



(12) **PATENTTIJULKAISU**
PATENTSKRIFT

(10) **FI 124368 B**

(45) Patenti myönnetty - Patent beviljats

31.07.2014

(51) Kv.lk. - Int.kl.

A61B 5/024 (2006.01)

A63B 24/00 (2006.01)

SUOMI – FINLAND

(FI)

PATENTTI- JA REKISTERIHALLITUS
PATENT- OCH REGISTERSTYRELSEN

(21) Patentihakemus - Patentansökning

20105310

(22) Saapumispäivä - Ankomstdag

26.03.2010

(24) Tekemispäivä - Ingivningsdag

26.03.2010

(41) Tullut julkiseksi - Blivit offentlig

27.09.2011

(73) Haltija - Innehavare

1 • Suunto Oy, Valimotie 7, 01510 Vantaa, SUOMI - FINLAND, (FI)

(72) Keksijä - Uppfinnare

1 • Martikka, Mikko, Vantaa, SUOMI - FINLAND, (FI)

2 • Lindman, Erik, Espoo, SUOMI - FINLAND, (FI)

(74) Asiamies - Ombud

Seppo Laine Oy, Itämerenkatu 3 B, 00180 Helsinki

(54) Keksinnön nimitys - Uppfinningens benämning

Menetelmä ja laite fysiologisten harjoitusparametrien laskemiseksi

Förfarande och anordning för kalkylering av fysiologiska träningsparametrar

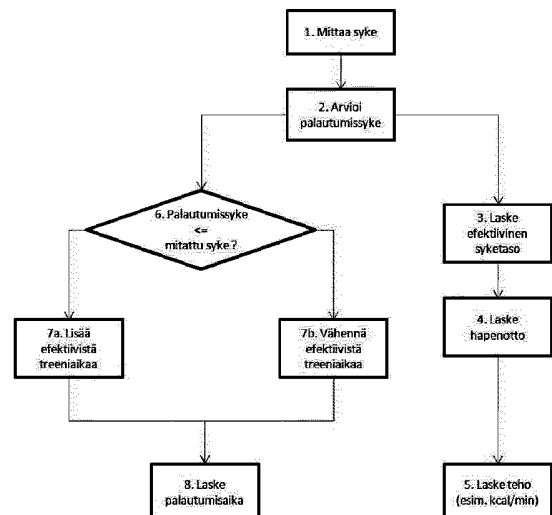
(56) Viitejulkaisut - Anförda publikationer

EP 2095763 A1, US 2007249949 A1, MYERS J., et al., Effects of exercise training on heart rate recovery in patients with chronic heart failure, American Heart Journal, Vol. 153, No. 6, Pages 1056-1063, 28.05.2007 <doi:10.1016/j.ahj.2007.02.038>, LACASSE M., et al., Post-exercise heart rate recovery and mortality in chronic obstructive pulmonary disease, Respiratory Medicine, Vol. 99, No. 7, Pages 877-886, 30.06.2005 <doi:10.1016/j.rmed.2004.11.012>

(57) Tiivistelmä - Sammandrag

Keksintö koskee menetelmä ja laitetta harjoitusparametrin määrittämiseksi henkilön fyysisen suorituksen aikana tai tämän jälkeen. Menetelmässä mitataan sydämen sykettä sykeanturilla, määritetään mittauksen perusteella sykearvo ja lasketaan sykearvon perusteella mainittu harjoitusparametri. Keksinnön mukaan sykearvon ja ennalta määrättyjen esitietojen pohjalta määritetään palautumissykearvo, joka on harjoituksen aikana dynaamisesti muuttuva ja mainittu harjoitusparametri määritetään käyttämällä hyväksi palautumissykearvoa. Keksinnön avulla on mahdollista arvioida tarkasti mm. suorituksen jälkeen tarvittavaa palautumisaikaa ja suorituksen aikaista energiankulutusta.

Uppfinningen avser ett förfarande och en anordning för bestämning av en träningsparameter under en persons fysiska prestation eller därefter. Vid förfarandet mäts hjärtpulsen medelst en pulsgivare, på basis av mätningen bestäms ett pulsvärde och på basis av pulsvärdet beräknas nämnda träningsparameter. Enligt uppfinningen bestäms på basis av pulsvärdet och förutbestämda förhandsdata ett återhämtningspulsvärde, som under träningen är dynamiskt varierbart och nämnda träningsparameter bestäms genom att utnyttja återhämtningspulsvärdet. Medelst uppfinningen är det möjligt att noggrant uppskatta bl.a. efter prestationen den erforderliga återhämtningstiden och energiförbrukningen under prestationen.



Menetelmä ja laite fysiologisten harjoitusparametrien laskemiseksi

Keksintö koskee menetelmää suorituksenaikeisten tai suorituksen jälkeisten harjoitusparametrien laskemiseksi. Erityisesti keksintö koskee sykemittaukseen pohjaavaa menetelmää suorituksen jälkeen tarvittavan palautumisajan (recovery time) sekä suoritukseen liittyvän energiankulutuksen (energy consumption) arvioimiseksi. Keksintö koskee myös vastaavaa laitetta.

Ennestään tunnetaan useita menetelmiä palautumisajan ja energiankulutuksen arvioimiseksi sykemittauksen perusteella. Tällaisia menetelmiä on esitetty mm. julkaisuissa EP 1147790, US 7192401, US 7460901, US 2006/0004265, WO 2007/99206 ja WO 2009/118645.

Esimerkiksi julkaisussa US 7192401 esitetyssä menetelmässä palautumisaikaa arvioidaan sykemittauksen perusteella kahden harjoituksen intensiteetistä riippuvan ja harjoituksen kestosta riippumattoman painoarvokäyrän avulla.

Julkaisussa WO 2009/118645 esitetyssä menetelmässä palautumisaikaa arvioidaan metabolisen ja mekaanisen komponentin avulla. Metabolista komponenttia arvioidaan harjoituksen rasittavuuden perusteella, jota varten puolestaan arvioidaan harjoitukseen liittyvää proteiininpoltonopeutta.

Sykemittausten avulla, tarkemmin sanottuna sykevälien jaksollisuuden perustella, on myös arvioitu henkilön hengitystiheyttä ja tätä kautta muodostettu tarkempia arvioita energiankulutuksesta ja palautumisajasta. Yksi tällainen menetelmä on esitetty esimerkiksi julkaisussa US 7460901. Näiden menetelmien heikkoutena on kuitenkin laskennallinen raskaus ja se, että mitatun syke-data pitää olla erittäin hyvälaatuista, jotta hengitystiheyden määrittäminen sykevälikohinan jaksollisuuden perusteella olisi ylipäänsä mahdollista. Sykeväli-mittauksen epävarmuutta aiheuttavat mm. mittauselektrodien liike ja tiedonsiirron katkot. Tällöin hengitystiheyden laskennassa on käytännössä epävarmuutta. Lisäksi ihmisen sydämen reagointiaika muutokseen mitataan sekunneissa.

Tästä ongelmasta voidaan päästä eroon siirtymällä suoraan syke- tai keskisykepohjaisiin menetelmiin, mutta tällöin menetetään hengitystiheyden tuntemisen tuomaa "fysiologista"

laskentatarkkuutta. Keskisyke on kuitenkin kertaluokkaa luotettavammin määritettävissä harjoituksen aikana kuin hengitystiheys.

Yhtenä ongelmana sekä tunnetuissa energiankulutus- että tunnetuissa palautumisaikalaskennoissa on, että vaikka menetelmät toimisivat hyvin yhdessä lajissa, ne voivat antaa huomattavan virheellisiä arvoja jossakin toisessa lajissa.

Yhteenvetona voi sanoa, että vaikka sykepohjaiseen energiankulutuksen laskentaan on panostettu huomattavasti viime vuosina, on tunnetuissa menetelmissä kuitenkin huomattavia puutteita.

Keksinnön tarkoituksena on vähentää yllä mainittuja ongelmia ja saada aikaan menetelmä, joka huomioi harjoitusparametrien laskennassa paremmin suorituksen luonteen, eli kuorittavuuden ja edelleen tämän fysiologisen vaikutuksen.

Erityisesti keksinnön tarkoituksena on tuottaa keskisykepohjaisena toteuttamiskelpoinen, ja siten mittaustekniikaltaan yksinkertaisempi ja yleisesti luotettavampi menetelmä harjoitusparametrien laskentaan.

Keksintö perustuu siihen ajatukseen, että harjoitusparametri lasketaan käyttämällä hyödyksi palautumissykettä, eli suorituksen aikana dynaamisesti päivitettävää arvioitua syketasoa, jolle henkilön syke palautuu tietyssä ajassa, kun suoritus lopetetaan. Yksityiskohtaisemmin esitettynä menetelmässä

- mitataan sydämen sykettä sykeanturilla,
- määritetään mittauksen perusteella sykearvo,
- määritetään sykearvon ja ennalta määrättyjen esitietojen pohjalta palautumissykearvo, joka on harjoituksen aikana dynaamisesti muuttuva,
- määritetään mainittu harjoitusparametri käyttämällä hyväksi palautumissykearvoa.

Palautumissykearvon dynaaminen muuttuvuus tarkoittaa, että arvoa päivitetään harjoituksen aikana harjoituksesta kerätyn syketiedon pohjalta. Edullisesti päivitys tehdään rekursiivisesti hyödyntämällä edellistä palautumissykearvoa ja nykyistä sykearvoa. Yhden sovellusmuodon mukaan näiden tietojen lisäksi käytetään ainakin yhtä nykyisen sykkeen suhteen taulukoitua esitietoa, kuten sykkeen saturaatiotasoa ja/tai sykkeen saturaatiotason muutosnopeutta.

Täsmällisemmin keksinnön mukaiselle menetelmälle on tunnusomaista se, mitä on sanottu patenttivaatimuksessa 1. Keksinnön mukaiselle laitteelle taas on ominaista se, mitä on sanottu patenttivaatimuksessa 17.

Sykearvo voi olla todellinen syketiheys. Edullisen sovellutusmuodon mukaan sykearvona
 5 käytetään kuitenkin todellisesta syketiheydestä HR johdettua sykearvoa, joka ottaa huomioon henkilön leposykkeen vaikutuksen. Tällainen sykearvo saadaan kaavalla, jossa tekijänä on todellisen syketiheyden HR ja henkilön leposyketiheyden HR_{rest} erotus HR-HR_{rest}. Erityisen edullisesti todellinen syke suhteutetaan siihen sykealueeseen, joka urheilijalla on teoreettisesti käytettävissään suoritusta tehdessään, eli "sykereserviin". Tällainen sykearvo
 10 saadaan käyttämällä kaavaa, jossa tekijänä on $(HR-HR_{rest})/(HR_{max}-HR_{rest})$, jossa HR on todellinen syke, HR_{rest} on henkilön leposyke ja HR_{max} on henkilön maksimisyke.

Palautumissykearvo määritetään nykyisen sykearvon ja esitietojen pohjalta. Esitietoina on tyypillisimmin taulukoitu tai mallinnettu tieto palautumissykkeen saturaatiotasosta, johon nykyisellä harjoitusintensiteetillä päädytään, jos harjoitusta jatketaan riittävän pitkään.
 15 Tämä tieto on tyypillisimmin lajiriippuva. Esitietona on edullisesti myös tieto henkilön nykyisestä kuntotasosta, eli jokin henkilön kuntotasoa kuvaava indeksi.

