino.....	7
2.1.2	Kääntäminen.....	8
2.1.3	Kanttaus.....	8
2.1.4	Kuormitus.....	9
2.1.5	Rytmi.....	10
2.2	Nykyaikainen alppihiihdon kilpailutekniikka	11
3	KARVINGKÄÄNNÖS	15
3.1	Käännösvoimat.....	15
3.1.1	Laskijaan vaikuttavat voimat	16
3.1.2	Reaktiovoima käännöksessä	16
3.2	Painekeskipisteen liikkuminen käännöksessä.....	19
3.3	Polvikulmat	20
3.4	Kanttauskulmat	20
3.5	Laskulinjan vaikutus laskunopeuteen	21
4	TUTKIMUSONGELMAT JA HYPOTEEsIT	23
5	MENETELMÄT	25
5.1	Koehenkilöt.....	25
5.2	Tutkimuksen kulku.....	25
5.3	Datan keräys.....	26
5.4	Datan analysointi.....	27
5.5	Tilastollinen analyysi	28

6	TULOKSET	29
7	POHDINTA	31
8	LÄHTEET	34
	LIITE.....	37

1 JOHDANTO

Nopean ja tehokkaan laskemisen edellytys on, että laskijan perustaidot, tasapaino, kääntäminen, kanttaaminen, kuormittaminen ja rytmi, ovat hyvin kehittyneitä ja linkittyneitä yhteen (Heikkinen ym. 2003). Suksiteknologian kehittyessä myös alppihiihtotekniikan on kehityttävä. Jotta niin kilpailijat kuin harrastelijatkin saisivat uudenlaisista välineistä maksimaalisen hyödyn irti, on heidän muokattava laskutekniikkaansa. Nykyaikaisen karvingkäännöksen tekeminen leikkaavasti edellyttääkin vartalon liikkeiden ja käännöksen eri vaiheiden hallitsemista, tasapainoista laskuasentoa, oikea-aikaista kanttausta ja kuormitusta sekä hyvää rytmiä. (Capaul 2005.) Alppihiihdon kilpailutekniikassa voidaan havaita kaikilla huippupujottelijoilla ja –suurpujottelijoilla samanlaiset trendit laskemisessaan (Gurshman 2005b).

Alppihiihdossa laskijaan vaikuttavat omien lihasten aikaansaamien sisäisten voimien lisäksi myös merkittäviä ulkoisia voimia (Heikkinen ym. 2003). Laskijan tulee käyttää lihasvoimaa kääntäessä suksiaan, jotta hän pystyy voittamaan jatkuvuuden lain, joka pyrkii säilyttämään henkilön liikkeen koko ajan samansuuntaisena. Kääntäessään laskija painaa kantattuja suksia lumen pintaa vasten ja saa aikaan reaktivoiman. (Peltonen 2003.) Useissa tutkimuksissa on todettu, että karvingkäännöksessä syntyvät reaktiovoimat jakautuvat lähes tasan ulko- ja sisäjalan kesken (esim. Müller & Schwameder 2006) ja syntyvät reaktiovoimat voivat olla jopa 2,5-kertaisia laskijan kehonpainoon nähden (Müller ym. 2000). Tutkijat ovat myös todenneet, että jyrkällä syntyvät reaktiovoimat ovat suurempia kuin reaktiovoimat, joita syntyy loivalla rinteosuudella laskettaessa (Krueger ym. 2006). Karvingkäännöksen aikaista paineakeskipisteen liikkumista monossa on tutkittu tähän mennessä vain yhdessä tutkimuksessa ja sen mukaan paineakeskipisteen kulkema rata on ovaalin muotoinen ja kulkee monon keskiosan ja päkiän välillä (Keränen ym. 2007a).

Reaktiovoimien lisäksi karvingkäännöksen suorittamisessa ratkaisevassa roolissa ovat kanttaus- ja polvikulmat (esim. Müller ym. 2000). Kun kyseessä on alppihiihdon kilpailusuoritus, merkittävä rooli laskun nopeuden kannalta on myös laskulinjan valinnalla. Nykyään huippulaskijat pyrkivätkin laskemaan mahdollisimman lyhyttä reittiä lähdöstä

maaliin. Niin matemaattisesti (Neubeck 2006) kuin videoanalyysin avulla (Lešnik & Žvan 2007) on kuitenkin todettu, että nopein reitti rataa pitkin alas ei välttämättä ole lyhyin.

Tämän tutkimuksen tarkoitus on selvittää, kuinka suuren osan, vai jopa enemmän, alppihiittäjä joutuu käyttämään voimareservistään pujottelu- ja suurpujottelukäännöksissä vaativalla radalla. Kirjallisuuden perusteella voidaan todeta, että käännöksessä syntyvät reaktivoimat ovat suuria. Koska aikaisempia raportteja isometrisen maksimivoiman ja radoilla syntyvien reaktivoimien välisestä suhteesta ei ole julkaistu, kirjallisuuteen perustuvaa hypoteesia on vaikea asettaa.

2 ALPPIHIIHDON SUORITUSTEKNIikka

2.1 Perustaidot alppihiihdossa

Alppihiihto vaatii monenlaisia taitoja laskijalta. Laskemiseen vaikuttavia perustaitoja ovat tasapaino, kääntäminen, kanttaaminen, kuormittaminen ja rytmi. Näiden taitojen kehittyessä ja linkittyessä yhteen, laskusta tulee kokonaissuorituksena sujuva ja harmoninen. Tällöin laskeminen on myös helppoa, nopeaa, tehokasta ja taloudellista. (Heikkinen, Kumpuniemi, Meriläinen & Uosukainen, 2003.)

2.1.1 Tasapaino

Tasapaino on kaiken perusta alppihiihdossa. Tasapainoisesta asennosta laskija voi reagoida erilaisiin tilanteisiin, kuten muuttuvaan vauhtiin, maastonmuotoihin ja lumiolosuhteisiin. (Heikkinen ym. 2003.) Tasapainoista ja reagointivalmista perusasentoa kutsutaan dynaamiseksi perusasennoksi, jossa nilkat, polvet ja lantio on kevyesti koukistetuna ja käsiä pidetään rentoina vartalon edessä. Jalat ovat suunnilleen lantion leveydellä, jolloin tukipinta-ala on mahdollisimman suuri ja molemmilla jaloilla on tilaa toimia muuttuvissa tilanteissa. (Capaul, 2005; Heikkinen ym. 2003). Leveä asento mahdollistaa myös suuremmat kanttauskulmat, mikä on välttämätöntä nykytekniikassa (Capaul, 2005). Tasapainoisessa perusasennossa ylävartalo on kevyesti eteen taivutettuna selän ollessa pyöreänä ja keskivartalon jäykkänä (Heikkinen ym. 2003). On myös tärkeää, että laskijan katse on suunnattu eteenpäin, eikä maahan, koska tällöin laskija pystyy paremmin adaptoitumaan tilanteenmuutoksiin. Laskun aikana tasapainottavat liikkeet tapahtuvat laskijan massan keskipistettä siirtämällä etu-taka- tai sivuttaissuunnassa, rotaatioliikkeillä sagittaalitasossa ja ylös-alas-liikkeillä. (Capaul, 2005.)

2.1.2 Kääntäminen

Laskija voi saada sukset kääntymään aktiivisten ohjausliikkeiden, suksen sivukaarevuuden ja lumenpinnan muotojen avulla. Kääntämiseen kuuluvat olennaisena osana myös painovoiman ja vauhdin hyväksikäyttäminen. Leikkaavassa karvingkäännöksessä kääntäminen tapahtuu kanttaamalla ja kuormittamalla suksea, ei niinkään aktiivisilla kääntämisliikkeillä. Tällöin ylävartalo kulkee koko käännöksen ajan lähes suksien suuntaisesti suuntautuen kohti seuraavaa käännöstä. (Heikkinen ym. 2003.) Ylävartalon ollessa lähes liikkumaton kääntäminen tapahtuu pääosin vain nilkan, polven ja lantion liikkeiden avulla (Hälinen, Lautala, & Mäkiä 2003).

Karvingkäännöksessä kääntämisen sijaan voidaankin puhua käännöksen ohjaamisesta suksien paineen säätelyn avulla (Heikkinen ym. 2003). Tällöin laskijan lantio ja ylävartalo liikkuvat uuden käännöksen keskipisteen suuntaan aikaisemmin kuin alavartalo. Tätä kutsutaan inkliinaatioksi, eli kallistumiseksi uuden käännöksen sisään. Inkliinaatiossa lantio ja hartiat muodostavat suorakaiteen. Inkliinaation liiallisen käytön riskinä on painon meneminen liiaksi sisäsukselle ja kaatuminen kyljelleen. Oikea liikkeen ajoitus ja tarkkuus ovatkin tärkeintä inkliinaation toteuttamisessa. Inkliinaatiossa voidaan erottaa neljä eri vaihetta: sauvamerkki antaa alkusysäyksen jalkojen ojennukselle ja massan keskipisteen eteen- ja sisäänpäin kallistumiselle. Tämän jälkeen käännöksen vaihdon yhteydessä varsinkin ulkojalka ojentuu entisestään ja samanaikaisesti tapahtuu kallistuminen sisään uuteen käännökseen. Viimeisessä inkliinaation vaiheessa tapahtuu dynaaminen kulmanmuodostuminen eli kanttaaminen. (Gurshman, 2005a.)

2.1.3 Kanttaus

Kanttausta ei voida suorittaa tehokkaasti, ellei kanttauskulmaa ole pantu alulle jo inkliinaation avulla (Gurshman, 2005a). Kanttauksella pystytään säätämään käännöksen leikkaavuutta, muotoa ja vauhtia. Kanttauksen avulla laskija kumoo liikkeen jatkuvuuden ja muuttaa näin ollen suuntaa. Laskija voi käyttää kanttaamiseen niin nilkkoja, polvia, lantiota kuin vartaloaankin. (Heikkinen ym. 2003.) Heikkinen ym. (2003) kirjoittaa, että hartialinjan tulisi säilyä koko kanttauksen ajan suunnilleen vaakatasossa, mutta kuitenkin jo inkliinaation kohdalla huomattiin Gurshman (2005a) on sitä mieltä, että käännök-

sen alkuvaiheessa koko vartalon kallistaminen käännöksen sisään on nopean laskemisen edellytys.

Laskijan vauhti, käännöksen säde ja rinneolosuhteet vaikuttavat suoraan siihen, miten voimakkaasti laskijan tulisi kantata. Mitä suurempi voima laskijaan kohdistuu, sitä voimakkaampi kanttauksen on oltava. Kanttaus myös lisääntyy yleensä käännöksen loppua kohti, sillä silloin liikkeen jatkuvuutta joudutaan kumoamaan eniten. Tehokas kanttaaminen saadaan aikaiseksi dynaamisella liikkeellä. Tällöin suksi saadaan pureutumaan lumeen ja jäähän antaen sen kuitenkin liukua mahdollisimman sujuvasti. (Heikkinen ym. 2003.) Liialliset, äkilliset kanttausliikkeet ovat kuitenkin haitallisia ja lisäävät luisuvan käännöksen riskiä (S&S 2007, s. 34).

