

# Hieronta ja palautuminen: Elektromyograafinen ja biomekaaninen lähestymistapa

P. PORTERO<sup>1</sup>, F. CANON<sup>2</sup>, F. DUFOREZ<sup>3</sup>

Käännös artikkelista: *Massage and recovery: An electromyographical and biomechanical approach*

**H**ierontaa on käytetty jo antiikin ajoista lähtien tukemaan suorituskykyä ja auttamaan palautumisessa rasittavista harjoituksista (Harris, 1964). Kuitenkin pitkstä historiasta huolimatta vain harvat julkaistut tieteelliset tulokset todistavat sen tehosta (Cafarelli & Flint, 1992). Lukuisia tekniikoita on kuvattu (Prentice, 1994) ja hieronnan edut on liitetty mekaanisen stimulaation aiheuttamiin fysiologisiin vasteisiin. Tavallisesti on kuvattu kolmenlaisia vasteita:

solukalvon läpäisevyyden lisääntyminen solun sisälle kertyneiden haitallisten aineiden seurauksena verenkierron lisääntyminen, joka tehostaa näiden aineiden poistumista ja hapen saantia vaikuttaminen lihaksen sisällä olevien sensoreiden toimintaan

Hieronta saattaa vähentää kyseisten sensoreiden johtamista lihaskireyteen tai lievittää kipua rauhoittamalla epämukavuuden tunnetta, joka liittyy tavallisesti intensiiviseen fyysiseen harjoitteluun.

Huolimatta näitä väitteitä tukevista anekdooteista yksityiskohtainen tieto esitetystä vaikutusmekanismeista kuitenkin puuttuu. Ainoa poikkeus tästä tiedon puutteesta on lievä lämpötilan nousu hieronnan aikana ja sen jälkeen. Kuitenkin tämän nousu on samaa suuruusluokkaa kuin matalalla intensiteetillä suoritettussa lihassupistuksessa, mutta ilman supistukseen liittyvän aineenvaihdunnan aktivoitumista. Hieronnan aiheuttama verekkyyden lisääntyminen saattaa kiihdyttää lihastyöhön liittyvän aineenvaihduntatuotteiden poistumista, mikä siten tehostaa palautumista. Yleisen vaikutuksen pitäisi olla sellainen, joka tukee kauemman aikaa toteutettua kovaa harjoittelua. Palautuminen fyysisestä harjoituksesta kuvaa toiminnallisen kapasiteetin progressiivista laskua, mikä voidaan kääntää muuttamalla harjoittelua (eri muodoissa) tai lepäämällä. Tämä sopii erityisesti lihasväsymyksen määritelmään.

Lihassväsymys on teema, jota on tutkittu. Se sisältää suuren määrän patofysiologisia olosuhteita: fyysisen kapasiteetin heikentyminen liittyen sairauksiin (sydän-

ja verenkiertoelimet, lihas) (Radda ym., 1982) ja myös intensiivisen harjoittelun tai pitkä- tai lyhytkestoiseen uuvuttavan harjoitteluun.

Paikalliseen lihasväsymykseen on esitetty erilaisia määritelmiä. Tarkastellaan erästä, jonka on määritellyt Edwards (1981): "lihaksen kyvyttömyys säilyttää tietty voimataso jatkuvan supistuksen tai supistuksien sarjan aikana".

Viimeisten 10 vuoden aikana lihasväsymykseen liittyvää etiologiaa on tutkittu juuri tähän määritelmään sisältyvästä, rajatusta näkökulmasta. (Mac Laren ym. 1989).

Lihassupistus on fysiologisten ketjureaktioiden tulos ja kukin linkki tässä ketjussa on mahdollinen "väsymispiste". Erotamme kahdenlaisia väsymystyyppäjä:

Sentraalinen väsymys, jonka aiheuttajana on keskushermosto (CNS) ja joka perustuu motivaation heikentymiseen, muutoksiin CNS:n käskyjen kulussa tai motoneuronien tarpeissa. Tämän sentraalisen väsymyksen pitäisi vaikuttaa hyvin motivoituneen henkilön suorituskykyyn vain lievästi (Gibson & Edwards, 1986). Ääreisosan väsymys, joka vaikuttaa täysin lihaksen sisällä olevissa toiminnoissa. Useissa tutkimuksissa (Vollestad & Sejersted, 1988; Westerblad ym., 1991; Enoka & Stuart, 1992) kuvataan tähän liittyviä tekijöitä.

