

Marjut Varpula, Piia Simonen, Jouni Nurmi, Jukka Lehtonen ja Ilkka Tierala

Mekaaniset elvytyslaitteet sydänpysähdyspotilaan kuljetuksessa ja sepelvaltimo-toimenpiteessä

Kammiovärinän syynä on useimmiten akuutti iskemia, jolloin rytmin stabiloituminen saattaa vaatia sepelvaltimotukoksen avaamisen. Mekaanisten elvytyslaitteiden avulla potilasta voidaan elvyttää samalla kun häntä kuljetetaan sairaalaan sepelvaltimotoimenpiteeseen. Kuvaamme kolme potilasta, joiden nopeasti aloitettu tehokas elvytys ja infarktsuonen välitön pallolaajennus johtivat erinomaiseen tulokseen. Mekaaninen elvytys oli olennainen tekijä hoidon onnistumisessa.

Akillinen sydänpysähdys sairaalan ulkopuolella johtaa ensihoidon hälytykseen Suomessa vuosittain 80–90 kertaa 100 000 asukasta kohden, ja näistä potilaista 50–65 %:a aletaan elvyttää (1,2,3). Vuoden kuluttua potilaista on elossa 13,4 % (1). Paras ennuste on potilailla, joiden alkurytminä on kammiovärinä ja joiden defibrillaatio toteutuu nopeasti. Kammiovärinäpotilaistakin on vuoden kuluttua elossa vain 33 %, ja 42 % potilaista menehtyy jo tapahtumapaikalla (1).

Merkittävä sepelvaltimoahtaus on 80 %:n kammiovärinäpotilaista kuolinsyy (4). Rytmin stabiloituminen vaatiikin joskus tukkeutuneen sepelvaltimon avaamisen. Mekaanisten elvytyslaitteiden kehittyminen mahdollistaa jatkuvassa kammiovärinässä olevan potilaan kuljettamisen sairaalaan, jossa sepelvaltimo voidaan avata elvytyksen jatkuessa. Elvytyksen Käypä hoito -suosituksessa sepelvaltimoiden varjoainekuvausta ehdotetaan harkittavaksi elvytyksen aikana, jos kammiovärinäpotilaan ennuste on muutoin hyvä, jos hänen kuljettamisensa samalla elvyttäen onnistuu ja jos vastaanottavassa yksikössä on välitön toimenpidevalmius. Tällaisessa tilanteessa päätös siirrosta pitäisi tehdä nopeasti, noin kymmenen minuutin kuluessa hoitoelvytyksen alusta (5).

Husin alueen viime vuonna päivitetyn ohjeistuksen mukaan kammiovärinäpotilas voidaan siirtää mekaanisen elvytyslaitteen avulla Meilahden sairaalaan välittömään pallolaajennukseen, mikäli kammiovärinä ei reagoi nopeasti alkuhoitoon. Tarvittaessa verenkiertoa avustetaan sairaalassa ECMO-hoidolla (veren kehonulkoisen happeuttaminen sydän-keuhkoneella). Toistaiseksi mekaaninen elvytyslaite on alueellamme käytössä lääkärihelikopterissa, ensihoidon kenttäjohtajilla sekä Helsingin lääkäriryksikössä. Meilahden sairaalan sydäntutkimusosastolla on kaksi laitetta.

Kuvaamme kolme potilasta, joiden siirrosta ja elvytyksessä käytettiin apuna mekaanista elvytyslaitetta. Yhden elvytystä avustettiin ECMO:lla (extracorporeal CPR, eCPR).

Omat potilaat

Potilas 1. Tupakoiva 47-vuotias mies oli ollut aiemmin terve. Hän valitti työpaikallaan voimakasta rintakipua, ja ensihoidon ottamassa EKG:ssä todettiin laaja-alaiset ST-nousut rintakytkennoissä. EKG:n ottamisen jälkeen potilas muuttui elottomaksi. Lähtörytminä todettiin kammiovärinä, ja elvytys aloitettiin defibrilloimalla, painelueelvytyksellä ja elvytyslääkkein.

Lääkäriryksikön saavuttua paikalle yhdeksän minuutin kuluttua sydänpysähdyksestä kammiovärinä jatkui.