Yhden sovellutusmuodon mukaan palautumissykearvo määritetään rekursiivisesti käyttämällä hyödyksi aiemmin määritettyä palautumissykearvoa, jolloin menetelmässä käytetään ensimmäistä taulukkoa, joka liittää yhteen sykearvoja ja näitä vastaavia palautumissy-
 20 kearvon saturaatiotasoa, haetaan ensimmäisestä taulukosta nykyistä sykearvoa vastaava palautumissykearvon saturaatiotaso ja muutetaan palautumissykearvoa mainitun saturaatiotason perusteella.

Jos palautumissykearvoa määritetään tällä algoritmilla ensimmäisen kerran, voidaan yllä mainittuna aiemmin määritettynä palautumissykearvona ennalta määrättyä alkupalautumissykearvoa, kuten henkilön leposykettä.
 25

Yhden sovellutusmuodon mukaan ensimmäisen taulukon sisältö valitaan sen perusteella onko nykyinen sykearvo suurempi vai pienempi kuin aiemmin määritetty palautumissykearvo.
 30

Edullisen suoritusmuodon mukaan palautumissykearvoa kasvatetaan aina jos saturaatiotaso on aiemmin määritettyä palautumissykearvoa suurempi ja pienennetään, jos saturaatiotaso on tätä pienempi. Saturaatiotason ja aiemmin määritetyn palautumissykkeen erotus määrää ainakin osittain tarvittavan muutoksen suuruuden.

- 5 Yhden sovellutusmuodon mukaan palautumissykearvon määrittämiseksi käytetään lisäksi toista taulukkoa, joka liittyy yhteen sykearvoja ja näitä vastaavia saturaationopeuskertoimia, haetaan toisesta taulukosta nykyistä sykearvoa vastaava saturaationopeuskerroin ja muutetaan palautumissykearvoa mainitun saturaatiotason ja saturaationopeuskertoimen perusteella.
- 10 Toisen taulukon sisältö valitaan edullisesti henkilön kuntoa kuvaavan indeksin perusteella. Tämä tehdään siksi, että hyväkuntoisella henkilöllä palautumissyke muuttuu hitaammin kuin huonokuntoisella, ts. tietyn suoritusajan jälkeen hyväkuntoisen syke palautuu nopeammin alemmalle tasolle kuin huonokuntoisen.

- Edelleen, keksinnön varsinaisena päämääränä oleva harjoitusparametrin laskeminen suoritetaan edullisimmin vähentämällä nykyisestä sykearvosta määritetty palautumissykearvo muunnetun sykearvon saamiseksi ja laskemalla edelleen mainittu harjoitusparametri käytämällä hyväksi muunnettua sykearvoa. Toisin sanoen harjoituksen fysiologista vaikutusta mallinnetaan kullakin ajanhetkellä paitsi nykyisen sykearvon, myös harjoituksen aikana muuttuvan palautumissykearvon perusteella.
- 15

- 20 Yhden sovellutusmuodon mukaan palautumissykearvon perusteella laskettu harjoitusparametri on palautumisaika, joka kuvaa henkilön meneillään olevasta harjoituksesta täysin palautumiseen tarvittavaa lepoaikaa.

- Palautumisaika voidaan laskea rekursiivisesti aiemmin määritetyn palautumisajan perusteella siten, että aina kun nykyinen sykearvo on suurempi kuin määritetty palautumissykearvo, palautumisaikaa kasvatetaan, ja aina kun nykyinen sykearvo on pienempi tai yhtä suuri kuin määritetty palautumissykearvo, palautumisaikaa pienennetään.
- 25

Harjoituksen alussa palautumisaika voi olla nolla tai vaihtoehtoisesti jokin nolosta poikkeava alkuarvo, jos palautuminen edellisestä harjoituksesta on vielä kesken.

Edelleen, palautumisaika lasketaan ns. efektiivisen harjoitusajan perusteella, joka efektiivinen harjoitus aika lasketaan henkilön todellisen syketiheyden sekä henkilön maksimisuorituskyvyn perusteella, maksimisuorituskyvyn ollessa edullisesti valittu riippuen henkilön suorittaman lajin tyypistä.

- 5 Palautumisaika lasketaan edullisesti ottamalla huomioon myös henkilön kuntotaso kuvaava indeksi, koska kuntotaso vaikuttaa elimistön kykyyn palautua fyysisen rasituksen aiheuttamasta poikkeustilasta.

Yhden sovellutusmuodon mukaan palautumissykearvon perusteella laskettu harjoitusparametri on energiankulutus.

- 10 Energiankulutus voidaan laskea siten, että muunnetaan sykearvo hapenkulutusarvoksi ja lasketaan energiankulutus hapenkulutusarvon perusteella funktiolla, joka riippuu henkilön sukupuolesta, iästä ja henkilön kuntotaso kuvaavasta indeksistä. Edullisimmin sykearvo muunnetaan hapenkulutusarvoksi eri muunnoksella aina siitä riippuen, onko sykearvo pienempi vai suurempi kuin palautumissyke, jolloin voidaan huomioida suorituksen intensiteetin muutosten havaittu vaikutus energiankulutukseen.
- 15

Keksinnön avulla saavutetaan huomattavia etuja. Erityisesti keksinnön avulla voidaan suorituksen fysiologisia vaikutuksia, erityisesti energiankulutusta ja palautumisaikaa, arvioida erittäin tarkasti ilman sykevälimittausta. Tämä johtuu siitä, että keksinnön mukaan palautumissyke, joka on arvioitavissa mitatun sykkeen ja soveltuvien esitietojen pohjalta, kuten myöhemmin tarkemmin kuvataan, antaa tarkan kuvan suorituksen kuormittavuudesta.

20

Koska syketiheysmittaus on huomattavasti luotettavampi mittaus kuin sykevälimittaus, keksintö poistaa tunnettujen ratkaisujen mittausvirheeseen liittyvän epäluotettavuusongelman. Esillä olevan palautumislaskennan yhtenä etuna on se, että palautumisaika liitetään todellisiin havaintoihin palautumistarpeesta – ei hypoteeseihin siitä, miten metabolian häiriintyminen palautuu jonkun mallin perusteella, kuten joissakin tunnetun tekniikan mukaisissa menetelmissä.

25

Yllä on kuvattu esillä olevan keksinnön peruseriaate ja joitakin keskeisiä sovellutusmuotoja ja etuja yleisellä tasolla. Muita sovellutusmuotoja ja etuja sekä tarkemmat yksityiskohdat ja matemaattiset kaavat keksinnön toteuttamiseksi käytännössä ainakin yhdellä ta-

valla on esitetty seuraavassa yksityiskohtaisessa kuvauksessa viitaten oheisiin piirustuksiin.

Kuviossa 1a esitetään ihmisen syke maksimijuoksusuorituksessa prosentteina maksimisykkeestä.

- 5 Kuvioissa 1b ja 1c esitetään ihmisen juoksun rajat prosentteina maksiminopeudesta suhteutettuna 1500 m ja 100 m maailmaennätyksiin, vastaavasti.

Kuviossa 2 esitetään kaavamaisesti ihmisen absoluuttiset lepo- ja maksimisykerajat sekä suorituksen mukaan muuttuvat maksimisuoritusyke ja palautumissyke.

- 10 Kuviossa 3 esitetään palautumisaikalaskennassa käytettävän painokerroinfunktion periaatteellinen muoto.

Kuviossa 4 esitetään esimerkinomaisesti palautumisaika suhteutettuna efektiiviseen harjoitusaikaan.

- 15 Kuviossa 5 esitetään hapenkulutuksen vaste nousevaan suorituksen intensiteettiin. Kuviossa 6 esitetään vuokaaviona energiankulutuslaskenta ja palautumisaikalaskenta keksinnön yhden sovellutusmuodon mukaan.

Kuviossa 7 esitetään esimerkinomaisesti palautumissykkeen saturaatiotasofunktio yhdellä kuntotasolla.

Kuviossa 8 esitetään palautumissykkeen käyttäytyminen todellisen harjoituksen aikana.

- 20 Kuviossa 9 esitetään esimerkinomaisesti keksinnössä kuvatuilla periaatteilla laskettu hapenkulutus, josta voidaan edelleen arvioida energiankulutus.

Määritelmiä

- 25 Alla lyhennettä HR käytetään viittaamaan absoluuttiseen syketiheuteen ja lyhennettä hrr viittaamaan syketiheyden ja leposykkeeseen suhdetta sykereserviin (yksikkönä tyypillisesti "prosenttia sykereservistä"). Ellei toisin mainita tai ole muuten ymmärrettävissä, termit "sykearvo" ja "syketaso" kattavat molemmat yllämainitut käsitteet sekä muut sykemittauksen perusteella jollakin muunnoksilla saadut sellaiset johdannaiset, jotka myös kuvaavat suorituksen intensiteettiä.

Tarkempia määritelmiä sekä näiden johdannaisia on esitetty alla.

"Palautumissykkeellä" ($HR_{\text{recovery}} / hrr_{\text{recovery}}$) tarkoitetaan syketasoa, joka saavutetaan kun suoritus keskeytetään ja ollaan paikoillaan. Palautumissyke voidaan todellisuudessa mitata keskisykkeenä tietyn ajanjakson yli välittömästi suorituksen keskeyttämisen jälkeen tai

5 tietyn ajanjakson kuluttua tästä. Mielivaltaisen suorituksen aikana palautumissyke riippuu tehdystä työstä ja harjoituksen kestosta. Esillä olevassa menetelmässä palautumissykettä arvioidaan laskennallisesti dynaamisesti harjoittelun edetessä ilman, että harjoitusta täytyy keskeyttää. Toisin sanoen jokaista harjoituksen ajankohtaa vastaa joku palautumissykelukema, joka (ideaalitapauksessa) voitaisiin mitata, jos suoritus keskeytettäisiin ja oltaisiin

10 paikoillaan.

Molemmissa keksinnön pääsovelluksissa – palautumisaikalaskennassa ja energiankulutuslaskennassa – hyödynnetään palautumissykettä. Esimerkinomainen tapa määrittää palautumissyke on esitetty myöhemmin.

"Palautumissykkeen saturaatiotaso" (HR_{sl} / hrr_{sl}) on taso, jonne palautumissyke nousee,

15 kunhan nykyistä intensiteettiä jatketaan riittävän pitkään. Saturaatiotaso riippuu paitsi suorituksen intensiteetistä, myös suorittajan kuntotasosta. Saturaatiotasoja eri syketasoille voidaan mallintaa ja taulukoida. Käytännössä taso voidaan arvioida maksimaalisten ja submaksimaalisten testien sykemittauksista. Myös intervallityyppisten harjoitusten sykemittauksista voidaan saada hyviä estimaatteja palautumissykkeen saturaatiotasolle. Tyypillisesti palautumissykkeen saturaatiotaso on välillä 0-50, etenkin 0-30 prosenttia sykereservistä, suorituksen intensiteetistä riippuen intensiteettivälillä 0 – 100 prosenttia sykereservistä.

