

Kardiocerebralno oživljanje: dejstva in perspektive

Cardiocerebral resuscitation: facts and prospects

Dejan Kupnik¹, Miljenko Križmaric²

¹ Zdravstveni dom dr. Adolfa Drolca Maribor, Center za nujno medicinsko pomoč in reševalne prevoze, Ulica talcev 9, 2000 Maribor

² Fakulteta za zdravstvene vede Univerze v Mariboru, Žitna ulica 15, 2000 Maribor

Korespondenca/ Correspondence:

Dejan Kupnik, Cesta proletarskih brigad 62, 2000 Maribor, tel.: 041 235 290, e-pošta: dejan.kupnik@triera.net

Ključne besede:

kardiocerebralno oživljanje, kardiopulmonalno oživljanje, prekatna fibrilacija, neprekinjena zunanja masaža srca, predbolnišnično okolje

Key words:

cardiocerebral resuscitation, cardiopulmonary resuscitation, ventricular fibrillation, continuous chest compressions, prehospital setting

Izvleček

Na področju kardiopulmonalnega oživljanja v zunajbolnišničnem okolju se še vedno ubadamo s slabim znanjem laikov o postopkih oživljanja, dostopnost avtomatskih defibrilatorjev je slaba, med oživljanjem je preveč motenj, ki skrajšujejo čas kakovostnega izvajanja zunanje masaže srca in poreanimacijska oskrba še vedno ni optimalna. Zaradi vsega tega ostaja preživetje bolnikov po zastoju srca slabo. Poudarki zadnjih smernic kardiopulmonalnega oživljanja iz leta 2005 so zato usmerjeni v izboljšanje kakovosti oživljanja, in sicer na doseganje zadostnega števila stisov zunanje masaže na minuto, doseganje ustrezne globine stisov, na minimalno prekinjanje zunanje masaže srca in izogibanje hiperventilaciji. A zunanja masaža srca in umetno dihanje sta še vedno osnova začetnih postopkov oživljanja tako pri primarnem kot sekundarnem zastoju srca kljub različnim patofiziološkim vzrokom. To je v zadnjih dveh desetletjih privedlo do razvoja koncepta kardiocerebralnega oživljanja, ki se je v raziskavah pokazal kot enakovreden ali celo boljši pri preživetju bolnikov po primarnem zastoju srca v primerjavi s standardnim kardiopulmonalnim oživljanjem.

Kardiocerebralno oživljanje bolnikov s primarnim zastojem srca, ki se je zgodil pred očitvidci, obsega neprekinjeno zunanjo ma-

sažo srca brez umetnega dihanja s strani očitvidcev v prvih minutah oživljanja, dodatne postopke oživljanja, ki ne prekinjajo zunanje masaže srca in tako ne motijo njenega pozitivnega hemodinamskega učinka, dveminutni cikel oživljanja pred defibrilacijo, če strokovna pomoč pride po štirih do petih minutah od nastopa zastoja srca, oziroma takojšnja defibrilacija pred postopki oživljanja, če strokovna pomoč pride znotraj štirih do petih minut od nastopa zastoja srca. Poreanimacijska oskrba bolnikov po primarnem srčnem zastoju obsega še blago inducirano hipotermijo, koronarografijo in morebitno perkutano koronarno intervencijo.

Abstract

Cardiopulmonary resuscitation in the prehospital setting still has to cope with poor lay-rescuer knowledge of resuscitation techniques, low public availability of automated external defibrillators, many detrimental interruptions of chest compressions during lay and professional resuscitation efforts and suboptimal postresuscitation care. Therefore the survival of patients after cardiac arrest remains poor. To address those flaws, cardiopulmonary resuscitation guidelines of 2005 are targeted at improving cardiopulmonary resuscitation by achieving adequate depth, number, and minimal interruptions of chest

compressions per minute, and avoiding hyperventilation. But a combination of chest compressions and rescue breathing is still the mainstay of resuscitation of primary and secondary cardiac arrest despite different pathophysiological causes. In the last two decades a concept of cardiocerebral resuscitation emerged, and according to research it is equal to or even better than standard cardiopulmonary resuscitation in terms of patients' prognosis after successful resuscitation of sudden or primary unexpected cardiac arrest. Cardiocerebral resuscitation of patients with primary cardiac arrest consists of lay-rescuer uninterrupted chest compressions

without rescue breathing in the first minutes of resuscitation, advanced life support techniques that do not interrupt chest compressions and thus maintain their positive hemodynamic effects. If professional rescuers arrive at the scene within 4 to 5 minutes after primary cardiac arrest, defibrillation should be attempted prior to resuscitation techniques, but if professional help arrives later than 4 to 5 minutes after primary cardiac arrest, two minutes of resuscitation techniques should be performed prior to the first defibrillation. Post-resuscitation care includes mild induced hypothermia, coronarography and percutaneous coronary intervention.

Uvod

Zunanja masaža srca in umetno dihanje sta še vedno osnova postopkov oživljanja ne glede na primarni ali sekundarni zastoj srca. Tak posplošen pristop k žrtvi zastoja srca je po mnenju nekaterih vzrok za neoptimalno oživljanje nekaterih od teh bolnikov.¹ Številna raziskovanja so tako še pred zadnjo spremembo smernic kardiopulmonalnega oživljanja (KPO) privedla do koncepta kardiocerebralnega oživljanja. To je namenjeno bolnikom s primarnim zastojem srca vrste prekatna fibrilacija (VF) in prekatna tahikardija brez pulza (VT) v zunajbolnišničnem okolju, ne pa tudi bolnikom s sekundarnim zastojem srca, pri katerih je standardno KPO osnova ukrepanja. Nekaterim pomislekom in nasprotnim dokazom navkljub^{2,3} je neprekinjena zunanja masaža srca, ki je eden od stebrov kardiocerebralnega oživljanja, povezana z boljšim preživetjem in nevrološkim izidom predvsem tistih bolnikov po primarnem zastojem srca, ki so kolabirali pred pričami, nenazadnje tudi v primerjavi s postopki oživljanja v razmerju 30:2, ki jih narekujejo smernice Evropskega sveta za reanimacijo (ERC).⁴⁻¹⁰

Tehnika kardiocerebralnega oživljanja

Kardiocerebralno oživljanje vključuje neprekinjeno zunanjo masažo srca brez umetnega dihanja s strani očividcev srčnega

zastoja, prilagojen algoritem dodatnih postopkov za reševalce in odločno poreanimacijsko oskrbo.¹

