

**UIMARIN HARJOITTELUN, SUORITUSKYVYN JA PALAUTUMISEN
SEURANTA:
Tapaustutkimus**

Jani Hartikainen

Biomekaniikan pro gradu -tutkielma
Liikuntatieteellinen tiedekunta
Jyväskylän yliopisto
Syksy 2018
Ohjaaja: Janne Avela

TIIVISTELMÄ

Hartikainen, J. P. 2018. Uimarin harjoittelun, suorituskyvyn ja palautumisen seuranta: Tapaustutkimus. Liikuntatieteellinen tiedekunta, Jyväskylän yliopisto, Biomekaniikan pro gradu -tutkielma, 66 s.

Sykevälivaihtelun mittaamisen on todettu olevan käyttökelpoinen tapa arvioida urheilijoiden autonomisen hermoston tilaa. Sykevälivaihtelu ja sen muutokset ovat yksilöllisiä ja urheilijoilla toteutettuja pitkän aikavälin tutkimuksia on tehty vain vähän. Kytkeä uinti on puolestaan yksi käytetyimpiä menetelmiä uimareiden lajinomaisen voimantuoton mittaamisessa. Tässä tapaustutkimuksessa seurataan uimarin harjoittelua, suorituskykyä ja palautumista pitkän radan kaudella keväällä 2018. Tutkittavalta löydettiin sykevälivaihteluiden osalta tutkittavalle tyypillisiä adaptaatioita seuraamalla seitsemän edellisen päivän rMMSD:n keskiarvoja. Adaptaatiot havaittiin sairastumisten, kilpailuiden lähestymisen, palauttavan harjoitusjakson sekä kovan harjoitusjakson osalta. Tutkittavalla havaittiin myös mahdollinen yhteys rMMSD:n ja lyhyen kytkeä uitudun maksimaalisen W6-testin tulosten välillä. Harjoituspäiväkirjoja tarkastelemalla pystyttiin arvioimaan mahdollisia syitä W6-testin tuloksille kuten sairaudet, kovat harjoittelujaksot tai palauttavat harjoitusjaksot. Sykevälivaihtelun, lyhyiden kytkeä uimisessa tehtyjen intervallien voimantuoton ja harjoituspäiväkirjojen seuraamisen havaittiin olevan käyttökelpoinen metodi uimarin palautumistilan ja suorituskyvyn seurannassa.

Asiasanat: Uinti, Kytkeä uinti, Autonominen hermosto, Sykevälivaihtelu

ABSTRACT

Hartikainen J.P. 2018. Tracking swimmers training, performance and recovery state: Case study. Faculty of Sport and Health Sciences, University of Jyväskylä, Master's thesis in biomechanics, 66 p.

Measuring heart rate variability has been shown to be useful tool in evaluating athletes state of the autonomic nervous system. Heart rate variability and changes in it are always individual and long-term studies with athletes are rare. Tethered swimming is the most used method in measuring swimmer power production. In this case study objective is to track swimmers training, performance and state of recovery. Traces from subjects individual adaptations from seven day rolling average of rMMSD were found. Adaptations occurred during illness, before competitions, during recovery period and during hard training period. Possible connection between heart rate variations and short maximal tethered swimming in W6-test were found with this subject. Possible explanations for W6-test high or low results were found with analysis of training diaries. Heart rate variability, power output in short tethered swimming intervals and training diary seem to be useful methods in evaluating swimmers` performance and recovery level.

Key words: Swimming, Tethered swimming, Autonomic nervous system, heart rate variability

KÄYTETYT LYHENTEET

v	nopeus
SL	Stroke Length, vetopituus
SR	Stroke Frequency, vetotiheys
HRR	Heart Rate Recovery, sydämen sykkeen palautumisnopeus
HRV	Heart Rate Variability, sykevälivaihtelu
OR	Over Reaching, hetkellinen yllirasitus
NFOR	Non-Functional Over Reaching, harjoitusvasteen kannalta hyödyntön yllirasitus
OT	Over Training, yllirasitus, josta voi olla terveydellisiä haittoja
R-R intervalli	Kahden sydämen lyönnin välinen aika
ECG	Elektrokardiografi
LF	Matalan taajuuden sykevälivaihtelu
HF	Korkean taajuuden sykevälivaihtelu
rMSSD	peräkkäisten R-R intervallien erojen neliöllistä keskiarvoa

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

1 JOHDANTO.....	1
2 UINNISSA VAIKUTTAVAT VOIMAT.....	3
2.1 Propulsiivistenvoimien tuottaminen.....	4
2.1.1 Uinnin käsivedot.....	5
2.1.2 Uinnin potkujen biomekaniikka ja vartalon käyttö	9
2.2 Vastustavat voimat uinnissa	10
2.2.1 Aktiivinen ja passiivinen vastus	11
3 KYTKETTYNÄ UIMINEN.....	13
3.1 Maksimivoiman ja uintinopeuden välinen yhteys.....	13
3.2 Eri uintilajit ja kytkettynä uiminen.....	15
3.2.1 Kytketyn uinnin hyödyntäminen metodina	17
3.2.2 Kytketyn uinnin heikkoudet ja käytettävyys	19
4 AUTONOMISEN HERMOSTON PALAUTUMISTILA	21
4.1 Sykkeen palautuminen.....	21
4.2 Sykevälivaihtelu	22
4.3 Autonomisen hermoston palautumistila kilpaurheilijoilla	23
4.4 Autonomisen hermoston ylikuormitustila	24
5 TUTKIMUKSEN TARKOITUS.....	26
6 METODIT	27
6.1 Harjoituspäiväkirjat	27
6.2 Suorituskykytestit ja kilpailutulokset	29

6.3 Palautumisen seuranta	31
7 TULOKSET	32
7.1 Toteutunut harjoittelu	34
7.2 Suorituskyky	37
7.3 Palautuminen	46
8 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA	52
LÄHTEET	59
LIITTEET	

1 JOHDANTO

Kilpauinti on olympialaji, jossa kilpaillaan vedessä. Kilpailuita voidaan käydä 25 jaardin, 25 metrin tai 50 metrin altaassa tai avovedessä, kuten esimerkiksi järvessä tai meressä. Muita vedessä suoritettavia olympialajeja ovat muun muassa vesipallo, taitouinti, uimahyppyt ja triathlon.

Kilpauinnissa on neljä eri lajitekniikkaa, joissa on omat sääntönsä. Lajitekniikoita ovat perhos-, selkä-, rinta- ja vapaauinti. Näiden lajien yhdistelmää kutsutaan sekauinniksi. Yksilölajien lisäksi uimarit kilpailevat myös viesteissä. Altaassa kilpailessa uitavat matkat ovat 50, 100, 200, 400, 800 ja 1500 metriä. Avovedessä tyypillisiä kilpailumatkoja ovat 5,10 ja 25 kilometriä.

Uinnissa on Suomessa kansallisella tasolla kaksi selkeää kilpailukautta. Syksyllä uidaan lyhyellä radalla, eli 25 metrin altaalla. Keväällä puolestaan uidaan pitkällä radalla, eli 50 metrin altaalla. Yleensä uimareilla vuoteen mahtuu kaksi pääkilpailua, joista kesällä uitavat pitkän radan arvokilpailut ovat uimareiden keskuudessa arvostetumpia, sillä olympialaisissa uidaan 50 metrin altaalla.

Kilpauinti on teknisesti vaativa laji, sillä vedessä nopeuden kasvaessa vastustavat voimat moninkertaistuvat. Uimarit pyrkivät tekniikallaan samaan aikaan minimoimaan vastustavat voimat ja maksimoimaan eteenpäin vievät voimat. Uimareiden harjoittelun ja testaamisen tulisi tapahtua pääsääntöisesti vedessä, koska vesiympäristö muuttaa voimantuoton periaatteita verrattuna kiinteällä alustalla harjoitteluun.

Urheilijoiden elimistö joutuu harjoittelun ja kilpailuiden aikana kovan hermostollisen ja fysiologisen kuormituksen kohteeksi. Riittämätön palautuminen voi johtaa urheilijan kehityksen pysähtymiseen, heikentymiseen tai pahimmillaan jopa vakaviin terveydellisiin haittoihin. Toisaalta taas määrältään tai intensiteetiltään riittämätön harjoittelu ei kehitä urheilijaa. Urheilijat myös reagoivat eri harjoitusärsyksiin eri tavoin, joten urheilijoiden harjoittelun ja palautumisen seurannan on oltava yksilöllistä.

Harjoitussuunnitelman tärkeimpänä tavoitteena ovat pitkän aikajänteen kehittyminen ja maksimoida mahdollisuus huippusuoritukseen tietynä ajankohtana, kuten esimerkiksi arvokilpailuihin. Toisena tavoitteena on vähentää riskiä ylirasitustilan syntymiselle harjoittelujakson ajalla. (Morton, 1997)

Yleisesti urheilijat pyrkivät saavuttamaan tavoitteensa syklisten harjoitussuunnitelmien avulla, joissa harjoittelun volyyymi ja intensiteetti vaihtelevat jaksoittain. (Bomba ym. 1999,13-20). Harjoitusohjelmien tulisi olla progressiivisia ja niiden tulisi myös sisältää selkeitä kevyempiä jaksoja. Harjoittelun jatkuva samankaltaisuus ja korkeat kuormat voivat johtaa negatiivisiin harjoitusadaptaatioihin (Foster, 1998). Harjoittelun jaksottaminen voidaan toteuttaa useilla eritavoilla urheilijasta ja tilanteesta riippuen. Valmentajan vastuulle jää harjoitussuunnitelman rakentaminen loogisesti ja urheilijan palautumiskyky huomioiden.

Bomba ym. (1999, 203-230) mukaan harjoittelu voidaan jakaa vielä kauden sisällä makrosykleihin ja mikrosykleihin. Makrosyklit kestävät tavallisesti useita viikkoja ja niiden tavoitteena on esimerkiksi, tietyn ominaisuuden kehittäminen. Makrosyklit rakentuvat puolestaan mikrosykleistä, jotka kestävät muutamista päivistä viikkoihin. Mikrosyklien sisällä harjoitusmäärät ja intensiteetit vaihtelevat tarkoituksen mukaan kevyistä ja palauttavista jaksoista koviin jaksoihin. Mikrosyklin tavoitteena voi myös olla kilpailuun valmistautuminen tai harjoitteluun totuttautuminen.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on seurata yhden uimarin harjoittelua, suorituskykyä ja palautumista lajiomaisin ja urheilijoille saatavilla olevin menetelmin keväällä 2018.

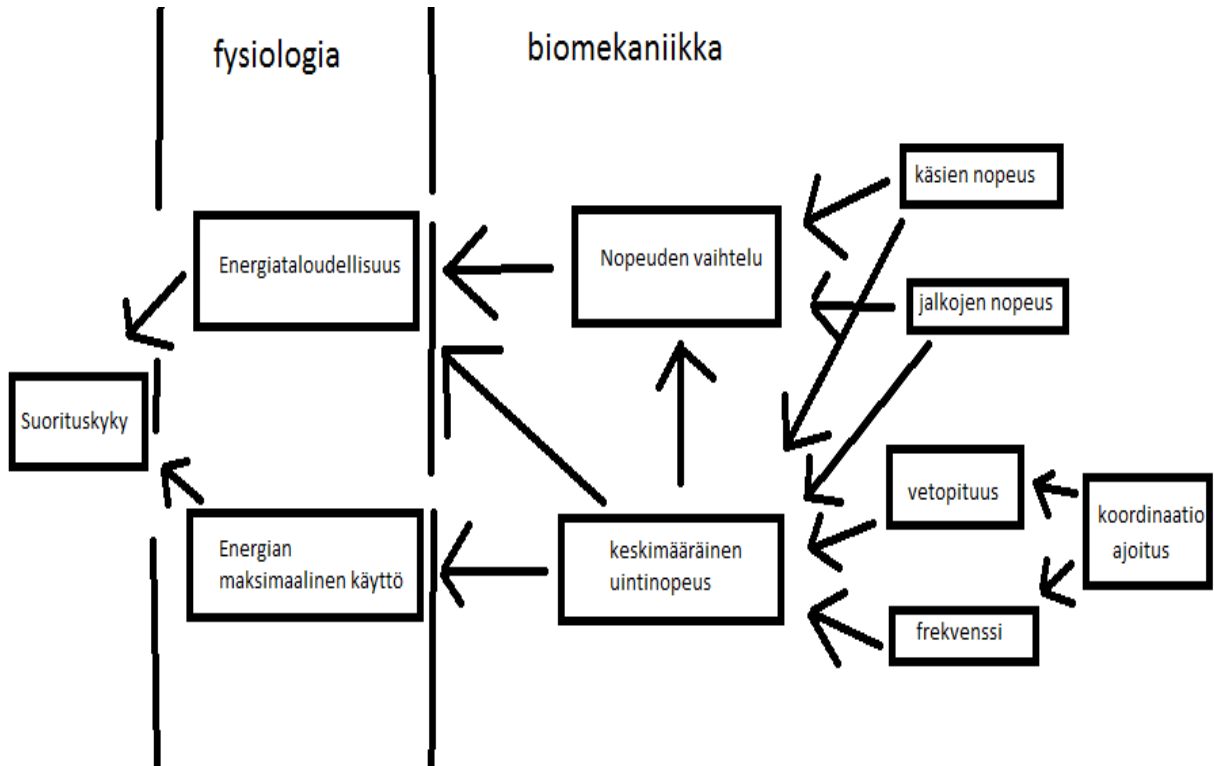
2 UINNISSA VAIKUTTAVAT VOIMAT

Kilpauimari pyrkii uimaan kyseisen matkan mahdollisimman nopeasti, joten keskimääräinen uintinopeus matkan ajalta on paras suorituskyvyn mittari. Uintinopeus (v) voidaan määrittellä vetopituuden (SL, Stroke Length) ja vetotiheyden (SF, Stroke Frequency) tuloksi (Craig ja Pendergast 1979; Craig ym. 1985). Uintinopeuden muutosta voidaan myös tarkastella propulsiivisten voimien ja vastustavien voimien suhteena (Pendergast ym. 2006, 183-189).

Vetopituuden, vetotiheyden ja uintinopeuden välistä suhdetta on tutkittu paljon suhteessa uitavaan matkaan, uitavaan lajiin ja myös uimarin sukupuoleen, ikään ja suorituskykyyn. (Craig & Pendergast 1979; Craig ym. 1985; Kennedy ym. 1990; Seifert ym. 2007a). Huippu-uimareilla on havaittu, että vetopituus (Seifert ym. 2007a; Leblanc ym. 2007; Seinfert ym. 2007b) ja propulsiivisten voimien tuoton taloudellisuus ovat parempia kuin heikompi-tasoisilla uimareilla (Toussaint 1990).

On arveltu, että huipputaso-n uimareilla yhden käsivetosyklin aikainen uintinopeuden vaihtelu on pienempää kuin heikompi-tasoisilla uimareilla (Leblanc 2007a; Seifert ym. 2008). Vähentynyt uintinopeuden vaihtelu on puolestaan yhdistetty keskimääräisen uintinopeuden kasvuun (Takagi, ym. 2004). Toisaalta taas suurempi uintinopeuden vaihtelu on yhdistetty uimarin kykyyn kiihdyttää uintinopeutta syklin aikana (Leblanc 2007a).

Kuvassa 1 on käsitelty uintisuorituksen vaikuttavia osatekijöitä. Suorituskykyä voidaan matkasta riippuen analysoida joko energiataloudellisuuden näkökulmasta tai maksimaalisen energiantuoton näkökulmasta. Fysiologiset tutkimukset, kuten hapenottokyvyn mittaukset tähtäävät näihin tutkimuskohteisiin. Biomekaaniset tutkimuskohteet puolestaan pyrkivät selittämään syitä näiden ilmiöiden taustalla, tutkimalla esimerkiksi käsien ja jalkojen ajoituksen vaikutusta uintisyklin aikaiseen nopeuden vaihteluun.



KUVA 1 Muokattu Barbosa ym. (2010). Uintisuoritukseen vaikuttavat osatekijät jaettuna fysiologisiin ja biomekaanisiin tutkimuskohteisiin.

Tutkimalla maksimaalisia propulsiivisia voimia ja toisaalta propulsiivisten voimien vaihtelua käsivetosyklin aikana voidaan saavuttaa ymmärrystä nopeuden vaihteluiden teknisestä merkittävytydestä eri uinti matkojen ja tekniikoiden välillä. Nopeuden vaihtelu johtuu pääsääntöisesti propulsiivisten voimien ja vastustavien voimien muutoksista syklin aikana (Pendergast ym. 2006, 183-189.)

2.1 Propulsiivistenvoimien tuottaminen

Maalla liikkeessä ihminen käyttää maata kiinteänä ja periksi antamattomana alustana voimatuotolle. Tällöin Newtonin toisen lain mukaan maata vasten tuotettu voima aiheuttaa vastakkaissuuntaisen reaktivoiman, joka saa liikkeen aikaan. Vedessä liikkeessä uimari liike onnistuu vain, jos uimari onnistuu luomaan itselleen näitä vastavoimia liikkuvassa nestemäisessä väliaineessa. (Vorontsov & Rummyantsev 2000, 205.)

Uimarin liikkussa vedessä veden vastustavat voimat vaikuttavat uimariin kahdella tavalla: veden vastustava voima hidastaa uimarin liikettä, mutta toisaalta uimarin raajojen liikkeet vedessä aiheuttavat reaktiovoimia, jotka mahdollistavat uimarin etenemisen. Uintinopeus riippuu näiden reaktiovoimien voimakkuudesta ja suunnasta, sekä vastustavien voimien suuruudesta (Vorontsov & Rummyantsev 2000, 205.)

2.1.1 Uinnin käsivedot

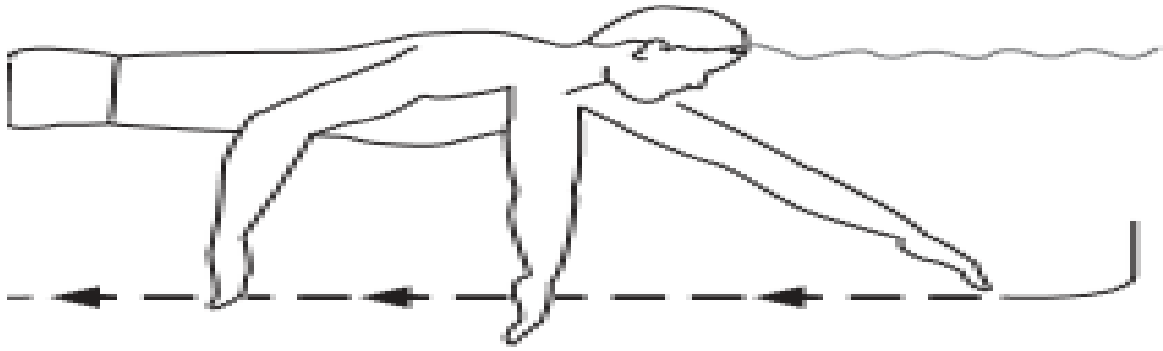
Yksi käsivetosykli koostuu palautusvaiheesta ja vetovaiheesta. Vetovaiheen tavoitteena on tuottaa eteenpäin vieviä propulsiivisia voimia ja palautusvaiheen tavoitteena on palauttaa raajat lähtöasentoon. Sykli voidaan myös jakaa pienempiin osiin, kuten aloitus-, lopetus ja välivaiheisiin riippuen tarkastelun kohteena olevista uintilajeista. Jokaisen vaiheen optimaalisella kestolla ja vaiheiden välisillä ajoituksilla on vaikutus uimarin vetosyklin aikaiseen nopeuteen ja sen muutoksiin. (Schleihauf 1979.)

Taulukossa 1 on esitetty uinnin käsivetojen eri vaiheet. Lajista riippumatta käsivedon aloitusvaiheen tavoitteena on välttää nopeuden hidastuminen, aloittaa nopeuden kiihdyttäminen ja saada rajat optimaaliseen asentoon käsivetosyklin päävaiheen kannalta. Käsivedon päävaiheen tavoitteena on saavuttaa maksimaalinen syklin aikainen nopeus. Päävaiheen aikana käsi ja käsivarsi pysyvät optimaalisessa kulmassa veden liikkeen ja uimarin liikesuunnan suhteen. Päävaihe voidaan lisäksi jakaa veto- ja työntövaiheeseen. Vetovaihe alkaa käsivedon alusta ja päättyy käden ohittaessa hartialinjan. Työntövaiheessa uimari puolestaan saavuttaa maksimaalisen nopeuden. Siirtymävaiheessa eteenpäin vievä voimatuotto lakkaa ja palautusvaiheeseen siirtyminen pyritään tekemään mahdollisimman pienellä vastuksella eteenpäin vievään liikkeeseen. Palautusvaiheessa raajat palautetaan lähtöasentoon mahdollisimman helposti. Lisäksi raajojen sekä perhos- ja rintauinnissa myös ylävartalon inertiaa voidaan hyödyntää vedon aikaisen nopeuden säilyttämiseksi. (Vorontsov & Rummyantsev 2000, 221-224.)

TAULUKKO 1 Käsivetosyklar erivaiheet lajeittain (muokattu Vorontsov & Rummyantsev 2000, 236)

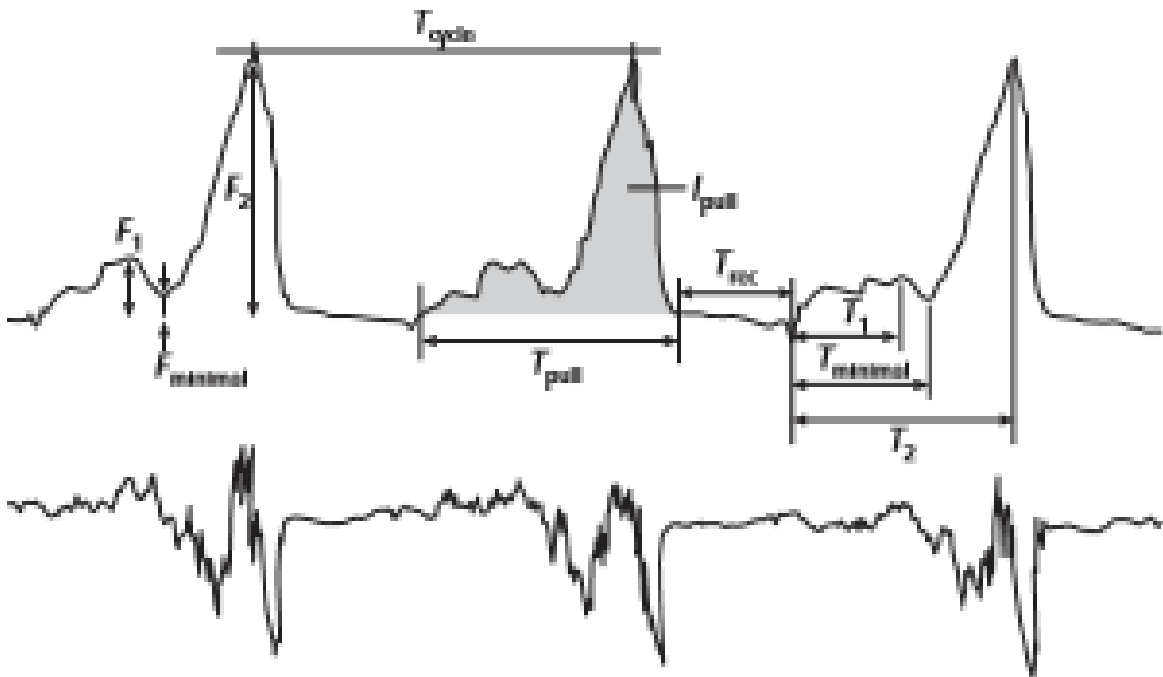
Uintilaji	Syklin eri vaiheet				
	Veto		Siirtymä	Palautus	
	aloitusvaihe	päävaihe			
vapaauinti, selkäuinti ja perhosuinti	alaspäin pyyhkäisy	sisään-ulos pyyhkäisy	ylöspäin pyyhkäisy	veden päällinen liike	veteen meno ja ojennus
rintauinti	ulospäinpyyh käisy	sisäänpäin pyyhkäisy		käsien ojennus	

Biomekaanisen tutkimuksen ansiosta ymmärrys eri lajien käsivetojen tehokkaasta suoritustavasta on kasvanut vuosikymmenten aikana. Pitkään tehokkaimpana tapana pidettiin mahdollisimman suoraviivaista käsivetoa uimarin liikesuunnan suuntaisesti ylläpitäen samalla mahdollisimman suurta vettä kohtisuorasti vastaan olevaa pinta-alaa (KUVA 2). Kaikkea tästä poikkeavaa pidettiin virheellisenä tekniikkana ja käsivedon ajateltiin toimivan airon lailla, jolloin uimari pyrki kiihdyttämään käsivetoa loppua kohden (Cureton 1930).



