

**KESTÄVYYSJUOKSUN LAJIANALYYSI JA VALMENNUKSEN OHJELMOINTI:
VOIMAHARJOITTELUN NÄKÖKULMA**

Leena Pirkola

Valmennus- ja testausoppi

Valmentajaseminaari

LBIA028

Liikuntabiologia

Liikuntatieteellinen tiedekunta

Jyväskylä yliopisto

Kevät 2020

Työnohjaaja: Antti Mero

TIIVISTELMÄ

Leena Pirkola (2020). Kestävyysjuoksun lajiansalyysi ja valmennuksen ohjelmointi: voimaharjoittelun näkökulma. Valmennus- ja testausoppi, Liikuntabiologia, Liikuntatieteellinen tiedekunta, Jyväskylän yliopisto, Valmentajaseminaarityö, 92 sivua.

Johdanto. Kestävyysjuoksulla on Suomessa pitkät ja menestyksekkäät perinteet. Kestävyysjuoksu on perinteisesti nähty lajina, jossa ratkaisevassa asemassa ovat aerobiset tekijät ja suuret juoksumäärät. Voimaharjoitteluun sen sijaan ei ole juurikaan kiinnitetty huomiota, vaikka siitä voi olla huomattavaa hyötyä juoksusuoritukseen. Tämä lajiansalyysi tarkastelee kestävyysjuoksua, pääasiassa ratamatkoja, erityisesti voimaharjoittelun näkökulmasta ja tuo esille tuoretta tutkimustietoa muun muassa voimaharjoittelun vaikutusmekanismeista, hyödyistä ja käytännön toteutuksesta kestävyysjuoksijalle.

Fysiologia. Kestävyysjuoksussa tarvitaan hyvää maksimaalista hapenottokykyä (VO_{2max}), kykyä juosta matka suurella prosenttiosuudella VO_{2max} :sta sekä nopeaa ja taloudellista juoksu-kykyä. VO_{2max} asettaa suoritukselle tietyn ylärajan, muttei määritä yksin koko suoritusta. Vauhti, jolla suoritus kyetään juoksemaan, kertoo pitkäaikaisesta kestävydestä ja sitä voidaan tarkastella kynnyksominaisuuksien avulla. VO_{2max} -testin loppunopeus (vVO_{2max}) saattaa olla pelkkää VO_{2max} :a parempi kestävyysuorituskyvyn mittari, sillä se ottaa huomioon myös juoksun taloudellisuuden. Juoksun taloudellisuus on monimutkainen ilmiö, johon vaikuttavat niin metaboliset, biomekaaniset kuin hermolihasjärjestelmänkin tekijät. Energiantuotto kestävyysjuoksussa tapahtuu matkasta riippuen erilaisina aerobisen ja anaerobisen tapojen yhdistelminä.

Biomekaniikka. Juoksun askelsykli voidaan jakaa tuki (kontakti)-, heilahdus- ja lentovaiheeseen. Tukivaihe jaetaan etutukivaiheeseen eli jarrutusvaiheeseen ja takatukivaiheeseen eli työntövaiheeseen. Jalan heilahdusvaihe koostuu etu- ja takaheilahdusvaiheesta. Askeleen vaiheesta riippuen eri lihakset työskentelevät konsentrisesti ja eksentrisesti. Juoksijan painoa ja lihasten tuottamaa maata kohti suuntautuvaa voimaa vastakkaiseen suuntaan kohdistuva voima on kontaktireaktiovoima GRF (ground reaction force), jota suuntautuu pysty-, vaaka- ja sivusuunnassa. Vertikaalisessa (pystysuuntaisessa) komponentissa on havaittavissa kaksi pääpiikkiä, joiden suuruuteen vaikuttaa muun muassa askellustyyli. Juostessa nivelissä tapahtuu kävelyyn verrattuna huomattavaa fleksiota (koukistusta) ja ekstensiota (ojennusta). Jalka toimii ikään kuin jousena. Juoksussa voidaankin hyödyntää jalan lihaksiin, jänteisiin ja sidekudoksiin varastoitavaa elastista energiaa eli tapahtuu ns. venymis-lyhenemissykli. Elastiset osat eivät tarvitse happea, minkä vuoksi niistä saadaan ilmaista energiaa sekä kimmoisuutena (nopeutena) että taloudellisuuden kautta. Tehokkaasti toimivat lihakset, jänteet ja muut elastiset osat kuten sidekudososat mahdollistavat siis lihasten optimaalisen toiminnan, jolloin liikkuminen on taloudellista. Juoksuopeuden kasvaessa ja juoksijan väsyessä havaitaan muutoksia jalan jäykkyydessä eli tapahtuu ”vajoamista” tukijalan polvi- ja nilkkanivelessä ensisijaisesti jarrutusvaiheen aikana. Tämä heikentää etenemisnopeutta ja juoksun taloudellisuutta.

Voimaharjoittelu. Kestävyysjuoksija hyötyy voimaharjoittelusta erityisesti siksi, että sen avulla voidaan parantaa juoksun nopeutta ja taloudellisuutta. Taloudellisuuden parantuminen tapahtuu useiden toisiinsa limittyvien mekanismien kautta muun muassa maksimivoiman ja voimantuottonopeuden kasvaessa, lihasten rekrytointistrategian muuttuessa ja koordinaation ja hermoston toiminnan parantuessa. Kestävyysharjoitteluun yhdistetyn optimaalisen voimaharjoittelun (maksimi- ja nopeusvoimaharjoittelu) ei ole todettu aiheuttavan häiritsevää lihasmassan kasvua. Voimaharjoittelun avulla myös paljon harjoitellut huippujuoksija voi parantaa taloudellisuuttaan lyhyelläkin, muutaman kuukauden pituisella harjoitusjaksolla. Voimaharjoittelumäärän on oltava kestävyys- ja voimaharjoittelun erilaisten vaikutusmekanismien vuoksi riittävä, muttei liiallinen. Kun voimaa ei kehitetä, sen ylläpito on tärkeää. Hyötyjä voidaan saada sekä maksimi- että nopeusvoimaharjoittelulla. Voimaharjoittelun rooli on suurempi kestävyysjuoksun ratamatkoilla (800–10 000 m) kuin pidemmällä matkoilla (puolimaraton ja maraton). Huippujuoksijoiden harjoittelusta kertovan tutkimustiedon perusteella voimaharjoittelua ei kuitenkaan pidetä sen hyödyistä huolimatta tärkeänä.

Kestävyysharjoittelu. Aerobinen kestävyysharjoittelu voidaan jakaa perus-, vauhti- ja maksimikestävyysharjoitteluun. Harjoittelu on yleensä kestojuoksua tai intervalliharjoittelua. Peruskestävyysharjoittelulla pyritään kehittämään erityisesti lihasten hapenkäyttökykyä ja rasva-ainenvaihduntaa. Vauhtikestävyysharjoittelussa hiilihydraattien käytöllä on suuri rooli. Maksimikestävyysharjoittelulla kehitetään maksimaalista hapenottoa. Huippujuoksijat juoksevat tyypillisesti hyvin suuria määriä viikossa, ja monilla suuri osa harjoittelusta on kevyttä tai kohtalaisella vauhdilla tapahtuvaa juoksua. Kevyttehoinen määräharjoittelu on saanut nykypäivänä osakseen arvostelua, ja on mahdollista, että kestävyysjuoksija voisi saavuttaa samat harjoitusmuutokset myös pienemmällä määrällä ja suuremmilla tehoilla.

Valmennuksen ohjelmointi. Juoksijan harjoitusvuosi voidaan jakaa peruskuntokauteen, kilpailuun valmistavaan kauteen, kilpailukauteen ja ylimenokauteen. Harjoitusohjelma on tärkeää suunnitella ja toteuttaa siten, että urheilijalla on riittävästi aikaa palautua. Liian usein tai harvoin toistetut harjoitukset eivät kehitä optimaalisella tavalla. Peruskuntokaudella harjoittelu on monipuolista ja määrää lisätään. Voimaharjoittelu on kehittävää ja maksimivoimatasoja pyritään parantamaan. Kilpailuun valmistavalla kaudella kehitetään enenevässä määrin kilpailuissa tarvittavia ominaisuuksia, esimerkiksi maksimikestävyyttä. Voimaharjoittelussa teho kasvaa siirtyen enemmän nopeusvoiman puolelle. Kilpailukaudella suorituskyky maksimoidaan kovatehoisella juoksuharjoittelulla ja lajinomaisella nopeusvoimaharjoittelulla, maksimivoimatasot säilytetään ja vammat pyritään pitämään poissa.

Vammat. Juoksijoille yleisiä vammoja ovat muun muassa akillestendinopatia, it-kalvosyndrooma ja lihasaitiosyndrooma. Vammojen esiintyvyys on aloittelevilla juoksijoilla kokeneempia juoksijoita suurempi. Juoksumäärän tai muihin harjoitteluun liittyvien seikkojen yhteys vammojen esiintyvyyteen ei ole yksiselitteinen. Eri vammoihin voidaan liittää vammalle tyypillisiä juoksijan rakenteeseen ja juoksun biomekaniikkaan liittyviä riskitekijöitä. Aiemman vamman on todettu lisäävän riskiä uusille vammoille. Vammojen hoidossa ja ennaltaehkäisyssä riskitekijöiden ja vamman aiheuttajien tunnistaminen ja niihin vaikuttaminen on tärkeää. Vammojen ennaltaehkäisyssä ja hoidossa voidaan käyttää hyväksi voimaharjoittelua.

Ravitsemus. Juoksijan ravitsemuksessa voidaan soveltaa yleisiä ravitsemussuosituksia. Tärkeää on riittävän ja tarpeisiin vastaavan energiansaannin varmistaminen. Erityistä huomiota tulisi kiinnittää riittävään hiilihydraatin saantiin, sillä hiilihydraatit toimivat merkittävänä energianlähteenä kohtuu- ja kovatehoisissa suorituksissa, ja yksikin riittävän pitkä tai kova harjoitus voi tyhjentää varastot kokonaan. Vajaille varastoilla harjoittelu heikentää suorituskykyä. Proteiinit toimivat elimistön rakennusaineena. Lihasten soluvaurioiden korjaaminen nostaa kestävyysurheilijoilla proteiinin saannin tarvetta ja tehostaa voiman kasvua proteiinisynteesin kautta. Rasva on kolmas tärkeä ravintoaine, jonka saantia juoksijan ei tulisi pelätä. Myös nesteytyksestä huolehtiminen on juoksijalle tärkeää. Kivennäisaineiden ja vitamiinien tarve on urheilijoilla normaaliväestöä suurempaa, ja riittävästä saannista voidaan huolehtia yleensä riittävällä määrällä monipuolista ruokaa. Erityisesti hoikkien naisjuoksijoiden kannattaa kiinnittää huomiota riittävään raudan- ja D-vitamiinin saantiin. Lisäravinteita käyttävien urheilijoiden on varmistettava, että käytettävä aine on turvallinen, ettei se sisällä dopingaineita ja että se edistää suorituskykyä tai ominaisuuksien kehittymistä.

Testaus. Juoksijan kehittymisen seuranta koostuu päivittäisestä seurannasta sekä ominaisuuksien testaamisesta. Tärkeä päivittäisen seurannan osa on harjoituspäiväkirja. Kestävyysjuoksijan suorituskykyyn vaikuttavia kestävyys- ja voimaominaisuuksia voidaan testata erilaisilla laboratorio- ja kenttäolosuhteissa toteutettavilla testeillä. Juoksumatolla tehtävässä maksimaalisen hapenottokyvyn testissä mitataan hapenottokykyä hengitysilman happi- ja hiilidioksidipitoisuuksien avulla ja saadaan sen lisäksi selville muun muassa aerobinen ja anaerobinen kynnyks. Kestävyuden kenttätestinä voidaan käyttää esimerkiksi 6 x 1000 m -testiä, josta saadaan laktaatin avulla selville kynnyksominaisuuksia. Alaraajojen maksimivoiman testauksessa käytetään isometrisiä (ei tapahdu ulkoista liikettä) tai dynaamisia (tapahtuu liike) testejä, kuten yhden toiston maksimitestiä (1RM) jalkaprässilaitteessa tai kyykyssä. Juoksijalle lajinomaisia nopeusvoimatestejä ovat esimerkiksi 5- tai 10-loikka sekä vauhditon pituushyppy. Nopeutta voidaan seurata esimerkiksi lentävällä 20 metrin juoksutestillä. Fyysisen kunnon osatekijöiden testaamisen lisäksi juoksijan terveyden säännöllinen tarkastaminen on tärkeää esimerkiksi sydänpörräisten ongelmien, tuki- ja liikuntaelimistön vammojen, ravitsemuksellisten häiriöiden ja naisurheilijoiden ongelmien ehkäisemiseksi.

Pohdinta. Voimaharjoittelu tarjoaa juoksuosuorituskyvylle huomattavia hyötyjä ja se on tärkeä osa juoksijan harjoittelua. Voimaharjoittelun avulla kestävyysominaisuutensa huipputasolle harjoitellut juoksijakin voi parantaa suorituskykyään, ja voimaharjoittelulla on rooli myös vammojen hoidossa ja ennaltaehkäisyssä. Keski- ja kestävyysmatkojen nopeutuessa voiman rooli entisestään kasvaa, ja voimaharjoittelu tulisi senkin vuoksi ottaa entistä paremmin huomioon. Nykypäivän juoksuharjoittelu on kokonaisuus, jossa kestävyyttä ja voimaa harjoitetaan suunnitelmallisesti, tarkoituksenmukaisesti ja seurattuna yksilölliset ominaisuudet, painotukset ja olosuhteet huomioiden.

Avainsanat: kestävyysjuoksu, voimaharjoittelu, kestävyysharjoittelu, juoksija, lajiansalyysi, valmennus, testaus, harjoittelu, ohjelmointi, taloudellisuus, ravitsemus, vammat, fysiologia, biomekaniikka

KÄYTETYT LYHENTEET

AMPK	Adenosiinimonofosfaattiriippuvainen proteiinikinaasi
ATP	Adenosinitrifosfaatti
BMI	Body mass index, kehon painoindeksi
EMG	Elektromyografia
EPOC	Excess post-exercise oxygen consumption, suorituksen jälkeinen kohonnut hapenkulutus
ESWT	Extracorporeal shockwave therapy, sokkiaaltohoito
FK	Fosfokreatiini
GRF	Ground reaction force, kontaktireaktivoima
HIIT	High intensity interval training, kovatehoinen intervalliharjoittelu
HK	Harjoituskausi
IOC	International Olympic Committee, kansainvälinen olympiakomitea
IT	Iliotibial tract, iliotibiaalinen seutu (reiden ulkosivulla)
KK	Kilpailukausi
KVK	Kilpailuun valmistava kausi
LSD	Long slow distance, matalatehoinen pitkäkestoinen juoksu
MART	Maximal anaerobic running test, maksimaalinen anaerobinen juokсутesti
MK	Maksimikestävyys
MLSS	Maximal lactate steady state (suurin kuormitustaso, jolla laktaatti pysyy vielä vakiona)
MMP	Matrix metalloproteinase (entsyymiryhmä, joka hajottaa proteiineja solun ulkoisessa matriksissa)
OBLA	Onset of blood lactate accumulation (taso, jolla laktaattia alkaa kertyä, 4 mmol/l)
PGC-1-alfa	Peroxisome proliferator-activated receptor-gamma coactivator 1-alpha (proteiini, joka toimii esimerkiksi energia-aineenvaihdunnan säätelyssä)
PK	Peruskestävyys

PK-kausi	Peruskuntokausi
RFD	Rate of force development, voimantuottonopeus
SSC	Stretch-shortening cycle, venymis-lyhenemissykli
TV	Tasavauhtinen
VK	Vauhtikestävyys
VLR	Vertical loading rate, vertikaalisen voiman kasvunopeus
VO ₂ max	Maksimaalinen hapenottokyky
vVO ₂ max	Maksimaalisen hapenottokykytestin loppunopeus
1RM	One-repetition maximum, yhden toiston maksimi

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

1 JOHDANTO.....	1
2 JUOKSUN FYSIOLOGIAA	3
2.1 Maksimaalinen hapenottokyky VO ₂ max	3
2.2 Nopeus maksimaalista hapenottokykyä vastaavalla tasolla (vVO ₂ max)	5
2.3 Pitkäaikainen aerobinen kestävyys	6
2.4 Energiantuotto	8
2.5 Taloudellisuus.....	9
3 JUOKSUN BIOMEKANIikka JA VOIMAHARJOITTELU	10
3.1 Askelsykli	10
3.2 Lihasaktiivisuudet juostessa	11
3.3 Nilkan biomekaniikkaa.....	12
3.4 Juoksun kinetiikkaa	12
3.5 Askellustyyli	16
3.6 Elastisuus ja jäykkyys juostessa	17
3.7 Voimaharjoittelun vaikutuksia juoksun biomekaniikkaan	21
4 HERMOLIHASJÄRJESTELMÄ JA TEHOTEKIJÄT.....	22
5 JUOKSUN TALOUDELLISUUS.....	23
5.1 Metabolinen taloudellisuus.....	24
5.2 Biomekaaninen taloudellisuus.....	24
5.2.1 Antropometria.....	24
5.2.2 Askelpituus ja -frekvenssi	25

5.2.3	Askellustyyli	26
5.2.4	Kontaktiaika	26
5.2.5	Muita tekijöitä	26
5.3	Hermolihasjärjestelmän taloudellisuus.....	27
5.3.1	Hermostollinen ohjaus	27
5.3.2	Jalan jäykkyys	27
5.3.3	Venymis-lyhenemissykli ja elastinen energia	28
6	VOIMAHARJOITTELUN VAIKUTUSMEKANISMIT JA TALOUDELLISUUS ...	29
6.1	Maksimivoima ja voimantuottonopeus (RFD).....	29
6.2	Muuttunut rekrytointistrategia	30
6.3	Lihassolutyypinmuutos.....	30
6.4	Biomekaaninen tehokkuus ja tekniikka.....	30
6.5	Jäykkyys ja elastisen energian käyttö.....	31
6.6	Venymis-lyhenemissykli SSC	31
6.7	Hypertrofia.....	32
6.8	Koordinaatio ja hermoston toiminta	32
6.9	Muut mekanismit.....	33
7	JUOKSIJAN VAMMAT JA VOIMAHARJOITTELU	34
7.1	Juoksuvammojen riskitekijöitä.....	34
7.2	Vammat ja juoksumäärä	35
7.3	Lihassairausyndrooma	36
7.3.1	Vamman kuvaus ja riskitekijät	36
7.3.2	Tapausesimerkki.....	37
7.4	Akillestendinopatia.....	38

7.4.1	Vamman kuvaus ja riskitekijät	38
7.4.2	Hoitosuosituksia	40
7.5	It-kalvosyndrooma.....	41
7.5.1	Vamman kuvaus ja riskitekijät	41
7.5.2	Hoitosuosituksia	42
7.5.3	Tapausesimerkki.....	43
7.6	Voimaharjoittelu juoksuvammojen ennaltaehkäisyssä ja hoidossa.....	45
8	HARJOITTELUANALYYSI.....	47
8.1	Katsaus historiaan.....	47
8.2	Juoksumäärät	48
8.3	Harjoittelun teho	49
8.4	Voimaharjoittelu.....	50
9	JUOKSIJAN VOIMAHARJOITTELU KÄYTÄNNÖSSÄ.....	52
9.1	Voimaharjoittelun jaottelu	52
9.2	Voimaharjoittelun vaikutuksia juoksijan ominaisuuksiin	53
9.3	Kasvattaako voimaharjoittelu juoksijan lihasmassaa?	54
9.4	Maksimivoimaa vai nopeusvoimaa?	56
9.5	Juoksijan voimaharjoittelu: käytännön suosituksia	57
10	JUOKSIJAN KESTÄVYYSHARJOITTELU KÄYTÄNNÖSSÄ: PERINTEINEN NÄKEMYS	59
10.1	Harjoitustyypit	60
10.1.1	Kestojuoksu	60
10.1.2	Intervalliharjoittelu	60
10.2	Peruskestävyysarjoittelu	61

10.3	Vauhtikestävyysharjoittelu	61
10.4	Maksimikestävyysharjoittelu	62
11	MÄÄRÄ VAI TEHO?	63
12	VALMENNUKSEN OHJELMOINTI	66
12.1	Superkompensaatioteoria	66
12.2	Vuosisuunnitelma	67
12.3	Viikkosuunnitelma	68
12.4	Voima- ja kestävyysharjoittelun jaksotus juoksijalle	69
12.5	Peruskuntokausi	70
12.6	Kilpailuun valmistava kausi	71
12.7	Kilpailukausi	72
13	URHEILJAESIMERKKI	73
13.1	Urheilijan kuvaus	73
13.2	Kauden kuvaus	74
13.3	Harjoituskauden esimerkkiviikko ja -päivä	76
13.4	Kilpailukauden esimerkkiviikko ja -päivä	77
14	JUOKSIJAN RAVITSEMUS	80
14.1	Kestävyysjuoksu ja hiilihydraatit	80
14.2	Kestävyysjuoksu ja proteiinit ja rasvat	82
14.3	Kestävyysjuoksu ja mikroravintoaineet	82
14.4	Kestävyysjuoksu ja ravitsemussuositukset	83
14.5	Harjoitusta ympäröivät ateriat	85
14.5.1	Ravitsemus ennen suoritusta	85
14.5.2	Ravitsemus suorituksen aikana	85

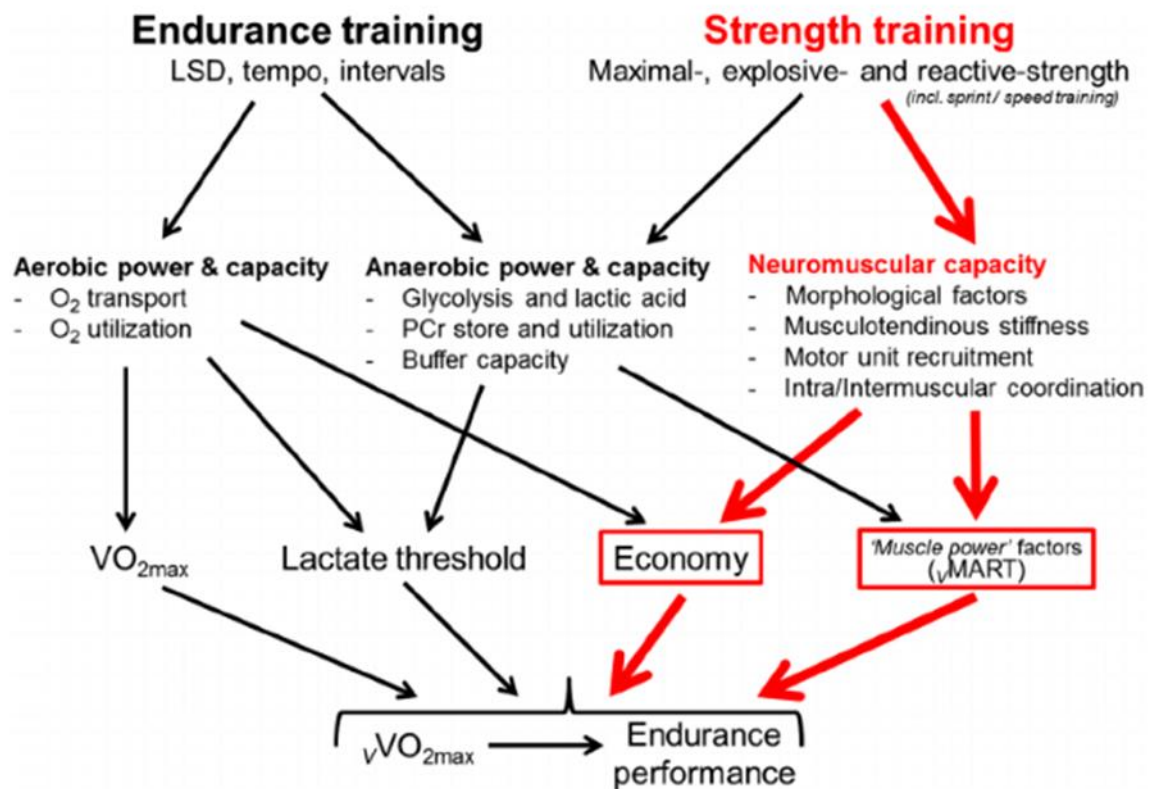
14.5.3	Ravitseminen suorituksen jälkeen	86
14.6	Kestävyyden juoksu ja lisäravinteet	86
15	JUOKSIJAN TESTAUS	88
15.1	Päivittäinen seuranta.....	88
15.2	Ominaisuuksien testaaminen	88
15.2.1	Suora maksimitesti	88
15.2.2	Kestävyyden kenttätestit.....	89
15.2.3	Voiman ja juoksunopeuden testaus	89
15.3	Terveyden seuranta.....	91
16	POHDINTA.....	92
17	LÄHTEET	

1 JOHDANTO

Kestävyysjuoksulla on Suomessa pitkät ja menestyksekkäät perinteet. Kestävyysjuoksuiksi voidaan näkökulmasta ja tilanteesta riippuen laskea kuuluviksi radalla, maantiellä ja maastossa juostut matkat keskipitkistä ratamatkoista aina monen tunnin, jopa vuorokausien ultrajuoksuihin asti. Tässä analyysissä kestävyysjuoksun määritelmä ulottuu pääasiassa ratamatkoihin.

Usein kestävyysjuoksu ajatellaan kestävyyslajina, jossa pärjääminen määrättyä hapenotto- ja aerobisen kestävyys- ja suurten juoksumäärien perusteella. Harjoittelussa käytetään monesti niitä menetelmiä, joita on käytetty ennenkin. Viime vuosina juoksijoiden, kuten muidenkin kestävyyslajien, keskuudessa näkökulmaa on kuitenkin alettu täydentää ja haastaa yhä enenevässä määrin sillä ajatuksella, että myös juoksijat voisivat hyötyä kesto-ominaisuuksien lisäksi myös voimaharjoittelusta ja sen tuomista eduista.

Kestävyysjuoksusuoritukseen voidaan ajatella vaikuttavan fysiologiselta ja biomekaaniselta kannalta alla olevan kuvan 1 tekijät. Niitä voidaan kehittää kestävyys- ja voimaharjoittelulla. Tässä lajiansalyysissä paneudutaan ensiksi juoksun fysiologisiin ja biomekaanisiin tekijöihin: niihin ominaisuuksiin, mitä kestävyysjuoksusuoritus vaatii. Loppuosassa keskitytään käytännönläheisemmin juoksijan harjoitteluun. Merkittävänä osana ja tarkastelun näkökulmana tässä analyysissä on voimaharjoittelu. Mitkä ovat ne mekanismit, joiden kautta voimaharjoittelulla voidaan parantaa kestävyysjuoksusuoritusta? Minkälaista voimaharjoittelua kestävyysjuoksijoiden kannattaisi tehdä? Kasvattaako voimaharjoittelu liikaa juoksijan lihasmassaa? Millaista voimaharjoittelua huippujuoksijat tekevät? Onko voimaharjoittelusta hyötyä vammojen ehkäisyssä ja hoidossa? Muun muassa näitä kysymyksiä tässä analyysissä tarkastellaan tutkimustiedon valossa.



KUVA 1. Kestävyyssuoritusuuteeseen vaikuttavat tekijät ja eri harjoittelutyypin vaikutukset niihin. (Beattie ym. 2014.)

Tämän työn tarkoitus on paitsi koostaa tutkimustiedosta luettava suomenkielinen lajiansalyysi, joka tarkastelee kestävyyssuoritusta ja siinä vaadittavia ominaisuuksia sekä harjoittelua voimaharjoittelun näkökulmasta, myös herättää lukija ajattelemaan tuttua lajia uudesta näkökulmasta.

2 JUOKSUN FYSIOLOGIAA

Kestävyysjuoksuosuoritukseen voidaan ajatella vaikuttavan ja kestävyysuorituskyvystä kertovan ainakin maksimaalisen hapenottokyvyn, nopeuden maksimaalisen hapenottokyvyn tasolla, sen prosenttiosuuden maksimista, jolla matka pystytään juoksemaan, taloudellisuuden sekä energiantuottomekanismien, jotka ovat näiden tekijöiden taustalla.

2.1 Maksimaalinen hapenottokyky VO₂max

Maksimaalinen hapenottokyky (VO₂max) on tärkeä kestävyysuoritukseen vaikuttava tekijä (esim. Tjelta & Shalfawi 2016). VO₂max on suoraan yhteydessä siihen tuotetun ATP:n määrään, joka kestävyysuorituksen aikana voidaan saavuttaa. ATP:n tuoton määrä on riippuvainen sekä maksimaalisesta hapenottokyvystä että siitä prosenttiosuudesta, jolla urheilija kykenee matkan juoksemaan. Bassettin ja Howleyn (2000) esimerkin mukaan suorittaakseen maratonin aikaan 2:15 hapenottokykyä tarvitaan 60 ml/kg/min. Koska maratonia ei kuitenkaan juosta sadan prosentin teholla, vaan noin 80–85 %:lla maksimaalisesta hapenottokyvystä, tarvittava VO₂max on 70.5–75 ml/kg/min. VO₂max asettaa siis kestävyysuoritukselle tietyn ylärajan, muttei määritä koko suoritusta. (Bassett & Howley 2000.)

Fysiologisesti maksimaalinen hapenottokyky voidaan määritellä sydämen maksimaalisen minuuttitilavuuden ja valtimo-laskimo-happieron tuloksi. Suorituksen aikana VO₂max:n suuruuteen vaikuttavat hengitykseen liittyvät tekijät (mm. ventilaatio, hapen diffuusio), sentraaliseen verenkiertoon liittyvät tekijät (mm. sydämen minuuttitilavuus, verenpaine, hemoglobiini, punasolumassa ja veren volyyymi), perifeeriseen verenkiertoon liittyvät tekijät (mm. verenvirtaus lihaksissa), lihaksen metabolia (mm. lihasmassa, entsyymit, mitokondriot, energiavarastot) sekä myös hermostolliset tekijät. (Peltonen 2017.) Bassettin ja Howleyn (2000) mukaan fysiologiselta kannalta maksimaalista hapenottokykyä voivat rajoittaa sentraalisesti keuhkojen dif-

fuusiokapasiteetti, sydämen minuuttitilavuus ja veren hapenkuljetuskyky sekä perifeerisesti lihas-
hasten ominaisuudet. (Bassett & Howley 2000.) Sydämen iskutilavuus selittää suurimman
vaihtelun VO₂max-arvojen eroissa. (Bassett & Howley 2000; Joyner & Coyle 2008.)

Parhaimmilla mieskestävyyssurheilijoilla VO₂max-arvot ovat noin 70–85 ml/kg/min. Naisilla
arvot ovat alhaisemmasta hemoglobiinista ja kehon koostumuksesta johtuen 10 % matalampia.
Kestävyyssurheilijoiden 50–100 % suuremmat arvot normaali-ihmisiin nähden johtuvat harjoi-
tuksen myötä kohonneesta iskutilavuudesta, veren volyymista sekä kapillaarien ja mitokondri-
oiden tiheydestä. (Joyner & Coyle 2008.) Kestävyyssuoksijoiden välillä VO₂max-arvot voivat
erota hieman matkasta riippuen. Rabadán ym. (2011) tutkivat espanjalaisia huippujuoksijoita
vuosien 2000–2008 välillä. VO₂max oli keskimatkojen (800–1 500 m) juoksijoilla 65.9 ± 4.5
ml/kg/min ja kestävyysmatkojen (5 000–10 000 m) juoksijoilla 71.6 ± 5.0 ml/kg/min (Rabadán
ym. 2011). Toisaalta suhteellisesti samantasoisten 3 000 m estejuoksijoiden ja maratonjuoksi-
joiden fysiologisten profiilien on todettu olevan melko samanlaiset; hapenottokyvyssä ei ollut
merkittävää eroa (80.5 ± 3.9 ml/kg/min vs. 81.3 ± 4.0 ml/kg/min) (Legaz-Arrese ym. 2011).

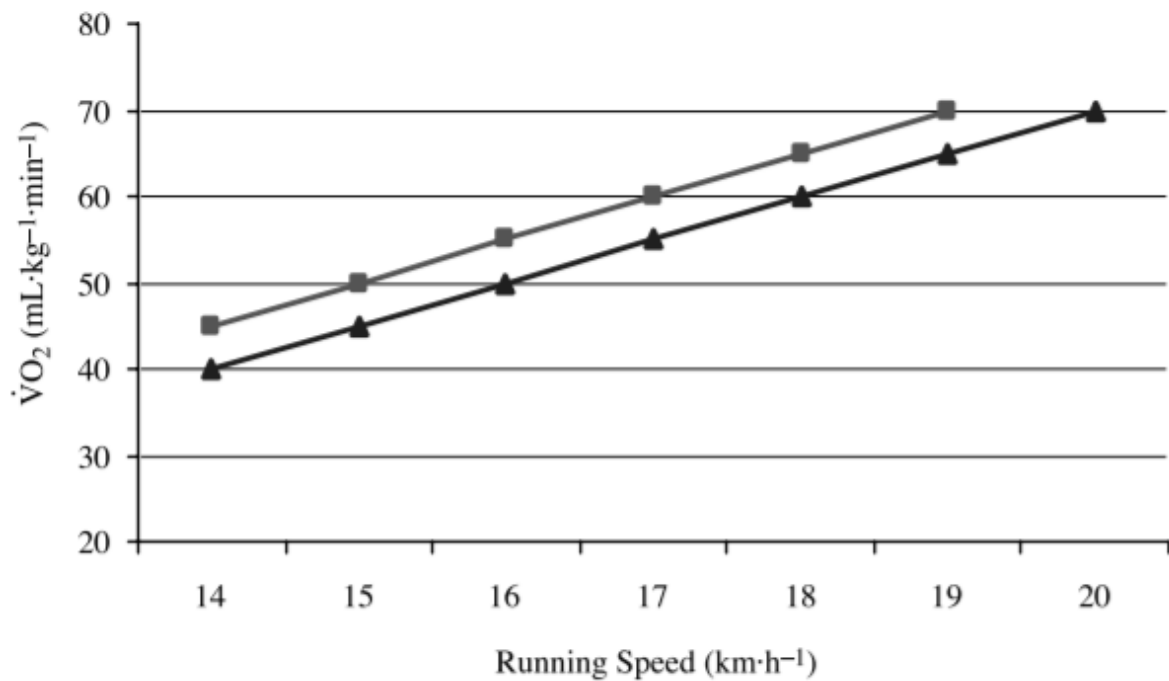
Maksimaalinen hapenottokyky on ominaisuus, jonka kehittymisellä on selvät rajat. Legaz-Ar-
rese ym. (2005) tutkivat huippukestävyysjuoksijoiden harjoittelua kolmen vuoden ajan. Kaik-
kein pisimpään harjoitelleilla juoksijoilla suorituskyky tai hapenottokyky eivät muuttuneet mer-
kittävästi jakson aikana. Lyhemmän harjoitteluhistorian juoksijat kehittivät suorituskykyään,
mutta heilläkään hapenottokyky ei kasvanut. Hapenottokyky ei siis ollut yhteydessä suoritus-
kyvyn muutokseen. Kokeneemmat juoksijat olivat saavuttaneet tietyn suorituskyvyn ylärajan,
jota tosin voisi mahdollisesti vielä kehittää muuttamalla harjoitusmetodeja. (Legaz-Arrese ym.
2005.) Magnessin (2014) katsauksen mukaan vain hyvin vähissä huippujuoksijoilla toteute-
tuissa tutkimuksissa on havaittu muutosta hapenottokyvyssä. Harjoittelua usein kutsutaan ha-
penottoharjoitteluksi, vaikka ominaisuudet joita sillä kehitetään, ovat todennäköisesti pitkälti
 muita (esimerkiksi kynnysten kehittämistä) ja osittain vielä tuntemattomiakin. (Magness 2014,
128–9.)

2.2 Nopeus maksimaalista hapenottoa vastaavalla tasolla (vVO₂max)

Vaikka maksimaalinen hapenottoa asettaa kestävyysuoritukselle ylärajan (Bassett & Howley 2000; Ghosh 2004) ja on kestävyysjuoksussa tärkeä tekijä, se ei yksistään selitä eroja suorituskyvyssä niiden urheilijoiden välillä, joilla hapenottoa on yhtä korkealla tasolla (Jones 2006). vVO₂max eli nopeus maksimaalista hapenottoa vastaavalla tasolla on hapenottoa ja taloudellisuuden yhdistelmä (Beattie ym. 2017, kuva 2), minkä vuoksi se kuvaa suorituskykyä paremmin kuin taloudellisuus tai hapenottoa yksistään (Cole ym. 2006). Maksimaalista hapenottoa vastaava nopeus korreloi vahvasti suorituskyvyn kanssa (Bragada ym. 2010) ja on tärkeä kestävyysuorituksen määrittäjä (Jones & Carter 2000), ja se tulisikin ottaa huomioon suorituskykyä kehitettäessä (Bragada ym. 2010). vVO₂max:n on todettu olevan suurin selittävä tekijä esimerkiksi 10 km:n juoksusuorituksessa kenialaisilla huippujuoksijoilla. (Billat ym. 2003a.)

