

Mechanizovaná nepřímá srdeční masáž

Vladimír Tuka¹, Ondřej Šmíd²

¹3. interní klinika VFN a 1. LF UK, Praha

²2. interní klinika VFN a 1. LF UK, Praha

Nejčastější formou úmrtí na ischemickou chorobu srdeční je náhlá srdeční smrt. Základním předpokladem léčby je kardiopulmonální resuscitace. Při kardiopulmonální resuscitaci jsou nejdůležitější manuální komprese hrudníku s dostatečnou frekvencí a hloubkou stlačení. Přesto tento požadavek není často splněn ani školenými profesionály. Zajištění kvalitní masáže během transportu k provedení dalších život zachraňujících úkonů, např. primární koronární angioplastiky, je manuálně prakticky nemožné. Smyslem mechanizované srdeční masáže je poskytnout pacientům masáž hrudníku bez přerušování, bez ovlivnění kvality únavou zachránců a současně uvolnit zachránce pro další úkony. V současnosti jsou nejpoužívanější dva systémy – LUCAS® a AutoPulse®, které prokazatelně zajišťují kvalitní srdeční masáž a nezvyšují riziko iatrogenních komplikací.

Klíčová slova: mechanizovaná srdeční masáž, náhlá srdeční smrt, LUCAS, AutoPulse.

Mechanical chest compression devices

Sudden cardiac death is the most common cause of death due to coronary artery disease. The mainstay of therapy is the cardiopulmonary resuscitation where the thoracic compressions at an adequate rate play the major role. Despite very good evidence on the efficacy of adequate chest compression the reality is more than suboptimal. The performance of adequate chest compressions is impossible in transport settings or at the catheterisation laboratory. The mechanical chest compression systems are safe and efficient tools to provide chest compressions without interruption and rescuers fatigue. Two systems of mechanical chest compression devices are in use in the clinical practice. They provide a high quality chest compressions and do not increase the number of complications.

Key words: mechanical chest compression device, sudden cardiac death, LUCAS, AutoPulse.

Interv Akut Kardiol 2013; 12(2): 83–86

Náhlá srdeční smrt a kardiopulmonální resuscitace

Náhlá srdeční smrt (NSS) je nejčastější formou úmrtí na ischemickou chorobu srdeční (1). Ve vyspělých zemích se roční incidence NSS pohybuje mezi 36 a 128 případy na 100 000 obyvatel (2), v Praze se podle údajů RZP počet NSS pohybuje kolem 600 případů ročně (Fránek 2010 – osobní sdělení). Šance na přežití NSS je nízká: u mimonemocniční NSS se odhaduje na 5–10% (3), v podskupině pacientů s fibrilací komor je však o něco vyšší – 15%. Dojde-li k srdeční zástavě v nemocničním zařízení, mají pacienti vyšší šanci na přežití – 17% (4). Nicméně i tak přibližně polovina přeživších pacientů má určitý stupeň trvalého neurologického poškození (5).

Základním pilířem léčby u NSS je kardiopulmo-(cerebrální) resuscitace (KPR). Hlavním cílem KPR je obnovení spontánního oběhu bez poškození orgánů a s minimálním, resp. žádným neurologickým deficitem (6). Během snahy o obnovení spontánní oběhové aktivity nesmí klesnout perfuze vitálních orgánů pod hranici nezbytnou pro jejich přežití.

Základním postupem při kardiopulmonální resuscitaci jsou manuální komprese hrudníku do hloubky 5–6 cm frekvencí 100–120/min (7). Je-li kvalita kompresí dostatečná, zvyšuje se naděje na obnovení spontánního

oběhu (7). Důležitost frekvence komprese byla doložena na zvířecích modelech (8, 9), stejně jako hloubka stlačování hrudníku (9). Tento fakt byl reflektován i v posledních doporučeních pro kardiopulmonální resuscitaci (7), podle kterých by stlačování hrudníku mělo být nejméně 5 cm, oproti 4–5 cm doporučovaných roku 2005 (10). I krátké pauzy ve stlačování hrudníku pro provedení umělých vdechů (což odpovídá přibližně 4–9 vteřinám) vedou k významnému poklesu cerebrálního i koronárního perfuzního tlaku (11) a snížení šance na obnovení spontánní cirkulace a přežití.

