

Alppihiihdon suoritustekniikka Levi 2006

Tapani Keränen¹, Riku Valleala¹,
Janne Leskinen², Petri Linden²
Heikki Hannola³, Tommi Kanala³ ja Timo Laakso³

¹ Kilpa- ja huippu-urheilun tutkimuskeskus KIHU

² Suomen Hiihtoliitto

³ Rovaniemen Ammattikorkeakoulu

SISÄLTÖ

SISÄLTÖ	1
TIIVISTELMÄ	2
1. JOHDANTO	3
2. MENETELMÄT	5
2.1. Menetelmäselvennyksiä	6
3. TULOKSET	7
3.1. Porttiväli vs. loppuaika	7
3.2. Laskumatka porttivälissä	8
3.3. Käännöksen aloitus alemmalle portille	9
3.4. Aktiivinen ohjausvaihe portille	10
3.5. Liike käännöksen aikana	11
4. YHTEENVETO	13
LÄHDELUETTELO	14

TIIVISTELMÄ

Karvingsuksien tulon myötä alppihiihdon käännostekniikka koki suuren muutoksen. Valtaosa käännostekniikkaa käsittelevästä julkaistusta tutkimustiedosta on vielä karvingsuksia edeltäneeltä ajalta, joten nykyaikaista karvingkäännostä käsittelevä aineisto on vielä rajallinen. Kauden 2007 maailmancupin avauskisa Levillä 11.11.2006 tarjosi oivan tilaisuuden käännostekniikan ja -taktiikan tarkasteluun maailman parhailta miespujottelijoilta.

Levin maailmancupin miesten pujottelukisaan osallistuneiden laskijoiden ensimmäisen kierroksen laskusta kuvattiin Levi Black rinteeseen loppujyrkän puolesta välistä yhden porttivälin pituinen matka kahdella videokameralla (50 Hz). Tämän alueen 10 nopeimman ja hitaimman laskijan suorituksista tehtiin liikeanalyysi.

Kaikkien 66 maaliin saakka laskeneiden laskijoiden mitatun porttivälin ajalla ja kierroksen loppuajalla ei ollut keskinäistä riippuvuutta. Mitatun porttivälin 10 nopeimman ja hitaimman keskinäisessä vertailussa voitiin todeta, että nopeimmat olivat vauhdikkaampia jo tullessaan mittausalueelle ($12.48 \pm .39$ m/s vs. $11.48 \pm .65$ m/s). Heidän kulkema matka porttivälissä oli myös hitaampien ryhmää lyhempi ($11.86 \pm .11$ m vs. $12.22 \pm .32$ m). Vaikka sukset kiersivät portit, niin osalla nopeimmista laskijoista painopiste kulki jopa porttiväliä lyhemmän matkan. Ryhmät aloittivat käännosteen alemmalle portille yhtä kaukaa kierrettävästä kepeistä (hitaat $5.18 \pm .48$ m vs. nopeat $5.39 \pm .43$ m). Nopeampien aktiivinen ohjausvaihe alkoi kuitenkin kauempaa kuin hitaampien ($2.38 \pm .64$ m vs. $1.51 \pm .60$ m). Vaikka ryhmien polvikulmissa ei ollut eroja käännosteen aloitusvaiheessa ($n. 100^\circ$), niin nopeimman ryhmän laskijoiden ulkosuksen puoleinen polvikulma ojentui kierrettävälle alakepille mentäessä vähemmän kuin hitaampien ryhmällä (126° vs. 134°). Nopeamman ryhmän laskulinja oli alaportilla kohiti seuraavaa porttia ja kierrettävän kepin kaatumissuunta on eteenpäin, kun taas hitaammalla ryhmällä kierrettävä keppi oli kaatunut alaviistoon tai jopa poikittain menosuuntaan.