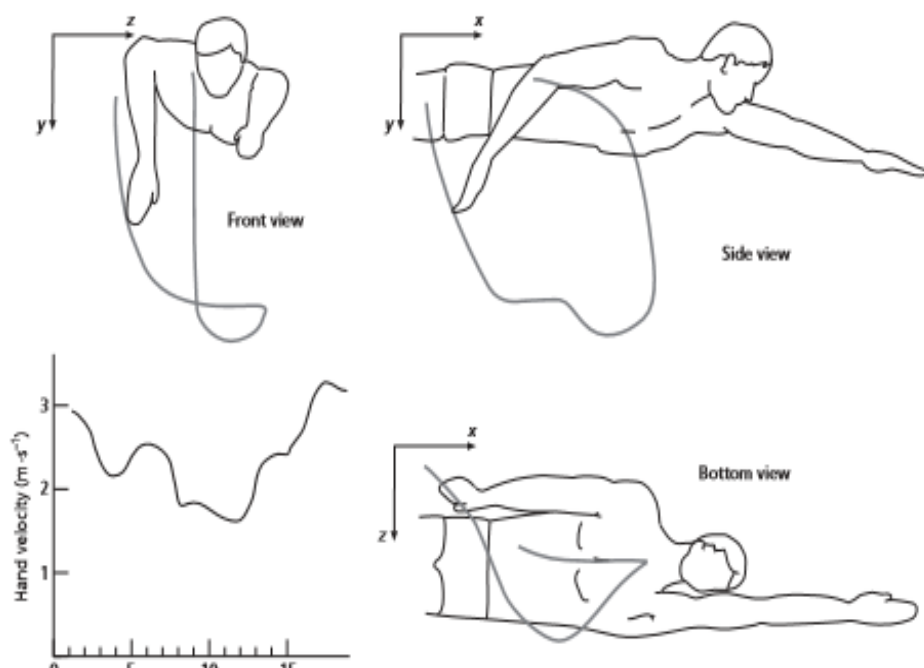
KUVA 2 Esimerkki suoraviivaisesta käsivedosta. (Vorontsov & Rummyantsev 2000, 208)

Myöhemmin on kuitenkin havaittu, että esimerkiksi vapaauinnissa käden liikenopeudessa ja kämmeneen kohdistuvassa paineessa ilmenee kaksi tai kolme suurempaa impulssia (Kuva 3). Nämä paineen muutokset viittaavat siihen, että pelkästään suoraan taaksepäin suuntautuva voima ei ainoastaan selitä etenemisnopeutta vedessä. (Vorontsov & Rummyantsev 2000, 209.)



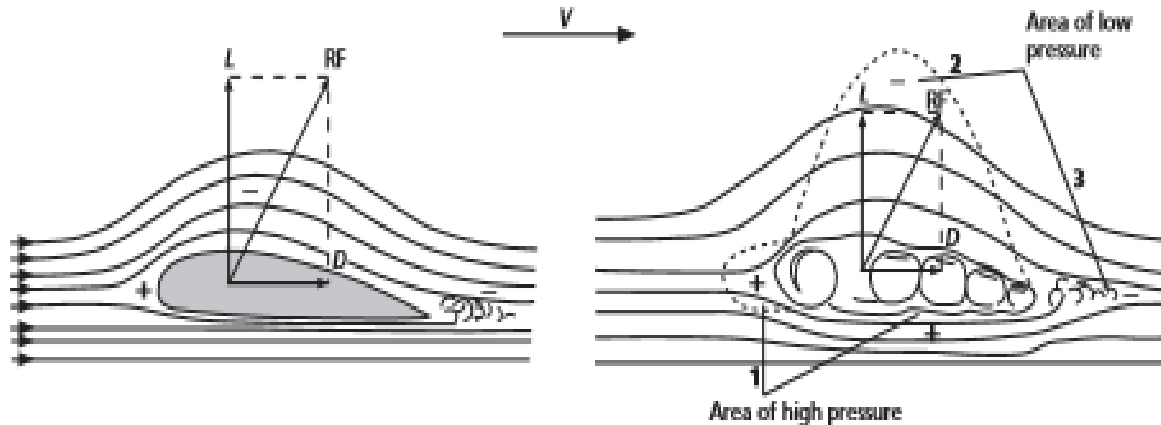
KUVA 3. Käsivetosyklin aikainen kämmeneen kohdistuva paine vapaauinnissa. (Vorontsov & Rummyantsev 2000, 209)

Vettä vastaan voimaa tuottaessa vesi ei pysy paikallaan, vaan vesi alkaa liikkua samaan suuntaan käden kanssa. Tämä veden liike johtaa käden liikenopeuden hidastumiseen veden suhteen, mikä puolestaan heikentää vetoliikkeen tehokkuutta. Tämän perusteella uimarin tulisi pyrkiä löytämään käsivedon jokaisessa vaiheessa vettä, joka virtausnopeus on mahdollisimman pieni. Tämä saavutetaan, kun käsivedon liikerata vaihtaa jatkuvasti hieman suuntaa (KUVA 4). Tämä suunnanmuutos voi tapahtua niin mediaali-lateraalisuunnassa, transversaalilla tasolla ja myös vertikaalisella tasolla. (Schleihauf 1979.)



KUVA 4 Vapaauintin käsivedon tyypillinen liikerata ja käden liikenopeus (Vorontsov & Rummyantsev 2000, 210)

Counsilmanin (1969, 1971) mukaan veden noste vaikuttaa myös osaltaan uimarin liikkumisnopeuteen vedessä. Uimarille on tyypillistä käden ojentaminen palautuksen aikana suoraksi eteenpäin, jolloin voidaan ajatella uimarin asennon muistuttavan kantosiipialusta. On myös arvioitu, että tämä uimarin käden muoto ja kädellä tehtävät vertikaali ja transversaalisuuntaiset liikkeet voivat aiheuttaa merkittävän nostevoiman, joka vaikuttaa merkittävästi uintinopeuteen. (Schleihauf 1974.) (Kuva 5.)



KUVA 5. Hydrodynaamisen paineen muodostuminen ja veden paine suhteessa kämmeneen (Vorontsov & Rummyantsev 2000, 210)

2.1.2 Uinnin potkujen biomekaniikka ja vartalon käyttö

Haljandin (1984) ja Haljandin ym. (1986) mukaan jaloilla on mahdollista lajista riippuen tuottaa suurempia voimia, kuin käsien liikkeillä. Tämä johtuu siitä, että jalkojen pinta-ala on suurempi kuin käsien. Jalkojen ja virtaavan veden välillä ei ole vastakkaissuuntaista liikettä, paitsi rintauinnissa, jolloin vastustavat voimat pysyvät pienempänä. Jalkojen lihasryhmät ovat myös vahvempia, kuin käsien.

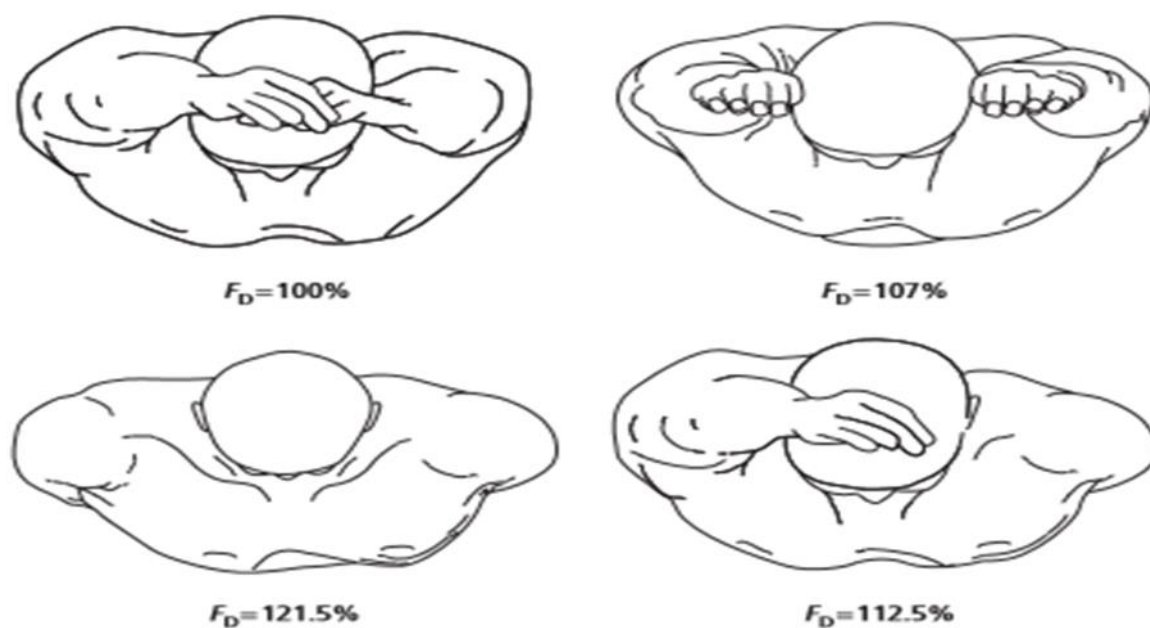
Jalkojen ja veden virtaussuunnan välisen orientaation vuoksi suurin osa jalkojen voimantuotosta tapahtuu vertikaalisuunnassa ja tästä syystä myös jalkojen eteenpäin vievä voimantuotto on heikompaa kuin käsivedossa (Haljand ym. 1986). Vapaauintissa ja selkäuintissa jalkojen osuus kokonaisvoimantuotosta on noin 15 %, perhosuintissa noin 20-25% ja rintauinnissa 50%. (Haljand ym. 1986). Jalkoihin kohdistuvasta paineesta noin 70 % kohdistuu jalkaterään ja noin 20% säären alueelle, joten voidaan olettaa, että suurimmat reaktivoimat kohdistuvat näihin alueisiin (Bagrash ym 1973).

Jalkojen merkitys uinnissa ei kuitenkaan ole pelkästään eteenpäin vievä voimantuotto vaan ne myös ylläpitävät uimarin asentoa vedessä, vähentävät käsivetosyklin aikaista nopeuden vaihtelua, säätelevät vartalon kiertoa ja tehostavat käsivedon voimantuottoa. (Haljand, 1984.)

Vartaloa voidaan hyödyntää erityisesti rinta- ja perhosuinnissa aaltoilevilla liikkeillä. Vapaa- ja selkäuinnissa vartalon kierto- ja kiertoliikkeellä puolestaan mahdollistetaan selkä- ja rintalihasten tehokas käyttö vetoliikkeen aikana. Vartalonkierto mahdollistaa myös vastakkaisen käden palauttamisen vedenpinnan päällä ja vähentää käsien sivuttaissuuntaista liikettä. (Haljand 1984; Haljand ym. 1986.)

2.2 Vastustavat voimat uinnissa

Uimarin on nopeutta kasvattaakseen tuotettava enemmän voimaa kuin vastustavia voimia on. Uimarin etenemistä vastustavien voimien suuruus on riippuvainen uimarin koosta, muodosta ja nopeudesta. Vartalon asento ja sen muutokset uintisyklin aikana vaikuttavat myös vastustavien voimien suuruuteen. (Miyashita, 1999; McArdle ym. 2005.) (Kuva 6.). Maclisco (2003,6) mukaan veden ilmaa suurempi tiheys, johtaa siihen, että kaikki vastustavat voimat ovat suurempia vedessä kuin ilmassa liikenopeuden ollessa sama.



KUVA 6 Arvioita kehoon kohdistuvasta vastustavasta voimasta eri vartalon asennoissa. (Vorontsov & Rummyantsev 2000,194)

2.2.1 Aktiivinen ja passiivinen vastus

Vastustavat voimat voidaan jakaa aktiivisiin ja passiivisiin vastustaviin voimiin. Aktiiviset vastustavat voimat koostuvat kehon muotojen ja vartalon eri segmenttien liikkeiden aiheuttamista pyörteistä. Passiivinen vastus koostuu uimarin aiheuttamasta muotovastuksesta, silloin kun uimarin asento pysyy staattisena esimerkiksi lähdön ja käännöksen jälkeisessä liu'ussa. Perhos- ja rintauinnin tekniikoissa on mahdollisesti myös pieniä siirtymävaiheita, joissa uimariin kohdistuu lähinnä passiivista vastusta (Haljand ym. 1986). Vastustavat voimat voidaan uinnissa jakaa muotovastukseen, aaltovastukseen ja kitkavastukseen (McMaster & Troup 2001).

Kitkavastus aiheutuu, kun vesi ja uimarin iho ovat kontaktissa liikkeen aikana. Tämän kontaktissa olevan veden voidaan ajatella ”takertuvan” uimarin ihon ja liikkuvan sen mukana samaa vauhtia. Veden viskositeetti puolestaan aiheuttaa ympäröivien vesikerrosten liikettä samaan suuntaan, mutta näiden kerrosten liike hidastuu etäisyyden kasvaessa uimariin. Vastus on sitä suurempaa, mitä enemmän uimarin mukana kulkee vettä. Kitkavastus kasvaa lineaarisesti suhteessa nopeuteen. (Clarys 1978; Clarys 1979.)

Aikaisempi esimerkki pätee lähinnä tilanteissa, joissa uimari on staattisessa asennossa. Dynaamisten uintiliikkeiden aikana vartalon eri segmentit ovat jatkuvassa liikkeessä ja aiheuttavat näin pyörteitä vartaloa ympäröivään veteen. Näiden pyörteiden korkea nopeus heikentää uimarin tuottamaa propulsiota ja heikentää näin uinnin taloudellisuutta. (Clarys 1978; Clarys 1979.)

Bernoullin lain mukaan kaikki muutokset veden virtauksen kineettisessä tehossa tapahtuu suorassa suhteessa sen paineeseen kehon pinnalla. Muotovastusta voidaankin kutsua myös painevastukseksi. Tämä vastustava voima syntyy, kun veden rajakerrokset liikkuvat suhteessa kehoon ja toisiinsa. Nämä kerrokset erkanevat tosistaan kehon takana ja muodostavat vanaveden. Tähän erkanemiskohtaan muodostuu alipaine. Paine-ero kehon edessä ja kehon takana kuvaa muotovastuksen suuruutta. Tämä paine-ero kasvaa suhteessa kehon poikkipinta-alaan, joka on kohtisuorassa liikesuuntaan nähden. (Clarys 1978.)

Hitaila vauhdeilla ja hyvässä virtaviivaisessa asennossa rajakerrokset ohittavat kehonpinnat sujuvasti ja muodostuu hyvin vähän pyörteitä. Tässä tapauksessa vastustavat voimat ovat lähinnä kitkavastuksia. Kun nopeus kasvaa, rajakerroksen paksuus pienenee ja kitkavoimien merkitys vähenee. Vähitellen nopeuden edelleen kasvaessa ympäröivän veden pyörteisyys kasvaa ja rajakerrosten erkanemiskohta siirtyy lähemmäs vartalon etuosaa. (Clarys 1978; Clarys 1979.)

Aaltovastus muodostuu, kun uimari liikkuu pinnan päällä tai hieman pinnan alla. Osa vartalon syrjäyttämästä vedestä liikkuu korkeanpaineiselta alueelta muodostaen etuaallon. Tähän ilmiöön liittyy uimarin painovoimaa vastaan tekemä työ ja veden pintatason yläpuolelle nousseen veden inertia. Aaltovastuksen voimakkuus ilmenee suhteessa etuaallon energiaan. Etuaallon suhteellinen merkitys kasvaa merkittäväksi lähellä maksiminopeuksia uudessa ja sitä voidaan pitää olennaisena uintinopeuksia rajoittavana tekijänä. (Vorontsov & Rummyantsev 2000,190.)

Etuaallon lisäksi uudessa muodostuu eriäviä aaltoja ja poikittaisaalloja. Nämä aallot muodostuvat esimerkiksi hartioiden, pään ja lantion liiallisista sivuttaisista ja pystysuuntaisista liikkeistä. Nämä aallot ovat osoitus energiahukasta, joka muodostuu, kun vartalon liikkeet pakottavat veden siirtymään pois tieltä. Kun uimari sukeltaa pinnan alla ja aallot eivät näy pinnalla, uimarin vartalon yläpuolella olevien vesikerrosten potentiaalienergia on suurempi kuin uimarin kehon mukana virtaavan veden energia. Tämä johtaa siihen, että kun uimari sukeltaa riittävällä syvyydellä aaltovastusta ei pääse muodostumaan. Tämän ilmiön ansiosta uimarit, jotka pysyvät veden alla pitkään ja etenevät käyttäen voimakasta potkua voivat mahdollisesti edetä nopeasti ja energiatehokkaasti. (Vorontsov & Rummyantsev 2000,190-191.)

3 KYTKETTYNÄ UIMINEN

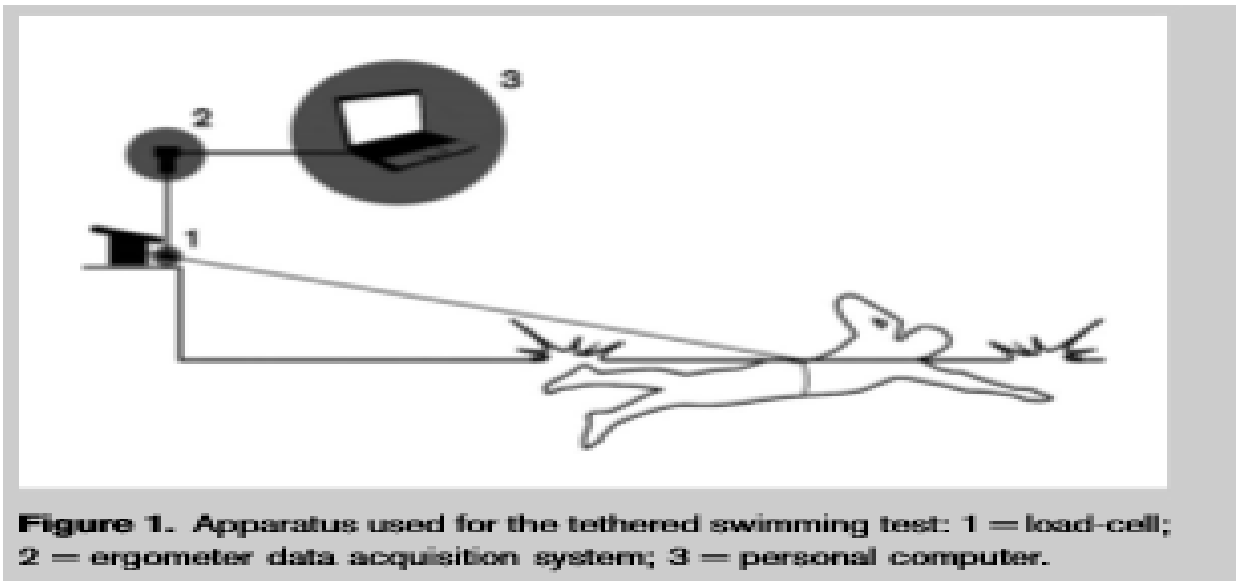
Propulsiivisten voimien käyttäytyminen on uinnin kannalta kiistatta merkittävä suorituskyykyä selittävä tekijä. Kuitenkin vesi ympäristönä tekee propulsiivisten voimien mittaamisesta suhteellisen hankalaa. Kytkettynä uiminen mahdollistaa kuitenkin maksimaalisen uintivoiman mittaamisen, joka ainakin teoriassa vastaa voimia maksimaalisessa vapaassa uinnissa. (Yeater, 1981.)

Bollens ym. (1988) ovat osoittaneet, että kytkettynä uiminen vastaa vapaata uimista käytettävien lihasten suhteen. Kytkettynä uiminen onkin osoitettu olevan yksi spesifimmissä uintiergometreistä, sillä se simuloi ympäristön piirteitä, lajinomaisia liikeratoja, fysiologisia muuttujia ja kehon antropometriaa sekä morfologiaa (Filho & Denatai 2008).

3.1 Maksimivoiman ja uintinopeuden välinen yhteys

Yeater ym. (1981) tutkivat voimatuottoa kytkettynä uinnissa 18 miesurheilijalla. Tutkimuksessa käytettiin uimariin kiinnitettävää kaapelia, jonka toinen pää oli kiinnitetty voimaa mittavaan sensoriin (Kuva 7). Tutkimuksessa tutkittiin vapaa-, rinta- ja selkäuintia ja käsien ja jalkojen voimantuotto mitattiin erikseen. Tutkijat yrittivät löytää korrelaatiota huippu- ja keskimääräisten voimien, sekä kilpailuvauhdin välille.

Yeater ym. (1981) havaitsivat positiivisen korrelaation keskimääräisen voimantuoton ja nopeuden välille vapaauintissa erityisesti pitkille matkoille erikoistuneilla uimareilla. Negatiivinen korrelaatio havaittiin puolestaan uintinopeuden ja huippuvoima-keskimääräinen voima suhteen välille. Nämä tutkimustulokset voisivat viitata siihen, että maksimaalinen voimantuotto voisi olla keskimääräistä voimantuottoa merkitsevämpi tekijä lyhyemmällä matkoilla, kun taas keskimääräinen voimantuotto voisi olla suorituskyykyä selittävä tekijä pidemmällä matkoilla. Yeater ym. (1981) havaitsivat myös, että potkulla on merkittävä osuus voimantuotossa niin vapaa- kuin rintauintissa. Potkujen ja käsivetojen yhteenlaskettu voimantuotto oli myös suurempi, kuin koko uinnin voimantuotto.

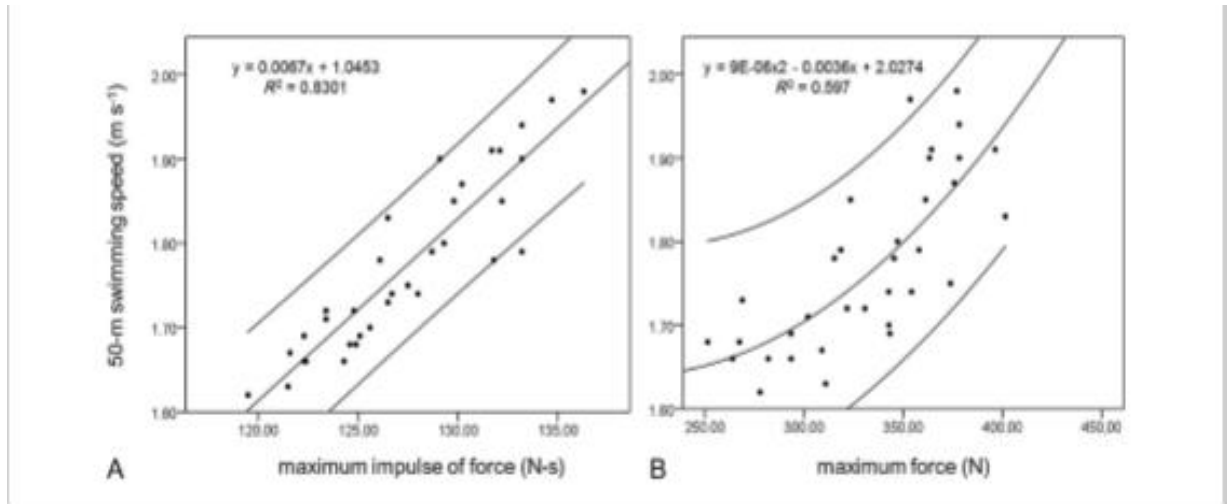


KUVA 7. Morouço ym. (2014) esimerkki täysin kiinnitettynä uimisesta.

Morouço ym. (2014) tutkimuksen yhtenä tavoitteena oli arvioida voimatuoton merkitystä lyhyiden matkojen maksimaalisessa suorituksessa. Tutkimukseen osallistui 34 miesuimaria, jotka kilpailivat useilla eri tasoilla. Jokaiselta tutkittavalta testattiin 30 sekunnin maksimaalinen kytkettynä uiminen ja 50 metrin maksimaalinen uinti. Suorituksista mitattiin kytketyn uinnin voimatuoton muuttujia, uintinopeutta ja vetotiheyttä. Fysiologisia muuttujia tutkimuksessa olivat veren laktaattipitoisuus, sydämen syke ja kuormitusten koettu kuormittavuus.

Fysiologisten muuttujien osalta ei havaittu eroja kytkettynä uimisen ja vapaana uimisen välillä. Tutkijat havaitsivat vahvan korrelaation ($r=0.91$; $p<0.001$) maksimaalisen impulssin ja uintinopeuden välille. Useat regressioanalyysit paljastivat, että maksimaaliset impulssit ja vetotiheys selittivät 84% uintisuorituksesta. (Morouço ym. 2014.) (Kuva 8)

Maksimivoiman ja uintinopeuden suhteen havaittiin olevan epälineaarinen, kun taas puolestaan maksimaalisten impulssien ja uintinopeuden suhteen havaittiin olevan lähes lineaarinen suhde (Morouço ym. 2014) (Kuva 8). Tämän tutkimuksen perusteella kytkettynä uimisesta kannattaisi mitata, ennemminkin voiman maksimaalisia impulseja kuin suoranaista maksimivoimaa.



KUVA 8. Maksimi- impulssin ja maksimivoiman suhde 50m uintiaikaan (Morouço ym. 2014)

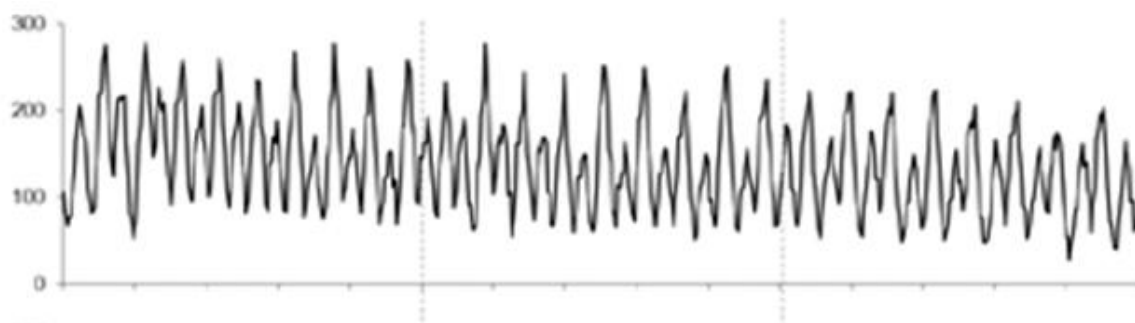
3.2 Eri uintilajit ja kytkettynä uiminen

Morouço ym. (2011) pyrkivät tutkimuksessa selvittämään kilpailusuorituksen ja kytketyn uinnin voimamuuttujien suhdetta kilpailtavan matkan pituuden ja uitavan lajin suhteen. Tutkijat pyrkivät myös selvittämään ovatko suhteelliset voimamuuttujat parempia suorituskyvyn mittareita kuin absoluuttiset arvot. Kaikki tutkittavat suorittivat 30 sekunnin maksimaalisen kytketyn uintisuorituksen. Kilpailusuorituksen mittaamiseen hyödynnettiin virallisia kilpailutuloksia 50m, 100m ja 200m kilpailuista, jotka olivat 25 päivän sisällä mittauksista.