Če se bolnik s primarnim zastojem srca začne oživljati znotraj štirih do petih minut po nastopu zastoja, se laikom poleg zunanje masaže srca svetuje še čimprejšnja defibrilacija z avtomatičnim zunanjim defibrilatorjem, če je le-ta na voljo. Takojšnjo defibrilacijo v tej fazi izvedejo tudi profesionalci. Ker pa le-ti zunaj bolnišnice pridejo do žrtve ponavadi več kot pet minut po nastopu zastoja srca, se najprej svetuje dveminutni cikel ali 200 stisov zunanje masaže srca in nato ena defibrilacija, če je prisotna VF ali VT. Po defibrilaciji se zunanja masaža srca nadaljuje takoj in brez preverjanja srčnega ritma. Ta se preveri šele ob koncu vsakega dveminutnega ciklusa zunanje masaže srca. V prvih treh ciklikih zunanje masaže srca in defibrilacije se predihavanja s pozitivnim tlakom ne izvaja. Bolniku se vstavi ustno-žrelni tubus in prek maske OHIO dovaja kisik v visokem pretoku, lahko pa se za vzdrževanje proste dihalne poti vstavi supraglotični pripomoček, izjemoma sapnična cevka, a le v primeru, da zunanje masaže srca ne prekinjamo! Skozi zgornjo odprtino teh dveh pripomočkov se potem kisik dovaja v visokem pretoku brez predihavanja s pozitivnim tlakom. Sicer pa naj bi se endotrahealna intubacija izvedla šele po zaključenih treh ciklikih zunanje masaže srca in defibrilacije ravno zaradi pogostih prekinitev zunanje masaže srca ob intubaciji in predihavanja s pozitivnim tlakom s pogo-

Citirajte kot/Cite as:
Zdrav Vestn 2009;
78: 744–754

Prispelo: 17. jul. 2009,
Sprejeto: 13. okt. 2009

sto hiperventilacijo, kar vse skupaj negativno vpliva na hemodinamsko učinkovitost zunanje masaže srca.

Prvi odmerek adrenalina se da čim prej in v ustaljenem odmerku, nadaljnje dajanje adrenalina in količina pa sta enaka kot v smernicah KPO.^{1,11,12}

Zakaj razmišljati o kardiocerebralnem oživljanju?

Na Univerzi v Arizoni v Združenih državah Amerike so leta 2003 začeli uporabljati koncept kardiocerebralne reanimacije pri bolnikih s primarnim zastojem srca, ki se je zgodil izven bolnišnice pred očividci. Osnovna premisa tega koncepta in z njim povezanih raziskav je bila, da so številne prekinitve zunanje masaže srca povezane s slabšim preživetjem žrtve zastoja srca, smernice KPO pa kljub različnim mehanizmom nastanka primarnega in sekundarnega zastoja srca tega ne upoštevajo. V ospredju je tako ostajalo vprašanje, zakaj bolnikom s primarnim zastojem srca poleg zunanje masaže srca v prvih minutah dajati še umetno dihanje, če večina teh bolnikov nima hipoksije in je nasičenost krvi s kisikom v osrednjem krvnem obtoku še dobra? Dejstva, ki podpirajo kardiocerebralno oživljanje pri žrtvah primarnega zastoja srca, so: 1. laiki neradi izvajajo umetno dihanje usta na usta, kar je laho ovira za začetek oživljanja; 2. laiki bi pogosteje pristopili k oživljanju, če bi se izvajala le zunanja masaža srca; 3. predolge prekinitve zunanje masaže srca ob izvajanju umetnega dihanja pri laikih in drugih ukrepah profesionalcev (predolg t.i. hands-off time); 4. negativen vpliv predihavanja s pozitivnim tlakom na hemodinamsko učinkovitost zunanje masaže srca; 5. pogosta hiperventilacija med umetnim dihanjem okrepi negativne učinke predihavanja s pozitivnim tlakom; 6. vprašljivost potrebnosti umetnega dihanja prve minute oživljanja pri primarnem zastojem srca nasploh.

Pomemben delež k razumevanju in uveljavljanju koncepta kardiocerebralnega oživljanja so v začetku devetdesetih let prejšnjega stoletja prispevali Noč in sodelavci. Na živalskih modelih srčnega zastoja tipa prekatna fibrilacija so ugotovili, da umetno

predihavanje s pozitivnim tlakom med oživljanjem ne izboljša izida oživljanja in preživetja po njem v primerjavi z oživljanjem brez predihavanja s pozitivnim tlakom. Prav tako so že takrat dokazali, da samo zunanja masaža srca in občasni agonalni vdihi, t.i. gasping, omogočajo doseganje minutnega volumna dihanja prek 5 litrov. Omenjeni gasping je bil brez dodatnega umetnega predihavanja povezan z izboljšano oksigenacijo arterijske krvi in izplavljanjem CO₂, ter boljšim razpletom oživljanja. Pri tem je bila višja frekvenca gaspinga povezana z uspešnejšim izidom oživljanja.^{13,14}

Dejstva...

Problem nizkega odstotka laikov, ki začnejo oživljanje, je večplasten in globalen, iz njega izhajajoče temeljno vprašanje pa, kako k oživljanju pridobiti več laikov? Poleg strahu pred okužbami pri dajanju umetnega dihanja usta na usta se pri laikih pojavlja še strah, da bi oživljanje izvajali nepravilno in bi to za njih imelo pravne posledice. Sledi problem slabega pomnjenja in ponavljanja postopkov oživljanja.¹⁵

Laiki se oživljanja lotijo le v 15 do 30 % primerov. Locke in sod. ugotavljajo,¹⁶ da bi neznane žrtve umetno predihavalo usta na usta le 15 % laikov, vsaj 70 % pa bi pristopilo k oživljanju, če bi izvajali samo zunanjo masažo srca. Zato je zunanja masaža srca brez umetnega dihanja in ob ustrezni indikaciji eden tistih predlogov, ki bi poleg učinkovitega in z modernimi mediji podprtega načina učenja k oživljanju verjetno pritegnil več laikov.^{1,12,15,17-19}

Predolge prekinitve zunanje masaže srca, t.i. hands-off time, ki so jih smernice oživljanja iz leta 2005 sicer nekoliko omilile, so tako med laiki in profesionalci velik problem; znano pa je, da takšne prekinitve med oživljanjem zmanjšujejo minutni volumen srca, koronarne in možganske perfuzijske tlake, s tem pa tudi preživetje in nevrološki izid.²⁰⁻²² Standardno KPO je enakovredno izvajanju zunanje masaže srca brez umetnega dihanja takrat, ko se za umetno dihanje ne porabi več kot priporočene 4 sekunde.^{12,23,24} Vendar so Assar in sod. in Heidenreich in sod. pokazali, da laiki za dva umetna vdiha potrebujejo v

povprečju 16 s, študenti medicine 14 s, profesionalci pa 10 s.²⁵⁻²⁷ Slednji zaradi ukrepov, kot so endotrahealna intubacija, defibrilacija in ugotavljanje srčnega ritma, prekinijo zunanjo masažo srca celo za 50 % ali več njegove celokupnega trajanja in izvajajo prešibke stise.^{28,29} 23 % teh prekinitev nastane ob endotrahealni intubaciji,³⁰ problem pa je tudi v tem, da se izvajalci oživljanja predolgih prekinitev zunanje masaže srca ponavadi sploh ne zavedajo.³¹