Potilaalle aloitettiin välittömästi mekaaninen painelu-elvytys LUCAS-laitteella. Hänet intuboitiin ja kuljetettiin elvyttäen Meilahden sairaalaan. Potilaan spontaani verenkierto palautui seitsemännen defibrilloinnin jälkeen 30 minuuttia elottomuuden alusta.

Sepelvaltimoiden varjoainekuvauksessa todettiin vasemman sepelvaltimon tukos, joka avattiin pallolaajennuksella. Potilaan tajunta oli normaali pitkästä elvytyksestä huolimatta, minkä vuoksi viilennyshoitoa ei katsottu aiheelliseksi. Hengityskonehoito lopetettiin teho-osastolla samana iltana. Sydämen kaikukuvauksessa oli havaittavissa pieni liikehäiriö vasemman kammion kärjen alueella.

Potilaan tila koheni nopeasti, eikä neurologisia tai verenkierröllisiä ongelmia ilmennyt. Potilas kotiutui sairaalasta kuuden hoitopäivän jälkeen ja on palannut työhönsä.

Potilas 2. Viisikymmentävuotiaalla miehellä oli muutamaa kuukautta aiemmin todettu kivessyöpä ja paikallinen imusolmukemetastasointi. Kirurgisen hoidon jälkeen potilaalle oli aloitettu kuratiiviseen tulokseen tähtäävä solunsalpaajalääkitys. Kun potilas saapui hoitoon syöpäklinikkaan, hän oli huonovointinen ja valitti rintalastan takaista kipua. EKG:ssä todettiin laaja-alaiset ST-nousut alaseinä- ja rintakytkennoissä. Potilas siirrettiin Meilahden päivystykseen, jonne saavuttaessa potilas muuttui elottomaksi. Hänellä todettiin kammiovärinä.

Välitön defibrillaatio ei tuottanut perfusioivaa rytmiä, ja elvytyksen jatkuttua 20 minuutin ajan potilas siirrettiin manuaalisesti painellen angiolaboratorioon, jossa paine-lua jatkettiin mekaanisesti AutoPulse-laitteen avulla.

Pitkittyneen kammiovärinän vuoksi verenkierron tueksi asennettiin perifeerinen venoarteriaalinen ECMO-laite ennen angiografiaa kanyloimalla potilaan reisivaltimo ja -laskimo kaikukuvausohjatusti. ECMO-hoito alkoi elvytyksen kestätyä 57 minuuttia. Kammiovärinä jatkui edelleen, ja mekaanista paineluvylytystä jatkettiin ECMO:n ohella.

Sepelvaltimokuvauksessa todettiin oikean sepelvaltimon tyven tukos, joka hoidettiin pallolaajennuksella ja kahdella metallistentillä. Suonen distaaliosan verenvirtaus jäi huonoksi, ja kammiovärinä jatkui edelleen. Kolmenkymmenen defibrillaation jälkeen, kun elvytystilanne oli kestänyt kolme tuntia ja yhdeksän minuuttia, saavutettiin vakaa sinusrytmi ja potilas siirrettiin ECMO-laitteen kanssa teho-osastolle.

Teho-osastolla sedatiivisen lääkityksen lopettamisen jälkeen potilas heräsi asiallisena, ja hänet ekstuboitiin seuraavana aamuna eli alle vuorokauden kuluttua tapahtumasta. Kreatiiniakinaasin MB-fraktion pitoisuus oli suurentunut arvoon 362 µg/l, ja sydämen kaikukuvaus-uksessa todettiin inferoposteriorinen ja apikoseptaalinen hypokinesia, ejektiofraktio oli 35–40 %. ECMO-laite poistettiin neljän päivän kuluttua, ja potilas siirtyi sydänvalvonnan kautta vuodeosastolle.

Potilas kotiutui hyväkuntoisena 21 hoitopäivän jälkeen. Seurantakäynnillä sydämen systolisen toiminnan on havaittu palautuneen normaaliksi, ja potilas on palannut työhönsä. Potilaalle ei kehittyneet neurologisia puutoksia.