Přes dostatečnou evidenci o prospěšnosti adekvátního stlačování hrudníku, doloženou v laboratorních podmínkách, avšak praxe i u školených profesionálů není ani zdaleka optimální. Stlačování hrudníku bylo při mimonemocniční zástavě ve studii z roku 2005 přerušeno v průměru 47% času (12). U nemocničních zástav byla frekvence stlačování méně než 90/min po 27% času resuscitace a hloubka kompresí byla příliš mělká po 37% času resuscitace (13). Možnou příčinou je únava zachránců, kdy se již po jedné minutě snižuje hloubka kompresí hrudníku. Samotní zachránci si jsou únavy vědomi až po pěti minutách (14). Kvalita KPR je přitom zásadním, ne-li zcela nejdůležitějším faktorem pro kvalitní přežití pacientů po NSS.

Mechanizovaná srdeční masáž

Smyslem mechanizované srdeční masáže (mechanické masáže, mechanizované resuscitace) je poskytnout pacientům kvalitní masáž hrudníku bez přerušování a negativního ovlivnění únavou zachránců. Přístroje pro mechanizovanou kompresi hrudníku také uvolňují jedny ruce zachránců, a tím jim poskytují prostor pro provádění dalších nezbytných neodkladných úkonů v rámci resuscitace.

V současné době jsou v klinické praxi používány dva přístroje: LUCAS® (Jolife, Lund, Sweden) a AutoPulse® (Zoll, Chelmsford, USA). Tyto přístroje pracují na odlišném principu.

LUCAS

Přístroj LUCAS® (Lund University Cardiopulmonary Assist System) vyvíjený již od 70. let minulého století napodobuje manuální kompresi hrudníku o konstantní frekvenci a hloubce (obrázek 1). Po naložení na sternum jeho pohyb v předozadním směru provádí automatickou kompresi a dekompresi hrudníku. LUCAS® sestává z pístu obdobného kardio-pumpě, který byl v prvních modelech poháněn stlačeným vzduchem a v nejnovějších modelech je poháněn elektrickým proudem. Samotný mechanismus pístu je nesen pevnými madly, která obkružují tělo pacienta a kotví jej k pevné zadní desce. Píst

Obrázek 1. Systém na mechanizovanou nepřímou srdeční masáž – LUCAS

má tvar vývěvy a umožňuje aktivní sukci sternu a tím dekompresi hrudníku. Tento systém lze použít pro pacienty, jejichž hrudní koš je vysoký mezi 17 cm až 30,3 cm a široký maximálně 45 cm. Celková hmotnost systému je 7,8 kg.

AutoPulse

Systém AutoPulse® provádí komprese celého hrudníku pásem upevněným po celém obvodu hrudníku (obrázek 2). Pás je upevněn k zadní desce, která se vkládá pod pacienta, a hrudního pásu LifeBand®, který se upevňuje přes hrudník pacienta. Cyklickým zkracováním pásu dochází ke zmenšování obvodu hrudníku, a tím k dvacetiprocentnímu zkracování zado-předního rozměru hrudníku. Frekvence zkracování je 80 ± 5 zkrácení za minutu. Celková hmotnost systému je 9,3 kg

Simultánní sterno-torakální kardiopulmonární resuscitace

Pro úplnost je třeba zmínit ještě systém pro sterno-torakální kardiopulmonální resuscitaci, který kombinuje oba výše zmíněné systémy. Dosud byly však provedeny jen studie na zvířecích modelech, které ukazují lepší hemodynamickou odpověď oproti manuální kompresi (17, 18). Nicméně poslední studie byly publikovány před deseti lety.

Porovnání účinnosti mechanické a manuální komprese hrudníku

Přístroje pro mechanizovanou kompresi hrudníku na zvířecích modelech zlepšují mozkovou, centrální i koronární perfuzi v porovnání s manuální kompresí (19, 20). U prasat byla mechanická komprese účinnější v dosažení vyšší-

ho koronárního perfuzního tlaku (20 mmHg vs. 5 mmHg) a návratu spontánního oběhu a to u obou systémů LUCAS® (21) i AutoPulse® (22).