Kuka vaan voi olla nopea yksittäisellä porttivälillä. Onnistuminen tai epäonnistuminen porttivälillä vaikuttaa myös sitä seuraavaan porttiväliin. Hyvällä laskulinjalla aktiivinen ohjaus alkaa aikaisessa vaiheessa, jolloin laskijalla on tilaa suunnata laskulinjaansa jo seuraavalle portille. Sukset kiertävät kepin, mutta laskijan painopiste oikaisee sen. Koko käännosteen ajan laskija toimii pienillä polvikulmilla ja painopisteen siirrolla kohti käännosteen keskikohtaa.

1. JOHDANTO

Alppihiihto on teknisesti ja fyysisesti vaativa laji. Valmentajan silmä ja videokuvaus ovat valmennuksen päivittäistyökaluja, mutta faktatietoa käännöstekniikan yksityiskohdista saadaan vasta biomekaanisten mittausten avulla. Suurin osa julkaistusta tutkimustiedosta on vielä karvingsuksia edeltäneeltä ajalta, joten nykyistä karvingkäännöstä käsittelevä aineisto on erittäin rajallinen.

Schiefermüllerin ym. (2000) mukaan karvingkäännökselle on tyypillistä suhteellisen lyhyt aktiivinen ohjausvaihe, verrattuna sitä edeltäneeseen ohjausvaiheeseen. Alppilajeissa ulkosuksen jalan polvikulman liikealue pienenee, mitä vauhdikkaammasta lajista on kyse. Super-G $83-96^\circ$, suurpujottelussa $86-114^\circ$ ja pujottelussa $98-111^\circ$ (Berg ja Eiken 1999). Polvikulman liikenopeudet ovat kaikissa alppilajeissa varsin pieniä verrattuna mihin muuhun nopeuslajiin tahansa, eikä liikenopeus ole ainakaan kasvanut karvingsuksien myötä.

Perinteisiin suksiin verrattuna karvingsuksiin tuotetaan yhtäaikaisesti molemmilla jaloilla voimaa, jotta suksen kantti ohjaisi koko pituudeltaan käännöksen. Näin laskettaessa suksen ja lumen välinen kulma on suuri ja samalla sukseen kohdistuva voima on suurempi kuin edeltäneessä parallelkäännöstekniikassa. Karvingkäännöksen säde on riippuvainen suksen profiilista, kanttauskulmasta ja suksen jäykkyydestä. Erityisesti suksen kiertojäykkyyden merkitys on suuri kun käännösvoimat ovat kasvaneet (Lesnik ja Zvan 2007). Schiefermüller ym. (2000) mukaan karvingkäännöksessä suksiin tuotetut voimat ovat hyvin samansuuruisia molemmilla jaloilla, kasvaen käännöksen aikaan n. 400 N:sta aina 1200 N:n. Krueger ym. (2006) mittasivat 2000 N ja 1000 N maksimi-voimat ulko- ja sisäsukseen jyrkällä ja vastaavasti loivassa (13°) 1800 N ja 1000 N yhdeltä laskijalta. Samanlaisiin lukuarvoihin ovat päätyneet myös Federolf (2005), Kugovnick ym. (2003) ja Lafontain ym. (1998).

Nopeassa vauhdissa aikaa laskun taktisten ratkaisujen tekoon ja käännösten kontrolloimiseen on hyvin vähän. Lyhyt tai keskimääräistä lyhempi laskumatka porttien välissä takaa suuremman keskinopeuden (Lesnik ja Zvan 2007). Toisaalta samat tutkijat totesivat, että kaikista lyhimellä laskulinjalla laskeneet epäonnistuivat jo seuraavassa porttivälissä, joten kahden porttivälin matkalla nopeimpia olivat ne joidenka laskumatka oli ryhmän keskiarvon mukainen. Heidän tutkimuksessa koehenkilöinä olivat miespujottelijat Kranjska Goran maailmancupin pujottelukisasta 2004.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää parhaiden pujottelijoiden käännöstekniikka ja -taktiikka yksittäisessä ja vaativassa kohdassa miesten pujottelun maailmancupkilpailussa 2006 maailmancupin pujottelun osakilpailussa Levillä.