Potilas 3. Viisikymmentävuotiaalla miehellä ei astmaa lukuun ottamatta ollut sairauksia. Nurmikkoa leikatessa potilaalla alkoi puristava rintakipu, ja ensihoidon EKG:ssä todettiin ST-nousut alaseinäkytkennöissä. Ennen kuljetusta pallolaajennukseen potilas muuttui elottomaksi, ja rytminä todettiin kammiovärinä. Ensihoitohenkilöstö aloitti välittömästi elvytyksen, mutta koska kammiovärinä jatkui, potilaalle annettiin liuotushoito infarkti-suonen avaamiseksi.

Kun lääkärihelikopteri saapui, kammiovärinäkierte jatkui kuudestatoista defibrillaatiosta ja lääkkeitä huolimatta. Potilaalle aloitettiin mekaaninen paineluelvytys LUCAS-laitteella elvytyksen kestätyä 30 minuuttia, ja hänet siirrettiin helikopteriin nopeaa kuljetusta varten. Juuri ennen lentoa nousua potilaan oma spontaani verenkierto palautui. Tuolloin elottomuuden alusta oli kulunut 53 minuuttia.

Potilas kuljetettiin helikopterilla Meilahden sairaalaan, jossa havaittiin sepelvaltimoiden varjoainekuvauksessa oikean sepelvaltimon tyviosan tukos, joka hoidettiin pallolaajennuksella.

Toimenpiteen jälkeen potilas siirrettiin teho-osastolle viilennyshoitoon. Verenkierto säilyi vakaana, ja neurologinen tila kohentui nopeasti. Potilas kotiutui kolmentoista hoitovuorokauden jälkeen. Seurantakäynnillä sydämen kaikukuvaus-uksessa todettiin lievä sydämen alaseinän liikehäiriö ja neuropsykologisessa tutkimuksessa lievä muistitoimintoihin painottuva oireisto. Puolen vuoden kuluttua tapahtumasta potilas oli sairauslomalla, ja hänelle suunniteltiin ammatillista kuntoutusta.

Pohdinta

Kuvaamissamme tapauksissa nopeasti aloitettu tehokas elvytys ja infarkti-suonen välitön pallolaajennus johtivat erinomaiseen tulokseen. Mekaaninen elvytys oli olennainen tekijä hoidon onnistumisessa.

Nykyisten hoito-ohjeiden mukaan sydänpysähdyspotilaan sepelvaltimoiden toimenpidetarve arvioidaan 20 minuuttia sydämen käynnistymisen jälkeen otetusta EKG:stä. Välitön pallolaajennus on ST-nousuinfarktini ensisijainen hoitomuoto (6,7). Tiedetään kuitenkin, että EKG ei pysty luotettavasti sulkemaan pois merkittäväkään sepelvaltimoahtamaa sydänpysähdysten jälkeen, ja toisaalta lähes



KUVA 1. LUCAS-paineluelvytyslaite.



KUVA 2. AutoPulse-laite.

puolet kammiovärinäpotilaista menehtyy sydämen koskaan käynnistymättä, jolloin varhainen sepelvaltimotoimenpide elvytyksen aikana voisi pelastaa potilaan (1,4–9).

Elvytyksessä oleellista on sen laatu (10). Keskeytykset painelussa, riittämätön painelususyvyys ja suosituksia hitaampi taajuus ovat yhteydessä vähäisempään sepelvaltimoiden ja aivojen perfuusioon sekä huonompaan selviämiseen (10–13). Tehokas manuaalinen painelu on lähes mahdotonta potilaan siirtämisen tai toimenpiteiden aikana.

Ensimmäiset elvytyslaitteet kehitettiin jo 1960-luvulla. Laajin tutkimusnäyttö ja käyttökokemus on saatu AutoPulse- (Zoll, Yhdysvallat) ja LUCAS-laitteista (Lund University Cardiac Assist System, Physio Control, Yhdysvallat), jotka eroavat toimintaperiaatteiltaan (**KUVAT 1 ja 2**).