Koska juoksun taloudellisuuteen vaikuttavat monet hermolihasjärjestelmän ominaisuudet ja voimantuotolliset tekijät (katso luku 5), vVO₂max ottaa taloudellisuuden huomioon ottaessaan huomioon myös hermolihasjärjestelmän.

Huippujuoksijoilla vVO₂max-nopeudet ovat suuria. Billatin ym. (2003a) tutkimuksessa, jossa kenialaiset huippujuoksijat oli jaettu harjoittelutehon perusteella kahteen ryhmään, matalammalla teholla harjoittelevilla vVO₂max oli noin 21.6 km/h ja korkeammalla teholla harjoittelevilla 22.7 km/h. vVO₂max myös kehittyi harjoittelun myötä (Jones & Carter 2000). Esimerkiksi viiden vuoden ajan seurattu olympiatason 3 000 metrin naisjuoksija ei parantanut seurantaajan aikana maksimaalista hapenottoa, mutta vVO₂max parani nopeudesta 19.0 km/h nopeuteen 20.4 km/h (Jones 1998). vVO₂max:n on todettu olevan merkittävästi korkeampi 3 000 m estejuoksijoilla maratonjuoksijoihin verrattuna (22.3 ± 0.6 vs. 21.7 ± 0.5 km/h) (Legaz-Arrese ym. 2011).



KUVA 2. VO₂max:n ja taloudellisuuden vuorovaikutus. (Jones 2006.) Kaksi urheilijaa, joilla maksimaalinen hapenottokyky on samalla tasolla, voivat erota taloudellisuuden suhteen huomattavankin paljon. Tällöin myös vVO₂max ja suorituskyky ovat heillä samasta maksimaalisesta hapenottokyvystä huolimatta eri tasoilla.

2.3 Pitkäaikainen aerobinen kestävyys

Yksi kestävyysuorituksen tärkeä tekijä on se teho tai prosenttiosuus VO₂max:sta, jolla kilpailu kyetään juoksemaan (Tjelta & Shalfawi 2016). Maksimaalinen hapenottokyky asettaa suoritukselle ylärajan hengitys- ja verenkiertoelimistön suhteen (Bassett & Howley 2000), ja vVO₂max ottaa huomioon tällä tasolla myös taloudellisuuden (Beattie ym. 2017), mutta kumpikaan näistä ei kuitenkaan kerro sitä tasoa, jolla juoksija kykenee matkan juoksemaan.

Kestävyysurheilijoiden kynnyksistä puhuttaessa käytetään usein monia eri termejä ja määritelmiä (Ghosh 2004). Laktaattikynnyksestä (lactate threshold) puhutaan toisinaan tarkoittaen suo-

malaisittain anaerobista kynnystä (Billat ym. 2003a). Toisinaan laktaattikynnysellä taas viitataan kohtaan, jossa laktaattitaso alkaa nousta lepotason yläpuolelle (Jones 2006); tällöin käsite on lähellä suomalaista aerobista kynnystä eli sitä kohtaa, jossa laktaatin eliminaatio pysyy vielä hallinnassa (Nummela 2007b), ja anaerobisesta kynnyksestä käytetään termiä ”lactate turn-point” (Jones 2006). Anaerobinen kynnys määritellään suurilla lihasryhmillä tehtävän jatkuvan dynaamisen suorituksen korkeimmaksi työtehoksi, jolla laktaatin tuotto ja poisto pysyvät vielä tasapainossa (Tjelta & Shalfawi 2016) ts. tehoksi, jolla laktaattipitoisuus ei kasva koko suorituksen ajan (Nummela 2007b). Anaerobisen kynnyksen määritelmää vastaa myös termi MLSS eli ”maximal lactate steady state” (Billat ym. 2003b). OBLA (onset of blood lactate accumulation) on niin ikään anaerobista kynnystä lähellä oleva käsite, joka kuvaa sitä tasoa, jolloin veren laktaattipitoisuus on 4 mmol/l (Ghosh 2004).

Riippumatta siitä, mitä termejä tarkalleen ottaen käytetään, tarkoitus on havainnollistaa pitkäaikaista aerobista kestävyyttä. Suomalaisittain tämä tehdään määrittämällä aerobinen ja anaerobinen kynnys (Nummela 2007a). Aerobinen ja anaerobinen kynnys on suomalaisessa kestävyystestauksessa perinteisesti määritetty kansallisten kriteerien avulla testaajan subjektiivisen näkemyksen mukaan (LBIP014). Kynnysten määrittäminen perustuu energia-aineenvaihdunnassa tapahtuviin muutoksiin, joita voidaan seurata mittaamalla verestä laktaattipitoisuutta ja uloshengitysilman happi- ja hiilidioksidipitoisuutta. Tehon kasvaessa energiaa tuotetaan enenevässä määrin anaerobisesti, jolloin muodostuu laktaatti- ja vetyioneja. Elimistön happamoitumista estetään puskuroimalla vetyioneja ja poistamalla hiilidioksidia hengityksen kautta. (Nummela 2007a) Laktaatin tuotto ja poisto pysyvät tasapainossa, kunnes ne eivät enää pysy. Kestävyysharjoittelulla pyritäänkin nostamaan tätä kynnystä ja tehoa, jolla voidaan edetä vielä aerobisesti; anaerobinen kynnys lähestyy maksimaalista tehoa (Nummela 2007a). Laktaatti- ja ventilaatiokäyrän siirtyminen oikealle kertoo parantuneesta kestävyys suorituskyvystä: tällöin pysytään juoksemaan suuremmalla absoluuttisella ja suhteellisella nopeudella (%VO₂max) ilman laktaatin kertymistä (Jones & Carter 2000).

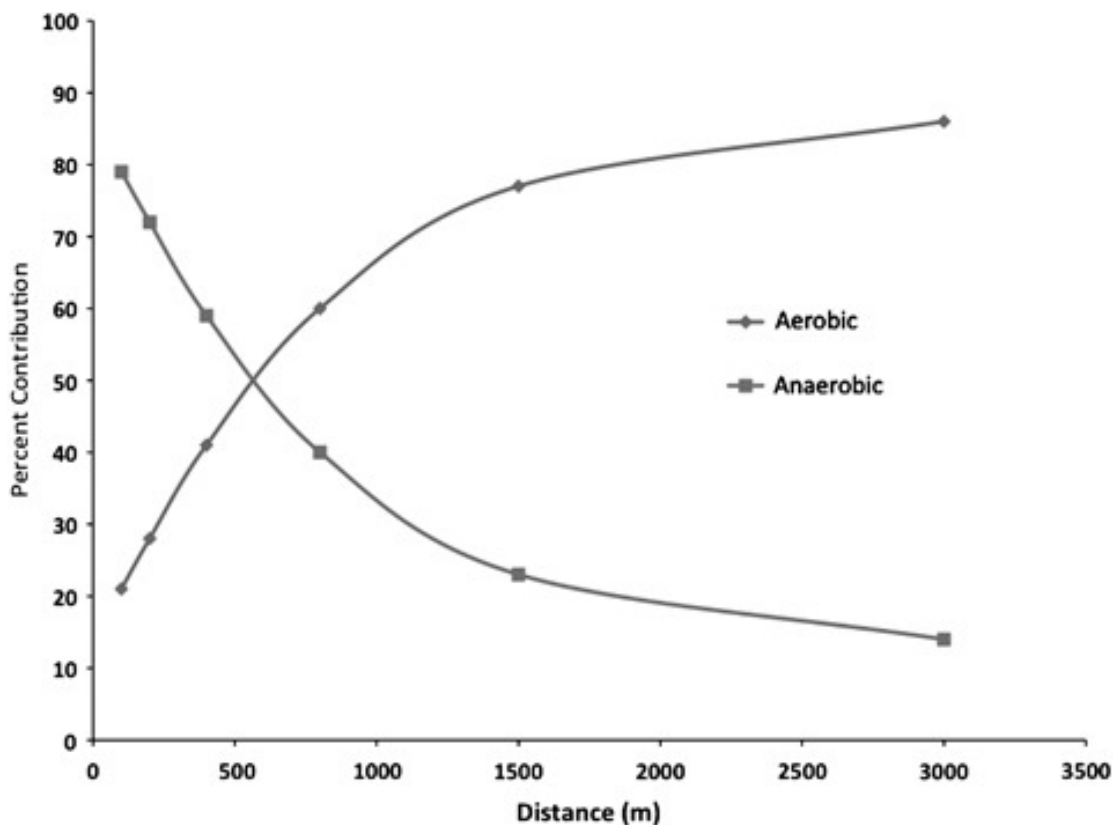
Huippujuoksijat pystyvät pitämään anaerobista kynnystä vastaavaa nopeutta yllä noin tunnin ajan (Tjelta & Shalfawi 2016). Billatin ym. (2003a) tutkimuksessa kenialaisten huippujuoksijoiden harjoittelua ja ominaisuuksia tarkasteltiin kahdessa ryhmässä harjoittelutottumusten mukaan: toiset harjoittelivat enemmän tempoharjoittelua ja toiset kovempia intervaleja. Korkeammalla teholla harjoitelleiden juoksijoiden keskimääräinen 10 km:n aika oli $28:15 \pm 15$ s ja nopeus 21.2 ± 0.2 km/h; vVO_{2max} oli 22.7 ± 0.6 km/h. (Billat ym. 2003a.) He juoksivat matkan siis noin 93 %:lla maksimaalista hapenottokykyä vastaavasta nopeudesta. Laktaattikynnyksen (anaerobinen kynnys) nopeus heillä oli keskimäärin 20.2 ± 0.4 km/h (Billat ym. 2003a) eli noin 89 % vVO_{2max} :sta. Legaz-Arresen ym. (2011) tutkimuksen 3 000 m estejuoksijat (8:37.38) juoksivat tutkimuksesta laskettujen tietojen perusteella matkan noin 94 %:lla maksimaalista hapenottokykyä vastaavasta nopeudesta.

2.4 Energiantuotto

Energiaa, elimistön käyttämää ATP:a (adenosiinitrifosfaatti), voidaan tuottaa aerobisesti tai anaerobisesti. Energiantuottonopeus määrittää, mitä tapaa urheilusuorituksessa käytetään. Anaerobisesti energiaa saadaan FK:sta (fosfokreatiinista) tai glykolyysin avulla hiilihydraateista. FK-varastot ovat pienet ja glykolyysin avulla energiaa tuotettaessa muodostuu haitallista happamuutta. Hiilihydraattien ja rasvojen avulla energiaa tuotettaessa sen tuottonopeus on hitaampi, mutta energiaa saadaan huomattavasti enemmän, rasvoista lähes rajattomasti. (Nummela 2016.)

Juoksutehon kasvaessa energiaa tuotetaan enenevässä määrin anaerobisesti (Nummela 2007a). Juoksumatkan pidentyessä pikamatkoista kestävyysmatkoihin aerobisen energiantuoton osuus kasvaa ja anaerobisen osuus vähenee (kuva 3). Energiantuotto tapahtuu ratajuoksuissa matkasta riippuen aerobisen ja anaerobisen erilaisina yhdistelminä. Newsholmen taulukon mukaan esimerkiksi 10 000 metrillä energiantuotosta 97 % tapahtuu aerobisesti, 3 % anaerobisella glykolyysillä ja KP:ta (kreatiinifosfaatti) käytetään vähän alussa ja mahdollisissa kiritilanteissa. 5 000 metrin juoksussa vastaavat lukemat ovat 87.5% ja 12.5%. (Newsholme ym. 1992, Meron

ym. 2007 mukaan.) 3 000 metrillä miehillä energiantuotosta 86 % ja naisilla 94 % on aerobista ja 1 500 metrillä miehillä 77 % ja naisilla 86 % (Duffield ym. 2005).



KUVA 3. Aerobisen ja anaerobisen energiantuoton jakautuminen miehillä 100–3 000 m rata-
matkoilla. (Laursen 2010, kuva perustuu Duffieldin ym. (2005) alkuperäisartikkeleihin.)

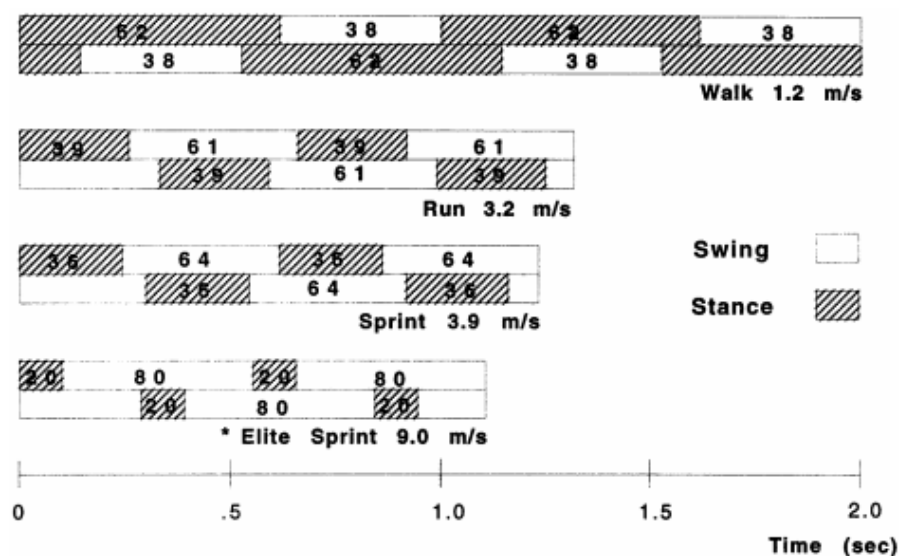
2.5 Taloudellisuus

Kestävyysuorituksen taloudellisuudesta ja siihen vaikuttavista tekijöistä on kerrottu erikseen omassa luvussaan 5.

3 JUOKSUN BIOMEKANIikka JA VOIMAHARJOITTELU

3.1 Askelsykli

Juoksun yksi askelsykli kestää ensimmäisen jalan maahan osumisesta siihen, kun sama jalka osuu jälleen maahan (Novacheck 1998). Juoksun askelsykli voidaan jakaa tuki- (kontakti), heilahdus- ja lentovaiheeseen (Dugan & Bhat 2005). Tukivaihe jaetaan etutukivaiheeseen eli jarrutusvaiheeseen ja takatukivaiheeseen eli työntövaiheeseen. Heilahdusvaihe jaetaan etu- ja taakaheilahdusvaiheeseen. Kansainvälisessä kirjallisuudessa käytetään hieman eri termejä näistä askelsyklin vaiheista. Tukivaihe alkaa silloin, kun kontakti maan kanssa alkaa, ja heilahdusvaihe (samalla lentovaihe) vastaavasti silloin, kun jalka irtoaa maasta (Novacheck 1998). Tukivaihe kestää alle 50 % askelsyklistä; mitä nopeampi on vauhti, sitä lyhyempi on myös tukivaihe (Novacheck 1998). Kuvassa 4 on esitetty askeleen eri vaiheita kävelyssä ja erivauhtisissa juoksuissa.



KUVA 4. Askelsyklin vaiheet kävelyssä ja erivauhtisissa juoksuissa. Juoksussa ei tapahdu kävelylle ominaista kahden jalan yhtäaikaista tukivaihetta. Nopeuden kasvaessa heilahdusvaiheen kesto kasvaa ja tukivaiheen kesto lyhenee. Swing=heilahdus, stance=tuki. (Novacheck 1998.)

3.2 Lihasaktiivisuudet juostessa

Juoksun aikana työskentelevät konsentrisesti ja eksentrisesti takareiden, etureiden, pohkeen, pakararan ja lantion alueen eri lihakset askelsyklin vaiheesta riippuen. Etureiden lihaksia ovat muun muassa kolmiosainen iliopsoas (lanne-suoliluulihäs), quadriceps femoris (nelipäinen reisilihas), jonka yksi osa on rectus femoris (suora reisilihas) (Ylinen 2010, 308–15), takareiden lihaksia ns. hamstringit, pohkeen lihaksia gastrocnemius (kaksoiskantalihas) ja soleus (leveä kantalihas) (Ylinen 2010, 335–36) (yhdessä nimitys gastrosoleus), ja pakararan lihaksia gluteus maximus (iso pakaralihas) (Ylinen 2010, 296).

Askelsyklin aikana rectus femoris on aktiivinen heilahdusvaiheen myöhäisestä keskiosasta tukivaiheen keskiosaan asti (Novacheck 1998). Se ikään kuin ottaa vastaan törmäyksen, vastustaa kehon massakeskipisteen liiallista putoamista painovoiman vaikutuksesta ja rajoittaa polven koukistumista (Dugan & Bhat 2005). Quadriceps toimii eksentrisesti törmäysvaiheessa ja konsentrisesti työntövaiheessa. Heilahdusvaiheen aikana rectus femoris hillitsee eksentrisesti säären taaksepäin menemistä polven koukistuessa. (Novacheck 1998.)

Hamstringit ja gluteus maximus työntävät kehoa eteenpäin ojentamalla lantiota heilahdusvaiheen loppupuolella ja tukivaiheen alussa. Tukivaiheen toisella puolikkaalla toimivat quadriceps ja gastrosoleus ojentamalla polvea ja tekemällä nilkan plantaarifleksiota. Lantion loitontajat stabilisoivat lantiota. Psoas johtaa jalan heilahdusvaiheeseen vetämällä reiden eteen. (Novacheck 1998.)

Hamstringit ojentavat lantiota heilahdusvaiheen toisella puolikkaalla sekä tukivaiheen alussa. Hamstringit myös hidastavat eksentrisesti tibian liikettä, kun polvi ojentuu ennen kontaktia. Jalan takaosan lihaksistolla on myös tärkeä eksentrisen tehtävä, kun taas lantion ojentavat toimivat vain konsentrisesti. (Novacheck 1998.)

Nopeassa juoksussa askelkontaktin alussa törmäysvoimat ovat suuret, joten on tärkeää, että jalan ojentajalihakset ovat aktivoituneet ja jäykkyys on suuri ennen törmäystä (jarrutusvaihetta).

Huippu-GRF (ground reaction force) ilmenee hyvin pian (10–40 ms) kontaktin alun jälkeen, joten lihasten riittävään aktivoimiseen ei ole aikaa, jos se aloitetaan vasta kontaktin alussa. Esiaktiivisuuden ja kontaktin alun aikaiset tapahtumat tärkeitä, jotta saavutetaan suuri voimantuotto ja tehokkuus työntövaiheessa. (Mero ym. 1992).

3.3 Nilkan biomekaniikkaa

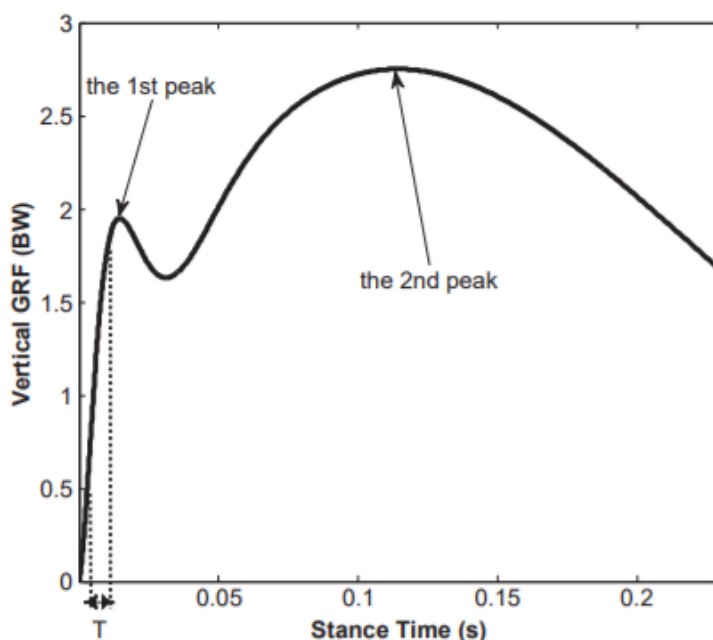
Askelkontaktin aikana tukivaiheen alussa nilkan dorsifleksio aiheuttaa tibiaan sisäisen kierto liikkeen ja jalassa tapahtuu pronaatio. Energian imeytymisvaiheen aikana pronaatio "vapauttaa" nilkan (transverse tarsal) nivelen, jolloin jalan joustavuus lisääntyy. Huippupronaatio tapahtuu 40 % ajanhetkellä tukivaiheen alusta. (Novacheck 1998.) Huippupronaation jälkeen kehon painopiste siirtyy tukipinnan etupuolelle, minkä jälkeen nilkassa tapahtuu maksimaalinen dorsifleksio (Dugan & Bhat 2005) Vapaan jalan heilahtaessa tapahtuu lantion kierto, jonka seurauksena tukijalka ulkokiertyy (Dugan & Bhat 2005). Tibian ulkokierto saa aikaan inversion kantaluussa (Dugan & Bhat 2005). Jalka alkaa supinoida ja saavuttaa neutraalin asennon 70 % ajanhetkellä tukivaiheessa. Tällöin nilkan (transverse tarsal) nivel lukitaan, jolloin jalasta tulee jäykempi, ja energiaa pystytään tuottamaan paremmin työntövaiheessa. (Novacheck 1998.) Nilkan plantaarifleksio ja gastrosoleus ovat tässä vaiheessa tärkeässä roolissa (Dugan & Bhat 2005). Hyperpronatoivilla juoksijoilla pronaatiovaihe tapahtuu normaalia myöhemmin, jolloin myös supinaatiovaihe siirtyy myöhemmäksi, eikä jalka pysty työkentelemään yhtä tehokkaasti. (Novacheck 1998.)

3.4 Juoksun kinetiikkaa

Juoksijan ollessa kontaktissa maan kanssa juoksijan paino tuottaa maata kohti suuntautuvan voiman. Samaan aikaan maa tuottaa juoksijaan Newtonin kolmannen lain mukaisesti saman suuruisen mutta vastakkaissuuntaisen voiman. Tätä voimaa kutsutaan GRF:ksi (ground reaction force) eli kontaktireaktivoimaksi. Kun juoksija tekee lihastyötä, GRF ylittää painon tuottaman voiman ja aiheuttaa massasta riippuvaisen kiihtyvyyden. (Caldwell ym. 2014.) GRF on tärkeä tekijä tutkittaessa alaraajan kinetiikkaa juoksun aikana (Zadpoor & Nikooyan 2011).

GRF jaetaan tyypillisesti kolmeen komponenttiin: anterior-posterioriseen, mediaalis-lateraaliiseen (horisontaalinen) ja vertikaaliseen (Moore 2016). Näistä vaiheista eniten energiaa kuluu kehon painon tukemiseen eli vertikaaliseen komponenttiin. Toiseksi suurin vaikutus on eteenpäin työntävällä horisontaalisella komponentilla. (Arellano & Kram 2014.)

Vertikaalisessa GRF:ssä voidaan havaita kaksi pääpiikkiä (kuva 5), joita nimetään esimerkiksi ensimmäiseksi ja toiseksi piikiksi tai törmäys- ja työntövoimiksi (impact, propulsion). Englannin kielessä käytetään myös sanoja vertical impact ja vertical active force. Vertikaalisen voiman kasvunopeus (VLR=vertical loading rate) merkitsee ensimmäisen piikin jyrkkyyttä, siis sitä, miten nopeasti ensimmäinen piikki ilmenee. (Zadpoor & Nikooyan 2011.)



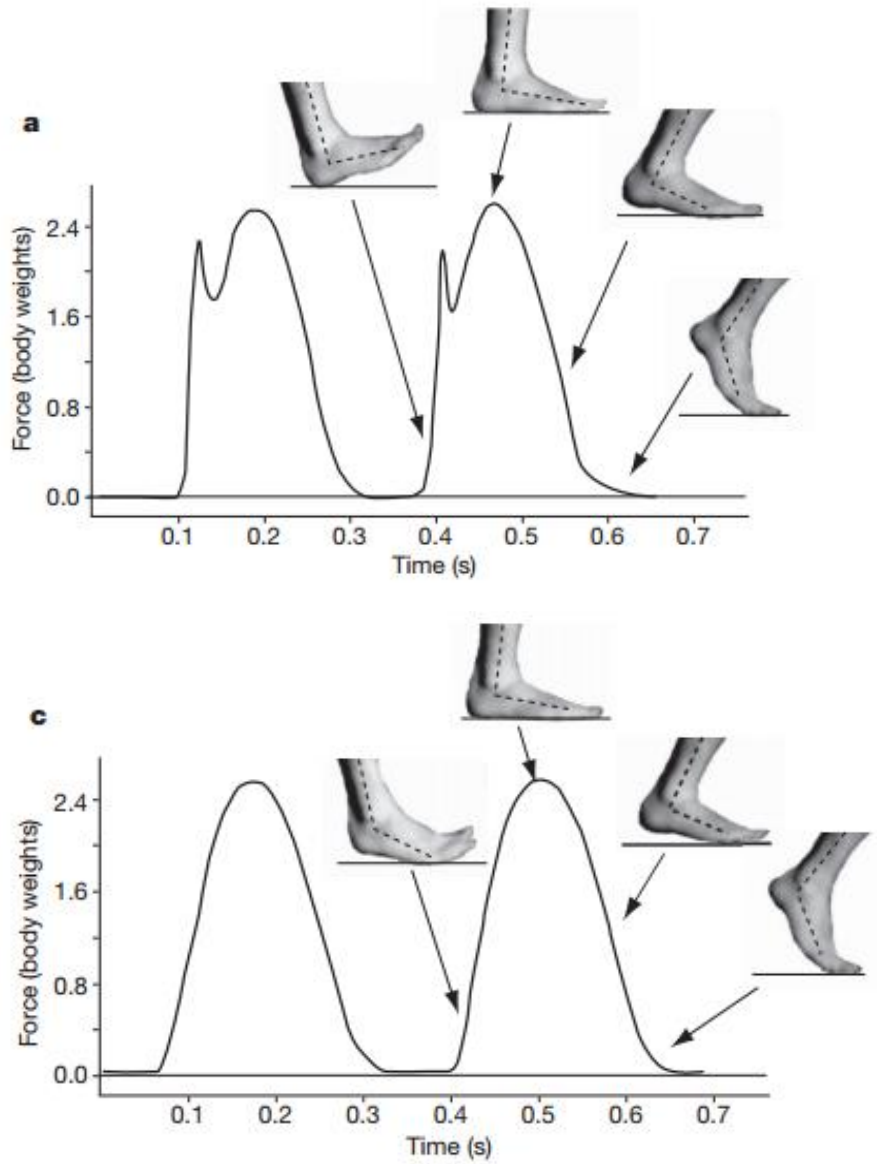
KUVA 5. Vertikaalisen GRF:n kaksi piikkiä sekä VLR, joka on merkitty kuvaan T:llä. (Zadpoor & Nikooyan 2011.)

Ensimmäisen piikin aikana tapahtuu kontakti maan kanssa. Tämän piikkivoiman suuruus riippuu muun muassa askellustyylistä (Dicharry 2010): kanta-astujilla piikki voi olla jopa kolme kertaa päkiäastujia suurempi, eikä päkiäastujilla sitä välttämättä ole (Lieberman ym. 2010, kuva

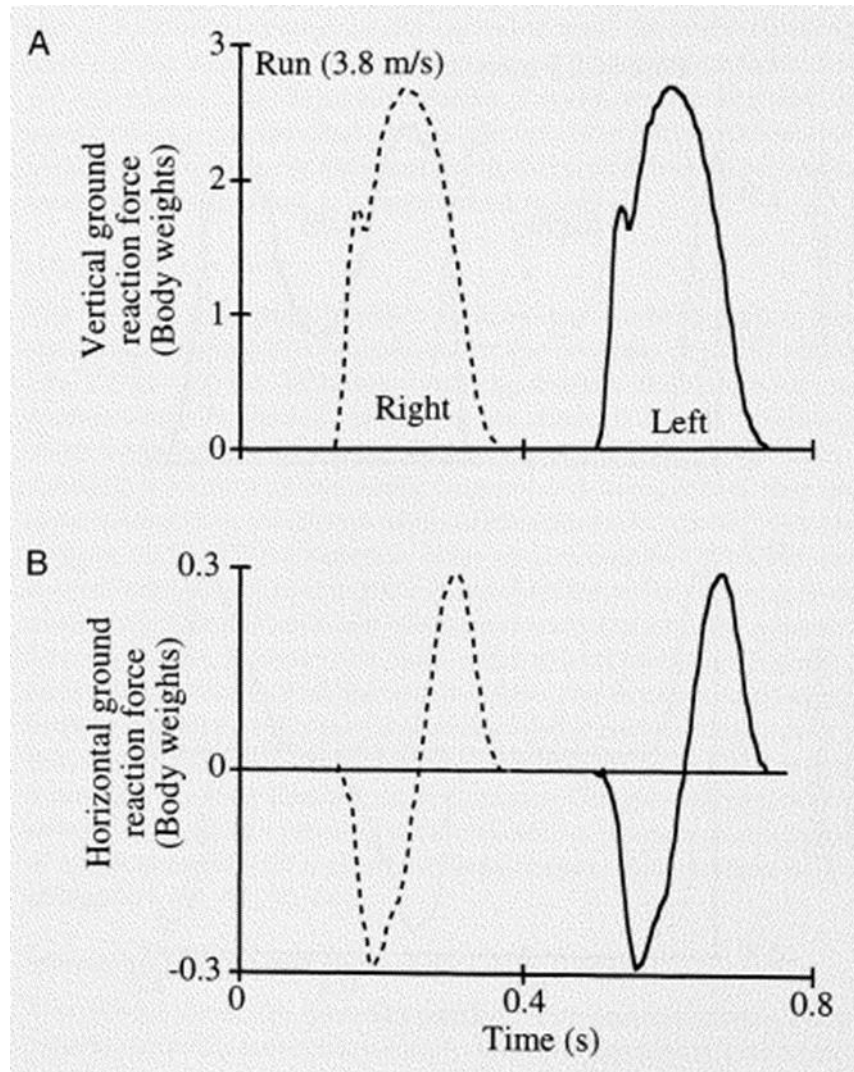
6). Muita vaikuttavia tekijöitä ovat mm. askelfrekvenssi ja alustan kaltevuus. Toinen piikki on kooltaan suurempi ja askelsyklissä se vaihe, jossa ulkoiset voimat vaikuttavat kehoon voimakkaimmin johtaen lihasjännestyksen maksimaalisen voimantuottoon. Toisen piikin voimakkuus kestävyysjuoksijoilla on tyypillisesti 2.2–2.6 kertaa kehon painon suuruinen. (Dicharry 2010.)

Horisontaalinen GRF on tukivaiheen alussa negatiivinen, minkä vaikutuksesta massakeskipisteen liike hidastuu eli tapahtuu jarrutusta (Chang ym. 2000) ja voima työntää juoksijaa taaksepäin (Farley & Ferris 1998). Tukivaiheen keskiosassa horisontaali-GRF on lähes nolla, ja tukivaiheen toisen puolikkaan aikana juoksijan ojentaessa jalkaa se muuttuu positiiviseksi ja kiihdyttää massakeskipistettä eli työntää eteenpäin (Chang ym. 2000, kuva 7).

Toisin kuin kävelyssä, juostessa jalka on myötävä ja nivelissä tapahtuu merkittävää fleksiota ja ekstensiota tukivaiheen aikana. Lihasten täytyykin tuottaa suuri nettomomentti tuottaakseen riittävän voiman maata vastaan. Polvinivelen momentti on muita niveliä suurempi. Tämä onkin merkittävin ero kävelyn ja juoksun välillä: polvi on huomattavasti koukistuneempi juoksussa, jolloin vaaditaan myös suurempi kokonaismomentti. (Farley & Ferris 1998.)



KUVA 6. Vertikaalinen GRF kanta- ja päkiäaskeleessa. (Lieberman ym. 2010.)



KUVA 7. Vertikaalinen (A) ja horisontaalinen (B) GRF 3.8 m/s nopeudella juostessa. (Farley & Ferris 1998)

3.5 Askellustyyli

Askellustyyli voidaan jakaa päkiä-, kanta- ja keskijalka-astumiseen. Päkiäastujilla GRF:n aiheuttamat törmäysvoimat ovat pienempiä. Kanta-astujalla törmäys tapahtuu juuri nilkan alla eli massakeskipisteen kohdalla, jolloin nilkka muuntaa vain vähän energiaa pyörimisenergiaksi;

suuri osa kineettisestä energiasta kadotetaan törmäyksessä. Päkäästujilla törmäys tapahtuu etujalan kohdalla, jolloin nilkka kääntyy dorsifleksioon samalla kun pohjelihakset ja akillesjänne työskentelevät. GRF kääntää jalkaterää nilkkaa kohti, mikä vähentää efektiivistä massaa muuttamalla energiaa pyörimisliikkeen energiaksi. Tämä johtuu suuremmasta plantaarifleksioista ja myötävämmästä (elastisemmasta) nilkasta. (Lieberman ym. 2010.)

Päkäästujilla nilkka on kontaktissa siis enemmän plantaarifleksiossa, kun taas kanta-astujilla se on suuremmassa dorsifleksiossa. Almeidan ym. (2015) meta-analyysin mukaan kanta-astujilla VLR on merkitsevästi suurempi kuin päkiäastujilla. Tämä saattaa heikentää pohjelihaksen kykyä tuottaa voimaa välittömästi ensimmäisen kontaktin jälkeen. Päkäästujilta taas vaaditaan suurempaa eksentristä voimantuottoa pohjelihaksilta hallitsemaan jalan dorsifleksiota kontaktin jälkeen. Päkäästujat saattavat olla siten alttiimpia akillestendinopatialle ja pohjevammoille, mikäli kudokset eivät ole riittävän valmiita ottamaan kuormitusta vastaan, kun taas kanta-astujilla rasisurmutumat ja plantaarifaskiitti voivat olla todennäköisempiä vammoja. (Almeida ym. 2015.)

3.6 Elastisuus ja jäykkyys juostessa

Juostessa jalka toimii ikään kuin jousena (Bishop 2006). Kun kontakti maan kanssa tapahtuu, nivelliikkeet polvessa, nilkassa ja lantiossa laskevat kehon painopistettä maata kohti. Tällöin energiaa ikään kuin varastoituu kasaan painuvaan jouseen (Bishop 2006). Painopisteen ollessa matalimmalla vertikaalinen GRF saavuttaa huippuarvonsa (Farley & Gonzalez 1996, kuva 8). Mekaanisen energian tuottovaiheessa jalka ojentuu; tämä on kuvitellun jousen palautumisvaihe (Bishop 2006.). Juoksun aikana yksilölliset ligamenttien, jänteiden, luiden, lihasten sekä muiden rakenteiden jäykkyydet yhdistyvät niin, että koko systeemi vaikuttaa kuin yhtenä jousena. Juoksun aikana voidaan määrittää kolmenlaista jäykkyyttä: vertikaalinen, jalan (leg) ja nivelten (joint) jäykkyys; muiden jäykkyyksien määrittäminen vaatii paikallaan oloa. (Brughelli & Cronin 2008.)