Aineenvaihdunnan happamuus on eräs lihasväsymyksen syntymisessä vaikuttava tekijä. Lihaksen pH vähenee lepoarvosta 7 arvoon 6,4 – 6,6 raskaan, uupumusasteeseen johtavan harjoituksen jälkeen. Tämä pH:n lasku johtuu pääasiassa lisääntyneestä protonikuormasta, joka liittyy maitohapon kerääntymiseen. Tällainen lihaksen sisäisen pH:n lasku saattaa muuttaa solun aineenvaihduntaa monin tavoin, erityisesti entsyymien aktiivisuus-alueella: esim. Na-K ATP:aasi säätelee solukalvon ionien liikettä vaikuttaen siten lihassyyn ulkokalvon stimulointiin.

Ihoa läpäisemätön elektrofysiologinen lähestymistapa tämän ongelman tarkasteluun on toteutettavissa käyttäen pinta EMG-signaalia ja erityisesti tämän

signaalin spektrianalyysiä. Spektrin muodostuminen isometrisen väsymistestin aikana, energian kasvu ja keskitaajuuden (MPF) vähentyminen (De Luca, 1984; Duchêne & Goupel, 1990; Kadefors ym., 1968) voidaan liittää lihassyyn aktiopotentialin leviämisenopeuteen (Mortimer ym. 1970), mikä johtuu aineenvaihduntatuotteiden kerääntymisestä väsyneessä lihaksessa. Lihaksen sisäisen pH:n ja MPH:n välinen yhteys ilmeni ensimmäisen kerran isometrisen väsymistestin aikana (Laurent ym., 1993). Lisäksi isometrisen lihasupistuksen aiheuttamaa paikallista verenvähyyttä, joka aiheuttaa happamuuden lisääntymistä, pidetään yhtenä väsymistä aikaansaavista tekijöistä (Sjogaard ym., 1986).

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on arvioida uutta, LPG:ksi kutsuttua tekniikkaa, joka käyttää imun ja ihopoimun rullaamisen yhdistelmää. Menetelmä toimii sidekudoksessa paikallisesti parantamalla verisuonitusta ja lisäämällä imunestekiertoa ja tämän vuoksi se saattaa poistaa harjoitteluun liittyviä aineenvaihduntatuotteita. Täten sen pitäisi olla kykenevä joko nopeuttamaan palautumista tai vähentämään lihaskäytön väsymystä lisäten veren aineenvaihduntatuotteiden eliminoitumista.

Tämän tutkimuksen tavoitteena on arvioida LPG:ksi kutsutun tekniikan vaikuttavuutta terveiden henkilöitten lihaskestävyyteen. Lähestymistapa on moniosainen perustuen biomekaaniseen, elektromyograafiseen ja subjektiiviseen lihaskäytön tarkasteluun.

## MATERIAALI JA MENETELMÄT

### Osallistujat

Tutkimukseen osallistui 10 miestä (ikä  $28,2 \pm 8,05$  vuotta; paino  $68,1 \pm 9,23$  kg; pituus  $179,2 \pm 6,86$  cm), jotka esittelyn jälkeen antoivat suostumuksensa osallistua tutkimukseen. Osallistujat eivät maininneet kroonisista tai akuuteista sairauksista testattavassa raajassa tai yleensääkään tuki- ja liikuntaelimestön lihasverkostossa.

### Materiaali

Tutkimuksessa käytetty hierontalaite oli tyyppiä S70. Se voidaan mieltää imuriksi, joka mahdollistaa ihopoimun muodostamisen ja mobilisoinnin. Laitteessa on reaaliaikainen imun kontrollointijärjestelmä, mikä takaa tällaiselta lääkintälaitteelta terveydenhuollossa vaadittavan tarkkuuden ja turvallisuuden.

Mekaaniset parametrit mitataan Cyber 330 -tyyppisellä isokineettisellä dynamometrillä. EMG-mittaukset tehdään Beckman -tyyppisillä pintaelektrodeilla ja Gould -vahvistetulla signaalilla, joka on yhdistettynä TEAC R 71 -magneettilukijaan.

## Tutkimuksen toteutus

### Fyysiset testit

Kolme suoritusta otetaan huomioon. Näiden välissä on 7 päivää (Kuva 1 – kts. alkuperäinen ranskankielinen versio) ja suoritusjärjestys on satunnainen. Kukin osallistuja suorittaa testin samaan aikaan päivästä ja harjoitus suoritetaan oikealla polvella.