Keskimääräisen voiman ja 50m uintinopeuden välillä havaittiin merkittävät korrelaatiot vapaauintissa ($r = 0.92$, $p < 0.01$), selkäuinnissa ($r=0.81$; $p<0,05$), rintauinnissa ($r=0.94$; $p<0,01$) ja perhosuinnissa ($r=0,92$ $p<0.01$). Tulosten perusteella myös absoluuttiset voimamuuttujat ovat merkitsevempiä kilpailusuoritusten kannalta kuin suhteelliset kehonmassaan suhteutetut arvot. Kilpailumatkan kasvaessa maksimaalisten voimamuuttujien merkitys suoritukseen väheni. (Morouço ym. 2011.)

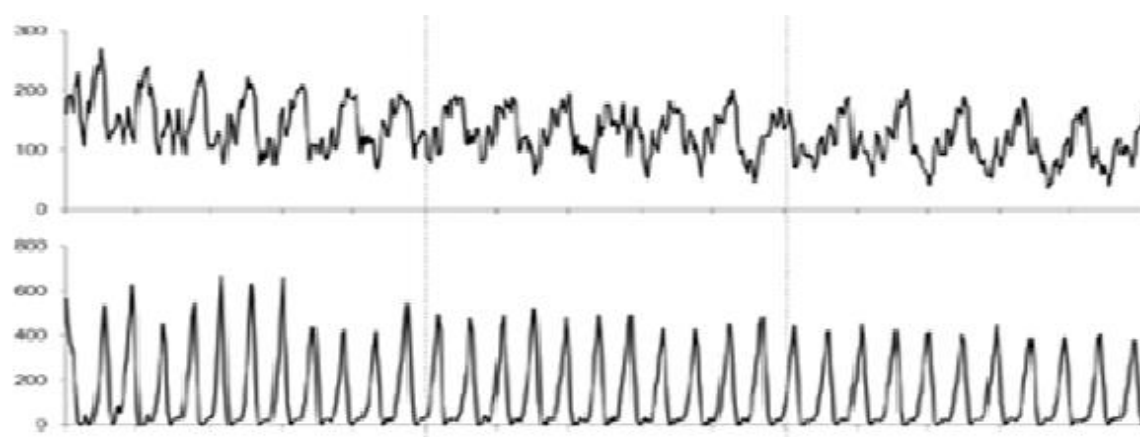
Kuvassa 9 yhden käsivetosyklin ajalta voidaan havaita propulsiivisten voimien vaihtelua (Morouço ym. 2011). Tämä propulsiivoimien vaihtelu voi yhdessä vastustavien voimien

kanssa johtaa uintinopeuden kasvamiseen tai hidastumiseen. Huomioitavaa on myös voimatuottoprofiilien vaihtelu eri uintilajien välillä (Barbosa ym. 2006; Morouço ym. 2011).



KUVA 9. 30 sekunnin maksimaalisen kytkettynä uinnin voima-aika käyrä vapaauinnissa (Morouço ym. 2011).

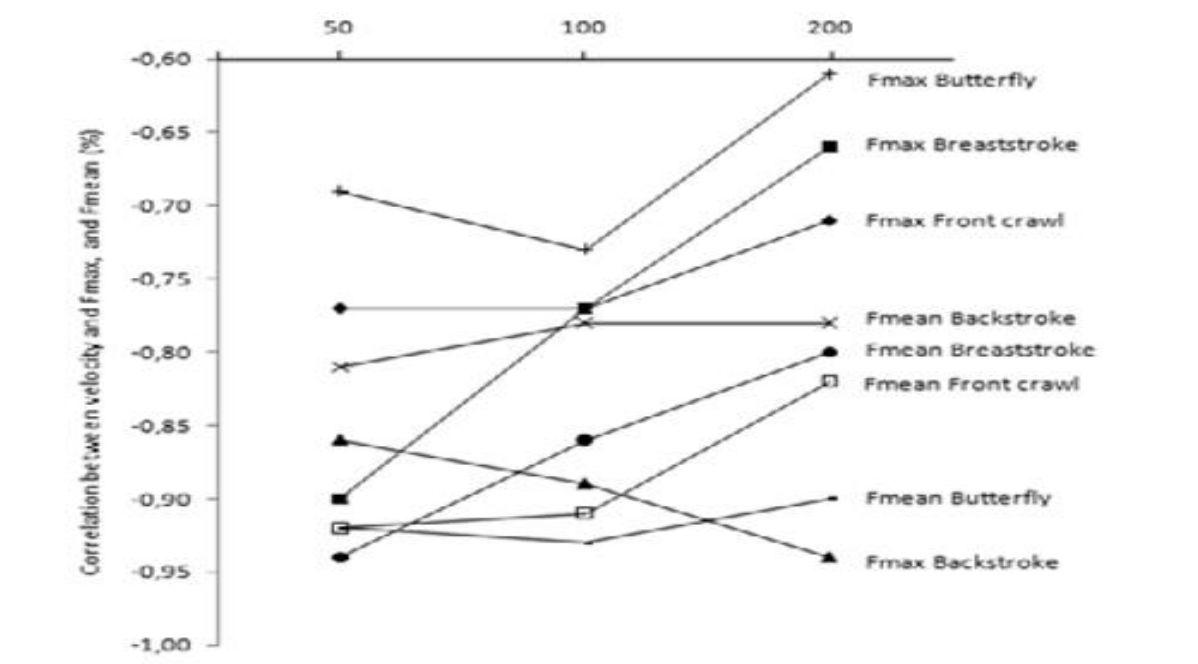
Barbosan ym. (2006) ja Morouço ym. (2011) mukaan rinta- ja perhosuinnissa saavutetaan korkeampia ja myös matalampia voimatuoton arvoja kuin vapaa- ja selkäuinnissa. Kuvasta 10 nähdään voimatuottoprofiilien erot selkä- ja rintauinnissa (Morouço ym. 2011). Esimerkiksi rintauinnin voimatuoton korkeita huippuarvoja voidaan selittää lajille tyypillisellä voimakkaalla potkulla. Voimantuoton huippuarvoista huolimatta rintauinti on hitain näistä neljästä lajista, mikä selittyy käsivedon ja potkun voimantuoton ajoituksellisista eroista (Takagi ym. 2004).



KUVA 10. Selkä- (yllä) ja rintauinnin (alla) voima-aika kuvaaja maksimaalisessa 30 sekunnin kytketyssä uinnissa. (Morouço ym. 2011.)

Kuvasta 11 havaitaan, että kaikilla tyyleillä uudessa uintinopeuden ja voimantuottoarvojen välinen korrelaatio pienenee uitavan matkan kasvaessa. Erityisesti maksimaalisen voimantuoton merkitys uintinopeuteen häviää matkan kasvaessa. (Morouço ym. 2011)

Morouço ym. (2011) havaitsivat tutkimuksessaan voimantuoton heikkenemistä maksimaalisessa 30 sekunnin kytkettynä uimisessa. Voimantuoton heikkeneminen on merkki väsymyksestä, joka johtuu todennäköisesti anaerobisen energiantuoton aiheuttamasta laktaatin kertymisestä lihakseen (Morouço ym. 2014).

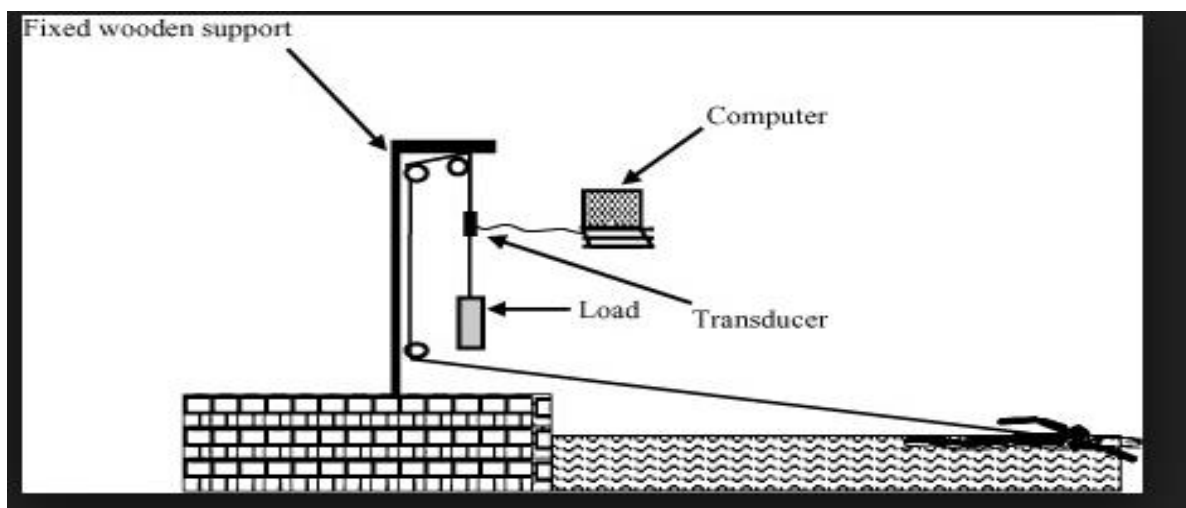


KUVA 11 Keskimääräisten voimien ja maksimaalisten voimien korrelaatio uintinopeuteen erilajeilla ja matkoilla. (Morouço ym. 2011.)

3.2.1 Kytketyn uinnin hyödyntäminen metodina

Kytkeytyyn uimiseen liittyvissä tutkimuksissa tutkimusten mittauslaitteisto on rakennettu kuvassa 7 esitetyllä tavalla, jossa uimari on kiinteästi kytkettynä seinän kiinnitettyyn anturiin, joka mittaa uimarin tuottamaa voimaa uimarin uudessa paikallaan.

Peybrune ym. (2014) vertailivat tutkimuksessaan energiantuottoa täysin ja osittain kytkettynä uimisessa. Tällöin uimari kykenee ainakin, jossain määrin liikuttamaan kiinnitettyä kuormaa (Kuva 12). Tutkimuksissa käytetyt köydet voivat olla elastisia tai joustamattomia riippuen tutkimuskysymyksestä.



KUVA 12. Peybrune ym. (2014) osittain kytkettynä uiminen.

Lisäksi tutkimusprotokollasta riippuen tutkimuksessa voidaan hyödyntää myös muita mittausmetodeja, kuten esimerkiksi videolle kuvattavia kaksi- tai kolmiulotteisia liikeanalyysijä. Bollens ym. (1988) vertailivat lihasaktiivisuuksia pinta-EMG:llä. Myös hapenkulutusta on mahdollista mitata reaaliajassa tai hyödyntämällä niin sanottuja Douglasin pusseja kytketyn uinnin aikana (Peybrune ym. 2014).

Yleisin kytkettyyn uimiseen liittyvä tutkimuskysymys liittyy kytketyssä uimisessa mitattavien voimamuuttujien ja kilpailuvauhtisen suorituksen välisiin yhteyksiin (Yeater 1981; Morouço ym. 2011; Morouço ym. 2014). Näiden tutkimusten perusteella erityisesti maksimivoimalla, keskimääräisillävoimilla, keskimääräisillä voimaimpulsseilla ja maksimivoimaimpulsseilla on yhteys suorituskyykyyn erityisesti lyhyillä matkoilla. Merkityksellisyys häviää uitavan matkan pidentyessä. Voimaimpulssien mittaamisessa kytkettynä uimisessa on riskinä uimarin liikkeen aiheuttama köyden hetkellinen löystyminen, jolloin kiristyminen aiheuttaa virheellisiä piikkejä mittausdataan (Morouço ym. 2011).

Tutkimuksille tyypillistä on käyttää 30 sekunnin maksimalisia suorituksia kytkettynä uimisessa. (Yeater 1981; Morouço ym. 2011; Morouço ym. 2014, Peybrune ym. 2014). Tätä lyhyempiä intervaleja on myös käytetty tutkimuksissa, mutta 30 sekuntia pidemmät intervallit ovat harvinaisuus. Myös submaksimaalisia intervaleja hyödyntävät tutkimukset lienevät harvassa, mutta Peybrune ym. (2014) hyödynsivät tutkimuksessaan osittain kytketyssä uinnissa 95% osuutta 30 sekunnin täysin kytketyn uinnin keskimääräisestä voimatuotosta.

Yeater ym. (1981) mukaan vapaauinti oli lajeista ainoa, jonka maksimivoiman arvot korreloivat hyvin uintinopeuden kanssa. Tämän jälkeen kytketyn uinnin tutkimukset keskittyivätkin pääasiassa vapaauintiin. Morouço ym. 2011 puolestaan osoittivat, että maksimi-impulssit ja 30 sekunnin intervallien keskimääräiset impulssit korreloivat kaikilla lajeilla uintinopeuden kanssa. Impulssien tutkiminen vaikuttakin perustellummalta kuin vain voimien mittaaminen.

Kjendlie ja Thorsvald (2006) tutkivat kytketyn uinnin mittaus-uusintamittaus luotettavuutta, päivittäistä vaihtelua, tutkittavien taitotason ja perehdyttämisen vaikutuksia maksimaaliseen uintivoimaan. He havaitsivat, että tulokset vaihtelivat yksittäisillä tutkittavilla erittäin vähän. Perehdyttämällä oli vaikutusta harjoitteleiden uimareiden tuloksiin. Päivittäinen vaihtelu tulosten välillä on pientä, mikäli testi toteutetaan samana vuorokauden aikana.

3.2.2 Kytketyn uinnin heikkoudet ja käytettävyys

Kytettyä uimista on käytetty tutkimusmenetelmänä, sillä fysiologisia ja biomekaanisia muuttujia on helpompi mitata, kun tutkittavat pysyvät paikallaan. Kuitenkin on mahdollista, että kytkettynä uiminen ei muistuta riittävästi vapaata uintia, jolloin menetelmän käyttö ei ole suotavaa harjoittelussa, testauksessa ja tutkimuksessa.

Maglischo ym. (1984) mukaan kytketty uiminen ja vapaana uiminen poikkeavat toisistaan muutamien biomekaanisten muuttujien osalta. Kytkettynä uidessa verrattuna vapaaseen uimiseen. (Maglischo ym. 1984):

1. Käsivetosykliin kulunut aika oli pidempi
2. Käsivedon eri vaiheisiin käytetyt ajat muuttuivat
3. Käsivedon kaari oli pienempi.
4. Käsivedon käden liikenopeus oli hitaampi
5. Uimarin asento muuttui pystyymmäksi
6. Jalkojen ja lantion liike kasvoi lateraalisuunnassa

Kytketyn uinnin muutokset johtuvat todennäköisesti hydrodynamiikan muutoksista uimarin ollessa paikallaan verrattuna uimariin, joka on liikkeessä. Rushall ym. (1994) mukaan Bernoullin laki muuttaa käsivedon liikettä vedon aikana. Bernoullin lain mukaan veden virtausnopeuden kasvaessa veden paine pienentyy, mikä osaltaan selittänee muutoksia käsivedossa verrattuna vapaaseen uimiseen. Myös Newtonin toinen laki eli voiman ja vastavoiman laki muuttavat uinnin voimantuottoa kytketyssä uinnissa. Uimarin ollessa vapaassa liikkeessä uimari liikkuu käsivedon mukana eteenpäin, kun taas kytketyssä uinnissa uimari pysyy paikallaan ja joutuu näin käyttämään käsivetoon enemmän voimaa (Maglischo ym. 1984).

Tutkijat eivät suosittele biomekaanista uintitekniikan tutkimusta tehtävän kytketyn uimisen avulla (Maglischo ym. 1984). Kuitenkin monet muut tutkimukset (Yeater 1981; Morouço ym. 2011; Morouço ym. 2014) ovat osoittaneet, että kytketyn uimisen mitatuilla voimamuuttujilla on yhteys uintinopeuteen maksimaalisissa suorituksissa. Joten kytketyn uinnin käytettävyys tutkimuksessa riippuu tutkimuskysymyksestä, käytettävistä muuttujista ja protokollasta. Mitattujen voimamuuttujien ja uintinopeuden välinen yhteys viittaa siihen, että kytketyllä uinnilla voi olla sovellutus mahdollisuuksia urheilijoiden testaamisessa.

Soares ym. (2010) puolestaan esittivät, että kytkettyä uimista voisi käyttää testausmenetelmänä urheilijoiden maksimaalisen anaerobisen kapasiteetin arviontiin. Kytketty uinti vaikuttaakin tietyllä varauksessa käyttökelpoiselta menetelmältä urheilijoiden testaamiseen. Tulosten kehittymistä seurattaessa kannattaa lisäksi kiinnittää huomiota erityisesti normaalin uintisuorituksen nopeuden kehittymiseen.

4 AUTONOMISEN HERMOSTON PALAUTUMISTILA

Autonominen hermosto säätelee sydämen sykettä fyysisen aktiivisuuden mukaan vastaamaan elimistön tarpeisiin. Autonominen hermosto koostuu sympaattisesta ja parasympaattisesta hermostosta. Sympaattisen hermoston aktiivisuuden kasvu ja parasympaattisen hermoston aktiivisuuden lasku aiheuttavat sydämen sykkeen kohoamisen ja sykevälivaihtelun vähenemisen. (Shetler ym. 2001, Borresen & Lampert 2008.)

Lepotilassa parasympaattinen aktiivisuus on hallitsevaa (Polanczyk ym. 1998) ja kuormituksen alkaessa sykkeen nousu johtuu pääsääntöisesti parasympaattisen aktiivisuuden vähenemisestä. Kuormituksen voimakkuuden lisääntyessä sekä parasympaattisen aktiivisuuden väheneminen, että sympaattisen aktiivisuuden lisääntyminen johtavat sykkeen nousuun (Yamamoto ym. 1991).

Autonomisen hermoston tilaa on mitattu pääsääntöisesti kahdella eri muuttujalla, joita ovat sydämen sykkeen palautuminen kuormituksen jälkeen (Heart Rate Recovery, HRR) sekä sydämen sykevälivaihtelun (Heart rate variation, HRV) mittaaminen levossa tai kuormituksen jälkeen.

4.1 Sykkeen palautuminen

HRR voidaan määritellä sykkeen laskunopeudeksi fyysisen aktiivisuuden lopettamisen jälkeen (Borresen & Lambert, 2007). HRR voidaan laskea usealla eri tavalla. Yksi muuttuva piirre on laskea HRR eri aika väleiltä, jotka vaihtelevat 30 sekunnista jopa kahteen minuuttiin. Useimmat tutkimukset laskevat HRR fyysisen aktiivisuuden loppuvaiheista ja 60 tai 120 sekunnin aikana tapahtuvan muutoksen.

HRR on havaittu olevan nopeampaa hyvin harjoitelleilla kuin harjoittelemattomilla terveillä aikuisilla (Darr ym. 1988). HRR voitaneen käyttää kuntotason mittarina, mikäli elimistön väsymystila jätetään huomioimatta. Yksilölle sopivilla kuormilla harjoittellessa HRR vaikuttaisi nopeutuvan (Lamberts ym. 2009), mutta liian suurilla kuormilla harjoittellessa

HRR heikkenee. (Borresen & Lambert 2007). Lambertsin ym. (2010) mukaan liian suuret harjoituskuormat voivat heikentää elimistön herkkyttä sympaattisen hermoston aktiivisuudelle. Tähän viittaa myös aikaisempi tutkimus, jonka mukaan suorituskyvyn heikkeneminen yhdistettynä nopeaan HRR voi viitata akuuttiin ylirasitustilaan (Lamberts ym. 2009). Lehman ym. (1998) mukaan puolestaan heikentynyt suorituskyky yhdistettynä vähäisiin muutoksiin HRR:ssä harjoittelukuorman seurauksena voi viitata krooniseen ylirasitustilaan. Shetler ym. (2001) mukaan heikko HRR voi viitata jopa korkeaan kuolleisuuteen erityisesti ikääntyneillä.

4.2 Sykevälivaihtelu

HRV on menetelmä, jossa vertaillaan kahden sydämen lyönnin välistä aikaa eli R-R intervallia esimerkiksi Elektrokardiografialla (ECG). R-R intervallien välisen ajan on myös osoitettu olevan keino arvioida autonomisen hermoston tilaa. (Aubert ym. 2003.)

R-R intervalleja voidaan esittää aika ulottuvuudessa, jossa R-R intervallit esitetään millisekunneina ajansuhteen. Intervallit voidaan esittää myös frekvenssin suhteen, jossa vertaillaan R-R intervallin muutosfrekvenssiä. Tätä kutsutaan tehotiheys-spektriiksi, joka korreloi hyvin ECG-mittauksen värähtelyjen kanssa. Taajuuden suhteen havaittavat piikit viittaavat sympaattisen ja parasympaattisen hermoston aktiivisuuksiin. (Achten & Jeukendrup 2003.)

Parasympaattisten aktiivisuuksien on havaittu korreloivan hyvin sydämen sykkeen tehotiheys-spektriin korkeilla taajuuksilla (HF) 0,15-0,40 Hz taajuudella. matalilla taajuuksilla (LF) vaikuttavat sekä sympaattinen että parasympaattinen hermosto. LF/HF suhde viittaa sympaattisen ja parasympaattisen hermoston tasapainoon, jolloin HRV:tä voidaan käyttää autonomisen hermoston vasteiden arviointiin. Tällöin korkeat arvot viittaava sympaattisen hermoston korkeampaan aktiivisuuteen. (Achten & Jeukendrup 2003.)

Taajuusperusteisten mittaustapojen lisäksi on mahdollista hyödyntää aikaperusteisia arvoja parasympaattisen hermoston toiminnan kuvaamisessa. Esimerkiksi rMSSD eli peräkkäisten R-R intervallien erojen neliöllistä keskiarvoa. Korkeat rMMSD lukemat viittaavat korkeaan

parasympaattisen hermoston aktiivisuuteen. rMMSSD etuna on, että sen mittaaminen on luotettavaa suhteellisen lyhyellä aikavälillä ja hengitystiheys ei vaikuta tuloksiin. (Flatt & Esco 2013; Bucheit 2014.)

4.3 Autonomisen hermoston palautumistila kilpaurheilijoilla

Hengitys- ja verenkiertoelimistön vasteisiin eri harjoitusohjelmissa vaikuttavat ikä, sukupuoli, etninen tausta, aikaisempi harjoittelutausta ja geneettiset tekijät (Bouchard ym. 1999; Bouchard & Rankinen 2001). Näiden tekijöiden lisäksi autonomisen hermoston tila määrittää harjoitusvasteen suuruutta (Hedelin ym. 2001).

HRV:n analysointia pidetään hyödyllisenä menetelmänä yksilöllisen harjoittelun kuormittavuuden ja adaptoitumisen määrittämiseksi. Nousut ja laskut sykevälivaihtelua mittaavissa indekseissä viittaavat epäsuotuisiin tai suotuisiin adaptaatioihin erityisesti kestävyysharjoittelu ohjelmissa. HRV voidaan määrittää levossa tai kuormituksen jälkeen. Vähän harjoitelleilla vähäisen sykevälivaihtelun on havaittu viittaavan heikompaan kuntotasoon ja vähenevän liiallisen kuormituksen seurauksena. Kestävyysharjoittelun seurauksena parantunut suorituskyky ilmenee usein myös kasvaneena HRV:nä. (Hynynen ym. 2006; Vesterinen ym. 2013).

Urheilijoilla autonomisen hermoston tilan mittaamista voitaneen käyttää yksilöllisen harjoitustilan määrittämiseen. Sekä HRR:n että HRV:n on havaittu antavan selkeästi viitettä yksilön hyvinvoinnista ja fysiologisesta harjoitustilasta. Molemmat arvot kertovat autonomisen hermoston tilasta. HRR ja HRV vaikuttaisivat olevan käyttökelpoisia muuttujia lyhyen aikavälin harjoituskuorman määrittämisessä (Buchheit ym. 2007). HRR:n ja HRV arvot vaikuttaisivat olevan tulkittavissa vain, jos yksilön harjoittelu on hyvin dokumentoitu.

Huippu-urheilijoilla ja pitkään harjoitelleilla reagoinnit harjoitteluun ovat vaihtelevia ja yksilöllisiä (Iellamo ym. 2002). Yleensä myös huippu-urheilijoilla HRV laskee kovan harjoitusjakson jälkeen ja puolestaan nousee palauttavan jakson jälkeen (Atlasoui ym. 2007). Tämä HRV palautuminen on usein myös yhtäaikaista suorituskyvyn nousun kanssa. Myös

HRV nousu kovan harjoitusjakson aikana voi viitata urheilijan sopeutumiseen kovaan harjoituskuormaan (Plews ym. 2012).

Hedelin ym. (2001) mukaan korkea HF ja kokonaissykevälivaihtelu viittaavat elimistön suotuisaan tilaan maksimaalisen hapenottokyvyn kasvattamiseksi. LF variaatiot puolestaan vaikuttaisivat reagoivan ajansaatossa käännteissä suhteessa perifeerisiin ja sentraalisiin mittauksiin.

Huippu-urheilijoilla on myös havaittu HRV:n laskua juuri ennen pääkisoja ja urheilijoiden on havaittu tuolloin suoriutuvan suorituksistaan todella hyvin. Manzin ym. (2009) ja Iellamon ym. (2002) mukaan syyt ovat epäselvät, mutta Mujika ym. (2000) mukaan tämä voi johtua viimeistelystä, jossa harjoittelun volyyymi vähenee ja intensiteetti säilyy. Toinen mahdollinen selitys on kisoja edeltävä jännityksestä johtuva stressi, johon ei kuitenkaan liity ylimääräistä alakuloisuutta (Iellamo ym. 2003).

