

Statusartikel

Ugeskr Læger 2020;182:V04200273

Brug af mekanisk hjertemassage ved hjertestop uden for hospital

Louise Milling^{1, 2}, Louise Linde^{3, 4}, Anne Craveiro Brøchner^{1, 2, 5}, Jens Flensted Lassen^{3, 4} & Søren Mikkelsen^{1, 2, 6}

1) Den Præhospitale Forskningsenhed, Odense Universitetshospital, 2) Institut for Regional Sundhedsforskning, Det Sundhedsvidenskabelige Fakultet, Syddansk Universitet, 3) Kardiologisk Afdeling, Odense Universitetshospital, 4) Klinisk Institut, Det Sundhedsvidenskabelige Fakultet, Syddansk Universitet, 5) Anæstesiologisk Afdeling, Sygehus Lillebælt, Kolding, 6) Lægeambulanceorganisationen, Anæstesiologisk-Intensiv Afdeling, Odense Universitetshospital

Ugeskr Læger 2020;182:V04200273

HOVEDBUDSKABER

- Rutinemæssig brug af mekanisk hjertemassage anbefales ikke.
- Mekanisk hjertemassage åbner mulighed for behandling af patienter trods lang transportvej til hospital.
- Der bør være skærpet opmærksomhed på eventuelle skader på indre organer efter mekanisk hjertemassage.

Ekstern hjertemassage har været anvendt ved behandling af hjertestop siden 1950'erne og er i dag fortsat en hjørnesten i behandlingsalgoritmen [1]. Effekten af ekstern hjertemassage som potentielt livreddende behandling er dokumenteret gentagne gange i observationelle studier [2]. Imidlertid kan manuel ekstern hjertemassage være en udfordring – både præ- og inhospitalt. Udfordringen består af flere elementer: Hjertemassage er fysisk udmattende for behandleren og kan udtrætte behandleren efter relativ kort tid [3]. Patienten kan ligge på et eftergiveligt underlag, hvorved kvaliteten af hjertemassagen nedsættes [4]. Behandlingen kan være logistisk udfordrende pga. de ofte ringe pladsforhold i det præhospitale miljø [5, 6], ligesom præhospital forflytning, lastning og transport under igangværende hjertemassage påvirker muligheden for effektiv hjertemassage og kan udgøre et sikkerhedsproblem for det behandelende personale [7].

I Danmark forekommer der årligt ca. 5.400 hjertestop [8]. Skønt behandlingsresultaterne for hjertestop uden for hospital er forbedret væsentligt i de seneste år, er der fortsat tale om en yderst livstruende tilstand med en 30-dagesoverlevelse på kun 16% [8]. Inden for de

seneste 20 år har der været fokus på forbedring af overlevelsen med udvikling og forskning i nye præhospitale behandlingsmuligheder, således at det præhospitale system nu kan overlevere en patient med tilsyneladende behandlingsrefraktært hjertestop til en specialiseret hospitalsafdeling, hvor man kan tilbyde f.eks. ekstrakorporal kardiopulmonal genoplivning. En af disse behandlingsmuligheder er ekstern mekanisk hjertemassage (MekCPR). De intuitive fordele ved MekCPR er, at en maskine ikke udtrættes eller holder pause ved vanskelig transport fra skadested til transportenhed eller under indladning i helikopter eller ambulance. Derudover kan en maskine programmeres til en fast rytme og en fast kompressionsdybde, således at maskinen efter fastspænding på patienten giver en konstant ekstern hjertemassage. Massagen kan således gives præcist efter gældende guidelines, hvilket vil sige en kompressionsdybde på mindst fem centimeter og en frekvens på 100-120 kompressioner i minuttet [9]. En korrekt placering af apparatet på patientens brystkasse er dog en forudsætning for, at MekCPR virker optimalt.

I de nugældende guidelines for behandling af hjertestop anbefales det ikke at benytte MekCPR rutinemæssigt, men kun under særlige forhold, f.eks. hvor højkvalitets-manuel hjertemassage ikke er mulig, eller hvor denne udgør en fare for det behandlende personale [9]. Det kan dreje sig om patienter, der findes i særligt små rum, hvor manuel hjertemassage ikke kan udføres tilfredsstillende, eller om patienter, der skal transporteres under igangværende hjertemassage. Herudover anbefales MekCPR til patienter, hvor langvarig hjertemassage er indiceret, f.eks. hos patienter med behandlingsrefraktær ventrikelflimren eller ventrikulær takykardi eller anden potentiel reversibel årsag til hjertestop, der ikke kan behandles præhospitalt [9]. På samme måde benyttes MekCPR også inhospitalt bl.a. under koronarangiografi/perkutan koronarintervention for at minimere røntgenbestråling af personalet og ved overgang til mekanisk cirkulationsstøtte, f.eks. ekstrakorporal cirkulation [10].