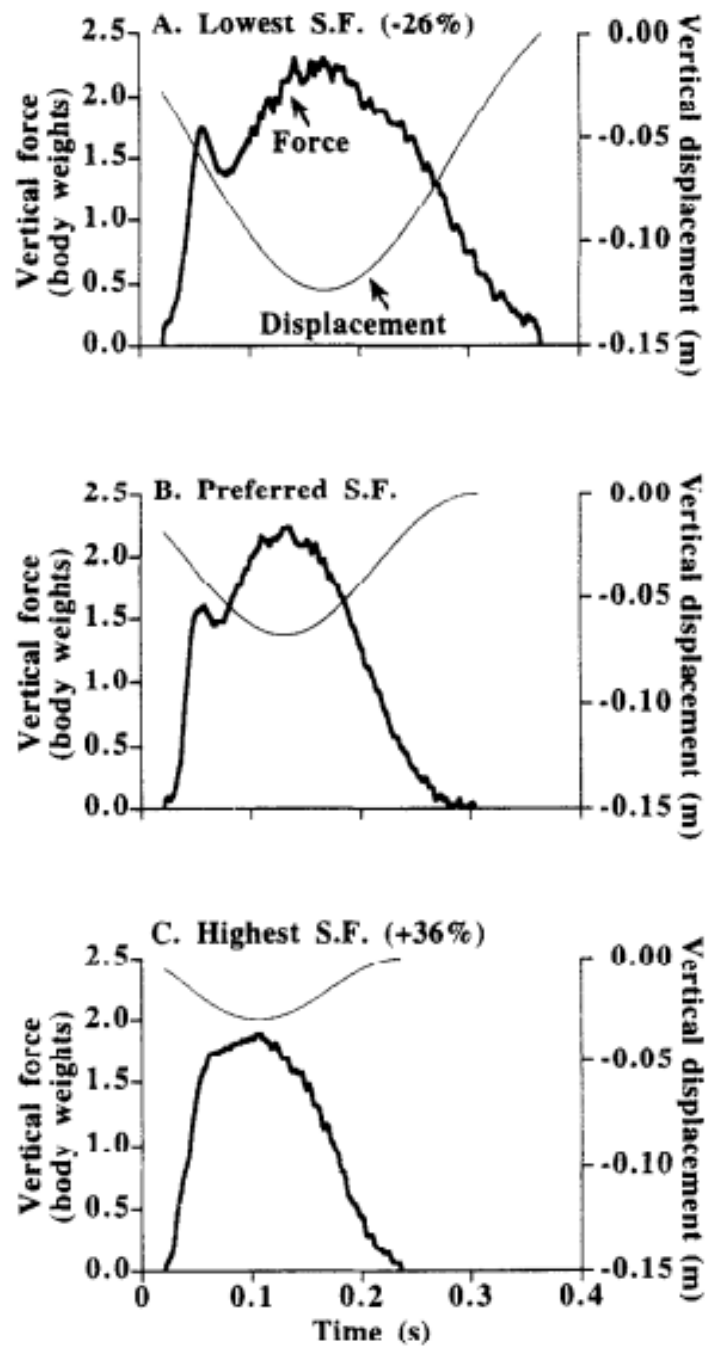
Jousimaisen luonteensa vuoksi juoksussa potentiaalinen ja kineettinen energia vaikuttavat juoksuaskeleessa samaan aikaan. Massakeskipisteen laskiessa potentiaalienergia katoaa ja myös kineettinen energia on tässä samassa vaiheessa askelsykliä matalalla. Tällöin energiaa muunnetaan ja varastoidaan elastiseksi energiaksi lihaksiin ja jänteisiin. Energiantuottovaiheen eli heilahdusvaiheen keskiosassa vastaavasti molemmat ovat huipussaan ja energia käytetään kehon massakeskipisteen ylöspäin kiihdyttämiseen. (Novacheck 1998.)

Jänne ja lihas eli elastiset ja supistuvat osat toimivat liikkussa yhdessä. Jänne vähentää lihaksen työtä varastoimalla ja vapauttamalla elastista energiaa kehon mekaaniseksi energiaksi. Lisäksi jänne mahdollistaa lihaksen työskentelyn pienemmillä nopeuksilla, lähes isometrisesti. (Roberts 2002.) Kun suuri osa venymästä tulee jänteestä, lihaksen ei tarvitse venyä paljon, jolloin venymistä seuraava supistumisvaihe voidaan suorittaa pienillä lihaksen supistumisnopeuksilla, melkein isometrisesti (Lichtwark ym. 2007; Fletcher & MacIntosh 2014). Koska lihakset kuluttavat enemmän energiaa työskennellessään suurilla nopeuksilla (Fennin efekti), voimantuotto taloudellistuu, kun jänteiden käytön myötä lihas voi työskennellä voima-nopeus -käyrän optimaalisimmalla osalla. (Roberts 2002.) Esimerkiksi akillesjänne on optimaalisen jäykkä, jotta saavutetaan suurin tehokkuus juostessa. Kun elastisia ominaisuuksia muutetaan joko jäykkemmiksi tai löysemmiksi, muuttuu myös lihaksen tehokkuus (Lichtwark & Wilson 2007.)

Kontaktiajan lyhentyessä kehon massakeskipiste liikkuu vain vähän vertikaalisuunnassa, ja jalan jäykkyys ja huippu-GRF suurenevät. GRF:n kasvaessa jalan on tuotettava suurempi voima, eli motorisia yksiköitä otetaan enemmän käyttöön, jolloin myös metabolinen hinta kasvaa. Optimaalisen kontaktiajan täytyykin olla riittävän lyhyt, jotta minimoidaan lihastyö, mutta riittävän pitkä, jotta elastisuutta ehditään käyttää hyödyksi. (Dicharry 2010.)

Jalan jäykkyyden muutokset ovat merkittävästi yhteydessä kontaktiajan ja askelpituuden muutoksiin (Hayes & Caplan 2014). Kuvasta 8 voidaan nähdä, miten askelfrekvenssin kasvaessa sekä vertikaalisen siirtymän määrä että kontaktiaika vähenevät (Farley & Gonzalez 1996). Väsyessä jalan jäykkyys vähenee (Hayes & Caplan 2014) ja kontaktiajat kasvavat (Paavolainen ym. 1999; Nummela ym. 2006). Mitä pidempi kontaktiaika on, sitä hitaampi on juoksunopeus

(Novacheck 1998; Nummela ym. 2006). Siten jäykkyyden väheneminen voi johtaa huonontuneeseen suoritukseen (Hayes & Caplan 2014).



KUVA 8. Vertikaalinen GRF, vertikaalinen siirtymä ja kontaktiaika juoksun tukivaiheessa, kun askeltiheys kasvaa. Kehon massakeskipiste on matalimmillaan silloin, kun vertikaalinen voima on suurin. Askelfrekvenssin kasvaessa sekä kontaktiaika että vertikaalinen siirtymä vähenevät. Kehon tärkein säätömekanismi askeltiheyden kasvaessa onkin jalan jäykkyyden lisääminen,

jolloin ylös-alas -liikettä tapahtuu vähemmän. (SF=askelfrekvenssi; yläkuva: matalin askelfrekvenssi, alakuva: korkein) (Farley & Gonzalez 1996.)

3.7 Voimaharjoittelun vaikutuksia juoksun biomekaniikkaan

Brughelli ja Cronin (2008) käsitelivät review-artikkelissaan juoksun aikaisia jäykkyyksiä: vertikaalista jäykkyyttä, jalan jäykkyyttä sekä nivelten jäykkyyttä. Tutkimusten mukaan jäykkyydellä ja juoksunopeudella on yhteys: juoksunopeuden lisääntyessä vertikaalinen jäykkyys lisääntyy suuresti; jalan jäykkyys sen sijaan säilyy liki vakiona. Voimaharjoittelua ja plyometristä harjoittelua käytetäänkin yleisesti lisäämään jäykkyyttä suorituskyvyn parantamiseksi. (Brughelli & Cronin 2008.) Lihaskäntäsystemin jäykkyyden ajatellaan parantavan RFD:tä (rate of force development, voimantuottonopeus) ja olevan siten hyödyksi suorituksissa, jotka vaativat maksimaalista voimantuottoa lyhyessä ajassa (Brughelli & Cronin 2007). Yksi voimaharjoittelun tarkoitus on lisätä lihaskäntäsystemin jäykkyyttä (Komi 1986, Brughellin & Croninin 2007 mukaan).

Vaikka juoksunopeuden ja jäykkyyden suhde tunnustetaan, juoksusuorituskyvyn ja jäykkyyden suhde on kuitenkin yhä epäselvä. Tutkimusta ei ole siitä, miten harjoittelu vaikuttaa jäykkyyteen ja miten mahdolliset harjoituksen aikaansaamat muutokset vaikuttaisivat suorituskykyyn. (Brughelli & Cronin 2008.)

Suurin osa voimaharjoittelun juoksusuorituskykyä parantavista vaikutuksista tapahtunevat ta-
loudellisuuden paranemisen kautta. Näitä mekanismeja on käsitelty luvussa 5.

4 HERMOLIHASJÄRJESTELMÄ JA TEHOTEKIJÄT

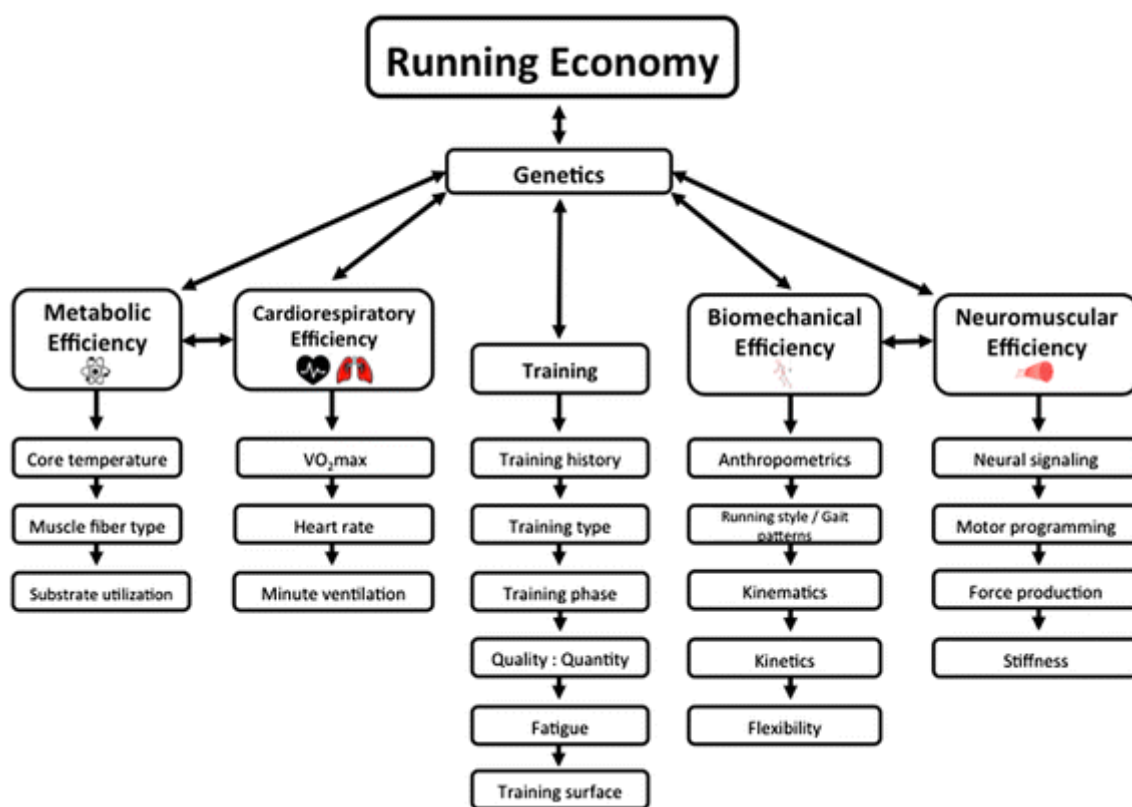
Aiemmin ajateltiin, että pääasiassa sydän ja verenkiertoelimistö rajoittaisivat kestävyysuoritusta, minkä vuoksi kestävyysurheilijoiden harjoittelu on perinteisesti keskittynyt hapenottokyvyn ja kynnsominaisuuksien kehittämiseen. Nykyään kuitenkin tiedetään, että nämä yksin eivät selitä kestävyysuorituskykyä, vaan taloudellisuudella ja tehontuottokyvyllä on myös suuri merkitys. (Beattie ym. 2014, ks. kuva 1.)

Kestävyyslajien tehontuottokyky voidaan määritellä hermolihasjärjestelmän kyvyksi tuottaa tehoa kova- tai maksimitehoisen kuormituksen aikana tai jälkeen, kun metabolian taso on korkea ja lihaksen supistumiskyky vaikeutuu (Paavolainen ym. 1999, 5km; Beattie ym. 2014). Maksimaalisen hapenottokykytestin loppunopeus ennustaa hyvin kestävyysuoritusta ja toimii sen määrittäjänä (Rønnestad & Mujika 2014). Tähän loppunopeuteen vaikuttavat nämä lihaksen ns. tehotekijät eli hermolihasjärjestelmään ja anaerobisiin ominaisuuksiin liittyvät ominaisuudet, esimerkiksi maksimaalisen 30 m juokstestin nopeus, veren maksimilaktaatti ja MART-testin huippunopeus (Paavolainen ym. 2000). ”Lihasteho” voikin olla erottava tekijä huippujuoksijoiden välillä ja ilmetä esimerkiksi loppukirikyknä (Beattie ym. 2014).

Kaikkiaan vaikuttaa olevan kuitenkin hieman epäselvää, mitä nämä ”hermolihasjärjestelmän voimantuotto-ominaisuudet” tai ”tehotekijät” oikeastaan ovat. Ne tunnistetaan kyllä kestävyysuorituksessa tärkeiksi sekä erotetaan niistä tekijöistä, joiden on perinteisesti ajateltu vaikuttavan kestävyysuoritukseen, mutta usein maininta niistä jää kuitenkin suppealle tasolle (Rønnestad & Mujika 2014; Beattie ym. 2014). Näyttäisi siltä, ettei näitä tekijöitä ole vielä kyetty määrittelemään kovin hyvin, erottamaan mikä on näistä se määräävin tekijä, saati luomaan käytännön valmennukseen vakiintuneita menetelmiä. Joka tapauksessa tärkeää on huomioida, ettei kestävyysuorituskyky ole yksiselitteinen asia ja tuntematonta on vielä paljon. Tässä työssä tähän käsitteeseen liittyviä ominaisuuksia on käsitelty luvuissa 5 ja 6.

5 JUOKSUN TALOUDELLISUUS

Juoksun taloudellisuutta kuvataan yleensä yksinkertaisesti hapenkulutukseksi tietyllä juoksu-nopeudella. Kaiken kaikkiaan taloudellisuus on kuitenkin hyvin moniulotteinen ilmiö, johon vaikuttavat niin metaboliset, biomekaaniset kuin hermolihasjärjestelmän sekä sydämen ja verenkiertoelimistönkin tekijät (kuva 9, Barnes & Kilding 2015a).



KUVA 9. Juoksun taloudellisuuteen vaikuttavia tekijöitä. (Barnes & Kilding 2015a.)

5.1 Metabolinen taloudellisuus

Metabolian ja sydän- ja verenkiertoelimistön sekä hengityksen toimiessa taloudellisesti toimivat hyvin ne prosessit, jotka johtavat tehokkaaseen hapenkäyttöön suhteessa työtehoon. Esimerkiksi sydänlihaksen tehostunut toiminta (matalampi syke ja suurempi iskutilavuus) ja siten pienempi hapenkäyttö parantavat taloudellisuutta, kun taas korkeampi syke ja ventilaatio saavat aikaan suuremman hapenkulutuksen ja taloudellisuuden huononemisen. (Barnes & Kilding 2015a.) Myös lihassolutyypillä ja sen toiminnalla on ainakin teoriassa vaikutusta juoksun taloudellisuuteen. Lihassolutyypin muutos nopeasta IIB-tyypistä nopeaan IIA-tyyppiin voi johtaa parempaan taloudellisuuteen, sillä tyyppin IIA solut muistuttavat ominaisuuksiltaan enemmän hitaan I-tyypin soluja ja kykenevät käyttämään happea paremmin hyödyksi. (Barnes & Kilding 2015a.)

5.2 Biomekaaninen taloudellisuus

Biomekaniikkaan liittyviä juoksun taloudellisuuteen vaikuttavia tekijöitä on useita ja ne voidaan jakaa sisäisiin ja ulkoisiin tekijöihin. Sisäiset tekijät käsittävät spatiotemporaaliset eli askelsykliin liittyvät, kinemaattiset eli liikemalleihin liittyvät (esim. kulmamuuttujat), kineettiset eli voimiin yhteydessä olevat (esim. GRF) ja hermolihasjärjestelmän (hermot ja lihakset, esim. koordinaatio) (Moore 2016) sekä antropometriset tekijät. Ulkoiset tekijät sisältävät esimerkiksi kenkään (esim. piikkari) ja alustaan liittyvät muuttujat (Moore 2016).

5.2.1 Antropometria

Kehon antropometrisillä ominaisuuksilla on vaikutusta juoksun taloudellisuuteen. Tuoreen review-artikkelin mukaan Etelä-Afrikan kestävyysjuoksijoiden ylivoima selittyy pitkälti antropometrisillä ja kehon koostumukseen liittyvillä ominaisuuksilla (Mooses & Hackney 2017). Heillä on todettu olevan esimerkiksi lyhyemmät akillesjänteen momenttivarret. Lyhyellä momenttivarrella oleva akillesjänne pystyy venymään enemmän ja muuttamaan siten enemmän

kineettistä energiaa elastiseksi energiaksi, jolloin energiankulutus vähenee. (Mooses & Hackney 2017.)

Matala rasvaprosentti on juoksusuoritukselle hyödyksi siinä mielessä, että ylimääräinen rasvakudos vaatii lihaksilta suurempaa työtä kehon liikuttamiseen, jolloin energiankulutus samalla nopeudella on suurempi (Mooses & Hackney 2017). Barnesin ja Kildingin (2015a) review-artikkelin mukaan kehon massa ei kuitenkaan ole suoraan hapenkulutusta lisäävä tekijä: esimerkiksi lapsilla hapentarve kilogrammaa kohti on aikuisia suurempi, eikä langanlaihojen juoksijoiden ole todettu eroavan taloudellisuudessa painavampiin juoksijoihin verrattuna. Matala kehon massa ja BMI (body mass index, kehon painoindeksi) ovat hyödyllisiä siinä tapauksessa, ettei niitä saavuteta haitallisen energiavajeen kustannuksella (Mooses & Hackney 2017).

Massan jakautuminen kehossa näyttäisi selittävän taloudellisuutta pelkkää massaa paremmin (Barnes & Kilding 2015a). Esimerkiksi huipputaloudellisiksi todetuilla afrikkalaisjuoksijoilla alaraajojen BMI on matala, jalat ovat hoikat ja suurin osa jalkojen massasta on keskittynyt reisiin (Barnes ym. 2015a). Pitkien jalkojen suhde sinänsä taloudellisuuteen on toisissa tutkimuksissa osoitettu (Kunimasa ym. 2014 abstrakti), toisissa taas ei (Barnes & Kilding 2015a). On myös mielenkiintoista, että Kenian ja Etiopian juoksijat, jotka molemmat ovat maailman parhaita, ovat somatotyypiltään erilaisia: kenialaiset hoikkajalkaisia ektomorfisia ja etiopialaiset vahvempirakenteisia mesomorfisia (Mooses & Hackney 2017).

5.2.2 Askelpituus ja -frekvenssi

Useiden tutkimusten mukaan juoksija valitsee luonnollisesti itselleen taloudellisimman askelpituuden ja -frekvenssin (Barnes & Kilding 2015a; Moore 2016). Hapenkulutus lisääntyy, kun luonnollista askelta pidennetään tai lyhennetään (Barnes & Kilding 2015a). Kokeneilla juoksijoilla on kuitenkin tietty vaihteluväli (edullisin pituus -3%), jonka sisällä askelpituus voi muuttua vaikuttamatta taloudellisuuteen. Harjoitelleet juoksijat pystyvät säätelemään askelpituaan suhteessa fysiologiseen tilaansa, kuten väsymykseen (Moore 2016.)

5.2.3 Askellustyyli

Askellustyylin suhteen yleinen uskomus on, että päkiäjuokseminen on kanta-askellusta taloudellisempaa (Barnes & Kilding 2015a). Tuoreiden review-artikkeleiden kokoomien tutkimustulosten perusteella voidaan kuitenkin esittää, ettei kumpikaan askellustyyli, kanta- tai päkiäaskellus, ole toista taloudellisempi; tukea löytyy molempien tyylien taakse (Barnes & Kilding 2015a; Moore 2016). Askellusmallista riippumatta pitäisi yleisesti pyrkiä lyhyeen jarrutusvaiheeseen kontaktin alussa, jolloin juoksunopeus pienenee mahdollisimman vähän.

5.2.4 Kontaktiaika

Kontaktiajan ja taloudellisuuden suhde on epäselvä (Moore 2016). Toisaalta nopeammilla nopeuksilla ja lyhyemmällä kontaktiajoilla käytössä on enemmän nopeita, epätaloudellisempia motorisia yksiköitä, jolloin energiaa kuluu enemmän (Roberts ym. 1998). Toisaalta taas lyhyt kontaktiaika on yhdistetty hyvään taloudellisuuteen, sillä kontaktiajan ja siten jarrutusvaiheen kasvaessa nopeutta menetetään enemmän ja energiaa hukataan turhaan (Nummela ym. 2007). On myös tutkimusta siitä, että vaikka jarrutusvaihe olisi saman mittainen, kontaktiaika voi olla askellustyylistä riippuen joko lyhempi tai pidempi (Ardigo ym. 1995), jolloin taloudellisuutta ei määrittäisi kontaktiaika itsessään, vaan jarrutus- ja työntövaiheen osuudet kontaktiajasta.

5.2.5 Muita tekijöitä

Taloudellisuuden syitä on etsitty myös pienemmistä yksittäisistä askelsyklin biomekaanisista osasista. Useissa tutkimuksissa on yhdistetty heilahdusvaiheen pidempi aika taloudellisuuteen (Moore 2016). Jos heilahdusvaihe on pidempi, metabolisesti kalliimpi tukivaihe on lyhyempi. Täytyy kuitenkin muistaa, että näiden vaiheiden muuttaminen vaikuttaa myös askelpituuteen ja -tiheyteen ja sitä kautta energiankulutukseen, eikä siten taloudellisuutta voi verrata yksistään heilahdusvaiheen keston. (Moore 2016.) Toinen paljon tutkimusta taakseen saanut huomio on vähemmän ojennettu jalka varpaiden irtoamisvaiheessa. Tämä voi tapahtua pienemmän plan-taarifleksion tai polven ojennuksen kautta silloin, kun juoksija työntää itseään irti maasta.

(Moore 2016.) Vähemmän ojentuneemmalla jalalla voidaan tuottaa suurempi propulsiivinen voima ja tuotetusta voimasta suurempi osa saadaan tuotettua juoksun suuntaan (Moore ym. 2012). Lisäksi jalka on heilahdusvaiheen aikana jo valmiiksi koukistuneena paremmassa asennossa, eikä siihen tarvitse heilahdusvaiheessa käyttää niin paljoa energiaa (Moore ym. 2012).

5.3 Hermolihasjärjestelmän taloudellisuus

Edellä mainittujen tekijöiden lisäksi taloudellisuuteen vaikuttavat myös hermolihasjärjestelmän ominaisuudet. Hermolihasjärjestelmän taloudellisuus käsittää sekä neuraalisen ohjauksen että ne tekijät, jotka liittyvät itse lihaksen voimantuottoon. (Barnes ym. 2015a.)

5.3.1 Hermostollinen ohjaus

Hyvä juoksusuoritus on taito, joka muiden lajien tavoin vaatii harjoitusta myös motoriselle puolelle (Barnes & Kilding 2015a). Lihasten suurempi EMG-aktiivisuus on yhteydessä huonompaan taloudellisuuteen, sillä työskentelevät lihakset kuluttavat enemmän energiaa. Lihasten oikea-aikaisella rekrytoinnilla, koordinaatiolla ja tekniikalla on siten rooli taloudellisuudessa. (Kyröläinen ym. 2001.) Motorinen oppiminen johtaa taitavampaan liikkeen kontrolliin (Barnes & Kilding 2015a), joka voi juoksijoilla näkyä esimerkiksi pienempänä vaihteluna yksilön askelten välillä tai lyhentyneenä lihasaktiivisuuden kestona. (Chapman ym. 2008). Juoksuharjoittelu näyttää vaikuttavan taloudellisuuteen positiivisesti motorisessa ohjauksessa ja lihasten rekrytoinnissa tapahtuvien muutosten kautta (Barnes ym. 2015a).

5.3.2 Jalan jäykkyys

Jäykkyys on yhteydessä taloudellisuuteen: mitä jäykempi jalka ja jänne, sitä vähemmän happea kuluu ja sitä parempi on taloudellisuus (Dalleau ym. 1998; Arampatzis ym. 2006; Fletcher ym. 2010). Taloudellisimmilla juoksijoilla on havaittu olevan suurempi jänteen voimantuottokyky, energian varastointikyky ja jänteen jäykkyys (Arampatzis ym. 2006). Toisaalta matalilla voi-

matasoilla taloudellisilla juoksijoilla jänne taas on myötävämpi, mikä lisää lihaksen voimantuottokapasiteettia ja vähentää aktiivisten lihasten työskentelymäärä (Arampatzis ym. 2006), kun joustava jänne sallii lihaksen työskentelyn optimaalisimmilla nopeuksilla.

Taloudellisuuden paraneminen jäykkyyden lisääntymisen myötä on hankala selittää (Fletcher ym. 2013), sillä mitä jäykempi esimerkiksi akillesjänne on, sitä vähemmän se varastoi energiaa ja päinvastoin (Fletcher ym. 2010; Fletcher & MacIntosh 2015). Jäykkyys kuitenkin muuttuu samaan tahtiin taloudellisuuden kanssa harjoiteltaessa. Isometrisellä 80 % plantaarifleksioharjoittelulla ei saatu merkitsevää muutosta aikaan jäykkyydessä tai taloudellisuudessa, mutta ne muuttuivat keskenään samassa suhteessa. (Fletcher ym. 2010.) Koko jalan tasolla jäykkyyttä ajatellaan säädeltävän hermolihasjärjestelmän avulla ja muuttuvan sen harjoittamisen seurauksena (Barnes & Kilding 2015a).

5.3.3 Venymis-lyhenemissykli ja elastinen energia

Venymis-lyhenemissykli (stretch-shortening cycle, SSC) tarkoittaa eksentrisen ja konsetrisen vaiheen vuorottelua liikkeessä: nopean eksentrisen vaiheen jälkeen seuraa välittömästi konsetrisen lihassupistus. SSC:n paremman toiminnan on todettu johtavan parempaan taloudellisuuteen (ja samalla usein myös suorituksen nopeutumiseen). Lihastasolla myös eksentrisen ja konsetrisen vaiheen tasapaino vaikuttaa taloudellisuuteen: eksentrisen lihastyö, jonka aikana elastista energiaa varastoidaan, kuluttaa vähemmän energiaa. Sekä jänteellä että myosiini-aktiini-filamenteilla on roolinsa energian säilömisessä. (Barnes & Kilding 2015a.)

6 VOIMAHARJOITTELUN VAIKUTUSMEKANISMIT JA TALOUDELLISUUS

Voimaharjoittelun hyödyllisyydestä kestävyys- ja keskimatkojen juoksussa taloudellisuuden parantajana on laajaa näyttöä (Balsalobre-Fernández ym. 2016, Lum 2016, lisää). Balsalobre-Fernández kumppaneineen (2016) vertaili tuoreessa julkaisussaan useaa huippujuoksijoilla tehtyä voimaharjoittelututkimusta, joissa kaikissa saatiin poikkeuksetta aikaan juoksun taloudellisuuden paranemista voimaharjoittelun myötä (Balsalobre-Fernández ym. 2016). Sekä plyometrisen että perinteisen voimaharjoittelun on todettu vaikuttavan juoksun taloudellisuuteen positiivisesti (Balsalobre-Fernández ym. 2016, Lum 2016).

Voimaharjoittelu voi parantaa taloudellisuutta useiden toistensa kanssa limittyvien mekanismien kautta. Alla on kuvattu näistä usein esitetyt. Aihe on kuitenkin monimutkainen, eivätkä kaikki mahdolliset vaikutusmekanismit ja reitit ole vielä selvillä (Barnes & Kilding 2015a).

6.1 Maksimivoima ja voimantuottonopeus (RFD)

Taloudellisuuden paraneminen voi tapahtua maksimivoimaharjoittelun ja voimantuottonopeuden (RFD) paranemisen myötä (Hoff ym. 2002). Juoksussa aktiivisten lihasten RFD:n ja taloudellisuuden välillä onkin havaittu positiivinen yhteys (Støren ym. 2008). Kun lihaksen RFD paranee, vaaditaan vähemmän aikaa suorittamaan lihassupistuksen aikaansaama voimantuotto. Tällöin verenkierto lihaksessa paranee, koska lihas on vähemmän aikaa supistuneessa tilassa. (Rønnestad & Mujika 2014.) Maksimivoimaharjoittelun taloudellisuutta parantava vaikutus (Sedano ym. 2013, Millet ym. 2002, Piacetini ym. 2013, Støren ym. 2008) voi selittyä neuraa-lisilla muutoksilla: lisääntyneellä motoristen yksiköiden aktivaatiolla, tehokkaammalla rekrytoinnilla ja synkronisaatiolla (Støren ym. 2008; Piacetini ym. 2013). Kun tuotetun huippuvoiman suuruus kasvaa, tietyllä submaksimaalisella tasolla voidaan edetä suhteessa matalammalla intensiteetillä (Hoff ym. 2002, Rønnestad & Mujika 2014, Sedano ym. 2013). Toisin sanottuna voimantuottokyky kasvaa, jolloin juoksija pystyy suorittamaan saman matkan samalla askel-frekvenssillä, mutta nopeammin (Munekani & Ellapen 2015).

6.2 Muuttunut rekrytointistrategia

Kun hitaan I-tyypin solujen maksimivoima kasvaa, niitä pystytään aktivoimaan pidempään ennen niiden väsymistä, jolloin myös nopeiden II-solujen käyttöönotto viivästyy (Millet ym. 2002; Rønnestad & Mujika 2014). Kokoperiaatteen mukaanhan ensin otetaan käyttöön pienemmät I-tyypin solut, ja rasituksen tai voimantuoton tarpeen kasvaessa tarvitaan käyttöön lisää soluja, jotka ovat enenevässä määrin II-tyypin soluja. Koska II-tyypin solut ovat hapen käytön suhteen epätaloudellisempia, niiden vähempi käyttö voi vaikuttaa koko suorituksen energiankulutukseen ja siten taloudellisuuteen (Rønnestad & Mujik 2014).

6.3 Lihassolutyypinmuutos

Lihassolutyypin muutos harjoittelun seurauksena vähemmän taloudellisesta IIB- tyyppistä taloudellisempiin IIA ja I-tyyppeihin voi johtaa ainakin teoriassa taloudellisuuden paranemiseen (Rønnestad & Mujika 2014; Barnes & Kilding 2015b). Tämän totesivat mm. Staron ym. (1994, Barnesin ja Kildingin 2015b mukaan) tutkimuksessaan, kun voimaharjoittelun seurauksena hapenkulutus submaksimaalisella tasolla väheni IIB-tyypin solujen osuuden samanaikaisesti vähetessä ja IIA-solujen lisääntyessä. IIA-tyypin solut vastustavat tehokkaammin väsymystä, mutta pystyvät silti melko suureen tehontuottoon, minkä vuoksi niiden osuuden kasvulla voi olla positiivinen vaikutus suoritukseen (Rønnestad & Mujika 2014).

6.4 Biomekaaninen tehokkuus ja tekniikka

Barnesin ym. (2015a) mukaan myös juoksuteknisten seikkojen paraneminen voi vaikuttaa taloudellisuuteen. Tämä käsittää kaikki ne biomekaaniset muuttujat, jotka vaikuttavat juoksun taloudellisuuteen. Mekaanisen tehokkuuden parantuessa vaaditaan vähemmän työtä juostessa samalla nopeudella. (Barnes ym. 2015a.) Esimerkiksi GRF:n resultanttivoimavektorin suuntaaminen jalan suuntaisesti pienentää nivelmomentteja, jolloin lihasten täytyy tuottaa vähemmän voimaa. Pienemmät voimat vastaavasti vaativat vähemmän lihasaktiivisuutta, jolloin energiankulutus pienenee (Kram & Taylor 1990; Chang ym. 2000).

6.5 Jäykkyys ja elastisen energian käyttö

Plyometrisella harjoittelulla voidaan lisätä lihasjännestyksen jäykkyyttä, jolloin elastista energiaa pystytään varastoimaan ja käyttämään tehokkaammin hyödyksi (Spurrs ym. 2003; Saunders ym. 2006; Guglielmo ym. 2009). Ilman elastisen energian hyödyntämistä hapenkulutus voi suorituksessa olla jopa 30–40 % suurempi (Cavagna ym. 1964, Saundersin ym. 2006 mukaan). Saunders ym. (2006) huomasivat tutkimuksessaan, että taloudellisuus lisääntyi nopeudella 18 km/h, mutta hitaammilla nopeuksilla parannusta ei ollut havaittavissa. He arvelevat Cavagnaan ym. (1977) viitaten elastisuuden olevan suuremmassa roolissa nopeilla nopeuksilla. Myös Spurrs ym. (2003) havaitsivat juoksun taloudellisuuden paranevan plyometria-harjoittelulla ja olevan merkitsevästi yhteydessä jalan jäykkyyteen. Heidän mukaansa parantunut jäykkyys voi näkyä joko lisääntyneenä askelpituutena tai -frekvenssinä suuremman eteenpäin suuntautuvan työntövoiman ja energian säästön kautta (Spurrs ym. 2003). Juoksussa jäykkyyden säätely on avainasemassa, jotta elastisuuden hyväksikäyttö voidaan maksimoida ja sitä kautta vähentää hapenkulutusta ja parantaa taloudellisuutta (Saunders ym. 2006). Denadain ym. (2017) mukaan jäykkyyden lisääntyminen on tärkeä tekijä taloudellisuuden parantamisessa pitkällä aikavälillä.

6.6 Venymis-lyhenemissykli SSC

Suorituksen parantumista voidaan selittää niin ikään venymis-lyhenemissyklin (SSC, stretch shortening cycle) paremmalla toiminnalla (Cormie ym. 2010). SSC:llä tarkoitetaan syklistä liikettä, jossa lihas venymisen jälkeen nopeasti supistuu; eksentrisen ja konsetrisen vaihe siis vuorottelevat (Barnes & Kilding 2015a). Voimaharjoittelu siirtää voima-nopeus- ja voima-teho-käyriä oikealle ja ylöspäin. Siten tietyllä nopeudella pystytään tuottamaan suurempia voimia. (Cormie ym. 2010.) Cormien ym. (2010) tutkimuksessa kyykkyhypyn nopeus, voima ja teho paranivat maksimi- ja nopeusvoimaharjoittelun jälkeen voimantuoton ollessa merkitsevästi isompi eksentrisen vaiheen aikana ja konsetrisen vaiheen alussa. Samat muutokset voivat näkyä SSC:n toiminnan myötä myös juoksun mekaniikassa (Denadai ym. 2017) ja edelleen taloudellisuudessa.

6.7 Hypertrofia

Parannukset voimantuotossa voivat tapahtua myös hypertrofisten mekanismien kautta (Folland & Williams 2007). Lihassolun poikkipinta-alan kasvaessa sen kyky tuottaa voimaa kasvaa. Kun maksimivoimatasot ovat suuremmat, voidaan edetä suhteessa matalammalla intensiteetillä. Kuitenkin todennäköisempiä ja tavoitellumpia juoksijoille ovat hermostolliset muutokset, sillä useissa tutkimuksissa kehonkoostumuksen muutoksia ei ole voiman kasvusta huolimatta havaittu (Rønnestad & Mujika 2014, Barnes & Kilding 2015a), eikä lisämassa ole juoksijalle toivottavaa (Barnes & Kilding 2015b). Kestävyysharjoittelu häiritsee hypertrofiaa esimerkiksi suuren AMPK:n aktiivisuuden kautta, jolloin proteiinisynteesi vähenee (Rønnestad & Mujika 2014).

6.8 Koordinaatio ja hermoston toiminta

Paavolainen ym. (1999) huomasivat, että nopeusvoimaharjoittelun jälkeen juoksun kontaktiajat lyhenivät ja taloudellisuus parani, eikä hapenottokyvyssä havaittu muutoksia. Heidän mukaansa parannus johtui hermoston roolista taloudellisuuden lisääjänä: hermosto säätelee suuresti lihasten jäykkyyttä ja elastisen energian käyttöä, ja tehokkaamman hermoston toiminnan myötä suurempi jäykkyys johtaa lyhyempään kontaktiaikaan, pienempään energiankulutukseen ja taloudellisuuteen (Paavolainen ym. 1999).

Myös Kyröläinen ym. (2001) korostavat juoksun kontaktivaiheen aikana tarvittavaa suurta voimantuottoa. Polvea ja nilkkaa ympäröivien lihasten suurempi jäykkyys johtaa suurempaan voimaan työntövaiheessa, jolloin vaaditaan vähemmän energiaa ja juoksu on siten taloudellisempaa. Erityisen tärkeä on ekstensorien aktiivisuus ennen kontaktia ja työntövaiheen alussa, jolloin askel ei ikään kuin vuoda läpi. Lisääntynyt agonistien ja antagonistien välinen koaktivaatio kontaktin alussa lisää jäykkyyttä kontaktin alussa. Vastaavasti aivan kontaktin loppupuolella ekstensorien aktiivisuus katoaa lähes kokonaan; tehokas esiaktiivisuus kontaktin alussa siis vähentää ekstensorien käytön tarvetta lopussa ja johtaa kimmoisaan askeleeseen. Hyvällä lihasten

koordinaatiokyvyllä ja tehokkaalla voimantuotolla on siten merkitystä taloudellisuuteen. (Kyörläinen ym. 2001.)