Predihavanje s pozitivnim tlakom med oživljanjem moti venski priliv v srce in minutni volumen srca, slednji pa ob zunanji masaži srca dosega le 10 do 30 % osnovnega.^{12,23,32} Ker pa imajo bolniki s primarnim zastojem srca, ki so kolabirali pred očividci, v začetnih fazah oziroma prvih pet minut oživljanja predvidoma dobre zaloge kisika in s tem zmanjšano potrebo po predihavanju, le-to pri teh bolnikih naj ne bi bilo tako pomembno, kot se je mislilo doslej in lahko izhod oživljanja celo poslabša.³³⁻³⁶ Hiperventilacija bolnikov, ki je med profesionalci resen problem, negativne učinke predihavanja s pozitivnim tlakom okrepi. Težava ni toliko v dihalnem volumnu kot frekvenci predihavanja, ki včasih namesto priporočenih 10 vdihov na minuto dosega celo vrednosti 49 in več. Vse omenjeno torej zvišuje intratorakalni tlak, znižuje venski priliv in minutni volumen srca, znižuje perfuzijske tlake v koronarnih arterijah, znižuje možnost tvorbe zelo pomembnega negativnega intratorakalnega tlaka med fazo popuščanja stisov pri zunanji masaži srca, zvišuje intrakranialni tlak, posledično znižuje možganski pretok krvi in končno poslabša preživetje žrtve zastoja srca.³⁷⁻⁴¹

Berg in sod.^{42,43} so že v letih 1993 in 1997 pokazali, da v začetni fazi zastoja srca tipa VF zgodnje umetno dihanje ne izboljša preživetja, in da je slednje skupaj z nevrološkim izidom približno enako tako pri uporabi samostojne zunanje masaže srca kot pri kombinaciji zunanje masaže srca z umetnim dihanjem. Obe metodi pa v primerjavi z neizvajanjem laičnega oživljanja znatno izboljšata preživetje. Kern in sod.⁷ gredo še dlje in potrjujejo, da umetno dihanje povzroča precejšnje prekinitev zunanje masaže srca in da neprekinjena zunanja masaža srca v primer-

javi s klasičnim KPO daje boljši nevrološki izid v teh bolnikih.

Kljub temu, da je pri zunanji masaži srca in umetnem dihanju arterijska nasičenost s kisikom višja kot pri izvajanju zunanje masaže srca brez umetnega dihanja, sta uspešnost oživljanja in nevrološki izid pri obeh tehnikah primerljiva. Zaradi prekinitev hemodinamska učinkovitost zunanje masaže srca z umetnim dihanjem v primerjavi z neprestano zunanjo masažo srca pada, s tem pa tudi koronarni perfuzijski tlaki. Končna dobava kisika miokardu je tako na koncu sicer enaka pri obeh tehnikah,²⁰ dejstvo pa je, da so prekinitev zunanje masaže srca zaradi umetnih vdihov ponavadi predolge, kar hemodinamsko učinkovitost tehnike zunanje masaže srca z umetnim dihanjem še dodatno ogrozi. Potrebnost umetnega dihanja prvih nekaj minut primarnega zastoja srca je vprašljiva tudi zato, ker je takrat nasičenost krvi s kisikom v aorti zaradi odsotnosti pretoka krvi enaka kot pred zastojem, poraba kisika pa izredno majhna. Zunanja masaža srca to kri prenese v koronarni in možganski obtok in zagotavlja ustrezno oksigenacijo. Ker je takrat dovajanje kisika v možgane in srce bolj odvisno od pretoka krvi kot od vsebnosti kisika v arterijski krvi oziroma pljučih, so verjetno primernejše tehnike oživljanja, ki povečujejo pretok krvi v možgane in srce.^{10,36}

Pri primarnem zastoju srca naj bi zunanja masaža srca s stisi in sproščanjem sprednje stene prsnega koša omogočala neko raven predihavanja in oksigenacije tudi brez ustajenega umetnega dihanja, v pljučih pa naj bi prihajalo do zadostne izmenjave kisika ob obstoječem, a omejenem pljučnem krvnem obtoku.^{10,23,35} Geddes in sod.⁴⁴ sicer tega ne potrjujejo.

Dodatno lahko v zgodnjih fazah zastoja srca in ob kakovostnem oživljanju včasih opazimo še nenormalno, agonalno dihanje bolnika, ali t.i. gasping, ki je oblika samopredihavanja med zastojem srca.¹² Povezano je z znižanjem intratorakalnega tlaka med fazo vdihava, posledičnim zvečanjem venskega priliva v srce, zvišanjem intratorakalnega tlaka med fazo izdihava in posledičnim izboljšanjem perfuzije koronarnih arterij, zvečanjem minutnega volumna srca in krčljivosti srca in zvečanjem pretoka krvi v karotidnih arteri-

jah in možganih. Vse to vodi v boljše preživetje žrtve zastoja srca.⁴⁵⁻⁴⁹ Žal pa laiki takšno agonalno dihanje lahko opredelijo kot normalno in oživljanja ne začnejo, kar nujno zahteva njihovo dodatno izobraževanje v tem pogledu.

Kardiocerebralno oživljanje je tako primerno za bolnike s primarnim zastojem srca, ki so le-tega doživeli pred pričami, ki so začele oživljanje. Ti bolniki naj bi imeli v začetnih fazah oživljanja zadostne zaloge kisika v arterijski krvi in zmanjšano potrebo po predihavanju s pozitivnim tlakom, ki deluje negativno na hemodinamsko učinkovitost zunanje masaže srca.

Kardiocerebralno oživljanje in raziskave na ljudeh

Kellum in sod.⁹ so v observacijski raziskavi kardiocerebralnega oživljanja ugotovili, da je le-to v primerjavi s KPO povezano z izboljšanjem nevrološko intaktnega preživetja s 15 % na 48 % (za 320 %) pri bolnikih po nenadnem zastoj srca, ki so mu bili priča laiki in so imeli ob prihodu reševalcev VF ali VT. Nadaljevanje te raziskave, ki je zajelo večje število bolnikov v skupini kardiocerebralnega oživljanja, je potrdilo povečanje števila nevrološko intaktnih bolnikov, in sicer s 15 % na 39 % (za 260 %) v primerjavi s klasičnim KPO.⁸

Tudi Bobrow in sod.¹⁰ so dokazali izboljšanje preživetja do odpusta iz bolnišnice pri vseh bolnikih, ki so doživeli zastoj srca in so jih oživljali s kardiocerebralnim oživljanjem. Preživetje je bilo najboljšo v podskupini bolnikov z nenadnim zastojem srca, ki se je zgodil pred očividci in so imeli ob prihodu reševalcev VF ali VT.

Študijska skupina⁵ SOS-KANTO je ugotovila, da je vsaka oblika oživljanja, bodisi kardiocerebralna bodisi klasično KPO, boljša od neizvajanja oživljanja, a imajo najboljšo možnost za ugoden nevrološki izid tiste žrtve zastoja srca tipa VF, ki so jih laiki oživljali z zunanjo masažo srca brez umetnega dihanja in pri katerih se je oživljanje začelo znotraj štirih minut po nastopu zastoja.