APPARATERNE OG DERES EGENSKABER

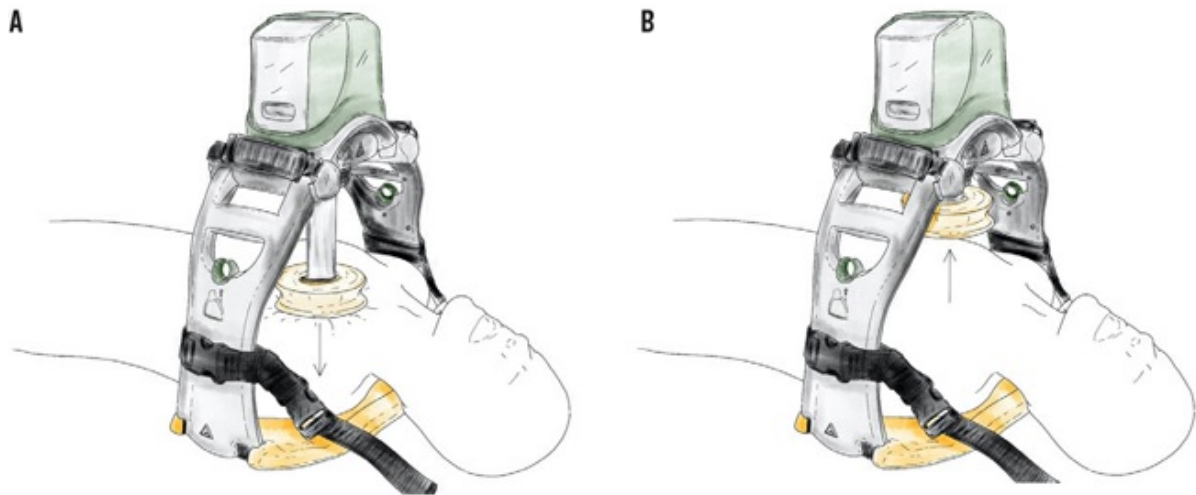
I de seneste guidelines er højkvalitetshjertemassage angivet som et af de vigtigste punkter i behandlingen af hjertestop, før mere avanceret behandling kan implementeres.

Højkvalitetshjertemassage er defineret som 100-120 kompressioner pr. minut med en kompressionsdybde på min. 5 og maks. 6 cm. Herudover anbefales recoil af brystet, det vil sige, at trykket på brystet løsnes fuldstændigt mellem kompressionerne. Der anbefales desuden kun de nødvendige, minimale pauser i behandlingen [11, 12].

I Danmark benyttes mekaniske hjertemassageapparater med to forskellige principper: Det ene princip er et stempel, der komprimerer hjertet mellem sternum og columna ved rytmiske tryk centralt på sternum. Herved pumpes blodet fra hjertet ud i aorta og pulmonalarterierne (**Figur 1**). Det andet princip er et bredt bånd, der placeres rundt om thorax og med rytmiske forkortelser og relaksationer af båndet medfører gentagne

kompressioner af hele thorax efterfulgt af en relaksation. Dette medfører på lignende måde en rytmisk tømning af blod fra hjertet ud i de centrale kar (Figur 2).