2. MENETELMÄT

Mittaukset suoritettiin maailmancupin 2007 avauskisassa Levillä miesten pujottelukilpailun ensimmäiseltä kierrokselta 11.11.2006.

Mittausmenetelmänä oli kolmiulotteinen liikeanalyysi. Kilpailusta kuvattiin Levi Black rinteeseen loppujyrkän puolesta välistä yhden porttivälillä pituinen matka kahdella videokameralla (50 Hz). Ensimmäinen kamera kuvasi mittausalueen edestä ja toinen kamera kohtisuoraan laskusuunnan sivusta. Kameran kohdistettiin ja kuvakulmat rajattiin kyseiselle porttivälille, joten kameroilla ei seurattu laskijaa. Mittausalue kalibroitiin neljällä pujottelukepillä 10 x 3 x 1.75 metrin kokoisella alalla ja rinteeseen jyrkkyys mitattiin manuaalisella vesivaa'an ja kulmamittarin yhdistelmällä.



Kuva 1. Liikeanalyysissä käytetty ihmismalli. Laskijana J. Leino.

Analyysivaiheessa laskijasta tehtiin karkea ihmismalli (kuva 1). Laskijan nivelpisteet digitoitiin etu- ja sivukameran jokaisesta videoleikkeen kuvasta, alkaen yläportille tuloista ja loppuen alaportin kaatumiseen (kuva 2). Mitta-alueen kalibrointitietojen ja nivelpisteiden paikkatietojen perusteella APAS liikeanalyysiohjelmalla haettiin tekniikka-
muuttujien numeeriset arvot.



Kuva 2. Etukameran kuva tässä raportissa analysoidusta porttivälillä. Laskijana Benjamin Raich.

Ryhmävertailussa käytettiin riippumattomien ryhmien t-testiä.

2.1. Menetelmäselvennyksiä

Liikeanalyysissä ollut porttiväli on esitettyä kuvassa 2.

Rinteen jyrkkyys porttivälillä oli 28°.

Kahden portin välinen etäisyys oli 11.85 m.

Porttivälin alku ja loppu siitä, kun sääri osuu kierrettävän portin keppiin.

Käännöksen aloitus alkaa, kun painopiste siirtyy suksien tukipinnalta vasemmalle.

Aktiivinen ohjausvaihe alkaa, kun painopisteen nopeus on maksimissaan.

Liikeanalyysissä käytettiin kuvan 1 mukaista karkeaa ihmismallia.

Oikea ja vasen nilkka kuvastavat suksien liikerataa.

Ryhmävertailussa 10 nopeinta (nopeat) ja 10 hitainta (hitaat) laskijaa kyseiseltä porttiväliltä.

Tilastollinen merkitsevyys ryhmien väliselle erolle.

Symboli	Merkitsevyytaso
ns	Ryhmien välillä ei eroa.
*	Ryhmien välillä on melkein merkitsevä ero. Erolla on 1-5 % mahdollisuus olla sattuma.
**	Ryhmien välillä on merkitsevä ero. Erolla on 0.1-1 % mahdollisuus olla sattuma.
***	Ryhmien välillä on erittäin merkitsevä ero. Erolla on alle 0.1 % mahdollisuus olla sattuma.