20

"Palautumissykkeen saturaatiokerroin" (sl_{coeff}) on puolestaan saturaatiotasoon liittyvä muutosnopeus, jolla ko. saturaatiotaso saavutetaan. Myös saturaatiokerroin riippuu paitsi suorituksen intensiteetistä, myös suorittajan kuntotasosta. Myös saturaatiokerroin on mallinnettavissa esimerkiksi siten, että sen arvot on valittu siten, että loppusuureen (esimerkiksi energiakulutus) keskimääräinen virhe minimoituu verrattuna referenssimittaukseen. Edelleen, mallinnetut saturaatiokerroimet voidaan taulukoida. Tyypillisesti saturaatiokerroin vaihtelee välillä 0 - 0,15, etenkin 0 - 0,10, suorituksen intensiteetistä riippuen intensiteettivälillä 0 – 100 prosenttia sykereservistä.

25

30

"Maksimisuoritusrytillä" ($HR_{\max\text{perf}} / hrr_{\max\text{perf}}$) tarkoitetaan henkilön korkeinta syketa-
 soa, jota henkilö voi ylläpitää tiettyyn aika/matkatavoitteeseen pääsemiseksi. Maksimisuoritusrytke muuttuu (laskee) harjoituksen edetessä ja se on aina pienempi kuin maksimisyke, joka vastaa henkilön suurinta mahdollista sydämen lyöntitiheyttä. Maksimisuoritusrytke on
 5 käytännössä lajikohtainen ja eri lajeille voidaan laatia eri lailla normeeratut maksimisyketaulukot tai -funktiot. Kuviossa 1a esitetään esimerkinomaisesti ihmisen maksimisuoritusrytke prosentteina maksimisykkeestä maksimisuorituksessa juoksuajan funktiona (noin 6 tuntiin asti). Käyrä on laadittu käyttämällä hyväksi vuoden 2010 alussa voimassa olleita juoksulajien maailmanennätyksiä (iaaf.org). Kuviossa 1b ja 1c esitetään ihmisen juoksunopeuden teoreettiset rajat suhteutettuna 1500 m maailmanennätykseen ja 100 m maailmanennätykseen, vastaavasti. Kuvion 1a käyrä on muodostettu olettamalla, että 1500 m ennätys vastaa maksimaalista aerobista vauhtia ja henkilön maksimisykettä. Kuvaajaa pitää
 10 tulkita siten, että jos henkilö aikoo juosta maksimisuorituksen kestoltaan 3 h, niin suorituksen keskisyke pitää olla korkeintaan n. 75% sykereservistä. Tämä edellyttää tietenkin sitä, että urheilija on harjoitellut riittävästi kestävyysominaisuuksia ja on huippukunnossa. Vastaavia käyriä voidaan muodostaa vastaavasti myös muille lajeille kuin juoksulle.

"Sykereservillä" tarkoitetaan henkilön leposykkeen (HR_{rest}) ja maksimisykkeen (HR_{\max}) välistä sykealuetta, jolla syke (HR) käytännössä aina on.

Kuviossa 2 havainnollistetaan yllä esitettyjä käsitteitä graafisesti esimerkinomaisen suorituksen avulla.
 20

Nykyistä sykettä kuvaa termi $HR_{\text{now}} / hrr_{\text{now}}$.

Termit "old" ja "new" viittaavat rekursiivisessa laskennassa aikaisempaan ja uuteen arvoon, vastaavasti. Termi "now" puolestaan viittaa nykyiseen mitattuun sykearvoon.

Efektiiivisellä harjoitusajalla (d_{eff}) tarkoitetaan harjoitusaikaa, jossa on huomioitu harjoituksen rasittavuus. Kevyttä suoritusta vastaava efektiivinen harjoitusaika on siis pienempi kuin ajalliselta kestoltaan yhtä pitkän raskaan suorituksen.
 25

"Kuntoindeksillä" tarkoitetaan henkilön yleiskuntoa kuvaavaa suuretta, joka voi olla käyttäjän syötettävissä tai automaattisesti määritettävissä. Erityisesti kuntoindeksillä tarkoitetaan tässä Shvarzin ja Reiboldin luokittelua skaalalla 1-7, sekä tämän johdannaisia. Esi-

merkiksi skaalaa 1-7 voidaan jatkaa ekstrapoloimalla sovitettut funktiot havaintoaineiston ulkopuolella laajennettun, välillä 0-10 olevan kuntoindeksin saamiseksi. Tämä laajennettu indeksi voidaan laatia sellaiseksi, että se sovituu Shvarzin ja Reiboldin aineistoon alueella 1-7 ja kun harjoittelijan ikä on välillä 10 - 70 vuotta.

- 5 Hapenkulutusreservillä tarkoitetaan henkilön maksimaalisen hapenkulutuksen ja lepotilan hapenkulutuksen eroa.

Palautumissykkeen arvioiminen

Yhden sovellusmuodon mukaan palautumissyke arvioidaan rekursiivisesti kulloisenkin sykkeen perusteella käyttämällä esitietoina henkilön leposykettä ja maksimisykettä. Nämä parametrit ovat tyypillisesti käyttäjän syötettävissä laitteeseen tai laite voi määrittää nämä automaattisesti tätä tarkoitusta varten olevan ohjelman avulla. Leposyke voi esillä olevassa laskennassa myös olla henkilöstä riippumatta vakio, esim. 60 lyöntiä/min, joka on hyvä keskimääräinen arvio. Menetelmä etenee vaiheittain seuraavasti:

1. Mitataan syke (HR) ja muutetaan se prosenteiksi sykereservistä:

15
$$hrr_{now} = (HR - HR_{rest}) * 100\% / (HR_{max} - HR_{rest})$$
 2. Haetaan taulukosta nykyistä syketasoa (hrr_{now}) vastaava palautumissykkeen saturaatiotaso (hrr_{sl}), joka on myös yksikössä sykereservi prosentti.
 3. Päivitetään nykyistä palautumissyketasoa ($hrr_{recovery_old}$) kohti saturaatiotasoa taulukosta haetulla saturaatiokertoimella (sl_{coeff}) uuden palautumissyketason ($hrr_{recovery_new}$) saamiseksi. Päivitysyhtälö voi olla esimerkiksi muotoa

20
$$hrr_{recovery_new} = hrr_{recovery_old} + sl_{coeff} * (hrr_{sl} - hrr_{recovery_old}).$$
 4. Jos nykyinen syketaso on pienempi kuin taulukosta haettu saturaatiotaso, valitaan saturaatiotaso- ja saturaatiokerrointaulukon sisältö vastaamaan lepotilannetta (off-vaste). Muutoin käytössä ovat rasituksen aikaiset taulukon arvot (on-vaste).
- 25 Kuviossa 7 on esitetty yhteen kuntotasoon liittyvä palautumissykkeen saturaatiotasot syketason funktiona ja kuviossa 8 tätä vastaava esimerkki palautumissykkeen käyttäytymisestä harjoituksen aikana. Kuvatut saturaatiotasot ovat esimerkinomaisia ja niiden tarkat arvot saattavat muuttua referenssimateriaalin lisääntyessä ja mallin tarkentuessa. Tavoitteena

tässäkin on minimoida keskivirhe mallin ja referenssimittauksien tulosten välillä. Kuviossa 7 esitetyt arvot on-vasteelle on lueteltu myös taulukossa 1.

Taulukko 1. Esimerkki palautumissykkeen saturaatiotasosta ja –nopeuksista intensiteetin funktiona on-vasteessa. Saturaatiokerroin vastaa tilannetta, jossa palautumissykettä päivitetään kerran 10 sekunnissa.

Intensiteetti [%hrr]	Saturaatiotaso [%hrr]	Saturaatiokerroin
0	0	0,00
10	0	0,01
20	0	0,02
30	2	0,03
40	5	0,04
50	10	0,05
60	13	0,06
70	14	0,07
80	15	0,08
90	23	0,09
100	30	0,10
110	50	0,11

Palautumisaikalaskenta

Yhden sovellutusmuodon mukaan palautumissykettä hyödynnetään tarvittavan palautumisaian laskemisessa.

Yhden sovellutusmuodon laskenta perustuu siihen, että aina, kun syke on laskennallinen palautumissyke tai sitä pienempi, palautumisaikaa pienennetään, muulloin palautumisaikaa kasvatetaan. Tätä havainnollistetaan myös kuviossa 2, jossa katkoviivalla esitetään nykyinen syke ja yhtenäisellä viivalla palautumissyke.

- 5 Palautumisaika riippuu harjoituksen kestosta sekä sen rasittavuudesta. Käytännössä palautumisaikaa voidaan arvioida laskemalla nämä tekijät yhdistävä efektiivinen harjoitusaika. Tällöin mitattu syke suhteutetaan harjoituksen keston liittyvään maksimisuoritus-
 10 sykkeeseen $HR_{\max\text{perf}}$. Tämä suhdeluku muunnetaan edelleen efektiiviseksi harjoitusaikalisäykseksi Δd_{eff} ensimmäisellä muunnosfunktiolla f_1 . Muunnosfunktio voi olla juoksun tapauksessa esimerkiksi muotoa

$$\begin{aligned}\Delta d_{\text{eff}} &= f_1(HR, HR_{\text{recovery}}, HR_{\max\text{perf}}) \\ &= (\exp(2 * (HR - HR_{\text{recovery}}) / (HR_{\max\text{perf}} - HR_{\text{recovery}})) - 1) * \text{coeff}.\end{aligned}$$

Edellisessä kaavassa

$$\begin{aligned}\text{coeff} &= \text{coeff}(HR, HR_{\text{rest}}, HR_{\max}) \\ 15 \quad &= 0.00057 * \text{hrr} * \text{hrr} - 0.11360 * \text{hrr} + 7.34503\end{aligned}$$

Funktion tarkka muoto riippuu myös lajista. Edellisessä on oletettu, että mitattu syke HR on suurempi kuin laskennallinen palautumissyke. Kaavassa esitetyt vakio kertoimet ovat suuntaa antavia.

- 20 Funktion f_1 muodostamisessa on yllä käytetty sitä peruseriaatetta, että vakiosykkeellä HR saavutetaan maksimisuorituskyvyn taso $HR_{\max\text{perf}} = HR$ ajassa, joka vastaa ko. suhteellisella intensiteetillä tehtyä maailmanennätystä.

Uusi efektiivinen harjoitusaika on efektiivisen harjoitusajan ja efektiivisen harjoitusaikalisäyksen summa. Niinpä

$$d_{\text{eff_new}} = d_{\text{eff_old}} + \Delta d_{\text{eff}}.$$

- 25 Painokerroinfunktio f_1 voi olla muodoltaan siis monotonisesti kasvava eksponenttifunktio, jonka kuviossa 3 esitetyn kaltaisen efektiivisen treeniajan kertymisen. Tällaisen funktion

avulla suorituksen rasittavuuden kasvu erityisesti fysiologisesti korkeilla sykearvoilla voidaan huomioida palautumisajan suurempana lisäyksenä, mikä vastaa hyvin todellisuutta.

Yhden sovellutusmuodon mukaan aina, jos syke ylittää maksimisuoritusyksen, palautumisaikaa kasvatetaan voimakkaasti, ts. nopeammin kuin sykkeen ollessa palautumissykkeen ja maksimisuoritusyksen välissä. Tällaista käyttäytymistä voidaan mallintaa funktion f_1 kaavassa esitetyn eksponenttifunktion sijaan esim. paloittain lineaarisella funktiolla.