Ameriško združenje za srce (AHA) je tako na podlagi vseh zbranih dejstev leta 2008 izjavilo, da imajo odrasle žrtve zunajbolni-

šničnega nenadnega zastoja srca podobne možnosti preživetja, če laiki v sklopu oživljanja izvajajo bodisi zunanjo masažo srca brez umetnega dihanja (skupina ukrepov IIa) bodisi zunanjo masažo srca z umetnim dihanjem (skupina ukrepov IIa), in izdalo priporočilo, da lahko laiki v tem primeru izvajajo eno ali drugo tehniko oživljanja. To priporočilo pa se ne nanaša na primere, ko bolnik doživi zastoj srca brez prisotnih očividcev, ko je vzrok zastoja nesrčni, torej sekundarni, in ko gre za zastoj srca pri otrocih. AHA obenem še navaja, da umetno dihanje prinaša koristi pri pediatričnem oživljanju, pri zastoj srca po utopitvi, pri poškodbah, zapori dihalne poti in apneji, ki je posledica prevelikega odmerka določenega zdravila ali droge, in je že iz teh razlogov v kurikulumu smiselno ohraniti tudi učenje standardnega KPO.^{8,50}

ERC je v tem pogledu bolj zadržan in podaja mnenje, da do naslednje revizije postopkov oživljanja leta 2010 smernic ne namerava spreminjati in izvajanje zunanje masaže srca brez umetnega dihanja podpira le v primerih, ko laik ne želi ali ne more izvajati umetnega dihanja. Obenem navaja, da je izvajanje zunanje masaže srca brez umetnega dihanja morda zadostno ali primernejše v prvih minutah primarnega zastoja srca, a je umetno dihanje v nadaljnjem poteku oživljanja, tako kot tudi od vsega začetka pri sekundarnem zastoj srca, potrebno (otroci, poškodovanci, zapora dihalne poti, pljučne bolezni ...).^{51,52}

Navodila AHA in ERC niso enaka niti za čas pred defibrilacijo. Medtem ko AHA svetuje izvajanje zunanje masaže srca še v času polnjenja defibrilatorja,⁵³ ERC v tem času zunanje masaže srca ne omenja.⁵⁴ Perkins in sod.³² ugotavljajo, da je pri uporabi navodil AHA čas prekinitve zunanje masaže srca zaradi defibrilacije manj kot 2 s, pri uporabi navodil ERC pa 7 s, kar je posledično lahko povezano tudi s preživetjem bolnika, če upoštevamo, da je preživetje slabše pri daljših prekinitvah.²⁸ Nolan in Soar⁵⁵ pa v nedavnem pregledu literature med drugim zaključeta, da se v času polnjenja defibrilatorja zunanja masaža srca lahko nadaljuje, ker se s tem skrajša skupni čas brez zunanje masaže srca in večja možnost uspešne defibrilacije in oživljanja.

Trifazni časovni model srčnega zastoja zaradi VF

Kardiocerebralno oživljanje lahko bolje razumemo tudi skozi prizmo trifaznega časovnega modela srčnega zastoja zaradi VF, ki predlaga najučinkovitejši pristop k oživljanju pri primarnem zastoju srca. Drži, da večinoma težko določimo točen čas nastopa zastoja, a si lahko pri tem dodatno pomagamo z analizo fibrilacijskih valov.^{56,57}

Trifazni časovni model srčnega zastoja zaradi VF delimo na električno, cirkulacijsko in metabolno fazo. Prva traja štiri do pet minut po nastopu zastoja srca, druga deset do petnajst minut po nastopu zastoja srca, temu pa sledi tretja faza.

V električni fazi je najpomembnejši ukrep čimprejšnja defibrilacija, a čim daljši kot je čas od zastoja srca do prve defibrilacije, tem večjo vlogo pri preživetju imajo predhodni postopki oživljanja.^{56,58} Cobb in sod.⁵⁹ so pokazali, da je takojšnja defibrilacija pomembnejši ukrep od postopkov oživljanja, če je izvedena znotraj treh minut po nastopu primarnega zastoja srca, predhodno oživljanje pred izvedbo defibrilacije pa je pomembnejše, če se prične več kot tri minute po nastopu zastoja srca. Vilke in sod.⁶⁰ so pokazali, da imajo večjo možnost preživetja tisti bolniki z VF, pri katerih je defibrilacija izvedena znotraj štirih minut po nastopu zastoja srca, pri teh bolnikih pa predhodno oživljanje s strani laikov ne poveča možnost preživetja. Pri tistih bolnikih z VF, pri katerih pa je defibrilacija izvedena med štirimi in deseti minutami po nastopu zastoja srca, torej v cirkulacijski fazi, imajo največjo možnost preživetja tisti, ki jih laiki pred tem oživljajo. Wik in sod.⁶¹ ugotavljajo enako, in sicer, da imajo bolniki s primarnim zastojem srca, do katerih reševalci pridejo pet ali več minut po začetku zastoja, večjo možnost preživetja, če se pri njih pred defibrilacijo izvajajo postopki oživljanja. Če pa reševalci pridejo do teh bolnikov znotraj petih minut, izvajanje postopkov oživljanja pred defibrilacijo ne poveča možnosti preživetja.

Če torej pomoč bolniku v primarnem zastoju srca prispe v cirkulacijski fazi, je najpomembnejši ukrep, ki ga v tem primeru podpirata tudi ERC in AHA,^{35,36} takojšen za-

četek zunanje masaže srca, in sicer se izvaja en ciklus pred prvo defibrilacijo. To poveča možganski in koronarni pretok krvi in s tem zveča uspešnost kasnejše defibrilacije. Takojšnja defibrilacija VF namesto predhodnega izvajanja postopkov oživljanja bo v tej fazi zelo verjetno sprožila nastanek za oživljanje trdovratnih ritmov, kot sta asistolija in električna aktivnost brez pulza (PEA). Srce pri dolgotrajni VF, ki je nizkoamplitudna in slabo dovzetna za električni sunek, porabi večino lokalnih energetskih, kisikovih in drugih zalog. To pa je ponavadi vzrok, da srce po defibrilaciji v tej fazi zastoja srca ni sposobno spočeti hemodinamsko učinkovitega ritma. Zunanja masaža srca pred defibrilacijo poveča prekrvitev srca, dotok kisika in hranil, poveča amplitudo fibrilacijskih valov in s tem izboljša pogoje za uspešno defibrilacijo.⁶¹⁻⁶³

V prvih štirih do petih minutah oživljanja bolnika s primarnim zastojem srca, torej v električni fazi, je tako poleg postopkov oživljanja najpomembnejša čimprejšnja defibrilacija. V cirkulacijski fazi, ki sledi, je najpomembnejši začetni ukrep izvajanje postopkov oživljanja, za ciklusom le-teh pa defibrilacija. Ker je zgodnja defibrilacija v prvih minutah primarnega zastoja srca v zunajbolnišničnem okolju redka, so v tem primeru temeljni postopki oživljanja pred prvo defibrilacijo tisti, ki najbolj vplivajo na preživetje.^{12,58,64}