6.9 Muut mekanismit

Munekani ja Ellapen (2015) esittävät, että myös keskivartalo vahvistavalla core-harjoittelulla voitaisiin vaikuttaa positiivisesti taloudellisuuteen: hyvä keskivartalon stabiilius viivästyttää lihasväsymyksen alkua, jolloin juoksija voi säilyttää tekniikan hyvänä. Voimaharjoittelu lisää voimantuottokykyä, jolloin juoksija pystyy suorittamaan saman matkan samalla askelfrekvenssillä, mutta nopeammin. (Munekani & Ellapen 2015.)

7 JUOKSIJAN VAMMAT JA VOIMAHARJOITTELU

Kestävyysjuoksijoilla, kuten muillakin urheilijoilla, keho joutuu äärimmäiseen rasitukseen ja urheiluvammat ovat yleisiä. Tutkimuksesta riippuen vammojen esiintyvyys kestävyysjuoksijoilla on 2.5–33.0 vammaa tuhatta juoksutuntia kohti (Hulme ym 2017). Yleisimpiä diagnosoituja vammoja juoksijoilla ovat akillestendinopatia, IT-kalvosyndrooma ja lihasaitiosyndrooma (Tonoli ym. 2010). Vamma voi haitata urheilijan kehittymistä tai pahimmillaan lopettaa uran kokonaan. Sen vuoksi olisi tärkeää kartoittaa vammojen riskitekijät ja pyrkiä ehkäisemään niitä. Voimaharjoittelu voidaan nähdä yhtenä mahdollisena keinona vammojen ennaltaehkäisyssä ja hoidossa.

7.1 Juoksuvammojen riskitekijöitä

Hulme ym. (2017) selvittivät tuoreessa review-artikkelissaan juoksuvammojen riskitekijöitä, jotka voidaan jakaa kahteen ryhmään sen perusteella, miten hyvin niihin voidaan vaikuttaa (modifiable ja non-modifiable). (Hulme ym. 2017.)

Muuttamattomista riskitekijöistä aikaisemman vamman on todettu lisäävän suuresti riskiä sekä spesifeille että yleisille juoksuvammoille. Saragiotton ym. (2014) mukaan tärkein riskitekijä juoksuvammoille on viimeisen 12 kuukauden aikana ollut aiempi vamma. Myös iän on todettu olevan jossakin määrin riskitekijä juoksuvammojen kehittymiselle. (Hulme ym. 2017.)

Muutettavien riskitekijöiden ryhmään Hulme ym. (2017) laskivat naisjuoksijoilla epäsäännölliset kuukautiset tai kuukautisten puuttuminen kokonaan, jotka ovat suuria riskitekijöitä. Sen sijaan harjoitteluun liittyvien seikkojen eli juoksumäärien, harjoituksen keston, -tiheyden tai -vauhdin, eikä myöskään kehon massan tai painoindeksin, ole todettu toimivan juoksuvammoissa erityisinä riskitekijöinä. (Hulme ym. 2017.) Useiden tutkimusten mukaan suuret harjoitusmäärät (km/vko) voivat kyllä lisätä riskiä juoksuvammoille (Macera ym. 1989; Walter ym. 1989; Hulme ym. 2017), mutta toisaalta näyttöä on myös sille, että määrällä ei ole haitallista

vaikutusta tai sillä on jopa suojaava vaikutus (Hulme ym. 2017). Samoin joissakin tutkimuksissa useiden harjoituskertojen (krt/vko) on todettu lisäävän riskiä, toisissa taas ei (Hulme ym. 2017). Tonolin ym. (2010) systemaattisen review-artikkelin mukaan kiinnitettäessä huomio pitkän matkan kilpajuoksijoihin harjoituskertojen useus (>6 krt/vko) kuuluu tärkeimpiin riskitekijöihin. Alku- ja loppuverryttelyn sekä venyttelyn merkitys vammojen ehkäisyssä tai lisäämisessä ovat kysymyksiä, joista ei ole vankkaa tietoa. Tieto juoksukenkien vaikutuksesta vammoihin on niin ikään liian vähäistä, jotta siitä voitaisiin vetää johtopäätöksiä suuntaan tai toiseen. (Hulme ym. 2017.)

Eri vammoihin voidaan liittää erilaisia niille mahdollisesti altistavia juoksijan rakenteeseen ja juoksuaskeleen biomekaniikkaan liittyviä tekijöitä (Newman ym. 2013; Lorimer & Hume 2014). Esimerkiksi veneluun laskeutuminen on yhdistetty lihasaitiosyndroomaan (Newman ym. 2013) ja polven sisäkierto it-kalvosyndroomaan (Aderem & Louw 2015). Kanta- ja päkiäastujien juoksuaskeleen biomekaanisten erojen perusteella päkiäastujat voivat olla alttiimpia akillesjänne- ja pohjevammoille ja kanta-astujat rasitusmurtumille ja plantaarifaskiitille (Almeida ym. 2015). Kukin vamma on etiologialtaan erilainen ja lisäksi usein hyvin monitekijäinen, joten riskitekijöitä on tarkasteltava kaiken kattavien ohjeiden sijaan vamma- ja urheilija-kohtaisesti.

7.2 Vammat ja juoksumäärä

Siitä, johtavatko suuret viikoittaiset juoksumäärät korkeampaan vammariikkiin ei olla yhtä mieltä (Hulme ym. 2017). Nielsenin ym. (2012) mukaan on jonkinlaista näyttöä siitä, että viikoittaiset juoksumäärät ovat yhteydessä vammoihin. He viittaavat muun muassa Koplanin ym. (1995) alkuperäistutkimukseen, jossa tutkittiin kymmenen vuoden ajan eri kilometrimäärän juoksevien vammojen osuutta. Naisilla eniten vammoja oli niillä, jotka juoksivat 64–79 km viikossa, ja miehillä sama luku oli 48–63 km. Tämän määrän ylittävät tai alittavat juoksijat kärsivät vammoista vähemmän. (Koplan ym. 1995, Nielsenin ym. 2012 mukaan.) Myös esimerkiksi Macera ym. (1989), Marti ym. (1988) ja Walter ym. (1989) raportoivat enemmän vammoja suuremman kilometrimäärän juoksevien joukossa.

Vammojen määrän on todettu kuitenkin laskevan, kun niitä tarkastellaan suhteessa altistusajkaan (esim. /1000 juokсутuntia) (Nielsen ym. 2012). Esimerkiksi Videbækin ym. (2015) mukaan juoksuvammojen esiintyvyys on harrastelijajuoksijoilla 7.7 ja aloittelijoilla 17.8 vammaa tuhatta juokсутuntia kohti (Videbæk ym. 2015). Nämä vammojen esiintyvyyksiluvut vaihtelevat hieman tutkimuksesta riippuen. Nielsenin ym. (2012) esimerkkiä käyttäen voidaan vertailla maratoonaria ja aloittelevaa juoksijaa, jotka molemmat harjoittelevat 26 viikon ajan. Maratoonarin, joilla vammojen esiintyvyys voi olla 7.4 (vammaa/1000 juokсутuntia) voidaan odottaa viikossa 6 tuntia juostessaan saavansa tuon jakson aikana 1.15 vammaa. Aloittelija, joka juoksee viikossa 1.5 tuntia ja joilla vammojen esiintyvyys voi olla 33, voi odottaa saavansa 1.29 vammaa. (Nielsen ym. 2012.) Siten huomattavasti suuremman tuntimäärän viikossa juoksevan maratoonarin suhteellinen vammariski on oikeastaan pienempi kuin vähemmän juoksevan aloittelijan.

7.3 Lihasaitiosyndrooma

7.3.1 Vamman kuvaus ja riskitekijät

Juoksuaskeleen keskitukivaiheen aikana jalka pronatoi ja tibia (sääriluu) kiertyy sisäänpäin, jolloin tibialis posteriorin (takimmainen säärilihäs) jänteen ja lihaksen kiinnityskohtiin kohdistuu vetoa. Toistuvana tämä saattaa aiheuttaa näiden rakenteiden ylikuormittumisen, lihasaitiosyndrooman. (Karlsson ym. 2003, 530.) Lihasaitiosyndrooman perimmäinen patofysiologia on kuitenkin epäselvä. On esimerkiksi kiistanalaista, liittyykö vamman synty lihasaitioihin vai luukalvoon. Joidenkin lähteiden mukaan vamman alkuperä on luun rakennemuutoksissa ja pienissä murtumissa, toiset näkevät syyn olevan soleuksessa, tibialis posteriorissa tai flexor digitorum longuksen (varpaiden pitkä koukistajalihas) heikkoudessa. (Thacker ym. 2002.)

Lihasaitiosyndrooman riskitekijät voivat olla ulkoisia ja sisäisiä. Ulkoisia lihasaitiosyndroomalle mahdollisesti altistavia tekijöitä ovat esimerkiksi harjoittelun aiheuttama altistus (esim. jatkuvasti toisella puolella tietä juokseminen), harjoittelun tyyppi (esim. mäkijuoksu), varusteet ja olosuhteet (esim. kengät, harjoitusala, sääolosuhteet) ja sisäisiä esimerkiksi anatomia

(esim. pihtipolvet, ylipronaatio, löysät nivelet) sekä fyysiset kuntotekijät (esim. voima ja lihas-tasapaino fleksoreiden ja ekstensoreiden välillä, liikkuvuus, koordinaatio, väsymys). (Thacker ym. 2002.) Hamstra-Wright ym. (2015) kartoittivat systemaattisessa review-artikkelissaan fyysisesti aktiivisten henkilöiden, juoksijoiden ja sotilaiden riskitekijöitä syndroomalle. Riskitekijöiksi havaittiin lisääntynyt BMI, veneluun ”laskeutuminen” (navicular drop, kertoo pitkittäiskaaren toiminnasta (Nielsen ym. 2009)), nilkan plantaarifleksion suuri liikelaajuus sekä lonkan ulkokierron suuri liikelaajuus. (Hamstra-Wright ym. 2015.)

Winters ym. (2013) vertailivat artikkelissaan lihasaitiosyndroomien hoitointerventioita. Ainoaksi mahdollisesti tehokkaaksi hoitomenetelmäksi havaittiin sokkiaaltohoito (ESWT, extracorporeal shockwave therapy). Hoidon yhdistäminen harjoitusohjelmaan vähensi merkittävästi kiputasoa ja nopeutti palaamista harjoitteluun. (Winters ym. 2013.)

7.3.2 Tapausesimerkki

Eräessä tapaustutkimuksessa (Elias 2012) käsiteltiin lihasaitiosyndroomasta kärsivälle Iso-Britannian kansainvälisen tason hockeyn pelaajalle kehitettyä hoitosuunnitelmaa. Hockeyn pelaajalla oli useita lihasaitiosyndrooman riskitekijöitä, kuten lonkan ja tibian liiallista ulkokiertoa, ylipronaatiota sekä suuret harjoitusmäärät, jolloin kontaktireaktivoimien vaikutus jalkoihin on suuri. Hänellä oli kipua palpoitaessa ja aktiviteeteissa, joissa kehon painoa täytyi kannatella. Yhdessä hockeypelissä juoksua ja kävelyä hänelle tuli normaalisti noin 10 km. (Elias 2012.)

Vamman hoidossa ja harjoitteluun palaamisessa edettiin seuraavaa mallia mukailten. (Elias 2012.)

0–6 vko. Rasituksen vähentäminen ja kävelyn helpottaminen orpopedisilla paineilmatoiminnallisilla kengillä. Mahdollinen lääke- ja kylmähoito kivun ja tulehduksen lievittämiseksi. Riskitekijöiden kartoittaminen, esimerkiksi lihasten liikkuvuus ja nivelten liikelaajuudet, lantion stabiilius ja pronaatio. Venyttelyt ja mobilisoivat harjoitteet näihin ongelmakohtiin. Aerobisen kunnon ylläpito crosstrainerin, vesilajien ja pyöräilyn avulla.

6–14 vko. Voiman lisääminen kehon normaaliin käyttöön palaamiseksi. Aluksi oman kehon painolla 15 x kyykky, 2 x jalkaprässi; juoksussa kohdattavat voimat pystytään sietämään. Pohjelihasten kestävyuden vahvistaminen kontaktireaktivoimien sietämiseksi ja tibian kuormituksen vähentämiseksi oman kehon painolla, 5 % lisää kuormaa viikossa. Yleinen voiman lisääminen moninivelliikkeillä, aluksi matalat kuormat ja paljon toistoja (4 x 15–20 kehon painolla). Ensimmäisen 6 viikon jälkeen 50–70 % 1RM:sta (yhden toiston maksimista), sitten 80 % (4 x 4–6 x), 3 kertaa viikossa. Dynaamisen tasapainon ja proprioseptiikan harjoittaminen.

14+ vko. Progressiivinen palaaminen juoksuun. Aluksi 5 min juoksumatolla, joka tuottaa pienemmät kontaktireaktivoimat. 5 min lisää vuoropäivin. Vauhdit aluksi 50 % aiempaa tasoa matalampia.

7.4 Akillestendinopatia

7.4.1 Vamman kuvaus ja riskitekijät

Akillestendinopatia on akillesjänteen rappeutumistila (Magnan ym. 2014). Tendinopatiassa tulehdustilaa ei ole (Egger & Berkowitz 2017; Maffulli ym. 2004), vaan kyseessä on huonosti paraneva jänteen sisäisen kollageenin rappeuma, jolle etsitään nykyään syitä mekaanisista ja biokemikaalisista tekijöistä. (Maffulli ym. 2004.)

Jänne voi vaurioitua, jos sitä rasitetaan yli sen fysiologisen sietokyvyn. Voimat ovat joko niin suuria, että ne yrittävät rakenteiden mukautumiskyvyn, tai toistuvat niin useasti, ettei kudoks ehdi korjautua. Kasautuva mikrotrauma voi johtaa jänteen mekaaniseen väsymiseen, niin ettei se enää kestä suurempaa stressiä; syntyy ylirasitusvamman. (Selvanetti ym. 1997.) Vaikka akillesjänteen tendinopatian synnystä on esitetty monia teorioita, kivun tarkka ja perimmäinen syy ei ole kuitenkaan tiedossa. Selittäviä tekijöitä on etsitty muun muassa hapenpuutteen aiheuttamasta tulehduksesta, lisääntyneestä MMP-pitoisuudesta (entsyymiryhmä, joka hajottaa proteiineja solun ulkoisessa matriksissa), joka heikentää jänteen rakennetta sekä jäykemmästä ja

vahvemmassa plantaris longuksen jänteestä, joka aiheuttaa stressiä myös akillesjänteeseen. (Magnan ym. 2014.)

Jänteen kestokykyyn vaikuttavat useat tekijät. Rakenteellisiin tekijöihin kuuluvat jänteen paksuus ja pituus. Kooltaan paksumpi jänne kestää suurempia voimia ja pidempi jänne venyy enemmän ennen vauriota. Jänteen koostumus vaikuttaa siten, että mitä enemmän on kollageenia, sitä suurempi on vetolujuus. (Selvanetti ym. 1997.) Muita sisäisiä jänteen kuormittumiseen vaikuttavia tekijöitä ovat mm. ikä, sukupuoli, kehon paino, jänteen lämpötila, aiemmat vammat, geneettinen alttius ja veren virtaus (Magnan ym. 2014). Ikääntyminen mm. vähentää jänteen kollageenia ja heikentää verenkiertoa. Harjoittelu taas lisää kollageenisolujen kokoa. (Selvanetti ym. 1997.) Ulkoisesti jännettä voidaan rasittaa esimerkiksi lääkaineilla (Magnan ym. 2014), kuten kortikosteroidilla (Egger & Berkowitz 2017) ja yllirasittamisella (Magnan ym. 2014) kuten harjoittelun muutoksilla, huonolla tekniikalla ja kovalla pinnalla harjoittelulla (Maffulli ym. 2004). Taulukossa 1 on kuvattu eriasteisia jänteen rasitustiloja.

TAULUKKO 1. Jänteen yllirasitusvamman vakavuus voidaan luokitella mm. sen mukaan, miten paljon ja minkälainen liikkuminen aiheuttaa kipua. (Selvanetti ym. 1997.)

Intensity	Level	Symptomatology	Sports Performance
Mild	1	No pain	Normal
	2	Pain only with extreme exertion. Disappears immediately when activity stops.	Normal
Moderate	3	Pain starting with exertion and lasting 1–2 h afterwards	Normal or slightly decreased
	4	Pain increasing during any athletic activity and lasting 4–6 h afterwards	Significantly decreased
Severe	5	Pain immediately upon any activity, forcing termination and lasting 12 to 24 hrs afterwards	Markedly curtailed or prevented
	6	Pain during daily activities	Unable to participate

Myös rakenteellisia ja biomekaanisia akillestendinopatialle altistavia tekijöitä on löydetty. Lantion biomekaniikan on todettu olevan erilainen akillestendinopatiasta kärsivillä juoksijoilla (Creaby ym. 2017). Gluteus maximuksen ja mediuksen neuromotorinen kontrolli saattaa olla heillä erilainen (Franettovich Smith ym. 2014): esimerkiksi gluteus mediuksen (keskimmäinen pakaralihas) aktiivisuus on viivästynyt ja lyhempikestoinen (Franettovich Smith ym. 2014). Azevedo (2009) huomasiivat gluteus mediuksen ja rectus femoriksen matalamman kontaktin jälkeisen aktiivisuuden lisäksi, että myös esiaktiivisuus ennen kontaktia oli loukkaantuneilla tibialis anteriorissa (etumainen sääri-lihas) matalampi. Liiallisen frontaalitasoisen liikkeen jalan takaosassa on ajateltu aiheuttavan ”piiskaavan” liikkeen jänteeseen ja altistavan tendinopatialle (Maffulli ym. 2004). Myös etujalan varus on yleistä akillesjännetendinopatiasta kärsivillä (Maffulli ym. 2004). Semciwin ym. (2016) pohdinnan mukaan gluteus mediuksen vähäisempi rooli saattaa merkittävästi vaikuttaa kykyyn vastaanottaa ja ”imeä” kontaktitukivoimia (GRF) ja kontrolloida frontaali- ja transversaalitasojen liikettä juoksun kriittisessä vaiheessa.

7.4.2 Hoitosuosituksia

Krooninen akillesjännetendinopatia voidaan jakaa epäinsertionaaliseen (non-insertional) ja insertionaaliseen (insertional) sen mukaan, missä kohtaa jännettä vaiva ilmenee. Epäinsertionaalinen tendinopatia johtuu akuutissa vaiheessa tulehdusreaktiosta; silloin siinä ilmenee myös turvotusta. Suurin oire on harjoituksen alussa ja harjoituksen jälkeen tuntuva kipu, joka tuntuu palpoitaessa 2–6 cm kiinnityskohtaan yläpuolella. Epäinsertionaalinen akillesjännetendinopatia reagoi yleensä hyvin konservatiiviseen hoitoon, joka sisältää harjoittelun muuttamista, eksentrisiä harjoitteita, tulehduskipulääkkeitä, lääkeinjektiota ja shokkiaaltoterapiaa. Eksentriset harjoitteet tehoavat yleensä epäinsertionaalisen tendinopatian aikaisessa vaiheessa, vaikkakaan mekanismit eivät ole selvillä. (Egger & Berkowitz 2017.)

Insertionaalinen tendinopatia johtuu lähellä kantaluun kiinnityskohtaa olevien jänteen solujen rappeutumisesta. Kipu paikallistuu yleensä kantaluun keskikohtaan. Myös insertionaalisessa tendinopatiassa ei-operationaalinen hoito on ensisijainen. Rasitusta tulee muuttaa siten, ettei jännettä kuormita voimakkaasti (esim. ylämäen kävely). Eksentriset harjoitteet voivat pahentaa

tilannetta, joten niitä ja muita hoitomuotoja pitää käyttää harkiten. Kroonisten akillesjännevojen tapauksessa konservatiivinen hoito on ensisijainen, mutta leikkaus tulee harkittavaksi, ellei paranemista tapahdu kuudessa kuukaudessa. (Egger & Berkowitz 2017.)

Eksentrisen harjoittelu on akillesjännevammojen hoidossa yleisesti käytettyä, ja joidenkin lähteiden mukaan tehokkain tapa hoitaa akillestendinopatiaa (Satyendra & Byl 2006). Malliarasin ym. (2013) review-artikkelin mukaan eristetty eksentrisen harjoittelu ei ole akillesjänneen hoidossa ylivoimainen. Eksentrisen harjoittelun hyöty perustuu lihasjänneyksikön suurempaan kuormittamiseen, kun motorisia yksiköitä on käytössä vähemmän. Vammasta kärsivät eivät kuitenkaan usein pysty tekemään harjoitteita riittävän suurella kuormalla ja nopeudella, jolloin eksentrisen harjoittelun hyöty ei realisoidu. Hyötyä ei siis anna eksentrisen liike sinänsä, vaan sen mahdollistama lihasjänneyksikön suurempi kuormittaminen. Kirjoittajien mukaan kuitenkin eksentrisen harjoittelu voi muiden mekanismien kautta olla vammojen hoidossa hyödyksi, mutta näitä mekanismeja ei ole esimerkiksi tendinopatian hoidon suhteen tutkittu. (Malliaras ym. 2013.)

Kuten aiemmin mainittu, gluteus mediuksen heikentynyt toiminta on ominaista akillestendinopatiasta kärsiville (Azevedo 2009; Franettovich Smith ym. 2014). Semciwin ym. (2016) mukaan neuromotorisen kontrollin parantamisella, esimerkiksi gluteus mediuksen esiaktiivisuuden lisäämisellä (Semciw ym. 2016) ja tasapainoharjoittelulla (Peters ym. 2016) saattaakin olla rooli tendinopatian kuntoutuksessa ja ehkäisyssä.

7.5 It-kalvosyndrooma

7.5.1 Vamman kuvaus ja riskitekijät

Leveä peitinkalvo eli it-kalvo (iliotibial track) on reiden lateraalisivulla oleva kalvo, joka lähtee tensor fascia lataesta (leveän peitinkalvon jännittäjälihas) ja kiinnittyy sääriluun ulkonivelnastaan (condylus lateralis tibiae) (Ylinen 2010, 306). It-kalvon tehtävä on stabiloida lantiota lateraalisuunnassa ja vastustaa polven adduktiota ja sisäkiertoa juoksuaskeleen tukivaiheen aikana.

(Allen 2014.) It-kalvosyndrooma on polven lateraalipuolella ilmenevä yllirasitusvamma, joka muodostuu toistuvan polven ojennuksen ja koukistuksen seurauksena. Aikaisen tukivaiheen aikana tensor fascia latae ja gluteus maximus supistuvat eksentrisesti, mikä aiheuttaa jännitystä it-kalvoon. (van der Worp ym. 2012.) It-kalvosyndrooman anatomisesta syntyperästä on esitetty kahta toisiinsa limittyvää teoriaa. Toisen mukaan it-kalvon kiinnityskohdan alla olevat hermot, verisuonet, rasvakudos ja pacinin keräset jäävät polven koukistuessa puristuksiin. Toisen mallin mukaan kalvon solut kiinnittyvät tiukasti reisiluuhun ja liukuvat ulkonivelnastan yli polven liikkeessä eteen-taakse-suunnassa koukistuksen aikana. (Baker & Fredericson 2016.)

Lantion kinematiikan on it-kalvosyndroomasta kärsivillä todettu olevan erilainen, mutta yksimielisyyttä muutosten suunnasta ei ole (Loudon & Swift 2016). On ehdotettu, että it-kalvosyndrooma liittyy sagittaalitasoon mekanismeihin: toistuva polven koukistus aiheuttaa hankausta it-kalvon ja reisiluun ulkonivelnastan (condylus lateralis femoris) välille. Myös transversaalitasossa tapahtuvista liikkeistä on näyttöä. (Noehren ym. 2007.) Teoreettisesti lonkan lähennys ja sisäkierto aiheuttavat it-kalvoon rasitusta. (Loudon & Swift 2016.) It-kalvosyndroomasta kärsivillä onkin todettu olevan suurempaa lonkan lähennystä ja polven sisäkiertoa, ja ne tunnistetaan useissa tutkimuksissa syndroomalle altistaviksi riskitekijöiksi (Aderem & Louw 2015; Louw & Deary 2014; Noehren ym. 2007). Lantion lihasten heikkous saattaa johtaa lonkan ylimääräiseen adduktioon ja toistuvassa kuormituksessa it-kalvosyndroomaan (Noehren ym. 2007). Joidenkin tutkimusten mukaan it-kalvosyndroomasta kärsineillä lonkan lähentäjien vähäisempi toiminta on kompensoiva juoksutapa rasituksen välttämiseksi (Loudon & Swift 2016). Syndroomasta kärsivillä juoksijoilla on todettu olevan oireilevassa jalassa heikompi lantion loiventajien voima terveeseen jalkaan ja oireettomiin juoksijoihin verrattuna (Fredericson ym. 2000).

7.5.2 Hoitosuosituksia

It-kalvosyndrooman akuutissa vaiheessa (3 vrk–1 vko) tensor fascia lataeta, vastus lateralista, biceps femorista ja gluteus maximusta voidaan käsitellä myofaskiaalisesti (lihaskalvojen käsittely). Akuutin vaiheen harjoittelussa on hyödyllistä opetella kävelyä niin, että keskivartalo ja

pakaralihakset aktivoituvat eikä lantion ”pettämistä” tapahdu. Yhden jalan kyykistymisharjoituksia voidaan käyttää niin ikään lantion sekä myös polven hallinnan testaamiseen ja harjoittamiseen. (Baker & Fredericson 2016.)

Subakuutissa (3 vrk–2 vko) vaiheessa kipu ja tulehdus ovat lieventyneet. It-kalvolle, vastus lateralikselle ja biceps femorikselle voidaan tehdä tällöin manuaalista terapiaa, venyttelyä ja hierontaa foam rollerilla. Voiman palautusvaiheessa (1–6 vko) oireet ovat helpottaneet ja liikelaaajuus on parantunut. It-kalvon kanssa työskenteleviä pakaralihaksia pyritään vahvistamaan, jotta lantio pystytään pitämään hallinnassa juoksuaskeleen aikana. Näiden harjoittelun tulisi keskittyä isometriisiin ja eksentrisiin harjoitteisiin, kestävyYTEEN, oikeaan ajoitukseen ja koordinaatioon. Juoksuun palaamisvaiheessa (6+ vko) harjoittelun toteutus onnistuu ilman kipua. Juoksu kannattaa aloittaa tasaisella maalla, jolloin polvi ei joudu koukistumaan suuresti. Parin ensimmäisen viikon aikana alamäkijuoksua kannattaa välttää. (Baker & Fredericson 2016.)

7.5.3 Tapausesimerkki

Allenin (2014) tapaustutkimuksessa tutkittiin it-kalvosyndrooman hoitoa ja sen tehokkuutta.

Tapauksen kuvaus. Kyseessä oli 36-vuotias it-kalvosyndroomasta kärsivä nainen, joka oli harrastranut juoksua noin kolmen vuoden ajan ja kilpaillut 5 km, 10 km ja puolimaratonin matkoilla. Ilman oireita tutkittava juoksi 24–32 kilometriä viikossa.

Toiminnallisten voima- ja liikkumistestien (esimerkiksi star excursion balance test) perusteella henkilöllä todettiin olevan kylläkin hyvä yhden jalan tasapaino, mutta lievää taipumusta menettää tasapaino pronaatio-suuntaan. Vasemmassa eli oireilevassa jalassa havaittiin liiallinen dynaaminen polven valgus terveeseen puoleen nähden: vasen polvi taipui adduktio-suuntaan, keskijalka pronaatioon ja oikean puolen lantio ”putosi”. Tutkittava yritti kompensoida tätä vastakaisilla liikkeillä. Kun testin haastavuus kasvoi, valgus-ilmiö tuli esille. Tämä antoi viitteitä lonkan loitontajien ja ulkokiertäjien heikkoudesta.

Juoksun videoanalyysin perusteella huomattiin, että tutkittava juoksi voimakkaalla kanta-askelleella: askel tuli huomattavasti painopisteen etupuolelle ja polvi oli lähes ojentuneena. Juoksu-testissä havaittiin myös lantion “putoaminen” vastakkaiselle puolelle. Tutkittavalla todettiin myös ylisuuri askelpituus; hänen kadenssinsa oli 168 askelta minuutissa nopeudella 10,5 km/h (6,5 mailia tunnissa).

Interventio. Hoitointerventio keskittyi pääosin juoksuaskeleen muokkaamiseen ja askeltiheyden kasvattamiseen. Askeltiheyden kasvattamisessa pyrittiin 5 % lisäykseen eli 176 askeleeseen minuutissa sillä perusteella, että viiden prosentin lisäyksen on todettu vähentävän tehokkaasti polvien läpi kulkevia törmäysvoimia ja parantavan juoksumekaniikkaa, kuten askellustyyliä, askelpituutta ja vertikaalista siirtymää (Heiderscheit ym. 2011). Tutkittava opetettiin juoksemaan uudella kadenssilla metronomia apuna käyttäen. Juokseminen aloitettiin 1,5–3,0 kilometrin matkoista kolme kertaa viikossa niin, että välissä oli vähintään yksi lepopäivä; kivun tuli olla poissa. Interventio sisälsi myös it-kalvon venytyksiä kolme kertaa päivässä 3 x 20 s/jalka, lonkan loitontajien vahvistamista kuminauhan avulla sekä yhden jalan eksentrisiä hallintaharjoituksia kolme kertaa viikossa 1–2 x 10 toiston verran.

Tulokset. Tutkittavan askeltiheys kasvoi 176 askeleeseen minuutissa ilman metronomin käyttöä. Kanta-askellus muuttui keskijalka-askellukseksi. Ensimmäinen kontakti askeleessa tuli olkapään alapuolelle, melkein suoraan painopisteen alapuolelle (vain hieman painopisteen edelle). Lantion putoaminen poistui ja lonkan loitontajien voima vasemmalla kasvoi. Tutkittava kykeni hallitsemaan vasemman jalan valgusta star excursion balance- testissä.

Muutokset tapahtuivat suurelta osin jo neljän viikon intervention jälkeen. Kivuttomien juoksu-kilometrien määrä kasvoi seuraavasti: 4 vko: 5.6 km; 6 vko: 11.3 km, 4 kk: 21 km. Neljän kuukauden kuluttua tutkittavan viikkokilometrimäärä oli 40 km.

7.6 Voimaharjoittelu juoksuvammojen ennaltaehkäisyssä ja hoidossa

Voimaharjoittelun hyötyjä juoksuharjoittelulle täytyy ajatella myös vamma puoli huomioon ottaen, sillä juoksuvammat ovat yleisiä, aiheuttavat urheilijoille eriasteista haittaa ja vaikeuttavat normaalin, optimaalisesti kehittävän harjoittelun toteuttamista (Kluitenberg ym. 2015). Juoksuvammojen esiintyvyys on aloittelevilla juoksijoilla 17.8 ja harrastelijajuoksijoilla 7.7 per 1000 juoksutuntia. Juoksulajien urheilijoiden suhteen tutkimustietoa on vähän, mutta joidenkin tutkimusten mukaan esiintyvyyden on todettu olevan 2.5–26.3 vammaa per 1000 tuntia. (Videbæk ym. 2015.) Joka tapauksessa, mikäli voimaharjoittelulla voidaan ennaltaehkäistä vammojen syntyä ja siitä johtuvaa tehokkaan harjoittelun menetystä, voimaharjoittelun hyöty on jo pelkästään sen vuoksi ilmeistä.

Juoksuvammojen ehkäisystä oleva tieto on kuitenkin kaiken kaikkiaan puutteellista. Kuten esimerkiksi ravitsemus, venyttely, lämmittely ja juoksukengät, myös voimapuoli juoksuvammojen ehkäisijänä vaatii lisää tutkimusta (Fields ym. 2010). Käytössä on kyllä lukemattomia erilaisia harjoitusohjelmia, joilla vammoja mahdollisesti voidaan ehkäistä, mutta tieteellisesti vahvaa näyttöä ei mistään tietystä tavasta ole (Tonoli ym. 2010).

Yleisesti keskivartalon (core) vahvistamista pidetään hyvänä keinona parantaa suoritusta ja ehkäistä vammoja lajissa kuin lajissa. Juoksun suhteen vahvan keskivartalon ajatellaan pitävän kontaktireaktivoimat (GRF-voimat) optimaalisissa rajoissa ja vaikuttavan sitä kautta vammojen ehkäisyyn. Sato ja Mokha (2009) huomasivat keskivartaloharjoitusten parantavan 5 000 m aikaa, mutta GRF-voimissa ei havaittu merkittävää muutosta. (Sato & Mokha 2009.)

Lantion seudun lihasten hyvien voimatasojen tärkeys on huomattu useissa tutkimuksissa. Loukkaantuneilla juoksijoilla vamma puolen lonkan loitontajat ja koukistajat voivat olla tervettä puolta heikommät ja loukkaantuneen puolen lonkan lähentäjät taas vahvemmat (Niemuth ym. 2005). Esimerkiksi it-kalvosyndrooma (Fredericson ym. 2000; Noehren ym. 2007) ja akilles-tendinopatia (Azevedo 2009; Franettovich Smith ym. 2014; Semciw ym. 2016) liittyvät lantion loitontajien heikkouteen. Teng ja Powers (2016) huomasivat tutkimuksessaan, että ne juoksijat,

joilla oli heikommalla lantion ojentajalihakset, juoksivat vartalo pystysuoremmassa asennossa, jolloin lantion lihakset työskentelivät vähemmän ja polven ojentajat vastaavasti enemmän. Tämä pystysuora asento ja polven ojentajien ylisuuri käyttö voivat johtaa polven yllirasitusvammojen syntyyn. (Teng & Powers 2016.) Lantion loitontajalihasten ja ulkokiertäjien voimatasojen kasvatus saattaa muuttaa alaraajan biomekaniikkaa, esimerkiksi vähentää nilkan everstiota, ja vähentää siten loukkaantumiseriskiä (Snyder ym. 2009).

Riittämättömien voimatasojen ajatellaan vaikuttavan myös esimerkiksi akillesjänneongelmien (Hein ym. 2014; Lorimer & Hume 2014) ja rasitusmurtumien (Warden ym. 2014) syntyyn. Loukkaantuneilla urheilijoilla on todettu olevan pienemmät isokineettiset voimatasot (Lorimer & Hume 2014) ja pienemmät voimatasot polven koukistajissa (Hein ym. 2014) terveisiin urheilijoihin nähden. Akillesjännevammojen kuntoutuksessa konsentrisen ja eksentrisen voiman lisääminen saattaa auttaa kuntoutumista ja ehkäistä vamman uudelleensyntyä (Lorimer & Hume 2014). Voimaharjoittelulla on roolinsa myös rasitusmurtumien ehkäisyssä (Warden ym. 2014). Rasitusmurtumien riskiin vaikuttaa sekä luun kohtaama kuormitus että sen kyky vastustaa kuormitusta. Luun kohtaaman kuormituksen vähentämiseksi voidaan yrittää vähentää törmäysvoimia esimerkiksi juoksemalla ”pehmeämmin” suuremmalla askeltilheydellä sekä lisätä lihasvoimaa ja -kestävyyttä pohjelihaksissa ja jalkaterän lihaksissa. (Warden ym. 2014.)

Jalkaterän pikkulihaksilla on keskeinen rooli asennon ja tasapainon ylläpidossa yhden jalan liikkeissä. Ne säätelevät pitkittäiskaaren korkeutta ja jalan pronaatiota. Pitkittäiskaaren heikkous tai toimintavajaus saattaa johtaa vammoihin, kuten plantaarifaskiittiin, akillestendinopatiaan tai lihasaitiosyndroomaan. Jalkaterän lihasten vahvistaminen voi ehkäistä näitä juoksijan vammoja. (Fourchet & Gojanovic 2016.)

8 HARJOITTELUANALYYSI

8.1 Katsaus historiaan

Kestävyysjuoksuharjoittelussa on aikojen saatossa yleisesti seurattu huippujuoksijoiden sekä heidän valmentajiensa käyttämiä harjoittelumetodeja. Heillä on ollut tärkeä rooli kunkin ajan harjoitustrendien luomisessa. Myös tutkimukseen perustuvalla tiedolla on kuitenkin ollut roolinsa. (Tjelta 2016.)