Při testování na umělých modelech (humánní modely, figuríny) za různých podmínek se ukazuje, že mechanické systémy jsou účinnější než manuální komprese a provádějí doporučenou kvalitu kompresí po téměř celou dobu.

V katetizační laboratoři modelovaná resuscitace na figurínách s použitím systému LUCAS® vs. manuální komprese byla kvalita kompresí odpovídající doporučením splněna v 98 % u systému LUCAS® a v 70 % u manuálních kompresí (8 % příliš hluboké a 21 % příliš mělké komprese). Přerušení v masáži byly v průměru 9 vteřin u manuální komprese, což odpovídá výměně záchránců, a 10 vteřin pro nasazení systému LUCAS®. Průměrná frekvence masáže byla shodná v obou skupinách, i když ve skupině s LUCAS® byla menší variabilita (99–102/min vs. 88–121/min) (23).

Z dosud publikovaných dat o použití těchto systémů u pacientů, včetně jedné metaanalýzy, se zdá, že s použitím mechanické masáže dochází k častějšímu návratu spontánního oběhu ($N = 51$, RR 2,81. 95 % CI 0,96–8,22) (6, 24).

Zatím nej kvalitněji vedená studie z pohledu medicíny založené na důkazech je studie Hallstroma a kolegů. Ti udávají shodné přežití po 4 hodinách od vytočení tísňové linky a to 26,4 % pacientů s mechanickou kompresí a 24,7 % s manuální kompresí (25). Bohužel u pacientů resuscitovaných pomocí mechanizované nepřímé srdeční masáže bylo pozorováno snížení přežití v dobrém neurologickém stavu a to pouze u 3,1 % pacientů oproti 7,5 % pacientů

po manuální masáži ($p = 0,006$). Vypočítaná relativní šance na přežití byla 0,41 (95 % CI 0,21; 0,79) pro mechanickou kompresi hrudníku (25).

V nedávné době byla ukončena studie CIRC (Circulation Improving Resuscitation Care) porovnávající resuscitaci pomocí standardní manuální komprese hrudníku a pomocí systému AutoPulse® (26). Jako primární cíl studie byla stanovena dimise z nemocnice a sekundární cíle studie bylo stanovení porovnání četnosti návratu spontánního oběhu, 24hodinové přežití od srdeční zástavy a neurologický stav pacientů při dimisi. Nábor pacientů byl již ukončen a bylo zařazeno přibližně 4000 pacientů. Předběžné výsledky prezentované na webu studie (www.circtrial.com) ukazují, že použití systému AutoPulse® je minimálně ekvivalentní k manuální kompresi. Publikace definitivních výsledků je očekávána na podzim 2012.

Obdobně rozsáhlé studie probíhají i se systémem LUCAS®. Studie LINC porovnává resuscitaci pomocí standardní manuální komprese hrudníku a pomocí systému LUCAS®. Primárním cílem studie je přežití čtyři hodiny od úspěšného návratu spontánního oběhu. Sekundární cíle jsou obdobné jako ve studii CIRC. Plánováno je zařadit 2500 pacientů. Studie PaRAMeDIC probíhající v Británii si za primární cíl určila mortalitu 30 dní od náhlé smrti. Sekundární cíle jsou obdobné jako v předchozích studiích. Navíc přibyla analýza cost-effectiveness. Do obou studií se systémem LUCAS® byl v září 2012 ještě otevřen nábor pacientů.

Porovnání komplikací

Samotná kardiopulmonální resuscitace je spojena s častými poraněními hrudního koše, včetně vnitřních orgánů (27). Při porovnání poranění způsobených manuální vs. mechanickou kompresí systémem LUCAS® na zvířecích mode-

Obrázek 2. Systém na mechanizovanou nepřímou srdeční masáž – AutoPulse

lech se jeví jako výhodnější použití mechanických kompresí (28). Pokud byla porovnána data od nepřeživších pacientů z reálné praxe, jsou manuální a mechanické komprese srovnatelné, zlomeniny žeber byly přítomny u 29,0 % pacientů resuscitovaných systémem LUCAS® a u 21,3 % resuscitovaných manuálně (29). Mechanizovaná srdeční masáž tedy nepřináší vyšší riziko iatrogenního poškození.