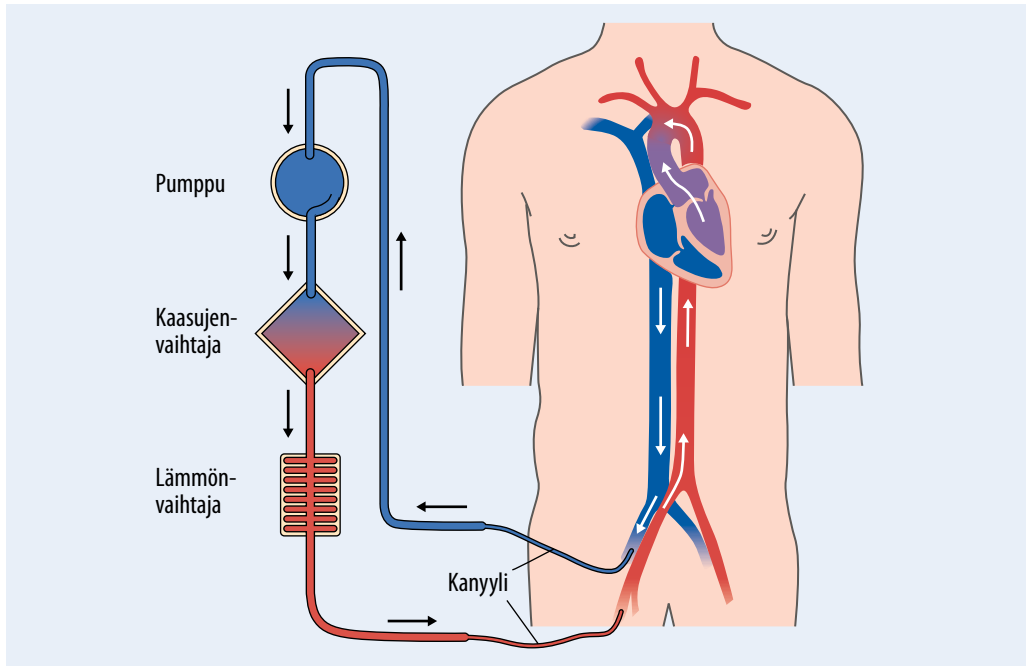
AutoPulse on akkukäyttöinen laite, joka puristaa rintakehää kasaan rintakehän ympärille asetetun leveän vyön avulla syklistä 80 kertaa minuutissa. LUCAS-paineluelvytyslaite toimii hydraulisella männällä, joka painaa potilaan rintalastaa 100 kertaa minuutissa. Mäntä kiinnittyy ihoon imukupilla, jolloin saavutetaan elvytystä tehostava aktiivinen rintakehän nostovaihe.

Eläintutkimuksissa on havaittu, että mekaaninen elvytys parantaa aivo- ja sepelvaltimoverenkiertoa manuaaliseen elvytykseen verrattuna (14,15), mutta samaa hyötyä ei ole todettu kliinisissä ennustetutkimuksissa (16–19). Elvytyslaitteiden vaikutusta sairaalan ulkopuolisissa elvytyksissä on tutkittu neljässä etenevässä satunnaistetussa tutkimuksessa, joissa on yhteensä yli 5000 potilasta (**TAULUKKO 1**). Näissä tutkimuksissa ei ole pystytty osoittamaan me-

TAULUKKO 1. Satunnaistetut tutkimukset paineluelvytyslaitteiden käytöstä sairaalan ulkopuolisissa elvytyksissä.

Tutkimus (viite)	Laite	Potilaat (n)	Lopputulospolu	Elossaolo-osuus
LINC (16)	LUCAS	1 300 L, 1 289 M	4 tunnin ellossaolo	23,6 % L, 23,7 % M
PaRaMeDIC (17)	LUCAS	1 562 L, 2 819 M	30 vrk:n ellossaolo	6 % L, 7 % M
ASPIRE (18)	AutoPulse	554 A, 517 M	4 tunnin ellossaolo	29,5 % A, 28,5 % M
CIRC (19)	AutoPulse	2 099 A, 2 032 M	Sairaalaselviytyminen	9,4 % A, 11 % M

L = LUCAS, A = AutoPulse, M = tavanomainen paineluelvytys



KUVA 3. Elvytyksen yhteydessä käytettävän perifeerisen venoarteriaalisen ECMO:n toimintaperiaate. Oikeassa eteisessä sijaitsevan kanyylin kautta vähähappinen laskimoveri ohjataan pumpun kautta happeuttimeen ja palautetaan tämän jälkeen valtimokiertoön laskevaan aorttaan.