Kanttaamisen edellytys on tasapainoinen perusasento, jolloin asento on riittävän avoin ja jaloilla on tilaa toimia (Heikkinen ym. 2003). Molempien jalkojen käyttö käännöksessä on yksi karvingtekniikan perusasioista. Ulkojalka on sisäjalkaa kuormittuneempi käännöksen alkuvaiheessa, kun taas sisäjalka on ratkaisevassa osassa käännöksen loppuvaiheessa. Nopein tapa tehdä käännöksiä radalla on se, että kummatkin sukset ovat yhtä paljon kantillaan ja leikkaavat puhtaasti. Tämän saavuttamiseksi sääarten tulee olla samansuuntaiset. Käännöksen alkuvaiheessa jopa parhaimmilla laskijoilla havaitaan A:n muotoinen asento, jolloin ulkosuksi on enemmän kantillaan kuin sisäsuksi. Sisäpolvi on kuitenkin työnnettävä sisään käännöksen edetessä oikolaskusuuntaan, eli kun suksen kärjet osoittavat suoraan rinnettä alaspäin. Jos tämän jälkeen sääret ovat samansuuntaiset ja suksien kärjet ovat samalla tasolla, sukset leikkaavat puhtaasti ympyrän kaarella häiritsemättä toisiaan. (Gurshman, 2006.)

2.1.4 Kuormitus

Kuormittaminen tarkoittaa lumen ja suksen välisen paineen säätelyä. Laskijan vauhti, kanttaaminen ja liikkeen määrä sekä käännöksen muoto vaikuttavat lumeen kohdistuvaan paineeseen. Suksen kuormitus tapahtuu aktiivisesti joko pystysuuntaisesti, pituus-suuntaisesti tai sukselta toiselle sivusuunnassa. (Heikkinen ym. 2003.) Pystysuuntainen kuormittaminen tapahtuu ylös-alas-liikkeen avulla. Suksen ja lumen välinen paine kasvaa, kun laskija kohottaa polvia ojentamalla. Kun laskijan ylösliike on lopussa ja

näin ollen hänen painopisteensä korkealla, suksen ja lumen välinen paine vähenee. Alasliike taas vähentää suksen ja lumen välistä painetta. Alaskevennyksellä myös säädelään käännöksen leikkaavuutta ja helpotetaan ajolinjalla pysymistä. (Hälinen ym. 2003.) Pituussuuntainen kuormittaminen tapahtuu siirtämällä painoa käännöksen alussa enemmän päkiälle ja näin ollen suksen kärjelle. Vaikka paine lisääntyikin käännöksen loppua kohti, pyrkimyksenä on pitää paine mahdollisimman tasaisena koko käännöksen ajan. (Heikkinen ym. 2003.) Ratalaskussa selkeää kuormittamista ja painonsiirtoa jalalta toiselle ei usein ehditä tekemään, vaan painonsiirto tapahtuu kanttauksen vaihdon yhteydessä käännöksestä toiseen. (Hälinen ym. 2003.)

Kuormitusta tapahtuu myös kanttaamisen avulla ja jo pelkästään liikkeen jatkuvuus käännöksessä muuttaa painetta. Paine lisääntyy, kuten kanttauskin, käännöksen loppua kohti. Kuormittaminen ja paineen säätely vaikuttavat laskemiseen ratkaisevasti, sillä kuormittaminen vaikuttaa niin suksen kääntymiseen, käännöksen muotoon kuin laskun rytmiinkin. Kuormitus saadaan aikaiseksi koko kehon avulla, mutta pääasiallisesti siihen osallistuvat vain jalat. (Heikkinen ym. 2003.)

2.1.5 Rythmi

Käännöksen sisäinen rythmi muodostuu laskijan liikkeiden ja perustaitojen oikeasta ajoituksesta ja koordinaatiosta (Heikkinen ym. 2003). Eri ratalaskulajeissa käännösten sisäinen rythmi on erilainen. Esimerkiksi pujottelukäännöksen kääntösäde on lyhyempi kuin suurpujottelun ja supersuurpujottelun ja näin ollen käännöksen sisäinen rytmikin on nopeampi. Myös maaston ja radan rytmimuutokset vaikuttavat käännöksen sisäiseen rytmiin. Ratalaskussa onkin tärkeää, että käännöksen sisäinen rythmi ennakoi radan rytmin ja maaston muotojen muutoksia, jotta toivotut ajolinjat säilyisivät. (Hälinen ym. 2003.)

Käännössarjan käännösten välinen ja keskinäinen rythmi, niin kutsuttu ulkoinen rythmi, muodostuu taas useiden käännösten yhdistämisestä (Heikkinen ym. 2003). Ratalaskussa käännösten ulkoiseen rytmiin vaikuttavat olennaisesti radan rytmimuutokset, jotka voivat aiheutua radanmerkkauksesta tai maaston muotojen muutoksista. Ratalaskussa onkin tärkeää, että rata osataan ulkoa ja näin ollen pystytään ennakoimaan muuttuvaa

käännösrytmiä. Käännössarjan oikean rytmin hallitseminen on edellytys tarkoituksenmukaiselle käännöksen ajoitukselle ja onnistuneelle laskulle. (Hälinen ym. 2003.)

2.2 Nykyaikainen alppihiihdon kilpailutekniikka

Gurshman (2005b) on opiskellut tarkasti maailman huippualppihiihtäjien tekniikkaa ja tullut siihen tulokseen, että kaikilla huippupujottelijoilla ja –suurpujottelijoilla näkyvät (Kuva 1.) samanlaiset trendit laskemisessaan, eivätkä ne ole riippuvaisia laskijoiden ruumiinrakenteista tai henkilökohtaisista laskutyyleistä.



KUVA 1. Alois Vogl pujottelurinteessä (Gurshman, 2006).

Yhdensuuntaiset sukset. Käännökset tehdään sekä pujottelussa että suurpujottelussa yhdensuuntaisin suksin. Missään käännöksen tai rata- tai vapaalaskun vaiheessa huippulaskijan sukset eivät huomattavasti lähene tai loittone toisistaan. Kaikenmallisissa käännöksissä jalat kallistuvat aina eri suuntiin – ulkojalka sisäänpäin ja sisäjalka ulospäin. Vaikka nykyaikaisessa tekniikassa pyritäänkin täysin ympyrän kaarta pitkin leikkaaviin käännöksiin, jonkun verran sivusuuntaista liukumista havaitaan kilpalaskuissa varsinkin jyrkillä ja paljon kääntävillä radanosuuksilla. Yhdensuuntaisin suksin laskeminen antaa laskijalle mahdollisuuden kasvattaa painetta myös sisäsuksella. Tämä taas eliminoi ul-

kosuksen sisäkantin liiallisen lukkiutumisen ja tästä aiheutuu huomattava vauhdillinen hyöty. (Gurshman 2005b.)

Yhdensuuntaiset jalat ja sääret. Laskija luo kanttauskulman ensisijaisesti inkliinaation ja ojentuneen ulkojalan avulla. Suurpujottelussa ulkojalan polvikulma ei poikkea paljoakaan normaalista seisoma-asennosta monot jalassa ja pujottelussakin polvikulman pieneminen pyritään pitämään minimaalisena. Ojentunut ulkojalka luo voimakkaan ja biomekaanisesti vakaan asennon, joka auttaa sietämään käännoksissä aiheutuneet suuret voimat. Inkliinaatio yhdensuuntaisin jaloin antaa massan keskipisteelle mahdollisuuden kulkea lyhyempää ja suorempaa reittiä rataa pitkin ylhäältä alas. Yhdensuuntaiset jalat, sääret ja sukset mahdollistavatkin kummankin suksen karvingkäännoksen, mikä johtaa merkittäviin ajansäästöihin kilpailuradoilla. (Gurshman 2005b.)

Kuormitettu sisäsuksi. Gurshman (2005b) kirjoittaa, että ulko- ja sisäsuksen keskimääräinen painonjakautuminen tapahtuu suhteella 80/20 pujottelussa ja suhteella 70/30 suurpujottelussa. Tämä suhde kuitenkin muuttuu koko ajan käännoksen aikana, sillä käännoksen alussa noin 90% kuormituksesta kohdistuu ulkojalkaan. Laskijan ohjatessa sukset suoraan alarinnettä kohti alkaa hän kasvattaa sisäsuksensa kuormitusta. Tällöin sisäsuksi ei toimi enää ainoastaan sivuttaissuuntaisen tasapainon säilyttäjänä vaan osallistuu aktiivisesti myös karvingkäännoksen tekemiseen. Käännoksen loppuvaiheessa ulko- ja sisäsuksen suhde onkin jo 60/40. Vähemmän kääntävillä rataosuuksilla suhde voi olla jopa tasan 50/50. (Gurshman 2005b.)

Tasossa kulkevat suksenärjet. Suksenärkien pitäminen samalla tasolla auttaa laskijaa pitämään sukset samansuuntaisina ja aloittamaan käännoksen aikaisin. Sagittaalitasosuuntainen ero johtaa ei-toivottuun vastakiertoon ylävartalosta ja voi myös aiheuttaa liian aikaisen sisäsuksen kuormituksen, joka taas vaikuttaa tasapainoon ja vaikeuttaa leikkaavan käännoksen tekemistä kummallakin suksella. (Gurshman 2005b.)

Käännoksen vaihto. Nykyaikaisessa laskemisessa käytetään kahta tapaa siirtää massan keskipiste käännoksen puolelta toiselle. Kun massan keskipiste kulkee suksien yli, kutsutaan sitä termillä ”crossover”. Massan keskipisteen siirtoa puolelta toiselle tapahtuu näin suurpujottelussa, varsinkin radan jyrkillä osuuksilla. Kun taas sukset kulkevat massan keskipisteen ali, kutsutaan sitä termillä ”crossunder”. Tätä tekniikkaa käytetään var-

sinkin pujottelussa sekä myös suurpujottelun pienisäteisissä käänöksissä tasaisella. Huolimatta siitä, kumpaa tekniikkaa käytetään, sekä pujottelussa että suurpujottelussa käytetään hyväksi suksea koko sen pituudelta. (Gurshman 2005b.) Kuten Heikkinen ym. (2003) kirjoitti, käänös aloitetaan siirtämällä painoa päkiälle ja suksen kärjelle. Gurshman (2005b) lisää tähän kuitenkin myös, että käänöksen lopussa paino on siirtynyt enemmän suksen kannalle. Kummankin käänöksen vaihtotekniikan etuna on, että ne sekä siirtävät sukset käänöksestä seuraavaan että auttavat paineen siirtämisessä suksen kannalta takaisin suksen kärkeen. Karvingkäänöksen tekeminen siirtämällä painoa kärjestä kantaan ja vaihtamalla samalla nopeasti käänöksestä toiseen saa aikaan aikaisen kanttauksen aloittamisen seuraavassa käänöksessä. (Gurshman 2005b.)