Za cirkulacijsko fazo nastopi metabolna, v kateri učinkovitost defibrilacije in zunanje masaže srca pade, razvoj dogodkov pa je odvisen predvsem od ohranjene zmožnosti preživetja srčnega, možganskega in drugih tkiv. Ni jasno, ali je neuspešnost oživljanja v tej fazi odvisna od učinka nepovratnih telesnih mehanizmov, ali pa od neuspešnosti oživljanja, verjetno pa gre za kombinacijo obojega. Splošna telesna ishemija in izločanje endotoksinov iz translociranih črevesnih bakterij povzročata nadaljnje zaviranje delovanja srca, kar onemogoča tudi uspešnost defibrilacije in zunanje masaže srca.⁵⁶ V tej fazi je vprašljivo tudi dajanje adrenalina in drugih zdravil z vazokonstriksijskim delovanjem, ki so sicer pomembna med cirkulacijsko fazo, v metabolni fazi pa povečujejo tkivno ishemijo in ostale zaplete.^{65,66}

Ukrepi ob povrnitvi spontanega krvnega obtoka so usmerjeni v zmanjševanje negativnega učinka reperfuzije in ishemije na možgane, srce in druga tkiva. Blaga inducirana hipotermija in verjetno tudi nadzor nad mehanizmi apoptoze z inhibitorji apoptoze so nekateri od možnih ukrepov.

Stičišča kardiopulmonalnega in kardiocerebralnega oživljanja

Zadnje spremembe smernic KPO leta 2005 vsebujejo kar nekaj elementov kardiocerebralnega oživljanja: zmanjšanje števila defibrilacij na ciklus s 3 na 1, takojšnje nadaljevanje zunanje masaže srca po defibrilaciji brez preverjanja srčnega ritma in pulza, in priporočilo, da lahko v primeru več kot štiri do petminutnega dostopa do žrtve primarnega zastoja srca, ali če je do zastoja srca prišlo brez prisotnosti očividcev, najprej izvedemo dvominutni ciklus zunanje masaže srca in umetnega dihanja in nato defibrilacijo.⁶⁷ Smernice KPO tudi odsvetujejo prekinitve zunanje masaže srca zaradi drugih postopkov, še posebej med endotrahealno intubacijo, ter čezmerno predihavanje bolnika, svetujejo pa enakomerno izvajanje zunanje masaže srca s frekvenco 100 na minuto, zagotavljanje zadostne globine pri stisih in popolno popuščenje pritiska na prsnico pri izvajanju zunanje masaže srca. Sledi še priporočilo glede pogostega menjavanja tistega, ki izvaja zunanjo masažo srca, da se prepreči utrujenost in neučinkovitost zunanje masaže srca. Nolan in Soar⁶⁸ v primeru neizurjenosti pri izvajanju endotrahealne intubacije priporočata uporabo supraglotičnih pripomočkov za vzpostavitev proste dihalne poti. Pri vstavljanju le-teh se zunanja masaža srca ne prekinja, precej manj verjetna pa je tudi hiperventilacija bolnika. Ista avtorja⁵⁵ prav tako svetujeta, naj se tudi v času polnjenja defibrilatorja pred defibrilacijo zunanja masaža srca izvaja z namenom skrajšati čas oživljanja brez nje, kar smo doslej zasledili le v priporočilih AHA, ne pa tudi ERC.

Nekatere novejšje raziskave napovedujejo dodaten napredek pri zmanjševanju prekinitve med zunanjo masažo srca. Lloyd in sod.⁶⁹ ugotavljajo, da je ustrezno zaščiten reševalec, ki izvaja zunanjo masažo srca med

bifazno defibrilacijo, izpostavljen tokovom, ki so nekajkrat pod mejo varnostnih standardov. Telo reševalca ni izpostavljeno nobenim stranskim učinkom defibrilacije. Hoke in sod.⁷⁰ in Nolan in Soar⁵⁵ povzemajo, da je defibrilacija za reševalce varnejša, kot se tradicionalno predpostavlja, še posebej pri uporabi samolepilnih defibrilacijskih elektrod. V nobenem od primerov akcidentalne izpostavljenosti defibrilacijskim tokovom ni prišlo do življenje ogrožajočega stanja ali dolgotrajne prizadetosti, je pa seveda neposredna izpostavljenost zdrave osebe proženju defibrilatorja lahko življenje ogrožajoča. Defibrilatorji, ki iz EKG zapisa odstranjujejo motnje zaradi zunanje masaže srca in omogočajo analizo srčnega ritma brez prekinitve zunanje masaže srca,⁷¹ so dodatna priložnost za zmanjšanje števila prekinitvev zunanje masaže srca.

Smernice KPO se s konceptom kardiocerebralnega oživljanja stikajo še pri poreanimacijski oskrbi.

Poreanimacijska oskrba

Blaga inducirana hipotermija, koronarnografija in morebitna perkutana koronarna intervencija (PCI) so najmočnejši stebri poreanimacijske oskrbe žrtve primarnega zastoja srca pri kardiocerebralnem oživljanju. Temu se na splošno pridružujejo še uravnavanje hemodinamske stabilnosti bolnika, skrb za normoglikemijo, preprečevanje hipertermije in preprečevanje epileptiformnih krčev.

Blaga inducirana hipotermija po zastoju srca vseh vrst, predvsem pa pri bolnikih v komi po primarnem zastoju vrste VF, je povezana z nižjo bolnišnično umrljivostjo in boljšim nevrološkim izidom, smiselno pa jo je začeti že v predbolnišničnem okolju.⁷² Znižuje metabolne potrebe in potrebo možganov po kisiku, znižuje intrakranialni tlak in intenzivnost možganskih vnetnih procesov, zavira tvorbo ekscitacijskih nevrotransmiterjev in tvorbo ter nabiranje kisikovih prostih radikalov. Kljub možnim zapletom, kot so hemodinamska nestabilnost, koagulopatije, hiperglikemija, elektrolitske motnje, znižana imunska odpornost s posledično pljučnico, drugimi okužbami in sepsa, je ta ukrep uvrščen v protokol poreanimacijske

oskrbe komatoznega bolnika po zastoju srca in uspešnem oživljanju.^{54,73,74} Še vedno ni jasno, katere so najboljše metode za ohlajanje in kdaj je najprimernejše časovno okno za začetek izvajanja hipotermije. Glede na izkušnje Kliničnega oddelka za intenzivno interno medicino UKC Ljubljana se hlajenje priporoča začeti takoj po vzpostavitvi hemodinamsko učinkovitega ritma po uspešnem oživljanju na terenu, po katerem bolnik ostane v komi, poskrbeti pa je treba za ustrezno sediranje in mišično relaksacijo.⁷²