Juoksuharjoittelussa 1880-luvulta lähtien toiset urheilijat ja valmentajat ovat painottaneet enemmän määrää, toiset taas tehoa. Esimerkiksi 1880-luvun huippumaileri ja 30 vuotta mailin juoksun maailmanennätystä hallussaan pitänyt Walter George juoksi tehokkaasti, mutta määrällisesti hyvin vähän: harvoin yhteensä yli kaksi mailia päivässä. Paavo Nurmi sen sijaan käytti harjoitusmuotonaan pitkiä kävelylenkkejä. (Tjelta 2016.)

1930-luvulla saksalaisten valmentaja Woldemar Gerschler sekä fysiologi Herbert Reindell toivat esille termin intervalliharjoittelu. 1950-luvun juoksija Emil Zatopek, moninkertainen olympiavoittaja 5 000 m, 10 000 m ja maratonin matkoilla, koosti harjoittelunsa pääosin pitkistä intervallisarjoista. Hän saattoi juosta 60 x 400 m 80 sekuntiin 200 metrin hölkkäpalautuksella. Intervalliharjoittelua runsaasti käyttivät myös muun muassa unkarilaiset 1950-luvulla maailmanennätyksiä rikkoneet juoksijat Sandor Iharos ja Laszlo Tabori valmentaja Mihovol Igloin johdolla. Niin ikään brittiläiset huippujuoksijat valmentaja Franz Stampflin johdolla käyttivät intervalliharjoittelua: 400–2200 m vetoja 3–4 kertaa viikossa intensiteettiä kauden edetessä lisäten. (Tjelta 2016.)

1960-luvulla juoksuharjoittelu koki tietynlaisen suunnanmuutoksen: intervalliharjoittelua alettiin kritisoida ja sen sijaan ruvettiin korostamaan pitkäkestoista yhtäjaksoista harjoittelua. Uusiseelantilainen olympiavoittaja valmentanut Arthur Lydiard ajatteli, että kestävyysjuoksijoi-

den tulisi matkasta riippumatta sisällyttää harjoitteluunsa peruskuntokausi, jolloin tehtäisiin pitkäkestoista yhtäjaksoista juoksua esimerkiksi 160 km viikossa. Lydiardin määrä painottavaa metodia käytettiin yleisesti 1970- ja 80-luvuilla. Tähän päivään asti yleisenä tapana on säilynyt suhteellisen suurien harjoitusmäärien yhdistäminen 2–5 intervalliharjoitukseen. (Tjelta 2016.)

Kuten edellisen perusteella voidaan huomata, huippujuoksijat ovat harjoitelleet vuosikymmenten ja -satojen ajan hyvinkin erilaisilla metodeilla määrien ja tehojen suhteen. Kuitenkin harjoittelu on ollut aina pääosin juoksua, eikä voimaharjoittelua ole korostettu.

8.2 Juoksumäärät

Menestyneiden juoksijoiden harjoitusmäärät ovat tyypillisesti olleet isoja: Tjeltan (2016) mukaan noin 120–250 km viikossa. Määrissä voi olla kuitenkin suuriakin eroja sekä päämatkan että yksilön suhteen, kuten edellä mainittu lukukin jo osoittaa. Rabadánin ym. (2011) mukaan keskimatkojen juoksijat juoksevat viikossa noin 130–140 km ja kestävyysjuoksijat 160–180 km. Vuosikymmenen parhaiden norjalaisten juoksijoiden harjoittelua kartoittanut tutkimus tuo esille eroa myös yksilöiden välillä: ratajuoksija juokseva mies juoksi harjoituskaudella keskimäärin 150 km/vko ja niin ikään ratamatkoilla kilpaileva nainen 172 km/vko. Kilpailukaudella ero kasvoi entisestään ollen 40 km/vko. (Enoksen ym. 2011.)

Afrikkalaisten juoksumäärät eivät näyttäisi poikkeavan suuresti esimerkiksi eurooppalaisten juoksumääristä. Kenialaisten juoksijoiden keskuudessa on kahdentyyppistä harjoitusmetodia, jotka poikkeavat toisistaan ja tekevät eroa myös juoksumääriin (Billat ym. 2003a). Billatin ym. (2003a) kenialaisia huippujuoksijoita tutkivassa tutkimuksessa enemmän määrää painottavat kenialaiset miehet juoksivat keskimäärin 174 km/vko ja kovempia tehoja painottavat keskimäärin 158 km/vko. Kenialaiset naisjuoksijat juoksivat viikossa keskimäärin 127 km/vko. (Billat ym. 2003a.) Lucia ym. (2006) vertailivat parhaita eritrealaisia miesjuoksijoita parhaisiin espanjalaisiin. Tutkimukseen osallistujat olivat maidensa parhaita ja kilpailivat pääosin 5 000 ja 10 000 m matkoilla. Tyypillinen harjoitusmäärä eritrealaisilla oli 105 km/vko ja espanjalaisilla 129

km/vko. (Lucia ym. 2006.) Edellä mainittujen tutkimusten perusteella näyttäisi siltä, ettei afrikkalaisten ja eurooppalaisten juoksijoiden välillä ole suurta systemaattista eroa harjoitusmäärissä.

8.3 Harjoittelun teho

Kestävyysharjoittelu voidaan jakaa harjoittelun tehoa tarkastellessa esimerkiksi viiteen (Tjelta 2016) tai seitsemään (Enoksen ym. 2011, taulukko 2) harjoitustehoalueeseen. Taulukossa 2 on kuvattu jako seitsemään tehoalueeseen.

TAULUKKO 2. Kestävyysharjoittelu seitsemään luokkaan jaettuna: harjoitusalue sekä harjoittelun teho, laktaatti, syke ja harjoitusvaikutus kyseisellä alueella. Mukailtu Enoksen ym. (2011).

Alue	Teho	Laktaatti (mmol/l)	Syke (% max)	Harjoitusvaikutus
1	Kevyt ja kohtalainen	0.7–2.0	62–82	Juoksun taloudellisuus
2	Maratonin vauhti	2.0–3.0	82–87	Anaerobinen kynnysvauhti
3	Puolimaratonin vauhti	3.0–4.5	87–92	Anaerobinen kynnysvauhti
4	10 000 m vauhti	4.5–7.0	92–95	VO ₂ max, anaerobinen kapasiteetti
5	5 000–3 000 m vauhti	7.0–11.0	95–100	VO ₂ max
6	1 500–3 000 m vauhti	>11.0	100	Anaerobinen kapasiteetti
7	Pikajuoksu			Nopeus

Enoksen ym. (2011) tutkivat viimeisen vuosikymmenen parhaiden norjalaisten (n=6) kestävyysjuoksijoiden harjoittelua. Tutkimuksessa kolme heistä luokiteltiin ratajuoksijoiksi ja kolme

maratonjuoksijoiksi; kuitenkin kaikki heistä olivat ottaneet osaa 5 000 ja/tai 10 000 m kilpailuihin. Harjoitusintensiiviteetti jaettiin seitsemään alueeseen. Harjoituskaudella ratajuoksijoiden harjoitusmäärästä noin 76.4 % oli alueen 1 yhtäjaksoista harjoittelua. Alueen 2–3 eli noin anaerobisen kynnyksen harjoittelua oli noin 19.6 % kokonaismäärästä eli noin 31.6 km/vko. Harjoittelu tällä alueella koostui pääosin pitkistä intervalleista (1 000–5 000 m). Vauhti oli näissä intervalleissa miehillä $3:00 \pm 0:10$ min/km ja naisilla $3:25 \pm 0:10$ min/km; kun harjoitus tehtiin jatkuvana juoksuna, vauhti oli miehillä $3:50$ – $4:00$ min/km ja naisilla $4:00$ – $4:20$ min/km. Alueen 5 harjoittelua oli harjoituskaudella noin 2.7 % ja alueen 7 1.3 %. Kilpailuun valmistavalla ja kilpailukaudella alueiden 2–3 harjoittelu väheni ja alueiden 4–5 harjoittelu lisääntyi. (Enoksen ym. 2011.)

Kenialaiset käyttävät harjoittelussaan pääasiassa kahta toisistaan eroavaa metodia. Suurin osa kenialaisista harjoittelee painottaen ns. tempoharjoittelua eli noin 45–70 minuutin juoksua laktiikkakynnyksellä. Tällainen harjoittelu voi sisältää lisäksi pitkiä intervalleja, esimerkiksi 6 x maili (1609 m) 200–400 metrin hölkkäpalautuksella. Toinen tapa on vähempää määrää painottava intervallityyppistä harjoittelua noin vVO_{2max} :lla tai sitä suuremmalla nopeudella. Kahdesta viikoittaisesta intervalliharjoituksesta toinen voi olla esimerkiksi 10–20 x 400–600 m vVO_{2max} -nopeudella, ja toinen 10 x 1000 m tai 5 x 2000 m lähellä 10 km kisanopeutta. (Billat ym. 2003a.)

8.4 Voimaharjoittelu

Kestävyysjuoksijoiden tekemästä voimaharjoittelusta on saatavilla todella vähän tutkimustietoa. Huippujuoksijoiden harjoittelua tai fyysisiä ominaisuuksia kartoittavat tutkimukset eivät keskity juoksijoiden voimaharjoitteluun tai voimaominaisuuksiin (Svedenhag & Sjodin 1985; Robinson ym. 1991; Billat ym. 2003a; Lucia ym. 2006; Enoksen ym. 2011; Tjelta 2016). Voimaharjoittelua ei joko ole otettu tutkimuksiin mukaan ollenkaan, tai sitten siitä on mainittu ainoastaan hyvin pintapuolisesti. Esimerkiksi Enoksenin ym. (2011) mukaan kaikki norjalaiset huippujuoksijat tekivät jonkinlaista voimaharjoittelua, mutta sitä ei raportoitu sen tarkemmin.

Lucian ym. (2006) tutkimuksen eritrealaisten juoksijoiden harjoitteluun ei sisällynyt voimaharjoittelua, mutta espanjalaisilla sitä oli harjoittelussa mukana. Kenialaisten harjoittelua koskevassa tutkimuksessa voimaharjoittelusta ei ollut mitään mainintaa (Billat ym. 2003a). Tutkimustiedon perusteella näyttäisi siltä, että huippujuoksijat eivät pääosin tee voimaharjoittelua, tai ainakin sen merkitystä pidetään vähäisenä.

9 JUOKSIJAN VOIMAHARJOITTELU KÄYTÄNNÖSSÄ

9.1 Voimaharjoittelun jaottelu

Voimaharjoittelu jaetaan usein kestovoimaan, maksimivoimaan ja nopeusvoimaan. Näistä kahta jälkimmäistä pidetään yleisesti varsinaisena todellisena voimaharjoitteluna. Maksimivoimaharjoittelu voidaan jakaa edelleen hypertrofiseen ja hermostolliseen harjoitteluun. (Häkkinen & Ahtiainen 2016.)

Hypertrofisessa maksimivoimaharjoittelussa, jossa tarkoituksena on lihasmassan lisääminen, kuormat ovat 60–85 % maksimista ja toistoja sarjassa on 6–12 (Häkkinen & Ahtiainen 2016). Sarjat tehdään usein uupumukseen asti (Häkkinen & Ahtiainen 2016) ja lyhyillä, 30–60 sekunnin palautuksilla (Kraemer & Häkkinen 2002, 72). Hermostollisessa harjoittelussa kuorma on 85–100 % ja toistojen määrä 1–6 (Häkkinen & Ahtiainen 2016). Palautus on suuria kuormia nostettaessa >180 s (Kraemer & Häkkinen 2002, 51). Hermostollisen harjoittelun hyöty on pienempi hypertrofian syntymiseen (Kraemer & Häkkinen 2002, 27). Molemmille harjoitustyypeille sekä niiden yhdistelmille on monia erilaisia tapoja toteuttaa harjoitus. (Häkkinen & Ahtiainen 2016.)

Nopeusvoimaharjoittelussa kuormat ovat 0–80 % maksimista. Sarjojen keston tulisi olla välittömien energianlähteiden käytön vuoksi 1–10 sekuntia ja sarjapalautuksien 3–5 min. Nopeusvoimaharjoitus tehdään aina maksimaalisella yrityksellä harjoitusvaikutuksen kohdistamiseksi nimenomaan nopeille lihassoluille ja hermostolle. (Isolehto 2016.)

Voimaharjoittelun vaikutusmekanismit ovat sekä morfologisia (rakenteeseen liittyviä) että neurologisia (hermostollisia). Tärkein morfologinen muutos on yksittäisten lihassolujen ja koko lihaksen koon kasvu eli hypertrofia, joka johtuu myofibrillien koon ja määrän lisääntymisestä. Muita mahdollisia morfologisia muutoksia ovat hyperplasia eli lihassolujen määrän kasvu, muutokset lihassolutyypissä, lihaksen rakenteen muuttuminen kuten pennaatiokulman kasvu,

myofilamenttien tiheyden kasvu sekä sidekudoksen ja jänteen muutokset, kuten jäykkyyden kasvu. (Folland & Williams 2007.) Lihaksen aktivointi kasvaa voimaharjoittelun myötä, kun hermoston toiminta paranee: motorisia yksiköitä pystytään ottamaan enemmän käyttöön ja niiden syttymistiheys kasvaa. Lihasten välisen koordinaation paraneminen on erittäin tärkeässä roolissa. Agonistit pitää aktivoita maksimaalisesti ja synergistit riittävästi samalla kun antagonistien aktivointi on mahdollisimman vähäistä. (Folland & Williams 2007.)

Nopea voiman kasvu voimaharjoittelun aloittamisen jälkeen johtuu aluksi hermostollisten ominaisuuksien kehittymisestä. Morfologiset muutokset tapahtuvat harjoittelun jatkuessa pidempään. (Folland & Williams 2007.)

9.2 Voimaharjoittelun vaikutuksia juoksijan ominaisuuksiin

Juoksijoiden voimaharjoittelu on saanut viime vuosina osakseen paljon huomiota. Aiheesta on tehty useita review-artikkeleita, joiden tulokset ovat poikkeuksetta saman suuntaisia (Balsalobre-Fernández ym. 2016; Lum 2016; Denadai ym. 2017).

Balsalobre-Fernández ym. (2016) kartoittivat review-katsauksessaan voimaharjoittelun vaikutuksia huippujuoksijoiden (n=yhteensä 93) taloudellisuuteen. Kaikkien tutkimusten juoksijat kilpailivat keskipitkillä tai pitkällä juoksumatkoilla ja heidän hapenottokykynsä oli vähintään 60 ml/kg/min. Juoksijoiden voimaharjoittelu koostui useimmin alaraajojen harjoitteista sekä hyppystä ja/tai sprinteistä tehon ollessa voimaharjoituksissa 40–70 % 1RM:sta. Harjoituksia tehtiin 2–3 kertaa viikossa ja harjoitusjakson pituus oli 8–12 viikkoa. Kaikissa tutkimuksissa löydettiin merkitsevä parannus voimassa, tehossa, hyppykorkeuksissa ja taloudellisuudessa. (Balsalobre-Fernández ym. 2016.) Myös toinen tuore review-artikkeli (Lum 2016) näyttää hyviä tuloksia voima- ja plyometriaohjittelusta hyvillä juoksijoilla ja huippujuoksijoilla. Parannusta on saatu taloudellisuuden lisäksi aikaan esimerkiksi myös kevennyshypyssä (CMJ), isometrisessä voimassa, hyppytehossa, maksimivoimassa, voimantuottonopeudessa (RFD) ja itse juoksusuorituksissa, esimerkiksi 3 km:n ajassa. (Lum 2016.)

Beattien ym. (2017) kansallisen tason juoksijoille tekemässä tutkimuksessa voimaharjoittelua jatkettiin peräti 40 viikkoa, joista 20 viikkoa harjoituskaudella ja 20 viikkoa kilpailukaudella. Harjoittelussa tehtiin maksimivoimaa (esim. takakyökkyjä), nopeusvoimaa (esim. kyykkyhyppyjä) RFD:n kehittämiseksi ja reaktiivista voimaa (esim. pudotushyppyjä) venymis-lyhenemisyklin (SSC) toiminnan ja jäykkyyden parantamiseksi. Voimaharjoituksia oli harjoituskaudella viikossa kaksi, ja harjoittelu keskittyi tällöin maksimivoimaan. Kilpailukaudella harjoituksia oli viikossa yksi ja päähuomio oli nopeusvoimassa. Harjoittelulla onnistuttiin parantamaan voimaominaisuuksia, taloudellisuutta ja juoksunopeutta maksimaalisen hapenoton nopeudella (vVO₂max) 20 viikon harjoitusjakson aikana; reaktiivinen voima parani myös kilpailukauden aikana. Kehonkoostumusmuutoksia ei havaittu. (Beattie ym. 2017.)

Denadain ym. (2017) mukaan voimaharjoittelun yhdistäminen kestävyysharjoitteluun saa aikaan taloudellisuuden kehittymisen paljon lyhyemmässä ajassa kuin kestävyysharjoittelu yksistään. Vähän harjoitelleilla juoksijoilla pelkkä suhteellisen lyhytkestoinenkin juoksuharjoittelu parantaa taloudellisuutta, mutta paljon harjoitelleilla näin ei käy, vaan kehitys vaatii myös voimaharjoittelua. (Denadai ym. 2017.) Kestävyysharjoittelun ja yhdistetyn voima- ja kestävyysharjoittelun taloudellisuutta parantava vaikutus tapahtuu luultavasti eri mekanismien kautta. Kestävyysharjoittelu parantaa metabolisia ja sydän- ja verenkiertoelimistön taloudellisuuteen liittyviä tekijöitä; tällainen kehitys vaatii pitkiä harjoitusjaksoja, ennen kuin muutos näkyy. Voimaharjoittelu taas saa taloudellisuuden parantumisen aikaan hermolihaskäytön ja mekaanisten tekijöiden kautta, jolloin myös huippujuoksijat hyötyvät lyhyemmästäkin harjoitusjaksosta. (Denadai ym. 2017.)

9.3 Kasvattaako voimaharjoittelu juoksijan lihasmassaa?

Mielenkiintoinen ja usein kestävyysurheilijoiden voimaharjoittelupelon takana oleva kysymys on, lisääkö voimaharjoittelu lihasmassaa. Hypetrofiolla voi olla haitallinen vaikutus lajeissa, joissa kehon painoa joutuu kannattelemaan (Rønnestad & Mujika 2014). Ylimääräinen lihas-

massa kuluttaa enemmän happea, joten taloudellisuus voi ainakin teoriassa heikentyä, jos lihasmassaa on liikaa. Lisäksi myofiibereiden poikkipinta-alan kasvu voi vähentää kapillaarien suhteellista määrää lihaksessa, niin että diffuusioetäisyys kasvaa (Rønnestad & Mujika 2014).

Rønnestadin ja Mujikan (2014) tarkastelemien useiden tutkimusten mukaan (esim. Paavolainen ym. 1999; Spurrs ym. 2003; Saunders ym. 2006; Mikkola ym. 2007; Støren ym. 2008) 8–16 viikon voimaharjoittelu ei kuitenkaan lisää kehon massaa tai vähennä VO₂max:n kehitystä. Esimerkiksi Saundersin ym. (2006) tutkimuksessa yhdeksän viikon voima- ja plyometrisen harjoittelun jälkeen keski- ja pitkän matkan huippujuoksijoiden kehon massa ei lisääntynyt merkittävästi. Kun voimaharjoittelua tehdään samanaikaisesti kestävyysharjoittelun kanssa, lihasmassan kasvu heikentyy, sillä kestävyysharjoittelu häiritsee niitä mekanismeja, joiden kautta proteiinisynteesiä tapahtuu (Rønnestad & Mujika 2014). Huippukestävyysurheilijoille tehty tutkimus osoittaa, ettei 16 viikon yhdistetty voima- ja kestävyysharjoittelu heikennä kapillarisaatiota (Aagaard ym 2011).

Useissa tutkimuksissa voimaharjoittelujakson pituus on ollut vain muutamia viikkoja. Koska kehitys voimaharjoittelussa tulee aluksi enemmän hermostollisten ominaisuuksien kehittymisen myötä (Folland & Williams 2007), hypertrofiaa ei välttämättä ole ehtinyt muodostua. Kuitenkin Beattien ym. (2017) 40 viikon voimaharjoittelututkimus osoittaa, että kun voimaharjoittelu on suunniteltu ja toteutettu tarkoituksenmukaisesti, voimaominaisuuksia voidaan kehittää ilman merkitsevää muutosta kehon koostumuksessa, vaikka harjoittelu jatkuisi pidempäänkin. Lihasmassan kasvuun voidaankin vaikuttaa voima- ja kestävyysharjoitusten mallia, tiheyttä ja määrää säätelemällä (Bazyler ym. 2015). Useissa tutkimuksissa juoksijoiden voimaharjoittelu on ollut plyometriaan painottuvaa (Paavolainen ym. 1999; Spurrs ym. 2003; Mikkola ym. 2007). Plyometrisen harjoittelun ja maksimivoimaharjoittelun vaikutusmekanismit ovatkin erilaiset (Tillin & Folland 2014). Harjoittelun sisältäessä plyometriä hypertrofia on vähäisempää, ja voiman voi kasvaa sen sijaan suuremman hermoston aktivaation myötä (Häkkinen ym. 2000). Plyometrinen harjoittelu myös lisää lihasjännestysteemin jäykkyyttä, jolloin suurentunut tehon tuotto vähentää energiankulutusta (Spurrs ym. 2003). Se voi myös vaikuttaa parantuneen SSC:n kautta siten, että eksentrisen vaiheen aikana varastoitu energia pystytään käyttämään hyödyksi

(Turner ym. 2003). Näiden mekanismien kautta plyometrinen harjoittelu voi parantaa taloudellisuutta niin, että lihaksilla pystytään tuottamaan suurempi voima energiankulutusta kuitenkin lisäämättä (Saunders ym. 2006).

9.4 Maksimivoimaa vai nopeusvoimaa?

Juoksun taloudellisuutta voidaan parantaa sekä maksimi- että nopeusvoimaharjoittelulla. Kehitystä on saatu aikaan hyvinkin erityyppisillä harjoituksilla ja erilaisista harjoitusärsykkeistä huolimatta. (Denadai ym. 2017.)

Bazylerin ym. (2015) katsauksen mukaan kuorman ollessa >70 % 1RM:sta harjoittelu johtaa parempaan taloudellisuuden kehitykseen kuin matalimmilla kuormilla harjoittelu. Hän viittaa esimerkiksi Sedanon ym. (2013) tutkimukseen, jossa hyvin harjoitelleet miesjuoksijat paransivat taloudellisuutta sekä yhdistetyn voima- ja plyometrisen harjoittelun ryhmässä (70 % 1RM) että kestovoimaryhmässä (40 % 1RM), mutta vain suuremman voiman ryhmä paransi myös 3 km:n juoksusuoritusta. Niin ikään Guglielmon ym. (2009) tutkimuksessa hyvin harjoitelleista juoksijoista vain maksimivoimaryhmä (kuormana keskimäärin kuuden toiston maksimi) paransi juoksun taloudellisuutta, kun nopeusvoimaryhmällä (kuormana keskimäärin 12 toiston maksimi) parannusta ei tullut.

Toisaalta kehitykseen johtanut harjoittelu on ollut useimmin matalatehoista (esim. 40–60 % 1RM) voimaharjoittelua yhdistettynä plyometriaan (Balsalobre-Fernández ym. 2016), ja kaikkien suurimmilla kuormilla (esim. 70–100 % 1RM) harjoittelusta tehtyä tutkimusta on vain vähän. Esimerkiksi Saundersin ym. (2006) tutkimuksessa keski- ja pitkänmatkan huippujuoksijat tekivät voimaharjoitukset 60 %:lla 1RM:sta ja plyometriaa kehon painolla kehittäen taloudellisuutta suurimmalla mitatulla nopeudella.

Huomionarvoista on, että henkilöillä, joilla ei ole voimaharjoittelutaustaa, harjoitusmuodolla ei ole niin suurta väliä, vaan kehitystä hermolihasjärjestelmän toiminnassa tapahtuu joka tapauksessa. Sen sijaan pitkän voimaharjoittelutaustan omaavilla tilanne on erilainen. Denadai ym.

(2017) arvelevat, että tällaisessa tapauksessa räjähtävän voiman harjoittelu (nopeusvoima) tai yhdistetty harjoittelu (voimaharjoitus ja hyppy) voisi olla hyödyllisempää. (Denadai ym. 2017.)

9.5 Juoksijan voimaharjoittelu: käytännön suosituksia

Voima- ja kestävyysharjoittelun vaikutusmekanismit ovat vastakkaiset, minkä vuoksi oikean voimaharjoittelumäärän löytäminen on tärkeää (Balsalobre-Fernández ym. 2016). Yksi voimaharjoitus viikossa näyttäisi olevan liian vähän lisäämään voimaa tai tehoa keski- ja pitkänmatkan juoksijoilla. Sen sijaan käytettäessä voimaharjoituksiin noin 30 % harjoittelun kokonaisuudesta saadaan aikaan kehitystä sekä lihaksen voima- ja teho-ominaisuuksissa että taloudellisuudessa. (Balsalobre-Fernández ym. 2016.)

Tavallisimmat juoksijoiden voimaharjoituksissa käyttämät liikkeet ovat useissa tutkimuksissa takakyökky tai jalkojen ojennukset yhdistettynä plyometriaan. Kehitykseen johtanut voimaharjoittelu on ollut usein melko matalatehoista (40–70% 1RM) ja volyymit pieniä tai keskikokoisia (2–4 harjoitetta, 30–200 hyppyä, 5–10 sprinttiä, kokonaiskesto 30–60min). Voimaharjoituksen suorittamista väsymykseen asti suorittamista ei suositella sen suuren metabolisen ja väsymysvaikutuksen vuoksi, joka saattaa johtaa lihassolujen muuttumiseen kohti I-tyypin hitaita soluja ja vähentää siten tehontuottoa. (Balsalobre-Fernández ym. 2016.)

Taloudellisuuden parantamiseksi tehty voimaharjoittelu voisi noudattaa seuraavaa kaavaa: 2–4 voimaharjoitetta (Balsalobre-Fernández ym. 2016; Vuorimaa 2016) 40–70 %:lla 1RM:sta (ei väsymykseen) yhdistettynä plyometriaan 2–3 kertaa viikossa (Balsalobre-Fernández ym. 2016), kun tarkoituksena on voiman kehitys; ylläpitoon riittää yksi kerta viikossa (Vuorimaa 2016; Beattie ym. 2017). Vuorimaan (2016) mukaan voimaharjoituksia lisäkuormalla tehdessä suositeltavampaa olisi tehdä harjoituksia mieluummin vähän kerrallaan ja usein. Suurempikin kuorma (esim. 85 % 1RM) voimaharjoituksissa voi olla perusteltu (Lum 2016; Vuorimaa 2016); plyometriassa vastukseksi riittää oma kehon paino (Lum 2016). Tällä kuormalla harjoitusvolyymi voisi olla 3–5 sarjaa ja 3–8 toistoa voimaharjoituksissa, 5–10 plyometriassa (Lum 2016.). Sarjojen välissä ja/tai harjoituksen lopussa nopeita liikkeitä, esimerkiksi hyppyjä, pienin

lisäpainoin tai ilman lisäpainoja kannattaa suosia (Vuorimaa 2016). Mikäli juoksija on voimaominaisuuksiltaan vahva, suurempaa huomiota kannattaa kiinnittää maksiminopeus- ja reaktiivisen voiman harjoittamiseen (Beattie ym. 2017). Kestävyys- ja voimaharjoittelun suhteeksi suositellaan 3:1 ja harjoitusjakson kestoksi 8–12 viikkoa (Balsalobre-Fernández ym. 2016). Mahdollisesti positiiviset tulokset tapahtuvat jo neljässä viikossa (Lum 2016), mutta suuremman hyödyn aikaansaamiseksi jatkuvampi harjoittelu on tarpeen (Denadai ym. 2017). Taulukkoon 3 on kuvattu esimerkki juoksijan voimaharjoittelusta harjoituskauden eri vaiheissa.

TAULUKKO 3. Esimerkki juoksijan voimaharjoituksista harjoituskaudella (HK) ja kilpailukaudella (KK). Harjoituskaudella voimaharjoituksia on viikossa kaksi, kilpailukaudella yksi. Mukailtu Beattie ym. (2017).

	HK 1	HK 2	KK
Reaktiivinen voima	Pohjehyppy 3 x 4 tai Pudotushyppy 3 x 4	Esikevennyshyppy 3 x 3	Pudotushyppy 3 x 5
Nopeusvoima	-	-	Kyykkyhyppy 20 % kuormalla 3 x 3
Maksimivoima	Takakyykky 3 x 8	Takakyykky 3 x 8	Takakyykky 1x5, 1x3, 1x2
Avustava liike	Maastaveto 2 x 10	Maastaveto 2 x 10	Maastaveto 3 x 5
Avustava liike	Bulgarialainen kyykky 3 x 10	Askelkyykky taakse 3 x 10	Yhden jalan kyykky 1 x 8

10 JUOKSIJAN KESTÄVYYSHARJOITTELU KÄYTÄNNÖSSÄ: PERINTEINEN NÄKEMYS

Aerobinen kestävyysharjoittelu voidaan jaotella perus-, vauhti- ja maksimikestävyysharjoitte- luun (Nummela & Häkkinen 2016, taulukko 4). Kestävyysharjoittelun harjoitusvaikutusta voi- daan muuttaa muuttamalla jotain seuraavista tekijöistä: harjoituksen teho, kesto ja tiheys (Num- mela & Häkkinen 2016).

TAULUKKO 4. Aerobisen kestävyysharjoittelun jaottelu. (Nummela & Häkkinen 2016.)

	Peruskestävyys	Vauhtikestävyys	Maksimikestävyys
Kesto	30–240 min	20–60 min	10–30 min
Intervallin pituus	-	5–20 min	3–10 min
Toistot (kpl) /palautus	-	1–10/1–2 min	1–10/1–5 min
Tehoalue (%VO ₂ max)	40-70 %	65-90 %	80-100 %
Veren laktaatti	< 2 mmol/l	2–5 mmol/l	5–10 mmol/l
Syke (l/min)	< 165	160–185	175-200
Aktiivinen lihassolutyyppi	I	I ja IIa	I, IIa ja IIb
Pääasiallinen harjoitusvaikutus	Aerobinen energiantuotto, rasva-aineenvaihdunta	Aerobinen energiantuotto, hiilihydraatti-aineenvaihdunta	Maksimaalinen hapenotto kyky, hiilihydraatti-aineenvaihdunta

10.1 Harjoitustyypit

Juoksuharjoittelu voidaan jakaa kahteen perusmenetelmään: tasavauhtiseen kestojuoksuun sekä intervallijuoksuun. Intervallijuoksu tarkoittaa pätkittyä juoksua, joka sisältää veto- ja palautusvaiheen (Vuorimaa 2016). Yleisesti tunnettuja kestävyysharjoittelun yhteydessä käytettyjä termejä ovat lisäksi vauhtileikittely (Vuorimaa 2016) ja LSD (long slow distance) (Bompa & Haff 2009, 301). Vauhtileikittelyssä eri vauhtia vaihdellaan tuntemusten mukaan (Bompa & Haff 2009, 305) ja LSD-harjoituksella tarkoitetaan pitkäkestoista hidasta tai kohtalaista juoksua (Bompa & Haff 2009, 301).

10.1.1 Kestojuoksu

Kestojuoksu voi olla eritehoista: puhutaan esimerkiksi TV (tasavauhtinen) -kevyestä, -reippaasta ja -kovasta. Kovalla TV-juoksulla (20–60 min) pyritään juoksemaan sen hetkistä kovinta tasaista juoksuvahtia ilman suurempaa happamuuden muodostumista. Mikäli tehoa vähennetään hieman, harjoituksesta tulee kevyempi mutta se kehittää kuitenkin vauhtikestävyyttä - tällaisia harjoituksia ohjelmaan voidaan ottaa TV-kovia enemmän. Pitkän kestojuoksun tavoitteena on kehittää peruskestävyyttä. (Vuorimaa 2016.)

10.1.2 Intervalliharjoittelu

Intervallijuoksun avulla pystytään harjoittelemaan vauhdeilla, joita ei pitkäjaksoisessa kestojuoksussa pystytä pitämään yllä. Intervalliharjoittelua käytetään peruskuntokaudella säilyttämään tuntuma kovavauhtiseen juoksuun, kilpailuun valmistavalla kaudella se toimii suorituskyvyn maksimointina. Vetojen kuormittavuus määräytyy toistojen pituuden ja määrän sekä palautuksen pituuden perusteella, ja on peruskuntokaudella vähemmän kuormittavaa kuin kilpailuun valmistavalla kaudella. (Vuorimaa 2016.)

Bompa ja Haff (2009, 302–5) jakavat intervallit aerobisiin ja anaerobisiin. Aerobisista määräintervalleista puhutaan, kun tarkoitetaan vauhdikasta mutta aerobista pätkittyä juoksua lyhyillä

palautuksilla (Vuorimaa 2016). Määräintervalleissa juostaan noin maksimaalisen hapenoton vauhdilla (3 000 m – 10 000 m kisavauhti) ja tauotetaan juoksu niin, että palautusten aikana happi- ja kreatiinifosfaattivarastot ehtivät osittain täydentyä. Palautukset ovat lyhyitä mutta riittäviä täydentämään kyseisiä varastoja siinä määrin, ettei anaerobista energiantuottoa juurikaan tarvita, eikä suoritusta häiritsevää happamuutta siten muodostu. (Vuorimaa 2016.) Esimerkkinä aerobisesta intervalliharjoituksesta on 8 x 5 min minuutin aktiivisilla palautuksilla (Bompa & Haff 2009, 302–3). Anaerobisissa intervaleissa vedot ovat lyhyitä (< 2 min) ja teho supramaksimaalinen. Anaerobinen intervalliharjoitus voi olla esimerkiksi 6 x 30 s minuutin palautuksilla; palautus voi olla myös huomattavasti pidempi. (Bompa & Haff 2009, 304–5.)

10.2 Peruskestävyys­harjoittelu

Peruskestävyys­harjoittelulla pyritään kehittämään lihasten hapenkäyttökykyä ja hapen saata­vuutta lihaksissa. Myös rasva-aineenvaihdunnan kehittäminen on yksi tavoite, johon PK-harjoittelulla pyritään. PK-harjoitukset voivat olla hyvinkin pitkiä harjoituksia, joissa aktiivisina ovat pääasiassa hitaat lihassolut. Peruskestävyys­harjoittelu voidaan jakaa vielä PK1- ja PK2-harjoitteluun: PK1 ovat palauttavalla teholla suoritettuja ja PK2 lähellä aerobista kynnystä. Peruskestävyys­harjoittelussa teho on 40–70 % VO₂max:sta, eikä laktaattipitoisuus saisi nousta yli perustason. (Nummela & Häkkinen 2016.)

10.3 Vauhtikestävyys­harjoittelu

Vauhtikestävyys­harjoittelu voidaan pk-harjoittelun tavoin jakaa kahteen osaan: VK1- ja VK2-harjoitteluun. VK1-harjoittelu käsittää alueen aerobisen kynnyksen alapuolelta vk-alueen puoleen väliin ja VK2-harjoittelu puolesta välistä hieman yli anaerobisen kynnyksen. VK-harjoitusten harjoitusvaikutus kohdistuu pitkälti samoihin asioihin kuin PK-harjoittelunkin. Erona on kuitenkin hiilihydraattien käyttö, joka on rasvoja suuremmassa roolissa. Lisäksi käytössä hitaiden lihassolujen lisäksi myös IIA-tyypin soluja. VK-harjoituksissa teho on noin 65–90% VO₂max:sta. Laktaatin tulisi tasaantua 2–4 mmol/l-tasolle. Harjoittelu voidaan toteuttaa

kesto- tai intervalliharjoitteluna. Yhtäjaksoisen harjoituksen kesto on 30–60 minuuttia; intervalliharjoituksessa toiston pituus voi olla esimerkiksi 5–20 minuuttia, toistoja voidaan tehdä 1–10 ja palautus on 1–2min. (Nummela & Häkkinen 2016.)

10.4 Maksimikestävyys harjoittelu

Maksimikestävyys harjoittelulla pyritään parantamaan maksimaalista hapenottoa ja hiilihydraattiaineenvaihduntaa eli harjoitusvaikutus on PK- ja VK-harjoitteluun verrattuna huomattavasti erilainen. Maksimikestävyys harjoituksissa teho on 80–100% VO₂max:sta. Harjoitus toteutetaan yleensä intervalliharjoituksena: näin teho pystytään pitämään yllä, eikä laktaattia ja happamuutta muodostu liikaa. Vedot ovat yleensä 3–6min, palautukset 3–4min ja vetojen kokonaismäärä 3–10. Tärkeää on pitää harjoitus kuitenkin siinä määrin matalana, ettei mennä liikaa anaerobisen harjoittelun puolelle. (Nummela & Häkkinen 2016.)

