

UNIVERZITA KARLOVA
Lékařská fakulta v Hradci Králové

DIZERTAČNÍ PRÁCE

Doktorský studijní program

Patologie

**SODNĚLÉKAŘSKÝ ASPEKT PORANĚNÍ VZNIKAJÍCÍCH
PŘI KARDIOPULMONÁLNÍ RESUSCITACI**

**Forensic Aspect of Injuries Associated with Cardiopulmonary
Resuscitation**

MUDr. Bc. Lucia Ihnát Rudinská

Školitel: doc. MUDr. Petr Hejna, Ph.D., MBA

Hradec Králové, 2017

Prohlášení autora

Prohlašuji, že jsem doktorskou dizertační práci vypracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje. Zároveň dávám souhlas k tomu, aby tato práce byla uložena v Lékařské knihovně Lékařské fakulty UK v Hradci Králové a byla použita ke studijním účelům za předpokladu, že každý, kdo tuto práci použije pro svou publikační či přednáškovou činnost, se zavazuje, že bude tento zdroj informací řádně citovat.

Souhlasím se zpřístupněním elektronické verze mé práce v informačním systému Univerzity Karlovy.

Hradec Králové, 2017

Poděkování

Děkuji svému školiteli doc. MUDr. Petrovi Hejnovi, Ph.D., MBA, za odborné vedení, cenné rady a pomoc při vypracování dizertační práce.

Také chci poděkovat Ing. Haně Tomáškové, Ph.D., za pomoc se statistickým zpracováním a hodnocením dat.

V neposlední řadě patří poděkování mé rodině, mému milujícímu manželovi, mým synům a rodičům z obou stran za trpělivost a emoční podporu.

Abstrakt

IHNÁT RUDINSKÁ, Lucia: Soudnělékařský aspekt poranění vznikajících při kardiopulmonální resuscitaci. Univerzita Karlova, Lékařská fakulta v Hradci Králové; Hradec Králové: 2017, 97 s.

Poranění vznikající v souvislosti s kardiopulmonální resuscitací (KPR) představují velmi aktuální problematiku na rozhraní medicínských oborů. Frekvence výskytu těchto poranění je velmi vysoká, spektrum poranění široké od klinicky bezvýznamných až po poranění neslučitelná se životem. Cílem práce bylo hodnocení prevalence a závažnosti poranění vznikajících v souvislosti s KPR, jakož i analýza faktorů, které se mohou podílet na vzniku závažných resuscitačních poranění. Do prospektivní pitevnické studie bylo v rozmezí tří let (1. 9. 2012 – 30. 8. 2015) zařazeno 80 osob, u kterých byla ve Fakultní nemocnici Ostrava provedena zdravotní pitva a které byly před smrtí neúspěšně resuscitovány. Poranění asociované s KPR byla zaznamenána u 93,7 % resuscitovaných osob, u převážné většiny těchto osob byla poranění vícenásobná. Bylo diagnostikováno poranění kožního krytu, hlavy, krku, ojedinělá nitrobřišní poranění, a především častá poranění hrudníku a nitrohruďních orgánů. Závažná poranění asociovaná s KPR byla zaznamenána u 41,2 % osob (kontuze nebo lacerace plic, hemotorax, kontuze srdce, hemoperikard, lacerace jater, ruptura sleziny). Zlomeniny sterna byly identifikovány u 63,3 % jedinců; zlomeniny žeber u 73 % osob (nejčastěji byly zlomeniny žeber lokalizovány na přední straně hrudníku mezi parasternální a přední axilární čarou). Bylo prokázáno, že zlomeniny skeletu hrudníku jsou asociované s vyšším rizikem vzniku závažných resuscitačních poranění. Histologicky verifikovaná tuková embolie do plic byla diagnostikována signifikantně častěji u osob se zlomeninami skeletu hrudníku vznikajícími v průběhu KPR. Častější výskyt embolie kostní dřeviny do plic nebyl u osob se zlomeninami skeletu prokázán. Výstupy práce potvrzují, že resuscitační poranění představují častý a závažný negativní následek poskytování KPR. Výskyt závažných resuscitačních poranění by měl být minimalizován prostřednictvím monitoringu a technicky správného provádění jednotlivých resuscitačních technik.

Klíčová slova: Kardiopulmonální resuscitace. Poranění. Pitevnická studie. Rizikové faktory.