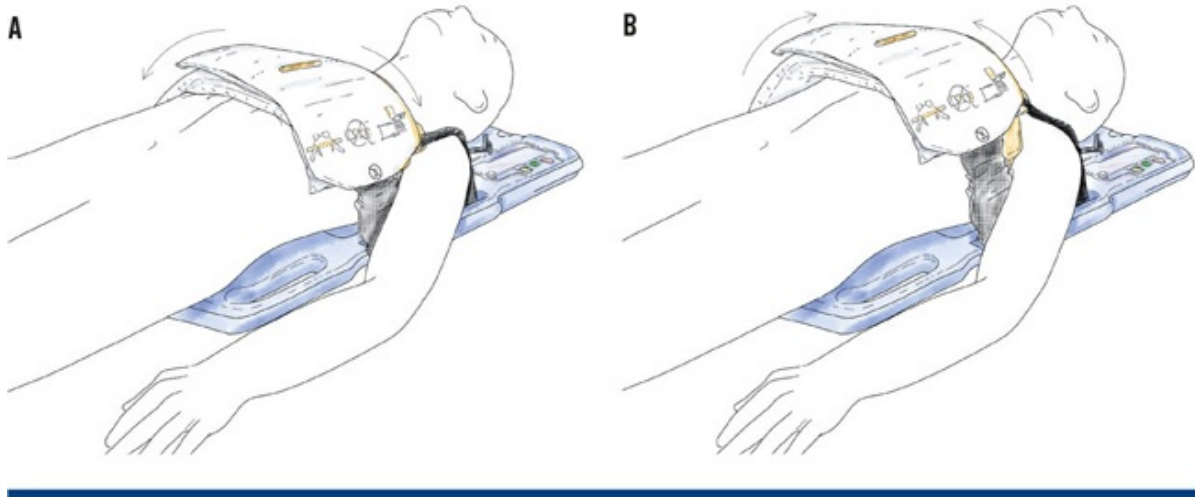
FIGUR 1 / Stempelapparat. **A.** Stemplet komprimerer thorax. **B.** Stemplet retraheres, så der opnås recoil. (Illustration af Behaviour CPH).



De stempelapparater, der benyttes i Danmark, består typisk af to dele (rygplade og stempelmekanisme), der sammensættes for at omkranse patienten. Stemplet placeres på patientens nedre halvdel af sternum og giver aktive kompressioner, men med apparatet tilstræber man også at tilvejebringe fuldstændig elimination af trykket på sternum (recoil). Apparatet kan give 102, 111 eller 120 kompressioner pr. minut med en trykdybde på 4,5 til 5,3 cm (Figur 1) [13].

Båndapparatet består af en stor, hård rygplade, der placeres under patienten samt et bredt bånd, der omkranser thorax. Apparatet giver 80 kompressioner pr. minut med en dybde på 20% af den anteriore-posteriore brysthøjde, hvilket afviger fra de nuværende anbefalinger, hvor man anbefaler 100-120 kompressioner pr. minut (Figur 2) [13].

FIGUR 2 / Båndapparat. **A.** Båndet omkring thorax komprimeres, hvilket medfører en rytmisk tømning af blod fra hjertet ud i de centrale kar. **B.** Båndet relaxeres, hvilket medfører, at blod løber tilbage til hjertet. (Illustration af Behaviour CPH).



PRÆHOSPITAL BRUG

MekCPR er mest brugt i det præhospitale regi, hvor de fleste af behandlingsindikationerne oftest findes opfyldt (Figur 3).

MekCPR har vist lovende resultater i dyreeksperimentelle studier og simulationsstudier. I forhold til manuel hjertemassage har MekCPR vist forbedrede kliniske enkeltparametre som f.eks. reduktion af den tid, hvor der ikke gives hjertemassage og, for stempelapparaterne, korrekt frekvens af kompressionerne og korrekt kompressionsdybde [5, 14, 15]. Disse resultater skulle indikere en højere grad af kvalitet ved MekCPR end ved manuel hjertemassage.

FIGUR 3 / Hvornår skal mekanisk hjertemassage benyttes?**Mekanisk hjertemassage kan benyttes, når:**

Manuel hjertemassage udgør en risiko for behandleren f.eks. under **ambulancetransport**



Manuel hjertemassage ikke er mulig pga. pladsmangel f.eks. under **helikoptertransport**



Behandlingen forventes at være **langvarig** f.eks. behandling af hypoterme patienter



Hjertestoppet kræver **inhospitalbehandling** f.eks. ekstrakorporal cirkulation

Rutinemæssig brug

Disse forbedringer i enkeltparametre giver sig dog ikke til udtryk i forbedret patient-outcome, hvor rutinemæssig brug af MekCPR og overlevelse er undersøgt i flere store randomiserede studier. Et af stempelapparaterne er undersøgt i LUCAS in Cardiac Arrest (LINC)-studiet [16] og Prehospital Randomised Assessment of a Mechanical Chest Compression Device in Cardiac Arrest (PARAMEDIC)-studiet [17]. I LINC-studiet blev 2.589 patienter, der havde hjertestop uden for hospital, randomiseret 1:1 til manuel hjertemassage eller MekCPR [16]. Overordnet fandt man ikke, at MekCPR var manuel hjertemassage overlegen i relation til det primære outcome: firetimersoverlevelse.