11 MÄÄRÄ VAI TEHO?

Harjoittelun määrä on kysymys, josta on kestävyysjuoksun keskuudessa keskusteltu vuosien ajan (Magness 2014, 125). 1950- ja 1960- lukujen taitteessa suuri kilometrimäärä oli harjoittelun ydin ja sadan mailin viikoista tuli normi (Lydiard 1998, Magnessin 2014 mukaan). Sama linja jatkui 1980-luvulle asti. Vähitellen harjoitusmääriä alettiin pudottaa keskisuuriin lukemiin tehon noustessa suurempaan rooliin (Coe&Martin 1997, Magnessin 2014 mukaan). Tässä liikuntatieteiden ja tutkimustiedon lisääntymisellä oli roolinsa (Magness 2014, 125).

Suomalainen kestävyysjuoksuvalmennus perustuu menetelmiin, joita on käytetty useiden vuosikymmenten ajan. Pitkien ja menestyksekkäidenkin perinteidensä vuoksi näitä metodeja on haastavaa lähteä kritisoimaan. Matalatehoisen määräharjoittelun uskotaan yleisesti olevan juoksuharjoittelun kulmakivi (Nummela & Häkkinen 2016). Esimerkiksi peruskuntokaudella määriä korostetaan perusteena usein "pohjien luominen" (Nummela & Häkkinen 2016). Näille perinteille harvoin löytyy kuitenkaan tarkkaa perustelua (Laursen 2010). Kuten Costill (1991) kumppaneineen toteaa, on vaikea ymmärtää, miten päivittäinen useiden tuntien harjoittelu selvästi kilpailunopeutta hitaammalla vauhdilla voi valmistaa urheilijaa kilpailun supramaksimaaliseen suoritukseen (Costill 1991, Laursenin 2010 mukaan). Kun hapenotto on saavuttanut arvon 60 ml/kg/min, kestävyysuoritusta ei voida enää parantaa kevytatehoisen harjoittelun määrää lisäämällä, vaan urheilija on saavuttanut tällä tavoin saavutettavissa olevat metaboliset muutokset (Londeree 1997, Laursenin & Jenkinsin 2002 mukaan). Harjoitelleilla kestävyysurheilijoilla kovatehoinen intervalliharjoittelu näyttäisikin olevan tapa, jolla suorituskykyä voidaan tästä eteenpäin nostaa (Laursen & Jenkins 2002).

Uuden tutkimustiedon perusteella aerobisen harjoittelun määrän vähentäminen ja korvaaminen kovempitehoisella harjoittelulla on tehokas tapa kestävyysuorituskyvyn parantamisessa (Laursen & Jenkins 2002; Esfarjani & Laursen 2007; Iaia ym. 2009; Bangsbo ym. 2009; Iaia & Bangsbo 2010; Vorup ym. 2016). Lihasten oksidatiivisen kapasiteetin, kapillarisaation (Iaia ym. 2009) ja hapenoton (Esfarjani & Laursen 2007) on todettu säilyvän samana kestävyyshar-

joitelleilla henkilöillä, kun aerobista harjoittelua on korvattu 30 sekunnin intervalliharjoittelulla. MacInnisin ja Gibalan (2016) mukaan mitokondrioiden määrää ja hapenottoa voidaan kovatehoisella intervalliharjoittelulla parantaa jopa paremmin kuin matalampitehoisella yhtäjaksoisella juoksulla. Vorupin ym. (2016) tutkimuksessa kestävyysjuoksijat paransivat maksimaalista aerobista nopeutta 0.6 km/h sekä väsytyksjuoksun aikaa 9 %, kun harjoittelu koostui kahdesta viikoittaisesta voima- ja kahdesta nopeuskestävyys harjoituksesta. Sen sijaan normaalia harjoitteluaan (45 km/viikko) jatkaneiden ryhmällä ei havaittu muutoksia (Vorup ym. 2016). Mekanismit HIIT-harjoittelun (high intensity interval training) taustalla eivät kuitenkaan ole vielä selvillä (Laursen 2010) ja risteäviä tuloksia syistä on esitetty, vaikkakin selvä suorituskyvyn paraneminen yleisesti tunnustetaan (Laursen & Jenkins 2002).

Kevyttehoinen harjoittelukaan ei kuitenkaan ole turhaa, ja tutkimuksia määräharjoittelun taustallekin löytyy (Laursen 2010). Yleinen siihen liitetty asia on palautuminen. Alle aerobisen kynnyksen juoksun on todettu palauttavan autonomista hermostoa tehokkaasti, kun taas kynnyksen yläpuolella tapahtuva juoksu hidastaa palautumista (Seiler ym. 2007). Myös tietynlaisesta hermolihasjärjestelmän totumisesta puhutaan (Laursen 2010). Teoriassa suuret harjoitusmäärät voisivat johtaa taloudellisuuden paranemiseen mekaanisen ja metabolisen tehokkuuden parantuessa toistuvan juoksun seurauksena (Magness 2014, 126). Huippujuoksijoiden harjoittelua tutkittaessa joka tapauksessa näyttää siltä, että jostakin – toistaiseksi ehkä tuntemattomasta – syystä huipulle pääsemiseksi vaaditaan suuri määrä harjoittelua (Tjelta 2019; Matomäki 2020).

Voi olla, että kestävyysjuoksun vaatimat muutokset saadaan aikaan usealla eri menetelmällä. Loppujen lopuksi solutason toiminnasta tiedetään vielä hyvin vähän. Korkea määräharjoittelu ja kovatehoinen harjoittelu saattavat vaikuttaa saman PGC-1alfa-tekijän (proteiini, joka toimii esimerkiksi energia-aineenvaihdunnan säätelyssä kautta aerobiseen suorituskykyyn (Laursen 2010). Määrä- ja tehoharjoittelu aktivoivat eri proteiinikinaaseja, joiden pääkohde on kuitenkin sama, PGC-1alfa, jonka ajatellaan vaikuttavan aerobisen lihaksen ominaisuuksiin kuten mitokondrioiden määrään, rasvan oksidointikykyyn ja glukoosin ottoon. (Laursen 2010.)

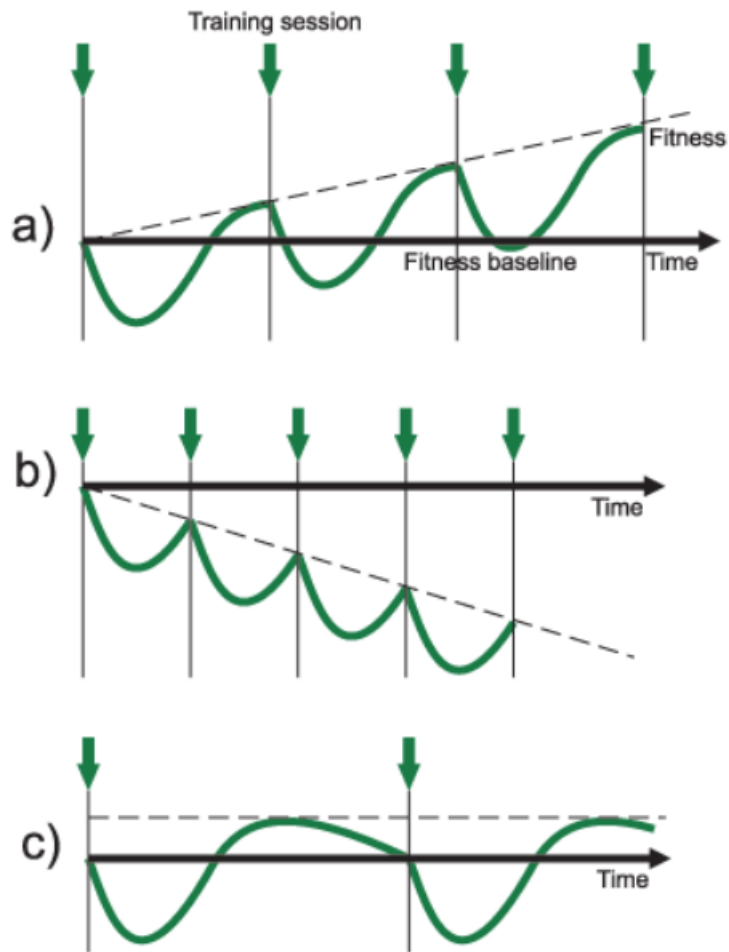
Edellä esitettyjen tulosten perusteella tulisi määrä- ja tehoharjoittelun todellista tarvetta ja sisällyttämistä harjoitusohjelmaan pohtia kriittisesti. Käytännön valmennuksen tuottaman kokemuksen ja perinteiden perusteella, joilla on väistämättä suuri rooli käytännön valmentamisessa, voidaan perinteisiä metodeja pitää tällä hetkellä yhtenä toimivana ratkaisuna. Valmentajan ja urheilijan tulisi kuitenkin urheilijan yksilöllisyys huomioon ottaen pyrkiä löytämään kyseiselle urheilijalle sopivin ja paras tapa kehittyä ja löytää mahdollisesti vaihtoehtoisia ratkaisuja sokean perinteisiin luottamisen sijaan.

12 VALMENNUKSEN OHJELMOINTI

Harjoittelun ohjelmointi, sen jaksotus ja pienempiin osiin pilkkominen on tärkeää, jotta harjoittelua on helpompi suunnitella ja jotta urheilijan suorituskykyiikki saadaan pääkilpailun kohdalle. Jaksotuksen avulla harjoittelu voidaan myös rakentaa siten, että haluttuja ominaisuuksia voidaan kehittää parhaalla mahdollisella tavalla. (Bompa & Haff 2009, 126.)

12.1 Superkompensaatioteoria

Vallalla oleva teoria harjoittelusta ja fyysisten ominaisuuksien kehittämisestä on superkompensaatioteoria. Superkompensaatiolla tarkoitetaan harjoittelun ja levon suhdetta, joka johtaa harjoitusmuutoksiin ja urheilijan kehittymiseen (Bompa & Haff 2009, 14–21). Välittömästi harjoituksen jälkeen urheilija kokee väsymyksen niin ääreis- ja keskushermostossa, lihaksistossa kuin energianlähteiden vähenemisen osalta. Harjoituksen päätyttyä alkaa palautumisvaihe, joka kestää 24–48 tuntia. Silloin muun muassa energiavarastot täyttyvät, hermosto palautuu, kuormituksen jälkeinen kohonnut hapenkulutus (EPOC) palautuu normaalitasolle ja proteiinisyntheseä tapahtuu. 36–72 tuntia harjoituksen jälkeen voimantuotto- ja lihasväsymys ovat kadonneet, urheilija on palautunut psykologisesti ja energiavarastot ovat täysin täyttyneet. Tämä on superkompensaatiovaihe: suorituskyky on aiempaa korkeammalla tasolla. Tällöin on optimaalinen aika toteuttaa seuraava harjoitus (kuva 10). Mikäli urheilija ei tee tällöin harjoitusta, edellisen harjoituksen fysiologiset hyödyt ikään kuin katoavat, eikä harjoittelu ole kehittävintä. Liian harvoin toteutettu harjoitus ei siten johda parhaimpiin tuloksiin. Vastaavasti kovatehoisen harjoituksen toistuessa liian usein keho ei ehdi palautua riittävästi ja urheilija voi uupua ja joutua ylikuntoon. (Bompa & Haff 2009, 14–21.)



KUVA 10. Harjoitusten toteuttaminen a) sopivin väliajoin b) liian usein c) liian harvoin. (Heatrick 2017.)

12.2 Vuosisuunnitelma

Urheilijan harjoitusvuosi jaetaan yleensä harjoituskauteen, kilpailukauteen ja siirtymäkauteen. Harjoituskauden aikana suorituskykyä rakennetaan, kilpailukaudella suorituskyky maksimoidaan, ja siirtymäkaudella tarkoitus on palautua ja valmistautua uuteen alkavaan kauteen. Harjoitus- ja kilpailukausi voidaan jakaa edelleen alaosiin. Yleisen harjoituskauden aikana tarkoitus on kehittää pohjaa, ja lajispesifimmän harjoituskauden aikana harjoittelu keskittyy lajille ominaisten ominaisuuksien kehitykseen. Kilpailukausi jaetaan kilpailuun valmistavaan kauteen

ja kilpailukauteen. (Bompa & Haff 2009, 126–8.) Suomalaisessa kestävyysvalmennuksessa puhutaan peruskuntokaudesta, kilpailuin valmistavasta kaudesta ja kilpailukaudesta (Vuorimaa 2016). Vuosisuunnitelman jokainen osa jaetaan pienempiin osiin: makrosykleihin ja mikrosykleihin (Bompa & Haff 2009, 127).

Lajeissa, joissa on kaksi erillistä kilpailukautta (esim. ratajuoksijoilla hallikausi ja ulkorata-kausi), vuosisuunnitelma täytyy suunnitella sen mukaisesti kahdeksi erilliseksi harjoitus-, kilpailu- ja siirtymäkauden sisältäväksi osaksi. Eri osaset ovat näissä kahdessa osassa samanlaisia; erona on pidempi ensimmäinen harjoituskausi ja ensimmäisen kilpailukauden heikompi ”valmiustaso”. (Bompa & Haff 2009, 132–3.) Ratajuoksijoilla kesän ulkoratakausi onkin usein hallikautta huomattavasti tärkeämpi, minkä vuoksi siihen kiinnitetään harjoittelun suunnittelussakin enemmän huomiota.

Kestävyyslajeille vuosisuunnitelman yleinen rakenne on sellainen, että harjoituskauden edessä määrä ja teho kasvavat, kunnes kilpailukauden lähestyessä määrää aletaan vähentämään tehon edelleen kasvaessa. Muista lajeista poiketen kestävyyslajeille tyypillistä on korkea määrän säilytys myös läpi koko kilpailukauden. (Bompa & Haff 2009, 131.)

12.3 Viikkosuunnitelma

Mikrosyklillä tarkoitetaan 3–7 päivän mittaista harjoitusjaksoa (Bompa & Haff 2009, 203); usein kyseessä on käytännössä viikko. Mikrosyklin on tärkeä työkalu, sillä sen rakenne ja sisältö määrittävät sen, miten kehittävää harjoittelua on (Bompa & Haff 2009, 203).

Jokainen harjoitus voidaan luokitella tehon perusteella jonnekin palautuksen ja maksimitehosen harjoituksen välille. Eri tehoisten harjoitusten vuorottelu mikrosyklin sisällä on ensisijaisen tärkeää ylikuormittumisen ehkäisemiseksi. Yleensä mikrosykliin sisällytetään yksi tai kaksi kovempaa harjoituspäivää. Ohjelmassa tulisi olla kerran viikossa voimaa, liikkuvuutta ja nopeutta ylläpitävä harjoitus. Mikrosyklin täytyy olla luonteeltaan joustava: sen täytyy reagoida juoksijan levon tarpeeseen ja harjoitustilaan. (Bompa & Haff 2009, 203–34.)

Mikrosyklin rakenne riippuu syklin tavoitteista. Mikrosykli voi olla kehittävä, jolloin kovempia harjoituksia on 2–3 kertaa syklin aikana. Shokkimikrosyklissä elimistöä järkytetään suuremmalla määrällä kovia harjoituksia, jolloin suorituskyky nousee tehokkaasti. Palauttavan mikrosyklin tarkoitus on poistaa väsymystä ja sitä kautta parantaa suorituskykyä. ”Piikkaussyklin” aikana väsymystä suorituskyky viritetään huippuunsa. (Bompa & Haff 2009, 203–34.)

Makrosykli tarkoittaa 2–7 viikon mittaista harjoitusjaksoa (Bompa & Haff 2009, 229). Hyvin yleinen makrosyklien rytmitys on 3:1: kolmea kuormitukseltaan progressiivisesti nousevaa ja väsymystä kasvattavaa harjoitusviikkoa seuraa yksi kevyempi viikko, jolloin väsymystasokin laskee (Bompa & Haff 2009, 47-8).

12.4 Voima- ja kestävyysharjoittelun jaksotus juoksijalle

Kestävyys- ja voimaharjoittelu voidaan yhdistää juoksijan ohjelmaan koko kaudeksi. Kraemerin ja Häkkisen (2002, 95) mallissa vuosi on jaettu neljään 3 kk:n jaksoon (taulukko 5). Alkuperäisessä mallissa puhutaan englanniksi jaksoista ”endurance”, ”power”, ”competition” ja ”rest” (Kraemer & Häkkinen 2002, 95), mutta asian selkiyttämiseksi voidaan puhua myös perinteisesti peruskuntokaudesta, kilpailuun valmistavasta kaudesta, kilpailukaudesta ja ylimenokaudesta. Sekä kestävyys- ja voimaharjoittelu kulkevat koko kauden ajan ohjelmassa mukana.

Peruskuntokauden aikana määrää ja tehoa lisätään hiljalleen kilpailuun valmistavaa kautta varten (Kraemer & Häkkinen 2002, 92–5). Kilpailuun valmistavan kauden määrän vähennys ja tehon lisäys valmistavat urheilijaa kilpailukautta varten. Ylimenokausi on aktiivisen palautumisen jakso, jolloin urheilija on aktiivinen, mutta tekee harjoitukset löysemmin. Palautusjakso on huippu-urheilijoille huomattavasti aloittelijoita lyhyempi. (Kraemer & Häkkinen 2002, 92–5.)

Nummela ja Häkkinen (2016) suosittelivat, että voimaharjoittelujakso sijoitettaisiin PK-kauden alkupuolelle, jolloin kestävyysharjoittelun määrä on vielä suhteellisen matala. Heidän mukaansa ensin täytyy hankkia riittävä maksimivoimataso, 8–12 viikon jaksolla, ja sen jälkeen pitää saatua tasoa yllä. Maksimivoimaa voidaan hyödyntää nopeusvoima- ja nopeustyyppisessä harjoittelussa. KVK:n kovatehoinen kestävyysharjoittelu ei sovi yhtä hyvin yhteen maksimivoimaharjoittelun kanssa. (Nummela & Häkkinen 2016.)

TAULUKKO 5. Karkea kestävyys- ja voimaharjoittelun yhdistävä jaksotus juoksijalle. (Mukailtu Kraemer & Häkkinen 2002, 95.)

	Peruskuntokausi	Kilpailuun valmistava kausi	Kilpailukausi	Ylimenokausi
Juoksu	Määrän lisäys Toisella puolikkaalla mäkiharjoitukset	Kynnysjuoksu Intervallit	Kilpailu	Matalatehoinen
Voima	2–3 sarjaa tehoa kasvattaen Suurin määrä	Plyometria 2–3 sarjaa Korkein teho Matala määrä	Voiman ja teho säilytys Vammojen ehkäisy	Yksi sarja Matala teho Pieni määrä

12.5 Peruskuntokausi

Pääasiallinen tavoite peruskuntokaudella (PK-kausi) on peruskestävyyden kehittäminen ja pohjan luominen (Nummela & Häkkinen 2016). Tarkoitus on nostaa harjoitusmäärä asteittain niin, että se on kauden lopussa suurimmillaan (Nummela & Häkkinen 2016). Yhden pääkilpailun mallissa PK1-kauden pituus on 8–12 viikkoa ja PK2-kauden pituus saman verran (Nummela & Häkkinen 2016). Peruskuntokaudella harjoittelu on monipuolista, ja pyramidimallin eri osat erottuvat toisistaan selkeästi (Vuorimaa 2016). Pyramidimallilla tarkoitetaan ohjelmoin-

tia, jossa pohja koostuu matkavauhtisesta harjoittelusta ja kapeneva huippu yli- ja alimatkaharjoittelusta. Kilpailukautta lähestyttäessä harjoittelu keskittyy yhä enemmän päämatkan vaatimiin ominaisuuksiin, jolloin eri harjoitustyypit alkavat muistuttaa toisiaan. (Vuorimaa 2016.)

Peruskuntokaudella matkavauhtinen harjoittelu on helppoa koostuen lyhyemmistä (100–200 m) toistoista. Ylimatkaharjoittelu eli kilpailusuoritusta hiljaisemmalla vauhdilla suoritettut harjoitukset aloitetaan peruskuntokaudella esimerkiksi TV-reippailla ja -kovilla juoksuilla (esim. 10 km maratonvauhdilla) tai pitkillä toistoilla. (Vuorimaa 2016.) Tällainen VK-harjoitus toteutetaan yleensä 1–2 kertaa viikossa. Pyrkimyksenä on kasvattaa harjoitusten tehoa VK1:sta kauden loppua kohti VK2:a. (Nummela & Häkkinen 2016.) Peruskuntokaudella alimatkaharjoittelu eli kilpailusuoritusta kovemmalla vauhdilla tehty harjoittelu voi olla tekniikka- ja koordinaatiopainotteisempaa tai nopeusharjoittelua (Vuorimaa 2016). Peruskuntokaudella käytetään yleensä viikkorytmitystä 3:1 tai 2:1. Kevyellä viikolla määrä on 60–80 % kovien viikkojen määristä. Päivärytmyksen tulisi olla sellainen, että palautumiseen on aikaa, mutta että saavutetaan optimaalinen harjoitusvaikutus. (Nummela & Häkkinen 2016.)

12.6 Kilpailuun valmistava kausi

Kilpailuun valmistavan kauden (KVK) pituus on yleensä 6–10 viikkoa. Pyrkimyksenä on kehittää enenevässä määrin kilpailuissa tarvittavia ominaisuuksia: maksimikestävyttä, anaerobista kynnystä ja taloudellisuutta kilpailuvauhdilla. Maksimikestävyden kehitys on tällöin suuressa roolissa. PK-harjoittelun määrää lasketaan 10–20 % harjoittelun kuormittavuuden kasvun vuoksi. Myös viikkorytmitys kilpailukaudella muutetaan usein 2:1-rytmiin samaisesta syystä. (Nummela & Häkkinen 2016.)

Kilpailukautta kohti lähestyttäessä matkavauhtisten toistojen pituus kasvaa vähitellen (Vuorimaa 2016). Kilpailuun valmistavalla kaudella ylimatkaharjoitusten vauhti lähenee kilpailuvauhtia (Vuorimaa 2016). MK-harjoitusten tehon pitäisi kauden edetessä nousta (Nummela & Häkkinen 2016). Alimatkaharjoittelussa vaatavuus lisääntyy (Vuorimaa 2016).

12.7 Kilpailukausi

Kilpailukaudella (KK) suorituskyky pyritään maksimoimaan keventämällä harjoittelua, siirtymällä matalatehoisesta kovaan harjoitteluun ja lisäämällä hermolihasjärjestelmän suorituskykyä kehittävää harjoittelua. Kovatehoiset harjoitukset tehdään pääosin kilpailuvauhdeilla sekä yli- ja alimatkavauhdeilla intervalliharjoituksina. Kilpailukaudella pyramidimallin eri harjoitustyypit muistuttavatkin toisiaan (Vuorimaa 2016). Harjoitusmäärää pienennetään 10–20 % KVK:sta. Kilpailukaudella voima- ja nopeusominaisuuksiin keskitytään lajinomaisesti. Ennen pääkilpailua edeltävä viikko pidetään matalatehoisena. Viimeinen kova harjoitus tehdään 4–5 päivää ennen kilpailua; ainoastaan hermolihasjärjestelmää ja maksimiaineenvaihduntaa herättelevät vedot tehdään lähempänä kilpailua. (Nummela & Häkkinen 2016.)

13 URHEILIJAESIMERKKI

Tämä luku käsittelee kuvitteellista urheilijaa ja tämän harjoittelua. Luvun tekemisessä suurena apuna toimi liikuntatieteiden maisteri Pekka Matomäki.

13.1 Urheilijan kuvaus

Tässä urheilijaesimerkkinä toimii kuvitteellinen 22-vuotias naisjuoksija. Hänen päämatkanaan on 5 000 m. Juoksua hän on harrastanut aktiivisesti seitsemän vuotta ja ollut tätä kauemmin mukana ohjatussa lasten yleisurheilutoiminnassa. Esimerkkiurheilijamme on luontaisesti aktiivinen ja liikunnallinen persoona, jolla on samaan aikaan useita asioita meneillään. Hän opiskelee kauppakorkeakoulussa, tekee viikonloppuisin myyntityötä sekä käy vetämässä jumppia. Kiireisestä elämäntyylistään huolimatta hän ei stressaa asioista, mikä onkin urheilijalle hyvä ominaisuus. Toisaalta hänelle on ominaista myös tietynlainen yliaktiivisuus ja vaikeus levätä, mikä taas on haasteena palautumiselle.

Esimerkkiurheilijamme juoksee kansallisella tasolla. Taulukkoon 6 on kirjattu hänen antropometrisia tietojaan, kisaennätyksiään sekä testituloksiaan kestävyys-, voima- ja nopeusominaisuuksista. Vahvuutena juoksijalla ovat nopeus, taloudellisuus, anaerobinen kynnys sekä loppukiri. Heikkouksiin kuuluvat voima, helposti ärtyvä akillesjänne, hidas palautuminen sekä toisiinsa vaikeudet löytää kuntohuippu. Urheilija on tekniikka-analyysin perusteella juoksu-tyypiltään vahvasti ns. ilmajuoksija. Ilmajuoksijan juokсутekniikalle tyypillistä on kehon painopisteen alapuolelle tuleva päkiäaskel, askelkontaktin aikana ylhäällä oleva lantio, suuri vertikaalisuuntainen liike sekä kyynärpäpäpaineinen käsien liike (Gindre ym. 2016). Tavoitteena urheilijalla on palkintopallisija alle 22-vuotiaiden SM-kilpailuissa.

TAULUKKO 6. Esimerkkiurheilijan antropometrisia tietoja, kisaennätyksiä sekä kestävyys-, voima- ja nopeustestien tuloksia.

Ominaisuus	Tulos
Paino	53 kg
Pituus	159 cm
Rasvaprosentti	15 %
1 500 m	4:30
5 000 m	17:31
10 000 m	37:02
Vauhditon pituus	220 cm
Kyykky 1RM (90°)	70 kg
60 m	8,4 s
VO ₂ max	58 ml/kg/min
AnK	87 % VO ₂ max, 50,5 ml/kg/min, 15,3 km/h

13.2 Kauden kuvaus

Urheilijalle harjoittelua tulee vuositasolla noin 500 tuntia, josta voimaharjoittelua 100 tuntia. Periodisaatiomalli on perinteinen. Tällä kertaa urheilijamme kausi käynnistyy poikkeuksellisesti vasta marraskuussa valmentajavaihdoksen sekä henkilökohtaisten syiden vuoksi.

PK-kaudet I ja II (10 + 10 viikkoa). Voimaharjoittelu on PKI-kauden ensimmäisten parin viikon aikana ”höntsäpainoilua” ja tekniikoiden kertaamista. Seuraavat 8 viikkoa kehitetään ns.

perusvoimaa eli tehdään hypertrofista voimaharjoittelua kaksi kertaa viikossa 3 x 8–12 -sarjoilla, noin 60–80 % kuormilla ja minuutin palautuksilla. Kun voiman kasvua tapahtuu ja urheilija jaksaa tehdä enemmän kuin 12 toistoa, kuormaa lisätään 10 %. PKII-kaudella siirrytään hypertrofisesta harjoittelusta maksimivoimaharjoitteluun siten, että alussa tehdään sarjoja mallilla 3 x 6 ja myöhemmin 3 x 2, kuormana noin 85–95 % maksimista. Liikkeinä PK-kausien voimaharjoittelussa ovat jalkaprässi, josta siirrytään kyykkyyhyn, yhden jalan kyykky, yhden jalan pohjenousu ja -lasku, penkillenousu, maastaveto, rinnallevedon harjoittelu (ei niin tuttu liike) sekä pari vaihtuvaa hauskaa ja omavalintaista liikettä. Keskivartalo työskentelee jokaisessa liikkeessä, mutta sitä tehdään myös erillisenä iltajumppana. PK-kausilla erityistä huomiota kiinnitetään akillesjänteen voiman ja liikkuvuuden harjoittamiseen, sillä se on urheilijamme heikko ja helposti ärtyvä kohta.

Juoksuharjoittelussa PK-kausilla painotetaan pk-lenkkejä sekä ylläpidetään ja kehitetään vk-vauhteja. Urheilijallemme kehittäväksi ja luontaiseksi on todettu intervallityyppinen harjoittelu, ja usein hän käyttää tätä harjoitusmuotoa myös pk- ja vk-harjoittelussa.

KVK-kaudet I ja II (7 + 5 viikkoa). Kilpailuun valmistavalla I-kaudella voimaharjoittelun keskiössä on nopeusvoima, jota tehdään 3 x 6 -sarjoilla kaksi kertaa viikossa. Kuormana on oman kehon paino tai kevyt lisäkuorma ja palautukset ovat pitkiä 3–4 minuutin palautuksia. KVKI-kauden voimaharjoitteluliikkeitä ovat kyykkyhyppy lisäpainolla, nopea rinnalleveto, boxihyppysarja kahdella ja yhdellä jalalla, pudotushyppy 40 cm sekä kuntopallon potku seinään lonkankoukistajalla. II-kaudella voimaharjoittelu on ylläpitävää: 2 x 5 toistoa, 80–85 % maksimista, palautus 2 minuuttia, kerran viikossa (Rønnestad ym. 2010). Harjoittelu on tällöin siis määrällisesti vähäisempää, mutta kuorma on suuri. Liikkeinä ovat kyykky, yhden jalan kyykky, maastaveto ja pohjenousu ja -lasku.

Juoksuharjoittelun osalta kilpailuun valmistavilla kausilla vauhdit kasvavat ja pyritään kehittämään VO₂max:ia. Nopeana juoksijatyyppinä vedot ovat lyhyempiä, 500–1 000 m mittaisia.

Kilpailukausi (14 viikkoa). Voimaharjoittelu on kilpailukaudella ylläpitävää harjoittelua ja etenee samalla mallilla, kuin KVKII-kaudella: 2 x 5 sarjoja, 80–85 % kuormalla maksimista, 2 minuutin palautuksilla ja yhden kerran viikossa. Juoksun osalta kilpaillaan kovaa.

Testaus. Urheilijalle suoritetaan suora maksimaalisen hapenottokyvyn testi PKI-kauden alussa sekä ennen kilpailukautta. Kenttätesteinä tehdään voiman osalta 1RM jalkaprässissä ja 5-loikka ennen ja jälkeen voimajaksojen, sekä testataan myös nopeutta 20 m lentävällä. Voiman kehittymistä seurataan myös jatkuvasti harjoitusten yhteydessä. Kestävyyden kenttätestinä toimii tonnitesti, jossa mitataan laktaatteja, ja tämä testi toteutetaan noin kerran kuukaudessa.

13.3 Harjoituskauden esimerkkiviikko ja -päivä

Taulukossa 7 oleva harjoitusviikon esimerkki on PKII-kauden viikolta 8. Taulukossa 8 on kuvattu urheilijamme tiistaipäivä samalta viikolta.

TAULUKKO 7. Urheilijan PKII-kauden harjoitusviikko 8.

Ma	Pk-treeniä, illalla keskivartalojumppaa
Ti	Ap: maksimivoima, esim. kyykyssä 2 x 3 x 90 % + 1 x 5 kevyellä lisäkuormalla nopeusvoimatyypisesti Ip: pk-intervalli 45 min
Ke	Jumppahommia
To	Ap: maksimivoima kuten tiistaina Ip: pk-intervalli 45 min
Pe	Pk-treeniä, illalla keskivartalojumppaa
La	Ylläpitävä vk: pyramidiharjoitus 2 km, 1,5 km, 1 km, 600 m, 400 m, 200 m, 100 m kiihtyvillä vauheilla, palautukset lyhyehköt ja vetojen mukaan
Su	Pitkä lenkki, pyörällä 35 min + juosten 90 min + pyörällä 35 min, illalla keskivartalojumppaa

TAULUKKO 8. Urheilijan PKII-kauden kahdeksannen harjoitusviikon tiistaipäivä.

6:30	Herätys Aamiainen: puuro + hedelmiä + pähkinöitä, kahvia Kouluhommien tekoa
8:30	Salilla maksimivoimatreeni Palautuksena omatekoinen proteiinipitoinen juoma
10:00–15:00	Luento ja kouluhommia 10:45 lounas opiskelijaruokalassa
15:00–16:30	Välipala: täytetty ruisleipä, hedelmä, jogurtti, kahvi Ainejärjestökokous
17:15	Pienet päiväunet kotona
18:00	Juoksutreeni + samoilla vauhdeilla jumppaa pitämään
19:00–20:00	Jumpan veto, ennen tätä pieni välipala
20:30	Kotona
21:00	Myöhäinen päivällinen: uunijuurekset, spagetti, broilerifilee, salaatti, hedelmärahka ja suklaata jälkkäriksi Somettamista, ystävyysuhteiden ylläpitoa, kouluhommien vilkuilua, rentoutumista
22:30	Nukkumaan

13.4 Kilpailukauden esimerkkiviikko ja -päivä

Taulukossa 9 on esimerkkiviikko kilpailukauden SM-kisaviikolta heinäkuun loppupuolelta. Taulukkoon 10 on kuvattu kilpailupäivän ja sitä seuraavan kolmen vuorokauden kulku.

TAULUKKO 9. Kilpailukauden esimerkkiviikko.

Ma	Kisavauhtinen juoksutreeni: 5 x 400 m / 3–5 min
Ti	Ylläpitävä voima, kevyttä juoksua fiiliksen mukaan
Ke	Kisavauhtinen juoksutreeni: 2 x 400 m + 2 x 200 m /3–5 min
To	Lepo
Pe	Herkistelevät, avaavat vedot 4 x 200 m hieman yli kisavauhdin / 3–5 min
La	Pääkisa 5 000 m
Su	Palauttelua ”höntsäten”

TAULUKKO 10. Kilpailupäivän (lauantai) kulku ja sitä seuraavien kolmen vuorokauden kuvaus.

7:30	Herätys majoituspaikassa Aamiainen: puuro + hedelmät + rahka, kahvia Seurustelua seuran joukkuekavereiden kanssa
9:00	Aamuherkistely: 15 min pk + 2 x 100 m kiihdytyksiä Kisapaikalla fiilistely
11:30	Lounas + kahvi Muiden kisasuoritusten seuraaminen
13:40	Välipala: täytetty leipä, hedelmä, kahvi Majoituspaikkaan lepäämään
15:45	Välipala: täytetty leipä, hedelmä, kahvi
16:00	Kisapaikalla ja osanoton varmistus
16:30	Lämmittelyn aloittaminen

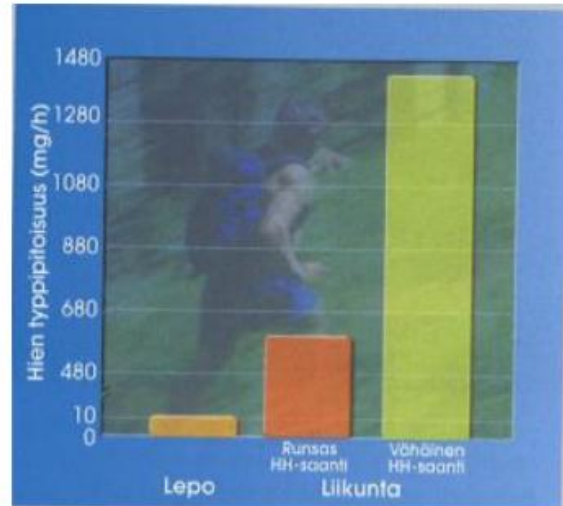
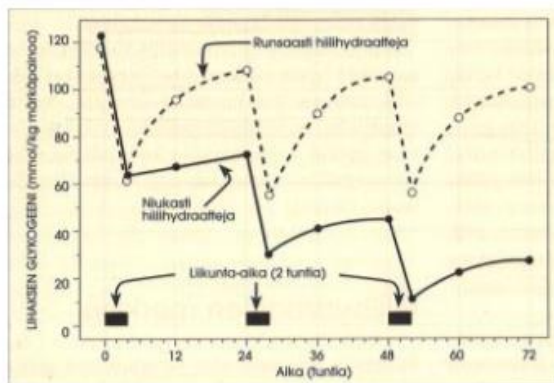
17:20	Calling room
17:40	Kilpailun lähtö
17:56:58	Kisa ohi, ennätysparannus ja toinen sija
18:00	Loppuverryttelyä Palauttavaa välipalaa, pesu ja vaatteiden vaihto
19:00	Palkintojenjako Kisojen seuraamista
20:00	Päivällinen Kisan läpikäyntiä, seurustelua
22:00	Pientä iltapalaa, seurustelua
23:30	Nukkumaan
Kilpailua seuraavat kolme vuorokautta	Kilpailua seuraavana päivänä, sunnuntaina, kisojen seuraamista kisapaikalla, palauttavaa hölköttelyä ja matkustus kotiin. Fyysistä ja psyykkistä palauttelua käymällä kisaa läpi, viettämällä aikaa kavereiden kanssa ja höntsäilemällä mieluisan lajin parissa. Maanantaina tutulla hierojalla käynti. Tiistaina palataan varovaisesti harjoittelun pariin ottaen huomioon edellisen päivän hieronta.