3. TULOKSET

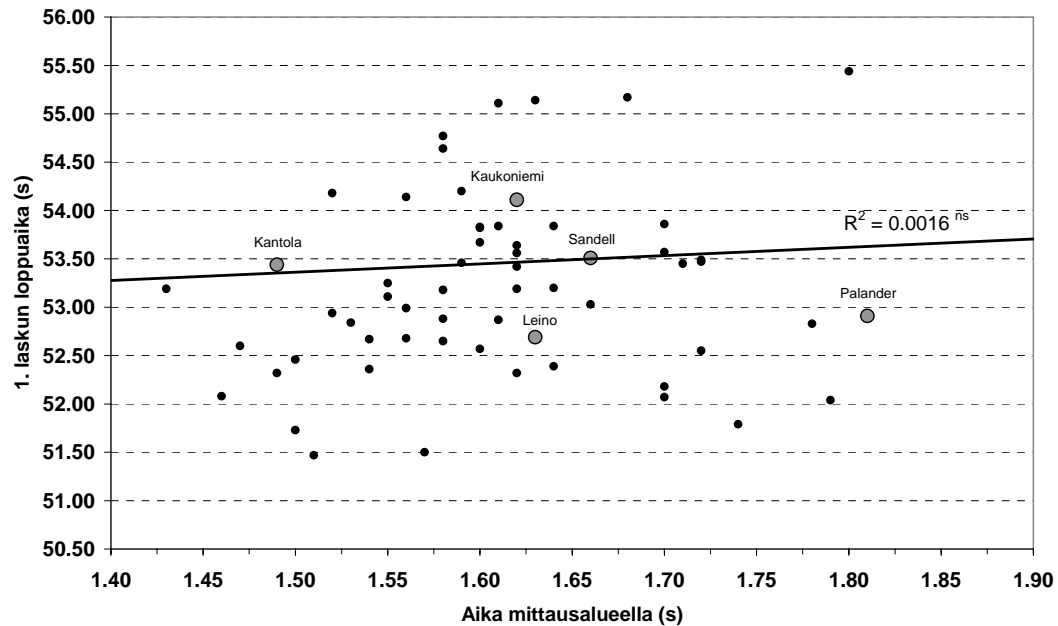
3.1. Porttiväli vs. loppuaika

Laskijan porttivälin aika ei erotellut ryhmien koko laskun loppuaikoja (taulukko 1).

Taulukko 1. Ryhmien porttivälin aika ja kierroksen loppuaika.

	Ryhmä	N	Keskiarvo	Hajonta	Merkitsevyys
Porttivälin aika (s)	Hitaat	10	1.10	0.03	0.01 ***
	Nopeat	10	0.97	0.02	
Loppuaika (s)	Hitaat	10	53.12	1.01	0.110 ns
	Nopeat	10	52.49	0.62	

Tilastollisesti merkittävää riippuvuussuhdetta ei myöskään ilmennyt kaikkien kierroksen maaliin laskeneiden 66 laskijan loppuajan ja analysoidun porttivälin ajan kesken (kuva 3). Joten yksittäisen nopean tai hitaan porttivälin voi laskea niin kärkipään laskija kuin koko joukon häntäpääläinen.



Kuva 3. Mittausalueen ja 1. laskun loppuajan välinen suhde.