Abstract

IHNÁT RUDINSKÁ, Lucia: Forensic Aspect of Injuries Associated with Cardiopulmonary Resuscitation. Charles University, Faculty of Medicine in Hradec Králové; Hradec Králové: 2017, 97 s.

Injuries associated with cardiopulmonary resuscitation (CPR) present very actual issue on the boundary of several medical specialities. The prevalence of CPR associated injuries is very high; the spectrum of these injuries is wide (from clinically irrelevant to injuries incompatible with life). The primary aim of the study was to evaluate frequency and seriousness of CPR associated injuries; the secondary aim was the analysis of factors, which might have participated on the development of CPR associated injuries. In total, 80 persons were enrolled in the study. All included persons were resuscitated before death and underwent an autopsy at the University Hospital Ostrava within the study period (1. 9. 2012 – 30.8.2015). Injuries associated with CPR were revealed in 93.7% of resuscitated persons; injuries were multiple in the vast majority of these persons. Skin injuries, head and neck injuries, rare intra-abdominal injuries and frequent intrathoracic injuries were identified within the study group. Clinically serious injuries associated with CPR were revealed in 41.2% of persons (lung contusions or lacerations, hemothorax, hearth contusion, hemopericard, liver lacerations, spleen ruptures). Sternal fractures were identified in 63.3% of persons; rib fractures in 73% of persons (the most frequent localisation of rib fractures was on the anterior thoracic wall between parasternal and anterior axillary line). A significant correlation between skeletal chest fractures and the prevalence of clinically serious injuries associated with CPR was proved. Pulmonary fat embolism was diagnosed more frequently in persons with skeletal chest fractures. More frequent bone marrow pulmonary embolization in persons with skeletal chest fractures was not proved. According to our study outcomes, resuscitation injuries present frequent and serious complications in patients after unsuccessful CPR. The prevalence of clinically serious resuscitation injuries CPR should be minimalized through close monitoring and correct performance of CPR techniques.

Key words: Cardiopulmonary resuscitation. Injuries. Autopsy study. Risk factors.

Obsah

Abstrakt.....	5
Obsah.....	7
Seznam obrázků, grafů a tabulek.....	9
1 Úvod.....	11
2 Kardiopulmonální resuscitace (KPR).....	13
2.1 Přehled resuscitačních technik.....	14
2.2 Incidence zástavy oběhu a úspěšnost poskytované KPR.....	16
2.3 Poranění vznikající v souvislosti s poskytováním KPR.....	17
3 Zajištění dýchacích cest.....	19
3.1 Zajištění dýchacích cest v rámci BLS.....	19
3.2 Zajištění dýchacích cest v rámci ALS.....	21
3.3 Poranění vznikající v souvislosti se zajišťováním dýchacích cest.....	25
4 Umělá plicní ventilace.....	28
5 Resuscitace oběhu.....	30
5.1 Manuální nepřímá masáž srdce.....	30
5.2 Přístrojová nepřímá masáž srdce.....	31
5.3 Poranění hrudníku vznikající při nepřímé masáži srdce.....	34
5.4 Poranění dutiny břišní vznikající při nepřímé masáži srdce.....	37
5.5 Další patologické nálezy asociované s nepřímou masáží srdce.....	37
5.6 Defibrilace.....	39
6 Embolie plic.....	41
7 Cíle práce.....	45
8 Metodika práce a metody zkoumání.....	47
9 Výsledky.....	49
9.1 Popis studijního souboru.....	49

9.2 Parametry charakterizující poskytovanou KPR	50
9.3 Spektrum a závažnost poranění asociovaných s KPR.....	52
9.4 Poranění kožního krytu	55
9.5 Poranění hlavy a krku	57
9.6 Poranění hrudníku.....	59
9.7 Poranění břišních orgánů	64
9.8 Tuková embolie a embolie kostní dřevě do plic	66
10 Diskuze.....	70
10.1 Design studie.....	70
10.2 Incidence a spektrum poranění asociovaných s KPR.....	71
10.3 Závažnost poranění asociovaných s KPR.....	72
10.4 Rizikové faktory pro vznik závažných poranění v průběhu KPR	76
10.5 Zlomeniny skeletu hrudníku.....	77
10.6 Tuková plicní embolie a embolie kostní dřevě	80
11 Závěr.....	83
Literatura	87
Přílohy	95

