



Teksti: STEPHEN S. CHEUNG, Ph.D. Käännös: JYRKI AHO, LitM

# Tehoperusteinen harjoittelun määrän ja laadun arviointi – case pyöräily

Tehomittarit ovat avanneet uusia mahdollisuuksia harjoituskuorman ja -vasteen analysoimiseen.

Uudet työkalut antavat mahdollisuuden suorituskyvyn, harjoittelun ja kuntotason kehittymisen ennakkointiin.

Pyöräily on edelläkävijä tehoerustaisessa fyysisen kunnan arvioinnissa ja harjoittelun suunnittelussa.

**P**olkupyörä sopii tehon mittaamiseen erinomaisesti. Vaikka poljinkierroksen aikana on jonkin verran tehon vaihtelua, ei tehotaso pyöräilyssä kuitenkaan vaihtele niin paljoa kuin esimerkiksi juoksussa, soudussa tai pikaluistelussa. Polkupyörä on myös vakaa ja pehmeä kiinnitysalusta mittausantureille, verrattuna esimerkiksi juoksun aiheuttamaan iskutukseen. Lisäksi tehoa voidaan polkupyörässä mitata useasta eri kohdasta, kuten polkimista, poljinkammista, ketjusta, keskiöstä tai takapyörästä.

Tehomittarit tulivat markkinoille vuonna 1990, kun saksalainen SRM-järjestelmä esiteltiin. Nyt tätä järjestelmää käyttävät lähes kaikki ammattilaispyöräilijät ja -triathlonistit. Hintojen laskun myötä järjestelmän käyttö on nyt myös kuntoilijoiden ulottuvilla.

Tehomittareiden käyttö on myös tehnyt mahdolliseksi siirtymisen laboratoriotestauksesta kenttätestaukseen. Tämä on taas auttanut tutkijoita, valmentajia ja urheilijoita ymmärtämään paremmin eri pyöräilylajien vaatimuksia. Samalla harjoittelua on voitu yksilöllistää vastaamaan paremmin kunkin urheilijan ominaisuuksia.

Yksi tehomittauksen hyöty on urheilijan tekemän työn suora mittaaminen. Maastosta, säästä tai tuulesta huolimatta 200 watin tuotettu teho edustaa täsmälleen samaa mekaanista työtä. Pyöräilyssä 12 km/h nopeus ylämäessä tai vastatuulella voi vaatia 200 watin tehontuottoa, mutta samalla teholla

voi pyöräillä 50 km/h alamäessä tai myötätuulella. Koska 1 W on 1 joule/sekunti, voidaan tuotetusta tehosta määrittää kohtalaisen suoraviivaisesti lenkin aikana kulutettu energiamäärä. Tämä taas helpottaa pyöräilyn tai palautuksen aikana tarvittavan energiamäärän arviointia.

Toinen tuotetun tehon mittaamisen etu on tehon välitön vaste kuormituksen muutoksiin, kun taas esimerkiksi syke tai hapenkulutus reagoivat kuormituksen muutoksiin viiveellä. Siksi tehon mittaaminen on erittäin käyttökelpoinen lyhyissä ja kovatehoisissa suorituksissa, joissa yleensä suoritus loppuu ennen kuin syketaso saavuttaa tasannevaiheen (ns. steady-state tilanne).

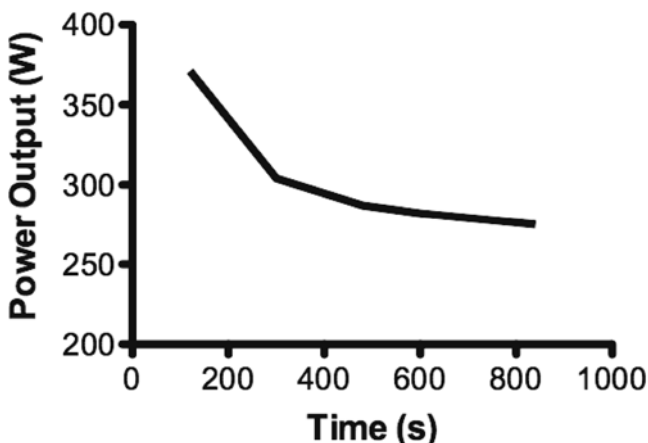
Tulosten analysointi on nykyään eri harjoitusohjelmistoja käyttäen mahdollista joko suorituksen aikana tai jälkikäteen. Tehonmittaus ei kuitenkaan ole ainoa relevantti suorituksen mittaustilanne. Sykkeen mittaaminen säilyy edelleen erittäin tärkeänä tehonmittauksen täydentäjänä, koska se kuvaa kuormituksen aikaansaamaa todellista fysiologista kuormitusta.

