

Jussi Naukkarinen

Henkiihieveriin juokseminen

Liikunnan hyödylliset vaikutukset ovat hyvin tunnettuja. Kuitenkin esimerkiksi maratonjuoksun tyyppi-ssä ääri-tilanteissa keho joutuu koville, ja tilannetta hankaloittaa usein erityisesti lämpimällä säällä nestehukka sekä ylikuumeneminen. Pitkittyneen ääri-tilanteen on näytetty johtavan akuutisti elektrolyyttihäiriöihin, troponiinipäästöön ja sydänfilmiin muutoksiin, jotka voivat näyttää sydäninfarktilta. Ääri-tilanteissa sydämen oikea puoli kuormittuu vasenta puolta helpommin. Esittelen tapaus- selostuksessa Helsinki City Running -tapahtuman yhteydessä hoidetun potilasryppään. Tyyppipotilas oli perusterve nuori mies, jolla päivystykseen saapuessa todettiin hypertermia, pahoinvointia, leukosytoosi, suurentuneet kreatiniini- ja troponiinipitoisuudet sekä kuormitusmuutoksia EKG:ssa, jotka voivat vaikuttaa sydäninfarktilta ja keuhkoembolialtakin.

Ihmisen keho on evoluution myötä kehitty-nyt sietämään pitkäkestoista juoksemista kenties paremmin kuin minkään muun nisäkkään. Olemme myös levinneet ympäri maapalloa laajemmalle alueelle kuin mikään muu eläinlaji. Fysiologiamme on siis varsin joustava ja kykenee sopeutumaan lukemattomiin eri rasi-tiloihin sekä ympäristöihin. Sopeutumiskyky ei kuitenkaan ole loputon ja erityisesti harjaantumattomat henkilöt saattavat törmätä rajoihin muita helpommin. Yhä useampi har- rastelijajuoksija osallistuu nykyään suosittuihin juoksukilpailuihin, joissa kehoon kohdistuva rasitus saattaa olla liikaa elimistölle. Tuolloin ylikuumeneminen ja nestehukka voivat yllättää juoksijan, mikä johtaa vaikeaan uupumiseen tai pyörtymiseen.

Levossa tyyppillinen sydämen pumppaaman veren minuuttitilavuus on noin viisi litraa. Rasi-tilanteissa tämä voi kuitenkin nousta ammat- tiurheilijoilla jopa 35 litraan minuutissa – jopa seitsenkertaiseksi. Vasen kammio pumppaa veren läpi koko systeemiverenkierron, jolla on kokonsa ansiosta merkittävät reservit vastuksen vähentämiseen ja komplianssin lisäämiseen. Sen sijaan oikea kammio pumppaa saman tila- vuuden verta yksinomaan keuhkoverenkierron

läpi. Se on levossakin jo lähes maksimaalisesti perfusoitu, ja näin ollen keuhkoverenkierrolla on merkittävästi pienempi kapasiteetti vastuk- sen ja komplianssin säätelyyn. Tämä epäsuhta johtaa siihen, että rasi-tilanteissa sydämen oikea puoli kuormittuu suhteellisesti vasempaa huomattavasti enemmän (1).

Tyyppillisimmin troponiinimääritystä käytetään sydänlihaskuormituksen diagnosoimiseen sydäninfarktin yhteydessä, mutta troponiini- pitoisuudet suurenevat myös sydänlihaskuormi- tuksessa, sydäntä kuormittavassa keuhkoem- boliassa tai sydänruuhjeessa. Lisäksi jo 30 mi- nuuttia kestänyt, voimakas fyysinen rasitus voi johtaa troponiinipäästöön (2). Maratonjuok- sijoilla tehdyissä tutkimuksissa on osoitettu kilpajuoksun jälkeisten troponiinipitoisuuksien suurentuvan 80–100 % (3,4). Fyysisen rasi- tuksen aiheuttaman troponiinipäästön täsmällinen mekanismi on huonosti ymmärretty, mutta eh- dotettujen mekanismien joukossa ovat muun muassa sydänlihaksen lamaantuminen (myo- cardiac stunning), solukalvojen läpäisevyyden hetkellinen muuttuminen, mutta myös sydän- lihaskuormitus (5).

Maratonjuoksijoiden EKG-nauhoituksia on myös tutkittu. Yleisimpiä löydöksiä olivat ur-

TAULUKKO. Päivystykseen päätyneiden potilaiden valikoituja tutkimustuloksia ja sydänfilmin tulkinta.