- Ensimmäinen testi, jota kutsutaan kontrollitestiksi/ -arvoksi
  - Maksimaalisen tahdonalaisen Quadricepsin isometrisen lihasvoiman mittaaminen (MVS1) Cybex 330 -dynamometrillä. Kolme suoritusta.
  - 5 min lepojakso
  - Isometrinen väsymistesti 66 % MVS1:stä (Quadricepsin lihasupistuksen ylläpito) ja pitoajan mittaaminen
  - 1 min. lepojakso.
  - MVS:n mittaaminen (MVS2). Kolme suoritusta.
- Toinen testi
  - MVS1:n mittaaminen. Kolme suoritusta.
  - 5 min lepojakso
  - Paikallisen väsymyksen testaaminen sisältäen 30 onnistunutta polven koukistusta - ojennusta  $180^\circ$ s nopeudella maksimaalisesti suoritettuna.
  - 1 min lepojakso
  - MVS2:n mittaaminen. Kolme suoritusta.
  - 15 min lepojakso. Aika, joka vaaditaan lepo-pH:n palautumiseen, on 45 min. (Allsop ym., 1990)
  - Isometrinen väsymistesti (kuten ensimmäisessä testissä)
  - 1 min lepojakso
  - MVS:n mittaaminen (MVS3). Kolme suoritusta.
- Kolmas testi
  - Tällä on samat piirteet kuin toisessa testissä lukuun ottamatta 15 min jaksoa, jolloin LPG -tekniikkaa käytetään (8 min aikana) oikeaan etureiteen. Väsymistestit tehdään isometrisesti dynaamisen supistuksen sijaan, koska:
    - isometrisen supistuksen aikana MPF:n kineetikka on helpommin käytettävissä;

- motoristen yksiköiden vaatimukset ovat vakaammat vakiovoimasta johtuen, kun taas dynaaminen lihastyö aiheuttaa muutoksia jännityksessä ja lihaksen pituudessa.

Väsymykestien aikana voiman vääntövaatimukset ilmaistaan osallistujalle Cybex 330 –laitteen kontrollinäytön avulla. EMG -pintasiinaalit saadaan pinta-elektrodeilla bi-polaarisessa muodossa, vahvistettuna ja tallennettuna perinteisellä tavalla. EMG -signaalien käsittelyyn sisältyy spektrianalyysi, joka käyttää tietokoneessa olevaa laskentataulukkoa. Tämä toimii erityisellä ohjelmalla, joka laskee mm. yhteenlasketun energian ja MPF:n. Spektrissä tapahtuvat muutokset lasketaan määrällisesti MPF:n kehittymisen perusteella.

Vastaavasti osallistujien käyttämä analoginen mittari (asteikko 0-10 (Borg, 1982)) auttaa suorituksen arvioinnissa (RPE: suorituksen tason arviointi).

## Hieronta

Hoitoa LPG –tekniikalla antaa tutkija, joka on etukäteen koulutettu tähän uuteen hierontamenetelmään. Hoito suoritetaan oikeaan etureiteen. Käsittely tehdään distaaliseen proksimaaliseen suuntaan polvea ympäröivistä kiinnityskohdista pitkin raajaa, välttämällä Scrapan kolmiota (sisäreiden yläosa). Hoito kestää 8 min, joka sisältää tauon, ja käynnistyy 2 min kuluttua VMS2 mittauksen jälkeen. Mittarissa oleva imuteho on 5. Tehoa on mahdollista vaihdella 0 ja 10 välillä (10 vastaa 500 mbar:n alipainetta).

## Tilastollinen analyysi

Tilastolliseen tutkimiseen kuuluu mitattujen parametrien +/- keskihajonnan (SD) keskiarvon (tyypillinen ero). Studentin testi parillisilla sarjoilla tekee mahdolliseksi laskea määrällisesti erityisten vaikutusten ehdot annettuun muuttujaan ja siksi saattaa mahdollistaa tämän tekniikan vaikutuksen havaitsemisen väsymiseen liittyen. Tilastollisen merkittävyyden rajaksi asetettiin  $P < 0,05$ .

## TULOKSET

Esitetyt tulokset näyttävät eri kriteerien muutokset kolmessa eri suorituksessa (kontrolli, ilman LPG:tä ja LPG:n kanssa):

- isometrisen vääntövoiman (MVS) vertailu, joka mitattiin ennen kunkin testin suorittamista ja kunkin isometrisen väsymykestin jälkeen. Näiden prosentuaalisten keskiarvojen vertailu tehtiin muuntamalla jokainen arvo arc sin x -käyrän muotoon;

- vertailu isometrisen supistuksen suorittamisesta väsymykseen saakka (pitotoaika) kussakin isometrisessä väsymykestissä.
- kunkin isometrisen väsymykestin lopussa lasketun MPF -virtojen vertailu.
- havaittujen rasiitustulosten (RPE) vertailu isometrisen väsymykestin lopussa.