### Critical Power (CP)

Yksi tehomittauksen yleisimmistä käyttökohteista on arvioida urheilijan kykyä pitää yllä mahdollisimman suurta tehotasoa pitkäaikaisesti ilman väsymistä. Ajatus erilaisten maksiminopeuksien esiintymisestä erimittaisilla suoritusmatkoilla esimerkiksi juoksussa, uinnissa ja pyöräilyssä, on melko ilmeinen. On mahdollista polkea 1000 watin teholla hyvin lyhyt aika (esimerkiksi viisi sekuntia). Mutta samalla on mahdollista polkea mäkeä ylös minuutin ajan huomattavasti alhaisemmalla teholla, esimerkiksi 450 watin teholla.

Näihin havaintoihin perustuen Nobel-palkittu **A.V. Hill** (1925) julkaisi ensimmäisenä käsitteen ”Critical Power” (CP). Hän tarkasteli sekä juoksun että uinnin maailmanennätysaikoja eri kisamatkoja vastaan. Tämä suhde ei ole lineaarinen, vaan pikemminkin hyperbolinen – suorituksen pidentyessä nopeus ja tuotettu teho pienenee aluksi voimakkaasti, mutta tehon pieneneminen hidastuu mitä pidemmästä suorituksesta on kyse.

Tästä suhteesta käytettiin ensin termiä ”Critical Speed”, mutta nykyään yleisemmin nimeä ”Critical Power” (CP). Sama ilmiö on nähtävissä kaikissa urheilulajeissa, myös voimalajeissa, esimerkiksi maksimivoima erimittaisilla väsytyksajoilla kyynär-



## Kuormituksen tehon mittaus ohjaa optimisuoritukseen

**S**iinä missä 3–5 kertaa viikossa liikkuvan kuntoilijan tuskin tarvitsee huolehtia palautumisestaan treenikertojen välillä, jos elämän muu kuormitus on hallinnassa, joutuu pari kertaa päivässä harjoitteleva huippu-urheilija miettimään koko ajan elimistönsä rasiustilaa. Harjoittelu on taiteilua veitsenterällä harjoittelun ja palautuksen suhteen. Välillä rasiustusta kerätään tietoisesti jopa ylimäärin, jotta elimistön tasapainoa saadaan järkytetyä riittävästi kunnon kehittämiseksi. Näin voidaan tehdä päivän, viikon tai harjoitusjakson sisällä. Tällainen malli vaatii myös palauttavien tuntien, päivien ja viikkojen oikea-aikaista ohjelmoimista harjoitusohjelmaan.

Tämä kaikki voi kuulostaa helpolta – treenataan paljon ja levätään sopivasti – mutta todellisuudessa asia on paljon mutkikkaampi. Maallikoista usein tuntuu, että ihmisen suorituskyvyn rajat on jo saavutettu, eikä tuloksia enää voida parantaa kuin dopingin avulla. Harjoittelun ja palautumisen optimoinnissa on kuitenkin vielä paljon kehittämisen varaa ja näin suorituskykyä voidaan vielä parantaa merkittävästi ihan puhtainkin keinoin.

Harjoittelun ja muun elämän kokonaiskuormittavuutta voidaan seurata esimerkiksi sykemittarilla. Syke on aika lahjomaton elimistön kuormitustilan mittari. Koholla oleva leposyke, sykereaktio ortostaattisessa testissä tai vakiokuormituksessa vakio-olosuhteissa kertoo elimistön hetkittäisestä kuormittumisesta ja pidempään jatkuessa myös yli-rasiustilasta. Sykevälivaihtelua tarkkailemalla seuranta voidaan edelleen tarkentaa. Sykevälivaihtelua voidaan hyödyntää myös harjoittelun ohjelmoinnissa ja optimaalisen harjoitushetken määrittelyssä, kuten esimerkiksi suomalaiset **Antti Kiviniemen** ja **Ville Vesterisen** vetämät tutkimukset osoittavat (Kiviniemi ym. 2007; Vesterinen ym. 2016).