Spaulding in sod. poročajo,⁷⁵ da niti klinični niti EKG znaki akutne koronarne zapore niso nujno prisotni v poreanimacijskem času, takojšnji urgentni koronarni posegi pa lahko izboljšajo preživetje. Noč in Radšel povzemata,⁷⁶ da so bili uspešno oživljani bolniki po nenadnem primarnem zastoju srca "pozabljene sirote" intervencijske kardiologije kljub dejstvu, da je okoli 80 % teh primerov posledica akutne koronarne tromboze. Zato se v svetu na enak način kot pri bolnikih z akutnim koronarnim sindromom brez zastoja srca vedno bolj uveljavlja urgentna koronarografija in morebitna PCI pri zavestnih bolnikih po uspešnem oživljanju, pri čemer je urgentna PCI pri akutnem koronarnem sindromu primernejša kot tromboliza.⁷⁵ Učinkovita naj bi bila tudi pri bolnikih, ki po uspešnem oživljanju ostanejo v komi, a pod pogojem, da je pri njih moč opredeliti akutni koronarni dogodek kot najverjetnejši vzrok nenadnega zastoja srca in so možnosti za nevrološko okrevanje realistične. Pri teh bolnikih se za izvedbo urgentnih invazivnih koronarnih posegov ne bi smeli odločiti le na podlagi EKG znakov akutnega koronarnega sindroma, ki so pri teh bolnikih po oživljanju pogosto odsotni.^{75,76} Zato predlagata, da bi pri teh bolnikih urgentno koronarografijo s PCI in blago inducirano hipotermijo vključili v poreanimacijski protokol, saj vsi postopki v kombinaciji, tudi glede na ugotovitve Knafija in sod.,⁷⁷ izboljšajo preživetje z dobrim nevrološkim izidom. Pri izbranih bolnikih, ki do trenutka zastoja srca ne bolehajo za napredovalimi srčnimi in drugimi boleznimi, in začetni ukrepi oživljanja ne privedejo do povrnitve hemodinamsko učinkovitega ritma, se lahko razmisli o izvedbi koronarne

intervencije že med potekom kardiocerebralnega oživljanja.⁷⁶

Zaključek

Kardiocerebralno oživljanje je v primerjavi s KPO pri bolnikih s primarnim zastojem srca enakovredno ali celo primernejše. Podpira neprekinjeno zunanjo masažo srca kot najpomembnejši dejavnik prekrvitve srca in možganov med oživljanjem, izogiba se vsem dejavnikom, ki motijo hemodinamsko učinkovitost zunanje masaže srca, ter spodbuja k oživljanju tiste laike, ki zaradi zadržkov glede umetnega dihanja k oživljanju ne pristopajo. Kljub nekaj raziskavam, ki večje učinkovitosti kardiocerebralnega oživljanja v primerjavi s KPO pri primarnem srčnem zastoju ne potrjujejo, večina raziskav večjo učinkovitost prvega načina oživljanja potrjuje. Zaradi tega bi bilo vredno razmisliti o uvrstitvi kardiocerebralnega oživljanja v protokol oživljanja bolnikov v primarnem zastoju srca, ki je nastopil pred očividci.

Literatura

1. Ewy GA, Kern KB. Recent advances in cardiopulmonary resuscitation: kardiocerebral resuscitation. *J Am Coll Cardiol* 2009; 53: 149-57.
2. Rottenberg EM. Letter by Rottenberg regarding article »Improved neurological outcome with continuous chest compressions compared with 30:2 compressions-to-ventilations cardiopulmonary resuscitation in a realistic swine model of out-of-hospital cardiac arrest«. *Circulation* 2008; 117: e493.
3. YIannopoulos D, Matsuura T, McKnite S, Goodman N, Idris A, Tang W, et al. No assisted ventilation cardiopulmonary resuscitation and 24-hour neurological outcomes in a porcine model of cardiac arrest. *Crit Care Med* 2010; 38: 254-60.
4. Kellum MJ. Compression-only cardiopulmonary resuscitation for bystanders and first responders. *Curr Opin Crit Care* 2007; 13: 268-72.
5. SOS-KANTO study group. Cardiopulmonary resuscitation by bystanders with chest compression only (SOS-KANTO): an observational study. *Lancet* 2007; 369: 920-6.
6. Ewy GA, Zuercher M, Hilwig RW, Sanders AB, Berg RA, Otto CW, et al. Improved neurological outcome with continuous chest compressions compared with 30:2 compressions-to-ventilations cardiopulmonary resuscitation in a realistic swine model of out-of-