Päätulokset esitetään kuvissa 2, 3 ja 4 (kts. alkupe-  
räinen ranskankielinen artikkeli).

- Kuva 1: Suoritusten ja testien järjestys
- Kuva 2: MVS lasku isometrisen väsymykestin jälkeen
- Kuva 3: MPF virtaus Vastus Lateralis -lihaksessa isometrisen väsymykestin aikana

Kuva 2 osoittaa MVS:n laskun isometrisen väsymykestin lopussa (ilmoitettuna prosentteina alkuarvosta). Arvot ovat  $-3,48 \pm 7,53$  % (kontrolli),  $-10,85 \pm 5,78$  % (ilman LPG:tä) ja  $-5,29 \pm 6,6$  % (LPG:n kanssa). Muutokset ovat merkittäviä kontrollitestin ja ilman LPG:tä suoritettujen testien välillä ( $p < 0,01$ ) ja ilman LPG:tä ja LPG:n kanssa suoritettujen testien välillä ( $p < 0,03$ ).

Kuva 3 osoittaa kestävyyttä kuvaavan ajan muutoksen (sekunneissa) isometrisen väsymykestin aikana. Arvot ovat  $63,9 \pm 12,25$  s (kontrolli),  $52,1 \pm 9,17$  s (ilman LPG:tä) ja  $58,2 \pm 8,16$  s (LPG:n kanssa).

Erot ovat merkittäviä LPG:n ja kontrollin, sekä LPG:n ja ilman LPG:tä, kanssa ( $p < 0,01$ ), ja ne viittaavat ( $p = 0,10$ ) näihin eroihin.

Kuva 4 osoittaa MPF -virtauksen muuttumisen (alkuarvojen prosentuaalinen lasku) isometrisen väsymykestin aikana. Arvot ovat  $18,41 \pm 8,51$  (kontrolli),  $25,24 \pm 8,31$  (ilman LPG:tä), ja  $20,03 \pm 9,21$  (LPG:n kanssa). Muutokset ovat merkittäviä kontrolli testin ja ilman LPG:tä suoritettujen testien kesken ( $p < 0,01$ ) ja toisaalta ilman LPG:tä ja LPG:tä suoritettujen testien kanssa ( $p < 0,03$ ).

Lopulta, RPE arvot ovat  $8,9 \pm 1,01$  (kontrolli),  $9,03 \pm 1,03$  (ilman LPG:tä) ja  $8,96 \pm 1,2$  (LPG:n kanssa). Erot eivät ole merkittäviä.

## POHDINTA

Hierontaa käytetään usein eritavoin toteutettuna vähentämään kovan suorituksen tuomaa epämiellyttävää oloa ja edistämään palautumista (Wakim, 1985; Wood, 1974). Kuitenkaan hieronnan vaikutusta toiminnan palautumiseksi ei ole osoitettu, eikä palautumisprosessin aktivoitumismekanismien luonnetta tunneta. Tämä johtuu luultavasti siitä tosiasiasta, että lihaskärsä väsymyksen syytä ei vielä tarkkaa tunneta (Edwards,

1981; Westerbald ym., 1991). Kuitenkin kaikissa tapauksissa lihasväsymys liittyy lihaksen homeostaattisten tekijöiden järkkymiseen. Tämän vuoksi on järkevää tutkia tapoja, jotka auttavat homeostaasin perustason palauttamisessa, mikä mahdollistaa suorituskykyyn vaikuttavien toimintojen palautumisen. Tämän tutkimuksen tulokset osoittavat, että ihopoimun hieronnalla (imulla toteutettuna -LPG) on vaikutus, joka auttaa palautumista näissä puitteissa, tällä protokollalla toteutettuna. Näin ollen huomioimme toisaalta väsymyksen mahdolliset syyt ja tutkimusolosuhteet ja toisaalta hieronnan fysiologiset seuraukset ja sillä saatujen tulosten syyt.

Estynyt verenkierto esitetään usein kirjallisuudessa yhtenä lihasväsymykseen johtavana tekijänä (Sjogaard, 1987; Sjogaard ym., 1986) ja verenkierron kontrollointi liitetään lihaksen aineenvaihdunnan tarpeisiin. Verenkierto lihaksessa luultavasti häiriintyy, kun lihaksen supistumistaso on välillä 20–40 % maksimaalisesta lihasvoimasta (Zwarts & Arendt-Nielsen, 1988). Liikkeen aikana lihaksen toiminnassa tarvittava verenvirtaus voi tapahtua ainoastaan supistusten välissä. Ilman tällaista verenvirtausta substraattien ja hapensaanti sekä aineenvaihduntatuotteiden eliminointi ovat riittämättömiä.