Harjoittelun ja jopa kilpailusuoritusten optimointiin on myös muita menetelmiä. Viime keväänä kuntotestauspäivillä Tampereella luennoinut, kanadalaisen Brockin yliopiston tutkija ja intohimoinen pyöräilyihminen **Stephen S. Cheung** esittelee oheisessa artikkelissa erityisesti pyöräilyyn soveltuvaa harjoituksen tehoon (watteina mitattuna) perustuva optimointimenetelmää.

Menetelmää voidaan käyttää reaaliaikaisesti jopa kilpailusuorituksessa arvioimaan kertynyttä kokonaiskuormitusta. Menetelmä perustuu niin sanotun kriittisen tehon (Critical Power, CP) ideaan. Määrittämällä CP voidaan arvioida hyvinkin tarkasti millä teholla voidaan työskennellä tietty aika. Seuraamalla reaaliaikaisesti tuotettua tehoa ja vertaamalla sitä CP:iin voidaan laskea kokonaiskuormitusta ja päätellä kuinka paljon vauhtia on varaa kiristää niin, että jaksaa kisan tai harjoituksen loppuun asti.

Cheungin esittelemä menetelmä on mielenkiintoinen lisä harjoittelun ja kilpailusuorituksen optimointiin perinteisten menetelmien, kuten juuri sykkeen mittaamisen rinnalle.

### LÄHTEET

- Kiviniemi, A.M., Hautala, A.J., Kinnunen, H. & Tulppo, M.P.** 2007. Endurance training guided individually by daily heart rate variability measurements. *European Journal of Applied Physiology* 101(6), 743–751.
- Vesterinen, V., Nummela, A., Heikura, I., Laine, T., Hynynen, E., Botella J. & Häkkinen, K.** 2016. Individual Endurance Training Prescription with Heart Rate Variability. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 48(7), 1347–1354.

**Harjoittelun ja palautumisen optimoinnissa on vielä paljon kehittämisen varaa.**

varren koukistuksessa (Jones et al. 2010; Poole et al. 2016; Jones and Vanhatalo 2017).

CP asettuu useimmiten tehollisesti anaerobisen kynnyn ja maksimaalisen hapenottokyvyn välille. Vastaava hyperbolinen pitkäkestoisen suorituksen raja on nähtävissä useissa eri pyöräilylajeissa. Puhutaan esimerkiksi FTP:stä (Functional Threshold Power), joka on tehotaso, jota kyetään pitämään yllä 60 minuuttia. Tämä, kuten toinenkin yleisesti käytetty termi eli kynnysteho (Threshold Power), ovat hyvin läheisiä CP:ille.

Critical Power tai sen yllä mainitut vastineet ovat hyödyllisiä määrittäessä harjoittelussa käytettäviä tehotasoja tai harjoituskuormaa. Pyöräilyharjoittelussa harjoittelun teho suhteutetaan nykyään usein juuri CP:iin tai muihin vastaaviin, koska eri tehoalueilla tehtävät harjoitukset aiheuttavat erilaisia vaikutuksia elimistön toimintaan ja järjestelmiin. Esimerkiksi kestävyyttä painottavassa harjoittelussa harjoitellaan useampia tunteja 60–80 prosentin tasolla CP:ista, kun taas maksimaalista hapenottokykyä kehittävät harjoitteet tehdään 5–8 minuutin intervalleina 105–110 prosentin tasolla CP:ista.