Palautumisaika saadaan edelleen muuttamalla efektiivinen harjoitusaika palautumisaikatarpeeksi toisen muunnosfunktion f_2 avulla. Esimerkiksi kuviossa 4 esimerkki tällaisesta muunnosfunktioista f_2 . Funktio f_2 voidaan muodostaa arvioimalla palautumistarve eri mittaisista suorituksista. Esimerkiksi juoksussa tämä voidaan tehdä taulukoimalla palautumistarpeet maksimaalisista suorituksista suoritusta vastaavan matkan funktiona. Esimerkiksi ”George Sheehan (1972) esitti, että 8 km suorituksesta pitää levätä viikko, 16 km suorituksesta 2 viikkoa ja puolimaratonista kuukausi” (vapaa lainaus teoksesta *Lore of Running*, Timothy Noakes, 4. painos). Nämä arviot ovat konservatiivisia ja ovat tarkoitettu kilpaurheiluun. Toisin sanoen palautumistarvelaskenta perustuu kokemuseräisiin havaintoihin urheilusuorituksista palautumisiin. Palautumiseen vaikuttaa moni asia, mutta yksi merkittävä tekijä on urheilijan kuntotaso. Yleisesti funktio f_2 on siis muotoa

$$t_{\text{recovery}} = f_2(d_{\text{eff}}, \text{kuntoindeksi}, \text{urheilulaji}).$$

Energiankulutuslaskenta

Yhden sovellutusmuodon mukaan palautumissykettä käytetään hyväksi energiankulutuksen laskennassa.

Edullisen sovellutusmuodon mukaan energiankulutus lasketaan käyttämällä perussuurena palautumissykkeenkin arvioinnissa käytettyä suuretta "prosenttia sykereservistä". Todellisen leposykkeen sijaan energialaskentakaavassa käytetään kuitenkin palautumissykettä

HR_{recovery} . Tällöin saadaan efektiivinen syketaso hrr_{eff} :

$$hrr_{\text{eff}} = (HR - HR_{\text{recovery}}) * 100\% / (HR_{\text{max}} - HR_{\text{recovery}}).$$

Esimerkiksi sykkeen muunnos suhteelliseksi hapenkulutusarvoksi (VO_2 prosenttia henkilön maksimaalisesta hapenkulutusreservistä $VO_{2\text{Max}} - 3.5 \text{ ml/kg/min}$) on esitetty kuvios-

sa 5. Kuviota 5 ei pidä pitää fysiologisena ”totuutena” vaan mallinnuksen tuottamana funktiona, joka minimoi keskivirheen referenssimittauksiin nähden.

Suhteellisesta hapenkulutusarvosta saadaan lasketuksi hapenkulutus prosentteina maksimaalisesta hapenottoreservistä $VO_{2Max} - 3.5 \text{ ml/kg/min}$ ($=\%VO_{2reserve}$) ja tämä voidaan
5 muuttaa energiankulutukseksi, jos tiedetään henkilön kuntoa kuvaava indeksi, sukupuoli, ikä ja paino.

VO_{2Max} voidaan estimoida alan asiantuntijan tuntemalla tavalla Shvarzin ja Reiboldin aineiston pohjalta sovittamalla heidän keräämäänsä aineistoon sopivat funktiot. Toisin sanoen

10 $VO_{2Max} = f(\text{sukupuoli, ikä, kuntoindeksi}).$

Kun maksimihapenottoskaala on selvillä, saadaan hetkellinen suhteellinen hapenkulutusarvo VO_2 yksiköissä ml/kg/min:

$$VO_2 = (VO_{2Max} - 3.5 \text{ ml/kg/min}) * \%VO_{2reserve} + 3.5 \text{ ml/kg/min}.$$

Kaavassa ilmenevä 3.5 ml/kg/min vastaa palautuneessa lepotilassa tapahtuvaa hapenkulutusta (laskennallinen keskiarvo), josta käytetään myös yksikköä 1 MET.
15

Energiankulutukseksi minuutissa (yksikkö kcal/min) voidaan käyttää esimerkiksi kaavaa (mm. ACSM, www.acsm.org)

$$\text{Power} = VO_2 * \text{weight} / 200,$$

jossa weight on henkilön massa kilogrammoissa ja VO_2 hapenkulutus yksikössä
20 ml/kg/min.

Testeissä on todettu, että yllä kuvatulla mallilla virhe energiankulutuksen laskennassa on korkeintaan 5 – 10 % todelliseen energiankulutukseen nähden.

On huomattava, että esillä oleva energiankulutuslaskenta voidaan tehdä VO_2 -suureen sijaan myös lepotilan energiankulutusta kuvaavan 1 MET-suureen (metabolic equivalent of task) ja sen monikertojen avulla, kuten alan asiantuntija ymmärtää.
25

Seuraavaksi tarkastellaan kuviota 6, jossa esitetään vuokaaviona yllä esitetyt menetelmät. Menetelmä alkaa vaiheessa 1 syketiheyden mittauksella. Mitattu syketiheys suhteutetaan henkilön lepo- ja maksimisykkeeseen vaiheessa 2, josta saadaan tieto laskennallisesta palautumissykkeestä. Laskennallista palautumissykettä käytetään edelleen vaiheessa 3 arvi-
 5 oimaan henkilön efektiivistä syketasoa, josta lasketaan hapenkäytön osuus hapenkäyttöreservistä vaiheessa 4. Laskettu hapenkulutus muunnetaan tunnetuilla kaavoilla kehon tuotamaksi tehoksi vaiheessa 5.

Kuviossa 9 on esitetty esimerkki laskennan tuloksesta referenssimittaukseen verrattuna.

Vaiheessa 6 tarkastellaan mitattua sykettä suhteessa laskennalliseen leposykkeeseen. Mikä-
 10 li nykyinen syke on suurempi kuin palautumissyke, kasvatetaan efektiivistä harjoitusaikaa (vaihe 7a). Jollei näin ole, efektiivistä harjoitusaikaa vähennetään (vaihe 7b). Efektiivinen harjoitusaika muunnetaan palautumisaikatarpeeksi vaiheessa 8.

Yllä kuvattujen ja keksinnön avulla määritettyjen parametrien avulla on mahdollista laskea myös EPOC (Excess Post-exercise Oxygen Consumption), harjoitusvaikutus tai muita har-
 15 joituksen intensiteetistä riippuvia suureita, kuten alan ammattimies ymmärtää.

Välineistöksi esillä olevan menetelmän toteuttamiseen sopivat rannetietokoneet, kannetta-
 vat tietokoneet tai pöytätietokoneet, joissa on välineet sykkeen mittaamiseksi tai mahdolli-
 20 suus sykesignaalin tuomiseksi laitteeseen langallisesti tai langattomasti esimerkiksi syke-
 vyöstä. Reaaliaikaisen laskennan lisäksi menetelmää voidaan käyttää myös jälkikäteen
 käyttämällä tallennettua ajallista syketiheysinformaatiota, jota voidaan saada esimerkiksi
 tallentavasta sykevyöstä.

Yhden sovellutusmuodon mukaan laite käsittää ainakin seuraavat komponentit:

- Välineet sydämen sykkeen mittaamiseksi tai sykesignaalin tuomiseksi ulkoiselta sykeanturilta. Tyypillisimmin laite on rannetietokone, jossa on välineet sykesignaalin vastaanottamiseksi langattomasti erilliseltä sykevyöltä.
- Tiedonkäsittely-yksikön sykearvon määrittämiseksi sykkeen tai sykesignaalin perusteella ja mainitun harjoitusparametrin laskemiseksi sykearvon perusteella. Tiedonkäsittely-yksikkö voi käsittää mikroprosessorin, joka on toiminnallisesti liitetty mainittuihin välineisiin sykesignaalin mittaamiseksi tai vastaanottamiseksi.

- Muistivälineen fyysiseen suoritukseen ja/tai henkilöön liittyvien esitietojen tallentamiseksi. Muistiväline voi käsittää muistipiirin. Esitiedot voivat olla tehtaalla asetettuja ja/tai ne voidaan määrittää automaattisesti tai syöttää laitteen käyttöliittymäelimien avulla.
- 5 Tiedonkäsittely-yksikkö on sovitettu suorittamaan seuraavat toimenpiteet:
- Määrittämään sykearvon ja mainittujen esitietojen pohjalta palautumissykearvo. Kuten yllä on selitetty, palautumissykearvo kuvaa syketasoa, joka saavutetaan tietyssä ajassa sen jälkeen, kun suoritus lopetetaan.
 - Päivittämään palautumissykearvoa suorituksen aikana rekursiivisesti. Rekursiivisuuden ansiosta suoritushistoria vaikuttaa tietyllä hetkellä määritettyyn palautumissykkeeseen, mikä vastaa fysiologista todellisuutta.
- 10
- Määrittämään mainittu harjoitusparametri, kuten energiankulutus tai palautumisaika, palautumissykearvon perusteella, esimerkiksi kuten yllä on tarkemmin kuvattu.
- 15 Yllä kuvatut yksityiskohtaiset sovellutusmuodot ja esimerkit sekä oheiset piirustukset on tarkoitettu havainnollistamaan keksintöä eivätkä ne rajoita keksinnön suojapiiriä, joka määritellään oheisissa patenttivaatimuksissa.

Patenttivaatimukset:

1. Menetelmä harjoitusparametrin määrittämiseksi henkilön fyysisen suorituksen aikana tai tämän jälkeen, jossa menetelmässä

- mitataan sydämen sykettä sykeanturilla,
- 5 – määritetään mittauksen perusteella sykearvo,
- lasketaan sykearvon perusteella mainittu harjoitusparametri,

tunnettu siitä, että

- määritetään sykearvon ja ennalta määrättyjen esitietojen pohjalta palautumissykearvo, joka on harjoituksen aikana dynaamisesti muuttuva,
- 10 – määritetään mainittu harjoitusparametri käyttämällä hyväksi palautumissykearvoa.

2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että sykearvo on todellisesta syketiheydestä HR johdettu sykearvo, joka lasketaan kaavalla, jossa tekijänä on todellisen syketiheyden HR ja henkilön leposyketiheyden HR_{rest} erotus $HR - HR_{rest}$.

3. Patenttivaatimuksen 2 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että mainittu erotus suhteutetaan käytettävissä olevaan sykereserviin käyttäen kaavaa, jossa tekijänä on $(HR - HR_{rest}) / (HR_{max} - HR_{rest})$, jossa HR on todellinen syke, HR_{rest} on henkilön leposyke ja HR_{max} on henkilön maksimisyke.

4. Jonkin edellisen patenttivaatimuksen mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että palautumissykearvo lasketaan kaavalla, jossa tekijänä on henkilön kuntotasoa kuvaava indeksi.

20 5. Jonkin edellisen patenttivaatimuksen mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että palautumissykearvo määritetään rekursiivisesti käyttämällä hyödyksi aiemmin määritettyä palautumissykearvoa, jolloin menetelmässä

- käytetään ensimmäistä taulukkoa, joka liittää yhteen sykearvoja ja näitä vastaavia palautumissykearvon saturaatiotasoa,
- 25 – haetaan ensimmäisestä taulukosta nykyistä sykearvoa vastaava palautumissykearvon saturaatiotaso, ja
- muutetaan palautumissykearvoa mainitun saturaatiotason perusteella.