Alas-kevennys. Alas-kevennystä käytetään sekä pujottelussa että suurpujottelussa kuormituksen vähentämiseen siinä vaiheessa, kun käänös vaihdetaan puolelta toiselle. Tällöin laskija koukistaa jalkoja käänöksen lopussa ja ojentaa ne sen jälkeen nopeasti uuden käänöksen suuntaan. (Gurshman 2005b.) Ljubljanan yliopistossa tehdyn tutkimuksen mukaan pujotteluradalla käytetty alas-kevennystekniikka (käytetään myös termiä yhden liikkeen tekniikka, single motion technique) on jopa 10 % nopeampi kuin ns. kahden liikkeen tekniikka (double motion technique), jossa laskija käyttää ylös-kevennystä ojentaen jalkoja käänöksen alussa ja lopussa sekä koukistaen jalkoja keppiä lähestyttäessä. (Kugovnik, Supej & Nemeč 2005.)

Aikainen kanttauksen aloitus. Gurshamin (2005b) mukaan suurpujottelu- ja pujottelukäänökset eivät ole täysin pyöreitä vaan pikemmin pilkunmuotoisia. Suurin osa laskun suunnanmuutoksesta tapahtuu ennen kuin laskija saavuttaa oikolinjan. Tämän vuoksi myös suurin osa, noin 70%, leikkaavasta käänöksestä tulisi tapahtua jo ennen porttia. Jotta näin voisi tapahtua, on suksen oltava kantillaan jo aikaisessa vaiheessa käänöstä. Tähän päästään oikea-aikaisella käänöksenvaihdolla, inkliinaatiolla ja ulkojalan ojenuksella. (Gurshman 2005b.)

Suksen paine oikolinjassa. Jotta vauhti säilyisi tai jopa lisääntyisi käänöksestä lähdettäessä, suksia täytyy kuormittaa ennen oikolinjaa ja oikolinjassa. Siitä on enemmän hyötyä suurpujottelussa, mutta se säästää aikaa myös pujottelussa. Huippulaskijat vapauttavat suksien paineen ylittäessään oikolinjan. Huippualppihiittäjät käyttävät nopeaa

käännöksen vaihtoa, aikaista kanttauksen aloitusta sekä suurta painetta oikolinjassa ja sen vapauttamista oikolinjan jälkeen kiihdyttääkseen vauhtiaan ulos käännöksestä sekä pujottelussa että suurpujottelussa. (Gurshman 2005b.)

3 KARVINGKÄÄNNÖS

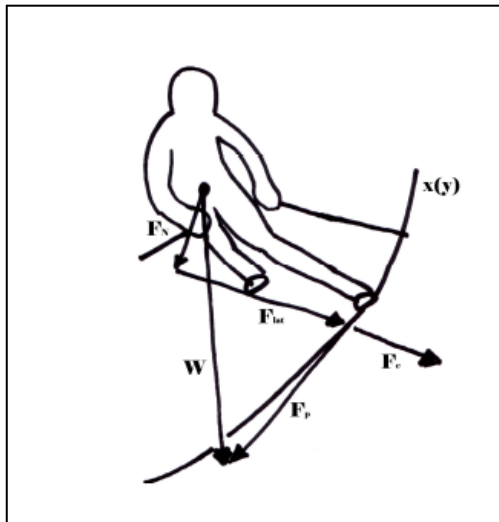
Alppihiihtotekniikka on kehittynyt hyvin paljon sen jälkeen, kun uudenlaiset, enemmän sivuleikkausta sisältävät sukset tulivat markkinoille (Lešnik & Žvan 2007). Sivuleikkauksen lisääntymisen ohella sukset ovat lyhentyneet ja jäykistyneet sekä siteiden alle on alettu kiinnittämään korotuspaloja. Tämä kehitys on saanut aikaan muutoksia käännöksiä liikemalleissa. Karvingkäännös voidaan, vanhanaikaisen parallelkäännöksen tapaan jakaa kolmeen vaiheeseen, mutta vaiheet korostuvat erilailla laskutyöliien välillä. Karvingkäännöksen ensimmäisessä ohjausvaiheessa aletaan kuormitusta kasvattamaan tasaisesti. Kuormitus jakautuu lähes tasan ulko- ja sisäsuksen kesken. Käännöksen toisessa, aktiivisessa ohjausvaiheessa ulkosuksi on enemmän kuormittunut. Tämä vaihe kestää kuitenkin vain hyvin pienen hetken, sillä sen jälkeen seuraa hyvin nopeasti initiaatiovaihe. Tällöin laskija kohottautuu ylöspäin samalla keventäen kuormitusta ensin ulko- ja sitten sisäsukselta ohjaten kohti uuden käännöksen aloitusta. Parallelkäännökseen verrattuna karvingkäännöksen initiaatiovaihe on huomattavasti pidempi ja toinen ohjausvaihe lyhyempi. (Müller & Schwameder 2003.)

3.1 Käännösvoimat

Fysiikan lakien mukaan erilaiset voimat voivat vaikuttaa kappaleen nopeuteen, muuttaa sen muotoa ja työntää liikkumattoman kappaleen liikkeelle tai pysäyttää liikkuvan kappaleen. Voimat voivat myös muuttaa kappaleen kulkusuuntaa tai laittaa sen kääntymään tai pyörimään. Alppihiihdossa laskijaan vaikuttavat omien lihasten synnyttämien sisäisten voimien lisäksi myös merkittäviä ulkoisia voimia. Laskijan nopeuden ja eteenpäin suuntautuvan liikkeen aiheuttaa ensisijaisesti paino- eli gravitaatiovoima. Jatkuvuuden lain mukaan kappale pyrkii aina jatkamaan liikettä samaan suuntaan. Laskijan kohdalla tämä merkitsee sitä, kun eteenpäin vaikuttava liikevoima voittaa lumen ja ilman vastavoimat, laskija lähtee liikkeelle tai hänen nopeutensa kiihtyy, ja kun laskija kääntyy, liikkeen jatkuvuus pyrkii säilyttämään laskusuunnan entisellään. (Heikkinen ym. 2003.)

3.1.1 Laskijaan vaikuttavat voimat

Kuvassa 2. näkyvät laskijaan vaikuttavat voimat ja niiden suunnat. Gravitaatiovoima W = laskijan massa \times gravitaatiokiihtyvyys. W voidaan jakaa osiin niin, että $W = F_N + F_{lat} + F_P$, joista F_N vaikuttaa kohtisuoraan lumen pintaa vastaan, F_{lat} lumenpinnan suuntaisesti ja kohtisuorassa suksia vastaan ja F_P lumenpinnan ja suksien kulkusuunnan suuntaisesti. F_P on se voima, joka voi kasvattaa laskijan nopeutta. Käännöksessä laskijaan vaikuttaa myös keskipakoisvoima F_C , joka vaikuttaa kohtisuoraan suksia vastaan ja käännöksestä ulospäin. Voimat, jotka eivät voi kasvattaa laskijan nopeutta, täytyy kompensoida lihastyöllä. Tämän Neubeck ilmaisee yhtälöllä $F_{load} = F_N + F_{lat} + F_C$. Laskijan nopeutta voivat hidastaa suksen ja lumen välinen kitka sekä ilmanvastus. (Neubeck 2006.)



KUVA 2. Laskijaan vaikuttavat voimat (mukaillen Neubeck 2006).

3.1.2 Reaktiovoima karvingkäännöksessä

Kun laskija haluaa muuttaa suuntaansa, eli kääntää suksiaan, on hänen käytettävä kääntävää voimaa, joka riittää kumoamaan jatkuvuuden vaikutuksen. Käännöksessä käytettävää voimaa kutsutaan reaktiovoimaksi ja jatkuvuutta keskipakoisvoimaksi. Nämä voimat ovat vastavoimia toisilleen niin, että keskipakoisvoima suuntautuu käännöksen keskipisteestä pois päin ja reaktiovoima kohti käännöksen keskipistettä. Jotta laskija saa

sukset kääntymään, on hänen suunnattava voima sivulle, kohti käännöksen keskipistetä. Hänen on myös käytettävä voimaa käännöksen loppuun asti, sillä muuten jatkuvuuden laki johtaisi laskijan liikkeen jatkumiseen käännöksen tangentin suunnassa. Käytännössä laskija luo reaktivoiman painamalla kantattuja suksia lumen pintaa vasten. Vastavoima syntyy tällöin lumen vastuksesta ja se vaikuttaa sivuttaissuunnassa ja oikeassa kulmassa kulkusuuntaan nähden. Laskijan liikeradasta muodostuu kaareva juuri reaktivoiman ansiosta. (Peltonen 2003.)

Sveitsiläis-itävaltalaisessa tutkimuksessa, jossa tutkittiin kolmen eri mittausmenetelmän eroja, selvitettiin myös voimien suuntautumista käännöksissä. Tutkimuksen mukaan ulko- ja sisäsukseen kohdistuva kohtisuoraan sukseen suuntautuva keskivoima 2,3 sekuntia kestävässä karvingkäännöksessä oli 931 N ja 386 N. Suksensuuntaiset ja suksea vasten kiertävät voimat olivat huomattavasti pienempiä kohdistuen ulko- ja sisäjalkaan seuraavasti: 61 N ja 34 N sekä 17 N ja 22 N. (Lüthi, Federolf, Obenhofer, Rhyner, Ammann, Stricker, Schiefermüller, Eitzlmair, Schwameder & Müller 2004.)

Karvingkäännös eroaa vanhanaikaisesta parallelkäännöksestä eniten siinä, että sisäjalkaa kuormitetaan voimakkaasti ulkojalan ohella karvingkäännöksessä, kun taas parallelkäännöksessä korostuu voimakas painonsiirto jalalta toiselle käännöksen vaihtuessa puolelta toiselle (Müller & Schwameder 2003). Useat tutkimusryhmät ovat tulleet siihen tulokseen, että käännöksessä syntyvät reaktivoimat jakautuvat lähes tasan sisä- ja ulkojalan kesken (Rao, Berton, Amarantini & Favier, 2004; Müller & Schwameder 2003). Keränen, Vallela ja Linden tekivät vuonna 2006 tutkimuksen, jossa koehenkilöinä toimivat kolme Suomen maajoukkueen mieslaskijaa. Kukin koehenkilö laski 10 käännöksen pujotteluradan jyrkällä neljä kertaa. Näistä laskuista valittiin viisi onnistunutta käännöstä kummallekin puolelle ja ne analysoitiin. Käännöksen aluksi määritettiin kohta, jossa ulkojalan voimakäyrä lähti nousuun ja päättymiseksi kohta, jossa ulkojalan voimakäyrä tasaantui perustasolleen. Koehenkilöiden ulkojalan reaktivoimamaksimit olivat 1322 ± 157 , 1386 ± 173 ja 1677 ± 216 N sekä sisäjalan reaktivoimamaksimit 987 ± 186 , 989 ± 225 ja 1248 ± 224 N. Yhden laskijan reaktivoima-aika-käyrä kuvassa 3 tutkielman sivulla 18. (Keränen ym. 2007a.)