Přímé porovnání obou systémů mechanizované resuscitace nebylo doposud provedeno, z klinických zkušeností je lze považovat co do účinnosti, praktičnosti i potenciálních komplikací za ekvivalentní.

Mechanizovaná srdeční masáž v praxi

Bonnemeier, a kol, dokládají účinnost mechanické srdeční masáže při nemocničních srdečních zástavách se známou či tušenou příčinou. Z 28 pacientů rovných 50 % přežilo bez významného neurologického deficitu. Příčinou zástavy byla akutní masivní plicní embolie (N = 14), akutní koronární syndrom s kardiogenním šokem (N = 9), arytmiická bouře (N = 3). Použití LUCAS trvalo v průměru 37,5 minuty a umožnilo provedení nezbytných terapeutických zásahů, např. perkutánní koronární intervence (30).

Greisen popisuje případ pacient po 55 minutách manuální a 45 minutách mechanické resuscitace, jejíž příčinou byla těžká iontová dysbalance (kalémie 2,0 mmol/l, ionizované kalcium 0,87 mmol/l). Po korekci vnitřního prostředí byl obnoven spontánní oběh a pacient byl nakonec propuštěn domů bez neurologického deficitu (31).

Nutnost protražované resuscitace po tonutí s hypotermií byla popsána dánskými autory. Ti popisují případ 45letého pacienta, který byl resuscitován po 20 minutách uvěznění pod ledem. Po 70 minutách manuální a 40 minutách mechanické resuscitace byl napojen na extrakorpórní podporu oběhu a po dalších 80 minutách došlo k obnovení spontánního oběhu. Pacient se probрал k vědomí po 21 dnech s minimálním neurologickým deficitem (32).

Využití mechanizované komprese hrudníku přináší řadu výhod. Vedle již zmíněné kvality samotné komprese po prakticky neomezenou dobu, umožňuje KPR v omezeně přístupných prostorách, při přemísťování pacientů a transportu atd. Šetří jeden pár rukou během celé resuscitace a síly resuscitačního týmu. Umožňuje kvalitní resuscitaci i v situacích, kdy je počet zachránců omezený (v terénu, v nočních službách, v sanitách, atd.). V případě refrakterní zástavy pak

zásadně prodlužuje terapeutické a diagnostické okno pro záchranu pacienta. Za pokračující mechanické resuscitace je možné s určitými omezeními provést sonografické či echografické vyšetření, diagnostickou koronarografii či dokonce úspěšnou koronární angioplastiku a zásadně tím zvýšit šanci na obnovení srdečního rytmu. V krajním případě může mechanická srdeční masáž překlenout dobu nezbytnou k přípravě a zahájení urgentní mimotělní oběhové podpory.

Kombinace mechanizované srdeční masáže, přednemocniční hypotermie, časné koronární intervence a případné mimotělní oběhové podpory je jednou z nadějí pro nemocné s refrakterní srdeční zástavou (33).

Klíčovou podmínkou pro úspěch mechanické resuscitace však zůstává její včasné zahájení, tedy nikoliv až po selhání 30–40 minut trvající resuscitace manuální. Doporučujeme zahájit mechanickou srdeční masáž do deseti minut od zahájení rozšířené KPR. Důležité je i správné umístění pásu či zvonu na hrudníku pacienta, které je potřeba pravidelně kontrolovat a ověřovat i účinnost masáže (palpace centrálního pulzu, měření invazivního tlaku, cerebrální oxymetrie). V neposlední řadě je nezbytné kvalitní vyškolení resuscitačního týmu a personálu.

Nevýhodou obou systémů mechanické srdeční masáže je nemožnost využití u extrémně malých či velkých osob a bohužel i u dětí. Problémem je také cena a dostupnost přístrojů, které by ke splnění výše uvedeného měly být přítomny nejen na všech specializovaných JIP, ale i ve všech vozech RZP.

Doporučené postupy a mechanizovaná resuscitace

Přístroje na mechanickou srdeční masáž jsou používány již několik let a jejich použití se objevuje i v doporučených postupech pro resuscitaci. Při terapii srdeční zástavy dospělých mohou být „mechanické pístové přístroje“ použity zaškoleným personálem ve specifických situacích (např. diagnostické či terapeutické procedury), kdy by manuální komprese byla obtížná či nemožná (34) (třída IIb).