4.4 Autonomisen hermoston ylikuormitustila

Huipulle tähtäävien urheilijoiden harjoitusohjelmille on tyypillistä korkeat harjoituskuormat ja rajoitettu aika palautumiseen (Bomba ym. 1999, 99-103) Lyhytaikainen ylirasitustila (OR, overreaching) on usein olennainen osa urheilijoiden harjoitussykliä. Liian pitkään jatkunut OR johtaa elimistön epätasapainotilaan, josta palautuminen voi kestää pidempään ja harjoitusvasteet ovat olemattomia tai negatiivisia (non-functional overreaching, NFOR). Ylirasitustilassa elimistössä voi puolestaan ilmetä pahojakin terveysongelmia ja usein harjoittelu voidaan jopa joutua keskeyttämään kokonaan (Overtraining, OT). Kaikki kolme tilannetta voivat joissain määrin aiheuttaa hormonitoiminnan häiriöitä, unen häiriintymistä, väsyneisyyttä ja suorituskyvyn putoamista. (Meuseen ym. 2004; Meuseen ym. 2006.)

Erityisesti OR ja NFOR eroa on ollut hankala määrittää tutkimusten avulla, sillä oireet ovat samankaltaisia ja niiden voimakkuudessa ei myöskään ole eroavaisuuksia. Myös NFOR ja OT välisiä eroja on ollut hankala määrittää. Hankaluus määritysten välillä johtuu ensinnäkin tutkimusinterventioiden kestosta, sillä muutamien viikkojen aikana tehtävistä analyyseistä on

hankala löytää perustason arvoja ja löytää sen eroja eri ylläpidustilojen välillä. (Meuseen ym. 2004; Meuseen ym. 2006.)

Tutkimusmetodien välillä on myös eroavaisuuksia, sillä HRV mittauksissa on käytetty useita erilaisia tapoja (Hedelin ym. 2000a; Hynynen ym. 2006; Buchheit ym. 2010). Osa tutkimuksista on käyttänyt päivittäisiä mittauksia, kun taas osa tutkimuksista on käyttänyt erillisiä mittauspäiviä.

5 TUTKIMUKSEN TARKOITUS

Aikaisemmat tutkimukset ovat osoittaneet HRR:n ja HRV:n mittaamisen olevan käyttökelpoisia työkaluja autonomisen hermoston tilan määrittämisessä. rMMSD:n on puolestaan osoitettu olevan helppo ja tarkka työkalu parasympaattisen hermoston aktiivisuuden määrittämisessä. Kytkeettynä uinnilla tehtävissä tutkimuksissa on osoitettu maksimivoiman, maksimi-impulssien yhteys maksimaaliseen uintinopeuteen. Lyhyiden intervallien aikana tehdyn työn on osoitettu olevan yhteydessä kilpailusuoritusten nopeuteen erityisesti lyhyillä matkoilla. Uinnissa näitä metodeja yhdistävää tutkimusta ei ole löytynyt saatavilla olevista lähteistä, mutta sykevälivaihteluiden yhteyttä suorituskyykyyn on selvitetty ainakin triathlonisteilla ja soutajilla.

Tutkimuskysymykset

1. Voiko rMMSD mittausta hyödyntää yksilöllisen harjoitusvasteen määrittämisessä?
2. Voiko lyhyitä maksimaalisia kytkeettynä uinteja hyödyntää urheilijan kauden aikaisen suorituskyykyyn mittarina?
3. Onko autonomisen hermoston palautumistilan ja maksimaalisen kytkeettynä uidun intervallin aikana tehdyn työn välillä yhteyttä?

6 METODIT

Tutkittava oli Pohjoismaiden mestaruuskilpailuiden mitalisti ja hän on voittanut Suomen mestaruuksia useilla eri matkoilla. Hän oli saavuttanut SM-mitaleita aikuisissa vapaa-, rinta- ja sekauintimatkoilla. Päälajeina hänellä oli 100 ja 200 metriä rinta- ja vapaauintia. Tutkittava oli 25-vuotias mies. Parhaat Fina-pisteet hän oli saavuttanut (817) sadan metrin rintauinnissa 25metrin altaalla. Fina-pisteet suhteuttavat kilpailutulokset kyseisen matkan maailmanennätykseen.

Tutkimuksessa tavoitteena on ollut seurata tutkittavan harjoittelua, suorituskykyä ja palautumista pitkän radan kauden keväällä 2018 aikana. Tässä tapaustutkimuksessa tutkija pyrki seuraamaan tutkittavaa kauden aikana harjoitteluun puuttumatta ja tutkittavalle tarjottiin vain rajallisesti tietoa testien tuloksista. Tutkittavalta kerättiin kirjallinen lupa tutkimuksen toteuttamiseen ja hänelle kerrottiin tutkittavan oikeuksista. Tutkittavan tietoja käsitellään niin, ettei häntä pystytä suoraan niistä tunnistamaan.

Tutkimus alkoi tammikuussa 2018 ja kesti heinäkuun alkuun saakka. Tutkittava täytti tältä ajalta harjoituspäiväkirjaa ja mittasi sykevälivaihtelua ortostaattisella testillä jokaisena aamuna. Tutkittavalle pyrittiin tekemään suorituskykytestit jokaisen viikon tiistaiamuna. Lisäksi tutkittavan kaikki viralliset kilpailutulokset raportoitiin seurannan ajalta.

6.1 Harjoituspäiväkirjat

Tutkittava täytti tutkimuksen ajan harjoituspäiväkirjaa, johon merkattiin taulukossa 2 esitettyjä muuttujia. Harjoituspäiväkirjaa analysoitiin raportoimalla kaikkien muuttujien viikoittaisia kokonaismääriä.

TAULUKKO 2. Harjoituspäiväkirjaan merkattavat muuttujat ja oheistukset niihin

Muuttujat	Ohjeitus
Peruskestävyys (PK)	kevyen uinnin osuus harjoittelusta metreinä
Vauhtikestävyys (VK)	anaerobisen kynnysharjoittelun määrä metreinä
Maksimikestävyys (MK)	yli anaerobisen kynnyksen tapahtuvan harjoittelun määrä metreinä
Nopeus (N)	nopeusvetojen lukumäärä
Nopeuskestävyys (NK)	lyhyellä palautuksella tapahtuvien lyhyiden vetojen lukumäärä
Perusvoima (PV)	toistomäärä sarjoissa joissa 8-12 toistoa ja kuorma noin 60-80% maksimista
Maksimivoima (MV)	toistomäärät sarjoissa, joissa toistoja alle 6 ja kuorma 80-100% maksimista
Nopeusvoima (NV)	toistomäärät sarjoissa, joissa liikenopeus on olennainen tekijä ja paino alle 60% maksimista
Lihashuolto ja fysioterapia	aika minuutteina, joka käytetty lihashuoltoon ja fysioterapiaan.
Muu harjoittelu	Aika minuutteina, sisältäen kaikki harjoittelu, joka ei sisälly edellisiin harjoitusmuotoihin

6.2 Suorituskykytestit ja kilpailutulokset

Suorituskykytestit koostuivat kolmen viikon syklissä kiertävistä testeistä. Jokaisella viikolla suoritettiin W6-testi. Aina syklin 2 viikolla mitattiin lisäksi W20-testi. Syklin kolmannella viikolla mitataan W6-testin lisäksi ilman starttia 50m vapaauinti. Kaikki testit suoritettiin vapaauintilla. Testit suoritettiin joka viikko tiistai-aiamuna pois lukien viikot 9 ja 26, jolloin testit tehtiin illalla tutkittavan harjoitusryhmän aikatauluista johtuen. Tutkittava perehdytettiin testeihin joulukuussa ennen mittausten aloittamista.

W6 testin tarkoituksena oli mitata hermostollista suorituskykyä. W6-testissä suoritettiin maksimaalinen 10 sekunnin mittainen kytkettynä uinti, josta analysoitiin kuuden sekunnin mittainen osuus. Analysoitavia muuttujia olivat kuuden sekunnin aikana tehty työ (W6), maksimaalinen voima (F_{\max}), keskimääräinen voima (F_{avg}), Frekvenssi (Fr), yhden käsivedon aikainen maksimi-impulssi (I_{\max}) ja koko käsivetosyklin aikainen maksimi-impulssi (IC_{\max}).

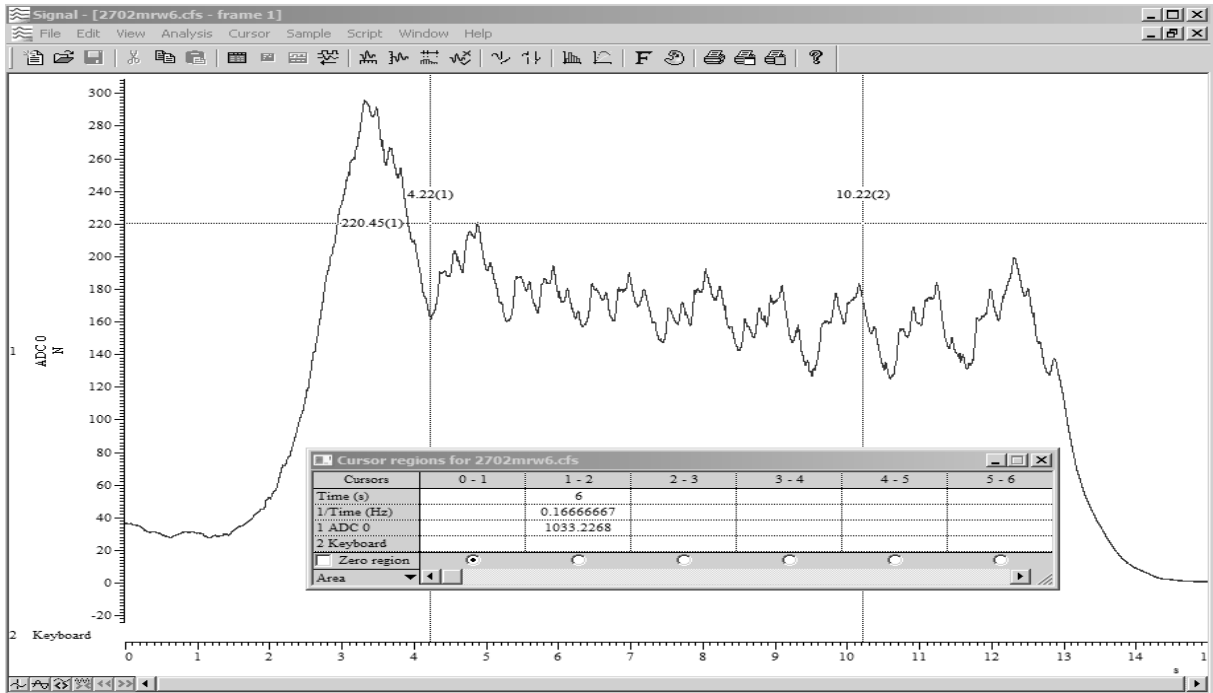
Testissä tutkiva veti köyden ennen testin alkua tiukalle. Valmistautumiskomennolla tutkittava irrotti jalat pohjasta ja piti köyttä kireällä sculling -liikkeiden avulla. Lähtömerkistä tutkittava kiihdytti täyteen työskentelytehoon muutamalla käsivedolla ja tämän jälkeen pyrki suorittamaan koko testin maksimaalisella teholla. Tutkittavan pysäytti mittajaan merkistä toinen uimari.

Kuvasta 13 havainnollistetaan mittauksessa kerättyä dataa. Voima-anturien nollasso kalibroitiin joka kerta ennen mittausten aloittamista. Kuuden sekunnin mittausintervalli aloitettiin ensimmäisen suuren piikin jälkeen. Tämä piikki johtuu lähtökiihdytyksen aiheuttamasta köyden kiristymisestä.

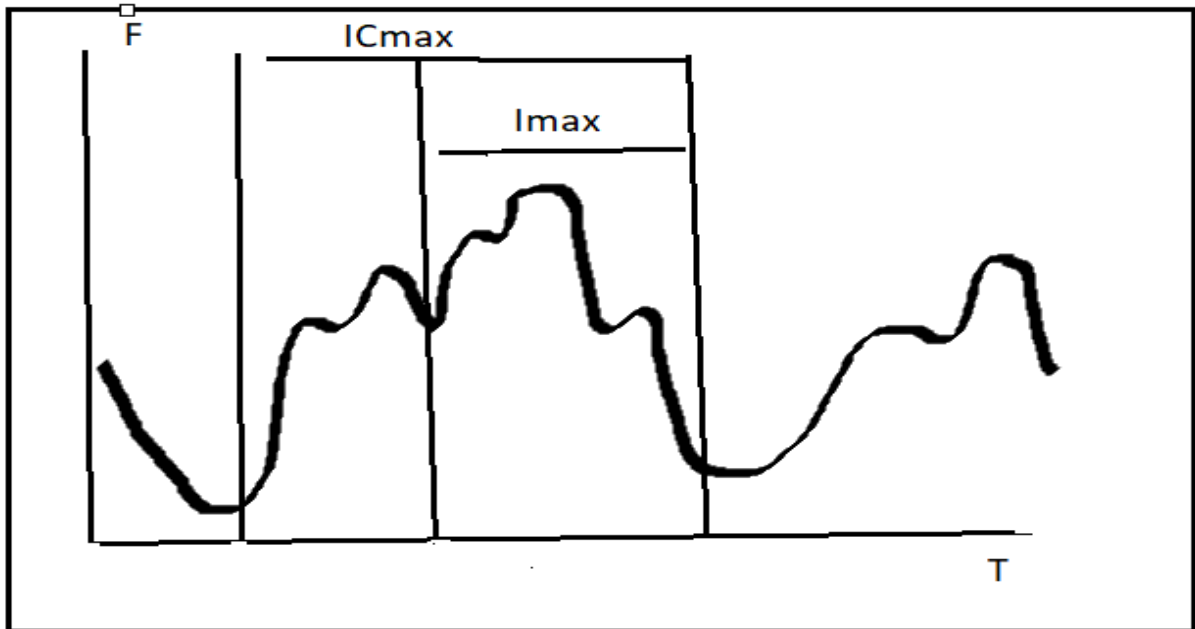
W6 saatiin laskemalla voima-aika käyrän pinta-ala. F_{\max} määritettiin voima-aika käyrän korkeimmaksi kohdaksi analysoitavan intervallin ajalta. F_{avg} oli keskimääräinen voima mittausintervallin ajalta. Fr laskettiin kolmeen käsivetosykliin kuluvaan ajan perusteella.

I_{\max} laskettiin tulkitsemalla tutkittavalle tunnusomaista voima-aika käyriä. Yhdessä kokonaissyklissä oli kaksi toisistaan erottuvaa impulssia, joista suurempaa käytettiin I_{\max} .

arvona. I_{max} saatiin laskemalla voima-aika käyrän pinta-ala tämän alueen aikana. (Kuva 14). I_{Cmax} puolestaan laskettiin samalla tavalla, mutta analyysiin otettiin koko käsivetosykli.



KUVA 13. W6-testin voima-aika -käyrä



KUVA 14 I_{max} ja I_{Cmax} määrittämisen periaatteet.

W20 -testissä analysoitiin samoja muuttujia kuin *W6-testissä*, mutta mitattava aika oli kaksikymmentä sekuntia ja uitava aika 25 sekuntia. Näiden lisäksi *W20-testissä* mitattiin eri muuttujien muutosta väsymisen seurauksena vertailemalla prosentuaalista muutosta kolmen sekunnin intervaleille mittausintervallin alusta ja lopusta. *W20-testissä* on tarkoituksena mitata anaerobista suorituskykyä ja väsymyksen vaikutusta muuttujiin. Tutkittava ohjeistettiin aloittamaan testi maksimaalisesti.

50 metriä ilman starttia kuvattiin Ipad Air 2 (Apple inc., USA) laitteella ja Coach's Eye-sovelluksella (TechSmith Corporation, USA) kuvataajuudella 30/s. Liikeanalyysin avulla suorituksesta määritettiin suoritukseen kulunut aika sekä frekvenssi, vetopituus ja uintinopeus väleillä 15m-25m ja 35m-45m. Testin tarkoituksena oli mitata lajinomaisten muuttujien eli uintinopeuden, frekvenssin ja vetopituuden vaihtelua tutkimuksen aikana. Testi suoritettiin 50 metrin altaalla kuvaajan seisoessa korokkeella 25 metrin kohdalla. Analyysissä hyödynnettiin uitavaa rataa reunustavien köysien merkintöjä. Ajanotto aloitettiin tutkittavan ponnistaessa seinästä ja lopetettiin käden osuessa seinään.

Tutkittavan kauden aikaista suorituskykyä seurattiin myös vertaamalla kilpailutuloksia ennätyksiin eri matkoilla. Kilpailusuorituksiksi hyväksyttiin kaikki tilastokelpoiset tulokset mukaan lukien viestien aloitusosuudet.

Mittauksissa käytettiin seuraavia välineitä:

Tietokone (Dell) Signal-ohjelmisto (Cambridge Electronic Desing, Englanti), AD-muunnin (Power 1401, Cambridge Electronic Design, Englanti), Vetovoimaa mittaava rengasanturi ja signaalinvahvistin (Jyväskylän Yliopisto, Liikuntatieteellinen tiedekunta, Suomi)

6.3 Palautumisen seuranta

Palautumista seurattiin ortostaattisella testillä, jossa käytettiin Polar v800 sykemittaria (Polar Electro oy, Suomi) Testi pyrittiin tekemään, joka aamu herätessä mittarin valmistajan mittausohjeiden mukaan. Testi aloitettiin makuulla ja rannekello ilmoitti hetken, jolloin tutkittavan tuli nousta seisomaan. Mittauksesta analysoitiin rMMSD keskiarvo makuulla ja tästä muuttujasta määritettiin seitsemän päivän kiertävä keskiarvo.

7 TULOKSET

Valmentajalta saadun kausisuunnitelman (Taulukko 3) mukaan kovan ja kevyemmän harjoittelun rytmitys on pääsääntöisesti kaksi viikkoa kovaa ja yksi viikko kevennettyä harjoittelua. Mittaukset aloitettiin viikolla kaksi ja pääkilpailut ovat viikolla 26. Pääkilpailuihin oli kahden viikon valmistava jakso.

Kausi muodostui kolmesta makrosyklistä, joista ensimmäisen painopisteenä oli perus- ja vauhtikestävyys harjoittelu. Ensimmäinen makrosykli käsitti viikot 1-10. Toinen makrosykli oli viikoilla 11-16, jolloin harjoittelun painopiste siirtyi vauhti- ja maksimikestävyteen. Viikoilla 17-24 harjoittelun painopiste oli maksimikestävydessä ja tämä kolmas makrosykli päättyi viikkojen 25 ja 26 valmistavaan jaksoon ennen pääkilpailuja.

Harjoitusrytmitys viikkotasolla noudatti pääsääntöisesti taulukossa 4 esitettävää runkoa. Maanantaiaamuna oli illan tehoharjoitukseen valmistava harjoitus. Tiistai- ja tiistai-iltana oli fysioterapeutin pitämä jumppa ja tutkimuksen testit. Tiistai-iltana ohjelmassa oli voimanopeusharjoitus. Keskiviikkona ohjelmassa oli pääsääntöisesti matalan intensiteetin kevyt harjoitus. Torstai- ja torstai-iltana oli tehoharjoitus ja illalla voima ja nopeusharjoitus. Perjantai- ja perjantai-iltana oli kevyt tekniikkaharjoitus ja illalla vesivoima sekä fysioterapeutin jumppa. Lauantai- ja lauantai-iltana oli tehoharjoittelua ja mahdollisuus myös voimaharjoitukseen. Sunnuntai oli lepopäivä.

TAULUKKO 3 Tutkittavan harjoittelu viikoittain, viikon rasiustavoite ja muita huomioita

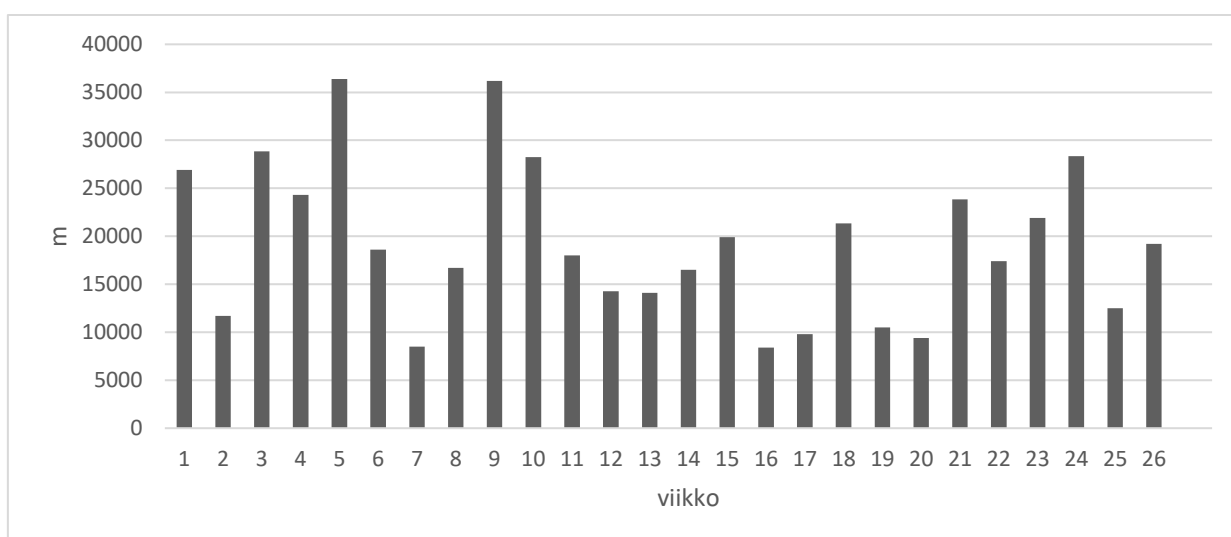
Viikko/rasittavuus	Huomioita	Viikko	Huomioita
1 kevyt	Harjoittelun aloitus	14 kova	nivusen oireilua
2 kova	lyhyt sairastuminen	15 kevyt	
3 kova		16 kova	sairastelua
4 kevyt	Luxemburgin kisa	17 kova	sairastelua
5 kova		18 kevyt	Tampereen avoimet
6 kova	Viisaudenhamp. poisto	19 kova	
7 kevyt		20 kova	sairastelua
8 kova	sairastelua	21 kova	
9 kova	sairastelua	22 kevyt	
10 kevyt	nivusen oireilua	23 kova	Märskymeet
11 kova	nivusen oireilua	24 kova	Mare Nostrum ja Leiri
12 kevyt	nivusen oireilua	25 valm	
13 kova	nivusen oireilua	26 valm.	Pääkilpailut (SM)

TAULUKKO 4 Esimerkki tutkittavan harjoittelun viikkorytmyksestä

Harjoitus	MA	TI	KE	TO	PE	LA	SU
Aamu	PK	FYSIO/Testit		VK/MK	TEKN	VK/MK	Lepo
Iltta	VK/MK	VOIMA/NOPEUS	PK	VOIMA/NOPEUS	UINTI/FYSIO	Lepo	Lepo

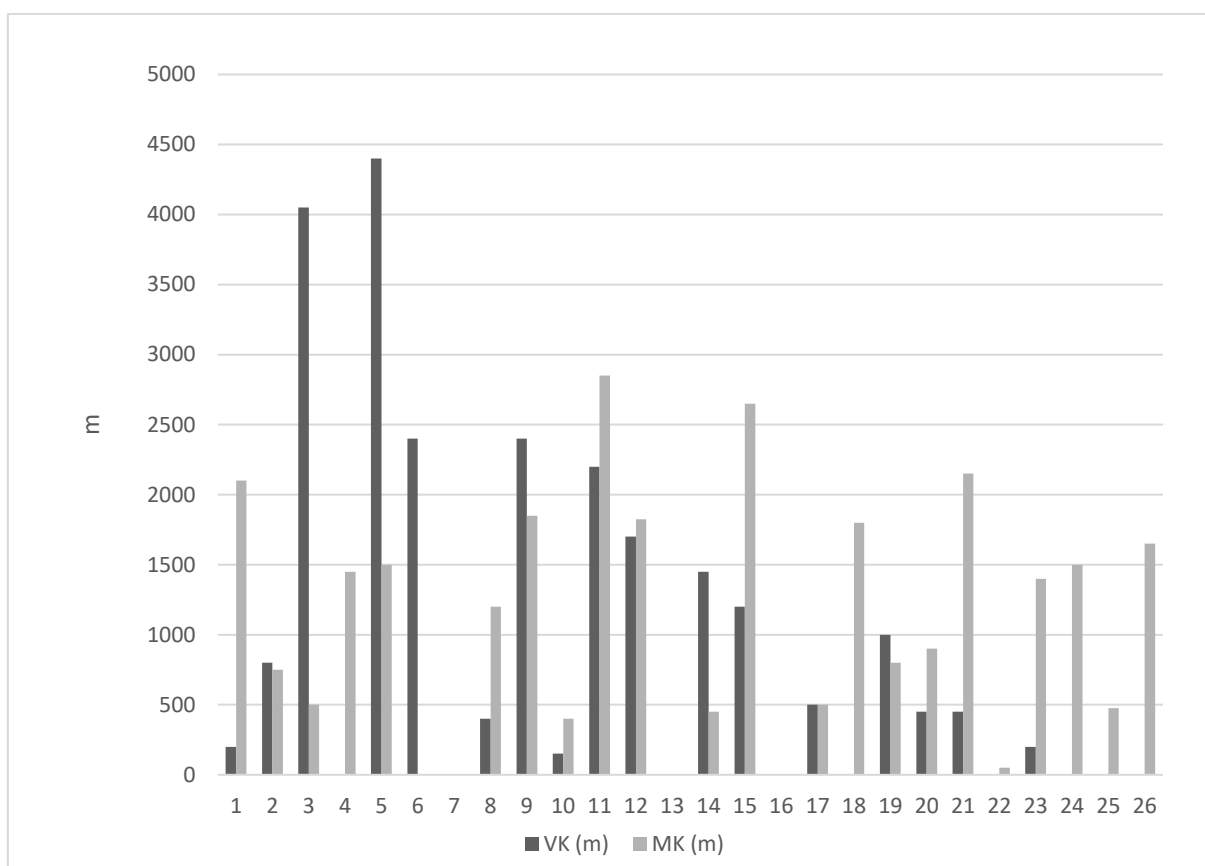
7.1 Toteutunut harjoittelu

Peruskestävyysharjoittelun (PK) määrää pyrittiin nostamaan viikoilla 1-4 progressiivisesti. Viikoilla 6-8 peruskestävyysharjoittelua vähensi viisaudenhampaan poisto. Viikolla 9 harjoittelu oli sairastumisen jälkeen normaalia. Viikolla 10 alkanut nivusen oireilu pudotti peruskestävyysharjoittelun määrää viikkoon 15 asti. Viikot 16-17 sairastelu heikensi PK-harjoittelun määrää samoin kuin viikolla 20. Viikolla 24 ulkomaan leiri nosti PK-harjoittelun määrää. Alkukaudesta pyrkimyksenä on ollut uida PK-alueella noin 36000 metriä viikossa, jonka jälkeen PK-harjoittelua on ollut 20 000 metriä viikossa molemmin puolin. (Kuva 15)