kaanisen elvytyksen parantavan potilaiden selviämistä manuaaliseen elvytykseen verrattuna, mutta tutkimusasetelmiin eivät kuuluneet potilaan siirto sairaalaan mekaanisesti elvyttäen, elvytyksen aikainen erotusdiagnostiikka tai sydänpysähdyksen syyn kohdennettu hoito (16–19). Mekaaninen elvytys näyttäisi kuitenkin lisäävän selviytymisen todennäköisyyttä, jos potilaan verenkierto ei lyhyellä elvytyksellä palaudu, ja tuoreen meta-analyysin mukaan laitteet saattavat parantaa myös sairaalassa elvytettyjen potilaiden ennustetta (20,21). Takautuva analyysi mekaanisen elvytyksen käytöstä sepelvaltimotoimenpiteen aikaisen sydänpysähdyksen hoidossa viittaa myös mekaanisen elvytyksen hyötyyn (22). Uusimman elvytysuosituksen mukaan mekaanisia elvytyslaitteita ei suositella rutiinimaiseen käyttöön, mutta niiden käyttöä tulee harkita erityistilanteissa, kuten potilaan siirtojen ja toimenpiteiden aikana (5).

Elvytystä voidaan jatkaa mekaanisten laitteiden avulla keskeytyksettä koko sepelvaltimotoimenpiteen ajan. Laitteiden rakenne, röntgenpo-

TAULUKKO 2. Meilahden sairaalan ohjeistus kammiovärinäpotilaan ECMO-hoidon edellytyksistä.

Potilaalla ei ole tiedossa sydänsairauden lisäksi vakavia ennustetta heikentäviä sairauksia
Potilas soveltuu käytettävissä olevien tietojen perusteella sydämensiirtoon
Havaittu elottomuus
Lyhyt tavoittamisviive (alle 10 min)
Tehokas elvytys käynnissä
Oletettu perussyypalautuva ja todennäköisesti hoidettavissa
Potilas kuljetettavissa Meilahden sydäntutkimusosastolle niin, että häntä samalla tehokkaasti elvytetään
Koronaariangiografia järjestettävissä välittömästi
ECMO-laitteen nopea asentaminen mahdollista
Potilasta tarjottava riittävän nopeasti, 15–20 min värinäkierteen alusta
Lopullisen päätöksen hoitolinjasta tekevät kardiologi, sydänkirurgi ja anestesialääkäri potilaan saavuttua Meilahteen

sitiiviset osat ja painelun aiheuttama liike tekevät kuvauksesta teknisesti vaikean, mutta yleensä sepelvaltimotoimenpide on mahdollinen.

Mekaanisten laitteiden käyttöön on kuvattu liittyvän traumaattisia komplikaatioita, kuten kylkiluu- ja rintalastamurtumia, ihovaurioita ja yksittäisiä sisäelin-, aortta- ja sydänvaurioita. Etenevissä tutkimuksissa haittatapahtumien määrä ei kuitenkaan ole lisääntynyt verrattuna manuaaliseen elvytykseen (16–19). Oikeat elvytyslaitteiden käyttötavat ja oikea painelupaikka rintalastan päällä ovat ensiarvoisen tärkeitä komplikaatioiden välttämiseksi.

ECMO-laitteiden kehittyminen on lisännyt niiden käyttöä kardiogeenisen sokin ja elvytyksen yhteydessä (eCPR). On havaittu, että hoito voidaan aloittaa turvallisesti angiografiasalissa, päivystyksessä ja jopa sairaalan ulkopuolella (23). Elvytystilanteessa ECMO-hoito toteutetaan kanyloimalla potilaan reisivaltimo ja -laskimo, jolloin laskimoveri happeutetaan ECMO-laitteessa ja palautetaan pumpun avulla valtimokiertoon laskevaan aorttaan (**KUVA 3**). Toistaiseksi ECMO:n käytöstä elvytyksessä on julkaistu ainoastaan pieniä eteneviä seurattutkimuksia, tapausselostuksia ja takautuvia

kohorttitutkimuksia (24,25). Tuoreen meta-analyysin mukaan valikoiduissa potilasryhmissä ennuste ja neurologinen selviäminen ovat eCRP-elvytetyillä paremmat kuin tavanomaisesti elvytetyillä (26). Yksittäistapauksissa eCPR voi tulla kyseeseen myös elvytystilanteeseen johtaneen keuhkoembolian tai myrkytyksen yhteydessä.