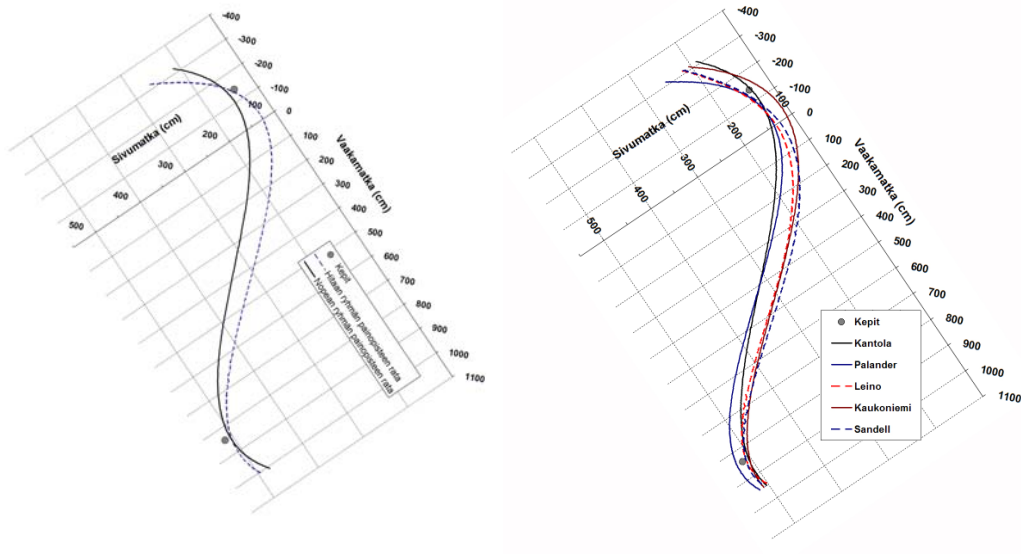
3.2. Laskumatka porttivälissä

Nopeampi ryhmä oli hitaampaa vauhdikkaampi jo ylemmällä portilla (taulukko 2). Eli edellinen porttiväli oli heillä onnistunut menestyksekkäämmin kuin hitaammalla ryhmällä. Nopeimmalla ryhmällä kehon painopisteen ja suksien kulkema matka oli lyhempi kuin hitaammalla ryhmällä (taulukko 2).

Taulukko 2. Laskumatka porttivälissä.

	Ryhmä	N	Keskiarvo	Hajonta	Merkitsevyys
Painopisteen nopeus yläportilla (m/s)	Hitaat	10	11.48	0.65	0.022 *
	Nopeat	10	12.08	0.39	
Painopisteen matka porttivälissä (m)	Hitaat	10	12.22	0.32	0.006 **
	Nopeat	10	11.86	0.11	
Oikean suksen matka porttivälissä (m)	Hitaat	10	12.69	0.22	0.011 *
	Nopeat	10	12.46	0.13	
Vasemman suksen matka porttivälissä (m)	Hitaat	10	12.97	0.27	0.002 **
	Nopeat	10	12.53	0.29	

Nopeamman ryhmän laskijoiden painopisteen laskulinja kulki yläportilla selkeämmin porttia kiertämättä kuin hitaammalla ryhmällä (kuva 4). Näin he pääsivät yläportin jälkeen oikolinjaan hitaampaa ryhmää nopeammin, jolle yläportin kierto meni pitkäksi. Huolimatta suksien kaarevasta kulkureitistä kepit kiertäen, painopiste kulki osalla laskijoista jopa porttiväliä (11.85 m) lyhemmän matkan (taulukko 2). Nopeamman ryhmän etuna ei ollut ainoastaan lyhempi laskumatka, vaan heillä oli myös suurempi nopeus porttivälin aikana (taulukko 2).



Kuva 4: Porttivälin nopean ja hitaan ryhmän painopisteen sekä suomalaisten liikeradat yläperspektiivistä.

3.3. Käännöksen aloitus alemmalle portille

Käännöksen aloituskohtana on tässä raportissa pidetty hetkeä jolloin painopiste siirtyi suksien tukipinnan ulkopuolelle vasemmalle (kuva 5).



Kuva 5. Alaportille käännöksen aloitus ja aktiivinen ohjaus. Laskijana Petri Kantola.

Molemmat ryhmät aloittivat käännöksen yhtä kaukaa alemmasta portista (taulukko 3). Nopeampi ryhmä oli jo tällöin vauhdikkaampana ja he loivat myös aikaisemmin pai-

neen aktiiviseen ohjaukseen kuin hitaampi ryhmä (taulukko 3). Täten käännöksen aloitusvaihe oli heillä myös nopeammin ohi.

Taulukko 3. Käännöksen aloitusvaihe.

	Ryhmä	N	Keskiarvo	Hajonta	Merkitsevyys
Aloitusvaiheen kesto (s)	Hitaat	10	0.37	0.09	0.020 *
	Nopeat	10	0.28	0.06	
Käännöksen aloituksen etäisyys portista (m)	Hitaat	10	5.18	0.48	0.316 ^{ns}
	Nopeat	10	5.39	0.43	
Painopisteen nopeus (m/s)	Hitaat	10	10.77	0.47	0.000 ***
	Nopeat	10	12.19	0.49	

3.4. Aktiivinen ohjausvaihe portille

Aktiivinen ohjausvaihe (kuva 5), jonka alkukohtana tässä raportissa oli maksiminopeuden vaihe ja loppuna portille tulo, alkoi nopeammalla ryhmällä aikaisemmin ja kauempana alaportista kuin hitaammalla ryhmällä (taulukko 4).