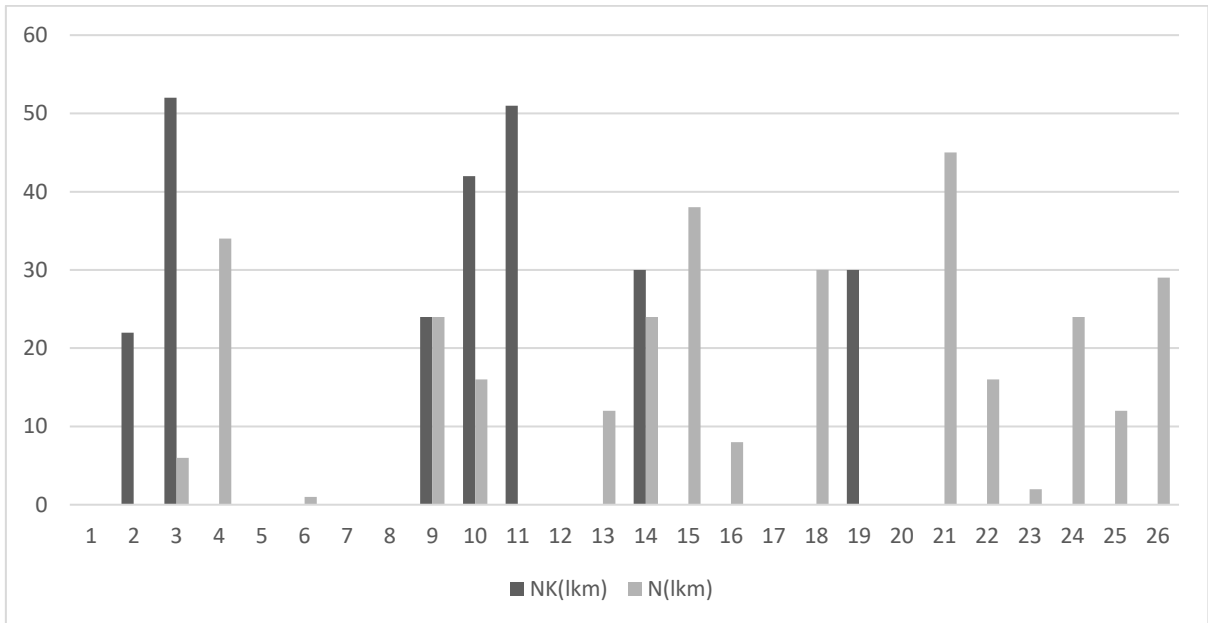
KUVA 15. Peruskestävyysharjoittelun määrä metreinä viikoittain.

Alkukaudesta (viikot 1-7) korostuu VK-harjoittelu, jonka määrä oli korkeimmillaan 4400 metriä viikossa. Keskivaiheilla kautta 8-12 viikoilla VK- ja MK-harjoittelua oli määrällisesti lähes yhtä paljon. Molempia noin 2000 metriä viikossa. Viikosta 14 eteenpäin MK harjoittelu on ollut hallitsevaa 1500-2000 metriä viikossa. Viikolla 22-26 VK-harjoittelua ei juurikaan ole. (Kuva 16)



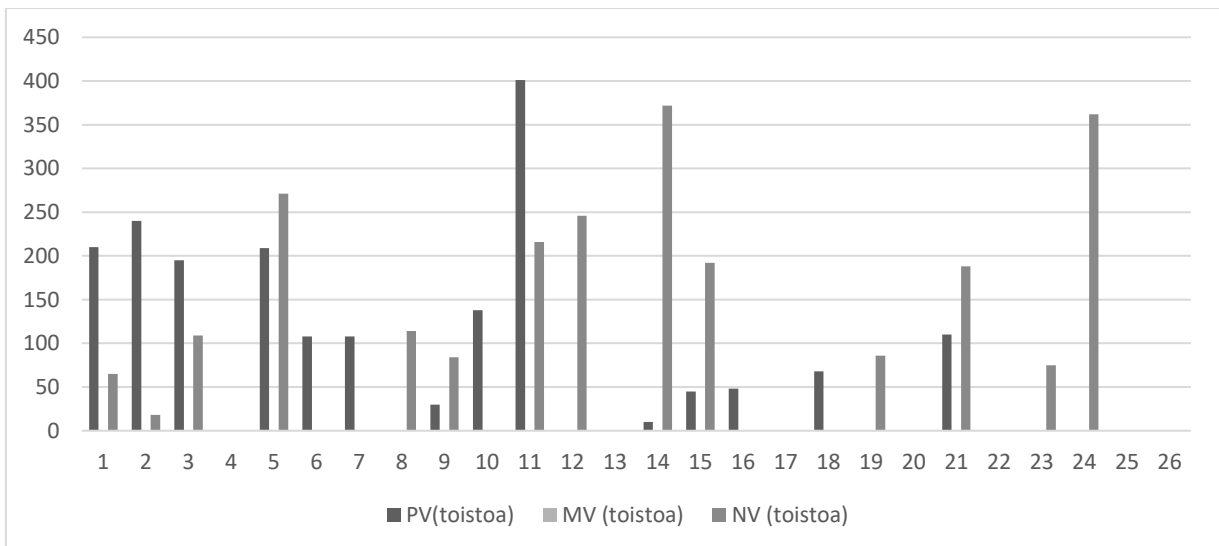
KUVA 16. Vauhtikestävyys (VK) ja maksimikestävyys (MK) harjoittelun määrät metreinä viikoittain.

Nopeus- ja nopeuskestävyys harjoittelu ovat epäsäännöllisiä kauden aikana. Tavoitteena on ollut korostaa alkukaudesta nopeuskestävyys harjoittelua, jota on ollut enimmillään yli 50 toistoa viikossa. Nopeusvetojen määrä on tuolloin pyritty pitämään noin 25-35 toistossa viikossa. Keskivaiheilla kautta nopeusvetoja ja nopeuskestävyysvetoja on ollut molempia noin 30 vetoa viikossa. Loppukaudesta puolestaan nopeusvetojen määrä on korostunut ja nopeuskestävyys vetoja ei raportoitu. (Kuva 17)



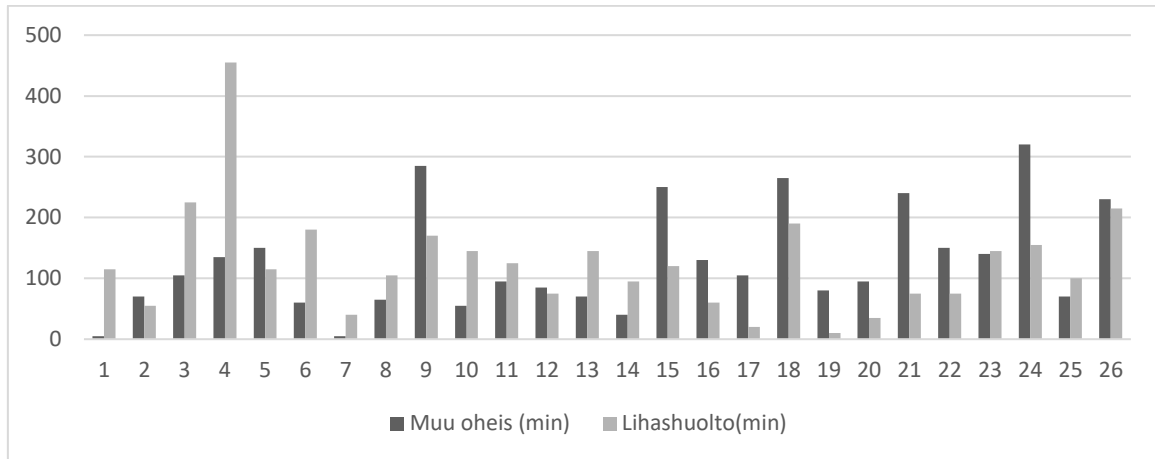
KUVA 17 nopeus ja nopeuskestävyysharjoittelun toistojen kokonaismäärä viikoittain

Voimaharjoittelun osalta merkitsevää lienee maksimivoimaharjoittelun puuttuminen. Alkukaudesta tarkoituksena on ollut tehdä perusvoimaharjoittelu ja loppukaudesta on korostunut nopeusvoimaharjoittelu. (Kuva 18)



KUVA 18. Voimaharjoittelun (perus-, maksimi ja nopeusvoima) toistojen kokonaismäärät viikoittain.

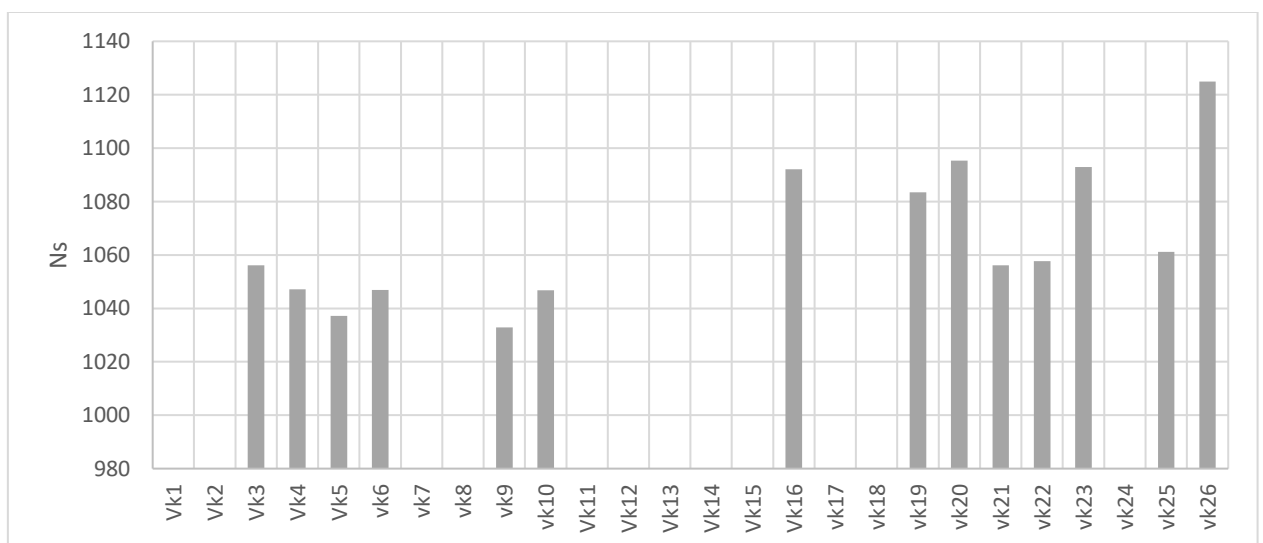
Muun oheisharjoittelun ja lihashuollon määrä on ollut koko kauden maltillinen. Viikolla 4 lihashuollon määrä oli korkea. (Kuva 19)



KUVA 19 Lihashuollon ja muun oheisharjoittelun määrä viikoittain minuuteissa

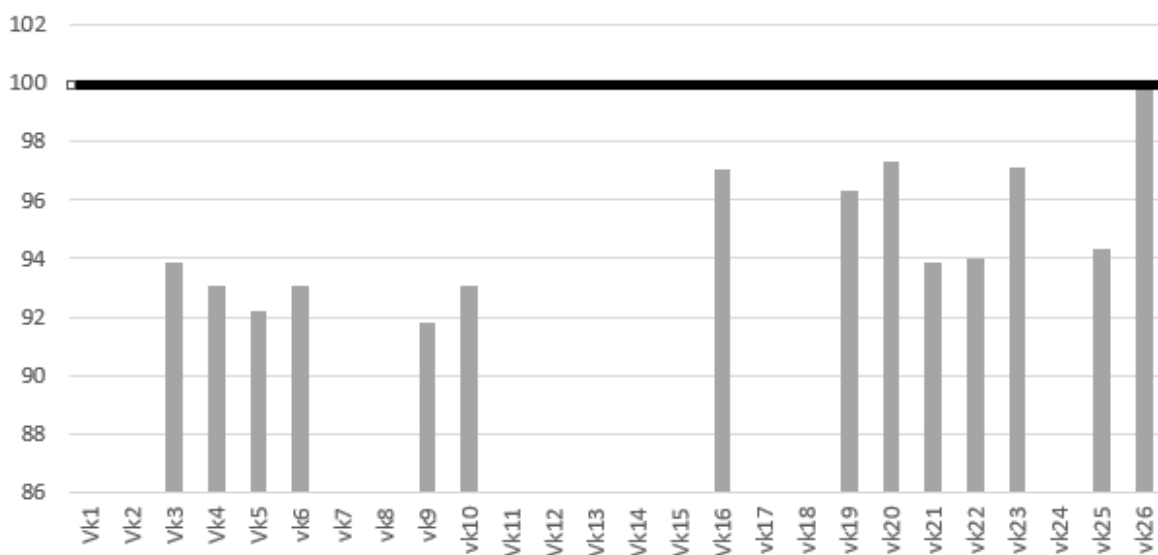
7.2 Suorituskyky

W6-testissä 6 sekunnin aikana tehty työ vaihtelee kauden aikana 1032 - 1124 Ns välillä. pienimmän ja suurimman arvon välillä on siis 92 Ns eli 8,1 %. Pienin arvo on viikolla 9 sairastelun jälkeen. Toiseksi pienin arvo on heti Luxemburgin-kilpailuiden jälkeen. Suurin arvo on viikolla 26 juuri ennen pääkilpailuja. Viikoilla 3-10 havaitaan selkeästi heikoimpia tuloksia verrattuna tuloksiin viikosta 16 eteenpäin. Viikoilla 21, 22 ja 24 tulokset ovat heikommat kuin muulloin viikoilla 16-26. Viikoilla 10-15 testejä ei pystytty tekemään. (Kuva 20)



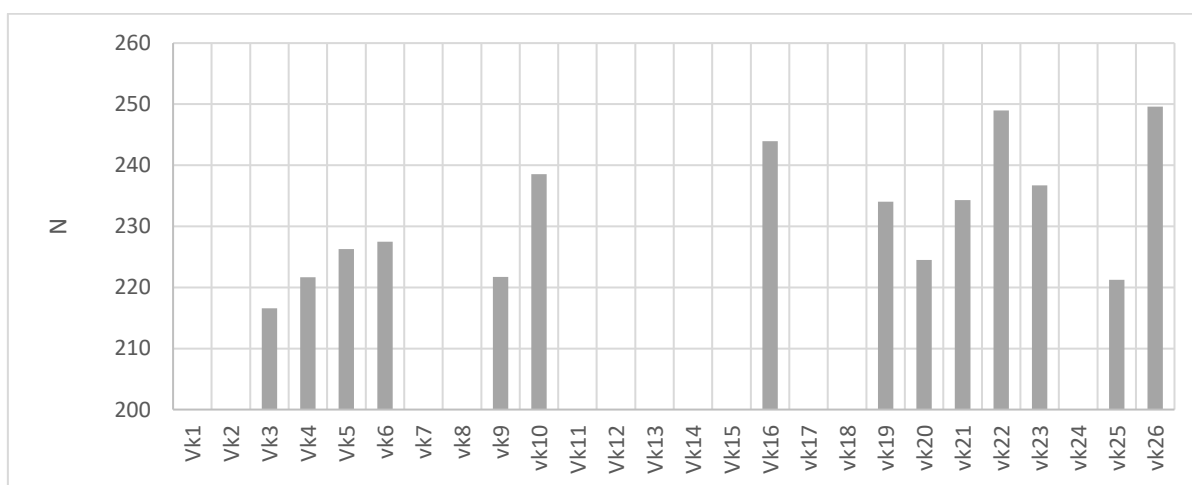
KUVA 20 W6-testin kuuden sekunnin aikana tehty työ Newtonseunteina.

Kuvassa 21 on havainnollistettu w6-testin suorituskyvyn kehittymistä kauden aikana vertaamalla viikoittaisia tuloksia prosentteina kauden parhaasta tuloksesta. Alkukaudesta pääsääntöisesti nähdään alle 94 % tuloksia. Viikon 16 jälkeen tulokset ovat olleet noin 97% luokkaa. Viikoilla 21, 22 ja 25 havaittiin heikompia noin 94% tuloksia.

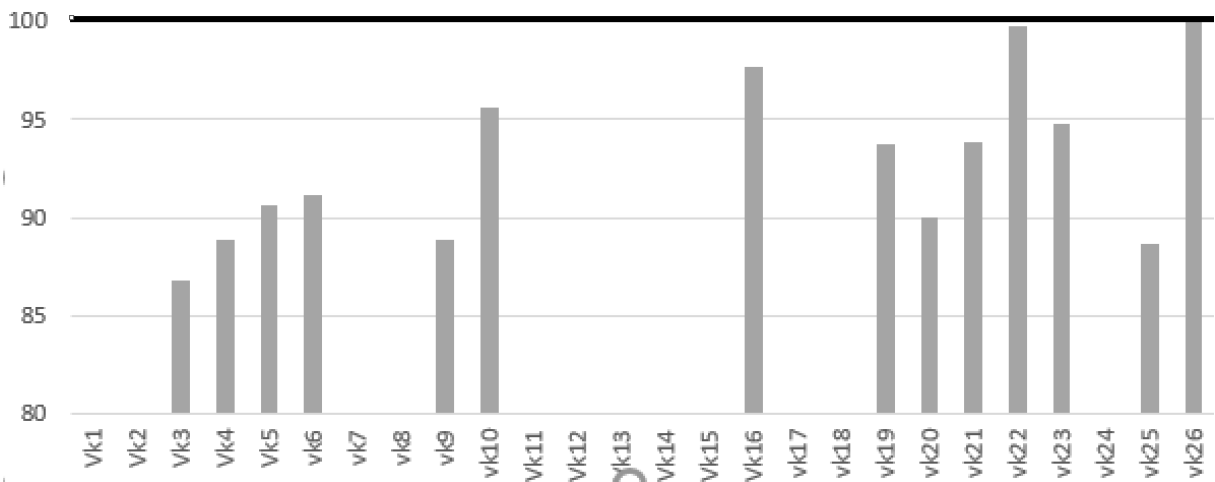


KUVA 21 Suorituskyky W6-testissä prosentteina parhaasta tuloksesta viikoittain

W6-testissä havaittava huippuvoima vaihteli 216,60 N ja 249,58 N välillä. Vaihtelua oli siis 32,98 N eli 13,2%. Maksimivoimat kasvavat kauden aikana, mutta viikolla 9,20,25 nähdään selkeästi heikompia arvoja. Suurin maksimivoima havaittiin viikolla 26 juuri ennen pääkilpailuja. (Kuva 22 ja 23)

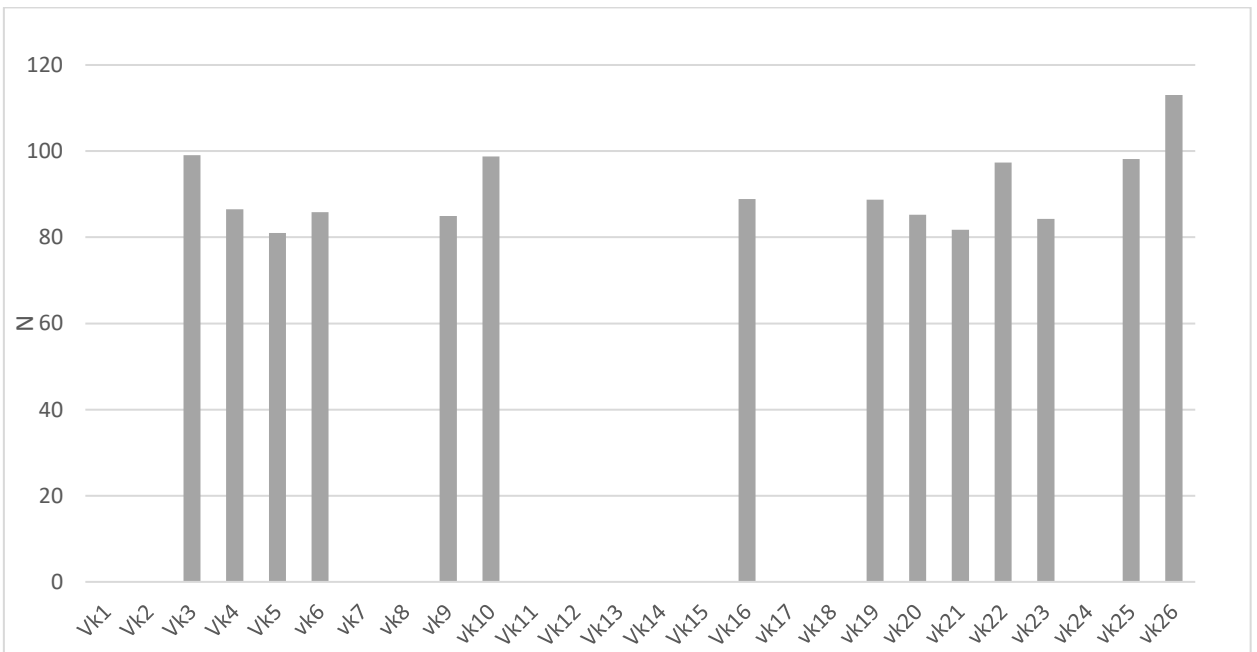


KUVA 22 W6-testin maksimivoimat Newtonina viikoittain

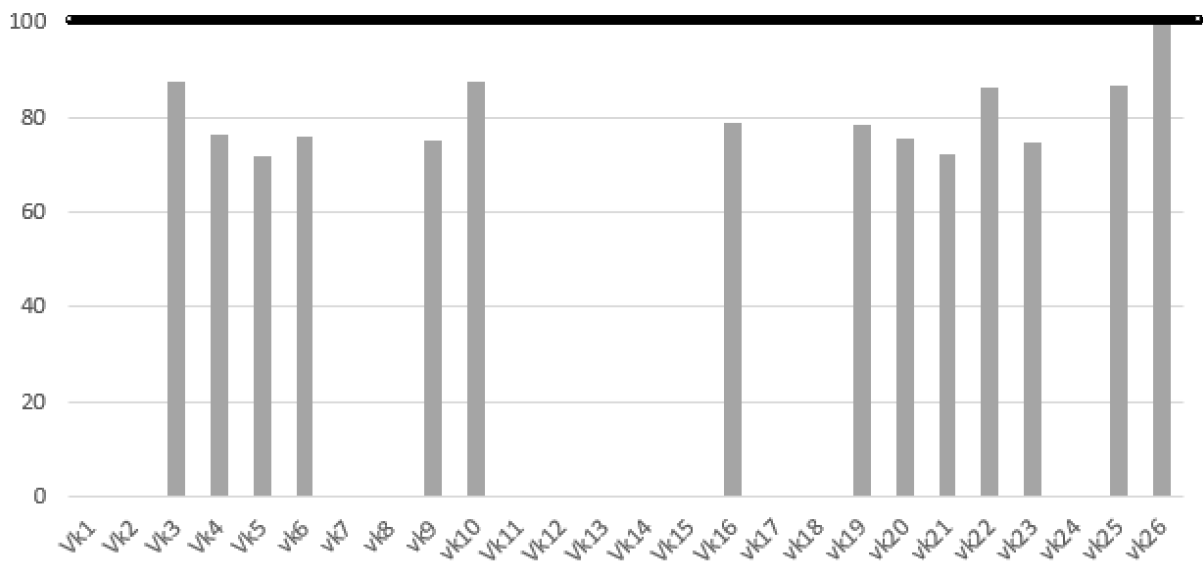


KUVA 23. W6-testin maksimivoimat prosentteina parhaasta tuloksesta viikoittain

Imax vaihteli välillä 81,0-113,0 Ns. Parhaan ja heikoimman tuloksen välillä on siis eroa 28,3%. Paras tulos havaittiin viikolla 26 ja heikoin viikolla 5. Kun Imax arvoja verrataan prosentteina parhaasta tuloksesta, havaitaan, että kaikki muut tulokset jäävät alle 90%. Yli 85 prosentin tuloksia havaitaan viikoilla 3, 10, 22 ja 25. Heikoimmat noin 72% tulokset havaitaan viikoilla 5 ja 21. (Kuva 24 ja 25)