Tšekeissä viidellä maan edustajalaskijalla, viidellä hiihdonopettajalla ja viidellä harrastelijalaskijalla tehdyssä tutkimuksessa saatiin ulko- ja sisäsuksen kuormitukseen liittyen

samankaltaisia tuloksia kuin edellä mainituissa tutkimuksissa niin kutsutussa avoimessa käänöksessä. Tällöin kilpalaskijoilla havaittiin käänöksissä samanlaiset aikajanat voimien suhteen sekä ulko- että sisäsuksella; ka. 982 N vs. 903 N, 52 vs. 48%. Ohjausvaiheessa ulkosukseen kohdistui kuitenkin vähintään 50% ja enintään 62% kokonaisvoimasta. Niin kutsutussa suljetussa käänöksessä ulkosuksi oli kuitenkin huomattavasti sisäsuksia kuormittuneempi; ka. 1509 N vs. 359 N, 81 vs. 19%. Hiihdonopettajienryhmässä havaittiin samanlaiset kuormitukset suljetuissa käänöksissä kuin kilpalaskijoilla, mutta harrastelijalaskijoiden kuormitus jakaantui tasan ulko- ja sisäsuksen välillä sekä avoimissa että suljetuissa käänöksissä. Tutkijat totesivat tutkimuksessaan, että suljettu käänös olisi lähempänä kilpailukäänöstä kuin avoin käänös. (Vodicková, Lufinka, & Zubek 2005). Tämä on kuitenkin ristiriidassa Keräsen ym. (2007a) pujotteluradalla saamien reaktivoimatulosten kanssa, joiden mukaan ulkosuksi on vain vähän sisäsuksia kuormittuneempi karvingkäänöksessä pujotteluradalla.

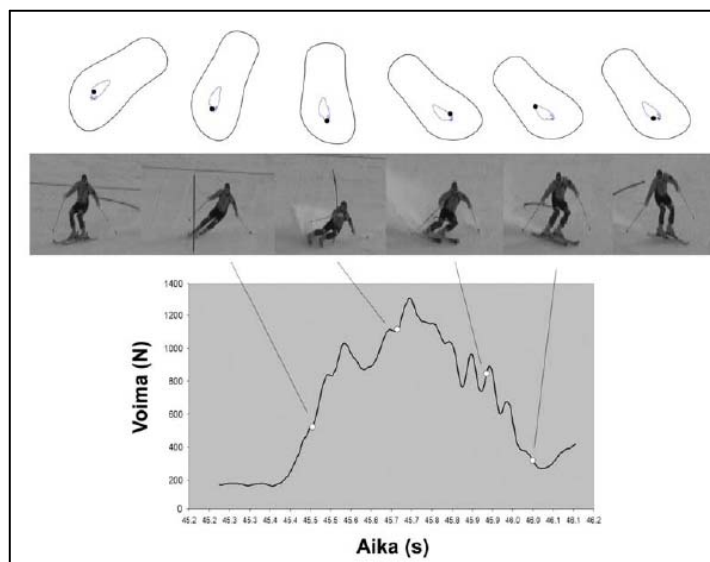
Krueger, Edelmann-Nusser, Spitzenpfeil, Huber, Waibel ja Witte (2006) tutkivat uutta mittausmenetelmää ja -laitteistoa, jolla voidaan yhtä aikaa mitata sekä kanttauskulmaa että reaktivoimaa. Koehenkilönä toimi entinen Saksan maajoukkuelaskija, joka suoritti karvingkäänöksiä sisältävän vapaalaskun. Rinteen jyrkemmällä osalla (21°) ulkosuksen maksimaalinen reaktivoima vaihteli välillä 2000-2300 N. Loivemmalla osalla (13°) reaktivoimat olivat pienempiä, 1700-1950 N. Sisäsuksen kuormitus oli varsinkin ohjausvaiheen ensimmäisessä vaiheessa kevyempää rinteen loivalla kuin jyrkällä osiolla. (Krueger ym. 2006.) Toisessa uutta analysointimenetelmää koskevassa tutkimuksessa mitattiin kantapään alta reaktivoimia syöksylaskussa. Kokeneen laskijan keskivoima syöksyradalla oli tässä tutkimuksessa 2500 N ja noviisilaskijan 800 N. (Ducret, Ribot, Vargiolu, Lawrence & Midol 2005) Tutkiessaan kuivaharjoittelulaitteen yhtenevyyttä erisäteisiin karvingkäänöksiin vapaalaskussa saksalainen tutkimusryhmä raportoi ulkojalkaan kohdistuvien maksimivoimien olleen välillä 1304-1520 N. Laskujen keskivoimat olivat välillä 351-1022 N ja kummankin jalan yhteenlasketut voimat 2117-2336 N. (Spitzenpfeil, Niessen, Rienaecker & Hartmann 2005.)

Müller, Benko, Raschner ja Schwameder (2000) mittasivat kuuden Itävallan maajoukkuelaskijan pujotteluradalla aikaansaamia reaktivoimia kehittääkseen kuivaharjoitteleluun pujottelua vastaavan harjoitusvälineen. Vasemmanpuoleisessa käänöksessä ulkosukseen kohdistuva maksimaalinen reaktivoima oli n. 2,5-kertainen ja sisäsuksen

1,5-kertainen laskijan kehonpainoon nähden. (Müller ym. 2000.) Toisessa, myös kuiva-harjoittelua varten suunnitellun laitteen kehittämiseksi tehdyssä tutkimuksessa, tutkijat mittasivat suurpujottelukäännöksessä tuotettuja voimia, jotka olivat ulkosuksen osalta 1400 N ja sisäsuksen osalta 500 N (Pasutto & Pozzo 2005). Tässä tutkimuksessa ilmenneet ulko- ja sisäsuksen kuormituksen suuret erot ovat ristiriidassa Keränen ym. (2007a) ja Kruegerin ym. (2006) tutkimustulosten kanssa.

3.2 Painekekipisteen liikkuminen käännöksessä

Ainoastaan Keränen ym. (2007a) ovat tutkineet painekekipisteen liikkumista monossa karvingkäännöksessä. Painekekipiste liikkuu ovaalinmuotoista rataa pitkin, kuten nähdään kuvasta 3. Käännöksen ensimmäisessä ja toisessa ohjausvaiheessa painekekipiste pysyy päkiän etuosassa, minkä jälkeen se vaeltaa hieman kohti keskilinjaa ja voimantuoton maksimia. Portin jälkeen painekekipiste siirtyy monon keskiosaan ja jatkaa sitten monon ”ulkoreunan puoleista reittiä” takaisin päkiälle. Painekekipisteiden liikkumisalueet olivat kullakin koehenkilöllä oikeanpuoleisessa käännöksessä ulkojalan monossa $8,5 \pm 3,5 \text{ cm}^2$; $23,0 \pm 7,6 \text{ cm}^2$ ja $14,5 \pm 2,8 \text{ cm}^2$ sekä sisäjalan monossa $4,9 \pm 2,7 \text{ cm}^2$; $8,4 \pm 5,6 \text{ cm}^2$ ja $10,4 \pm 2,9 \text{ cm}^2$. (Keränen ym. 2007a.)



KUVA 3. Esimerkki painekekipisteen liikkumisesta ja reaktiovoiman muutoksista pujottelukäännöksessä (Keränen ym. 2007a).

3.3 Polvikulmat

Vuonna 1997 16 Ruotsin aikuisten ja nuorten maajoukkuelaskijaa toimi koehenkilöinä tutkimuksessa, jossa mitattiin supersuurpujottelu-, suurpujottelu- ja pujottelulaskun aikaisia polvikulmia. Laskut suoritettiin samoissa rinteissä, joissa lasketaan maailman cup-kilpailuja. Ulkojalan polvikulma vaihteli supersuurpujottelussa välillä 83°-96°, suurpujottelussa välillä 86°-114° ja pujottelussa välillä 98°-111°. (Berg & Eiken 1999.) Müller ym. (2000) saivat tutkimuksessaan hieman erilaisia tuloksia koskien pujottelun ulkojalan polvikulman muutoksia. Heidän tutkimuksensa mukaan polvikulma vaihteli suuremmalla välillä, eli ~92°-~148°. (Müller ym. 2000.) Bergin ja Eikenin (1999) mukaan sisäjalan polvikulma oli kauttaaltaan aina ulkojalan polvikulmaa pienempi. Polvinivelen kulmanopeus oli supersuurpujottelussa $17^\circ \times s^{-1}$, suurpujottelussa $34 \pm 2^\circ \times s^{-1}$ sekä pujottelussa $69 \pm 11^\circ \times s^{-1}$. Tutkijoiden mukaan alppihihdossa saavutetut kulmanopeudet ovat erittäin hitaita verrattuna muihin lajeihin. (Berg & Eiken 1999.)

Keränen, Valleala, Talkkari, Leskinen ja Lindén (2007b) suorittivat mittauksia Levin maailman cupin pujottelukilpailussa vuonna 2006. Kaikkien laskijoiden laskusta kuvattiin videokameralla kaksi käännöstä jyrkällä (28°) rinteensuudella. Videokameroita oli kaksi, joista toinen kuvasi laskua edestä ja toinen sivultapäin. Sivukameran videokuvan perusteella laskijoista erotettiin kyseessä olevilla portinväleillä 10 nopeinta ja 10 hitainta laskijaa 3-D liikeanalyysiin. Liikeanalyysin perusteella tutkijat totesivat, että nopeimpien laskijoiden ulkojalan polvikulma oli merkitsevästi pienempi kuin hitaimmilla laskijoilla alemmalla portilla ($126 \pm 7^\circ$ vs. $134 \pm 7^\circ$; $p < 0,05$). Koska suurempi nopeus sallii suuremman inkliinaation kohti käännöksen keskipistettä, tutkijat päättelivät, että nopeiden laskijoiden ei sen vuoksi tarvinnut ojentaa ulkojalkaansa saavuttaakseen riittävän inkliinaation, kuten hitaimmat laskijat joutuivat tekemään. (Keränen ym. 2007b.)