## W'

Yksi mielenkiintoinen muuttuja, joka voidaan johtaa maksimaalisen tehon ja kestoajan välisestä käyrästä, on CP:in yläpuolella tehtävän työn teho ja määrä. Kuvassa varjostettu alue käyrän ja CP:in välissä edustaa W'-käsitettä. Toisin sanoen se edustaa työmäärää, jonka urheilija voi tehdä ennen kuin korkeaintensiteettiset energiavarastot ovat tyhjentyneet, ja jonka jälkeen tehotaso täytyy pudottaa CP:ia vastaavaksi. W' määritellään energianyksikössä eli kilojouleina ja tämä energiamäärä tulee ensisijaisesti anaerobisista energialähteistä. Sen on usein virheellisesti katsottu kuvastavan myös anaerobista kapasiteettia. Joissakin harjoitusohjelmistoissa W' yhdistetään joko suoraan tai epäsuoraan sellaisiin termeihin kuin High Intensity energy (HIE) tai Functional Reserve Capacity (FRC).

CP:in ja W':n käytössä on tärkeä muistaa, etteivät ne ole konkreettisia fyysisiä muuttujia. Näin ollen CP:ia ei voida suoraan määrittää esimerkiksi tietynä prosenttiosuutena anaerobinen kynnyn ja maksimaalisen hapenottokyvyn välille. W' ei toisaalta ole suoraan yhteydessä anaerobiseen kapasiteettiin. Pikemminkin ne edustavat aineenvaihdunnallista tasapainoa, jossa esimerkiksi CP:in tasolla ajettaessa useat fysiologiset muuttujat (kuten esimerkiksi laktaatti, hapenkulutus, ym.) ovat korkealla tasolla mutta pysyvät tasaisina.

CP on hyvin herkkä muuttuja, pelkästään tehon pudottaminen viidellä prosentilla CP:ista antaa mahdollisuuden 30 minuuttia pidempään suoritus-aikaan. Jos taas tehotaso ylittää CP:in viidellä prosentilla, hapenkulutus jatkaa nousuaan suoritusta jatkettaessa aina maksimaalisen hapenottokyvyn tasolle saakka, eikä suoritusta kyetä ylläpitämään kuin korkeintaan 30 minuuttia (Poole ym. 1988)

Kannattaa myös huomioida, että CP ja W' ovat sidoksissa toisiinsa huolimatta erilaisista termeistä

ja yksiköistä (W vs kJ). Vaikka harjoitteita kohdennetaan johonkin elimistön järjestelmään, useimmat harjoitteet kuitenkin kehittävät myös muita elimistön järjestelmiä ja ominaisuuksia.

## Critical Powerin määrittäminen

Perinteisesti CP on määritetty hyvin palautuneena tehdyistä 4–5 maksimaalisesta suorituksesta, joissa uupuminen tapahtuu 2–15 minuutin kuluessa. Suoritukset tehdään eri päivinä, jotta voidaan varmistua riittävästä palautumisesta. Määrittämisen haasteena ovat korvat suoritustehot sekä urheilijan riittävä motivaatio täystehoisein suorituksiin. Viimeaikoina on käytetty myös testiprotokollaa, jossa yksittäisen kolmen minuutin maksimaalisen suorituksen viimeisen 30 sekunnin keskitehon on todettu olevan hyvin lähellä varsinaista, useammalla yksittäisellä testillä määritettyä Critical Poweria (Burnley et al. 2006). Tämän menetelmän avulla ei kuitenkaan voida määrittää W':a.

CP:in määrittämiseksi voidaan tehdä monenlaisia muitakin testejä. Kuten edellä todettiin, FTP on korkein keskimääräinen tehotaso, jota kyetään ylläpitämään tunnin ajan. Periaatteessa tarkin testi olisi tällöin tunnin maksimaalinen testi. Käytännössä tällaista testiä kuitenkin käytetään harvemmin, koska se on fyysisesti ja henkisesti erittäin vaativa ja harjoitusohjelmiin hankalasti sovitettava. Tällöin käytetään lyhempikestoisia testejä, kuten esimerkiksi 20 minuutin (FTP ~ 95%) tai 8 minuutin (FTP ~ 90%) testejä. Näistäkään testeistä ei voida kuitenkaan määrittää W':a

## Työkuorman määrittäminen

Sen lisäksi, että FTP:tä käytetään eri harjoitustehojen määrittämiseen, sitä voidaan käyttää erilaisten harjoituskuormitusten ja harjoitusten vertailuun. Esimerkiksi millainen harjoituskuormitus on kolmen tunnin kestävyysharjoituksella verrattuna tunnin intensiiviseen intervalliharjoitukseen? Tai millaisen harjoituskuormituksen urheilija on erilaisista harjoituksista kerännyt viikon tai kuukauden aikana?