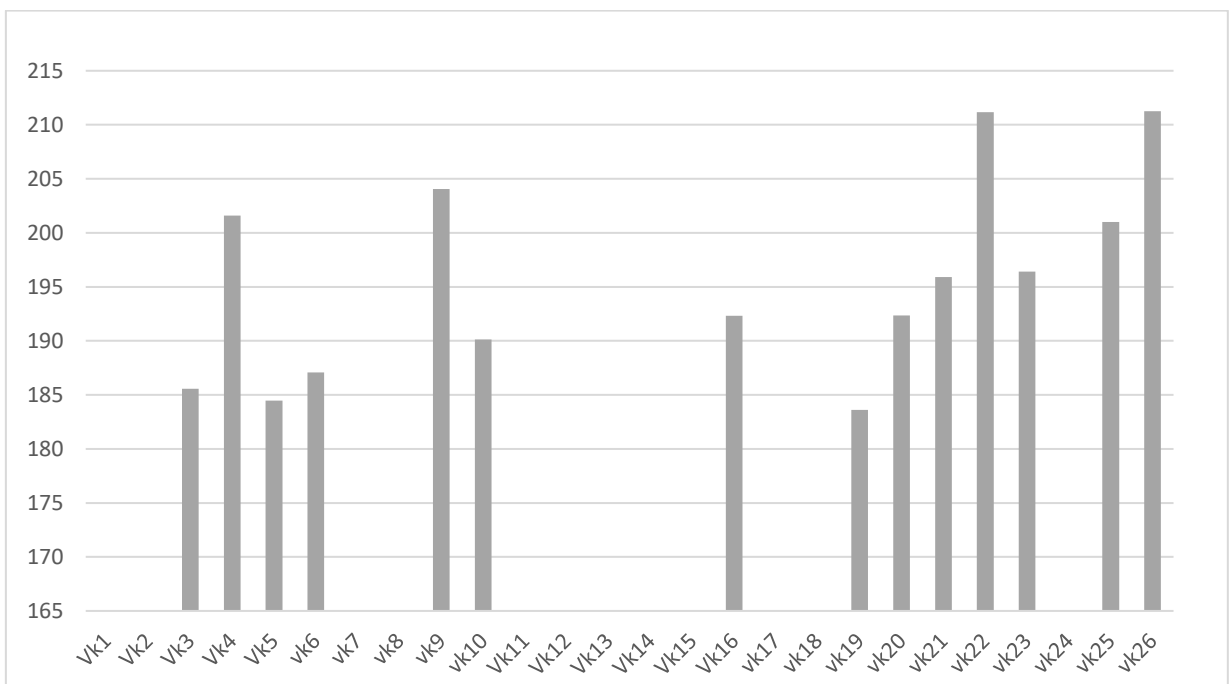


KUVA 24. Imax Newtonsekuteina viikoittain

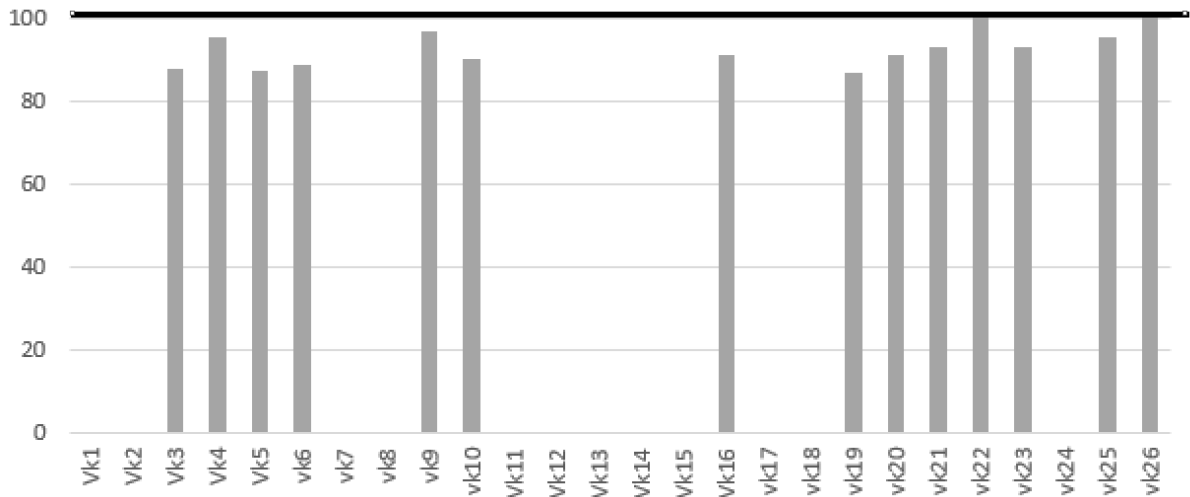


KUVA 25. Imax prosentteina parhaasta tuloksesta viikoittain

ICmax vaihteli kauden aikana välillä 183,6 Ns- 211,3 Ns. Vaihtelua oli näin 13 %. Paras tulos oli viikolla 26 ja heikoin viikolla 19. Yli 95 prosentin tuloksia havaittiin viikoilla 4,9, 22 ja 26. Viikoilla 5 ja 19 havaittiin heikoimmat alle 88% tulokset. (Kuva 26 ja 27)

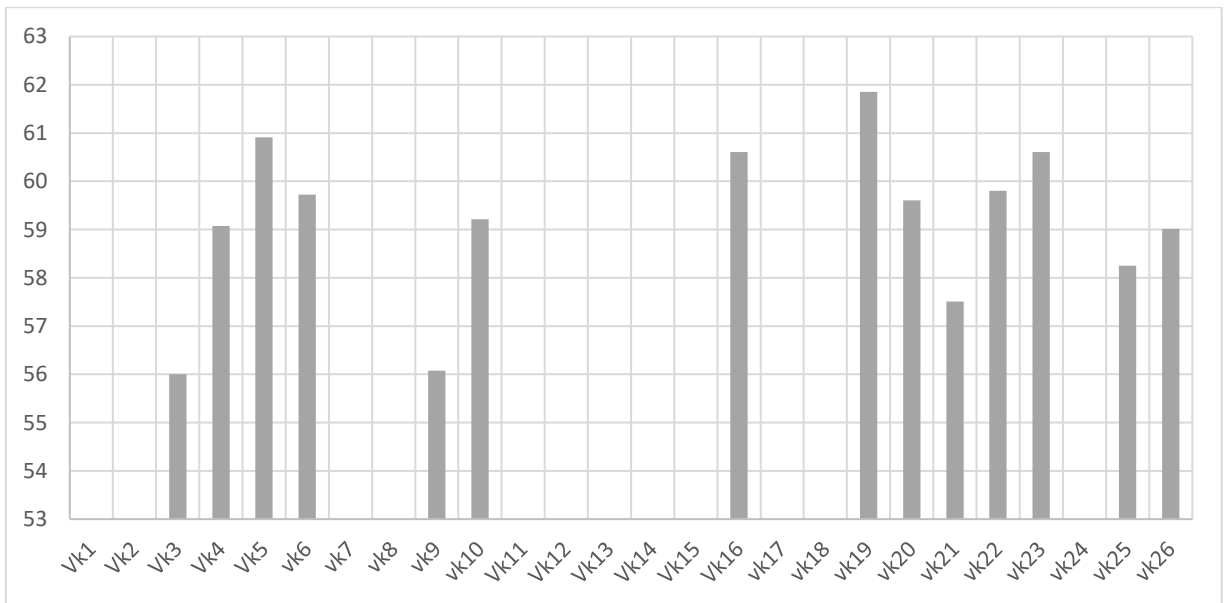


KUVA 26 ICmax newtonsekunteina viikoittain



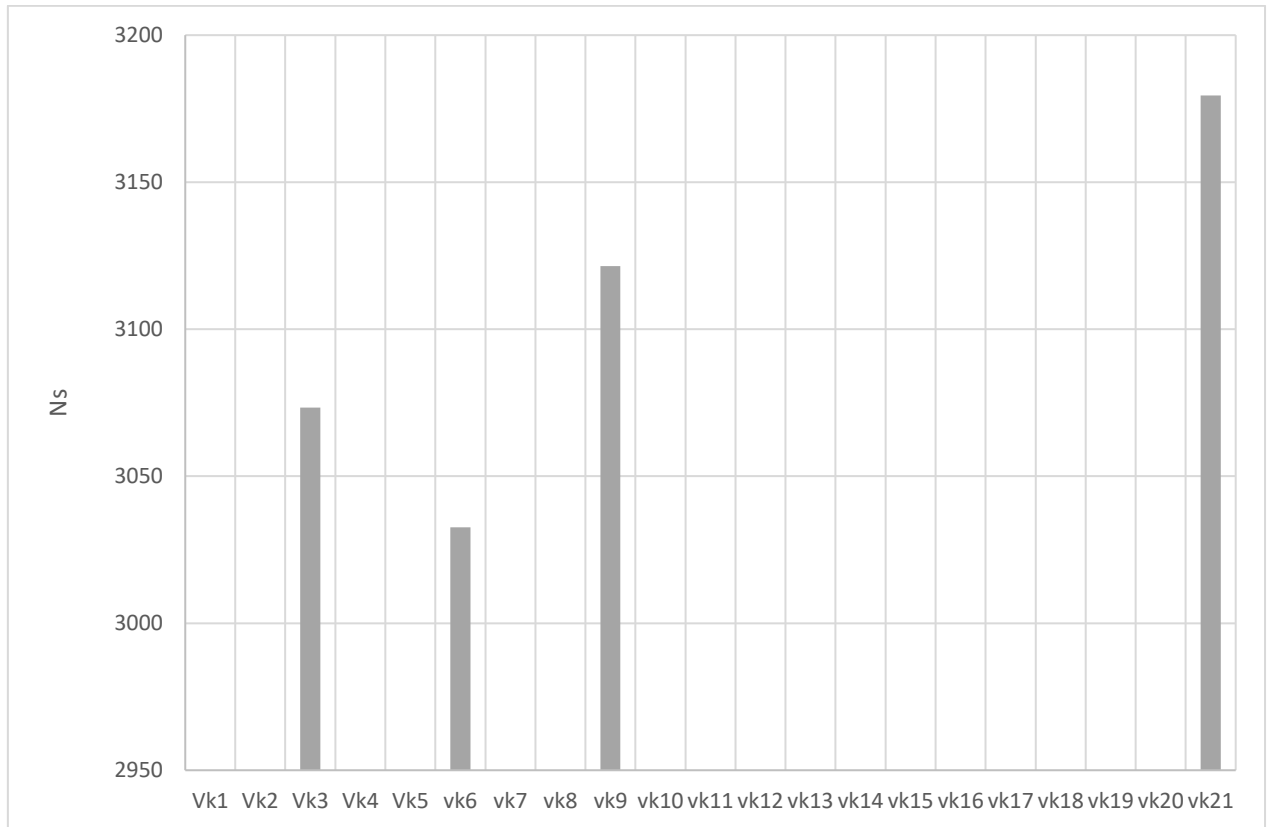
KUVA 27 Icmx prosentteina parhaasta tuloksesta viikoittain

Korkeimmat frekvenssit havaittiin viikolla 1, lähes 62 sykliä/min. Heikoimmat puolestaan viikolla 3 ja 9, noin 56 sykliä/min. (Kuva 28)



KUVA 28 W6-testin frekvenssit (sykliä per minuutti) viikoittain.

W20 testissä tehty työ vaihteli välillä 3032,6 Ns ja 3179,5 Ns. vaihtelua on siis 4,6 %. Paras tulos oli viikolla 21 ja heikoin viikolla 6. (Kuva 29)



KUVA 29 W20-testin tehty työ Newtonsekunteina viikoittain

Taulukosta 5 havaitaan väsymysindeksin mahdollisesti pienentyneen kauden loppua kohden. W3 arvot vaikuttaisivat kasvavan sekä testin alussa, että testin lopussa kauden loppua kohden.

TAULUKKO 5 W3 arvot alussa ja lopussa sekä väsymysindeksi

Viikko	w3 alussa (Ns)	w3 lopussa (Ns)	FI (%)
3	533,2	423,3	20,6
6	529,4	409,6	22,6
9	559,0	435,0	22,1
21	561,5	463,8	17,4

Kun vertaillaan maksimaalista voimaa w20 testin alussa ja lopussa, havaitaan että voimantuotto kyky paranee kauden aikana testin alussa, mutta ei parane tai jopa heikkenee testin lopussa. Tästä syystä myös väsymysindeksit ovat korkeita. (Taulukko 6)

TAULUKKO 6. Maksimivoima testin alussa ja lopussa sekä väsymysindeksi

Viikko	Fmax alussa (N)	Fmax lopussa (N)	FI (%)
3	208,7	177,9	14,8
6	200,1	179,5	10,3
9	218,3	151,9	30,4
21	229,2	173,9	24,41

Impulssimuuttujissa ei havaita selkeää kehityssuuntaa kauden aikana. Huomattavaa on suuri vaihtelu väsymysindekseissä kauden aikana. Testituloksiin lienee tarpeellista suhtautua varauksella. (Taulukko 7 ja 8)

TAULUKKO 7. Maksimi-impulssi testin alussa ja lopussa sekä väsymysindeksi

Viikko	Imax alussa (Ns)	Imax lopussa (Ns)	FI (%)
3	100,3	81,8	22,5
6	97,2	59,05	64,6
9	87,1	85,2	2,2
21	98,5	88,1	11,9

TAULUKKO 8. ICmax testin alussa ja lopussa, sekä väsymysindeksit

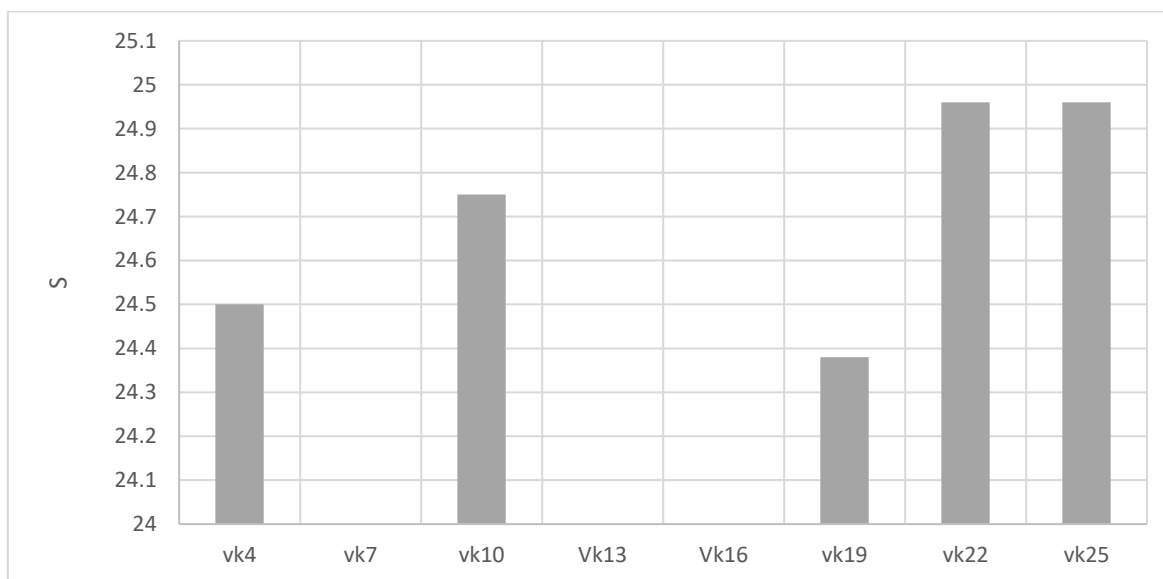
Viikko	ICmax alussa (Ns)	ICmax lopussa (Ns)	FI (%)
3	189,8	160,75	15,3
6	217,6	150,5	30,8
9	189,4	178,0	6,0
21	195,1	174,4	10,6

Frekvenssit testien alussa vaihtelevat välillä 54,6-56,9 c/min. Korkein väsymysindeksi havaitaan viikolla 6. Huomattavaa on myös, että frekvenssit testien alussa eivät ole yhtä korkeita kuin w6 testeissä. (Taulukko 9)

TAULUKKO 9. frekvenssit testin alussa ja lopussa, sekä väsymysindeksit

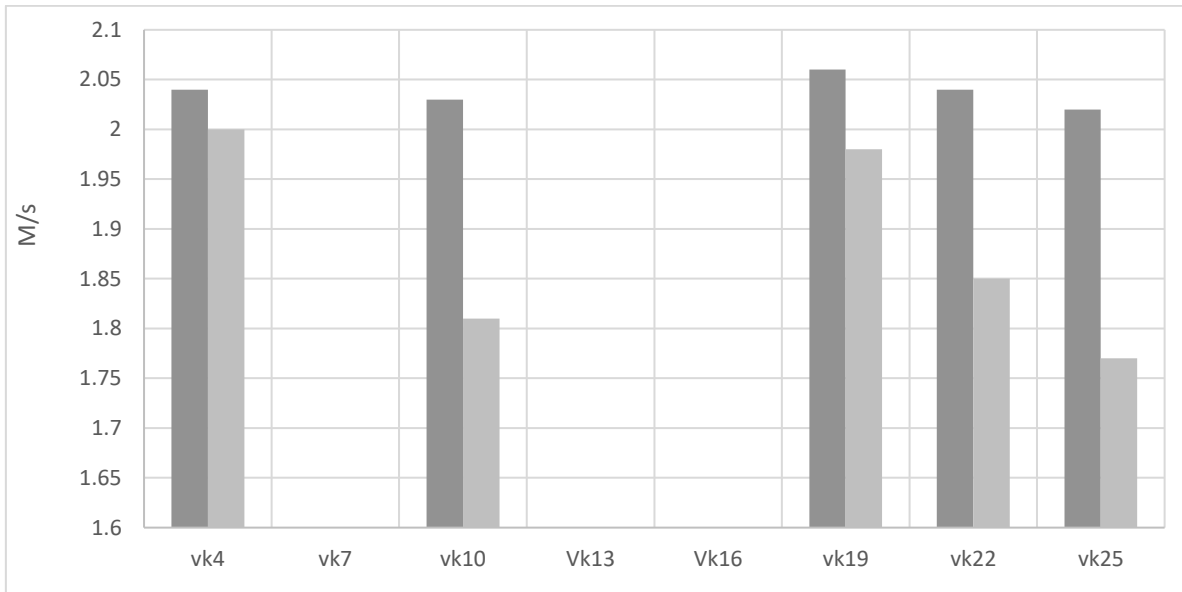
Viikko	Fr alussa (c/min)	Fr lopussa (c/min)	FI (%)
3	54,6	53,4	2,1
6	55,0	48,1	12,6
9	54,9	50,7	7,6
21	56,9	51,6	9,4

50 metrin uinnin aika vaihteli kauden aikana välillä 24,36-24,96. Vaihtelua on siis 2,4 %. Heikoimmat tulokset tulivat viikoilla 22 ja 25. Paras tulos tuli viikolla 19. (Kuva 29)



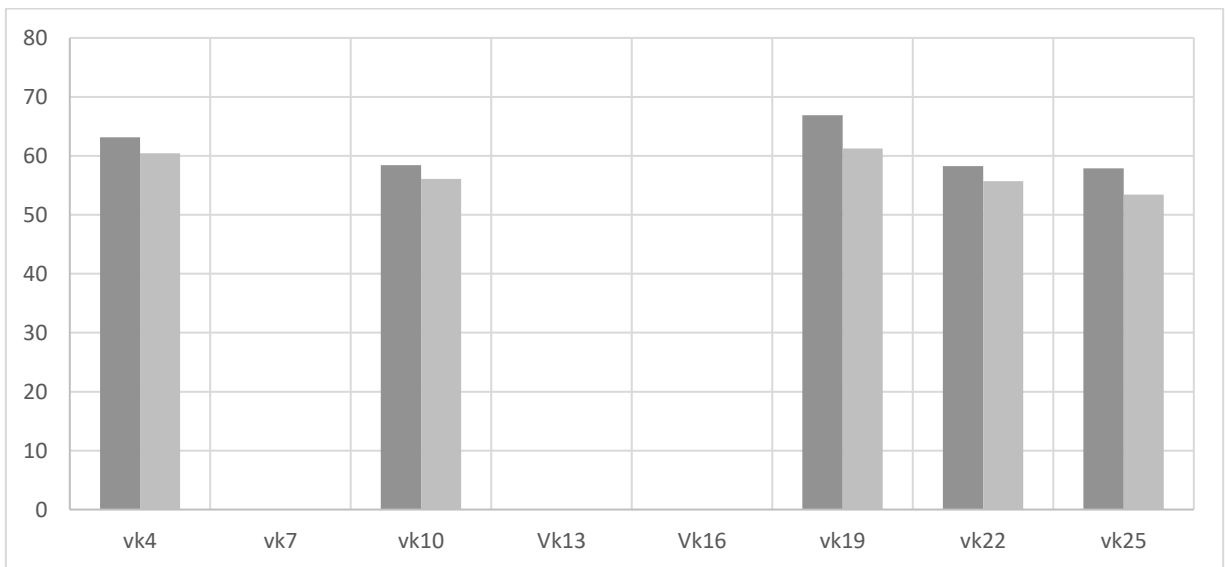
KUVA 29. 50m uuintiajat sekunteina viikoittain

Uintinopeudet pysyvät 15m-25 välillä lähellä toisiaan vaihdellen 2,02-2,06 m/s. Vaihtelua on tällöin 1,9 %. Uintinopeudet välillä 35-45 m/s vaihtelivat välillä 1,77- 2. Tällöin vaihtelua on 11,5%. Uintinopeus hidastuu erityisen paljon viikoilla 10, 22 ja 25. (Kuva 30)



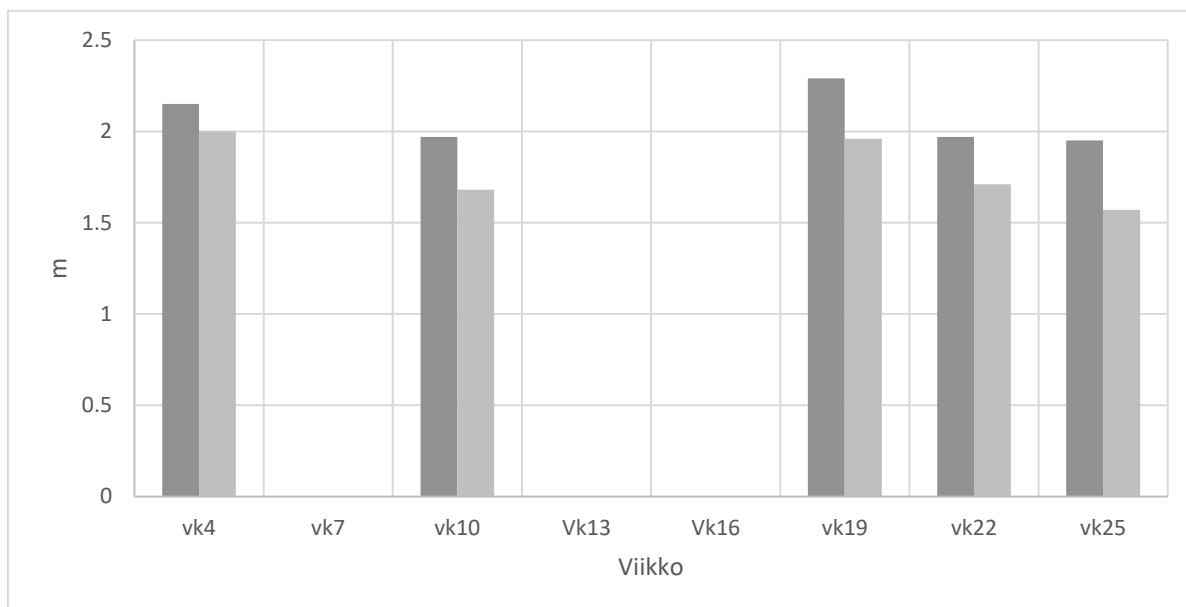
KUVA 30. Uintinopeudet metreinä sekunnissa 50m- testissä 15-25m välillä (tumma) ja 35-45m välillä (vaalea) viikoittain

Frekvenssit välillä 15-25 olivat 57,9-66,9 välillä. Vaihtelua on siis 13%. Frekvenssit välillä 35-45 vaihtelivat 53,4-61,2 ja tällöin vaihtelua oli 12%. Korkeimmat frekvenssit havaittiin viikoilla 4 ja 19, jolloin myös uintiajat ja -nopeudet olivat korkeimmat. (Kuva 31)



KUVA 31. Frekvenssit sykeinä minuutissa 15-25m (tumma) ja 35-45m (vaalea) viikoittain

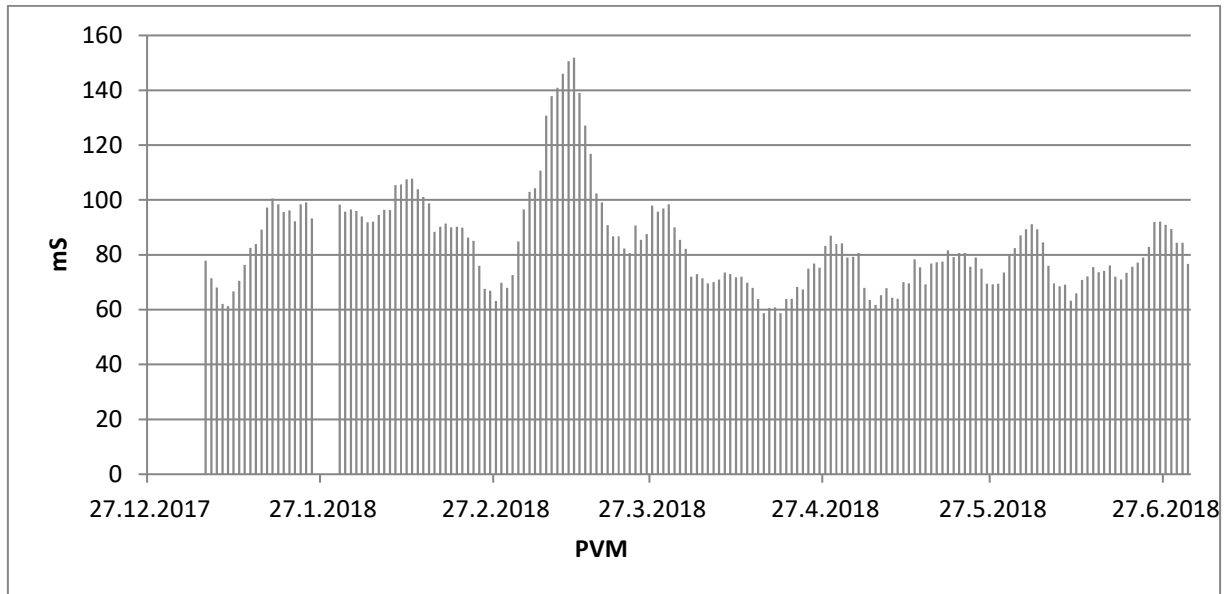
Vetopituudet välillä 15-25m vaihtelivat 1,95-2,29m. Vaihtelua on siis 14,8%. Välillä 35-45m vastaavat arvot olivat 1,57-1,96m ja vaihtelua 19,9%. Parhaat arvot olivat viikolla 4 ja 19. (Kuva 32)