14 JUOKSIJAN RAVITSEMUS

Tämä luku perustuu kestävyysjuoksijan ravitsemuksesta aikaisemmin tehtyyn ja julkaisemattomaan seminaarityöhön: Kestävyysjuoksijan ravintoseuranta (Matomäki & Pirkola 2016).

14.1 Kestävyysjuoksu ja hiilihydraatit

Lihasten glykogeenivarastot ovat merkittävä energianlähde sekä kovatehoisissa lyhyissä että pitkissä kohtuutehoisissa suorituksissa (Marniemi & Ilander 2008). Kehon hiilihydraattivarastot ovat pienet, ja varastot voivat tyhjentyä kokonaan jo yhden riittävän pitkän tai kovatehoisen harjoituksen seurauksena (Ilander 2008d). Tyhjentyneiden glykogeenivarastojen täydentäminen kestää ainakin vuorokauden verran (Ilander 2008d). Niinpä kestävyysurheilijoilla on suuri tarve glykogeenivarastoja täydentäville hiilihydraateille. Päivittäinen kehittävä harjoittelu on mahdollista vain siinä tapauksessa, että glykogeenivarastot täydennetään ennen seuraavaa harjoitusta (Ilander 2008d), mikä onnistuu runsashiilihydraattisen ruokavalion avulla (Burke ym. 2011). Vajalla varastoilla harjoittelu heikentää sekä anaerobista (Rockwell ym. 2003) että aerobista (Ivy 2001) suorituskykyä (kuva 11a), lisää harjoittelun stressivaikutusta ja heikentää immuunipuolustusta (Gleeson ym. 2004). Lisäksi riittävä hiilihydraatin saanti on oleellista myös lihasproteiinin säilymisen kannalta (Ilander 2008d, kuva 11b).



KUVA 11. Hiilihydraatin merkitys kestävyysjuoksijalla. (a) Hiilihydraatin nauttimisen vaikutus glykogeeninvarastoon: liian vähäinen määrä hidastaa palautumista seuraavan harjoitukseen (Ilander 2008d, muokattu Costill & Miller 1980) (b) Hiilihydraatin määrän vaikutus proteiinitasapainoon: vähäinen saanti aiheuttaa ylimääräistä proteiinien kulutusta energiaksi, mikä näkyy hien typpipitoisuuden kasvuna (Ilander 2008d, muokattu McArdle ym. 2001).

Peruskuntokaudella, jolloin harjoittelumäärät ovat suuria ja tehot pääosin pieniä ja pääpaino on aerobisen kestävyuden kehittämisessä, energiansaannin tulisi harjoittelun tukemiseksi olla korkeimmillaan (Stellingwerff ym. 2011). Hiilihydraattien täsmälliset saantisuositukset vaihtelevat jonkin verran. Burken ym. (2011) mukaan noin tunnin päivässä harjoittelevien tulisi saada hiilihydraatteja vuorokaudessa 5–7 g/kg, kun taas Ilander (2008d) suosittelee päivittäin harjoitteleville hiilihydraattia 7–8 g vuorokaudessa. Kun harjoittelumäärä on kovempi, yhdestä kolmeen tuntia päivässä, myös hiilihydraattien tarve kasvaa ollen noin 6–10 g/kg/vrk (Burke ym. 2011). Joidenkin lähteiden mukaan päivittäiseksi hiilihydraattien saantimääräksi keskimatkojen juoksijoille suositellaan 6–12 g/kg (Stellingwerff ym. 2011). Suositus riippuu päivittäisestä harjoittelumäärästä ja -tehosta, ja naisille voidaan soveltaa kyseisen suosituksen alimpia lukemia (Stellingwerff ym. 2011). Tiivistetysti hiilihydraattien saantisuositukset kestävyysurheilijoille ja keskimatkojen juoksijoille asettuvat näin ollen välille 5–12 g/kg/vrk.

14.2 Kestävyysjuoksu ja proteiinit ja rasvat

Proteiini toimii elimistön rakennusaineena, josta tehdään esimerkiksi lihaksia, kuljetusaineita, hormoneja, entsyymejä, hemoglobiinia. Pitkäkestoisten tai kovatehoisten harjoitusten aiheuttama soluvaurioiden korjaaminen nostaa kestävyyspainotteisten lajien urheilijoilla proteiinin tarvetta (Ilander 2008d). Proteiinin osuus energiantuotannossa on usein pieni (16 %, ks. (Heikura, 2012, 66)), mutta harjoituksen tehon noustessa myös proteiinin käyttö energiaksi lisääntyy (Ilander 2008d). Kestävyysurheilijoilla myös esimerkiksi uuden hemoglobiinin rakentaminen vaatii ylimääräistä proteiinia (Ilander 2008d). Runsaasti kovatehoista urheilua harrastavien proteiinitarve onkin suurentunut. Suositukset kestävyyslajien harrastajien päivittäiselle proteiinitarpeelle vaihtelee hieman tutkimuksittain: Esimerkiksi Ilander (2008d) suosittelee 1,6–2,0 g/kg/vrk, kun taas Stellingwerff ym. (2011) suosittelevat 1,5–1,7 g/kg/vrk.

Riittävän rasvan saannin on näytetty parantavan tiettyjen anabolisten hormonien, kuten kasvuhormonin ja testosteronin, erittymistä. Lisäksi rasva on olennainen rasvaliukoisten vitamiinien (A, D, E, K) imeytymisessä. Siitä huolimatta useat kestävyysurheilijat välttelevät rasvan käyttöä peläten sen antavan ylenmäärin rasvakudosta (vrt. (Heikura 2012, 65)). Suositukset kestävyysurheilijan rasvansaannista vaihtelevat, mutta ovat samansuuntaisia kuin tavallisille kansalaisille suunnatut suositukset. Stellingwerff ym. (2011) suosittelevat kestävyysurheilijoille 1,52 g/kg/vrk, ja Ilander (2008d) 12 g/kg/vrk. Näitä pienempi rasvansaanti saattaa heikentää suoritusta yllämainituista syistä.

14.3 Kestävyysjuoksu ja mikroravintoaineet

Vitamiineja ja kivennäisaineita kutsutaan mikroravintoaineiksi (Ilander ym. 2014). Kova harjoittelu suurentaa mikroravintoaineiden tarvetta, ja urheilijoiden saantitavoite kannattaakin asettaa hieman suuremmaksi kuin normaaliväestön. Urheilijat syövät määrällisesti paljon, jolloin myös mikroravintoaineiden saanti on yleensä riittävää. Lievä puutostila on vakavaa puu-

tosta yleisempi ja se on vaikea havaita. Lievä puutos ei vaikuta välttämättä suoraan suorituskykyyn, mutta voi vaikuttaa pitkällä tähtäimellä palautumiseen ja terveyteen ja tämän myötä myös suoritukseen. (Ilander ym. 2014.)

Urheilijalle tärkeitä vitamiineja ovat ainakin antioksidanttipuolustuksessa toimiva E-vitamiini, immuunivasteen säätelijänä ja antioksidanttina toimiva C-vitamiini sekä energia- ja proteiiniaineenvaihdunnassa toimiva B-vitamiini. Yleisesti ottaen näitä kaikkia vitamiineja saadaan tarpeeksi paljon riittävän suuresta määrästä monipuolista ruokaa, eikä lisien käytöstä ole normaalitilanteessa hyötyä. (Ilander ym. 2014.) D-vitamiinilisän käyttöä sen sijaan suositellaan urheilijoille, jotka käyttävät vähän kalaa ja D-vitamiinilla täydennettyjä tuotteita sekä hoikille, syömistä rajoitettaville naisurheilijoille rasitusmurtumariskin vuoksi (Laaksonen 2014a). D-vitamiinitaso kannattaa mitata, eikä sen saantia pidä liitoitella (Laaksonen 2014a). Kivennäisaineista vähän maitovalmisteita käyttävien sekä määrällisesti vähän syövien urheilijoiden kannattaa tarvittaessa täydentää ruokavaliotaan kalsiumilla. (Laaksonen 2014b.) Yleisin ravintoainepuutos urheilijoilla on raudanpuutos, ja riskiryhmässä ovat vähän lihaa ja paljon hiilihydraatteja syövät, naisurheilijat sekä painoan tarkkailevat (Ilander ym. 2014).

14.4 Kestävyysjuoksu ja ravitsemussuositukset

Kestävyysurheilijan ravitsemuksen päähaasteet ovat riittävän ja tarpeisiin vastaavan energiansaannin sekä riittävän hiilihydraatin saannin varmistaminen (Maughan & Gleeson 2010, 166). Riittävä energiansaanti on välttämätöntä, jotta urheilija jaksaa harjoitella tehokkaasti. Niukka energian- ja erityisesti hiilihydraatinsaanti aiheuttaa väsymystä, tehotonta harjoittelua, suorituskyvyn laskua ja pitkään jatkuessaan myös vastustuskyvyn laskua ja jopa ylikuntoilan (Ilander 2008d).

Urheilijan ravitsemuksessa voidaan soveltaa samoja yleisiä ravitsemussuosituksia kuin valtaväestölle. Valtion ravitsemusneuvottelukunnan vuoden 2014 ravitsemussuosituksen mukaan päivittäisestä energiasta 45–60 % tulisi tulla hiilihydraateista. Lisätyn sokerin osuuden pitäisi

olla alle 10 E%. Ravintokuitua tulisi saada 25-35 grammaa päivässä. Proteiinin määräksi suositellaan 10–20 energiaprosenttia. Rasvan saantisuositus on 25–40 E%, josta tyydyttyneen rasvan osuus alle 10 E% (Ravitsemusneuvottelukunta 2014.) Tosin on otettava huomioon tiettyjen ravintoaineiden ylimääräinen kulutus urheilamisen seurauksena. Esimerkiksi urheilusta seuraava oksidatiivinen stressi saattaa kuluttaa kehon antioksidantteja enemmän kuin valtaväestöllä, jolloin esimerkiksi C- ja E-vitamiinien saantisuositukset urheilijoille ovat yleistä ravitsemussuosituksia suuremmat (Ilander 2008a ja 2008b).

Ravitsemussuositusten mukainen ruokapyramidi on hyvä lähtökohta terveellisen ruokavalion koostamiseen. Ruokapyramidin mukaan ruokavalion tulisi koostua suurimmaksi osaksi kasviksista, marjoista ja hedelmistä, jotka luovat kaikelle pohjan. Suuri osa ruokavaliosta tulisi olla myös leipää, puuroa ja muita täysjyväviljatuotteita. Maitotuotteiden suositus on sen sijaan pienempi. Liha- ja kalatuotteet muodostavat ruokapyramidin kapenevan huipun. Kalaa olisi hyvä saada vähintään kahdesti viikossa. (Fogelholm 2016.)

Hyvään ravitsemukseen kuuluu olennaisesti myös aterioiden järkevä ajoittaminen. Urheilijoiden tulisi syödä päivittäin 5–7 ateriaa. Hyvä ateriointiväli on 2–3 tuntia (Pethman & Ilander 2008), jotta sopiva harjoitteluvireys ja palautuminen olisivat optimaalisia. Näin myös ylläpidetään verensokerin tasaista määrää ja tasaista proteiinien saantia, jolla saattaa olla positiivinen vaikutus typpitasapainoon ja siten lihasten kasvuun (vrt. Ilander 2008c).

Normaalin terveyden ja toimintakyvyn lisäksi urheilijan ravitsemuksen tulisi olla sellainen, että se tukisi harjoittelua sekä palautumista. Kestävyysurheilijoilla tämä tarkoittaa erityisesti harjoittelun jälkeisen palautumisen mahdollisimman nopeaa aloittamista, yleensä palautusjuoman avulla. Harjoituksesta palautuminen tapahtuu tehokkaimmin, jos välittömästi harjoituksen jälkeen nautitaan hiilihydraatti ja proteiinia. Suhde 3:1 hiilihydraattien hyväksi on käytännössä koettu hyväksi. Erityisen tärkeää välittömän palautuksen aloittaminen on, jos harjoitusten välillä on vähemmän kuin kahdeksan tuntia (Burke ym. 2011). Rasvaa tulisi välttää välittömässä palautusvaiheessa sen imeytymistä hidastavan vaikutuksen takia (Ilander 2008, luku 19; Fogelholm 2016).

14.5 Harjoitusta ympäröivät ateriat

Kevyt harjoitus ei sinänsä vaadi erityistä panostusta ravintoon, vaan urheilijan perushyvä ruokavalio pitää huolen, että kehossa on riittävästi tarvittavia aineita saatavilla. Toisaalta korkeaintensiteettisen harjoituksen, pitkän kevyemmän harjoituksen ja kilpailun ravitsemukseen olisi hyvä kiinnittää huomiota. Tutkimuksissa on päädytty seuraaviin yleisiin ohjenuoriin (esim. Ilander 2008d; Potgieter 2013; Carlsohn 2016).

14.5.1 Ravitseminen ennen suoritusta

Tärkeintä on, että edellisen harjoituksen jälkeen glykogeenivarastot on täytetty ja nestetasapaino palautettu. Ennen kohtuutehoista ja -pituista suoritusta hiilihydraattipitoisen juoman nauttiminen voi antaa lisähyötyä: verensokeri pysyy korkealla ja aineenvaihdunta säätyy enemmän hiilihydraatteja kuluttavaksi, jolloin teho pysyy pidempään korkealla ja uupumus lykkääntyy. Ennen kovaa voimaharjoitusta tai esimerkiksi vetoharjoitusta suositellaan pientä määrää proteiinia (10–15 g) noin 30–40 gramman hiilihydraattiannoksen kanssa. Tällöin aminohappojen kulkeutuminen lihaksiin paranee ja lihasproteiinin purkaminen vähenee.

14.5.2 Ravitseminen suorituksen aikana

Kohtuutehoisissa pitkissä suorituksissa sekä intervallityyppisissä yli 12 tuntia kestävässä suorituksissa hiilihydraatin nauttiminen säästää glykogeenivarastoja, lykkää uupumusta ja parantaa tehoa suorituksen lopussa. Myös alle tunnin kestävässä kovatehoisissa suorituksissa hiilihydraatin nauttiminen voi olla hyödyllistä, vaikkei glykogeenin riittävyys olekaan avainasemassa. Yleisohje suorituksen aikaiseen hiilihydraatin saantimääräksi on 0.5–1.0 g/kg/h. Hiilihydraatin lähde voi olla niin juoman, energiageelin kuin normaalin ruoankin muodossa; urheilujuomien käytön kätevyys tekee niistä kuitenkin suositeltavan vaihtoehdon. Mikäli harjoituksen tavoite on vaikuttaa rasva-aineenvaihduntaan, hiilihydraattia ei kannata nauttia suorituksen aikana. Erietyisesti lämpimällä harjoiteltaessa myös nesteytyksestä huolehtiminen on tärkeää; yleisohjeena on nauttia nestettä 0.4–0.8 l/h.

14.5.3 Ravitseminen suorituksen jälkeen

Lihaskykyjen täyttämiseksi suositellaan nautittavaksi 11.2 g/kg hiilihydraatteja ja 0.3 g/kg proteiinia välittömästi harjoituksen jälkeen, sillä glykokeenin muodostuminen on 30–60 minuuttia rasittavan harjoituksen jälkeen tehokkainta. Korkean glykemiaindeksin hiilihydraatit ovat veren insuliinipitoisuuden nousun ja siten glukoosin soluihin kulkeutumisen kannalta parhaita ja suositeltavimpia silloin, kun glykokeenin muodostus halutaan maksimoida. Proteiini palautusateriassa tehostaa myös glykokeenin muodostumista ja lisäksi mm. ylläpitää vastustuskykyä. Varsinainen ateria harjoituksen jälkeen tulisi syödä viimeistään tunti harjoituksen jälkeen. Mikäli harjoituksia on päivässä kaksi, nestetasapainon palauttamiseksi tulisi noudattaa erillistä juomisohjelmaa; kerran päivässä olevan harjoituksen aiheuttama nestevaje korjataan yleensä normaalilla ruoka- ja juomarytmillä. Nestetasapainon korjaaminen natriumpitoisella juomalla on normaalia vettä tehokkaampi vaihtoehto.

14.6 Kestävyysjuoksu ja lisäravinteet

Markinnat ovat pullollaan erilaisia ravintolisiä. Ravintolisien käyttöön tulee kuitenkin suhtautua kriittisesti, sillä niistä liikkuu monenlaista tietoa ja lisäksi niiden merkitys hyvään ruokavalioon verrattuna on vähäinen (Ilander & Lindblad 2014). Lisien käyttöön sisältyy myös riski mm. siitä, että ne sisältävät dopingaineiksi laskettuja ainesosia (Ilander & Lindblad 2014). Ilander ja Lindblad (2014) ovat käsitelleet kirjassaan tunnetuimpia ravintolisiä. Kestävyylajien kannalta hyötyä on todettu tutkimuksissa emätankkauksesta 1–7 minuutin (käytännössä 800 ja 1 500 m juoksut) suorituksissa sekä kofeiinin käytöstä pitkissä kestävyys suorituksissa ja lyhyemmässäkin kilpailunomaisissa suorituksissa. Emätankkaus perustuu natriumbikarbonaattiin ja natriumsitraattiin, jotka edistävät happamuutta aiheuttavien vetyionien kulkeutumista pois lihassolusta. Sen vaikutus hyödyn suhteen voi olla kuitenkin hyvin yksilöllinen. (Ilander & Lindblad 2014.) Kofeiinin teho tulee ainakin rasvahappojen vapautumisen tehostumisesta ja keskushermoston stimuloinnista (Spriet ym. 1992; Kalmar & Cafarelli 1999, Ilanderin ja Lindbladin (2014) mukaan). Voima- ja intervalliharjoituksissa kreatiinilisän käytön on todettu auttavan, sillä fosfokreatiini toimii lihasten energianlähteenä muutaman sekunnin suorituksissa ja

kreatiinilisän käyttö kasvattaa lihaksen fosfokreatiinivarastoja. On olemassa myös useita ravintolisiä, joista *saattaa* olla kestävyysurheilijoille hyötyä, eli joiden suhteen tutkimustietoa on, mutta se on ristiriitaista tai vähäistä. Tällaisia ovat esimerkiksi probiootit vatsa- ja suolisto-oireiden ehkäisyssä ja lieventämisessä sekä ternimaitovalmisteet raskaiden harjoitusjaksojen aikana. (Ilander & Lindblad 2014.)

Mikäli urheilija päätyy käyttämään jotakin lisäravinnetta, hänen tulisi olla ehdottoman selvillä kahdesta asiasta: mitä hän käyttää ja miksi. Ensisijaisesti urheilijan on varmistuttava, että valmiste on turvallinen ja sallittu (ei sisällä kiellettyjä aineita). Toissijaisesti on tiedettävä, miksi lisää käyttää eli voiko siitä tosiasiallisesti olla hyötyä kyseisessä suorituksessa tai ominaisuuden harjoittamisessa. Uusia ravintolisiä, kuten muitakaan aiemmin käyttämättömiä menetelmiä, ei kannata kokeilla ensimmäistä kertaa tärkeässä kilpailutilanteessa.

15 JUOKSIJAN TESTAUS

15.1 Päivittäinen seuranta

Tärkein tapa seurata kestävyysjuoksijan kehittymistä on päivittäinen valmennus ja valmentajan ja urheilijan välinen vuorovaikutus. Näissä tilanteissa valmentaja oppii tuntemaan ja tulkitsemaan urheilijaa. Toinen tärkeä tapa on harjoituspäiväkirjan pitäminen: urheilija merkitsee tehtyjen harjoitusten lisäksi omat tuntemukset kustakin harjoituksesta ja palautuneisuuden tasosta. Näin harjoittelua voidaan analysoida myöhemmin ja tutkia harjoittelun onnistumista. (Nummela & Häkkinen 2016.)

15.2 Ominaisuuksien testaaminen

Kestävyysurheilijan testeillä pyritään mittaamaan kestävyys suorituskykyyn vaikuttavia ominaisuuksia: VO₂max:a, aerobista ja anaerobista kynnystä, taloudellisuutta ja hermolihasjärjestelmän toimintaa. (Nummela & Häkkinen 2016.)

15.2.1 Suora maksimitesti

Urheilijoita testattaessa käytetään suoria hapenoton testimenetelmiä, koska testien tulee olla hyvin tarkkoja; urheilijoiden kestävyysominaisuudet kehittyvät vain 1–3 % vuodessa (Nummela 2007a). Maksimaalisen hapenottokyvyn pitkässä testissä kuormitus aloitetaan alle aerobisen kynnystehon ja testi päättyy maksimikuormitukseen (Nummela & Häkkinen 2016). Kuorraportaiden pituus on yleensä 2–3 min ja kuormia tulee yhteensä 7–12 (Nummela & Häkkinen 2016). Pitkässä testissä pyritään siihen, että testin kokonaiskestoksi tulee 24–36 min (Nummela 2007a). Kestävyysjuoksijan nopeusmallissa (uupuminen 8–10 minuutissa) kuorman nostot ovat yleensä 1 km/h ja juoksumaton kulma on yhden asteen (Nummela 2007a). Mittaamalla testin aikana sisään- ja uloshengitysilman happi- ja hiilidioksidipitoisuutta saadaan selville hapenkuutus (Nummela 2007c).

Suorasta maksimitestistä saadaan paljon arvokasta tietoa. Maksimaalinen hapenottookyky saadaan testin aikana mitattuna suurimpana hapenkulutuksen minuutin keskiarvona. Laktaatti- ja ventilaatioarvojen avulla testistä voidaan määrittää aerobinen ja anaerobinen kynnyks. Testistä saadaan myös $vVO_2\max$ eli testin maksiminopeus tai -teho; se on juoksijoiden suorassa testissä viimeisen loppuun asti juostun kuorman nopeus. Testin jälkeen mitattujen laktaattiarvojen perusteella voidaan arvioida laktaatin poistokykyä. Submaksimaalisilla kuormilla voidaan arvioida myös suorituksen taloudellisuutta vertaamalla mitattua hapenkulutusta teoreettiseen hapenkulutukseen. (Nummela 2007c.)

Suora maksimitesti on tarkoituksenmukaista tehdä juoksijalle 2–3 kertaa vuodessa. (Nummela & Häkkinen 2016.) Oleellista on, että kynnykset määritetään aina samalla menetelmällä (Nummela & Häkkinen 2016), samalla paikalla ja mieluiten samalla testaajalla, koska kynnyksen määrittäminen on pitkälti testaajasta ja menetelmästä riippuvaista.

15.2.2 Kestävyyden kenttätestit

Kestävyyssominaisuuksia olisi hyvä seurata 1–2 kuukauden välein kenttätesteillä tai useammin submaksimaalisilla testeillä. Kenttätestien etuja ovat lajinomaisuus, helppous ja edullisuus. Kenttätestissä periaate on sama kuin suorassa maksimitestissä: kuormitusta nostetaan portaittain maksimiin asti. Juoksijalle sopiva testi on esimerkiksi 6 x 1 000 m, josta mitataan vetojen ajat, nopeudet, sykkeet ja laktaatit, joiden avulla määritetään sen hetkiset kynnykset. (Nummela & Häkkinen 2016.) Myös radalla suoritettavat ali- ja ylimatkojen testit ja kilpailut antavat hyvää lisätietoa.

15.2.3 Voiman ja juoksunopeuden testaus

Mikäli juoksijalla on ohjelmassaan kehittävää voimaharjoittelua, myös sen kehittymistä tulisi seurata testien avulla. Urheilijan voimantuottoa mitattaessa täytyy miettiä, minkälaiset lajin voimantuottovaatimukset ovat ja miten testit kuvaavat juuri tuon ominaisuuden kehittymistä

(Häkkinen & Ahtiainen 2016). Kullakin voimatestillä voidaan mitata vain tiettyä hermo-lihasjärjestelmän voimantuotto-ominaisuutta (Ahtiainen & Häkkinen 2007). Kaikessa voimates-
tauksessa täytyy huomioida voimantuoton spesifisyys sekä käytettäville laitteille, lihasryhmille,
lihastyötavalle, suoritusnopeudelle että nivelkulmille (Ahtiainen & Häkkinen 2007).

Maksimivoimaa voidaan mitata dynaamisesti 1RM:n eli yhden toiston maksimivoimatestin avulla laitteilla tai vapailla painoilla. Testissä haetaan lämmittely- ja lähestymissarjojen jälkeen suurin kuorma, jonka urheilija pystyy suorittamaan oikealla tekniikalla yhden kerran. 1RM-testissä suoritusnopeus on hidas, jolloin liike lähentelee isometristä suoritusta. Tämä on ongelma silloin, kun halutaan testata dynaamista kiihtyvää voimantuottoa. (Ahtiainen & Häkkinen 2007.) Maksimivoimaa voidaan mitata myös isometrisillä testeillä, jolloin voimaa tuotetaan mahdollisimman nopeasti liikkumatonta kohdetta vastaan. Isometristen testien etuina ovat helppo suoritettavuus, toistettavuus, turvallisuus ja vähäiset taitovaatimukset (Ahtiainen & Häkkinen 2007). Lisäksi isometrisen testin avulla voidaan määrittää voimantuottonopeus eli RFD (Ahtiainen & Häkkinen 2007). Rajoitteena isometristen testien käytössä on kuitenkin niiden huonohko yhteys itse suoritukseen, sillä isometrisessä liikkeessä ei käytetä hyväksi elastista energiaa (Ahtiainen & Häkkinen 2007).

Luonnollisen liikkeen eli venymislyhenemissyklin (SSC) aikana tuotetun nopeusvoiman mit-
tauksessa käytetään erilaisia hyppy- ja loikkatestejä, kuten esikevennyshyppyä ja vauhditonta
pituushyppyä (Ahtiainen & Häkkinen 2007).

Juoksijat hyötyvät sekä hyvistä maksimi- että nopeusvoimatasoista. Juoksussa voimantuotto on jokaisella askelkontaktilla nopeaa ja voimantuotto on syklistä. Juoksijan voimatesta-
uksessa voidaan mitata esimerkiksi maksimivoimaa 1RM:llä jalkaprässin tai levytangon avulla. Sen li-
säksi voidaan käyttää dynaamisen liikkeen huomioon ottavaa nopeusvoimatestiä, kuten esike-
vennyshyppyä, vauhditonta pituushyppyä ja 5-vuoroloikkaa vauhdittomana tai esimerkiksi kah-
den askeleen vauhdilla. Viimeksi mainittu syklinen vuoroloikka on juoksijalle hyvin lajinomai-
nen. Myös reaktiivista tehoa mittaavat päkiähypyt kertovat hyvin juoksijan lajinomaisesta elas-
tisuudesta ja tehosta. Testissä pyritään lyhyeen kontaktiin ja korkeaan hyppyyn.

Juoksunopeuden testaamisessa Suomessa ovat yleisesti käytössä lentävällä lähdöllä juostut 20 m ja 30 m. Lisäksi normaalit kenttätestit, esimerkiksi 60 m ja 100 m ovat helppoja toteuttaa harjoittelun seurannassa.

15.3 Terveyden seuranta

Urheilijana menestyminen vaatii terveyttä, ja fyysisen kunnon osa-alueiden testaamisen lisäksi tarvitaan säännöllistä terveyden tarkistamista (Uusitalo 2016). Kansainvälinen olympiakomitea (IOC) suosittaa säännöllistä terveystarkistusta urheilijan terveydentilan sekä vammojen ja sairauksien riskin arvioimiseksi, mutta myös väyläksi terveydenhuoltoon (IAAF 2013). Säännöllisen terveystarkistuksen sisältöinä tulisi olla sydänperäisen äkkikuoleman riskin kartoitus, muiden kuin sydänperäisten ongelmien selvitys (esim. astma, allergiat, infektiot, neurologiset sekä maha- ja suolisto-ongelmat) tuki- ja liikuntaelämistön vammojen riskitekijöiden kartoitus ja naisurheilijan ongelmien selvittäminen (IAAF 2013). Uusitalon (2016) mukaan suositellaan haastattelun, kyselyn ja kliinisen tutkimuksen lisäksi virtsanäytteen ottoa munuaisten ja virtsateiden tilanteen kartoittamiseksi, verinäytettä rautatasapainon vuoksi (erityisesti naisilta) sekä 12-kytkentäistä sydänfilmiä sydänsairauksien ja äkkikuolemien vuoksi. Myös ravitsemukselliset häiriöt ovat tärkeä ehkäistävä asia. Tarkastusten tiheydestä ei ole urheilijoille yhtenevää ohjetta, ja niiden sisältö vaihtelee tarpeen mukaan. (Uusitalo 2016.)

16 POHDINTA

Toisin kuin aiemmin on ajateltu, voimaharjoittelu on tärkeä osa juoksijan harjoittelua. Voimaharjoittelun avulla kestävyysominaisuutensa huipputasolle harjoitelleet juoksijatkin voivat kehittää suorituskyykyään, sillä voimaharjoittelu kehittää juoksussa tarvittavia ominaisuuksia, joita perinteisellä juoksuharjoittelulla ei kuitenkaan voida kehittää. Voimaharjoittelu vaikuttaa siis juoksusuoritukseen eri kautta kuin kestävyysharjoittelu. Suorituskyvyn parantamisen lisäksi voimaharjoittelulla on roolinsa vammojen ennaltaehkäisyssä ja hoidossa.

Olellista voimaharjoittelussa on pyrkiä kehittämään nimenomaan voimaa: maksimivoimaa ja nopeusvoimaa. Hyvä maksimivoimataso on itsessään tärkeä, sillä juoksun taloudellisuus voi parantua voimatason kasvun kautta. Tämän lisäksi maksimivoima on tärkeä tekijä nopeusvoiman ja sen kehittämisen taustalla. Loppujen lopuksi nopeusvoima on se voiman osa-alue, jonka kehittämiseen juoksijan kannattaa panostaa, sillä voimantuoton on tapahduttava juoksuaskeleen aikana nopeasti. Nopeusvoiman etuna on myös se, ettei juoksusuoritusta häiritsevää lihasmassan kasvua tapahdu paljon. Kestovoima eli pitkät sarjat kevyillä kuormilla sen sijaan eivät edistä voiman kasvua, vaan parantavat ennemminkin kestävyysominaisuuksia, joita juoksija kehittää joka tapauksessa juoksuharjoittelulla. Tämä ei aja voimaharjoittelun tarkoitusta.

Keski- ja kestävyysmatkat juostaan nykyään entistä kovemmallalla vauhdilla (ks. esim. Brinkster Track and Field Statistics), minkä vuoksi voiman merkitys senkin puolesta entisestään kasvaa. Esimerkiksi 800 metrin juoksijalla täytyy auttamatta olla suuri nopeusreservi pystyäkseen juoksemaan matkan tarvittavalla vauhdilla rennosti ja taloudellisesti, puhumattakaan kilpailutilanteen vaatimista vauhdin lisäyksistä (Vuorimaa 2019). Pidemmällä matkoilla nopeuden vaatimus ei toki ole aivan yhtä kriittinen. Joka tapauksessa vauhtien kehityksestä ja sitä kautta suurempien nopeuksien vaatimista ominaisuuksista on oltava selvillä, mikäli on aikomus pärjätä keski- ja kestävyysmatkoilla. Suomalaisen kestävyysjuoksun kannalta olisikin tärkeää pysyä mukana tässä kestävyysvalmennuksen kehityksessä ja päivittää tietämystä voimaharjoittelun merkityksestä.

Nykypäivän juoksuharjoittelu on hyvin suunniteltu kokonaisuus, jossa kestävyuden ja voiman eri osa-alueiden harjoittaminen sovitetaan yhteen järkeväksi kokonaisuudeksi. Harjoitusohjelma rakennetaan urheilijan vahvuudet, kehittämiskohteet ja muut yksilölliset ominaisuudet huomioiden. Tästä on esimerkkinä Ari Nummela ja hänen valmennettavansa Eemil Helander, joka harjoittelee kahta lajia menestyksekkäästi kehittäen sekä voimaa että kestävyyttä (Nummela 2019). Harjoittelu on suunnitelmallista ja kehittymistä kussakin osa-alueessa sekä palautumista seurataan järjestelmällisesti (Nummela 2019).

Vaikka kestävyysvalmennuksessa on viisasta huomioida lajin harjoitteluun ja ominaisuuksien harjoittamiseen liittyvä tutkimustieto – se, mikä toimii keskimäärin parhaiten – täytyy muistaa, että harjoittelu ja kehittyminen on aina yksilöllistä. Huippujuoksijoiden polut (Tjelta 2019) ja yksilöllisyydestä kertovat tutkimukset (Matomäki 2020) osoittavat, että tiet hyväksi kestävyysjuoksijaksi voivat olla hyvinkin erilaisia. Harvoja yhdistäviä tekijöitä menestyneillä juoksijoilla ovat suuri harjoittelun kokonaismäärä (Tjelta 2019; Matomäki 2020) sekä usein monipuolinen tekeminen lapsuudessa (Tjelta 2019), mutta muuten voisi sanoa, että huippujuoksijaksi voi tulla hyvin vaihtelevilla harjoitusmenetelmillä ja erilaisilla kehityskuluilla. Mainittakoon vielä, että nämäkään eivät välttämättä ole ehdottomia totuuksia – kuinka moni huippujuoksija on esimerkiksi todella uskaltanut lähestyä harjoittelua systemaattisesti muusta kuin määrän näkökulmasta? Joka tapauksessa ei ole olemassa yhtä harjoitustapaa, joka toimisi tietyn ominaisuuden kehittämisessä kaikilla ihmisillä (Matomäki 2020). Jos jonkun yksilön kohdalla vaikkapa määrän tai voiman harjoittelu ei kehitä, tällöin suorituskykyä nostavia harjoitustapoja on etsittävä muualta. Urheilijan kehittyminen riippuu valtavasta määrästä asioita, ja harjoitusohjelmaa on ensisijaisen tärkeää tarkastella juuri kyseisen urheilijan tilanteessa.

17 LÄHTEET

- Aagaard, P., Andersen, J. L., Bennekou, M., Larsson, B., Olesen, J. L., Crameri, R., Magnusson, S. P. & Kjaer, M. 2011. Effects of resistance training on endurance capacity and muscle fiber composition in young top-level cyclists. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 21 (6), 298–307.
- Aderem, J. & Louw, Q. A. 2015. Biomechanical risk factors associated with iliotibial band syndrome in runners: a systematic review. *BMC Musculoskeletal Disorders* 16;16;356. doi: 10.1186/s12891-015-0808-7.
- Ahtiainen, J. & Häkkinen, K. 2007. Hermo-lihasjärjestelmän toiminnan mittaaminen. Teoksessa K. L. Keskinen, K. Häkkinen & M. Kallinen (toim). *Kuntotestauksen käsikirja*. 2. uudistettu painos. Helsinki: Liikuntatieteellinen Seura ry., 125–93.
- Allen, D. J. 2014. Treatment of distal iliotibial band syndrome in a long distance runner with gait re-training emphasizing step rate manipulation. *International Journal of Sports Physical Therapy* 9 (2), 222–31.
- Almeida, M. O., Davis, I. S. & Lopes, A. D. 2015. Biomechanical differences of foot-strike patterns during running: a systematic review with meta-analysis. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy* 45 (10), 738–55.
- Arampatzis, A., De Monte, G., Karamanidis, K., Morey-Klapsing, G., Stafilidis, S. & Brüggemann, G. P. 2006. Influence of the muscle-tendon unit's mechanical and morphological properties on running economy. *The Journal of Experimental Biology* 209 (17), 3345–57.
- Ardigò, L. P., Lafortuna, C., Minetti, A. E., Mognoni, P. & Saibene, F. 1995. Metabolic and mechanical aspects of foot landing type, forefoot and rearfoot strike, in human running. *Acta Physiologica Scandinavica* 155 (1), 17–22. [tiivistelmä]
- Arellano, C. J. & Kram, R. 2014. Partitioning the metabolic cost of human running: a task-by-task approach. *Integrative and Comparative Biology* 54 (6), 1084–98.
- Azevedo, L. B. 2009. Biomechanical variables associated with Achilles tendinopathy in runners. *British Journal of Sports Medicine* 43 (4), 288–92.