Potilas	Sukupuoli	Lämpö	Leuk	Gluk	Krea	Tnl	Myogl	EKG
1	mies	39,4	20,3	5,7	167	1678	3057	S1Q3T3, ER
2	mies	40,0	21,0	4,1	143	192	1396	normaali
3	mies	40,9	23,8	2,5	155	–	–	S1Q3T3
4	mies	37,7	28,0	–	137	–	–	S1Q3T3
5	nainen	40,0	20,8	4,8	105	122	–	normaali
6	nainen	39,4	16,7	7,2	108	–	–	normaali
7	mies	36,9	22,4	5,1	185	–	–	S1Q3T3
8	mies	37,7	19,6	4,7	99	398	524	S1Q3T3, LVH, ER

ER = varhainen repolarisaatio, Gluk = verensokeri (mmol/l), Krea = kreatiniini (μmol/l), Leuk = valkosolut (E9/l), LVH = vasemman kammion hypertrofia, Lämpö = ensimmäinen mitattu kehonlämpö °C, Myogl = myoglobiini (μg/l), Tnl = troponiini I (ng/l). Puuttuva mittaus merkattu viivalla. S1Q3T3 = S-aalto raajakytkenässä I, Q-aalto ja T-inversio raajakytkenässä III.

heilijoille tyypillinen sinusbradykardia, vasemman kammion hypertrofiaan viittaavat muutokset (LVH), eteisten laajenemiseen viittaavat P-aallon muutokset ja varhainen repolarisaatio, joka saattoi korostua kilpajuoksun päätteeksi otetussa EKG:ssa (6,7).

Omat potilaat

Helsingissä järjestettiin 18.05.2019 Helsinki City Running -juoksutapahtuma, ja siihen osallistui järjestäjien mukaan yli 15 000 juoksijaa. Matkat vaihtelivat lasten kilometrin pituisesta minimaratoniasta aina 63,3 km:n pituiseen ”Double” maratoniin, jossa osallistujat juoksivat sekä koko- että puolimaratonin. Päivä oli aurinkoinen, ja lämpötila Helsingissä nousi 22 asteeseen. Tapahtuman ensiapupisteillä hoidettujen juoksijoiden lisäksi kahteen pääkaupunkiseudun kiireiseen päivystyspisteeseen päätyi kahdeksan perustervettä juoksijaa. Päivystyksessä hoidetuista juoksijoista kuusi oli miehiä ja kaksi naisia. Mediaani-ikä oli 28,5 vuotta (vaihteluväli 23–45 vuotta). Osa tuotiin päivystykseen ambulanssilla, osa saattajan tuomana. Tulosityksi potilaille oli tyypillisesti kirjattu lyyhistyminen, pyörtäminen, uupuminen, sekavuus, heikotus tai oksentelu. Rintakipua ei ollut yhdelläkään potilaista mainittu oireena.

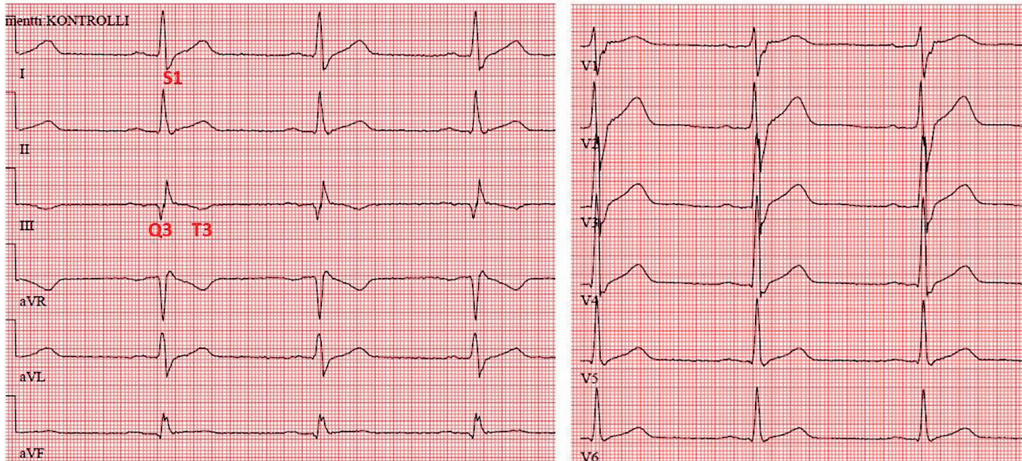
TAULUKKON on kerätty potilaiden valikoituja tutkimustuloksia. Kaikista potilaista tutkittiin verenkuva, EKG ja kehonlämpö. Puolelta potilaista oli EKG-muutosten takia myös määritetty troponiini I (Tnl) -pitoisuus ja kolmesta potilaasta lisäksi verinäytteen myoglobiinipitoisuus. Hypertermian lisäksi on huomionarvoista, kuinka laajalti poikkeavia potilaiden laboratoriotulokset olivat. Kaikkien tutkittujen Tnl-pitoisuudet olivat selvästi yli vii-