I PARAMEDIC-studiet randomiseredes ambulancer med eller uden stempelapparat i en ratio på 2:1 til kørsel til patienter med hjertestop [17]. Behandlingsallokationen for den enkelte patient var bestemt af den første ambulance, der ankom til skadestedet. I studiet

inkluderede man 4.471 patienter. I relation til det primære outcome, 30-dagesoverlevelse, var stempelapparat ikke manuel hjertemassage overlegen. Som et bifund noteredes et dårligere neurologisk outcome ved MekCPR hos patienter med en stødbar rytme end hos andre patienter – et resultat, der dog ifølge forfatterne selv skal tolkes med forsigtighed og alene opfattes som hypotese genererende. I PARAMEDIC-studiet indgik desuden en større cost-benefit-analyse, hvor rutinemæssig brug af stempelapparat ikke blev fundet at være omkostningseffektiv [17].

Effektiviteten af et båndapparat blev undersøgt i Circulation Improving Resuscitation Care (CIRC)-studiet [18]. Studiets primære outcome var overlevelse til udskrivelse hos patienter, der var randomiseret til manuel hjertemassage eller MekCPR. I alt 4.231 patienter blev randomiseret i en 1:1-ratio til enten manuel hjertemassage eller hjertemassage med båndapparat. De to behandlinger fandtes ikke at være forskellige, hvad angik det primære outcome, overlevelse til udskrivelse [18].

I en metaanalyse fra 2018, hvor de tre ovenstående studier indgår, konkluderede man ligeledes, at MekCPR ikke er manuel hjertemassage overlegen [19].

Brug under transport

Præhospital transport og manuel hjertemassage betragtes som en vanskelig kombination af to årsager: For det første kan manuel hjertemassage under transport med udrykning frembyde en fare for det behandlende personales sikkerhed, idet en fastspændt behandler ikke kan udføre hjertemassage, og behandleren derfor må stå op i den kørende ambulance under udrykning, hvilket kan lede til alvorlige skader og død for personalet ved trafikulykker og/eller hårde opbremsninger [7]. For det andet kan pladsforholdene under transport gøre effektiv hjertemassage vanskelig, f.eks. ved transport i helikopter [20, 21]. Simulationsstudier har vist lovende resultater i situationer, hvor manuel hjertemassage er vanskelig, f.eks. ved nedbæring af patienter under igangværende hjerte-lunge-redning [14]. Apparaterne giver ligeledes muligheden for at kunne behandle patienter med hjertemassage i lang tid og under transport til et hospital [21]. Tilsvarende har man i andre arbejder fundet overlevelse med tilfredsstillende cerebralt resultat efter MekCPR af op til flere timers varighed [10, 22].

Det tyder på, at tiden til første defibrillering forlænges, hvis MekCPR implementeres uden indledende manuel hjertemassage [16, 20]. Derfor er MekCPR fortsat ikke anbefalet som førstevalgsbehandling, hvis manuel hjertemassage er mulig.

MERE SKADE END GAVN?