3.4 Kanttauskulmat

Kruegerin ym. (2006) tekemässä tutkimuksessa mitattiin reaktiivoimien ohella kanttauskulmaa. Kanttauskulman mittaaminen suoritettiin jatkuvalla mittaussysteemillä, jonka sensorit oli asennettu takasiteen taakse. Karvingkäännöksiä sisältäneen vapaalaskun ai-

kana mitatut kanttauskulmat vaihtelivat välillä 55°-75° lukuun ottamatta viimeistä vasemmanpuoleista käännöstä, jolloin kanttauskulma oli 83°. Tutkimuksessa ei havaittu suurempia kanttauskulmia ulkosuksen kohdalla verrattuna sisäsukseen. (Krueger ym. 2006.) Toisessa tutkimuksessa saatiin kanttauskulmatuloksiksi hieman pienempiä lukuja. Tällöin kanttauskulma saavutti maksiminsa, 40°, samaan aikaan, kun laskija teki sauvamerkin. (Müller ym. 2000.)

3.5 Laskulinjan vaikutus laskunopeuteen

Norjalaistutkijoiden mukaan alppihiihtovalmentajilla on eriäviä mielipiteitä siitä, missä vaiheessa käännösykliä laskija kiihdyttää ja hidastaa vauhtiaan. Tutkiakseen tätä he rekrytoivat 6 Norjan Eurooppa cupin mieslaskijaa laskemaan pujotteluradan, jonka kaksi käännöstä analysoitiin. Käännösykli jaettiin kahteen osaan, eli käännösvaiheeseen ja oikolaskuun. Käännösvaiheen alku- ja loppukohdaksi määritettiin ajankohdat, jolloin massan keskipisteen kääntösäde pieneni alle 15 metriin ja suureni yli 15 metriin. Analysoitujen käännösten käännösvaiheen ja oikolaskun kiihtyvyydet olivat järjestyksessä 2,33 m/s² ja -1,86 m/s², eli laskijan vauhti kiihtyy oikolaskussa ja pienenee käännösvaiheessa. Tuloksiin perustuen tutkijoiden mukaan laskijan on mahdollista parantaa suoritustaan joko vähentämällä vauhtia hidastavia voimia laskemalla pidempiä ja pyöreämpiä käännösvaiheita tai minimoimalla käännösvaiheen mitta ja maksimoimalla oikolaskuvaiheen tuoma kiihtyvyys. Tutkijoiden mukaan selvitettäväksi jää edelleen, toimiiko sama malli erisäteisissä käännöksissä tai rinteissä, joiden jyrkkyys on eri kuin tässä tutkimuksessa. (Haugen, Reid, Moger, Tjørholm, Gilgien, Kipp & Smith 2007.)

Alppihiihto on kehittynyt nopeampaan suuntaan ja nykyään huippulaskijat pyrkivätkin entistä nopeampaan laskemiseen minimoimalla porttien välissä laskettavan matkan. Tekniikan kannalta paras tulos on kuitenkin seurausta parhaasta mahdollisesta liukumisnopeuden ja laskulinjan valinnan suhteesta kyseisellä radalla (Pozzo, Canclini, Casasola, Ciro, Cotelli & Baroni 2005). Jokaisen laskijan tavoitteena nykyvälineillä on tehdä koko käännös kantillaan ilman suksien rotaatiota, joka aiheuttaa suksen luisumista sivuttain. Vuonna 2004 Kranjska Goran maailman cup-pujottelun yhteydessä tehtiin tutkimus kilpailijoiden laskulinjavalinnoista ja niiden avulla pyrittiin selvittämään, saa-

vuttavatko lyhyimmän linjan laskijat suuremmat nopeudet, nopeimman liukumisen portilta toiselle ja lopulta paremman tuloksen kilpailussa kuin pidempää linjaa laskevat. Tutkimuksessa löydettiin negatiivinen korrelaatiokerroin (-0,256) sille, että laskija, joka laskee läheltä ensimmäistä porttia, laskee kaukaa toista porttia ja päinvastoin. Toiseksi suurimman nopeuden saavuttanut laskija laskee myös toiseksi lyhyintä laskulinjaa. Hitaimman nopeuden saavuttanut laskija taas laskee pisintä laskulinjaa pitkin. Kuitenkin laskija, joka saavutti suurimman nopeuden porttien välillä, ei kuulunut kymmenen lyhyintä reittiä laskeneen laskijan joukkoon. Tutkimuksessa löydettiin tilastollisesti merkitsevä ($p=0,0018$) korrelaatiokerroin (-0,551) laskun keskinopeuden ja laskulinjan keskipituuden välille. Tämän pohjalta tutkijat päättelivät, että lyhyempää reittiä laskevalla laskijalla on paremmat mahdollisuudet saavuttaa suurempi nopeus ja tulos kuin laskijalla, joka laskee pidempää laskulinjaa. Tutkijoiden mukaan selvittämättä jäi kuitenkin se, onko kenenkään mahdollista laskea tällä tavoin rata alusta loppuun, vai onko se mahdollista vain tietyillä radan osuuksilla. (Lešnik & Žvan 2007.)

Lešnikin ja Žvanin (2007) tutkiessa laskulinjojen vaikutusta laskijan saavuttamaan nopeuteen käytännössä on Neubeck (2006) todentanut optimaalisen laskulinjan valinnan matemaattisesti maisterintutkielmassaan. Hänen mukaansa nopein laskulinja käännösten välissä ei ole suora, vaan sykloidinen, eli alaspäin kaareva, jos suksien ja lumen välistä kitkaa eikä ilmanvastusta oteta huomioon. Tulos on merkitsevä ja pätee siihen asti kunnes laskijan vauhti ylittää 40 km/h. Hänen mukaansa optimaalisella laskulinjan valinnalla käännösten välissä laskija voi voittaa ajassa 0,005 - 0,228 sekuntiin per portin väli. Nämä ovat hyvin merkittäviä aikoja ottaen huomioon, että huipputasolla laskijoiden erot tuloslistalla voivat olla sadasosaluokkaa. (Neubeck 2006.)

4 TUTKIMUSONGELMAT JA HYPOTEESIT

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on selvittää, miten suuria reaktivoimia laskijan ulkojalkaan kohdistuu tehtäessä pujottelukäännös jyrkässä rinteessä. Vaikkakin nykytekniikassa pyritään melko tasaiseen kuormitukseen ulko- ja sisäsuksen välillä, voidaan alppihiihto silti laskea epäsymmetriseksi lajiksi, jossa jalat toimivat eri tahtiin ja tuottavat erisuuria voimia käännöksen eri vaiheissa. Pujottelukäännöksessä radalla on todettu kohdistuvan laskijan painoon nähden noin 2,5-kertainen voima ulkojalkaan (Müller ym. 2000). Keräsen ym. (2007a) tutkimuksissa yksittäisten koehenkilöiden maksimaaliset reaktivoimat pujottelukäännöksessä olivat 1322 ± 157 , 1386 ± 173 ja 1677 ± 216 N ulkojalkaan kohdistuen. Karvingvapaalaskussa on mitattu ulkojalkaan kohdistuvaksi voimaksi 2000-2300 N jyrkällä (21%) ja 1700-1950 N loivalla (13%) rinteensuudella (Krueger ym. 2006). Kirjallisuudessa ei olla raportoitu yhtään naislaskijoilla tehtyä reaktivoimatutkimusta, joten aikaisempaa tutkimustietoa naisalppihiihtäjään kohdistuvista voimista karvingkäännöksessä ei ole.

Ensimmäisenä tutkimusongelmana on tutkia, miten suuri suhteellinen reaktivoima laskijan ulkojalkaan kohdistuu pujotteluradalla tehdyssä käännöksessä.

1. Hypoteesi: nais- ja mieslaskijan ulkojalkaan kohdistuva maksimaalinen reaktivoima pujotteluradalla on noin 2,5-kertainen laskijan painoon nähden.

Toisena tutkimusongelmana on selvittää, kuinka suurta osaa voimareservistään, ts. isometrisestä maksimivoimastaan, laskija joutuu käyttämään pujottelukäännöksessä. Aikaisemmin tehtyjen karvingkäännöstutkimuksien yhteydessä ei olla raportoitu laskijoiden maksimaalisia voimantuotto-ominaisuuksia millään tavalla. Alppihiihdossa käytettävää lihastyötä kuvastaa venymislyhenemis-sykli, jossa pääosa voimantuotosta niin intensiteetin kuin kestonkin puolesta tapahtuu eksentrisesti (Maffioletti, 2005). Koska eksentrisesti voidaan tuottaa enemmän voimaa kuin isometrisesti tai konsentrisesti, voidaan esittää seuraava hypoteesi koskien alppihiihtäjän voimareserviä ja pujotteluradalla koettuja voimia:

2. Hypoteesi: laskijan ulkojalkaan kohdistuva maksimaalinen reaktivoima on suurempi kuin laskijan voimareservi.

Kolmantena tutkimusongelmana on selvittää, eroavatko yli ja alle 40 FIS-pistettä omaavien laskijoiden käänösprofiilit toisistaan. Alppihiihtovalmentajat korostavat aikaisen paineen tuottamista sukseen käänöksessä. Käytännön myötä voidaan todeta, että huipulaskijat onnistuvat tässä paremmin kuin amatöörilaskijat, minkä perusteella voidaankin asettaa seuraava hypoteesi:

3. Hypoteesi: Paremmin rankatut laskijat saavuttavat 50 %, 70 %, 90 % ja 100 % voimatasot aikaisemmin kuin huonommin rankatut laskijat.

5 MENETELMÄT

5.1 Koehenkilöt

Koehenkilöinä toimivat Rukan ja Tahkon alppikoululaiset sekä kaksi naismaajoukkuelaskijaa ($n = 17$). Laskijat olivat iältään $18,2 \pm 1,4$ (keskiarvo \pm keskihajonta) vuotta, pituudeltaan $175,1 \pm 9,9$ cm ja painoltaan $69,8 \pm 9,6$ kg. Koehenkilöitä informoitiin sekä suullisesti että kirjallisesti tutkimuksen kulusta ja he allekirjoittivat suostumuksensa tutkimukseen (Liite 1: Suostumuslomake).

5.2 Tutkimuksen kulku

Tutkimus suoritettiin Kuusamossa 25.-27.4.2008. Koehenkilöt suorittivat kaksi laskua tasarytmisellä pujotteluradalla Rukatunturin jyrkässä Pessari-rinteessä. Suoritukset kuvattiin videokameralla radan alapuolelta ja suoritusten aikana mitattiin painetta koehenkilön monon pohjalle asetetuilla painepohjallisilla (Parotec Systems). Ennen laskua koehenkilö seiso i paikoillaan muutaman sekunnin ajan painedatakeräyksen ollessa käynnissä, jotta painedatasta saatiin koehenkilön painon ja monojen puristuksen aiheuttama nollataso. Ennen laskusuoritukseen lähtöä koehenkilö nosti oikeaa jalkaansa ja polkaisi sen voimakkaasti lunta vasten ennen lähtöään. Tämä näkyi videolle ja aiheutti samanaikaisesti painedataan paineipiikin, minkä avulla video ja painepohjallisdata synkronoitiin.