KUVA 32 vetopituudet metreinä 50m-testeissä välillä 15-25m (tumma) ja 35-45m (vaalea) viikoittain

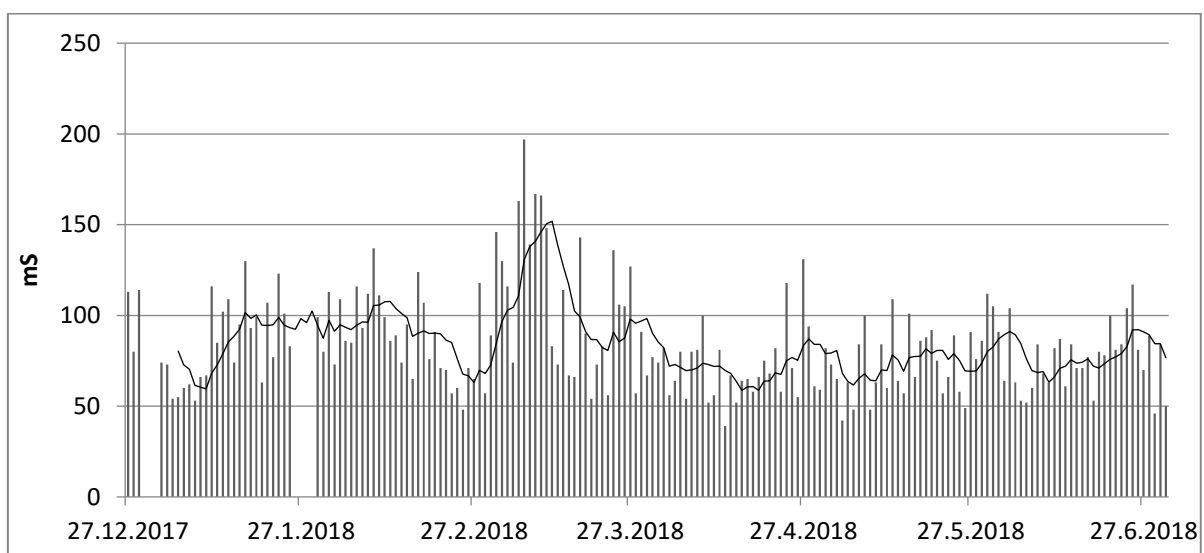
7.3 Palautuminen

Sykevälivaihtelun RmSSD makuulla arvosta seitsemän edellisen mittauspäivän keskiarvo voi viitata palautumistilan kehityssuuntaan. Korkeimmat keskiarvot havaittiin viikkojen 10-11 vaihteessa. Selkeästi heikoimmat arvot havaittiin sairastumisten yhteydessä viikolla 2, viikkojen 8-9 vaihteessa tapahtuneen sairastumisen jälkeen, viikkojen 16-17 sairastelun yhteydessä sekä viikon 20 sairastelun jälkeen. Kun verrataan W6-testien tuloksia palautumistilaan, havaitaan viikolla 9, 22 ja 25 vähäistä sykevälivaihtelua ja heikko W6-testin tulos. Viikkojen 23 ja 26 kohdalla puolestaan havaitaan korkeahko sykevälivaihtelu ja parhaat mittaustulokset. (Kuva 33)

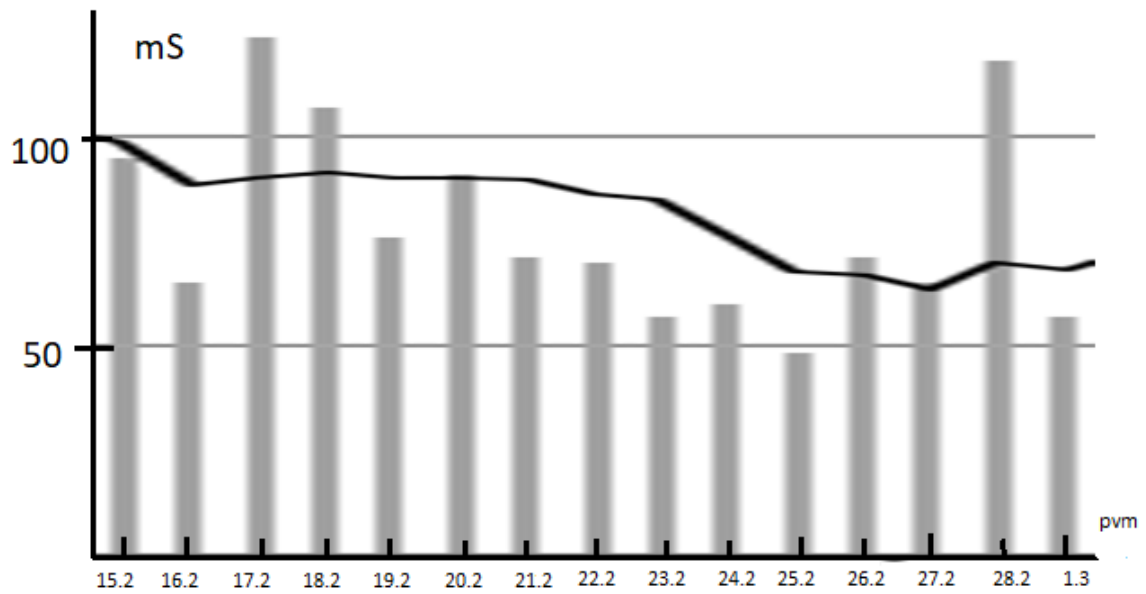


KUVA 33 RmSSD seitsemän edellisen mittauspäivän keskiarvo millisekunteina päivittäin

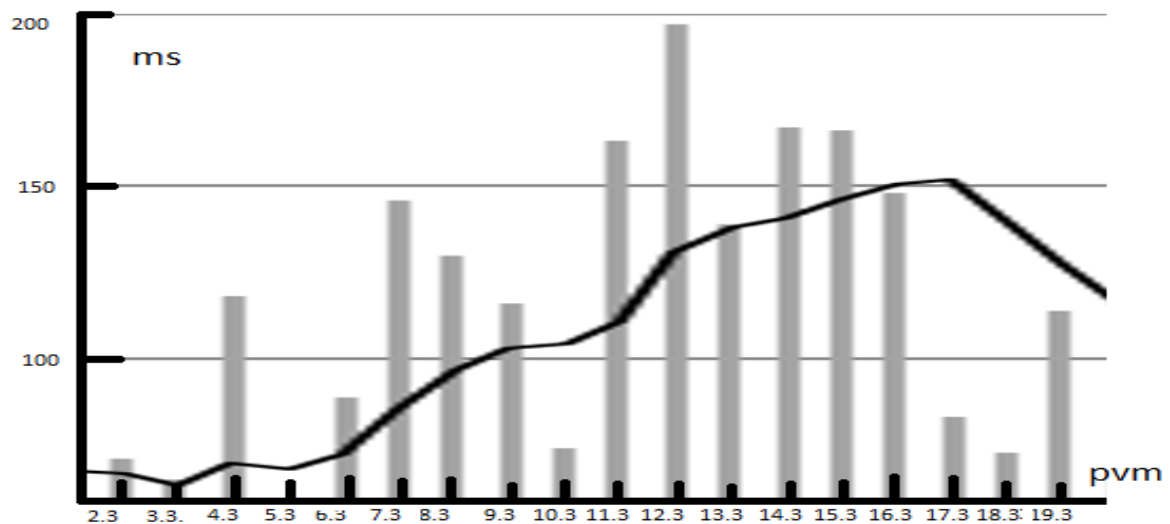
RmSSD makuulla arvoissa havaitaan 1-3 päivää ennen raportoitua sairastumista selkeää putoamista. Sairastumisia ennen sykevälivaihtelut pysyvät alhaalla ja päivien välinen vaihtelu on myös pientä. Koviin harjoitusjaksojen aikana sykevälivaihtelu liikkuu molemmin puolin edellisten päivien keskiarvoja ja palauttavien jaksoiden aikana sykevälivaihtelu on keskimääräistä suurempaa. (Kuva 34 -37)



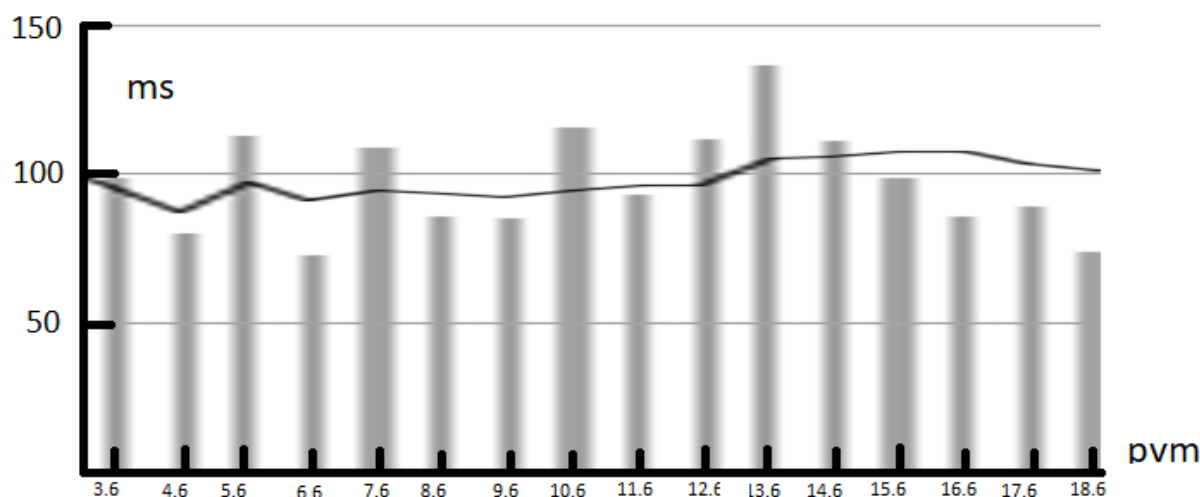
KUVA 34 RmSSD millisekunteina (pystypalkit) ja 7 edellisen mittauspäivän keskiarvo (viiva)



KUVA 35. Esimerkki sykevälivaihtelusta (15.2-1.3) ennen sairastumista. Pystypalkit kertovat sykevälivaihtelun suuruudesta ja viiva on sykevälivaihtelun seitsemän edellisen päivän keskiarvo.



KUVA 36 Esimerkki palauttavasta harjoitusjaksosta (2.3-19.3) Pystypalkit kertovat sykevälivaihtelun suuruudesta ja viiva on sykevälivaihtelun seitsemän edellisen päivän keskiarvo.



KUVA 37. Esimerkki kovasta harjoitusjaksosta (3.6-18.6). Pystypalkit kertovat sykevälivaihtelun suuruudesta ja viiva on sykevälivaihtelun seitsemän edellisen päivän keskiarvo.

7.4 Kilpailutulokset

Tutkittavalla oli kauden aikana 29 kilpailu-uuintia. Ensimmäiset kilpailut olivat tammikuussa ja viimeiset kesäkuun lopussa. Harjoituskauden aikana kilpailuihin ei osallistuttu loukkaantumisten ja sairastelujen vuoksi. Kilpailukausi painottui siksi toukokuulle ja kesäkuulle.

Kilpailuissa suoritustaso pysyi läpi kauden korkeana, pääsääntöisesti 0-2% hitaammin kuin ennätys, lajista riippumatta. Tätä heikommät tulokset olivat yleensä alkueräuinteja, joissa tarkoituksena on vain päästä finaaliin mahdollisimman helposti.

Tutkittava ui kauden aikana kuusi ennätystä ja ennätykset tulivat neljällä erimatalla:

50m perhosuinti parani $25,71 \rightarrow 25,52 = 0,74\%$

50m rintauinti parani $28,82 \rightarrow 28,51 = 1,11\%$

100m vapaauinti parani $51,30 \rightarrow 50,89 = 0,99\%$

50m vapaauinti parani $23,18 \rightarrow 23,01 = 0,99\%$

Huomioitavaa on, että ennätystä verrataan jopa kahden vuoden takaisiin ennätyksiin. On myös huomattava, että kilpailu-uintien puuttuminen harjoituskaudelta (helmikuu-huhtikuu) vaikeuttaa suorituskyvyn seuranta harjoituskauden ajalta.

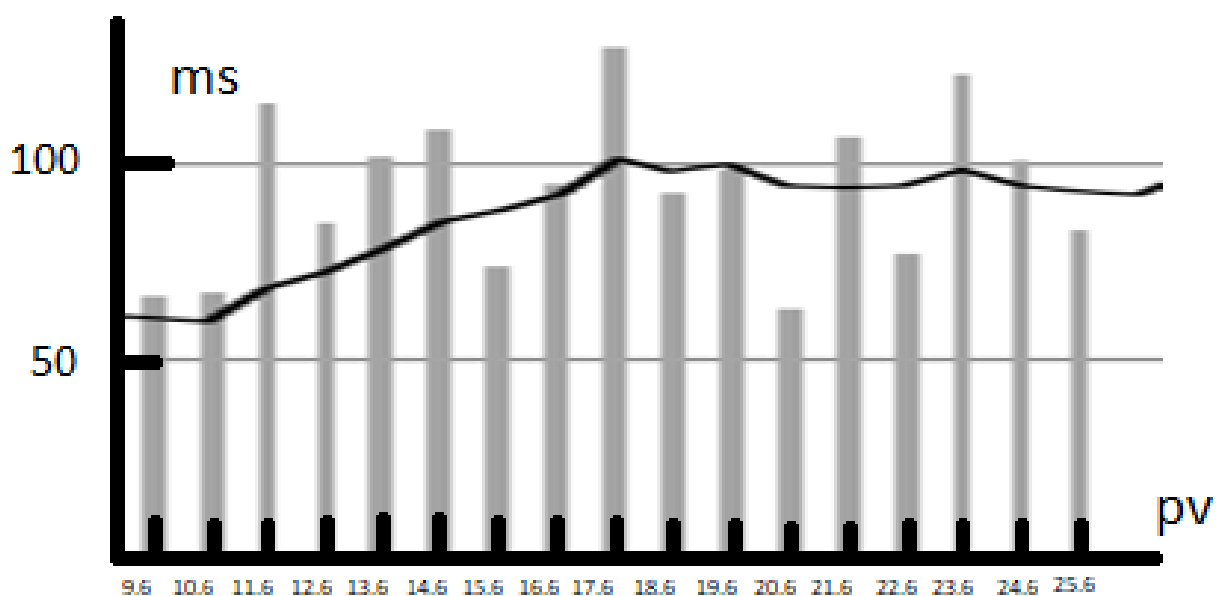
TAULUKKO 10 kilpailutulokset.

Päivämäärä	Kilpailu	Allas	Laji	Aika	PB	pb pvm	%
26.1.2018	Euromeet, Lux	50m	50pu	25,52	25,71	25.3.2016	-0,74
27.1.2018	Euromeet, Lux	50m	50ru ae	28,51	28,83	10.6.2017	-1,11
27.1.2018	Euromeet, Lux	50m	50ru fin	28,66	28,51	26.1.2018	0,53
27.1.2018	Euromeet, Lux	50m	50vu ae	23,5	23,18	28.3.2016	1,38
27.1.2018	Euromeet, Lux	50m	50vu fin	23,31	23,18	29.3.2016	0,56
27.1.2018	Euromeet, Lux	50m	200vu	115,91	112,81	9.7.2017	2,75
28.1.2018	Euromeet, Lux	50m	100ru ae	63,19	62,44	6.7.2017	1,20
28.1.2018	Euromeet, Lux	50m	100ru fin	63,08	62,44	6.7.2017	1,02
28.1.2018	Euromeet, Lux	50m	100vu	52,05	51,3	7.7.2017	1,46
5.5.2018	Tampereen avoimet	50m	50vu ae	23,52	23,18	28.3.2016	1,47
6.5.2018	Tampereen avoimet	50m	50vu	23,23	23,18	23.3.2016	0,22
9.5.2018	tampeen avoimet	50m	200vu	119,52	112,81	9.7.2017	5,95
9.5.2018	tampeen avoimet	50m	200vu	114,87	112,81	9.7.2017	1,83
5.6.2018	Märsky meet	50m	100vu	51,3	51,3	7.7.2017	0,00
5.6.2018	märsky meet	50m	200vu	113,65	112,81	9.7.2017	0,74
14.6.2018	Mare nostrum	50m	50vu	23,62	23,18	23.3.2016	1,90
14.6.2018	Mare nostrum	50m	100vu	51,17	51,3	7.7.2017	-0,25
15.6.2018	Mare nostrum	50m	200vu	114,16	112,81	9.7.2017	1,20
28.6.2018	SM-uinnit	50m	100ru ae	63,03	62,44	6.7.2017	0,94
28.6.2018	SM-uinnit	50m	100ru fin	63,08	62,44	6.7.2017	1,02
29.6.2018	SM-uinnit	50m	100vu ae	52,03	51,17	14.6.2018	1,68
29.6.2018	SM-uinnit	50m	100vu fin	51,19	51,17	14.6.2018	0,04
29.6.2018	SM-uinnit	50m	50ru ae	28,57	28,51	27.1.2018	0,21
29.6.2018	SM-uinnit	50m	50ru fin	28,62	28,51	27.1.2018	0,39
30.6.2018	SM-uinnit	50m	200vu ae	118,17	112,81	9.7.2017	4,75
30.6.2018	SM-uinnit	50m	200vu fin	112,94	112,81	9.7.2017	0,12
30.6.2018	SM-uinnit	50m	100vu va.	50,89	51,17	14.6.2018	-0,55
1.7.2018	SM-uinnit	50m	50vu ae	23,17	23,18	28.3.2016	-0,04
1.7.2018	SM-uinnit	50m	50 vu fin	23,01	23,17	1.7.2018	-0,69

PB(= personal best)=ennätys, %=prosenttia verrattuna ennätykseen ae= alkuerä fin=finaali va=viestialoitus vu=vapaauinti ru=rintauinti pu=perhosuinti

Kun verrataan kilpailutuloksia W6 testeihin, havaitaan että kovimmat testitulokset tehtiin viikolla 26, samoin kuin suurin osa ennätyksistä vapaauintimatkoilla. Muut ennätykset tulivat 50 metrin perhosuinnissa ja 50m rintauinnissa viikolla 4.

Kun verrataan kilpailutuloksia palautumisen seurantaan, havaitaan, että ennen kilpailuja on selkeästi kasvavaa sykevälivaihtelua palauttavan jakson seurauksena. Kuitenkin kilpailua edeltävänä päivänä sykevälivaihtelu saattaa olla alhaisempaa kuin edellisinä päivinä. (Kuva 38)



KUVA 38. esimerkki kilpailua edeltävästä harjoitusjaksosta (9.6-25.6) Pystypalkit kertovat sykevälivaihtelun suuruudesta ja viiva on sykevälivaihtelun seitsemän edellisen päivän keskiarvo.

8 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

Tutkimuksen tavoitteina oli testata, voidaanko sykevälivaihtelun rMMSD:n mittaamista hyödyntää yksilöllisten harjoitusvasteiden määrittämisessä ja voidaanko lyhyitä maksimaalisia kytkettynä uituja intervaleja hyödyntää suorituskyvyn mittarina kauden aikana.

Autonomisen hermoston adaptaatiot

Tutkittavalta löydettiin sykevälivaihtelun rMMSD:tä ja harjoituspäiväkirjoja seuraamalla viitteitä tutkittavalle tyypillisistä autonomisen hermoston adaptaatioista. Tutkittavan rMMSD:n seitsemän päivän keskiarvoista näkyi ennen sairastumista selkeä laskeva trendi ja päivittäiset rMMSD:n arvot olivat selkeästi edellisten seitsemän päivän keskiarvoja alhaisempia. Autonomisen hermoston palautumistilan laskulla on osoitettu jo aikaisemmin olevan yhteyksiä mahdollisesti sairastumisiin, hormonitoiminnan häiriöihin, univaikeuksiin, väsyneisyyteen ja suorituskyvyn putoamiseen (Meuseen ym. 2004; Meuseen ym. 2006). Sykevälivaihtelun lasku voi olla oire sairastumisesta tai palautumistilan heikkeneminen altistaa infektioille. Tutkittavalta löydettiin myös aikaisemmissa tutkimuksissa havaittuja sykevälivaihtelun adaptaatiomalleja, kuten adaptoituminen kovaan harjoitusjaksoon (Plews ym. 2012) ja nouseva sykevälivaihtelu palauttavan jakson seurauksena (Atlasoui ym. 2007). Myös kilpailua edeltävä sykevälivaihtelun lasku havaittiin tutkittavalta. (Manzi ym. 2009; Iellamo ym. 2002). Johtopäätöksenä voitaneen sanoa, että sykevälivaihtelusta on mahdollista löytää yksilöllisiä adaptaatiota harjoitteluun.

Suorituskykytestien tulokset

Kytkeytyllä uinnilla mitatuissa voimantuotoissa on osoitettu olevan yhteys uintinopeuteen ja kilpailutuloksiin erityisesti lyhyillä matkoilla (Yeater ym. 1981; Morouço ym. 2011; Morouço ym. 2014). Tässä tutkimuksessa puolestaan pyrittiin testaamaan, voidaanko lyhyitä kytkettynä uituja intervaleja hyödyntää samalla tutkittavalla kauden aikaisen suorituskyvyn mittarina.

Kauden aikainen vaihtelu W6-testissä oli 8,1%. Kuitenkin testissä näkyy toivottua kehitystä tutkittavan lyhytkestoisessa suorituskyvyssä kauden aikana. Erityisen heikoille tuloksille kauden aikana löytyy selitykset, sillä heikoimmat tulokset tulivat kauden alussa joko kilpailuiden jälkeen tai sairastelun jälkeen. Kauden lopussa heikot tulokset tulivat viikolla 21 ja 22 kovalla harjoitusjaksolla. Viikon 25 heikko tulos johtuu mahdollisesti kovasta harjoitusleiristä ja edellisen päivän matkustamisesta. Paras tulos tuli 26 viikolla viimeistelyn jälkeen juuri ennen pääkilpailuja.

W6-testin aikana tehty työ ja testin aikana havaittu maksimivoima noudattelevat saman suuntaista kehitystä kauden aikana. Tulokset eivät kuitenkaan vastaa toisiaan täysin. Esimerkiksi W6 -arvo oli viikolla 20 suhteellisen korkea, mutta maksimivoima heikko. Maksimivoima ei ole keskiarvoista riippuvainen, joten yksittäinen hetki on riippuvaisempi mittausvirheelle kuin keskiarvoistettu tulos. Tutkittava saattaa myös pystyä? tuottamaan yksittäisen voimakkaan vedon, vaikka keskimääräinen voima olisikin heikompi.

Yhden käsivedon maksimi-impulssissa nähdään myös vaihtelua kauden aikana 28,3%. Paras tulos havaittiin viikoilla 26. Hyviä tuloksia havaittiin viikolla 3 ja 22 ja heikkoja tuloksia viikolla 5 ja 21. Molempien käsien maksimi-impulssissa havaittiin parhaat tulokset viikoilla 22 ja 26. Heikoimmat tulokset olivat puolestaan viikoilla 5 ja 19. Frekvenssien osalta W6-testeissä havaittiin, että frekvenssit olivat korkeimmillaan, kun muut impulssimuuttajat olivat heikoimmillaan. Korkeimmat frekvenssit saavutettiin siis silloin kun voimaa ei ole pystytty maksimaalisesti hyödyntämään tai huolellinen voiman käyttö on laskenut frekvenssejä kytketyssä uinnissa.

W6-testin tulosten perusteella W6-arvo eli 6 sekunnin aikana tehtävä työ vaikuttaisi kuvaavan kohtuullisesti suorituskykyä. W6 testien osalta on huomattava, että tutkimustulokset ovat luotettavimpia keskiarvoihin perustuvien tulosten osalta. Esimerkiksi maksimivoimamuuttajat ovat herkempiä mittausvirheelle kuin W6-testin kuuden sekunnin aikainen työ, joka lasketaan keskimääräisen voimantuoton seurauksena. Johtopäätöksenä voitaneen sanoa, että kuuden sekunnin aikana tehty työ voi mahdollisesti kuvastaa tutkittavan suorituskykyä. Erityisesti huomiota tulisi kiinnittää selkeästi heikkoihin tuloksiin, jotka voivat olla viitteitä yllirasitustilasta (Atlasou ym. 2007).

Sykevälivaihteluiden käyttäytyminen oli myös linjassa W6-testien kanssa. Korkeita sykevälivaihteluita havaittiin tällä tutkittavalla samoilla viikoilla, kun W6-testeissä tehty työ oli korkea. Mahdollinen jatkotutkimus aihe voisi olla useammalla tutkittavalla W6-testin aikana tehdyn työn ja sykevälivaihtelun välisen yhteyden selvittäminen.