Harjoituskuormituksen määrittämisessä on tyyppillisesti asetettu joku mielivaltainen ankkuripiste. Esimerkiksi ajaminen tunnin FTP-teholla tuottaa 100 harjoituskuormituspistettä (TSS, Training Stress Score). Teoriassa tämä tarkoittaa sitä, että saman 100 TSS-pistettä saa ajamalla kaksi tuntia 50 prosentin teholla FTP-tehosta.

Harjoittelussa teho vaihtelee esimerkiksi maastotai tuuliolosuhteista johtuen ja siksi usein lasketaan niin sanottu normalisoitu teho. Tätä normalisoitua tehoa käytetään hyväksi harjoituskuormituspisteiden laskennassa.

## Jaksottaminen ja harjoittelun keventäminen

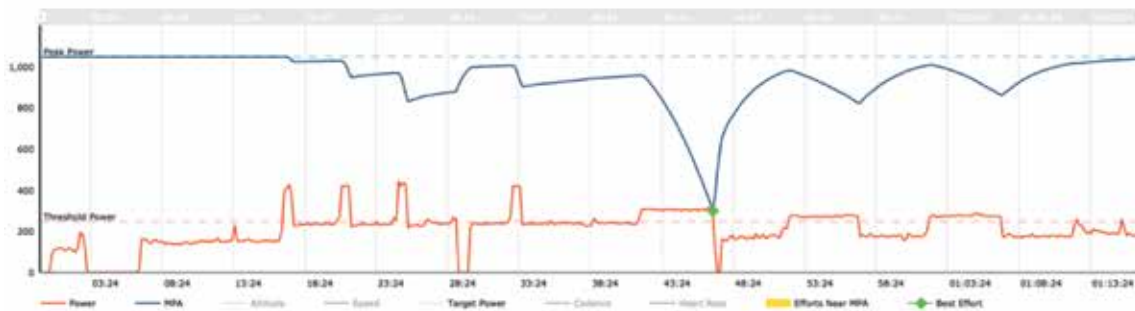
Harjoitusstressipisteiden (TSS) käsite on erittäin hyödyllinen harjoituskauden tai jopa urheilijan



**Uudet työkalut antavat mahdollisuuden suorituskyvyn, harjoittelun ja kuntotason kehittymisen ennakointiin.**



**1047 PP**  
**23.5 HIE**  
**241 TP**  
**175 XSS**



**1047 PP**  
**25.4 HIE**  
**246 TP**  
**151 XSS**

koko uran kokonaisrasituksen määrittämisessä ja optimaalisen harjoittelu- ja kilpailuohjelman suunnittelussa. Se antaa mahdollisuuden kuvata tarkasti erilaisia harjoituskuormituksia suorituskyvyn tai palautumisen maksimoimiseksi kilpailu- ja harjoitusjakson aikana. Se antaa myös urheilijoille ja valmentajille työkalun suunnitella ennalta harjoittelun keventämistä ennen pääkilpailuja.

Puhuttaessa kunnosta (fitness), väsymyksestä (fatigue) tai herkkyydestä (freshness), käytetään termejä akuutti harjoituskuorma (Acute Training Load, ATL) ja pidempikestoinen harjoituskuorma (Chronic Training Load, CTL). Tällöin ATL on TSS:n painotettu keskiarvo lyhyeltä, yleensä viikon ajalta. Sitä käytetään kuvaamaan lyhytaikaista väsymistä.

CTL on taas TSS:n painotettu keskiarvo pidemmältä, tyypillisesti kuuden viikon ajalta. ATL:n ja CTL:n vertaaminen kuvaa taas herkkyyttä (freshness), josta käytetään termiä Training Stress Balance (TSB). Tämä suhde kuvaa siis urheilijan herkkyyttä hyvään kilpailusuoritukseen.