Seznam obrázků, grafů a tabulek

Obrázek 1 Řetěz přežití (Zdroj: Nolan et al. 2006)	13
Obrázek 2 Trojitý manévr	20
Obrázek 3 Oropharyngeální kanyla	21
Obrázek 4 Nasopharyngeální kanyla	22
Obrázek 5 Laryngeální maska LMA-Fastrach (intubační laryngeální maska)	23
Obrázek 6 Endotracheální intubace	24
Obrázek 7 Umělá plicní ventilace pomocí ambuvaku	29
Obrázek 8 Manuální nepřímá masáž srdce	30
Obrázek 9 Systém AutoPulse	32
Obrázek 10 Systém Lucas	32
Obrázek 11 Kardiopumpa	33
Obrázek 12 TrueCPR	34
Obrázek 13 Defibrilace pomocí manuálního defibrilátoru	39
Obrázek 14 Automatizovaný externí defibrilátor	40
Obrázek 15 Plicní parenchym se známkami tukové embolie (barvení olejovou červenou, 100 x) pozitivita na dva křížky	43
Obrázek 16 Plicní parenchym se známkami embolizace kostní dřeně	44
Obrázek 17 Injekční vpich v oblasti loketní jamky pravé horní končetiny	56
Obrázek 18 Povrchové popáleniny na přední straně hrudníku odpovídající umístění defibrilačních elektrod	57
Obrázek 19 Pohmoždění jazyka	58
Obrázek 20 Ložiskové eroze sliznice průdušnice	58
Obrázek 21 Zlomenina sternu v místě zalomení sternu mezi tělem a manubriem	59
Obrázek 22 Mnohonásobné zlomeniny žeber v linea medioclavicularis sinistra	60
Obrázek 23 Nejčastější lokalizace zlomenin žeber a sternu	60
Obrázek 24 Lacerace plic – pravý horní lalok plic	61
Obrázek 25 Transmurální ruptura myokardu v oblasti interventrikulárního septa	62
Obrázek 26 Ruptura myokardu v oblasti pravé předsíně srdce	62
Obrázek 27 Ruptura vzestupného úseku aorty s hemoperikardem	63
Obrázek 28 Subkapsulární hematoma jater	64
Obrázek 29 Dilatace jater	65

Obrázek 30 Plicní parenchym se známkami tukové embolie (barvení olejovou červenou, 100 x), pozitivita na čtyři křížky.....	66
Obrázek 31 Plicní parenchym se známkami embolizace kostní dřevě (barvení HE, 100 x)	68
Tabulka 1 Incidence mimonemocniční zástavy oběhu a úspěšnost KPR (Zdroj: Nolan et al. 2017) incidence = počet na 100 000 obyvatel	17
Tabulka 2 Výskyt petechií ve vztahu k příčině smrti (Zdroj: Prokop a Wabnitz 1970).....	38
Tabulka 3 Příčina smrti osob zahrnutých do studie.....	50
Tabulka 4 Parametry týkající se poskytované KPR.....	51
Tabulka 5 Přehled poranění asociovaných s KPR	52
Tabulka 6 Závažné poranění asociované s KPR ve studijním souboru.....	53
Tabulka 7 Rizikové faktory pro vznik závažných poranění v průběhu KPR	55
Tabulka 8 Zlomeniny hrudního koše během KPR.....	63
Tabulka 9 Rozsah tukové embolie do plic.....	66
Tabulka 10 Tuková embolie do plic	67
Tabulka 11 Embolie kostní dřevě do plic	69

1 Úvod

„Co dává smysl životu, dává smysl i smrti.“

Antoine de Saint-Exupéry

Náhlá zástava oběhu postihuje v Evropě přibližně půl milionu osob ročně; nejčastější příčinou zástavy oběhu v dospělosti (82,4 %) je onemocnění srdce (Truhlář et al. 2011). Rozhodujícím faktorem pro záchranu života takto postižených osob je neodkladné zahájení kardiopulmonální resuscitace (KPR). V rámci KPR se velký důraz klade především na kvalitně prováděnou nepřímou masáž srdce a časnou defibrilaci (Travers et al. 2010; Larsen et al. 2004).

Ve snaze o záchranu života však poměrně často dochází ke vzniku různých poranění resuscitované osoby (tzv. CPR associated injuries). Škála poranění je široká, od banálních poranění (kožní oděrky a hematomy) až po poranění neslučitelná se životem (ruptura aorty, srdeční tamponáda, lacerace nitrobršních orgánů apod.). Poranění vznikající v souvislosti s KPR mohou v určitých případech resuscitovanou osobu nejen poškodit, ale i zcela zmařit efekt poskytované KPR.