W20-testistä ei saatu selkeitä tuloksia, sillä loukkaantumisten ja sairastelujen takia testejä tuli liian vähän, jotta niistä kannattaisi tehdä suuria johtopäätöksiä. Vastaavilla testeillä on kuitenkin osoitettu yhteys lyhyisiin kilpailusuorituksiin (Morouço ym. 2014). Palautumisen seurannan näkökulmasta W6-testi lienee riittävä ja vähemmän ylimääräistä kuormitusta aiheuttava.

Kun vertaillaan frekvenssejä W6-testissä ja W20-testin alussa havaitaan, että frekvenssit ovat hieman matalammat. Tutkittavat ohjeistettiin suorittamaan kumpikin testi alusta lähtien täydellä teholla, mutta on mahdollista, että pidempään testiin tutkittavat hieman vähensivät tehoa testin alussa. Testin biomekaanisten muuttujien tueksi olisi mahdollisesti voitu ottaa laktaattinäytteet.

50 metrin ajat vaikuttaisivat mahdollisesti olevan suhteessa w6-testin arvoihin aikaisemman kirjallisuuden pohjalta (Morouço ym. 2011; Morouço ym. 2014). Tässä tutkimuksessa ei kuitenkaan tätä yhteyttä pystytty vahvistamaan tämän tutkittavan kohdalla. Havaittiin kuitenkin, että uintiajan heikkenemien 50 metrin aikana, johtuu mahdollisesti enemmän uintinopeuden putoamisesta suorituksen lopussa, kuin maksimaalisesta nopeudesta suorituksen alussa. Kytkeytynä uinneissa on aikaisemmin tutkittu paljon maksivoiman ja impulssien yhteyttä maksimaaliseen uintinopeuteen, mutta seuraava mielenkiintoinen tutkimusaihe voisi olla väsymyksen, maksimaalisen voimatuoton ja 50m loppunopeuden välinen yhteys. Voi olla mahdollista, että heikentynyt voimantuotto W6-testissä ilmenee enemmän kilpailusuorituksen lopussa kuin maksimaalisessa uintinopeudessa suorituksen alussa.

Harjoituspäiväkirjojen analyysi

Sairastelut ja nivusen oireilu ovat verottaneet harjoittelua todella paljon. Tästä syystä harjoittelun progressiivisuudessa viikkotasolla on ollut paljon haasteita.

Harjoituspäiväkirjoista ja valmentajan kausisuunnitelmasta pystytään tekemään kuitenkin arvioita eri harjoitusjaksojen tavoitteista.

Viikoilla 1-10 PK-harjoittelun määrä pyrittiin pitämään korkeana, enimmillään lähes 37 000 metrissä/viikko. Tämän jälkeen loppukauden ajan PK-harjoittelun määrä väheni alle 25 000m/viikko. Määrä lienee vähentyneen osittain harjoittelun painopisteen muutosten ja osittain vaivojen takia.

VK- ja MK-harjoittelun osalta kausi jakaantui kolmeen vaiheeseen. Ensimmäisessä vaiheessa kautta (viikoilla 1-7) VK-harjoittelu oli hallitsevaa. Viikoilla 8-12 VK ja MK harjoittelu olivat molemmat lähes tasapainossa. Loppukaudesta MK-harjoittelu korostui ja viimeisillä viikoilla VK-harjoittelua ei juurikaan ollut MK-harjoittelun määrän ollessa noin 1500 metriä viikossa.

Nopeuskestävyysharjoittelun osalta alkukaudesta lienee ollut tarkoitus tehdä yli 50 nopeuskestävyysvetoa viikossa, jonka jälkeen määrä väheni noin 30 viikossa. Nopeusvetojen määrä on kauden kuluessa puolestaan kasvanut 20 noin 40 vetoa viikossa.

Voimaharjoittelussa tutkittavalla korostui perusvoima ja nopeusvoima. Maksimivoimaa ei raportoitu tutkimusjakson ajalta. Viikkojen 1-11 aikana perusvoimatoistojen määrä kasvoi 250 toistosta korkeimmillaan 400 toistoon/viikossa. Tämän jälkeen tarkoituksena on ollut pudottaa perusvoiman määrä ja korostaa nopeusvoimaa. Nopeusvoima harjoittelua oli korkeimmillaan (viikolla 24) 362 toistoa. Viikko tasolla sairastelujen ja vammojen vuoksi havaitaan suurta vaihtelua voimanharjoittelun määrissä. Lihashuoltoharjoittelun määrä on kokokauden pysynyt noin 150 minuutissa/vko. Muuta oheisharjoittelua on ollut kaudenaikana vaihtelevasti 50-300 minuutin välillä/vko.

Virhelähteet ja vertailtavuus

Käytettävissä oleva välineistö lienee kohtuullisesti verrattavissa aikaisempiin tutkimuksiin, joissa on käytetty kiinteää kytkettyä uimista (Yeater 1981; Morouço ym. 2011; Morouço ym. 2014). Suurin yksittäinen virhe aiheutuu köyden äkillisestä kiristymisestä, joka aiheuttaa voimapiikin vetoanturiin. Tämä testin alussa tapahtuva suuri piikki jätettiin analyysistä pois.

On kuitenkin hankala arvioida, kuinka suuria voimapiikkejä ilmenee samasta syystä käsivetosykliden aikana. Näitä voimapiikkejä voisi mahdollisesti vähentää lisäämällä vetoanturin ja köyden väliin lyhyt elastinen köysi tai jousi, joka suodattaa äkilliset voimapiikit pois. AD-muunnin on herkkä kosteudelle ja on mahdollista, että uimahallin ilmakosteus vaikuttaa sen ja vetoanturin antamiin arvoihin. Tämän vaikutusta pyrittiin vähentämään säilyttämällä laitteita kosteudelta suojattuna.

Maksimi-impulssien osalta erityisesti yhden käden impulssin alku ja loppu oli vaikea määrittää. Tarkkuutta mittaukseen olisi voinut saada yhdistämällä impulssidataan vedenalaisen kuvauksen ja mahdollisesti myös liikeanalyysin. Tässä tutkimuksessa, sitä ei kuitenkaan koettu tarpeelliseksi, sillä yhden tutkittavan käsiveto impulssit pysyivät saman muotoisina koko mittausjakson ajan. Molempien käsien aikaisen impulssin määrittäminen oli helpompaa, sillä syklien välissä oli selkeä hetki, jolloin voimatuotto oli heikompa.

W20 testin aikaisten impulssimuuttujien analysointi lienee hyödytöntä, sillä vaihtelu oli tutkittavalla suurta. Suorituksen pituus on sellainen, että tutkittavan tulisi pyrkiä suorittamaan se ilman hapenottoa, mutta on mahdollista, että tämä ei ole onnistunut. Ylimääräinen hapenotto voi vaikuttaa impulssimuuttujiin suuresti.

50 metrin testeissä suurin virhelähde liittyy videon perspektiivi virheeseen. Mitä kauempana uimari oli kuvaajasta, sitä vaikeampi uimarin sijaintia on arvioida. Tämä ongelma olisi voitu ratkaista käyttämällä kahta kameraa, joita toinen kuvaisi väliä 15-25 metriä ja toinen väliä 35-45 metriä. Tällöin perspektiivi virheen mahdollisuus olisi ollut pienempi. Toinen virhelähde tulee 50m ajoista, jotka kelloitettiin käsiajalla. Kuitenkin kellotuksen hoiti aina sama henkilö samalla tavalla, jolloin tulokset ovat vertailtavissa. 50m-testin muuttujista frekvenssi on tarkin, sillä sen määrittämiseen perspektiivivirhe ei vaikuta. Vetopituuden virhe on puolestaan riippuvainen uintinopeuden määrittämisen virheestä, sillä se on laskettu uintinopeuden ja frekvenssin avulla. W20-testin ja 50m ajan välistä yhteyttä ei tässä tutkimuksessa pystytty todentamaan, sillä testit tehtiin eri viikoilla.

Tutkimuksen yhtenä heikkoutena oli myös tutkittavan testien osuminen aina samalle kohdalle kolmen viikon harjoitusyksiä. Voitaneen olettaa, että tutkittava teki W20 ja 50m testit

suhteellisen samalaisessa harjoituskuormassa, joten eroja saman testin sisälle oli hankala saada.

Harjoituspäiväkirjojen osalta vertailtavuus muihin tutkimuksiin on heikko. PK harjoittelu sisältää todellista suuremman osan tehoalueista. VK harjoittelu puolestaan määritettiin lähellä anaerobista kynnystä tapahtuvaksi harjoitteluksi. VK alueen alhaisemmat intensiteetit on siis raportoitu PK-harjoitteluksi. Tähän tutkimukseen tehoalueiden määrittely tehtiin näin, sillä tutkittavilla ei ollut useimmissa harjoituksissa käytössä omaa sykemittaria. Tällöin yksinkertaistettu tehoalueiden määrittely oli tutkittaville helpompaa.

Viikkotason harjoituspäiväkirjojen tulkinta on haastavaa, sillä lyhytkin sairastelu voi vaikuttaa useamman viikon tuloksiin. Harjoituspäiväkirjat olivat myös vahvasti tutkittavan oman raportoinnin varassa. Inhimilliset virheet ovat mahdollisia, mutta näitä pyrittiin välttämään harjoituspäiväkirjojen viikoittaisella tarkastuksella. Kuitenkin nopeus- ja nopeuskestävyysvetojen osalta toistojen määrä oli suhteellisen alhainen ja jakautui yksittäisille harjoituspäiville. Tutkittava ei todennäköisesti raportoinut lämmittelyssä tehtäviä yksittäisiä nopeusvetoja vaan raportoi vain harjoitukset, joissa kyseisten ominaisuuksien kehitys oli pääpainopisteenä.

Johtopäätökset

Tutkimuksen tärkeimpänä antina nähtiin, että sykevälivaihtelumuuttujat noudattavat tämän tutkittavan osalta aikaisempien tutkimusten linjaa niin palautumistilan määrittämisen, sairastumisten ennakoimisen ja kilpailuiden lähestymisen suhteen.

Tutkimuksessa käytetyt testit voivat mahdollisesti auttaa tämän tutkimuksen perusteella palautumistilan määrittämisessä erityisesti W6-testin osalta. W20-testissä dataa oli aivan liian vähän, jotta päätelmiä kannattaisi tehdä. 50m-testi puolestaan itsessään on lähellä kilpailun omaista suoritusta. Näitä testejä voitaneen myös käyttää tutkittavien kehityksen seuraamiseen pitkällä aikavälillä. Harjoituspäiväkirjat ovat tämän tyyppisessä tutkimuksessa välttämättömyys tulosten tulkinnan kannalta.

Tämän tutkimuksen osalta tutkittavan suorituskykyprofiilin muodostaminen koko kaudesta oli mahdotonta, sillä loukkaantumisten ja sairastelujen takia kilpailuja ja testejä jäi väliin kauden

keskivaiheilta. Kilpailutulosten perusteella tutkittava oli aina kilpaillessaan hyvässä kunnossa ja ennätysten parannukset olivat noin 1 % luokkaa. Mikä on kohtuullinen tulos, kun otetaan huomioon harjoituskauden vaikeudet ja tutkittavan aikaisempi mittava harjoitustausta.

Kilpailutuloksia ei pelkästään voi selittää parantuneella voimantuotolla vaan uimarien tekniikassa korostuu myös vastustavien voimien minimointi. Tässä tutkimuksessa ei kuitenkaan keskitytty arvioimaan niitä, mutta niiden olemassaolo on hyvä tiedostaa. Toinen huomioitava seikka on tekniset muutokset, joita tapahtuu, kun uimari pysyy paikalla kytkettynä uinnin aikana verrattuna normaaliin uimiseen. Parantunut kytkettynä uimisen suorituskyky ei välttämättä suoraan siirry normaaliin uintiin.

Lyhyiden kytkettynä uitujen mittausintervallien, sykevälivaihtelun ja harjoituspäiväkirjojen yhdistäminen urheilijan harjoittelun suorituskyvyn ja palautumisen seurannassa vaikuttaisivat käyttökelpoisilta menetelmiltä. Tämä tutkimus ei itsessään tarjoa uutta tietoa, mutta osoittaa ilmiöiden välillä vallitsevien yhteyksien hahmottamisen tärkeäksi osaksi valmennustiimin toimintaa.

LÄHTEET

- Achten, J. & Jeukendrup, A.E. 2003. Heart rate monitoring: applications and limitations. *Sports Medicine*. 33 (7), 517-538.
- Atlaoui, D., Pichot, V., Lacoste, L., Barale, F., Lacour J.R. & Chatard J.C. 2007. Heart rate variability, training variation and performance in elite swimmers. *International Journal of Sports Medicine*.28(5), 394-400.
- Aubert, A.E., Seps, B. & Beckers, F. 2003. Heart rate variability in athletes. *Sports Medicine* 33(12),889-919
- Bagrash, L.F, Minenkov V.V. & Chubarov, M.M. 1973. Tensiometrical studies of swimmers efforts. *Theory and Practice of Physical culture*, 4,27-31
- Barbosa, T.M., Lima, F., Portela, A., Novais, D., Machado, I., Colaço, P., Gonçalves, P., Fernandes, R., Keskinen, K., & Vilas-boas, J.P. 2006. Relationships between energy cost, swimming velocity and speed fluctuation in competitive swimming strokes. *Portuguese Journal of Sport Sciences*, 6(2), 192–194.
- Barbosa, T. M., Bragada, J. A., Reis, V. M., Marinho, D. A., Carvalho, C., & Silva, A. J. 2010. Energetics and biomechanics as determining factors of swimming performance: updating the state of the art. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 13(2), 262-269.
- Bollens, E., Annemans, L., Vaes, W., & Clarys, J. P. 1988. Peripheral EMG comparison between fully tethered and free front crawl swimming. *Swimming science* V,173-181.
- Bompa TO. *Periodization: theory and methodology of training*. 4th ed. Champaign,IL, USA: Human Kinetics, 1999,

- Borresen, J. & Lambert, M.I. 2007. Changes in heart rate recovery in response to acute changes in training load. *European Journal of Applied Physiology*. 101:503–511.
- Bouchard. C, & Rankinen, T. 2001. Individual differences in response to regular physical activity. *Medicine and Science of Sports Exercise* 33(6): S446–S451 discussion S452–453.
- Bouchard, C., An P., Rice, T., Skinner, J.S., Wilmore, J.H., Gagnon, J., Perusse, L., Leon, A.S & Rao, D.C. 1999 Familial aggregation of VO₂(max) response to exercise training: results from the HERITAGE Family Study. *Journal of applied physiology*, 87(3), 1003-1008.
- Buchheit, M., Chivot, A., Parouty, J., Mercier, D., Al Haddad, H., Laursen, P.B. & Ahmaidi, S. 2010. Monitoring endurance running performance using cardiac parasympathetic function. *European Journal of Applied Physiology* 108(6),1153–1167.
- Buchheit, M. 2014. Monitoring training status with HR measures: do all roads lead to Rome?. *Frontiers in physiology*, 5, 73
- Clarys, J. P. 1978. Relationship of human body form to passive and active hydrodynamic drag. *Biomechanics VI-B*, 120-125.
- Clarys, J. P. 1979. Human morphology and hydrodynamics. *Swimming III*, 8, 3-41.
- Craig, A, & Pendergast, D. 1979, Relationship of strokerate, distance per stroke and velocity in competitive swimming. *Medicine and Science in sports and exercise*. 11. 278-282.
- Craig, A., Skehan, P.& Pawelchyk, J. 1985.Velocity, Strokerate and Distance per stroke during elite swimming competition. *Medicine and Science in sports and exercise* 17. 625-634.
- Cureton,T.K. 1930 Mechanics and kinesiology of swimming. *Research Quarterly* 1, 87–121.

- Counsilman, J.E. 1969 The role of sculling movements in the arm pull. *Swimming World*10, 6–7.
- Counsilman, J.E. (1971) The application of Bernoulli's principle to human propulsion in water. *Teoksessa Swimming I* (edit. L. Lewillie & J.P. Clarys), pp. 59–71. Université Libre de Bruxelles, Brussels
- Darr, K.C., Bassett, DR., Morgan, B.J. & Thomas, D.P. 1998. Effects of age and training status on heart rate recovery after peak exercise. *American Journal of Physiology Heart and Circulation Physiology*.254(2):H340–H34
- Flatt, A. A., & Esco, M. R. 2013. Validity of the ithlete™ smart phone application for determining ultra-short-term heart rate variability. *Journal of human kinetics*, 39(1), 85-92
- Foster, C. 1998. Monitoring training in athletes with reference to indices of overtraining syndrome. *Medicine and Science of Sports and Exercise* 30(7), 1164–8
- Filho, D. M., & Denadai, B. S. (2008). Mathematical basis for modeling swimmer power output in the front crawl tethered swimming: an application to aerobic evaluation. *Open Sports Science Journal*, 1, 31-37.
- Haljand, R. (1984) A new scientific approach to analysing swimming technique. *Teoksessa: How to Develop Olympic Level Swimmers: Scientific and Practical Foundations* (edit. J.L. Cramer), 72–105. International Sport Media, Helsinki.
- Haljand, R., Tamp, T. & Kaal, R. (1986) *The Models of Swimming Strokes Technique and Methodics of its Perfection and Control*, 2nd edn. Tallinn Pedagogic Institute, Tallinn.
- Hedelin, R, Kentta, G, Wiklund, U, Bjerle, P, Henriksson-Larsen, K. (2000a) Short-term overtraining: effects on performance, circulatory responses, and heart rate variability. *Medicine and Science of Sports and Exercise* 32(8),1480–1484.

- Hynynen E., Uusitalo A., Kontinen N., & Rusko H. 2006. Heart rate variability during night sleep and after awakening in overtrained athletes. *Medicine and Science of Sports and Exercise* 38(2),313-317,
- Iellamo, F., Legramante, J.M., Pigozzi, F., Spataro, A., Norbiato, G. & Lucini, D. 2002 Conversion from vagal to sympathetic predominance with strenuous training in high performance world class athletes. *Circulation*.105(23), 2719-2724.
- Iellamo, F., Pigozzi, .F, Parisi, A., Di Salvo, V., Vago, T. & Norbiato, G. 2003. The stress of competition dissociates neural and cortisol homeostasis in elite athletes. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*.43(4),539-45.
- Kennedy, P., Brown, P. & Chegalur, S., 1990. Analysis of male and female olympic swimmers in 100m events. *Journal of sports Biomechanics*. 6. 187-197
- Kjendlie, P. L., & Thorsvald, K. 2006. A tethered swimming power test is highly reliable. *Portuguese Journal of Sport Sciences*, 6(2), 231-233.
- Lamberts, R.P., Swart J., Noakes, T.D.& Lambert, M.I. 2009 Changes in heart rate recovery after high-intensity training in welltrained cyclists. *European Journal Applied Physiology* 105,705-713.
- Lamberts, R. P., Swart, J., Capostagno, B., Noakes, T. D., & Lambert, M. I. 2010. Heart rate recovery as a guide to monitor fatigue and predict changes in performance parameters. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 20(3), 449-457.
- Maglischo, C, Maglischo, E, Sharp, R, Zier, D, and Katz, A. 1984. Tethered and non-tethered crawl swimming. *Teoksessa: Proceedings of ISBS— Sports Biomechanics*. J. Terauds, K. Barthels, E. Kreighbaum, R. Mann, and J. Crakes, eds. Del Mar, CA, USA.
- Manzi, V. Castagna, C. Padua, E., Lombardo M. D'Ottavio, S. & Massaro, M. 2009. Dose-respond relationship of autonomic nervous system responses to individualized training

impulse in marathon runners. *American Journal Physiology Heart and Circulation Physiology* 296(6)

McMaster, W. C., Troup, J. P. 2001. Competitive Swimming Biomechanics: Freestyle. *International SportMed Journal*. 2(6).

McArdle, W. D., Katch, F. I., Katch, V. L. 2015. *Exercise Physiology: Nutrition, Energy and Human Performance*. 8. PAINOS. Baltimore, MD. Wolters Kluwer Health. Lippincott Williams & Wilkins.

Meeusen, R., Piacentini, M.F., Busschaert, B., Buyse, L., De Schutter, G. & Stray-Gundersen, J. 2004. Hormonal responses in athletes: the use of a two-bout exercise protocol to detect subtle differences in (over)training status. *European Journal of Applied Physiology* 91(2–3), 140–146.

Meeusen, R., Duclos, M., Gleeson, M., Steinacker, J., Rietjens, G. & Urhausen, A. 2006. Prevention, diagnosis and treatment of overtraining syndrome. *European Journal of Sport Science* 6, 1–14.

Miyashita, M. 1999. *Biomechanics of Swimming: Past, Present, and Future Studies*. Teoksessa K. L. Keskinen, P. V. Komi, A. P. Hollander (toim.) *Biomechanics and Medicine in Swimming VIII*. 1. PAINOS. Jyväskylä: Gummerus Printing.

Morton, R.H. 1997. Modelling training and overtraining. *Journal of Sports Science* 15, 335–340.

Morouço, P., Keskinen, K. L., Vilas-Boas, J. P., & Fernandes, R. J. 2011. Relationship between tethered forces and the four swimming techniques performance. *Journal of Applied Biomechanics*, 27(2), 161-169.

Morouço, P. G., Marinho, D. A., Keskinen, K. L., Badillo, J. J., & Marques, M. C. 2014. Tethered swimming can be used to evaluate force contribution for short-distance

swimming performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 28(11), 3093-3099.

Mujika, I., Goya A., Padilla S., Grijalba A, Gorostiaga E. & Ibanez J.2000. Physiological responses to a 6-d taper in middle-distance runners: influence of training intensity and volume. *Medicine and Science of Sports and Exercise*. ;32(2),511–517.

Pendergast, D.R. Capelli C., Craig, A.P. 2006 *Biofysics in swimming teoksessa. Biomechanics and and medicine in swimming X. painos 2. Portuguese Journal of Sports Sciences,Porto,Portugali.*

Peyrebrune, M. C., Toubekis, A. G., Lakomy, H. K. A., & Nevill, M. E. 2014. Estimating the energy contribution during single and repeated sprint swimming. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 24(2), 369-376.

Plews ,D.J., Laursen P.B, Kilding, A.E. & Buchheit ,M. 2012. Heart rate variability in elite triathletes, is variation in variability the key to effective training? A case comparison. *European Journal of Applied Physiology* 112,3729–3741.

Polanczyk, C.A, Rohde L.E.& Moraes, R.S. 1998 Sympathetic nervous system representation in time and frequency domain indices of heart rate variability. *European jJournal applied physiology occupational physiology* 79 (1), 69-73.

Rushall, B. S., Sprigings E. J., Holt L.E., & Cappaert, J. M. 1994. A re-evaluation of forces in swimming. *Journal of Swimming Research*, 10, 6-30.

Schleihauf, R.E. 1979, *Hydrodynamic anlysis of swimming propulsion, teoksessa Swimming III, University Park Press, Baltimore.*

Shetler, K, Marcus R & Froelicher, VF Heart rate recovery: validation and methodologic issues. *Journal of American College Cardiology*. 2001; 38:1980–1987.

- Seifert L., Chollet D. Chatard J.C. 2007a, Kinematic Change during a 100m front crawl: effects of performance level and Gender. *Medicine and Science in sports and exercise* 39. 1784-1793.
- Seifert, L., Chollet D. & Rouard, A., 2007b, Swimming constrains and arm coordination. *Human Movement Science* 26. 68-86.
- Seifert, L., Boulesteix L., Chollet, D. & Vilasboas, J.P. 2008 Differences in spatial-temporal parameters and arm-leg coordination in butterfly stroke as function of race pace, skill and gender. *Human Movement Science*. 27. 96-111.
- Soares, S., Silva, R., Aleixo, I., Machado, L., Fernandes, R.J., Maia, J., et al. (2010). Evaluation of Force Production and Fatigue using an Anaerobic Test Performed by Differently Matured Swimmers. Teoksessa: P-L. Kjendlie, R. Stallman, J. Cabri(eds.).Book of proceedings of the XI Symposium on Biomechanics and Medicine in Swimming, pp. 291-293. Oslo: Norwegian School of Sport Sciences.
- Takagi, H., Sugimoto, S. & Nishijima, N. 2004. Differences in stroke phases, arm-leg coordination and velocity fluctuation due event gender and performance level in breaststroke. *Sports Biomechanics* 3 15-27-
- Toussaint, H.1990 Differences in propelling efficiency between competitive and triathlon swimmers. *Medicine and Science in sports and exercise*. 22. 409-415-
- Vesterinen, V., Häkkinen, K., Hynynen, E., Mikkola, J., Hokka,, L. & Nummela A. 2013. Heart rate variability in prediction of individual adaptation to endurance training in recreational endurance runners. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*.23,171-180.
- Vorontsov ,A. R., & Rummyantsev V. A. 2000. Resistive forces in Swimming. Teoksessa Zatziorsky. V.M Biomechanics in sport-Performance, enhancement and injury prevention, 182-204.

- Vorontsov, A. R., & Rummyantsev, V. A. 2000. Propulsive forces in swimming. Teoksessa Zatziorsky. V.M Biomechanics in sport—Performance, enhancement and injury prevention, 205-231.
- Yamamoto, Y., Hughson, R.L. & Peterson, J.C. 1991 Autonomic control of heart rate during exercise studied by heart rate variability spectral analysis. Journal of Applied Physiology 71 (3), 1136-42.
- Yeater, R. A., Martin, R. B., White, M. K., & Gilson, K. H. 1981. Tethered swimming forces in the crawl, breast and back strokes and their relationship to competitive performance. Journal of Biomechanics, 14(8), 527-537