6. Patenttivaatimuksen 5 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että ensimmäisen taulukon sisältö valitaan sen perusteella onko nykyinen sykearvo suurempi vai pienempi kuin palautumissykearvo.
- 5 7. Patenttivaatimuksen 5 tai 6 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että
- käytetään lisäksi toista taulukkoa, joka liittyy yhteen sykearvoja ja näitä vastaavia saturaationopeuskertoimia,
 - haetaan toisesta taulukosta nykyistä sykearvoa vastaava saturaationopeuskerroin,
 - muutetaan palautumissykearvoa mainitun saturaatiotason ja saturaationopeusker-
- 10 toimen perusteella.
8. Patenttivaatimuksen 7 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että toisen taulukon sisältö valitaan henkilön kuntoa kuvaavan indeksin perusteella.
9. Jonkin edellisen patenttivaatimuksen mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että
- sykearvon perusteella lasketaan muunnettu sykearvo vähentämällä siitä määritetty
- 15 palautumissykearvo, ja
- lasketaan edelleen mainittu harjoitusparametri käyttämällä hyväksi muunnettua sykearvoa.
10. Jonkin edellisen patenttivaatimuksen mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että mainittu harjoitusparametri on palautumisaika, joka kuvaa henkilön meneillään olevasta harjoituksesta täysin palautumiseen tarvittavaa lepoaikaa.
- 20 11. Patenttivaatimuksen 10 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että palautumisaika lasketaan rekursiivisesti aiemmin määritetyn palautumisajan perusteella siten, että
- aina kun nykyinen sykearvo on suurempi kuin määritetty palautumissykearvo, palautumisaikaa kasvatetaan, ja
- 25 – aina kun nykyinen sykearvo on pienempi tai yhtä suuri kuin määritetty palautumissykearvo, palautumisaikaa pienennetään.

12. Patenttivaatimuksen 10 tai 11 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että palautumisaika lasketaan efektiivisen harjoitusajan perusteella, joka efektiivinen harjoitusaika lasketaan henkilön todellisen syketiheyden sekä henkilön maksimisuoritusykykeen perusteella, maksimisuoritusykykeen ollessa edullisesti valittu riippuen henkilön suorittaman lajin tyypistä.
- 5 13. Jonkin patenttivaatimuksen 10 – 12 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että palautumisaika lasketaan ottamalla huomioon henkilön kuntotaso kuvaava indeksi.
14. Jonkin patenttivaatimuksen 1-9 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että mainittu harjoitusparametri on energiankulutus.
15. Patenttivaatimuksen 14 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että
- 10 – muunnetaan sykearvo hapenkulutusarvoksi,
- lasketaan energiankulutus hapenkulutusarvon perusteella algoritmilla, joka huomioi henkilön sukupuolen, iän, painon ja henkilön kuntotaso kuvaavan indeksin.
16. Patenttivaatimuksen 15 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että sykearvo muunnetaan hapenkulutusarvoksi eri muunnoksella aina siitä riippuen, onko sykearvo pienempi vai
- 15 suurempi kuin palautumissyke.
17. Laite harjoitusparametrin määrittämiseksi henkilön fyysisen suorituksen aikana tai tämän jälkeen, joka laite käsittää
- välineet sydämen sykkeen mittaamiseksi tai sykesignaalin tuomiseksi ulkoiselta sykeanturilta,
- 20 – tiedonkäsittely-yksikön sykearvon määrittämiseksi sykkeen tai sykesignaalin perusteella ja mainitun harjoitusparametrin laskemiseksi sykearvon perusteella,
- muistivälineen fyysiseen suoritukseen ja/tai henkilöön liittyvien esitietojen tallentamiseksi,
- tunnettu** siitä, että tiedonkäsittely-yksikkö on sovitettu
- 25 – määrittämään sykearvon ja mainittujen esitietojen pohjalta palautumissykearvo, joka kuvaa syketasoa, joka saavutetaan tietyssä ajassa sen jälkeen, kun suoritus lopetetaan,

- päivittämään palautumissykearvoa suorituksen aikana rekursiivisesti, ja
- määrittämään mainittu harjoitusparametri palautumissykearvon perusteella.

18. Patenttivaatimuksen 17 mukainen laite, **tunnettu** siitä, että tiedonkäsittely-yksikkö on sovitettu määrittämään mainittu harjoitusparametri jonkin patenttivaatimuksen 1 – 16 mukaisen menetelmän avulla.

Patentkrav:

1. Förfarande för bestämning av en träningsparameter under en persons fysiska prestation eller därefter, vid vilket förfarande

- hjärtpulsen mäts medelst en pulsgivare,
- 5 – på basis av mätningen bestäms ett pulsvärde,
- på basis av pulsvärdet beräknas nämnda träningsparameter,

kännetecknat av att

- på basis av pulsvärdet och förutbestämda förhandsdata bestäms ett återhämtningspulsvärde, som under träningen är dynamiskt varierande,
- 10 – nämnda träningsparameter bestäms genom att utnyttja återhämtningspulsvärdet.

2. Förfarande i enlighet med patentkrav 1, **kännetecknat** av att pulsvärdet utgörs av ett från en verklig hjärtpuls HR härlett pulsvärde, vilket beräknas medelst en formel, där faktorn utgörs av differensen $HR - HR_{rest}$ mellan den verkliga hjärtpulsen HR och
15 personens vilohjärt puls HR_{rest} .

3. Förfarande i enlighet med patentkrav 2, **kännetecknat** av att nämnda differens ställs i relation till en tillgänglig pulsreserv under användning av en formel, där faktorn utgörs av $(HR - HR_{rest}) / (HR_{max} - HR_{rest})$, där HR utgörs av den verkliga pulsen, HR_{rest} utgörs av personens vilopuls och HR_{max} utgörs av personens maximala puls.

20 4. Förfarande i enlighet med något av de föregående patentkraven, **kännetecknat** av att återhämtningspulsvärdet beräknas medelst en formel, där faktorn utgörs av ett index som beskriver personens konditionsnivå.

5. Förfarande i enlighet med något av de föregående patentkraven, **kännetecknat** av att återhämtningspulsvärdet bestäms rekursivt genom att utnyttja det tidigare bestämda återhämtningspulsvärdet, vid vilket förfarande
25

- en första tabell används, som förenar pulsvärdena och de saturationsnivåer för återhämtningspulsvärdet som motsvarar dessa,
 - från den första tabellen hämtas den saturationsnivå för återhämtningspulsvärdet som motsvarar det ifrågavarande pulsvärdet, och
- 5 – återhämtningspulsvärdet ändras på basis av nämnda saturationsnivå.

6. Förfarande i enlighet med patentkrav 5, **kännetecknat** av att den första tabellens innehåll väljs på basis av huruvida det ifrågavarande pulsvärdet är större eller mindre än återhämtningspulsvärdet.

- 10 7. Förfarande i enlighet med patentkrav 5 eller 6, **kännetecknat** av att
- vidare används en andra tabell, som förenar pulsvärdena och de saturationshastighetskoefficienter som motsvarar dessa.
 - från den andra tabellen hämtas den saturationshastighetskoefficient som motsvarar det ifrågavarande pulsvärdet,
- 15 – återhämtningspulsvärdet ändras på basis av nämnda saturationsnivå och saturationshastighetskoefficient.

8. Förfarande i enlighet med patentkrav 7, **kännetecknat** av att innehållet i den andra tabellen väljs på basis av det index som beskriver personens kondition.

9. Förfarande i enlighet med något av de föregående patentkraven, **kännetecknat** av
- 20 att
- på basis av pulsvärdet beräknas ett modifierat pulsvärde genom att därifrån subtrahera det bestämda återhämtningspulsvärdet, och
 - ytterligare beräknas nämnda träningsparameter genom att utnyttja det modifierade pulsvärdet.

- 25 10. Förfarande i enlighet med något av de föregående patentkraven, **kännetecknat** av att nämnda träningsparameter utgörs av en återhämtningstid, som beskriver den vilotid som behövs för personens fullständiga återhämtning från pågående träning.

11. Förfarande i enlighet med patentkrav 10, **kännetecknat** av att återhämtningstiden beräknas rekursivt på basis av den tidigare bestämda återhämtningstiden på så sätt, att

- 5 – alltid då det ifrågavarande pulsvärdet är större än det bestämda återhämtningspulsvärdet, förlängs återhämtningstiden, och
- alltid då det ifrågavarande pulsvärdet är mindre än eller lika stort som det bestämda återhämtningspulsvärdet, förkortas återhämtningstiden.

12. Förfarande i enlighet med patentkrav 10 eller 11, **kännetecknat** av att återhämtningstiden beräknas på basis av den effektiva träningstiden, som beräknas på basis av
10 personens verkliga hjärtpuls samt personens maximala prestationspuls, varvid den maximala prestationspulsen är företrädesvis vald på grundval av den typ av sportgren personen utövar.

13. Förfarande i enlighet med något av patentkraven 10 – 12, **kännetecknat** av att
15 återhämtningstiden beräknas med beaktande av det index som beskriver personens konditionsnivå.

14. Förfarande i enlighet med något av patentkraven 1 – 9, **kännetecknat** av att nämnda träningsparameter utgörs av energiförbrukningen.

15. Förfarande i enlighet med patentkrav 14, **kännetecknat** av att

- pulsvärdet konverteras till ett syreförbrukningsvärde,
- 20 – energiförbrukningen beräknas på basis av syreförbrukningsvärdet medelst en algoritm, som tar i beaktande personens kön, ålder, vikt och det index som beskriver personens konditionsnivå.

16. Förfarande i enlighet med patentkrav 15, **kännetecknat** av att pulsvärdet konverteras till ett syreförbrukningsvärde medelst olika transformationer beroende av om
25 pulsvärdet är mindre eller större än återhämtningspulsen.

17. Anordning för bestämning av en träningsparameter under en persons fysiska prestation eller därefter, vilken anordning omfattar

- organ för att mäta hjärtpulsen eller för att hämta en pulssignal från en extern pulsgivare,
- 5 – en databehandlingsenhet för att bestämma ett pulsvärde på basis av av pulsen eller pulssignalen och för att beräkna nämnda träningsparameter på basis av pulsvärdet,
- ett minnesorgan för att lagra förhandsdata i anslutning till den fysiska prestationen och/eller personen,

10 **kännetecknad** av att databehandlingsenheten är anordnad att

- på basis av pulsvärdet och nämnda förhandsdata bestämma ett återhämtningspulsvärde, som beskriver den pulsnivå som erhålls inom en bestämd tid efter det att prestationen slutförts,
- uppdatera återhämtningspulsvärdet under prestationen rekursivt, och
- 15 – bestämma nämnda träningsparameter på basis av återhämtningspulsvärdet.

18. Anordning i enlighet med patentkrav 17, **kännetecknad** av att databehandlingsenheten är anordnad att bestämma nämnda träningsparameter med hjälp av ett förfarande i enlighet med något av patentkraven 1 – 16.