I použití systému AutoPulse® je hodnoceno ve třídě IIb a to jen při provádění adekvátně vyškolenými zdravotníky a jen ve specifických situacích (34).

Závěr

Mechanizovaná srdeční masáž je nadějným postupem zvyšujícím kvalitu a dostupnost kvalitní kardiopulmonální resuscitace u nemocných s náhlou srdeční zástavou.

V současnosti jsou nejpoužívanější dva systémy mechanické resuscitace (LUCAS® i AutoPulse®), které prokazatelně zajišťují kvalitní srdeční masáže a nezvyšují riziko iatrogenních komplikací.

Využití mechanizované srdeční masáže zvyšuje možnosti resuscitačního týmu, významně prodlužuje čas na diagnostiku a léčbu příčiny srdeční zástavy. Přes příznivé klinické zkušenosti a nadějně experimentální výsledky zatím chybí jasné důkazy o příznivém vlivu mechanizované srdeční masáže na mortalitu či kvalitu přežívání nemocných po srdeční zástavě.

Literatura

1. Zheng ZJ, Croft JB, Giles WH, Mensah GA. Sudden cardiac death in the United States, 1989 to 1998. *Circulation* 2001; 104(18): 2158–2163.
2. Kautzner J. Náhlá srdeční smrt a kardiopulmonální resuscitace. In: Aschermann M, (ed). *Kardiologie*. Praha: Galen; 2004: 1181–1193.
3. Nichol G, Thomas E, Callaway CW, et al. Regional variation in out-of-hospital cardiac arrest incidence and outcome. *JAMA* 2008; 300(12): 1423–1431.
4. Peberdy MA, Kaye W, Ornato JP, et al. Cardiopulmonary resuscitation of adults in the hospital: a report of 14720 cardiac arrests from the National Registry of Cardiopulmonary Resuscitation. *Resuscitation* 2003; 58(3): 297–308.
5. Young GB. Clinical practice. Neurologic prognosis after cardiac arrest. *N Engl J Med* 2009; 361(6): 605–611.
6. Brooks SC, Bigham BL, Morrison LJ. Mechanical versus manual chest compressions for cardiac arrest. *Cochrane Database Syst Rev* 2011 (1): CD007260.
7. Nolan JP, Soar J, Zidean DA, et al. European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2010 Section 1. Executive summary. *Resuscitation* 2010; 81(10): 1219–1276.
8. Swart GL, Mateer JR, DeBehnke DJ, Jameson SJ, Osborn JL. The effect of compression duration on hemodynamics during mechanical high-impulse CPR. *Acad Emerg Med* 1994; 1(5): 430–437.
9. Kern KB, Carter AB, Showen RL, et al. Twenty-four hour survival in a canine model of cardiac arrest comparing three methods of manual cardiopulmonary resuscitation. *J Am Coll Cardiol* 1986; 7(4): 859–867.
10. Handley AJ, Koster R, Monsieurs K, et al. European Resuscitation Council guidelines for resuscitation 2005. Section 2. Adult basic life support and use of automated external defibrillators. *Resuscitation* 2005; 67(Suppl 1): S7–23.
11. Ewy GA. Cardiocerebral resuscitation: the new cardiopulmonary resuscitation. *Circulation* 2005; 111(16): 2134–2142.
12. Wik L, Kramer-Johansen J, Myklebust H, et al. Quality of cardiopulmonary resuscitation during out-of-hospital cardiac arrest. *JAMA* 2005; 293(3): 299–304.
13. Abella BS, Alvarado JP, Myklebust H, et al. Quality of cardiopulmonary resuscitation during in-hospital cardiac arrest. *JAMA* 2005; 293(3): 305–310.
14. Hightower D, Thomas SH, Stone CK, Dunn K, March JA. Decay in quality of closed-chest compressions over time. *Ann Emerg Med* 1995; 26(3): 300–303.
15. LUCAS™2 SW 2.1. http://www.lucas-cpr.com/en/lucas_cpr/technical_info_and_instructions_for_use/lucas2_sw_2.1.
16. ZOLL. Product Manuals. <http://www.zoll.com/medical-products/product-manuals/>, accessed on 25 Sept 2012.
17. Hwang SO, Lee KH, Cho JH, et al. Simultaneous sternothoracic cardiopulmonary resuscitation: a new method of cardiopulmonary resuscitation. *Resuscitation* 2001; 48(3): 293–299.
18. Hwang SO, Lee KH, Lee JW, et al. Simultaneous sternothoracic cardiopulmonary resuscitation improves short-term survival rate in canine cardiac arrests. *Resuscitation* 2002; 53(2): 209–216.