- Baker, R. L. & Fredericson, M. 2016. Iliotibial band syndrome in runners: biomechanical implications and exercise interventions. *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America* 27 (1), 53–77.
- Balsalobre-Fernández, C., Santos-Concejero, J. & Grivas, G. V. 2016. Effects of strength training on running economy in highly trained runners: a systematic review with meta-analysis of controlled trials. *Journal of Strength and Conditioning Research* 30 (8), 2361–8.
- Bangsbo, J., Gunnarsson, T. P., Wendell, J., Nybo, L. & Thomassen, M. Reduced volume and increased training intensity elevate muscle Na⁺-K⁺ pump α 2-subunit expression as well as short- and long-term work capacity in humans. *Journal of Applied Physiology* (Bethesda, Md.: 1985) 107 (6), 1771–80.
- Barnes, K. R. & Kilding, A. E. 2015a. Running economy: measurement, norms, and determining factors. *Sports Medicine Open* 1:8 doi: 10.1186/s40798-015-0007-y
- Barnes, K. R. & Kilding, A. E. 2015b. Strategies to improve running economy. *Sports Medicine* 45 (1), 37–56.
- Bassett, D. R. & Howley, E. T. 2000. Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 32 (1), 70–84.
- Bazyler, C. D., Abbott, H. A., Bellon, C. R., Taber, C. B. & Stone, M. H. 2015. Strength training for endurance athletes: theory to practice. *Strength and Conditioning Journal* 37 (2), 1–12.
- Beattie, K., Carson, B. P., Lyons, M., Kenny, I. C. & Rossiter, A. 2017. The effect of strength training on performance indicators in distance runners. *Journal of Strength & Conditioning Research* 31 (1), 9–23.
- Beattie, K., Kenny, I., Lyons, M. & Carson, B. 2014. The effect of strength training on performance in endurance athletes. *Sports Medicine* 44 (6), 845–65.
- Billat, V., Lepretre, P. M., Heugas, A. M., Laurence, M. H., Salim, D. & Koralsztein, J. P. 2003a. Training and bioenergetic characteristics in elite male and female Kenyan runners. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 35 (2), 297–304.

- Billat, V. L., Sirvent, P., Py, G., Koralsztein, J-P. & Mercier, J. 2003b. The concept of maximal lactate steady state: a bridge between biochemistry, physiology and sport science. *Sports Medicine* 33 (6), 407–426.
- Bishop, M., Fjolkowski, P., Conrad, B., Brunt, D. & Horodyski, M. 2006. Athletic footwear, leg stiffness and running kinematics. *Journal of Athletic Training* 41 (4), 387–92.
- Bompa, T. O. & Haff, G. G. 2009. *Periodization: theory and methodology of training*. 5. painos. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Bragada, J. A., Santos, P. J., Maia, J. A., Colaco, P. J., Lopes, V. P. & Barbosa, T. M. 2010. Longitudinal study in 3,000 m male runners: relationship between performance and selected physiological parameters. *Journal of Sports Science & Medicine* 9 (3), 439–444.
- Brinkster Track and Field Statistics. Viitattu 17.04.2020. <http://trackfield.brinkster.net/Main.asp?P=F>
- Brughelli, M. & Cronin, J. 2008. A review of research on the mechanical stiffness in running and jumping: methodology and implications. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 18 (4), 417–26.
- Burke, L. M., Hawley, J. A., Wong, S. H. S. & Jeukendrup, A. E. 2011. Carbohydrates for training and competition. *Journal of Sports Sciences* 29, 17–27.
- Caldwell, G. E., Robertson, D. G. E. & Whittlesey, S. N. 2014. *Forces and Their Measurement*. Teoksessa Robertson, D. G. E., Caldwell, G. E., Hamill, J., Kamen, G. & Whittlesey, S. N. 2014. *Research methods in biomechanics*. 2nd edition. Champaign: Human Kinetics, 79–108.
- Carlsohn, A. 2016. Recent nutritional guidelines for endurance athletes. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin* 67.
- Chang, Y. H., Huang, H. W., Hamerski, C. M. & Kram, R. 2000. The independent effects of gravity and inertia on running mechanics. *The Journal of Experimental Biology* 293 (2), 229–38.
- Chapman, A. R., Vicenzino, B., Blanch, P. & Hodges, P. W. 2008. Is running less skilled in triathletes than runners matched for running training history? *Medicine and Science in Sports and Exercise* 40 (3), 557–65.

- Cole, A. S., Woodruff, M. E., Horn, M. P. & Mahon, A. D. 2006. Strength, power, and aerobic exercise correlates of 5-km cross-country running performance in adolescent runners. *Pediatric Exercise Science* 18, 374–84.
- Cornie, P., McGuigan, M. R. & Newton, R. U. 2010. Adaptations in athletic performance after ballistic power versus strength training. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 42 (8), 1582–98.
- Creaby, M. W., Honeywill, C., Francettovich Smith, M. M., Shache, A. G. & Crossley, K. M. 2017. Hip biomechanics are altered in male runners with achilles tendinopathy. *Medicine & Science in Sports and Exercise* 49 (3), 549–55.
- Dalleau, G., Belli, A., Bourdin, M. & Lacour, J. R. 1998. The spring-mass model and the energy cost of treadmill running. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology* 77 (3), 257–63.
- Denadai, B. S., de Aguiar, R. A., de Lima, L. C. R., Greco, C. C. & Caputo, F. 2017. Explosive training and heavy weight training are effective for improving running economy in endurance athletes: a systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine* 47, 454–554.
- Dicharry, J. 2010. Kinematics and kinetics of gait: from lab to clinic. *Clinics in Sports Medicine* 29 (3), 347–64.
- Duffield, R., Dawson, B. & Goodman, C. 2005. Energy system contribution to 1500- and 3000-metre track running. *Journal of Sport Sciences* 23 (10), 993–1002. [tiivistelmä]
- Dugan, S. A. & Bhat, K. P. 2005. Biomechanics and analysis of running gait. *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America* 16 (3), 603–21.
- Egger, A. C. & Berkowitz, M. J. 2017. Achilles tendon injuries. *Current Reviews in Musculoskeletal Medicine* 10 (1), 72–80.
- Elias, J. 2012. Case study: medial tibial stress syndrome. *SportEX Medicine* (51), 7–14.
- Enoksen, E., Tjelta, A. R. & Tjelta, L. I. 2011. Distribution of training volume and intensity of elite male and female track and marathon runners. *International Journal of Sports Science & Coaching* 6 (2), 273–93.
- Esfarjani, F. & Laursen, P. B. 2007. Manipulating high-intensity interval training: effects on VO₂max, the lactate threshold and 3000 m running performance in moderately trained males. *Journal of Science and Medicine in Sport* 10 (1), 27–35.

- Farley, C. T. & Ferris, D. P. 1998. Biomechanics of walking and running: center of mass movements to muscle action. *Exercise and Sport Sciences Reviews* 26, 253–85.
- Farley, C. T. & González, O. 1996. Leg stiffness and stride frequency in human running. *Journal of Biomechanics* 29 (2), 181–6.
- Fields, K. B., Sykes, J. C., Walker, K. M. & Jackson, J. C. 2010. Prevention of running injuries. *Current Sports Medicine Reports* 9 (3), 176–82.
- Fletcher, J. R., Esau, S. P. & MacIntosh, B. R. 2010. Changes in tendon stiffness and running economy in highly trained distance runners. *European Journal of Applied Physiology* 110 (5), 1037–46.
- Fletcher, J. R. & MacIntosh, B. R. 2015. Achilles tendon strain energy in distance running: consider the muscle energy cost. *Journal of Applied Physiology* (Bethesda, Md.: 1985) 118 (2), 193–9.
- Fogelholm, M. 2016. Ravitsemus ja liikunta. Luennot 16–17.2.2016, Jyväskylä.
- Folland, J. P. & Williams, A. G. 2007. The adaptations to strength training: morphological and neurological contributions to increased strength. *Sports Medicine* 37 (2), 145–68.
- Fourchet, F. & Gojanovic, B. 2016. Foot core strengthening: relevance in injury prevention and rehabilitation for runners. *Swiss Sports & Exercise Medicine* 64 (1), 26–30.
- Franettovich Smith, M. M., Honeywill, C., Wyndow, N., Crossley, K. M. & Creaby, M. W. 2014. Neuromotor control of gluteal muscles in runners with achilles tendinopathy. *Medicine & Science in Sports and Exercise* 46 (3), 594–99.
- Fredericson, M., Cookingham, C. L., Chaudharu, A. M., Dowdell, B. C., Oestreicher, N. & Sahrmann, S. A. 2000. Hip abductor weakness in distance runners with iliotibial band syndrome. *Clinical Journal of Sports Medicine: Official Journal of the Canadian Academy of Sports Medicine* 10 (3), 169–75.
- Ghosh, A. K. 2004. Anaerobic threshold: its concept and role in endurance sport. *The Malaysian Journal of Medical Sciences* 11 (1), 24–36.
- Gindre, C., Lussiana, T., Hebert-Losier, K. & Mourot, L. 2016. Aerial and Terrestrial Patterns: A Novel Approach to Analyzing Human Running. *International Journal of Sports Medicine* 37 (1), 25–9.
- Gleeson, M., Nieman, D. C. & Pedersen, B. K. 2004. Exercise, nutrition and immune function. *Journal of Sport Sciences* 22, 115–25.

- Guglielmo, L. G., Greco, C. C. & Denadai, B. S. 2009. Effects of strength training on running economy. *International Journal of Sports Medicine* 30 (1), 27–32.
- Hamstra-Wright, K. L., Bliven, K. C. & Bay, C. 2015. Risk factors for medial tibial stress syndrome in physically active individuals such as runners and military personnel: a systematic review and meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine* 49 (6), 362–9.
- Hayes, P. R. & Caplan, N. 2014. Leg stiffness decreases during a run to exhaustion at the speed at VO₂max. *European Journal of Sport Science* 14 (6), 556–62.
- Heatrick 2017. Timing training to boost recovery & performance. Viitattu 5.12.2017. <https://heatrick.com/2012/11/11/timing-training-to-boost-recovery-performance/>
- Heikura, I. 2012. Pitkien kestävyysjuoksumatkojen lajiantalyysi ja valmennuksen ohjelmointi 10 000 metrin naisjuoksijalla. Jyväskylän yliopisto. Liikuntabiologian laitos. Seminaarityö. Viitattu 28.11.2017.
- Hein, T., Janssen, P., Wagner-Fritz, U., Haupt, G. & Grau, S. 2013. Prospective analysis of intrinsic and extrinsic risk factors on the development of Achilles tendon pain in runners. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 24 (3), 201–12.
- Hoff, J., Gran, A. & Helgerud, J. 2002. Maximal strength training improves aerobic endurance performance. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 12 (5), 288–95.
- Hulme, A., Nielsen, R., Timpka, T., Verhagen, E. & Finch, C. 2017. Risk and protective factors for middle- and long-distance running-related injury. *Sports Medicine* 47 (5), 869–86.
- Häkkinen, K. & Ahtiainen, J. 2016. Maksimivoimaharjoittelu. Teoksessa A. Mero, A. Nummela, S. Kalaja & K. Häkkinen (toim). *Huippu-urheiluvalmennus: teoria ja käytäntö päivittäisvalmennuksessa*. Lahti: VK-Kustannus Oy, 250–64.
- Häkkinen, K., Alen, M., Kallinen, M., Newton, R. U. & Kraemer, W. J. 2000. Neuromuscular adaptation during prolonged strength training, detraining and re-strength-training in middle-aged and elderly people. *European Journal of Applied Physiology* 83 (1), 51–62.
- IAAF. 2013. *Competition Medical Guidelines: a Practical Guide*. Viitattu 15.04.2020. <https://www.worldathletics.org/about-iaaf/documents/health-science>
- Iaia, F. M. & Bangsbo, J. 2010. Speed endurance training is a powerful stimulus for physiological adaptations and performance improvements of athletes. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 20 (2): 11–23.

- Iaia, F. M., Hellsten, Y., Nielsen, J. J., Fernström, M., Sahlin, K. & Bangsbo, J. 2009. Four weeks of speed endurance training reduces energy expenditure during exercise and maintains muscle oxidative capacity despite a reduction in training volume. *Journal of Applied Physiology* (Bethesda, Md.: 1985) 106 (1), 73–80.
- Ilander, O. 2008a. Antioksidantit. Teoksessa Ilander, O., Borg, P., Laaksonen, M., Mursu, J., Ray, C., Pethman, K. & Marniemi, A. (toim.) *Liikuntaravitsemus*. 2. painos. Lahti: VK-kustannus Oy, 129–64.
- Ilander, O. 2008b. B-vitamiinit. Teoksessa Ilander, O., Borg, P., Laaksonen, M., Mursu, J., Ray, C., Pethman, K. & Marniemi, A. (toim.) *Liikuntaravitsemus*. 2. painos. Lahti: VK-kustannus Oy, 113–28.
- Ilander, O. 2008c. Proteiinit. Teoksessa Ilander, O., Borg, P., Laaksonen, M., Mursu, J., Ray, C., Pethman, K. & Marniemi, A. (toim.) *Liikuntaravitsemus*. 2. painos. Lahti: VK-kustannus Oy, 77–90.
- Ilander, O. 2008d. Ravitsemus kestävyyspainotteisessa urheilussa. Teoksessa Ilander, O., Borg, P., Laaksonen, M., Mursu, J., Ray, C., Pethman, K. & Marniemi, A. (toim.) *Liikuntaravitsemus*. 2. painos. Lahti: VK-kustannus Oy, 405–98.
- Ilander, O. & Lindblad, P. 2014. Ravintolisät. Teoksessa Ilander, O. (toim.) *Liikuntaravitsemus – tehoa, tuloksia ja terveyttä ruoasta*. Lahti: VK-Kustannus Oy, 379–408.
- Ilander, O., Mursu, J. & Laaksonen, M. 2014. Vitamiinit, kivennäisaineet ja fytokeemikaalit – riittävästi, vaan ei liikaa. Teoksessa Ilander, O. (toim.) *Liikuntaravitsemus – tehoa, tuloksia ja terveyttä ruo-asta*. Lahti: VK-Kustannus Oy, 313–75.
- Isolehto, J. 2016. Nopeusvoimaharjoittelu. Teoksessa A. Mero, A. Nummela, S. Kalaja & K. Häkkinen (toim.) *Huippu-urheiluvalmennus: teoria ja käytäntö päivittäisvalmennuksessa*. Lahti: VK-Kustannus Oy, 265–71.
- Ivy, J. L. 2001. Dietary Strategies to Promote Glycogen Synthesis After Fxercise. *Canadian Journal of Applied Physiology* 26, 236–45.
- Jones, A. M. 1998. A five year physiological case study of an olympic runner. *British Journal of Sports Medicine* 32, 39–43.
- Jones, A. M. 2006. The Physiology of the World Record Holder for the Women’s Marathon. *International Journal of Sports Science & Coaching* 1 (2), 101–116.

- Joyner, M. J. & Coyle, E. F. 2008. Endurance exercise performance: the physiology of champions. *The Journal of Physiology* 586 (1), 35–44.
- Karlsson, J., Rolf, C. & Orava, S. 2003. Lower leg, ankle and foot. Teoksessa M. Kjaer, M. Krosggaard, P. Magnusson, L. Engebretsen, H. Roos, T. Takala & S. L-Y Woo (toim.) *Textbook of sports medicine: basic science and clinical aspects of sports injury and physical activity*. Oxford: Blackwell Science Ltd, 529–60.
- Kluitenberg, B., van Middelkoop, M., Diercks, R. & van der Worp, H. 2015. What are the differences in injury proportions between different populations of runners? A systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine* 45 (8), 1143–61.
- Kraemer, W. J. & Häkkinen, K. 2002. *Strength training for sport*. Oxford: Blackwell Science Ltd.
- Kram, R. & Taylor, C. R. 1990. Energetics of running: a new perspective. *Nature* 346 (6281), 265–7.
- Kyröläinen, H., Belli, A., Komi, P. V. 2001. Biomechanical factors affecting running economy. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 33 (8), 1330–7.
- Laaksonen, M. 2014a. D-vitamiini. Teoksessa Ilander, O. (toim.) *Liikuntaravitsemus – tehoa, tuloksia ja terveyttä ruo-asta*. Lahti: VK-Kustannus Oy, 340–7.
- Laaksonen, M. 2014b. Kalsium. Teoksessa Ilander, O. (toim.) *Liikuntaravitsemus – tehoa, tuloksia ja terveyttä ruo-asta*. Lahti: VK-Kustannus Oy, 348–55.
- Laursen, P. B. 2010. Training for intense exercise performance: high-intensity or high-volume training? *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 20 (2), 1–10.
- Laursen, P. B. & Jenkins, D. G. 2002. The scientific basis for high-intensity interval training: optimising training programmes and maximising performance in highly trained endurance athletes. *Sports Medicine* 32 (1), 53–73.
- LBIP014. Kynnysten määrittäminen. Luentomateriaali. Jyväskylän yliopisto. Liikuntabiologian laitos.
- Legaz-Arrese, A., Munguía-Izquierdo, D., Garranza-García, L. E., Reverter-Masía, J., Torres-Dávila, C. G. & Medina-Rodríguez, R. E. 2011. The validity of incremental exercise testing in discriminating of physiological profiles in elite runners. *Acta Physiologica Hungarica* 98 (2), 147-156.

- Legaz-Arrese, A., Serrano Ostáriz, E., Jcasajús Mallén, J. A. & Munguía Izquierdo, D. 2005. The changes in running performance and maximal oxygen uptake after long-term training in elite athletes. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness* 45 (4), 435–40.
- Lichtwark, G. A., Bougoulias, K. & Wilson, A. M. 2007. Muscle fascicle and series elastic element length changes along the length of the human gastrocnemius during walking and running. *Journal of Biomechanics* 40 (1), 157–64.
- Lichtwark, G. A. & Wilson, A. M. 2007. Is achilles tendon compliance optimised for maximum muscle efficiency during locomotion? *Journal of Biomechanics* 40 (8), 1768–75.
- Lieberman, D. E., Venkadesan, M., Werbel, W. A., Daoud, A. I., D’Andrea, S., Davis, I. S., Mang’eni, R. O. & Pitsiladis Y. 2010. Foot strike patterns and collision forces in habitually barefoot versus shod runners. *Nature* 463 (7280), 531–5.
- Lorimer, A. V. & Hume, P. A. 2014. Achilles tendon injury risk factors associated with running. *Sports Medicine* 44 (10), 1459–72.
- Loudon, J. K. & Swift, M. 2016. The relationship between hip kinematics and iliotibial band syndrome (ITBS) in long distance runners: a critically appraised topic. *Human Kinetics Journals* 21 (4), 5–11.
- Louw, M. & Deary, C. 2014. The biomechanical variables involved in the aetiology of iliotibial band syndrome in distance runners - a systematic review of the literature. *Physical Therapy in Sport: Official Journal of the Association of Chartered Physiotherapists in Sports Medicine* 15 (1), 64–75.
- Lucia, A., Esteve-Lanao, J., Oliván, J., Gómez-Galleno, F., San Juan, A. F., Santiago, C., Pérez, M., Chamorro-Viña, C. & Foster, C. 2006. Physiological characteristics of the best Eritrean runners—exceptional running economy. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism* 31 (5), 530–40.
- Lum, D. 2016. Effects of performing endurance and strength or plyometric training concurrently on running economy and performance. *National Strength and Conditioning Association* 38 (3), 26–35.
- Macera, C. A., Pate, R. R., Powell, K. E., Jackson, K. L., Kendrick, J. S. & Craven, T. E. 1989. Predicting lower-extremity injuries among habitual runners. *Archives of Internal Medicine* 149 (11), 2565–8. [tiivistelmä]

- MacInnis, M. J., & Gibala, M. J. 2017. Physiological adaptations to interval training and the role of exercise intensity. *The Journal of Physiology* 595 (9), 2915–30.
- Maffulli, N., Sharma, P. & Luscombe, K. L. 2004. Achilles tendinopathy: aetiology and management. *Journal of the Royal Society of Medicine* 97 (10), 472–76.
- Magnan, B., Bondi, M., Pierantoni, S. & Samaila, E. 2014. The pathogenesis of Achilles tendinopathy: A systematic review. *Foot and Ankle Surgery: Official Journal of the European Society of Foot and Ankle Surgeons* 20 (3), 154-9.
- Magness, S. 2014. *The science of running: how to find your limit and train to maximize your performance*. 1. painos. New York: Oxford University Press.
- Malliaras, P., Barton, C., Reeves, N. & Langberg, H. 2013. Achilles and patellar tendinopathy loading programmes. *Sports Medicine* 43 (4), 267–86.
- Maughan, R. & Gleeson, M. 2010. *The biochemical basis of sports performance*. 2. painos. New York: Oxford University Press.
- Marniemi, A. & Ilander, O. 2008. Rasvat. Teoksessa Ilander, O., Borg, P., Laaksonen, M., Mursu, J., Ray, C., Pethman, K. & Marniemi, A. (toim.) *Liikuntaravitsemus*. 2. painos. Lahti: VK-kustannus Oy, 91–112.
- Marti, B., Vader, J. P., Minder, C. E. & Abelin, T. 1988. On the epidemiology of running injuries. The 1984 Bern Grand-Prix study. *American Journal of Sports Medicine* 16 (3), 285–94.
- Matomäki, P. 2020. Yksilöllisyys ja vasteet kestävyysharjoittelussa. Viitattu 14.04.2020. http://www.kuntopolku.com/wp-content/uploads/2020/03/Matom%C3%A4ki_Yksil%C3%B6llisyys.pdf
- Mero, A., Komi, P. V. & Gregor, R. J. 1992. Biomechanics of sprint running. A review. *Sports Medicine* 13 (6), 376–92.
- Mero, A., Nummela, A., Keskinen, K. L. & Häkkinen, K. 2007. *Urheiluvalmennus*. 2. painos. Lahti: VK-Kustannus Oy.
- Mikkola, J., Rusko, H., Nummela, A., Pollari, T. & Häkkinen, K. 2007. Concurrent endurance and explosive type strength training improves neuromuscular and anaerobic characteristics in young distance runners. *International Journal of Sports Medicine* 28 (7), 602–11.

- Millet, G. P., Jaouen, B., Borrani, F. & Candau, R. 2002. Effects of concurrent endurance and strength training on running economy and $\dot{V}O_2$ kinetics. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 34 (8), 1351–9.
- Moore, I. S. 2016. Is there an economical running technique? A review of modifiable biomechanical factors affecting running economy. *Sports Medicine* 46 (6), 793–807.
- Moore, I. S. & Jones, A. M. & Dixon, S. J. 2012. Mechanisms for improved running economy in beginner runners. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 44 (9), 1756–63.
- Mooses, M. & Hackney, A. C. 2017. Anthropometries and body composition in east african runners: potential impact on performance. *International Journal of Sports Physiology and Performance* 12 (4), 422–30.
- Morin, J. B., Samozino, P., Zameziati, K. & Belli, A. 2007. Effects of altered stride frequency and contact time on leg-spring behavior in human running. *Journal of Biomechanics* 40 (15), 3341–8.
- Munekani, I. & Ellapen, T. J. 2015. Does concurrent strength and endurance training improve endurance running? A systematic review. *African Journal for Physical Health Education, Recreation and Dance* 21 (1), 46–58.
- Newman, P., Witchalls, J., Waddington, G. & Adams, R. 2013. Risk factors associated with medial tibial stress syndrome in runners: a systematic review and meta-analysis. *Open Access Journal of Sports Medicine* 13, 229–42. doi: 10.2147/OAJSM.S39331
- Nielsen, R. G., Rathleff, M. S., Simonsen, O. H. & Langberg, H. 2009. Determination of normal values for navicular drop during walking: a new model correcting for foot length and gender. *Journal of Foot and Ankle Research* 7;2;12 doi: 10.1186/1757-1146-2-12.
- Nielsen, R. O., Buist, I., Sørensen, H., Lind, M. & Rasmussen, S. 2012. Training errors and running related injuries: a systematic review. *International Journal of Sports Physical Therapy* 7 (1), 58–75.
- Noehren, B., Davis, I. & Hamill, J. 2007. Prospective study of the biomechanical factors associated with iliotibial band syndrome. *Clinical Biomechanics (Bristol, Avon)* 22 (9), 951–6.
- Novacheck, T. F. 1998. The biomechanics of running. *Gait & Posture* 7 (1), 77–95.

- Nummela, A. 2007a. Aerobisen kestävyuden suorat mittausmenetelmät. Teoksessa K. L. Keskinen, K. Häkkinen & M. Kallinen (toim). Kuntotestauksen käsikirja. 2. uudistettu painos. Helsinki: Liikuntatieteellinen Seura ry., 64–78.
- Nummela, A. 2007b. Kestävyysuorituskykyä selittävät tekijät. Teoksessa K. L. Keskinen, K. Häkkinen & M. Kallinen (toim). Kuntotestauksen käsikirja. 2. uudistettu painos. Helsinki: Liikuntatieteellinen Seura ry., 51–9.
- Nummela, A. 2007c. Kuormitus- ja mittalaitteet. Teoksessa K. L. Keskinen, K. Häkkinen & M. Kallinen (toim). Kuntotestauksen käsikirja. 2. uudistettu painos. Helsinki: Liikuntatieteellinen Seura ry., 59–64.
- Nummela, A. 2019. Nuoren juoksija-hiihtäjä Eemil Helanderin harjoittelu. *Huippu-Urheilu-Uutiset* 4, 22–6.
- Nummela, A. & Häkkinen, K. 2016. Kestävyysharjoittelu ja voimaharjoittelu kestävyyslajeissa. Teoksessa A. Mero, A. Nummela, S. Kalaja & K. Häkkinen (toim). *Huippu-urheiluvalmennus: teoria ja käytäntö päivittäisvalmennuksessa*. Lahti: VK-Kustannus Oy, 272-294.
- Nummela, A., Keränen, T. & Mikkelsen, L. O. 2007. Factors related to top running speed and economy. *International Journal of Sports Medicine* 28 (8), 655–61.
- Nummela, A. T., Paavolainen, L. M., Sharwoor, K. A., Lambert, M. I., Noakes, T. D. & Rusko, H. K. 2006. Neuromuscular factors determining 5 km running performance and running economy in well-trained athletes. *European Journal of Applied Physiology* 97 (1), 1–8.
- Paavolainen, L., Häkkinen, K., Hämäläinen, I., Nummela, A. & Rusko, H. 1999. Explosive-strength training improves 5-km running time by improving running economy and muscle power. *Journal of Applied Physiology* (Bethesda, Md.: 1985) 86 (5), 1527–33.
- Paavolainen, L. Nummela, A. & Rusko, H. 2000. Muscle power factors and Vo₂max as determinants of horizontal and uphill running performance. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 10 (5), 286–91.
- Peltonen, J. 2017. Cardiac adaptation to endurance exercise. Esitelmä 12.10.2017. 18th International Symposium – Mechanisms of adaptation to exercise training, Jyväskylä.

- Peters, J. A., Zwerver, J., Diercks, R. L., Elferink-Gemser, M. T. & van der Akker-Scheek, I. 2016. Preventive interventions for tendinopathy: a systematic review. *Journal of Science & Medicine in Sport* 19 (3), 205–11.
- Pethman, K. & Ilander, O. Ruoka ja ruokavalion koostaminen. Teoksessa Ilander, O., Borg, P., Laaksonen, M., Mursu, J., Ray, C., Pethman, K. & Marniemi, A. (toim.) *Liikuntaravitsemus*. 2. painos. Lahti: VK-kustannus Oy, 19–34.
- Piacetini, M. F., De Ioannon, G., Comotto, S., Spedicato, A., Vernillo, G. & La Torre, A. 2013. Concurrent strength and endurance training effects on running economy in master endurance runners. *Journal of Strength and Conditioning Research* 27 (8), 2295–303.
- Potgieter, S. 2013. Sport nutrition: A review of the latest guidelines for exercise and sport nutrition from the american college of sport nutrition, the international olympic committee and the international society for sports nutrition. *South African Journal of Clinical Nutrition* 26 (1), 6–16.
- Rabadán, M., Diaz, V., Calderon, F., Benito, P. J., Peinado, A. B. & Maffulli, N. 2011. Physiological determinants of speciality of elite middle- and long-distance runners. *Journal of Sports Sciences* 29 (9), 957–964.
- Ravitsemusneuvottelukunta. 2014. Terveyttä ruoasta: Suomalaiset ravitsemussuositukset 2014. Viitattu 28.11.2017. https://www.evira.fi/globalassets/vrn/pdf/ravitsemussuositukset_2014_fi_web.3_es-1.pdf
- Roberts, T. J. 2002. The integrated function of muscles and tendons during locomotion. *Comparative Biochemistry and Physiology. Part A, Molecular & Integrative Physiology* 133 (4), 1087–99.
- Roberts, T. J., Kram, R. & Weyand, P. G. & Taylor, C. R. 1998. Energetics of bipedal running. I. Metabolic cost of generating force. *Journal of Experimental Biology* 201, 2745–51.
- Robinson, D. M., Robinson, S. M., Hume, P. A. & Hopkins, W. G. 1991. Training intensity of elite male distance runners. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 23 (9), 1078–82.
- Rockwell, M. S., Rankin, J. W. & Dixon, H. 2003. Effects of Muscle Glycogen on Performance of Repeated Sprints and Mechanisms of Fatigue. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism* 13 (1), 1–14.

- Rønnestad, B. R., Hansen, E. A. & Raastad, T. 2010. In-season strength maintenance training increases well-trained cyclists' performance. *European Journal of Applied Physiology* 110 (6), 1269–82.
- Rønnestad, B. R. & Mujika, I. 2014. Optimizing strength training for running and cycling endurance performance: A review. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 24 (4), 603–12.
- Saragiotto, B., Yamato, T., Hespanhol Junior, L., Rainbow, M., Davis, I. & Lopes, A. 2014. What are the main risk factors for running-related injuries? *Sports Medicine* 44 (8), 1153–63.
- Sato, K. & Mokha, M. 2009. Does core strength training influence running kinetics, lower-extremity stability, and 5000-m performance in runners? *Journal of Strength and Conditioning Research* 23 (1), 133–40.
- Satyendra, L. & Byl, N. 2006. Effectiveness of physical therapy for Achilles tendinopathy: An evidence based review of eccentric exercises. *Isokinetics & Exercise Science* 14 (1), 71–80.
- Saunders, P. U., Telford, R. D., Pyne, D. B., Peltola, E. M., Cunningham, R. B., Gore, C. J. & Hawley, J. A. 2006. Short-term plyometric training improves running economy in highly trained middle and long distance runners. *Journal of Strength and Conditioning Research* 20 (4), 947–54.
- Sedano, S., Marín, P. J., Guadrado, G. & Redondo, J. C. 2013. Concurrent training in elite male runners: the influence of strength versus muscular endurance training on performance outcomes. *Journal of Strength and Conditioning Research* 27 (9), 2433–43.
- Seiler, S., Haugen, O. & Kuffel, E. 2007. Autonomic recovery after exercise in trained athletes: intensity and duration effects. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 39 (8), 1366–73.
- Selvanetti, A., Cipolla, M. & Puddu, G. 1997. Overuse tendon injuries: basic science and classification. *Operative Techniques in Sports Medicine* 5 (3), 110–17.
- Semciw, A., Neate, R. & Pizzari, T. 2016. Running related gluteus medius function in health and injury: a systematic review with meta-analysis. *Journal of Electromyography & Kinesiology* 30, 98–110.

- Snyder, K. R., Earl, J. E., O'Connor, K. M. & Ebersole, K. T. 2009. Resistance training is accompanied by increases in hip strength and changes in lower extremity biomechanics during running. *Clinical Biomechanics* (Bristol, Avon) 24 (1), 26–34.
- Spurrs, R. W., Murphy, A. J. & Watsford, M. L. 2003. The effect of plyometric training on distance running performance. *European Journal of Applied Physiology* 89 (1), 1–7.
- Stellingwerff, T., Maughan, R. J. & Burke, L. M. 2011. Nutrition for power sports: middle-distance running, track cycling, rowing, canoeing/kayaking, and swimming. *Journal of Sports Sciences* 29, 79–89.
- Støren, O., Helgerud, J. & Støa, E. M. & Hoff, J. 2008. Maximal strength training improves running economy in distance runners. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 40 (6), 1087–92.
- Svedenhag, J. & Sjödin, B. 1985. Physiological characteristics of elite male runners in and off-season. *Canadian Journal of Applied Sport Sciences* 10 (3), 127–33.
- Teng, H. L. & Powers, C. M. 2016. Hip-extensor strength, trunk posture, and use of the knee-extensor muscles during running. *Journal of Athletic Training* 51 (7), 519–24.
- Thacker, S. B., Gilchrist, J., Stroup, D. F. & Kimsey, C. D. 2002. The prevention of shin splints in sports: a systematic review of literature. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 34 (1), 32–40.
- Tillin, N. A. & Folland, J. P. 2014. Maximal and explosive strength training elicit distinct neuromuscular adaptations, specific to the training stimulus. *European Journal of Applied Physiology* 114 (2), 365–74.
- Tjelta, L. I. 2016. The training of international level distance runners. *International Journal of Sports Science & Coaching* 11 (1), 122–34.
- Tjelta, L. I. 2019. Three Norwegian brothers all European 1500 m champions: What is the secret? *International Journal of Sports Science & Coaching*, 7 sivua. doi: 10.1177/1747954119872321
- Tjelta, L. I. & Shalfawi, S. A. 2016. Physiological factors affecting performance in elite distance runners. *Acta Kinesiologiae Universitatis Tartuensis* 22, 7–19.
- Tonoli, D. C., Cumps, E., Aerts, I., Verhagen, E. & Meeusen, R. 2010. Incidence, risk factors and prevention of running related injuries in long-distance running: a systematic review. *Sport & Geneeskunde* 43 (5), 12–18.

- Turner, A. M., Owgins, M. & Schwane, J. A. 2003. Improvement in running economy after 6 weeks of plyometric training. *Journal of Strength and Conditioning Research* 17 (1), 60–7.
- Uusitalo, A. 2016. Urheilijan terveyden ylläpito. Teoksessa A. Mero, A. Nummela, S. Kalaja & K. Häkkinen (toim.) *Huippu-urheiluvalmennus: teoria ja käytäntö päivittäisvalmennuksessa*. Lahti: VK-Kustannus Oy, 656–6.
- van der Worp, M. P., van der Horst, N., de Wijer, A., Backx, F. J. & Nijhuis-van der Sanden, M. W. 2012. Iliotibial Band Syndrome in Runners. *Sports Medicine* 42 (11), 969–92.
- Videbæk, S., Bueno, A. M., Nielsen, R. O. & Rasmussen, S. 2015. Incidence of running-related injuries per 1000 h of running in different types of runners: a systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine* 45 (7), 1017–26.
- Vorup, J., Tybirk, J., Gunnarsson, T. P., Ravnholt, T., Dalsgaard, S. & Bangsbo, J. 2016. Effect of speed endurance and strength training on performance, running economy and muscular adaptations in endurance-trained runners. *European Journal of Applied Physiology* 116 (7), 1331–4.
- Vuorimaa, T. 2016. Kestävyysjuoksun lajiansalyysi ja valmennuksen ohjelmointi. Teoksessa A. Mero, A. Nummela, S. Kalaja & K. Häkkinen (toim.) *Huippu-urheiluvalmennus: teoria ja käytäntö päivittäisvalmennuksessa*. Lahti: VK-Kustannus Oy, 472-490.
- Vuorimaa, T. 2019. 800 m on nopeusreversimatka. *Huippu-Urheilu-Uutiset* 4, 28–31.
- Walter, S. D., Hart, L. E., McIntosh, J. M. & Sutton, J. R. 1989. The ontario cohort study of running-related injuries. *Archives on Internal Medicine* 149 (11), 2561–4.
- Warden, S. J., Davis, I. S. & Fredericson, M. 2014. Management and prevention of bone stress injuries in long-distance runners. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy* 44 (10), 749–65.
- Winters, K. K., Kostishak, N., McLeod, T. V. & Welch, C. E. 2014. Treatment of medial tibial stress syndrome: a critical review. *Human Kinetics Journals* 19 (4), 27–31.
- Ylinen, J. 2010. *Venytystekniikat: lihas-jännesysteemi. 2. uusittu painos*. Muurame: Medireha-book kustannus Oy.
- Zadpoor, A. A. & Nikooyan, A. A. 2011. The relationship between lower-extremity stress fractures and the ground reaction force: A systematic review. *Clinical Biomechanics (Bristol, Avon)* 26 (1), 23–8