Syketaso maksimaalisessa suorituksessa suorituksen keston funktiona

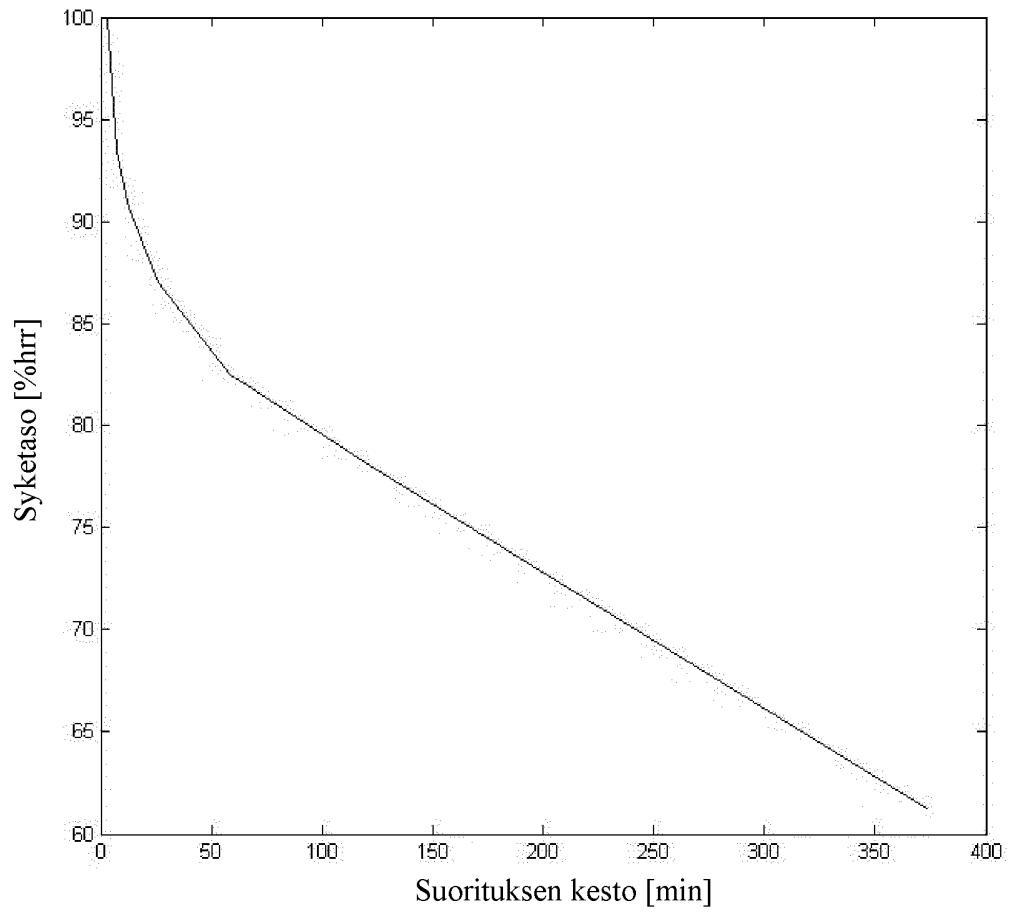


Fig. 1a

Ihmisen juoksun rajat

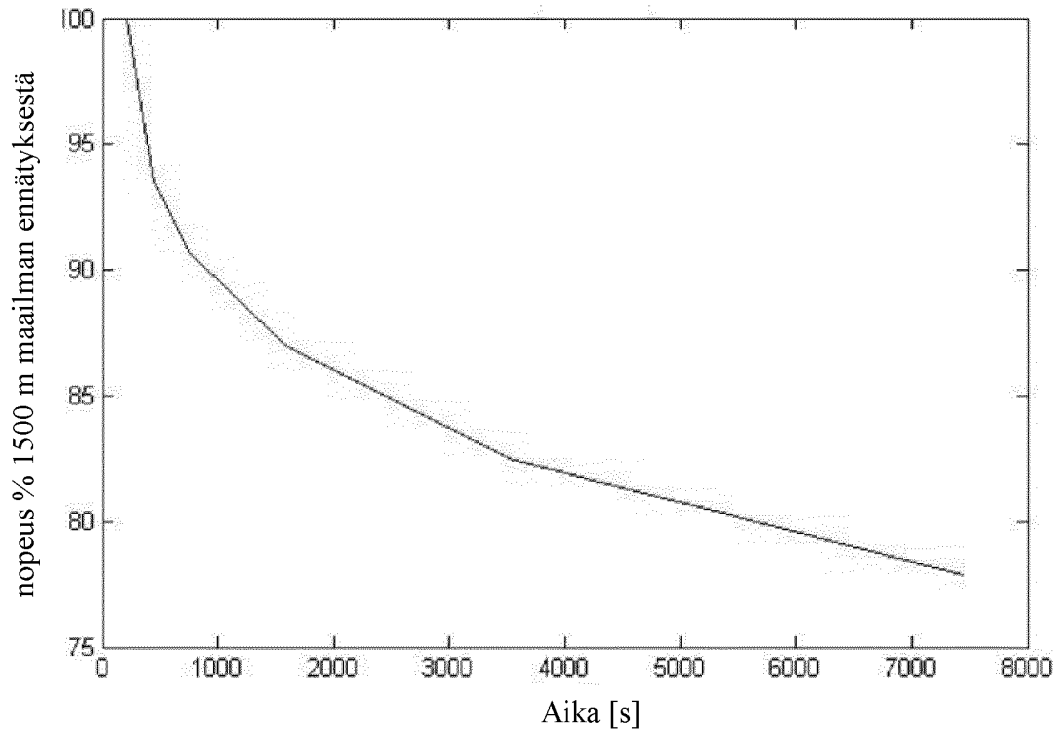


Fig. 1b

Ihmisen juoksun rajat

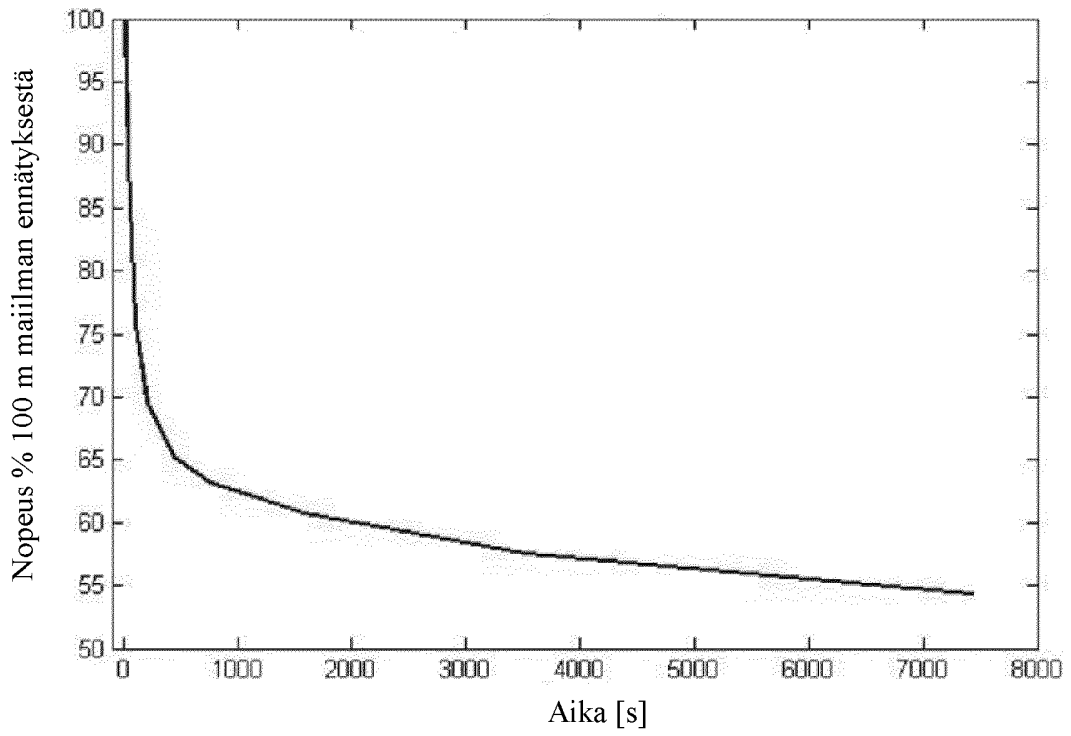


Fig. 1c

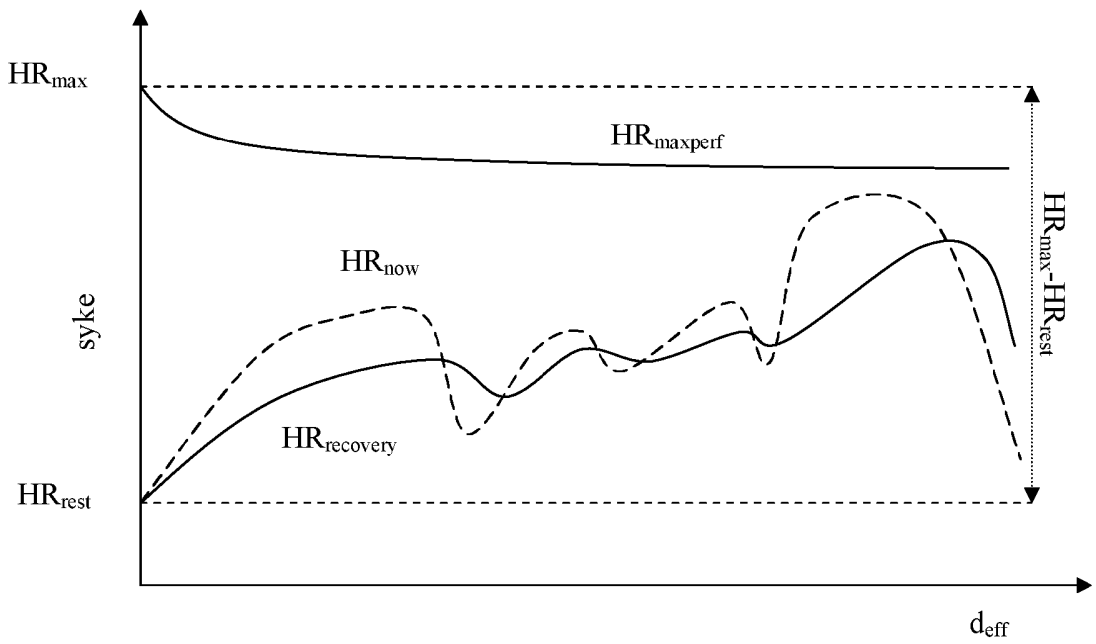


Fig. 2

Efektiiivisen harjoitusajan muodostuminen todellisen harjoitusajan
funktiona vakiointensiteetillä