Koehenkilöiden jalkojen ojennuksen isometrinen maksimivoima mitattiin erillisenä ajankohtana voimaharjoituskenkiin asetetuilla painepohjallisilla. Isometrinen maksimivoimamittaus suoritettiin vanerilevyllä, johon oli kiinnitetty kaksi säädettävissä olevaa kettinkiä, joihin tanko voitiin kiinnittää. Koehenkilön polvikulmaksi asetettiin kettinkien pituutta säätämällä kulmaviivaimen avulla 107° (Kuva 4.). Jokainen koehenkilö suoritti yhden maksimaalisen isometrisen jalkojen ojennussuorituksen. Yksi naiskoehenkilö ei pystynyt testiä suorittamaan kipeän selän vuoksi.



KUVA 4. Isometrinen maksimijalkakyykky.

5.3 Datan keräys

Painepohjalliset. Pujottelulaskun ja isometrisen voimamittauksen aikaiset voimat mitattiin Parotec Systemsin painepohjallisilla (Kuva 5.). Laskijakohtaisesti pohjalliset valittiin niin, että ne vastasivat laskijan käyttämiä omia pohjallisia monoissa ja voimaharjoituskengissä. Pohjalliset olivat 3 mm paksut ja sisälsivät 24 hydrogeelianturia. Jokainen anturi oli valmistajan kalibroima 0 – 625 kPa paineskaalalle. Vertailututkimuksessaan Femery, Moretto, Renault, Thevenon ja Lensen (2002) mittasivat pohjallisten paineen mittatarkkuudeksi $\pm 2.0 \%$ koko skaalalla. Chesnin, Selby-Silverstein ja Besser (2000) vuorostaan totesivat pohjallisvoimien ja voimalevyllä mitattujen painekeskusteiden vastaavan tilastollisesti merkitsevällä tasolla toisiaan. Painepohjallisantureiden keräystaajuus oli 200 Hz ja ennalta määritetty keräysaika laskumittauksessa 40 sekuntia ja isometrisessä voimamittauksessa 10 sekuntia. Antureiden signaalit johdettiin kaapelilla dataloggeriin, jonka 4 Mb muistikortille jokaisen paineanturin signaali tallentui. Laskumittauksessa dataloggeri oli laskijan vyötäröllä, jonka asemoinnissa pidettiin huoli, ettei se häirinnyt laskijaa suorituksen aikana. Jokaisen koehenkilön suorituksen jälkeen muistikortin tieto siirrettiin Parotec Systemsin omalla Data Logger-sovelluksella tietokoneen kovalevylle ja eksportoitiiin ASCII muodossa jatkokäsiteltäväksi Excel taulukkolaskenta- ja Analyzer signaalianalyysiohjelmalle.



KUVA 5. Painedatan keräyksessä käytetty laitteisto.

Videointi. Pujottelulaskut kuvattiin radan alapuolelta digitaalisella videokameralla Canon XH A1, jonka keräystaajuus oli 50 Hz. Kuvauspaikka oli valittu niin, että videolla näkyi laskijan kokonaissuoritus aina jalan polkaisusta viimeiseen käännökseen asti.

5.4 Datan analysointi

Videokuvan perusteella jokaiselta laskijalta valittiin kumpaankin suuntaan 3-5 onnistunutta käännöstä analysoitavaksi myös painepohjallisuuden osalta. Jokaisen valitun käännöksen alkukohdaksi määritettiin vaihe, jolloin suksi alkaa kallistumaan kantilleen, ja loppukohdaksi vaihe, jolloin kanttaus loppuu ja suksen asento palautuu takaisin pohjalteen. Videon analysoinnissa käytettiin Kihuvier-ohjelmaa, jonka avulla käännöksen alku- ja loppukohta pystyttiin määrittämään 0,04 sekunnin tarkkuudella.

Video- ja painepohjallisuusdata synkronoitiin em. tavalla, minkä jälkeen painepohjallisuusdata keskiarvoistettiin käyttämällä 5 pisteen liikkuvaa keskiarvoistusta. Käännöksen alku- ja loppukohtat valittiin datasta videoanalyysin avulla. Koska videon ja painedatan keräystaajuudet olivat eri (50 vs. 200 Hz), jouduttiin käännöksen alku- ja lopetuskohtia välillä hieman siirtämään painekäyrällä. Siirto oli korkeintaan 0,04 sekuntia ja tehtiin käyrän muodon perusteella kohti pienempää painetta. Valituista käännöksistä analysoitiin ulkojalan käännösaika, maksimivoima, maksimivoiman sekä 50, 70 ja 90 % maksimivoimasta saavuttamiseen kulunut aika ja käännöksen keskivoima. Käännökset myös aikanormalisoitiin vastaamaan yhtä yhden sekunnin mittaista käännöstä.

5.5 Tilastollinen analyysi

Tilastollinen analyysi suoritettiin SPSS 12.0-ohjelmalla. Keskiarvojen, keskihajonnan ja Pearsonin korrelaatiokertoimien laskemiseksi käytettiin standardeja tilastomenetelmiä. Keskiarvo ja keskihajonta laskettiin jokaisen laskijan tuloksista kaikissa mitattavissa suureissa (ikä, pituus, paino, FIS-pisteet sekä vasemman ja oikean jalan isometrinen maksimivoima ja kummankin jalan absoluuttiset ja suhteelliset käänösajat, 50 %, 70 %, 90 % ja 100 % voiman saavuttamiseen kulunut aika sekä käänöksen maksimi- ja keskivoima). Yhden naislaskijan isometrisenä maksimivoimana käytettiin muiden naislaskijoiden (n=4) keskiarvoa. Muuttujien normaaliutta tarkasteltiin Shapiro-Wilk –kaavalla. Tuloksia tarkasteltiin tilastollisesti myös kahtena eri ryhmänä, jolloin 40 FIS-pisteen raja toimi ryhmiin jakajana. Ryhmien tulosten varianssien yhtäsuuruutta tarkasteltiin Levenen testillä ja kaikista käänösmuuttujista (vasemman ja oikean jalan isometrinen maksimivoima ja kummankin jalan absoluuttiset ja aikanormalisoidut käänösajat, 50 %, 70 %, 90 % ja 100 % voiman saavuttamiseen kulunut aika sekä käänöksen maksimi- ja keskivoima) tehtiin T-testi ryhmien kesken. Tulos katsottiin merkitseväksi kun $p \leq 0,05$.

6 TULOKSET

Koehenkilöjoukon (n = 17) ikä, antropometriset ominaisuudet ja FIS-pisteet ovat taulukossa 1. Koehenkilöjoukon taso oli kirjavaa, mikä näkyy suurena FIS-pisteiden keskihajontana.

TAULUKKO 1. Koehenkilöjoukon kuvaus.

Ikä	18,2 ± 1,4
Pituus (cm)	175,1 ± 9,9
Paino (kg)	69,8 ± 9,6
FIS-pisteet	47,1 ± 24,8

Taulukossa 2. näkyvät koehenkilöiden kummankin jalan isometrinen maksimivoima ja käännöksen reaktivoimamaksimi sekä reaktivoimamaksimin suhde koehenkilön painoon ja isometriseen maksimivoimaan. Oikealle käännyttäessä laskijan ulkojalkaan kohdistui keskimäärin 1,6-kertainen reaktivoima laskijan painoon nähden. Vastaava luku vasemmalle käännyttäessä oli 1,7. Pienin ja suurin havaittu suhteellinen reaktivoima oikealle käännyttäessä oli 1,1- ja 2,4-kertainen sekä vasemmalle käännyttäessä 1,3 ja 2,2-kertainen laskijan painoon nähden.

TAULUKKO 2. Koehenkilöiden keskimääräinen vasemman ja oikean jalan isometrinen ja käännöksen maksimivoima sekä käännöksen reaktivoimamaksimin suhde painoon ja isometriseen maksimivoimaan.

Isometrinen maksimivoima, vasen (N)	974,2 ± 224,6
Isometrinen maksimivoima, oikea (N)	1073,5 ± 251,1
Maksimivoima käännöksessä, vasen (N)	1126,7 ± 212,5
Maksimivoima käännöksessä, oikea (N)	1123,3 ± 186,4
Maksimivoima käännöksessä / paino, vasen (N)	1,6 ± 0,25
Maksimivoima käännöksessä / paino, oikea (N)	1,7 ± 0,30
<u>Maksimivoima käännöksessä</u> Isometrinen maksimivoima , vasen (N)	1,2 ± 0,27
<u>Maksimivoima käännöksessä</u> Isometrinen maksimivoima , oikea (N)	1,1 ± 0,29

Kuten taulukosta 2. nähdään, laskijan ulkojalan reaktivoimamaksimin suhde isometriseen maksimivoimaan oli keskimäärin 1,2 oikealle käännettäessä ja 1,1 vasemmalle käännettäessä. Pienin ja suurin havaittu arvo oikealle käännettäessä oli 0,7 ja 1,7 sekä vasemmalle käännettäessä 0,8 ja 1,8. Oikealle käännettäessä ulkojalan reaktivoimamaksimi korreloi tilastollisesti merkitsevästi vasemman jalan isometrisen maksimivoiman kanssa ($r=0.528$, $p=0.029$), mutta samaa yhteyttä ei havaittu oikealle käännettäessä ($r=0.198$, $p=0.446$).

Kun koehenkilöt jaettiin kahteen ryhmään, joiden kriteereinä oli joko alle 40 tai vähintään 40 FIS-pistettä, oli ryhmien välillä tilastollisesti merkitseviä eroja käännösprofiileissa. Sekä absoluuttisissa että ajanormalisoiduissa, eli suhteellisissa, käännöksissä paremmin rankatut (<40 FIS-pistettä) laskijat tuottivat 50 %, 70 % ja 90 % voimatason myöhemmin kuin huonommin rankatut laskijat (≥ 40 FIS-pistettä). Ero oli absoluuttisissa käännösajoissa tilastollisesti merkitsevä oikealle käännettäessä 70 % ($p=0,005$) ja 90 % ($p=0,005$) voimatason kohdalla ja vasemmalle käännettäessä 50 % ($p=0,043$) voimatason kohdalla. Suhteellisissa käännöksissä ero oli tilastollisesti merkitsevä oikealle käännettäessä 50 % ($p=0,049$), 70 % ($p=0,013$) ja 90 % ($p=0,016$) voimatason kohdalla ja vasemmalle käännettäessä 50 % ($p=0,013$) voimatason kohdalla. Paremmin rankatut laskijat tuottivat maksimivoiman myöhemmin kuin huonommin rankatut laskijat oikealle käännettäessä mutta aiemmin vasemmalle käännettäessä ajanormalisoiduissa käännöksissä. Ero ei ollut kuitenkaan tilastollisesti merkitsevä kummassakaan tilanteessa.