Problematika poranění asociovaných s KPR (prevalence, rizikové faktory, druhy poranění a mechanismy jejich vzniku) představuje ze soudnělékařského hlediska velmi důležitou oblast. Soudní lékař provádějící pitvu osoby, u které byla před smrtí prováděna KPR, musí být schopen rozlišit poranění vznikající prováděním KPR od poranění vznikajících tupým násilím z jiných příčin. Tupá poranění vznikají buď silovým působením tupého předmětu na tělo (tzv. aktivní tupé poranění) anebo nárazem těla na tupý předmět (tzv. pasivní tupé poranění). K poraněním vznikajícím působením tupého násilí dochází nejčastěji při dopravních nehodách, pádech, pracovních úrazech, v domácnosti a při sportu (Hirt et al. 2015).

V odborné literatuře je dostupné limitované množství studií zaměřených na hodnocení poranění asociovaných s KPR. Nejčastějším druhem poranění po KPR jsou zlomeniny skeletu hrudníku (zlomeniny žeber a sterny), jejichž výskyt je obvykle uváděn u 60–85 % osob. Závažná nitrohruční poranění jsou podle dostupných literárních údajů pozorovány u 3–5 % resuscitovaných osob (Ihnát Rudinská et al. 2016; Kralj et al. 2015; Miller et al. 2014; Hashimoto et al. 2007). Zatímco zlomeniny skeletu hrudního koše jsou

časté, jejich klinický význam v poresuscitačním období je obvykle malý. Na druhé straně nitrohruční poranění jsou poměrně vzácná, avšak často život ohrožující.

Vzhledem k výše uvedeným skutečnostem je žádoucí monitorovat nejen výsledky úspěšných KPR, ale také důsledně analyzovat poranění vznikající při resuscitaci. Získané poznatky jsou následně využitelné pro správné vyhodnocení a interpretaci pitevních nálezů resuscitovaných osob, jakož i na případnou úpravu současných technik KPR.

Cílem předkládané dizertační práce byla analýza poranění zjištěných při pitvě osob, jimž byla před smrtí poskytnuta KPR. Zkoumali jsme i faktory, které by se na vzniku poranění asociovaných s KPR mohly podílet, a porovnali jsme získaná data s dostupnými publikovanými údaji. V rámci analýzy zjištěných poranění byl zvláštní důraz kladen na nitrohruční poranění asociované s KPR. Zkoumali jsme i tukovou embolii a embolii kostní dřevě do plic u resuscitovaných osob.

K dosažení vytýčených cílů jsme provedli průzkum odborné literatury, realizovali prospektivní pitevní studii a statisticky jsme vyhodnotili získaná data i stanovené hypotézy. Metodou práce bylo detailní preparační vyšetření v rámci provedení pitvy dotyčných osob podle zažitých zvyklostí pracoviště a obohacené o histologické vyšetření.

Údaje uváděné v dizertační práci odpovídají stavu poznání, který byl v odborné literatuře publikován do konce roku 2016. Použitá terminologie vychází ze současné kodifikované odborné terminologie soudního lékařství a urgentní medicíny (Hirt et al. 2015; Šeblová et al. 2013).

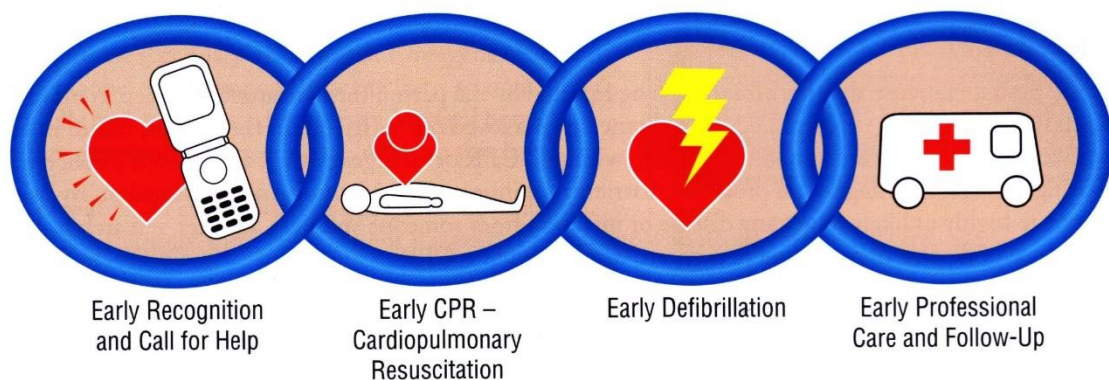
V úvodní části předkládané dizertační práce nabízíme aktuální přehled poznatků týkajících se problematiky KPR a poranění asociovaných s KPR. Jádrem práce je kritický rozbor poranění zjištěných v souboru osob, jimž byla před smrtí poskytnuta KPR, a které se posléze podrobily pitvě na Ústavu soudního lékařství Fakultní nemocnice Ostrava. Na základě získaných dat byly formulovány závěry dizertační práce.