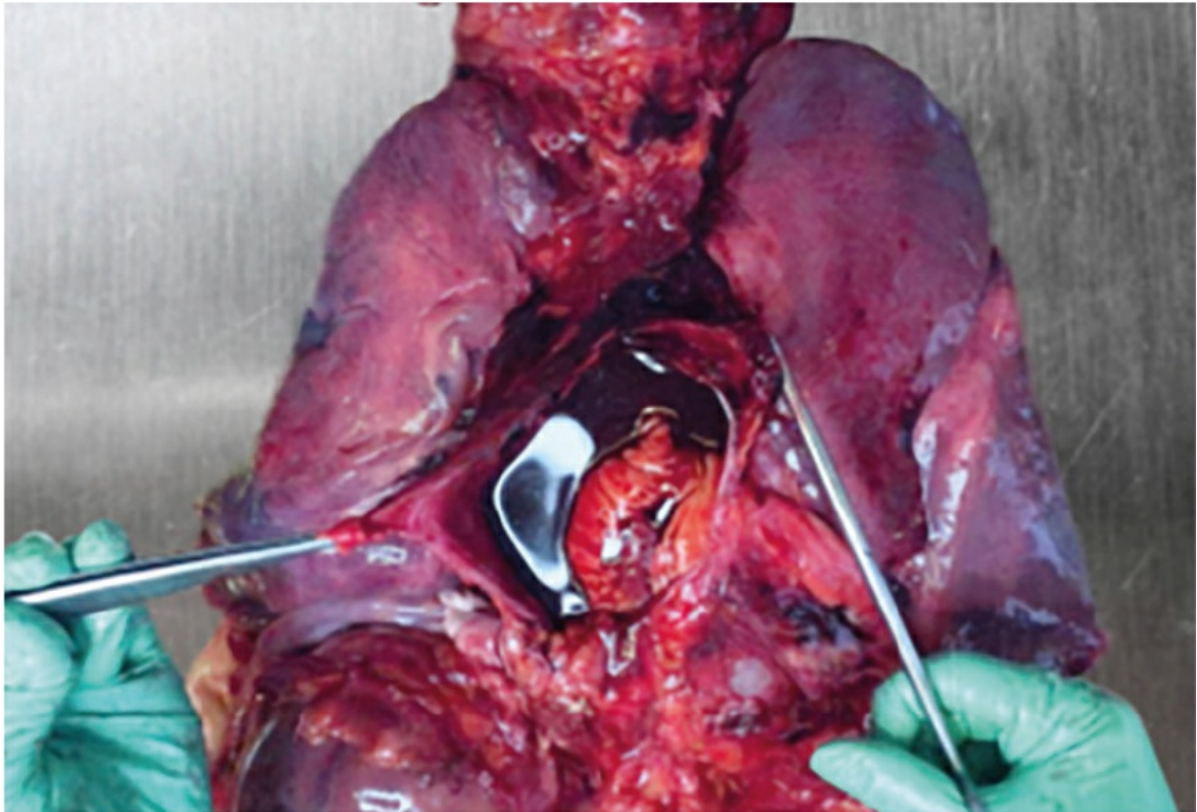
Skader efter manuel hjertemassage er velkendte [23]. I de senere år er der fremkommet litteratur, hvor man beretter om klinisk relevante skader, der giver anledning til spekulation om, hvorvidt MekCPR kunne forårsage flere – og mere alvorlige – skader end

manuel hjertemassage [24, 25]. I en randomiseret undersøgelse af behandling med manuel hjertemassage over for behandling med stempelapparat og båndapparat blev der ikke fundet nogen forskel mellem skader induceret af stempelapparatet og skader induceret af manuel hjertemassage. I studiet blev det ligeledes konkluderet, at man ikke kunne udelukke, at båndapparatet forårsagede flere skader end manuel hjertemassage [26]. Noget tyder dog på, at stempelapparatet kan forårsage flere skader, hvis det benyttes ved langvarig hjertemassage. Dette er påvist i et nyere dansk studie, hvor behandlingstiden har vist sig at have indflydelse på omfanget af skader [22].

I danske arbejder er det ligeledes påvist, at behandlingen med stempelapparat kan forårsage alvorlige og i nogle tilfælde potentielt livstruende skader, der kan vanskeliggøre videre behandling [27, 28].

Ved fortolkningen af resultaterne skal man dog være opmærksom på, at en meget stor del af de patienter, der i dag indbringes til hospital under igangværende hjertestopbehandling, formentlig før i tiden havde fået deres behandling afsluttet på skadestedet og var blevet erklæret døde. I modsætning til tidligere, hvor man mente, at skader efter hjertemassage opstod i starten af massagen (i form af costafrakturet o.l.) [29] synes nyere studier at vise, at jo længere tid, patienten bliver behandlet, jo større er risikoen for skader forårsaget af hjertemassagen [22, 30] (**Figur 4**).

FIGUR 4 / Skader efter hjertemassage. På obduktionsbilledet ses hæmoperikardium efter behandling med stempelapparat hos en yngre, tidligere rask kvinde.



KONKLUSION

I randomiserede studier omhandlende rutinemæssig brug af MekCPR har man ikke påvist, at MekCPR giver bedre overlevelse eller bedre neurologisk outcome end manuel hjertemassage. MekCPR er heller ikke påvist at medføre en samlet reduktion af samfundets omkostninger i forbindelse med hjertestop.