19. Halperin HR, Paradis N, Ornato JP, et al. Cardiopulmonary resuscitation with a novel chest compression device in a porcine model of cardiac arrest: improved hemodynamics and mechanisms. *J Am Coll Cardiol* 2004; 44(11): 2214–2220.
20. 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(3): 357–363.
21. Liao Q, Sjöberg T, Paskevicius A, Wohlfart B, Steen S. Manual versus mechanical cardiopulmonary resuscitation. An experimental study in pigs. *BMC Cardiovasc Disord* 2010; 10: 53.
22. Timmerman S, Cardoso LF, Ramires JA, Halperin H. Improved hemodynamic performance with a novel chest compression device during treatment of in-hospital cardiac arrest. *Resuscitation* 2004; 61(3): 273–280.
23. Wyss C, Fox J, Franzeck F, et al. Mechanical versus manual chest compression during CPR in a cardiac catheterization setting. *Cardiovascular Medicine* 2010; 13(3): 92–96.
24. Olsson P, Steen S, Kongstad P, Sjöberg T. The outcome of cardiac arrest the years before and after introduction of LUCAS in the ambulances. *Resuscitation* 2008; 77: S9.
25. Hallstrom A, Rea TD, Sayre MR, et al. 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(22): 2620–2628.
26. Lerner EB, Persse D, Souders CM, et al. Design of the Circulation Improving Resuscitation Care (CIRC) Trial: a new state of the art design for out-of-hospital cardiac arrest research. *Resuscitation* 2011; 82(3): 294–299.
27. Buschmann CT, Sokos M. Frequent and rare complications of resuscitation attempts. *Intensive Care Med* 2009; 35(3): 397–404.
28. Xanthos T, Pantazopoulos I, Roumelioti H, et al. A comparison of autopsy detected injuries in a porcine model of cardiac arrest treated with either manual or mechanical chest compressions. *Eur J Emerg Med* 2011; 18(2): 108–110.
29. Smekal D, Johansson J, Huzevka T, Rubertsson S. No difference in autopsy detected injuries in cardiac arrest patients treated with manual chest compressions compared with mechanical compressions with the LUCAS device—a pilot study. *Resuscitation* 2009; 80(10): 1104–1107.
30. Bonnemeier H, Simonis G, Olivecrona G, et al. Continuous mechanical chest compression during in-hospital cardiopulmonary resuscitation of patients with pulseless electrical activity. *Resuscitation* 2011; 82(2): 155–159.
31. Greisen J, Golbaekdal K, Mathiassen O, Ravn H. Prolonged mechanical cardiopulmonary resuscitation. *Ugeskr Laeger* 2010; 172: 3191–3192.
32. Rudolph SS, Barnung S. Survival after drowning with cardiac arrest and mild hypothermia. *ISRN Cardiol* 2011; 2011: 895625.
33. Belohlavek J, Kucera K, Jarkovsky J, et al. Hyperinvasive approach to out-of hospital cardiac arrest using mechanical chest compression device, pre hospital intraarrest cooling, extracorporeal life support and early invasive assessment compared to standard of care. A randomized parallel groups comparative study proposal. „Prague OHCA study”. *J Transl Med* 2012; 10(1): 163.
34. Cave DM, Gazmuri RJ, Otto CW, et al. Part 7: CPR Techniques and Devices. *Circulation* 2010; 122(18 suppl 3): S720–S728.

Článek přijat redakcí: 25. 9. 2012

Článek přijat k publikaci: 27. 11. 2012

MUDr. Vladimír Tuka, Ph.D.

3. interní klinika VFN a 1. LF UK
U Nemocnice 2, 128 02 Praha 2
Vladimir.Tuka@vfn.cz