2 Kardiopulmonální resuscitace (KPR)

Pojem "resuscitace" je odvozen z latinského slova *resuscitatio*, což v překladu znamená znovu probudit, vzkřísit. Kardiopulmonální resuscitace zahrnuje soubor léčebných postupů, které přispívají k záchraně lidského života s cílem obnovit základní životní funkce – vědomí, dýchání a krevní oběh (Počta et al. 1996).

Ve starší literatuře je KPR často označována jako kardiopulmocerebrální resuscitace. Tímto pojmem bylo zdůrazněno základní zaměření KPR na tři základní životní funkce uvedené výše. Techniky KPR jsou však přímo zaměřeny na resuscitaci dýchání a oběhu (činnost mozku je resuscitovaná pouze nepřímo), proto byl pojem kardiopulmocerebrální resuscitace nahrazen pojmem KPR (Počta et al. 1996).

Sled intervencí postupně prováděných v rámci KPR s cílem obnovení vitálních funkcí je označován jako řetěz přežití (chain of survival). Řetěz přežití zdůrazňuje čtyři základní domény úspěšné KPR: časné rozpoznání, časné zahájení KPR, časná defibrilace a poresuscitační péče (Obrázek 1). Pevnost řetězu je dána pevností nejslabšího spojovacího článku řetězu, proto by měly být jednotlivé "články" řetězu přežití co nejpevnější, resp. nejefektivnější (Nolan et al. 2006).



Obrázek 1 Řetěz přežití (Zdroj: Nolan et al. 2006)

Poskytování KPR probíhá dle doporučení (guidelines) *European Resuscitation Council and American Heart Association Guidelines for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care*. Guidelines jsou revidovány a aktualizovány v pětiletých intervalech (Nolan et al. 2017; Soar et al. 2015).

Podle rozsahu poskytované KPR rozlišujeme neodkladnou resuscitaci základní a rozšířenou:

- **základní resuscitace** (BLS – *basic life support*)

BLS je prováděna laiky nebo zdravotnickým personálem bez vybavení a pomůcek s výjimkou automatizovaného externího defibrilátoru nebo protektivních pomůcek (obličejová rouška, resuscitační maska).

- **rozšířená resuscitace** (ALS – *advanced life support*)

ALS je poskytována záchranáři – zdravotníky, kteří jsou vybaveni speciálními pomůckami, přístroji a léčivými. Algoritmus rozšířené kardiopulmonální resuscitace zahrnuje množství různě invazivních výkonů jako např. zajištění dýchacích cest, umělá plicní ventilace, defibrilace, zajištění vstupu do cévního řečiště (žilní nebo intraoseální vstup), punkce perikardu, dekomprese hrudníku apod. (Truhlář et al. 2011; Nolan et al. 2010; Larsen et al. 2004).

2.1 Přehled resuscitačních technik

KPR zahrnuje široké spektrum resuscitačních technik, které jsou děleny do skupin podle jejich zaměření a označené počátečním písmenem abecedy:

A. **Airway** (zajištění průchodnosti dýchacích cest)

Do této skupiny intervencí patří na sebe navazující techniky, jejichž cílem je uvolnění dýchacích cest způsobené zapadlým kořenem jazyka u osob v bezvědomí. Základní technikou je jednoduchý záklon hlavy se zvednutím brady směrem nahoru. Pokročilejší technikou uvolnění dýchacích cest je tzv. trojitý manévr, jehož aplikování je v současnosti doporučeno výhradně pro profesionální záchranáře. Tímto manévrem se docílí záklon hlavy, nazdvižení mandibuly a pootevření úst. (Monsieurs et al. 2015; Klementa et al. 2011). Pro zajištění dýchacích cest v rámci KPR jsou využívány specializované pomůcky – ústní vzduchovody, nosní vzduchovody, laryngeální masky, laryngeální tubus, Combitube a endotracheální kanyla.