Esimerkiksi pääkilpailuja edeltävinä viikkona urheilija voi pyrkiä nostamaan CTL:n mahdollisimman korkealle, nostaen samalla ATL:a ja tuottamalla hyvin negatiivisen harjoittelun ja stressin tasapainon (TSB).

Harjoittelun keventämisvaiheessa, herkisteltäessä kisoihin, urheilija vähentää noin viikkoa ennen kisoja huomattavasti ATL:ää. Tällöin CTL voi pysyä vielä pidemmästä seurantajaksosta johtuen korkealla, mutta harjoittelun ja stressin tasapainon negatiivisuus pienenee tai kääntyy jopa positiiviseksi, kuvaten korkeaa lyhytaikaista herkkyyttä.

### Kolmivaiheinen tehollisuus

Useimmat käytössä olevat valmennuksen apujärjestelmät perustuvat vain yhden kynnystehtoon liittyvän parametrin hyödyntämiseen. Uusi kehittämäni harjoittelun suunnittelu- ja analyysiohjelma Xert ([www.xertonline.com](http://www.xertonline.com)) mallintaa pyöräilijän kuntoprofiilia kolmen muuttujan avulla:

*Peak Power (PP) maksimiteho, jota voi pitää sekunnin ajan.*

*High Intensity Energy (HIE), vastaa suunnilleen  $W^2$ :a.*

*Threshold Power (TP), vastaa suunnilleen  $CP$ :ia.*

**Harjoitusstressipisteiden (TSS) käsite on hyödyllinen harjoituskauden kokonaisrasituksen määrittämisessä ja optimaalisen harjoittelu- ja kilpailuohjelman suunnittelussa. Se antaa mahdollisuuden kuvata tarkasti harjoituskuormituksia suorituskyvyn tai palautumisen maksimoimiseksi.**

Tällainen mallinnus antaa mahdollisuuden yksilöllistä harjoittelua paremmin kunkin urheilijan ominaisuuksien mukaan. Esimerkiksi saman painoisella sprintterillä ja kestävyysurheilijalla saattaa olla sama CP, mutta erilaisesta fysiologiasta johtuen heidän vasteensa samanlaiseen harjoitukseen voi olla hyvin erilainen.

Jokaisesta harjoituskerrasta ohjelman algoritmi analysoi tehoprofiilin, jotta nähdään, onko urheilijan kuntoprofiili riittävä ”selittämään” saatua tehoprofiilia. Jos kuntoprofiili selittää tehoprofiilia, Xert pitää sen muistissa. Jos taas kuntoprofiili ei selitä tehoprofiilia, Xert säättää tarvittaessa yhtä tai useampaa yllämainituista parametreista.

### Suurin käytettävissä oleva teho (Maximal Power Available, MPA)

Yksi Xertin ainutlaatuinen ominaisuus on se, että kuntoprofiili ei ole staattinen ja tarkoitettu vain jälkikäteen tehtävään analysointiin. Kuntoprofiilia voidaan käyttää mallintamaan kullakin hetkellä saatavissa olevaa suurinta tehoa (MPA) reaaliaikaisesti. MPA:n analysointi voi olla urheilijalle erittäin hyödyllinen, esimerkiksi mietittäessä kilpailunaikeista taktiikkaa, etenkin jos Xert:iä käytetään Garmin Edge (520, 820, 1000) -ajotietokoneiden kanssa, joihin tämä ohjelmisto on saatavilla.

Suurinta käytettävissä olevaa tehoa (MPA) voisi kuvata reaaliaikaisena pariston varaustilan mittarina, joka osoittaa, kuinka kauan pyöräilijä voi jatkaa ennen väsymistään. Harjoituksen tai kilpailun alussa MPA on yhtä suuri kuin PP eli yhden sekunnin maksimaalinen teho. Tämä kuulostaa järkevältä, koska urheilijalla ei koskaan voi olla voimavaroja enempää kuin mitä yhden sekunnin maksimaalinen tehontuotto edellyttää.