Meilahden sairaalan ohjeistus ECMO-hoidon aloitukseen elvytystilanteessa esitetään **TAULUKOSSA 2**.

Lopuksi

Kuvaamamme tapaukset osoittavat, että elvytyspotilaan ennustetta voidaan parantaa. Aina-kin alueilla, joissa päivystyksellinen sepelvaltimotoimenpide on mahdollinen, on syytä arvioida elvytyksen hoitostrategiaa. Mikäli kyseessä on havaittu elottomuus, potilas tava- taan kammiovärinäessä ja arvioitu ennuste on muiden perustautien kannalta suotuisa, tulee päätös potilaan siirtämisestä sepelvaltimo- kuvaukseen mekaanista elvytyslaitetta samalla käyttäen tehdä riittävän nopeasti. ■

MARJUT VARPULA, LT, kardiologian erikoislääkäri
PIIA SIMONEN, dosentti, kardiologian erikoislääkäri
HYKS sydän- ja keuhkokeskus

JOUNI NURMI, dosentti, anestesiologian ja tehohoidon erikoislääkäri
HYKS akuutti

JUKKA LEHTONEN, dosentti, kardiologian erikoislääkäri
ILKKA TIERALA, LL, kardiologian erikoislääkäri
HYKS sydän- ja keuhkokeskus

SIDONNAISUUDET
Kirjoittajilla ei ole sidonnaisuuksia

SUMMARY

Mechanical compression devices for cardiac arrest: report of three cases

Mechanical compression devices enable transportation of patients with cardiac arrest to the catheterization laboratory. Coronary angiography and coronary interventions can be performed while the patients are being resuscitated with these devices. In this report, we describe three cases in whom resuscitation with mechanical compression devices and rapid transportation to the catheterization laboratory resulted in favorable cardiac and neurological outcome.