Taulukko 4. Aktiivinen ohjausvaihe portille.

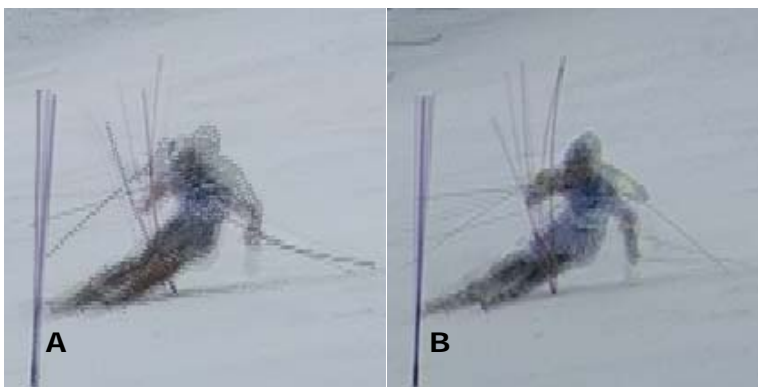
	Ryhmä	N	Keskiarvo	Hajonta	Merkitsevyys
Aktiivisen ohjausvaiheen kesto (s)	Hitaat	10	0.12	0.06	0.026 *
	Nopeat	10	0.19	0.06	
Aktiivisen ohjausvaiheen alun etäisyys portista (m)	Hitaat	10	1.51	0.60	0.006 **
	Nopeat	10	2.38	0.64	
Painopisteen nopeus (m/s)	Hitaat	10	12.20	0.39	0.000 ***
	Nopeat	10	13.32	0.30	
Painopisteen nopeuden muutos portille (m/s)	Hitaat	10	-0.44	0.24	0.008 **
	Nopeat	10	-0.82	0.32	
Painopisteen nopeus portilla (m/s)	Hitaat	10	11.76	0.47	0.002 **
	Nopeat	10	12.50	0.45	

Käännöksen aloitusvaiheeseen verrattuna nopeus oli noussut molemmilla ryhmillä (taulukko 4). Hitaammalla ryhmällä $10.77 > 12.20$ m/s ja nopeammalla $12.19 > 13.32$ m/s. Portille saavuttaessa painopisteen nopeus laski nopeammalla ryhmällä enemmän kuin hitaammalla, mutta silti nopeampi ryhmä oli portilla edelleen hitaampaa ryhmää vauhdikkaampi (12.50 m vs. 11.76 m).

3.5. Liike käännöksen aikana

Laskijat aloittivat käännöksen vähän yli 5 metrin päästä kierrettävästä alaportin kepitä. Kuten edellä jo tuli ilmi, nopean ryhmän laskijoiden vauhti oli jo tässä vaiheessa hitaampaa ryhmää suurempi. Molempien ryhmien polvikulmat olivat samaa luokkaa (n. 100°). Aikaisemmin alkaneesta aktiivisesta ohjausvaiheesta johtuen nopeammalla ryhmällä oli enemmän tilaa suunnata laskulinjansa portille ja jopa kohti sitä seuraavaa porttia hitaampaan ryhmään verrattuna.

Molemmilla ryhmillä polvikulmat ojentuivat koko käännöksen ajan portille saakka. Ryhmien välillä löytyy tilastollisesti merkittävä ero ulkosuksen puoleisen jalan polvikulmassa portilla, mikä nopeammalla ryhmällä oli pienempi kuin hitaalla (126° vs. 134°). Lisäksi heidän painopisteensä laski koko käännöksen ajan, ollen portin kohdalla vain 28 ± 4 cm:n korkeudella 28° jyrkkyysskulmassa olevan radan pinnasta.



Kuva 6. A) Hitaan ryhmän ja B) nopean ryhmän kaikki laskijat kierrettävällä alaportilla.