- hospital cardiac arrest. *Circulation* 2007; 116: 2525-30.
7. Kern KB, Hilwig RW, Berg RA, Sanders AB, Ewy GA. Importance of continuous chest compressions during cardiopulmonary resuscitation: improved outcome during a simulated single lay-rescuer scenario. *Circulation* 2002; 105: 645-9.
 8. Kellum MJ, Kennedy KW, Barney R, Keilhauer FA, Bellino M, Zuercher M, et al. Cardiocerebral resuscitation improves neurologically intact survival of patients with out-of-hospital cardiac arrest. *Ann Emerg Med* 2008; 52: 244-52.
 9. Kellum MJ, Kennedy KW, Ewy GA. Cardiocerebral resuscitation improves survival of patients with out-of-hospital cardiac arrest. *Ann J Med* 2006; 119: 335-40.
 10. Bobrow BJ, Clark LL, Ewy GA, Chikani V, Sanders AB, Berg RA, et al. Minimally interrupted cardiac resuscitation by emergency medical services for out-of-hospital cardiac arrest. *JAMA* 2008; 299: 1158-65.
 11. Sanders AB. Progress in improving neurologically intact survival from cardiac arrest. *Ann Emerg Med* 2008; 52: 253-5.
 12. Ewy GA. Cardiocerebral resuscitation should replace cardiopulmonary resuscitation for out-of-hospital cardiac arrest (editorial). *Curr Opin Crit Care* 2006; 12: 189-92.
 13. Noc M, Weil MH, Tang W, Turner T, Fukui M. Mechanical ventilation may not be essential for initial cardiopulmonary resuscitation. *Chest* 1995; 108(3): 821-7.
 14. Noc M, Weil MH, Sun S, Tang W, Bisera J. Spontaneous gasping during cardiopulmonary resuscitation without mechanical ventilation. *Am J Respir Crit Care Med* 1994; 150: 861-4.
 15. Abella BS, Aufderheide TP, Eigel B, Hickey RW, Longstreet WT Jr, Nadkarni V, et al. Reducing barriers for implementation of bystander-initiated cardiopulmonary resuscitation: a scientific statement from the American Heart Association for healthcare providers, policymakers, and community leaders regarding the effectiveness of cardiopulmonary resuscitation. *Circulation* 2008; 117: 704-9.
 16. Locke CJ, Berg RA, Sanders AB, Davis MF, Milander MM, Kern KB, et al. Bystander cardiopulmonary resuscitation: concerns about mouth-to-mouth contact. *Arch Intern Med* 1995; 155: 938-43.
 17. Grmec S, Krizmaric M, Mally S, Kozelj A, Spindler M, Lesnik B. Utstein style analysis of out-of-hospital cardiac arrest-bystander CPR and end expired carbon dioxide. *Resuscitation* 2007; 72: 404-14.
 18. Lateef F, Anantharaman V. Bystander cardiopulmonary resuscitation in prehospital cardiac arrest patients in Singapore. *Prehosp Emerg Med* 2001; 5: 387-90.
 19. Ewy GA. Cardiopulmonary resuscitation-strengthening the links in the chain of survival. *N Engl J Med* 2000; 342: 1599-601.
 20. Berg RA, Sanders AB, Kern KB, Hilwig RW, Heidenreich JW, Porter ME, et al. Adverse hemodynamic effects of interrupting chest compressions for rescue breathing during cardiopulmonary resuscitation for ventricular fibrillation cardiac arrest. *Circulation* 2001; 104: 2465-70.
 21. Sato Y, Weil MH, Sun S, Tang W, Xie J, Noc M, et al. Adverse effects of interrupting precordial compression during cardiopulmonary resuscitation. *Crit Care Med* 1997; 25: 733-6.
 22. Yu T, Weil MH, Tang W, Sun S, Klouche K, Povoas H, et al. Adverse outcomes of interrupted precordial compression during automated defibrillation. *Circulation* 2002; 106: 368-72.
 23. Berg RA. Is there too much pulmonary in cardiopulmonary resuscitation? *Respir Care* 2005; 50: 601-3.
 24. The American Heart Association in Collaboration with the International Liaison Committee on Resuscitation (ILCOR). Guidelines 2000 for cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care: an international consensus on science. *Circulation* 2000; 102 Suppl 1: I22-165.
 25. Assar D, Chamberlain D, Colquhoun M, Donnelly P, Handley AJ, Leaves S, et al. Randomized controlled trials of staged teaching for basic life support: 1. Skill acquisition at bronze stage. *Resuscitation* 2000; 45: 7-15.
 26. Higdon TA, Heidenreich JW, Kern KB, Sanders AB, Berg RA, Hilwig RW, Clark LL, Ewy GA. Single rescuer cardiopulmonary resuscitation: can anyone perform to the guidelines 2000 recommendations? *Resuscitation* 2006; 71: 34-9.
 27. Heidenreich JW, Higdon TA, Kern KB, Sanders AB, Berg RA, Niebler R, et al. Single-rescuer cardiopulmonary resuscitation: 'two quick breaths'-an oxymoron. *Resuscitation* 2004; 62: 283-9.
 28. Wik L, Kramer-Johansen J, Myklebust H, Soerbo H, Svensson L, Fellows B, et al. Quality of cardiopulmonary resuscitation during out-of-hospital cardiac arrest. *JAMA* 2005; 293: 299-304.
 29. Valenzuela TD, Kern KB, Clark LL, Berg RA, Berg MD, Berg DD, et al. Interruptions of chest compressions during emergency medical systems resuscitation. *Circulation* 2005; 112: 1259-65.
 30. Wang HE, Simeone SJ, Weaver MD, Callaway CW. Interruptions in cardiopulmonary resuscitation from paramedic endotracheal intubation. *Ann Emerg Med* 2009; 54: 645-52.

31. Marsch SC, Tschan F, Semmer N, Spychiger M, Breuer M, Hunziker PR. Unnecessary interruptions of cardiac massage during simulated cardiac arrest. *Eur J Anaesthesiol* 2005; 22: 831-3.
32. Perkins GD, Davies RP, Soar J, Thickett DR. The impact of manual defibrillation on no-flow time during simulated cardiopulmonary resuscitation. *Resuscitation* 2007; 73: 109-14.
33. Davis DP. Cardiocerebral resuscitation: a broader perspective. *J Am Coll Cardiol* 2009; 53: 158-60.
34. Bobrow BJ, Ewy GA. Ventilation during resuscitation efforts for out-of-hospital primary cardiac arrest. *Curr Opin Crit Care* 2009; 15: 228-33.
35. American Heart Association. 2005 American Heart Association guidelines for cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care. *Part 4: Adult Basic Life Support*. *Circulation* 2005; 112 Suppl 1: IV-27.
36. Handley AJ, Koster R, Monsieurs K, Perkins GD, Davies S, Bossaert L. European resuscitation guidelines for resuscitation 2005. Section 2. Adult basic life support and use of automated external defibrillators. *Resuscitation* 2005; 67S1: S13.
37. Aufderheide TP, Sigurdsson G, Pirrallo RG, Yannopoulos D, McKnite S, vonBriesen C, et al. Hyperventilation-induced hypotension during cardiopulmonary resuscitation. *Circulation* 2004; 109: 1960-5.
38. O'Neill JF, Deakin CD. Do we hyperventilate cardiac arrest patients? *Resuscitation* 2007; 73: 82-5.
39. Yannopoulos D, McKnite SH, Tang W, Zook M, Roussos C, Aufderheide TP, et al. Reducing ventilation frequency during cardiopulmonary resuscitation in a porcine model of cardiac arrest. *Respir Care* 2005; 50: 628-35.
40. Aufderheide TP, Lurie KG. Death by hyperventilation: a common and life-threatening problem during cardiopulmonary resuscitation. *Crit Care Med* 2004; 32 Suppl 9: S345-51.
41. Guerci AD, Shi AY, Levin H, Tsitlik J, Weisfeldt ML, Chandra N. Transmission of intrathoracic pressure to the intracranial space during cardiopulmonary resuscitation in dogs. *Circ Res* 1985; 56: 20-30.
42. Berg RA, Kern KB, Sanders AB, Otto CW, Hilwig RW, Ewy GA. Bystander cardiopulmonary resuscitation. Is ventilation necessary? *Circulation* 1993; 88: 1907-15.
43. Berg RA, Kern KB, Hilwig RW, Berg MD, Sanders AB, Otto CW, et al. Assisted ventilation does not improve outcome in a porcine model of single-rescuer bystander cardiopulmonary resuscitation. *Circulation* 1997; 95: 1635-41.
44. Geddes LA, Rundell A, Otlewski M, Pargett M. How much lung ventilation is obtained with only chest-compression CPR? *Cardiovasc Eng* 2008; 8: 145-8.
45. Bobrow BJ, Zuercher M, Ewy GA, Clark L, Chikani V, Donahue D, et al. Gasping during cardiac arrest in humans is frequent and associated with improved survival. *Circulation* 2008; 118: 2550-4.
46. Yang L, Weil MH, Noč M, Tang W, Turner T, Gazmuri RJ. Spontaneous gasping increases the ability to resuscitate during experimental cardiopulmonary resuscitation. *Crit Care Med* 1994; 22: 879-83.
47. Ristango G, Tang W, Sun S, Weil MH. Spontaneous gasping produces carotid blood flow during untreated cardiac arrest. *Resuscitation* 2007; 75: 366-71.
48. Manole MD, Hickey RW. Preterminal gasping and effects on the cardiac function. *Crit Care Med* 2006; 34 Suppl 12: S438-41.
49. Srinivasan V, Nadkarni VM, Yannopoulos D, Marino BS, Sigurdsson G, McKnite SH, et al. Spontaneous gasping decreases intracranial pressure and improves cerebral perfusion in a pig model of ventricular fibrillation. *Resuscitation* 2006; 69: 329-34.
50. Sayre MR, Berg RA, Cave DM, Page RL, Potts J, White R. Hands-Only (Compression-Only) Cardiopulmonary Resuscitation: A Call to Action for Bystander Response to Adults Who Experience Out-of-Hospital Sudden Cardiac Arrest. A Science Advisory for the Public From the American Heart Association Emergency Cardiovascular Care Committee. *Circulation* 2008; 117: 2162-67.
51. European resuscitation council. European resuscitation council (ERC) comments on compression-only CPR study published in *The Lancet* 17th march 2007. ERC Mar 2007. Dosegljivo na: <https://www.erc.edu/index.php/doclibrary/en/86/1/>
52. Kreimeier U, Dirks B, Arntz R, Bahr J, Goldschmidt P, Roessler M, et al. Chest compression without ventilation during basic life support? Confirmation of the validity of the European Resuscitation Council (ERC) guidelines 2005. *Anaesthesist* 2008; 57: 812-6.
53. American Heart Association. 2005 American Heart Association guidelines for cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care. *Part 7.2: Management of Cardiac Arrest*. *Circulation* 2005; 112 Suppl 1: IV58-66.
54. Nolan JP, Deakin CD, Soar J, Bottiger BW, Smith G. European resuscitation council guidelines for resuscitation 2005. Section 4. Adult advanced life support. *Resuscitation* 2005; 67 Suppl 1: S39-86.
55. Nolan JP, Soar J. Defibrillation in clinical practise. *Curr Opin Crit Care* 2009; 15: 209-15.
56. Weisfeldt ML, Becker LB. Resuscitation after cardiac arrest: a 3-phase time-sensitive model. *JAMA* 2002; 288: 3035-8.