KIRJALLISUUTTA

1. Hiltunen P, Kuisma M, Silfvast T, ym. Regional variation and outcome of out-of-hospital cardiac arrest (ohca) in Finland – the Finnresusci study. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med* 2012;20:80.
2. Kuisma M, Määttä T. Out-of-hospital cardiac arrests in Helsinki: Utstein style reporting. *Heart* 1996;76:18–23.
3. Kämäräinen A, Virkkunen I, Yli-Hankala A, Silfvast T. Presumed futility in paramedic-treated out-of-hospital cardiac arrest: an Utstein style analysis in Tampere, Finland. *Resuscitation* 2007;75:235–43.
4. Silfvast T. Cause of death in unsuccessful prehospital resuscitation. *J Intern Med* 1991;229:331–5.
5. Elvytys. Käypä hoito -suositus. Suomalaisen Lääkäriseuran Duodecimin, Suomen Elvytysneuvoston, Suomen Anestesiologiyhdistyksen ja Suomen Punaisen Ristin asettama työryhmä. Helsinki: Suomalainen Lääkäriseura Duodecim 2016 [päivitetty 3.2.2016]. www.kaypahoito.fi.
6. Roffi M, Patrono C, Collet JP, ym. 2015 ESC Guidelines for the management of acute coronary syndromes in patients presenting without persistent ST-segment elevation: Task Force for the Management of Acute Coronary Syndromes in Patients Presenting without Persistent ST-Segment Elevation of the European Society of Cardiology (ESC). *Eur Heart J* 2016;37:267–315.
7. Task Force on the management of ST-segment elevation acute myocardial infarction of the European Society of Cardiology (ESC); Steg G, James SK, ym. ESC Guidelines for the management of acute myocardial infarction in patients presenting with ST-segment elevation. *Eur Heart J* 2012;33:2569–619.
8. Radsel P, Knafelj R, Kocjancic S, Noc M. Angiographic characteristics of coronary disease and postresuscitation electrocardiograms in patients with aborted cardiac arrest outside a hospital. *Am J Cardiol* 2011;108:634–8.
9. Spaulding CM, Joly LM, Rosenberg A, ym. Immediate coronary angiography in survivors of out-of-hospital cardiac arrest. *N Engl J Med* 1997;336:1629–33.
10. Wik L, Kramer-Johansen J, Myklebust H, ym. Quality of cardiopulmonary resuscitation during out-of-hospital cardiac arrest. *JAMA* 2005;293:299–304.
11. Cheskes S, Schmicker RH, Christenson J, ym. Perischock pause: an independent predictor of survival from out-of-hospital shockable cardiac arrest. *Circulation* 2011; 124:56–66.
12. Paradis N, Martin G, Rivers E, ym. Coronary perfusion pressure and the return of spontaneous circulation in human cardiopulmonary resuscitation. *JAMA* 1990;263: 1106–13.
13. Hightower D, Thomas SH, Stone CK, ym. Decay in quality of closed-chest compressions over time. *Ann Emerg Med* 1995;26: 300–3.
14. Liao Q, Sjöberg R, Paskevicius A, ym. Manual versus mechanical cardiopulmonary resuscitation. An experimental study in pigs. *BMC Cardiovasc Disord* 2010;10:53.
15. Rubertsson S, Karlsten R. Increased cortical cerebral blood flow with LUCAS; a new device for mechanical chest compressions compared to standard external compressions during experimental cardiopulmonary resuscitation. *Resuscitation* 2005;65: 357–63.
16. Rubertsson S, Lindgren E, Smekal D, ym. Mechanical chest compressions and simultaneous defibrillation vs. conventional cardiopulmonary resuscitation in out-of-hospital cardiac arrest. *JAMA* 2014; 311:53–61.
17. Perkins GD, Lall R, Quinn T, ym. Mechanical versus manual chest compression for out-of-hospital cardiac arrest (PARAMEDIC): a pragmatic, cluster randomised controlled trial. *Lancet* 2015;385:947–55.
18. Hallstrom A, Rea TD, Sayre MR, ym. Manual chest compression vs. use of an automated chest compression device during resuscitation following out-of-hospital cardiac arrest: a randomized trial. *JAMA* 2006;295:2620–8.
19. Wik L, Olsen JA, Persse D, ym. Manual vs. integrated automatic load-distributing band CPR with equal survival after out-of-hospital cardiac arrest. The randomized CIRC trial. *Resuscitation* 2014;85:741–8.
20. Olsen JA, Lerner EB, Persse D, ym. Chest compression duration influences outcome between integrated load-distributing band and manual CPR during cardiac arrest. *Acta Anaesthesiol Scand* 2016;60:222–9.
21. Couper K, Yeung J, Nicholson T, ym. Mechanical chest compression devices at in-hospital cardiac arrest: a systematic review and meta-analysis. *Resuscitation* 2016;103:24–31.
22. Wagner H, Hardig BM, Rundgren M, ym. Mechanical chest compressions in the coronary catheterization laboratory to facilitate coronary intervention and survival in patients requiring prolonged resuscitation efforts. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med* 2016;24:4.
23. Lamhaut L, Jouffroy R, Soldan M, ym. Safety and feasibility of prehospital extra corporeal life support implementation by non-surgeons for out-of-hospital refractory cardiac arrest. *Resuscitation* 2013;83: 1525–9.
24. Stub D, Bernard S, Pellegrino V, ym. Refractory cardiac arrest treated with mechanical CPR, hypothermia, ECMO and early reperfusion (the CHEER trial). *Resuscitation* 2015;86:88–94.
25. Fjølner J, Greisen J, Jørgensen RS, ym. Extracorporeal cardiopulmonary resuscitation after out-of-hospital cardiac arrest in a Danish health region. *Acta Anaesthesiol Scand* 2017;61:176–85.
26. Kim SJ, Kim HJ, Lee HY, ym. Comparing extracorporeal cardiopulmonary resuscitation with conventional cardiopulmonary resuscitation: a meta-analysis. *Resuscitation* 2016;103:106–16.