TAULUKKO 3. Ryhmien väliset absoluuttiset (ms) ja ajanormalisoidut (% koko käännöksestä) käännösajat ja tilastollisesti merkitsevät erot niissä (**: $p<0.01$, *: $p\leq 0.05$).

	ABSOLUUTTISET KÄÄNNÖSAJAT				SUHTEELLISET KÄÄNNÖSAJAT			
	<40 FIS-pistettä		≥ 40 FIS-pistettä		<40 FIS-pistettä		≥ 40 FIS-pistettä	
	Vasen	Oikea	Vasen	Oikea	Vasen	Oikea	Vasen	Oikea
50 %	228	217**	200	173	27,3*	26,1*	21,0	19,2
70 %	304**	269	252	235	39,6*	31,6	27,2	25,8
90 %	396**	309	295	282	55,3*	44,2	40,7	40,8
100 %	543	552	513	543	62,4	55,2	59,4	54,3

7 POHDINTA

Päätulokset. Tämän tutkimuksen päätulokset olivat, että pujotteluradalla laskijan ulkojalkaan kohdistuu suuria voimia sekä laskijan painoon että isometriseen maksimivoimaan nähden. Lisäksi paremmin ja huonommin rankattujen laskijoiden välillä havaittiin tilastollisesti merkitseviä eroja käänösprofileissa paremmin rankattujen tuottaessa tietyt voimatasot merkitsevästi myöhemmin kuin huonommin rankatut laskijat.

Suhteellinen reaktivoima. Laskijan oikeaan ja vasempaan ulkojalkaan kohdistui pujotteluradalla tehdyissä käänöksissä järjestyksessä keskimäärin 1,7- ja 1,6-kertainen reaktivoima laskijan painoon nähden. Suurimmat havaitut reaktivoimat olivat kuitenkin huomattavasti suurempia: 2,2-2,4-kertaisia laskijan painoon nähden ja ne havaittiin FIS-rankingin mukaan parhaimmalla laskijalla. Tilastollisen analyysin mukaan käänöksen reaktivoimamaksimi ei kuitenkaan korreloinut tilastollisesti merkitsevästi laskijan FIS-pisteiden kanssa. Tämän yksittäisen laskijan saavuttamat suhteelliset reaktivoimamaksimit eivät kuitenkaan olleet poikkeuksellisen suuria yleisellä tasolla, sillä myös Müller ym. (2000) ovat raportoineet ulkosukseen kohdistuvien voimien olevan noin 2,5-kertaisia laskijan painoon nähden. Muissa tutkimuksissa ei olla raportoitu suhteellisia reaktivoimia, mutta absoluuttisten voimatasojen ollessa useissa tutkimuksissa välillä 1300-2300 N (mm. Keränen ym. 2007a, Vodicková ym. 2005, Krueger ym. 2006) voidaan suhteellisten reaktivoimien olettaa olleen myös huomattavan korkeita.

Voiman lähteet:

1. *Käänös aloitetaan ilman lanausta tai aurausta, jotta käänökseen tuloisuus on suuri. Samalla voimantuotto kasvaa tasaisesti kohti oikolinjaa.*
2. *Nopeuden ansiosta inklinaatio kohti käänössäteen keskipistettä, jolloin kehon massa on voimana ulkojalalla.*
3. *Nopeus, inklinaatio ja massa tuottavat keskipakovoimaa ulkojalkaan.*

Ulkojalan reaktivoimamaksimin suhde isometriseen maksimivoimaan. Pujotteluradalla laskijan ulkojalkaan kohdistuneet voimat olivat keskimäärin 1,1- ja 1,2-kertaisia laskijan oikean ja vasemman jalan isometriseen maksimivoimaan nähden. Suurin ha-

vaittu arvo oli jopa 1,8-kertainen. Koska ihminen pystyy tuottamaan eksentrisesti enemmän voimaa kuin isometrisesti tai konsentrisesti, voidaan tästä päätellä, että pujotteluradalla suurimmat voimat tuotetaan eksentrisesti. Tämä tulisikin ottaa huomioon alppihiihtäjän kuivaharjoittelussa, jonka pitäisi sisältää myös eksentristä voimaharjoittelua. Omien kokemuksieni mukaan pääpaino alppihiihtäjän voimaharjoittelussa, ainakin Suomessa, on ollut konsentrisessa voimaharjoittelussa ja eksentrisen lihastyö on kehittynyt ainoastaan konsentrisen harjoittelun sivutuotteena. Koska eksentrisen voimataso kuitenkin on huomattavasti muita voimantuottotapoja suurempi, tulisi sitäkin harjoittaa erikseen sen vaatimilla vastuksilla, eli yli 100 %:lla konsentrisesta maksimivoimasta.

Esimerkiksi:

- *Jalkaprässi yhdellä jalalla alas, kahdella ylös.*
- *Jalkakyykky yhdellä jalalla alas, kahdella ylös.*
 - *Dynaamisissa liikkeissä yhden jalan maksimi on enemmän kuin kahden jalan maksimi/2. Joten näissä liikkeissä kuorman on oltava yli 50% kahden jalan maksimista.*
- *Hyppelyt ja loikat alamäkeen.*

Alppihiihto on myös hyvin loukkaantumisaltis laji, jossa etenkin polvivammat ovat yleisiä. Meta-analyysin mukaan harrastelijalaskijoille sattuu 2,5 loukkaantumista yhtä laskupäivää kohden (Pressman & Johnson, 2003). Eksentrisellä voimaharjoittelulla olisi mahdollista lisätä lihaksiston kykyä vastustaa käännösten aiheuttamia voimia paremmin, jolloin lihaksisto ei antaisi reaktiivisesti niin helposti periksi ulkoisille voimille. Tämä vähentäisi oletettavasti myös loukkaantumisriskiä.

Yli ja alle 40 FIS-pisteellisten voimantuottonopeudet. Tämän tutkimuksen mukaan paremmin rankatut laskijat tuottivat 50 %, 70 % ja 90 % voimatason myöhemmin ja maksimivoiman joko myöhemmin tai aikaisemmin (vasemmalle käännyttäessä) kuin huonommin rankatut laskijat. Tämä kuvastaa mielestäni sitä, että paremmin rankattujen laskijoiden käännöksen ensimmäinen ohjausvaihe on pidempi kuin huonommin rankattujen laskijoiden ja näin ollen he kasvattavat suksen kuormitusta maltillisemmin. Yleinen kuva hyvän ja huonon käännöksen välillä onkin se, että hyvässä käännöksessä sukki kulkee puhtaasti kantillaan koko käännöksen ajan, jolloin käännös on leikkaava koko pituudeltaan, kun taas huono käännös alkaa luisuttamalla suksien kantoja ulospäin ja

kääntäen näin suksen kärkiä kohti seuraavaa porttia, minkä jälkeen käänös jatkuu leikkaavasti. Tässä tutkimuksessa ei kuitenkaan tarkasteltu käänösaikoja kokonaisuudessaan, joten suoria päätelmiä eri käänöstyylien paremmuudesta ei voida tehdä. Yleisesti onkin hyväksytty käsitys, että etenkin suurpujottelun jyrkillä, kumpuilevilla ja jäisillä rataosuuksilla huippulaskijat luisuttavat käänöksen alun. Tämä mahdollistaa lyhyemmän ajolinjan käytön samalla, kun säästää laskijaa mahdollisesti sietämättömän isoilta reaktivoimilta. Mutta, niin kuin todettu, tämä asia jää pujottelun osalta vielä selvittämättä.

Koska käänösten voimantuottonopeuksissa havaitut erot olivat tilastollisesti merkitseviä useammin oikealle kuin vasemmalle käännyttäessä, vaikuttaisi siltä, että rinneprofiilin pieni kallistus oikealle tasasi laskijoiden eroja joko helpottaen huonommin rankattujen laskijoiden kääntymistä tai vaikeuttaen paremmin rankattujen laskijoiden maltillista voimantuottoa vasemmalle käännyttäessä.

Yhteenveto. Tämän tutkimuksen mukaan laskija joutuu sietämään suuria voimia, sekä painoonsa että isometriseen maksimivoimaansa nähden, kääntäessään pujotteluradalla. Tutkimus osoitti myös, että paremmin ja huonommin rankattujen käänösprofiileissa on eroja paremmin rankattujen laskijoiden tuottaessa 50 %, 70 % ja 90 % voimatasot käänöksessä myöhemmin kuin huonommin rankatut laskijat. Lisää tutkimusta kaivattaisiin selvittämään, onko voimatasojen saavuttamisajankohdalla merkitystä suorituksen lopputuloksen kannalta. Mielenkiintoista olisi myös selvittää eksentrisen voimaharjoittelun vaikutus käänöksissä tuotettuihin reaktivoimiin.

LÄHTEET

- Berg, H. & Eiken, O. 1999. Muscle Control in Elite Alpine Skiing. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 31, 1065–1067.
- Capaul, G. 2005. From Giant Slalom Technique to Free Skiing. http://youcanski.com/en/coaching/g2free_skiing.htm 7.12.2007.
- Chesnin, K., Selby-Silverstein, L. & Besser, M. 2000. Comparison of an In-shoe Pressure Measurement Device to a Force Plate: Concurrent Validity of Center of Pressure Measurements. *Gait and Posture* 12, 128–133.
- Ducret, S., Ribot, P., Vargiolu, R., Lawrence, J., & Midol, A. 2005. Analysis of Downhill Ski Performance Using GPS and Grounding Force Recording. Teoksessa E. Müller, D. Bacharach, R. Klika, S. Lindinger & H. Schwameder (toim.) *Science and Skiing III*. Oxford: Meyer & Meyer Sport, 56–66.
- Femery, V., Moretto, P., Renaut, H., Thevenon, A. & Lensel, G. 2002. Measurement of Plantar Pressure Distribution in Hemiplegic Children: Changes to Adaptative Gait Patterns in Accordance with Deficiency. *Clinical Biomechanics* 17, 406–413.
- Gurshman, G. 2005a. Inclination as Integral Part of Modern Giant Slalom Technique. <http://youcanski.com/en/coaching/inclination.htm> 7.12.2007.
- Gurshman, G. 2005b. Modern Alpine Racing Technique. http://www.youcanski.com/en/coaching/modern_technique.htm 9.12.2007.
- Gurshman, G. 2006. Movement of the Inside Leg or Matching the Shins for Effective Arcs. http://youcanski.com/en/coaching/parallel_shins.htm 7.12.2007.
- Gurshman, G. 2007. Inclined to Win (Ski). <http://youcanski.com/en/coaching/incline-to-win.htm> 7.12.2007.
- Haugen, Reid, Moger, Tjørholm, Gilgien, Kipp & Smith 2007. Center of Mass and the Turn Cycle in Slalom. Teoksessa E. Müller, S. Lindinger, T. Stöggl & V. Fastenbauer (toim.) *Science and Skiing; Book of Abstracts*. Salzburg: Department of Sport Science and Kinesiology, University of Salzburg, 155.
- Heikkinen, K., Kumpuniemi, E., Meriläinen, T. & Uosukainen, M. 2003. *Alppihiihto, opetusohjelma*. Suomen hiihdonopettajat ry.
- Hälinen, V., Lautala, A. & Mälkiä, K. 2003. *Ratalasku*. Suomen hiihdonopettajat ry.