Anvendelsen af MekCPR kan medføre svære skader på indre organer, men på den anden side giver MekCPR mulighed for at behandle patienter, der har refraktært hjertestop og befinder sig langt fra hospitalet. Således giver MekCPR mulighed for hjertemassage, og dermed en mulighed for overlevelse, i situationer, hvor alternativet tidligere ville have været ophør af behandling medførende patientens død.

Da der foreligger en risiko for, at både manuel hjertemassage og MekCPR kan give livstruende skader på indre organer, anbefales øget opmærksomhed på hurtig

diagnosticering af disse skader efter ankomsten til hospitalet. Ligeledes bør apparater til MekCPR videreudvikles med sigte på reduktion af de organskader, der findes efter anvendelse af MekCPR.

KORRESPONDANCE: *Søren Mikkelsen*. E-mail: Soeren.mikkelsen@rsyd.dk

ANTAGET: 23. juni 2020

PUBLICERET PÅ UGESKRIFTET.DK: 10. august 2020

INTERESSEKONFLIKTER: ingen. Forfatternes ICMJE-formularer er tilgængelig sammen med artiklen på Ugeskriftet.dk

LITTERATUR: Findes i artiklen publiceret på Ugeskriftet.dk

SUMMARY

Treatment of out-of-hospital cardiac arrest with mechanical cardiopulmonary resuscitation

Louise Milling, Louise Linde, Anne Craveiro Brøchner, Jens Flensted Lassen & Søren Mikkelsen

Ugeskr Læger 2020;182:V0200273

This review provides a summary of treatment of cardiac arrest with mechanical cardiopulmonary resuscitation (CPR). CPR provides chest compressions according to guidelines in the treatment of out-of-hospital cardiac arrest. This is useful in situations where CPR cannot be safely delivered (e.g. during transportation and prolonged CPR). Randomized controlled trials have not shown improved patient outcomes after treatment with mechanical CPR compared to manual CPR. Mechanical CPR can, like manual CPR, cause injuries, and some may be life-threatening. Mechanical CPR is therefore recommended as an adjunct to manual CPR in special circumstances but not used routinely.

LITTERATUR

1. Cooper JA, Cooper JD, Cooper JM. Cardiopulmonary resuscitation: history, current practice, and future direction. *Circulation* 2006;114:2839-49.
2. Talikowska M, Tohira H, Finn J. Cardiopulmonary resuscitation quality and patient survival outcome in cardiac arrest: a systematic review and meta-analysis. *Resuscitation* 2015;96:66-77.
3. McDonald CH, Heggie J, Jones CM et al. Rescuer fatigue under the 2010 ERC guidelines, and its effect on cardiopulmonary resuscitation (CPR) performance. *Emerg Med J* 2013;30:623-7.
4. Perkins GD, Kocierz L, Smith SC et al. Compression feedback devices over estimate chest compression depth when performed on a bed. *Resuscitation* 2009;80:79-82.
5. Tranberg T, Lassen JF, Kaltoft AK et al. Quality of cardiopulmonary resuscitation in out-of-hospital cardiac arrest before and after introduction of a mechanical chest compression device, LUCAS-2; a prospective,