57. Sherman LD, Rea TD, Waters JD, Menegazzi JJ, Callaway CW. Logarithm of the absolute correlations of the ECG waveform estimates duration of ventricular fibrillation and predicts successful defibrillation. *Resuscitation* 2008; 78: 346-54.
58. Gilmore CM, Rea TD, Becker LJ, Eisenberg MS. Three-phase model of cardiac arrest: time-dependent benefit of bystander cardiopulmonary resuscitation. *Am J Cardiol* 2006; 98: 497-9.
59. Cobb LA, Fahrenbruch CE, Walch TR, Compass MK, Olsufka M, Breskin M, et al. Influence of cardiopulmonary resuscitation prior to defibrillation in patients with out-of-hospital ventricular fibrillation. *JAMA* 1999; 281: 1182-88.
60. Vilke GM, Chan TC, Dunford JV, Metz M, Ochs G, Smith A, et al. The three-phase model of cardiac arrest as applied to ventricular fibrillation in a large, urban emergency medical services system. *Resuscitation* 2005; 64: 341-6.
61. Wik L, Hansen TB, Fylling F, Steen T, Vaagenes P, Auestad BH, et al. Delaying defibrillation to give basic cardiopulmonary resuscitation to patients with out-of-hospital ventricular fibrillation: a randomized trial. *JAMA* 2003; 289: 1389-95.
62. Yakaitis RW, Ewy GA, Otto CW, Taren DL, Moon TE. Influence of time and therapy on ventricular fibrillation in dogs. *Crit Care Med* 1980; 8: 157-63.
63. Kern KB, Garewal HS, Sanders AB, Janas W, Nelson J, Sloan D, et al. Depletion of myocardial adenosine triphosphate during prolonged untreated ventricular fibrillation: effect on defibrillation success. *Resuscitation* 1990; 20: 221-9.
64. Hong MF, Dorian P. Update on advanced life support and resuscitation techniques. *Curr Opin Cardiol* 2005; 20: 1-6.
65. Weisfeldt ML. A three phase temporal model for cardiopulmonary resuscitation following cardiac arrest. *Trans Am Clin Climatol Assoc* 2004; 115: 115-22.
66. Korth U, Krieter H, Denz C, Janke C, Ellinger K, Bertsch T, et al. Intestinal ischaemia during cardiac arrest and resuscitation: comparative analysis of extracellular metabolites by microdialysis. *Resuscitation* 2003; 58: 209-17.
67. American Heart Association. 2005 American Heart Association guidelines for cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care. *Part 5: Electrical Therapies: Automated External Defibrillators, Defibrillation, Cardioversion, and Pacing*. *Circulation* 2005; 112 Suppl 1: IV-35-46.
68. Nolan JP, Soar J. Airway techniques and ventilation strategies. *Curr Opin Crit Care* 2008; 14: 279-86.
69. Lloyd MS, Heeke B, Walter PF, Langberg JJ. Hands-on defibrillation: an analysis of electrical current flow through rescuers in direct contact with patients during biphasic external defibrillation. *Circulation* 2008; 117: 2510-4.
70. Hoke RS, Heinroth K, Trappe HJ, Werdan K. Is external defibrillation an electric threat for bystanders? *Resuscitation* 2009; 80: 395-401.
71. Werther T, Klotz A, Kracher G, Baubin M, Feichtinger HG, Gilly H, et al. CPR artifact removal in ventricular fibrillation ECG signals using Gabor multipliers. *IEEE Trans Biomed Eng* 2009; 56: 320-7.
72. Stojić M, Knafelj R, Radšel P, Ploj T, Noč M. Blaga hipotermija in perkutana koronarna intervencija pri zdravljenju bolnika s predbolnišničnim zastojem srca zaradi akutnega srčnega infarkta. *Zdrav Vestn* 2008; 77: 441-6.
73. Cheung KW, Green RS, Magee KD. Systematic review of randomized controlled trials of therapeutic hypothermia as a neuroprotectant in post cardiac arrest patients. *CJEM* 2006; 8: 329-37.
74. Bernard S. Hypothermia after cardiac arrest: expanding the therapeutic scope. *Crit Care Med* 2009; 37 Suppl 7: S227-33.
75. Spaulding CM, Joly LM, Rosenberg A, Monchi M, Weber SN, Dhainaut JF, et al. Immediate coronary angiography in survivors of out-of-hospital cardiac arrest. *N Engl J Med* 1997; 336: 1629-33.
76. Noč M, Radšel P. Urgent invasive coronary strategy in patients with sudden cardiac arrest. *Curr Opin Crit Care* 2008; 14: 287-91.
77. Knafelj R, Radsel P, Ploj T, Noc M. Primary percutaneous coronary intervention and mild induced hypothermia in comatose survivors of ventricular fibrillation with ST-elevation acute myocardial infarction. *Resuscitation* 2007; 74: 227-34.