Isokineettisen väsymyksen aikana, jonka on kuvannut ja soveltanut Baltzopoulos ym. (1988), väsymysluvut olivat  $63,9 \pm 8,18$  % ilman LPG:tä ja  $64,92 \pm 9,16$  LPG:n kanssa. Nämä tulokset osoittavat toisaalta, että nämä kaksi testiä olivat intensiteetiltään samanlaisia ja toisaalta sitä, että tällainen intensiteetti oli korkeatasoinen, koska luvut osoittavat vastaavuutta 30 sekuntia kestäneen työn 35 %:n vähentymiseen. Tämä tyypiltään anaerobinen vaatimus luo siten korkean aineenvaihdunnallisen kuormituksen, joka häiritsee isometristä väsymistä. Passiivinen 15 minuutin lepojako on luultavasti riittämätön palauttamaan aineenvaihdunnan tasapainon ja erityisesti lihaksen sisäisen pH:n (Allsop ym., 1990). Ilman LPG:tä, isometrinen väsymystesti, joka seuraa isokineettistä testiä, toteutuu häiriintyneen aineenvaihdunnan olosuhteissa. Lisäksi tämäntyyppinen isometrinen harjoitus (66 % MVS:stä) aiheuttaa erittäin korkean aineenvaihdunnan tason, pH laskee 6,6:een (Sahlin ym., 1975); tämä paine lisätään siihen, joka on aiheutunut isokineettisessä testissä. Tämä selittää suuremman voiman laskun, lyhyemmän ajan kestävydessä ja lopulta korkeamman MPF virtauksen. Jälkimmäinen parametri, joka tulkitsee spektrin muuttumista EMG -signaalissa, on toisaalta hyvä lihasväsymyksen osoitin ja toisaalta aineenvaihduntaprosessien osoitin sekä osoitin alapuolisten lihasten osallistumisesta. Tosiasiassa MPF -kehitys korreloi protoni H<sup>+</sup>:n konsentraatioon ja kahden epäorgaanisen fosfaatin muotoon (H<sub>2</sub> PO<sub>4</sub>) (Laurent ym., 1993), sekä

motoristen yksiköiden syttymisjärjestyksessä tapahtuviin muutoksiin (Stuart & Enoka 1990).

Vaikuttamalla paikalliseen verenkiertoon, hieronnan (sovellettuna lihasalueelle) otaksutaan auttavan palautumista pääasiassa mekaanisen vaikutuksensa johdosta ja vähäisemmässä määrin lämpövaikutuksensa johdosta (Cafarelli & Flint, 1992). Olkoon kuinka hyvänsä, havaitut vaikutukset ovat merkittäviä sillä päämuuttujien arvot tapauksissa, joissa LPG on mukana, ovat lähellä kontrollitapauksia, erityisesti MPF virtauksen osalta, joka saattaa heijastaa sitä tosiasiaa, että hieronta edistää anaerobisten aineenvaihduntatuotteiden eliminaatiota. Tämä hieronnan ja muiden toimenpiteiden yhdistelmä näyttää siten olevan tehokas palautumisprosessin optimoinnissa. Lopuksi, on syytä huomata, että parametri joka osoittaa suorituksen tason arvioinnin (RPE) ei muutu eri tapauksissa. Tämä ilmiö saattaa selittyä sillä tosiasialla, että kaikissa tapauksissa osallistujat tekevät maksimisuorituksen.

## JOHTOPÄÄTÖKSET

Tämän tutkimuksen tulokset osoittavat LPG -tekniikan selvää tehokkuutta lihasväsymyksestä lihastoimintojen palautumisessa paikallisen lihasväsymyksen jälkeen. Vaikutukset osoitettiin suurimmalta osin elektrofysiologisilla parametreilla, jotka edustivat lihasväsymyksen tilaa. Vaikka mukana olevia mekanismeja ei ole pystytty näyttämään täysin toteen näyttäisi siltä, että LPG -hierontatekniikalla toteutettava poimun rullaus vaikutti suotuisasti harjoittelun jälkeiseen palautumiseen. Ihon ja ihonalaiskudoksen mekaaniset vaatimukset ovat ehdottomasti verenkiertoon ja lämpötilamuutoksiin liittyviä, mikä auttaa anaerobisten aineenvaihduntatuotteiden eliminoinnissa. Nämä rohkaisevat tulokset avaavat muita mahdollisuuksia kyseiselle tekniikalle, liittyen sekä hoidon kestoon että soveltamistapoihin ja niiden käyttöönottoon

## LÄHTEET

Katso alkuperäinen, ranskankielinen versio.