Jokaiselle kynnystehon yläpuolella poljetulle watille voidaan mallintaa tarkasti käytettävissä oleva suoritusaika. Xert kuitenkin laskee sekunti sekunnilta MPA:ta algoritmilla, joka käsittää

- käytettävän tehon
- kuinka paljon työskennellään kynnystehon yläpuolella
- kuinka paljon palautumista tulee kynnystehon alapuolella

Näistä muuttujista johdettu lopputulos on hyvin kiinnostava. Kun urheilija väsyi, on aina vain vaikeampaa pitää tehotasoa kynnystehon yläpuolella. Esimerkiksi 400 watin tehoa on mäen alaosassa huomattavasti helpompaa pitää yllä kuin yhden minuutin ajan ylämäkeen. Palauttavan jakson jälkeen tuon tehotason ylläpito on taas helpompaa.

Tämä selittyy sillä, että käytettävissä olevan tehon määrä – MPA – vähenee väsymisen seurauksena ja kasvaa palautumisen seurauksena. Kun MPA ja käytettävä teho ovat yhtä suuret, voidaan puhua maksimaalisesta suorituksesta. Toisin sanoen urheilija yrittää käyttää niin paljon tehoa kuin vain on mahdollista Xert myös mallintaa kokonaisrasitusta. Esimerkiksi 400 watin intensiteetillä saadaan rasi-tusarvo, joka kertoo kuinka lähellä tuo 400 wattia on senhetkistä MPA:ta. Jos MPA on 1 000 wattia mäen alussa, kokonaisrasitus on silloin pienempi kuin minuutin jälkeen, jolloin teho voi edelleen olla 400 wattia mutta MPA on pudonnut 700 wattiin.

Tehomittarit ovat avanneet uusia mahdollisuuksia harjoituskuorman ja harjoitusvasteen yksityiskoh-taiseen analysoimiseen. Uudet työkalut antavat mah-dollisuuden suorituskyvyn reaaliaikaiseen ennus-tamiseen ja tulevaisuudessa myös harjoittelun ja kuntotason kehittymisen ennakointiin. Nämä työka-lut tarjoavat tutkijoille, valmentajille ja urheilijoille uusia menetelmiä maksimoida suorituskyykyä.

*Artikkeli perustuu Stephen S. Cheungin Kunto-testauspäivillä 15.–16.3.2017 pitämään luentoon ”Power-based Cycling Training”. Tekstin käännös Jyrki Aho. Alkuperäinen luentomateriaali ja alkuperäinen englanninkielinen teksti ovat luettavissa kuntotestauspäivien materiaalisalkusta osoitteessa [www.lts.fi/koulutus/kuntotestauspäivät/kuntotestauspäivät-2017](http://www.lts.fi/koulutus/kuntotestauspäivät/kuntotestauspäivät-2017)*

#### LÄHTEET:

- Burnley, M. Doust, J.H. & Vanhatalo, A.** 2006. A 3-min All-Out Test to Determine Peak Oxygen Uptake and the Maximal Steady State: *Med Sci Sports Exerc* 38:1995–2003. doi: 10.1249/01.mss.0000232024.06114.a6
- Hill, A.** 1925. The physiological basis of athletic records. *Nature* 116:544–548.
- Jones, A.M. & Vanhatalo, A.** 2017 The “Critical Power” Concept: Applications to Sports Performance with a Focus on Intermittent High-Intensity Exercise. *Sports Med* 47:65–78. doi: 10.1007/s40279-017-0688-0
- Jones, A.M. Vanhatalo, A. & Burnley, M. et al.** 2010. Critical Power: Implications for Determination of  $\dot{V}O_{2max}$  and Exercise Tolerance: *Med Sci Sports Exerc* 42:1876–1890. doi: 10.1249/MSS.0b013e3181d9cf7f
- Poole, D.C. Burnley, M. Vanhatalo, A. et al.** 2016. Critical Power: An Important Fatigue Threshold in Exercise Physiology. *Med Sci Sports Exerc* 48:2320–2334. doi: 10.1249/MSS.0000000000000939
- Poole, D.C. Ward, S.A. Gardner, G.W. & Whipp, B.J.** 1988. Metabolic and respiratory profile of the upper limit for prolonged exercise in man. *Ergonomics* 31:1265–1279. doi: 10.1080/00140138808966766