- observational study. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med* 2015;23:37.
6. Krarup NH, Terkelsen CJ, Johnsen SP et al. Quality of cardiopulmonary resuscitation in out-of-hospital cardiac arrest is hampered by interruptions in chest compressions – a nationwide prospective feasibility study. *Resuscitation* 2011;82:263-9.
 7. Becker LR, Zaloshnja E, Levick N et al. Relative risk of injury and death in ambulances and other emergency vehicles. *Accid Anal Prev* 2003;35:941-8.
 8. Dansk Hjertestopregister. Rapport for Dansk Hjertestopregister. 2018. [www.https://hjertestopregister.dk/wp-content/uploads/2019/11/Dansk-Hjertestopregister-2018-2.pdf](https://hjertestopregister.dk/wp-content/uploads/2019/11/Dansk-Hjertestopregister-2018-2.pdf) (2. jun 2020).
 9. Soar J, Nolan JP, Böttiger BW et al. European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2015: Section 3. Adult advanced life support. *Resuscitation* 2015;95:100-47.
 10. Fjølner J, Greisen J, Jørgensen MR et al. Extracorporeal cardiopulmonary resuscitation after out-of-hospital cardiac arrest in a Danish health region. *Acta Anaesthesiol Scand* 2017;61:176-85.
 11. Perkins GD, Handley AJ, Koster RW et al. European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2015: Section 2. Adult basic life support and automated external defibrillation. *Resuscitation* 2015;95:81-99.
 12. Kleinman ME, Brennan EE, Goldberger ZD et al. Part 5: Adult basic life support and cardiopulmonary resuscitation quality: 2015 American Heart Association Guidelines Update for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care. *Circulation* 2015;132(suppl 2):S414-S45.
 13. Halperin H. Mechanical devices for cardiopulmonary resuscitation. *Crit Care Clin* 2012;28:167-87.
 14. Gyory RA, Buchle SE, Rodgers D et al. The efficacy of LUCAS in prehospital cardiac arrest scenarios: a crossover mannequin study. *West J Emerg Med* 2017;18:437-45.
 15. Drinhaus H, Nüsgen S, Adams N et al. Rescue under ongoing CPR from an upper floor: evaluation of three different evacuation routes and mechanical and manual chest compressions: a manikin trial. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med* 2020;28:16.
 16. Rubertsson S, Lindgren E, Smekal D et al. Mechanical chest compressions and simultaneous defibrillation vs conventional cardiopulmonary resuscitation in out-of-hospital cardiac arrest: the LINC randomized trial. *JAMA* 2014;311:53-61.
 17. Gates S, Lall R, Quinn T et al. Prehospital randomised assessment of a mechanical compression device in out-of-hospital cardiac arrest (PARAMEDIC): a pragmatic, cluster randomised trial and economic evaluation. *Health Technol Assess* 2017;21:1-176.
 18. Wik L, Olsen JA, Persse D et al. 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.
 19. Wang PL, Brooks SC. Mechanical versus manual chest compressions for cardiac arrest. *Cochrane Database Syst Rev* 2018;8:CD007260.
 20. Putzer G, Braun P, Zimmermann A et al. LUCAS compared to manual cardiopulmonary resuscitation is more effective during helicopter rescue-a prospective, randomized, cross-over manikin study. *Am J Emerg Med* 2013;31:384-9.
 21. Winther K, Blegg RC. LUCAS2 in Danish search and rescue helicopters. *Air Med J* 2016;35:79-83.
 22. Milling L, Astrup BS, Mikkelsen S. Prehospital cardiopulmonary resuscitation with manual or mechanical chest compression: a study of compression-induced injuries. *Acta Anaesth Scand* 2019;63:789-95.
 23. Olds K, Byard RW, Langlois NE. Injuries associated with resuscitation – an overview. *J Forensic Leg Med* 2015;33:39-43.

24. Milling L, Leth PM, Astrup BS. Life-threatening and suspicious lesions caused by mechanical cardiopulmonary resuscitation. *Am J Forensic Med Pathol* 2017;38:219-21.
25. Friberg N, Schmidbauer S, Walther C et al. Skeletal and soft tissue injuries after manual and mechanical chest compressions. *Eur Heart J Qual Care Clin Outcomes* 2019;5:259-65.
26. Koster RW, Beenen LF, van der Boom EB et al. Safety of mechanical chest compression devices AutoPulse and LUCAS in cardiac arrest: a randomized clinical trial for non-inferiority. *Eur Heart J* 2017;38:3006-13.
27. Milling L, Mikkelsen S, Astrup BS. Characteristics of mechanical CPR-related injuries: a case series. *J Forensic Leg Med* 2020;70:101918.
28. Olsen AA, Penninga L, Achiam MP. Svære intraabdominale læsioner som følge af hjerte-lunge-redning med LUCAS-brystkompressionssystem. *Ugeskr Læger* 2019;181:V11180828.
29. Ihnat Rudinska L, Hejna P, Ihnat P et al. Intra-thoracic injuries associated with cardiopulmonary resuscitation – frequent and serious. *Resuscitation* 2016;103:66-70.
30. Ondruschka B, Baier C, Bayer R et al. Chest compression-associated injuries in cardiac arrest patients treated with manual chest compressions versus automated chest compression devices (LUCAS II) – a forensic autopsy-based comparison. *Forensic Scie Med Pathol* 2018;14:515-25.