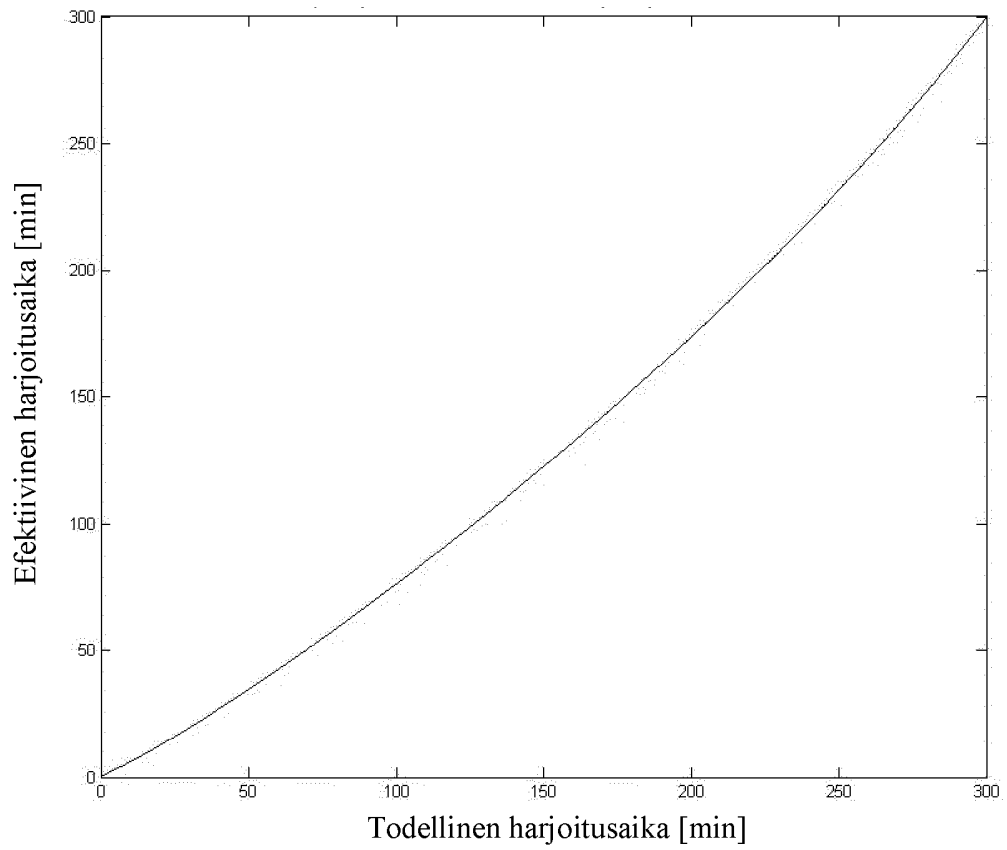


Fig. 3

Palautumisaikatarve

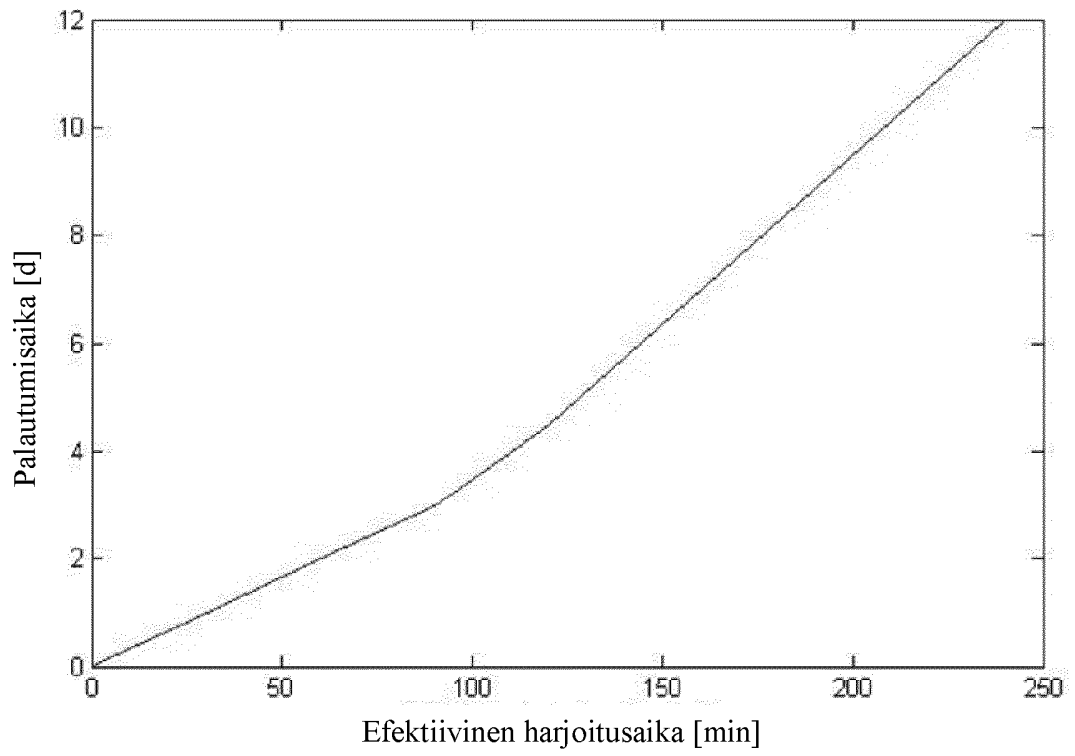


Fig. 4

Hapenkulutus efektiivisen sykereservin funktiona

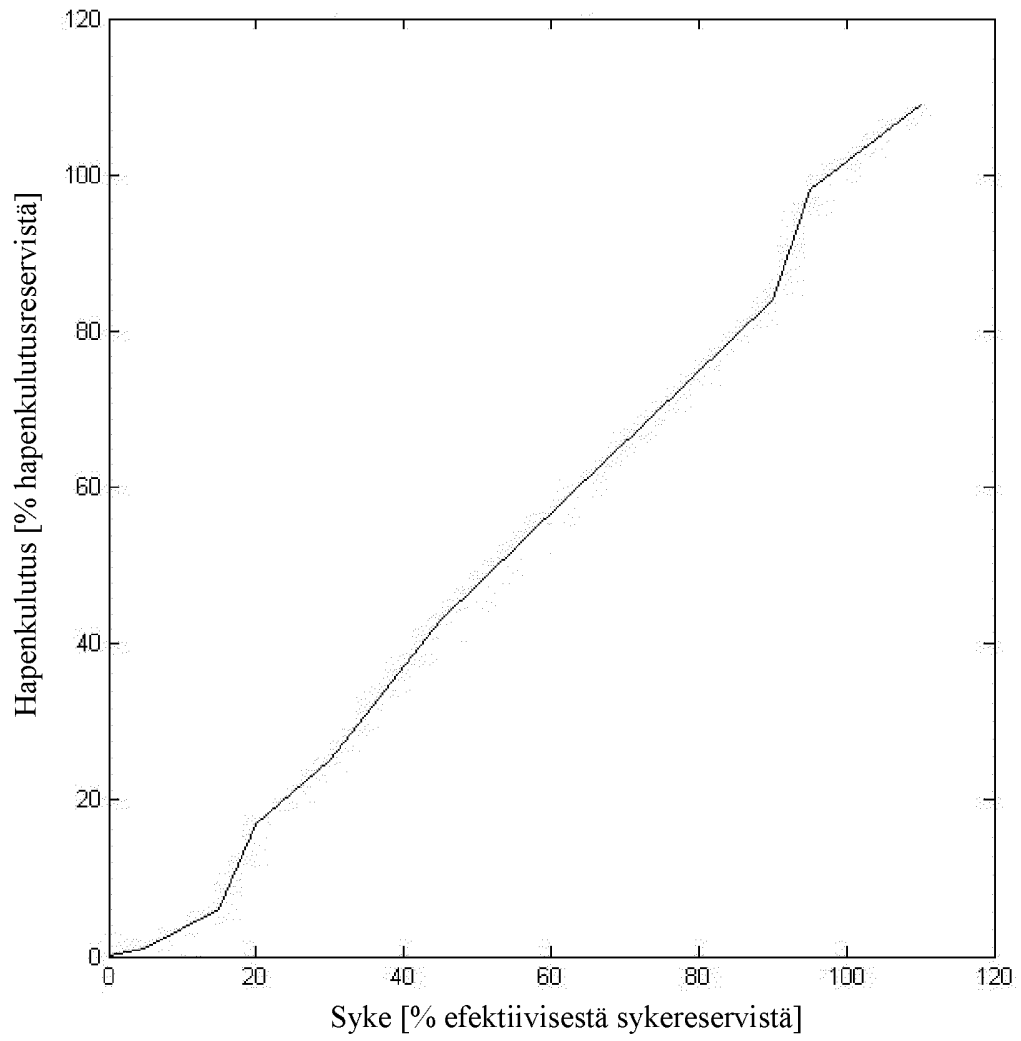


Fig. 5

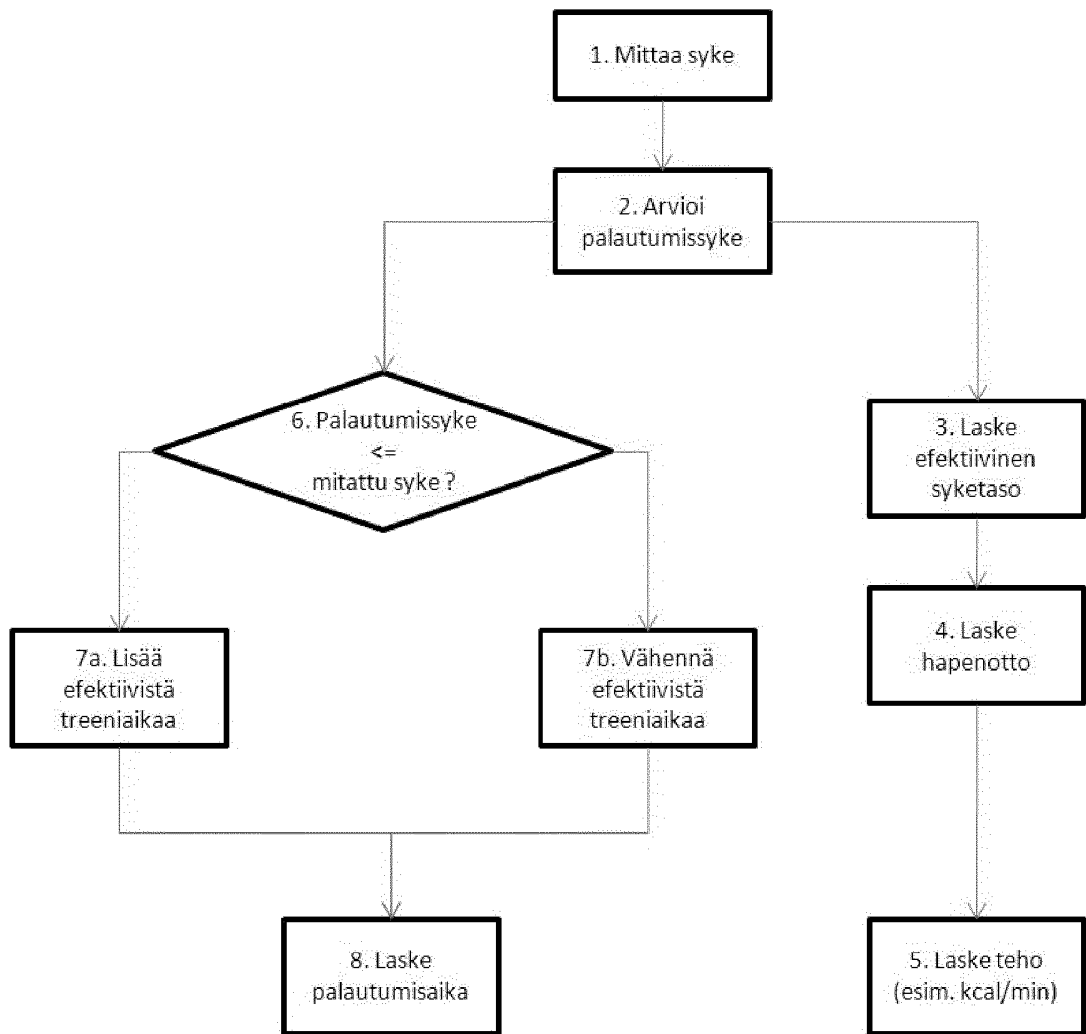


Fig. 6

Palutusmissyketaso syketason funtiona