Kuvissa 6 a ja b on yhdistettynä kaikki ryhmiensä 10 laskijaa omaan kuvaansa alaportin kierrettävällä kepillä. Paremmen laskulinjansa ansiosta nopeampi ryhmä pystyi por-

tin kohdalla kallistamaan voimakkaammin kohti käännöksen keskipistettä tuottaen suuremman keskipakovoiman ja paineen kuin hitaampi ryhmä, jolla käänös oli myöhässä (kuva 4). Huolimatta kallistamisesta kohti käännöksen keskipistettä ylävartalo oli lähes pystysuorassa asennossa jolloin hartialinja, - varsinkin nopeammalla ryhmällä, säilyi vaakatasossa.

Ryhmien laskulinjat kulkivat portin kohdalla yhtä kaukaa kierrettävästä kepeistä, vasemman säären osuessa yläkolmanneksellaan keppiin. Nopeamman ryhmän laskulinja oli hidasta ryhmää paremmin kohti seuraavaa porttia (kuva 4). Tämä näkyy myös kuvassa 6b, jossa heidän kierrettävän kepin kaatumissuunta on eteenpäin, kun taas hitaammalla ryhmällä kohti alarinnettä (kuva 6a) ja heistä osalla jopa poikittain menosuuntaan. Todennäköisesti hitaampi ryhmä kärsi tässä käännöksessä edellisen käännöksen virheestä. Kuvan 4 mukaan he olivat myöhässä myös tällä portilla ja saavuttivat saman vaiheen myöhemmin kuin mikä nopeammalla ryhmällä oli jo portin kohdalla.

4. YHTEENVETO

Kuka vaan voi olla nopea yksittäisellä porttivälillä. Onnistuminen tai epäonnistuminen porttivälillä vaikuttaa myös sitä seuraavaan porttiväliin. Hyvällä laskulinjalla aktiivinen ohjaus alkaa aikaisessa vaiheessa, jolloin laskijalla on tilaa suunnata laskulinjaansa jo seuraavalle portille. Sukset kiertävät kepin, mutta laskijan painopiste oikaisee sen. Siitä huolimatta suksien laskulinja ei kulje kierrettävän kepin juureen vaan tilaa jää lähes säären mitan verran sisäsuksen ja kepin väliin. Koko käännöksen ajan laskija toimii pienillä polvikulmilla ja painopisteen siirrolla kohti käännössäteen keskikohtaa, säilyttäen kuitenkin ylävartalon pystyn laskuasennon. Näillä liikkeillä laskija säätää suksiin kohdistuvaa voimaa.

LÄHDELUETTELO

Federolf, P. Finite Element Simulation of a Carving Snow Ski. Swiss Federal Institute of Technology Zurich, diss. eth no. 16065 Zurich 2005

Klous, M., Müller, E., Schwameder, H. Knee Joint Loading in Alpine Skiing: A Comparison between Carved and Skidded Turns. 12. European College of Sport Science Congress. 11-14.7.2007, Jyväskylä, Finland

Krueger, A., Edelmann-Nusser, J., Spitzenpfeil, P., Huber, A., Waibel KH., 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, B., Nemec, B. Biomehanika alpskega smucanja. Fakulteta za sport, Institut za sport. Ljubljana 2003

Lesnik, B. ja Zvan, M. The Best Slalom Competitors – Kinematic Analysis of Track and Velocities. Kinesiology 2007, 39, 1, 40-48

Lafontaine, D., Lamontagne, M., Dupuis, D., Diallo, B. Analysis of the Distribution of Pressure Under the Feet of Elite Alpine Ski Instructors. International Society of Biomechanics in Sports. University of Konstanz, July 21-25, 1998

Müller, E., Schwameder, H. Biomechanical Aspects of New Techniques in Alpine Skiing and Skijumping. Journal of Sports Sciences, 2003, 21, 679–692

Vodicková, S., Lufinka, A., Zubek, T. Application of the Dynamographic Method in Alpine Skiing. Human Movement 2005, 1, 19-23