tearvojen ja samoin kreatiniinimittaukset olivat selvästi poikkeavia (pois lukien yhdellä, usean tunnin viiveellä päivystykseen hakeutuneella hoikalla potilaalla). Hyponatremiaa ei tutkituilla esiintynyt. EKG-muutoksista silmään pistävin oli yli puolella potilaista havaittu erias- teinen oikean puolen akuuttia kuormitusta kuvastava S1Q3T3-morfologia (**KUVA**). Yhden potilaan kohdalla tämä klassisesti keuhkoemboliaan liitetty löydös joh- ti myös D-dimeerin määrittämiseen, ja kun myös se oli yli viitearvon, myös keuhkojen varjoainetehostaiseen TT:hen. Mitään keuhkoemboliaan viittaavaa täyt- tödefektiä ei kuvantamisessa tullut esille. QT-ajat ja T- aallon morfologia olivat normaaleja kaikilla potilailla. EKG-muutokset ja Tnl-päästöt poikivat useamman kon- sultaatiopuhelun päivystävälle kardiologille.

Potilaiden vointi koheni nopeasti runsaalla nestey- tyksellä, ja suurin osa kotiutui alle yhden vuorokauden seurannan jälkeen. Suurimmalle osalle potilaista kont- rollikokeita ei nähty tarpeellisiksi, mutta niillä muuta- malla potilailla, joilla kontrollikokeita otettiin, laborato- riokokeiden poikkeavuudet normalistuivat nopeasti. Kahdelle potilaalle ohjelmointiin jatkossa rasisutkoe.

Pohdinta

Päivystykseen päätyneiden potilaiden Tnl- päästöt johtuivat poikkeavan rankasta fyysisestä rasituksesta. Lämpimässä säässä juoksemisen, runsaan hikoilun ja liian vähäisen nesteytyksen aiheuttaman kuivuman takia kreatiniinipitoi- suudet olivat selvästi suurentuneet. Nestey- tyksen myötä tämän tyyppinen akuutti munu- aisvaurio korjaantuu yleensä nopeasti. Kaikilla



KUVA. Päivystykseen tuodun miespuolisen potilaan sydänfilmi. Oikean puolen kuormitusta kuvastavat S1Q3T3-muutokset merkitty kuvaan. Rintakytkennoissä varhaista repolarisaatiota. Troponiinimääritystä ei potilaasta tehty, mutta D-dimeeri oli suurentunut ja johti varjoainetehosteiseen TT:hen. Kuvantamistutkimuksessa löydökset olivat normaalit.

tutkituilla potilailla oli merkittävä leukosytoosi (mediaani 20,8 E⁹/l) ilman infektiota. Kuten troponiinipäästö, myös voimakas leukosytoosi on tunnettu rankan fyysisen rasituksen aikaansaama akuutti muutos laboratoriotutkimuksissa. Sen on näytetty riippuvan suoraan fyysisen rasituksen rankkuudesta (8). Rasituksen aikainen sympaattisen hermoston voimakas aktivoituminen mobilisoi valkosoluja (lymfo- ja monosyyttejä) erityisesti lymfaattisesta järjestelmästä ja sen elimistä. Samalla mekanismilla selittyy myös kovan kivun aikaansaama leukosytoosi, joka joskus voi harhauttavasti muistuttaa infektioon liittyvää samaa ilmiötä (9).

EKG:ssa monella havaittu S1Q3T3-morfologia (S-aalto raajakytkennässä I, Q-aalto ja T-inversio raajakytkennässä III) liitetään klassisesti sydämen oikeaa puolta kuormittavaan keuhkoemboliaan. Vaikka kirjallisuudessa kuvataan myös kovan fyysisen rasituksen aiheuttavan ohimenevää sydämen oikean puolen kuormittumista (1), ei tähän akuutisti liittyvästä EKG:n S1Q3T3-morfologiasta löytynyt hauilla aiempia julkaisuja. Potilaat olivat nuorehkoja ja perusterveitä, joten vertailusydänfilmejä ei löytynyt. On kuitenkin loogista olettaa S1Q3T3-morfologian liittyneen rasitukseen, koska sen tiedetään liittyvän oikean puolen kuormitukseen ainakin keuhkoembolian yh-

teydessä ja samoin kovassa rasituksessa sydämen oikean puolen tiedetään kuormittuvan. Aiemmin julkaistuissa maratonjuoksijoiden EKG-tutkimuksissa nämä oli tehty jopa 20 tuntia kilpailun jälkeen (6), joten on mahdollista, että akuutit kuormitusmuutokset olivat jo ehtineet tuohon mennessä normaalistua. Toisin kuin tämän tapausselostuksen potilaat, tutkitut juoksijat eivät myöskään olleet rasittuneet pyörtymiseen saakka. On hyvä myös muistaa, että hypertermiaan voi liittyä monia epäspesifisiä EKG-muutoksia, kuten takykardiaa, ST-nousuja, T-aallon inversioita ja QT-ajan pitene- mistä (10).