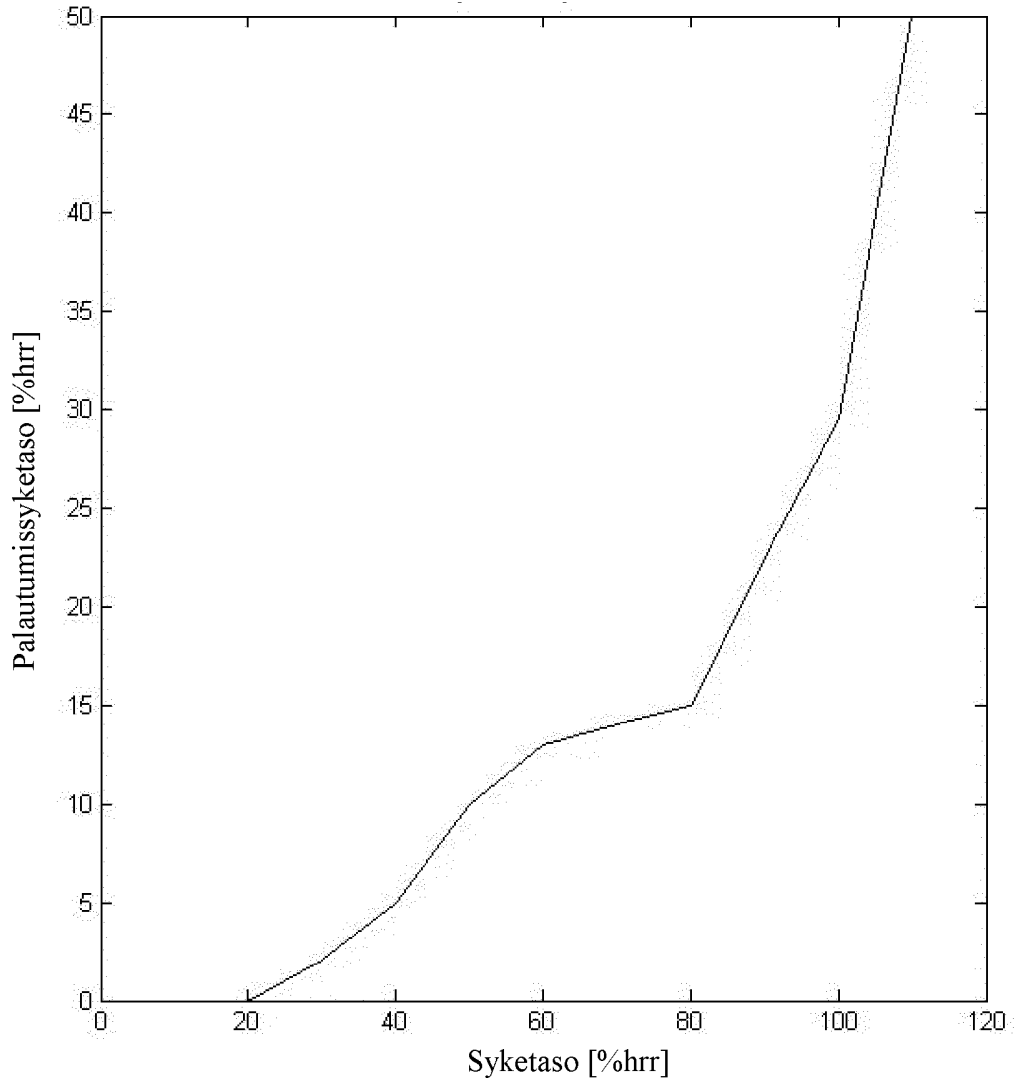


Fig. 7

Palautumissykkeen käyttäytyminen mitatussa sykedatassa

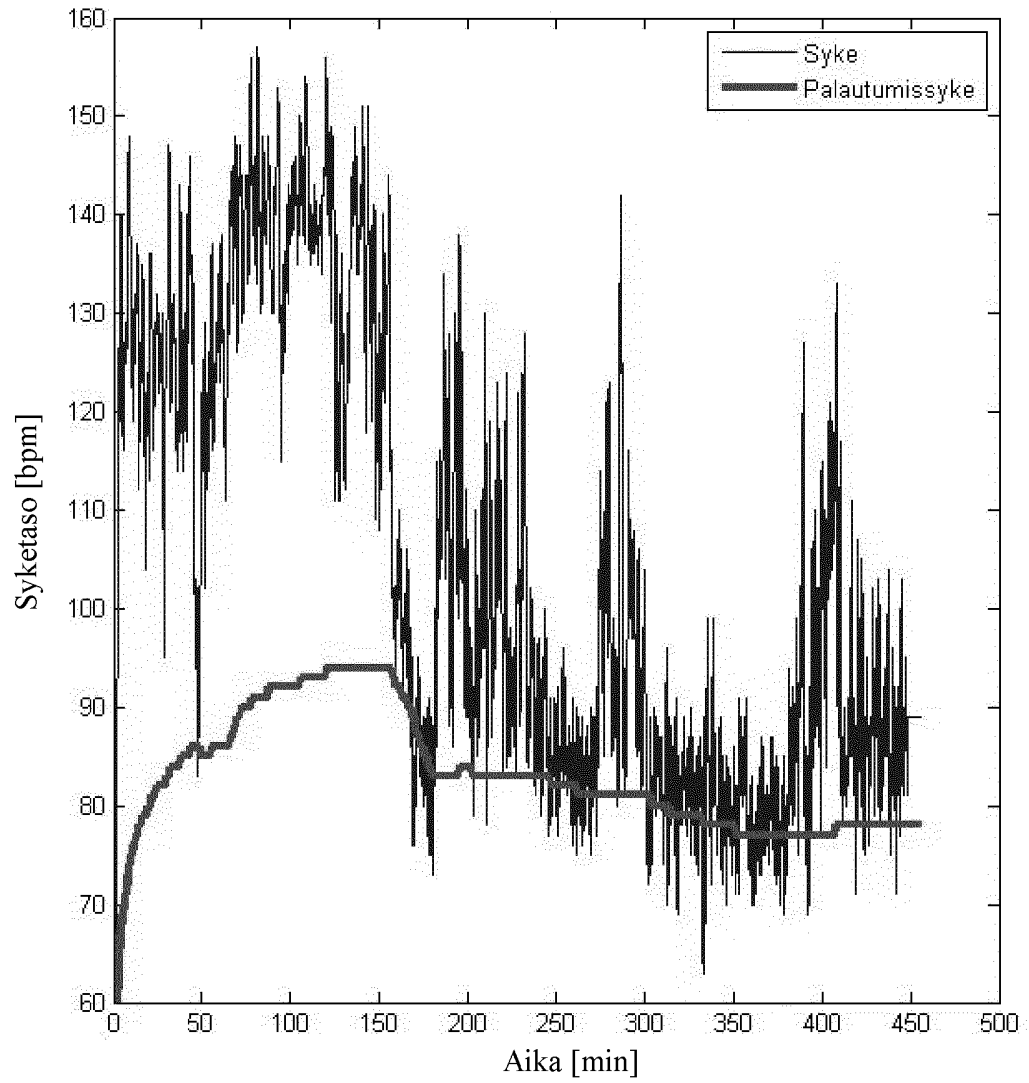


Fig. 8

Hengityskaasuanalyysaattorin mittaama hapenkulutus verrattuna esillä olevan mallin tulokseen

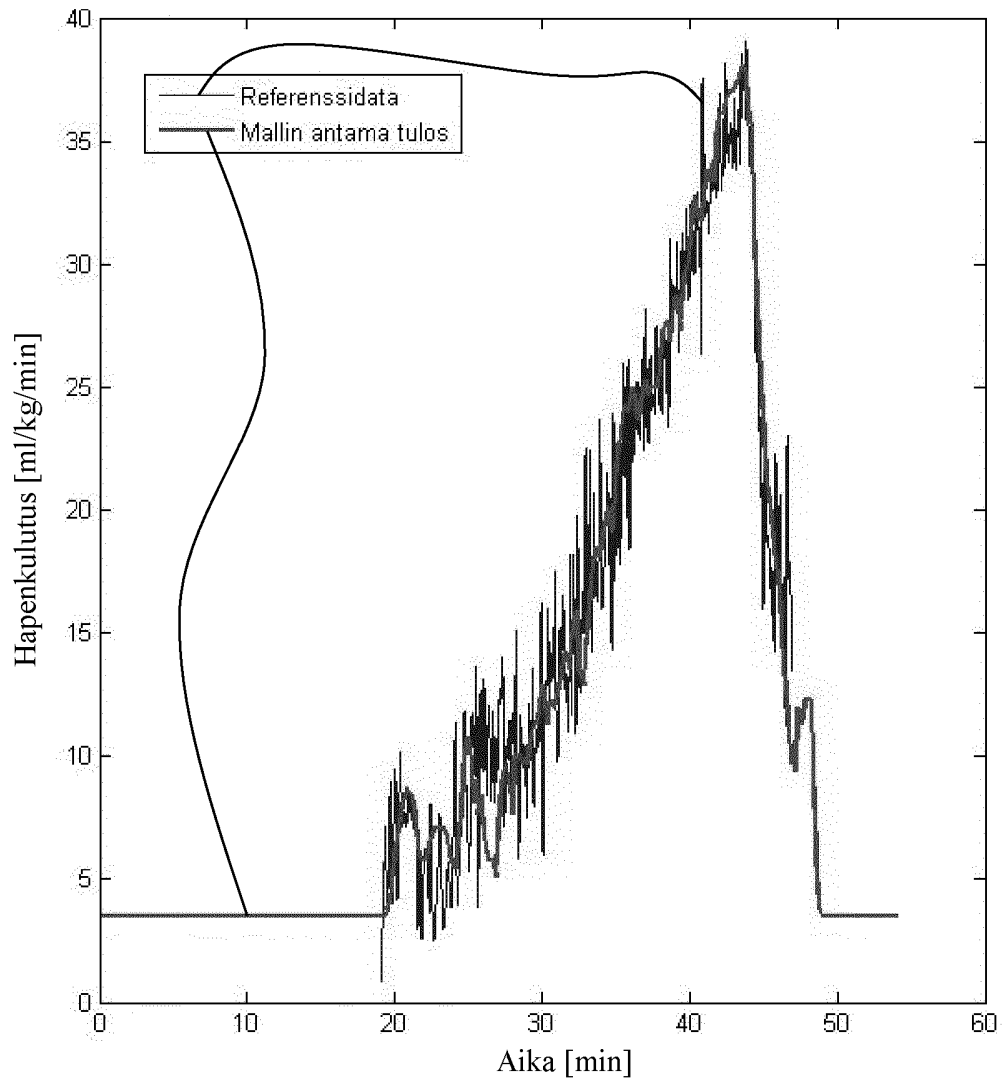


Fig. 9