- Keränen, T., Vallela, R. & Lindén, P. 2007a. Ground Reaction Force and Centre of Pressure in Alpine Skiing Carved Turn. ICSS 2007.
- Keränen, T., Valleala, R., Talkkari, J., Leskinen, J. & Lindén, P. 2007b. Carved Turn Among High Level Alpine Skiers. Hyväksyttävänä.
- Krueger, A., Edelman-Nusser, J., Spitzenpfeil, P., Huber, A., Waibel, K-H. & Witte, K. A Measuring Method for the Combined Determination of the Edging Angle and the Ground Reaction Force in Alpine Skiing. ISBS Salzburg 2006.
- Kugovnik, O., Supej, M. & Nemeč, B. 2005. Time Advantage Using an Improved Slalom Technique. Teoksessa E. Müller, D. Bacharach, R. Klika, S. Lindinger & H. Schwameder (toim.) Science and Skiing III. Oxford: Meyer & Meyer Sport, 87–95.
- Lafontaine, D., Lamontagne, M., Dupuis, D. & Diallo, B. Analysis of the Distribution of Pressures under the Feet of Elite Alpine Ski Instructors. University of Ottawa, Ottawa, Ontario, Canada.
- Lešnik, B. & Žvan, M. 2007. The Best Slalom Competitors – Kinematic Analysis of Tracks and Velocities. Kinesiology 39, 40–48.
- Lüthi, A., Federolf, P., Obenhofer, K., Rhyner, H., Ammann, W., Stricker, G., Schieffermüller, C., Eitzlmair, E., Schwameder, H. & Müller, E. 2005. Determination of Forces in Garving Using Three Independent Methods. Teoksessa E. Müller, D. Bacharach, R. Klika, S. Lindinger & H. Schwameder (toim.) Science and Skiing III. Oxford: Meyer & Meyer Sport, 96–106.
- Maffioletti, N., Mognoni, P., Impellezzeri, F., Rampinin, E. & Bizzini, M. Evaluation of anaerobic performance in alpine skiers. International Congress: Mountain & Sport 2005.
- Müller, E., Benko, U., Raschner, C. & Schwameder, H. 2000. Specific fitness training and testing in competitive sports. Medicine and Science in Sports and Exercise 32, 216–220.
- Müller, E. & Schwameder, H. 2003. Biomechanical Aspects of New Techniques in Alpine Skiing and Ski-jumping. Journal of Sport Sciences 21, 679–692.
- Neubeck, T. 2006. Optimala Vägval i Alpin Skidåkning. D-uppsats, Mittuniversitetet i Sverige.
<http://www.miun.se/upload/Institutioner/TFM/Forskning/Ammsu/Carving-GS2.pdf> 20.11.2007.

- Neumayr, G., Hoertsnagl, 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* 24, 571–575.
- Peltonen, O-M. 2003. Mekaniikka. Suomen hiihdonopettajat ry.
- Pasutto, C. & Pozzo, R. 2005 Kinematic, Kinetic and Neuromuscular Comparative Analysis of the "Curve Movement" Between Alpine Skiing and a New Ski Simulator. *International Congress; Mountain and Sport, Rovereto, 2005.*
- Pozzo, R., Canclini, A., Casasola, S., Ciro, D., Cotelli, C. & Baroni, G. 2005. 3-D Kinematic and kinetic analysis of G-slalom at Valbadia World Cup Race in 2002. *International Congress; Mountain and Sport, Rovereto, 2005.*
- Pressman, A. & Johnson, D. 2003. A review of ski injuries resulting in combined injury to the anterior cruciate ligament and medial collateral ligaments. *The journal of Arthroscopic and Realted Surgery* 19, 194–202.
- Rao, G., Berton, E., Amarantini, D. & Favier, D. 2004. A Biomechanical Analysis of Turning Motion of Elite Alpine Skiers. *9th Annual Congress of the European College of Sport Science 2004.*
- Spitzenpfeil, P., Niessen, M., Rienaecker, N. & Hartmann, U. 2005. Evaluation of a Specific Training Device in Alpine Skiing. *Teoksessa E. Müller, D. Bacharach, R. Klika, S. Lindinger & H. Schwameder (toim.) Science and Skiing III. Oxford: Meyer & Meyer Sport, 204–215.*
- Vodicková, S., Lufinka, A. & Zubek, T. 2005. Application of the Dynamographic Method in Alpine Skiing. *Human Movement* 6, 19–23.

LIITE 1: Suostumuslomake



SUOSTUMUS

Kansainväliset sopimukset ihmisillä tehtävistä tutkimuksista edellyttävät, että tutkimuksiin osallistuville selvitetään mittauksiin ja testeihin liittyvät riskit ja hyödyt, ja että tutkittavat antavat kirjallisen suostumuksensa tutkimukseen osallistumisesta. Myös henkilökohtaisten tietojen keräämiseen, rekisteröintiin ja julkaisemiseen tarvitaan henkilötietolain mukaan ko. henkilön kirjallinen suostumus.

Kilpa- ja huippu-urheilun tutkimuskeskuksessa (KIHU) tehdään jatkuvasti tutkimuksia, joissa ammattitaitoiset työntekijät mittaavat urheilijoiden ja muiden tutkittavien fysiologisia, biomekaanisia ja psykologisia muuttujia levon ja kuormituksen aikana. KIHU on vakuuttanut tutkittavat ja tutkijat mittaustapahtumiin liittyvien ulkoisten syiden aiheuttamien tapaturmien, vahinkojen ja vammojen varalta. Tutkittavalla on kuitenkin suotavaa olla oma henkilökohtainen tapaturma/sairaus- ja henkivakuutus, koska vakuutusyhtiöt eivät myönnä tutkimusprojekteja varten täysin kattavaa vakuutusturvaa esim. sairauskohtauksia ja äkillisen ponnistuksen aiheuttamia lihas- tai jännevammoja varten. Osallistuminen mittauksiin on täysin vapaaehtoista ja tutkittava voi kieltäytyä mistä tahansa kokeista ja mittauksista, ja hän saa keskeyttää kokeen milloin tahansa. Mittaushenkilökunnalla on koulutus, ohjeistus ja välineistö tapaturmien ja sairaskohtausten ensiapuun. Mittaajat selvittävät ennen kutakin mittausta tarkemmin suoritusohjeet ja testin turvalliseen suorittamiseen liittyvät seikat. Mittaushenkilökunta antaa tarvittaessa lisätietoa testeihin liittyvistä riskeistä ja niistä saatavasta hyödyistä. Tutkijat raportoivat mittauksista suoraan tutkimuksiin osallistuville henkilöille näiden kanssa sovitulla tavoilla, sekä tieteellisissä ja valmennuksellisissa julkaisuissa siten, että yksityiseen henkilöön identifioitavissa olevia tietoja ei julkaista. Tutkimuksesta saatavaa tietoa voidaan edelleen käyttää hyväksi harjoitusmenetelmien kehittämisessä ja urheilusuoritusten parantamisessa. Vastuullinen tutki- ja vastaa kerätyn aineiston turvallisesta säilyttämisestä.

Tutkimuksen asetelma

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on selvittää karvingkäännöksessä laskijaan tuottamat ja häneen kohdistuvat voimat käännöksen eri vaiheissa. Näitä voimia verrataan laskijan isometrisessä maksimivoimatestissä tuottamaan voimaan. Tuotettu voima mitataan Paromed painepohjallisilla, jotka asetetaan karvingmittauksessa monon ja voimamittauksessa kengän sisään. Tutkimus suoritetaan KIHU:n, Suomen Hiihtoliiton, Suomen Olympiakomitean ja Jyväskylän yliopiston välisenä yhteistyönä.

Lajimittaus rinteessä

Monojen sisään asetetaan painepohjalliset, jotka mittaavat 24 pisteestä kohtisuoraan voiman. Pohjallisista mittasignaali siirtyy kaapelia pitkin laskijan vyötäröllä olevaan tallentimeen. Laskija laskee 1-2 kertaa symmetrisen n. 20 portin pujotteluradan. Suoritukset videoidaan. Laskun/-jen jälkeen mittavälineet poistetaan ja tallentimeen kerätty data siirretään tietokoneelle.

Voimamittaus kuntosalissa

Laskijan kenkien sisään asetetaan painepohjalliset, jotka mittaavat 24 pisteestä kohtisuoraan voiman. Pohjallisista mittasignaali siirtyy kaapelia pitkin tallentimeen. Isometrinen maksimivoima mitataan jalkakyykyasennossa, tanko niskassa ja 105° polvikulmalla. Komenosta urheilija tuottaa 3-4 sekunnin mittaisen maksimivoiman liikkumatonta tankoa vasten. Testi suoritetaan 2-3 kertaa.

	Kyllä	Ei
Suostun yllämainitun projektin mittauksiin annettujen ohjeiden mukaisesti		
Annan luvan tulosteni käyttöön tutkimuksen raportoinnissa		
Annan luvan tulosteni käyttöön tuotekehitystoiminnassa		
Annan luvan tulosteni säilyttämiseen KIHUn ja Jyväskylän yliopiston tutkimusrekistereissä		
Annan luvan terveystietojeni säilyttämiseen KIHUn ja Jyväskylän yliopiston tutkimusrekistereissä		

Annan luvan tulosteni lähettämiseen henkilökohtaiselle ja liiton valmentajalle		
Annan luvan mittausten yhteydessä otetun video/valokuvani käyttöön KIHUn ja Jyväskylän yliopiston toteuttamassa ei-kaupallisessa kirjallisessa ja suullisessa raportoinnissa		
Yhteystietoni saa sisällyttää KIHUn koehenkilörekisteriin ja minuun saa olla jatkossa yhteydessä rekrytoitaessa koehenkilöitä KIHUn tutkimuksiin		
Tunnen terveyteni hyväksi (en sairasta flunssaa, ole kuumeinen, toipilas tai muuten huonovointinen).		
Olen tutustunut suoritettaviin testeihin ja mittauksiin, ja olen ymmärtänyt mittausten tarkoituksen ja niihin liittyvät riski- ja hyötynäkökohdat		

Rukalla _____ Allekirjoitus _____
päiväys