Lopuksi

Poikkeuksellisen vaativan fyysisen suorituksen takia huonovointisena päivystykseen päätnyt potilas voi haastaa klinikon diagnostiset taidot. Jos päivystävä lääkäri ei tunne yllä mainittuja kovaan rasitukseen mahdollisesti liittyviä löydöksiä, tämä voi aiheuttaa ahdistusta niin potilaassa kuin päivystäjässäänkin. Virheellisesti tulkitut tutkimustulokset voivat myös johtaa turhiin jatkotutkimuksiin ja hoitoihin sydäninfarktin, keuhkoembolian tai infektion epäilyn vuoksi. Näissä tapauksissa korostuu kaikkien oireiden ja löydösten sekä hyvän anamneesin ottamisen

tärkeys (riskitekijät!) ja näiden suhteuttaminen kokonaistilanteeseen. On kuitenkin tärkeä pitää mielessä, että rasituksen yhteydessä pyörtyneen potilaan kohdalla täytyy myös osata epäillä arytmiaperäistä syytä pyörtymiselle. Mikäli lepo-EKG:ssa havaitaan huolestuttavia muutoksia (esimerkiksi pidentynyt QT-aika, delta-aalto, iskemiaa), mikäli potilas on aiemminkin rasituksen yhteydessä pyörtynyt, tai mikäli lä-

hisuvussa on esiintynyt äkkikuolemia, ovat jatkotutkimukset aiheellisia ennen urheiluharrastuksen jatkamista. Ylivoimaisesti suurimmalle osalle ihmisistä urheilu on kuitenkin sydänterveyden puolesta suotuisaa, ja rankempaankin rasitukseen kuten maratonjuoksuun voi osallistua. Täytyy kuitenkin muistaa harjaantua, huolehtia asianmukaisesta nesteytyksestä ja tuntea omat rajansa! ■

KIRJALLISUUTTA

1. La Gerche A, Heibüchel H, Burns AT, ym. Disproportionate exercise load and remodeling of the athlete's right ventricle. *Med Sci Sports Exerc* 2011;43:974–81.
2. Shave R, George KP, Atkinson G, ym. Exercise-induced cardiac troponin T release: a meta-analysis. *Med Sci Sports Exerc* 2007;39:2099–106.
3. Agewall S, Giannitsis E, Jernberg T, ym. Troponin elevation in coronary vs. non-coronary disease. *Eur Heart J* 2011;32:404–11.
4. Eijvogels TM, Shave R, van Dijk A, ym. Exercise-induced cardiac troponin release: real-life clinical confusion. *Curr Med Chem* 2011;18:3457–61.
5. Jaffe AS. Troponin – past, present and future. *Curr Probl Cardiol* 2012;37:209–28.
6. Martin-Beaulieu JP, Myrick KM, Martin T, ym. Common electrocardiogram variations pre- and post-marathon. *Clin Case Rep* 2016;4:944–7.
7. Minns AB, McFarland C, Strachan M, ym. Electrocardiogram and echocardiogram findings in runners completing a half marathon. *Am J Emerg Med* 2011;29:1182–7.
8. Neves PRDS, Tenório TRDS, Lins TA, ym. Acute effects of low- and high-intensity exercise bouts on leukocyte counts. *J Exerc Sci Fit* 2015;13:24–8.
9. Bellinger DL, Millar BA, Perez S, ym. Sympathetic modulation of immunity: relevance to disease. *Cell Immunol* 2008; 252:27–56.
10. Hardik H, Giudici MC. The EKG in hypothermia and hyperthermia. *J Electrocardiol* 2015;48:203–9.

JUSSI NAUKKARINEN, LKT, kardiologian erikoislääkäri
HYKS Sydän- ja keuhkokeskus

VASTUUTOIMITTAJA
Niina Matikainen

SIDONNAISUUDET

Jussi Naukkarinen: Luentopalkkio/asiantuntijapalkkio (Boston Scientific), korvaukset koulutus- ja kongressikuluista (Boston Scientific, St. Jude Medical, Bayer, Bristol-Myers Squibb)

SUMMARY

Running to exhaustion

The beneficial effects of exercise are well established. Extreme exertion, such as running a marathon, however uniquely stresses the human physiology. This can be exasperated by dehydration and over-heating - especially in warm weather. Prolonged extreme exertion has been shown to cause electrolyte disturbances, elevations in troponin levels and ECG-changes that can mimic myocardial infarction. Extreme exertion disproportionately challenges the right ventricle. This case report describes a cluster of patients from the Helsinki City Running Day marathon. The typical patient was a young, healthy male presenting with hyperthermia, vomiting, leukocytosis, elevated creatinine and troponin levels as well as ECG changes that can mimic myocardial infarction and pulmonary embolism.