B. **Breathing** (umělá plicní ventilace)

Techniky umělé plicní ventilace jsou v průběhu KPR aplikovány, když po uvolnění dýchacích cest (krok "A") nedojde k obnovení spontánního dýchání. Umělá plicní ventilace je v rámci BLS založená na vdechování vzduchu z plic zachránce do plic

resuscitované osoby technikou "z úst do úst"; může být přitom využita resuscitační rouška nebo obličejová resuscitační maska. V rámci ALS je umělá plicní ventilace prováděna pomocí ambuvaku nebo přenosného ventilátoru (Monsieurs et al. 2015; Klementa a kol. 2011).

C. Circulation (oběh)

Resuscitace oběhu je založena na nepřímé masáži srdce vykonávané manuálně nebo pomocí resuscitačních přístrojů (kardiopumpa, systém Lucas, systém AutoPulse). Neodkladné zahájení poskytování nepřímé masáže srdce představuje jeden ze základních pilířů KPR. Hrudník by měl být komprimovaný do hloubky cca 6 cm, a to tak, že na dorsum jedné ruky se přiloží shora dlaň druhé ruky a obě horní končetiny jsou propnuté v loktech (Monsieurs et al. 2015; Klementa a kol. 2011).

D. Defibrillation (defibrilace)

Defibrilace je definována jako "ukončení fibrilace komor", resp. ukončení flutteru komor či komorové tachykardie, které představují velmi častou příčinu zástavy oběhu u dospělých prostřednictvím podání elektrického výboje (Truhlář et al. 2011). Princip defibrilačního výboje spočívá v dosažení synchronizované depolarizace co největšího množství kardiomyocytů a zrušení maligní arytmie. (Truhlář et al. 2011).

Včasná defibrilace významně zvyšuje šanci na přežití zástavy oběhu a patří mezi fundamentální techniky ALS. V současnosti jsou k dispozici manuální defibrilátory a automatizované externí defibrilátory (AED). AED představují sofistikované počítačem řízené přístroje, které mohou být plně automatizované (po zapnutí přístroje a nalepení elektrod na hrudník přístroj vyhodnotí srdeční rytmus z povrchového EKG a v souladu s algoritmem podá elektrický výboj) a částečně automatizované (přístroj vyhodnotí EKG, podle algoritmu doporučí podání výboje a čeká na potvrzení provedení) (Monsieurs et al. 2015; Klementa a kol. 2011).

E. EKG (EKG monitoring)

V rámci poskytování rozšířené KPR je využíváno elektrokardiografické monitorování srdečního rytmu (monitoring EKG). Hodnotí se srdeční frekvence,

výskyt arytmií a přítomnost depresí či elevací ST-úseku (Klener et al. 2006). Kontrola srdečního rytmu se provádí vždy během krátkého přerušování masáže srdce (Monsieurs et al. 2015).

F. Fluids (roztoky)

Zajištění žilního přístupu (periferního, centrálního či intraoseálního) a intravenózní podávání roztoků patří mezi základní prvky rozšířené KPR. S cílem zvětšení, resp. udržení nitrotělových objemů jsou podávány elektrolytové roztoky (Ringerův roztok, fyziologický roztok, Hartman roztok) a roztoky koloidů (dextranové, želatinové roztoky a roztoky škrobů).

Při intenzivním podávání elektrolytických roztoků může docházet ke vzniku edémů a k časnému odeznění objemového efektu v systémovém oběhu. Při podávání koloidních roztoků hrozí riziko vzniku anafylaktických reakcí. Z pragmatického hlediska je obvykle doporučeno použít kombinaci těchto dvou typů roztoků (Pachl a Roubík 2003).

V rámci rozšířené KPR je intravenózní přístup využíván i na podávání farmakoterapie (bolusové dávky adrenalinu, atropinu, lidokainu, kalia, magnézia, bikarbonátu sodného, kalcia či theofylinu) (Monsieurs et al. 2015; Klementa a kol. 2011).

2.2 Incidence zástavy oběhu a úspěšnost poskytované KPR

Zástava oběhu (cardiac arrest) představuje extrémně nouzový stav, který v rámci záchrany života vyžaduje co nejrychlejší zahájení KPR, k ireverzibilním změnám v centrálním nervovém systému totiž dochází již během pár minut po zástavě oběhu. Kardiovaskulární onemocnění jsou ve vyspělých zemích suverénně nejčastější příčinou mortality. V důsledku kardiovaskulárních onemocnění zemře například v USA ročně přibližně 370 000 osob, což představuje každé sedmé úmrtí v zemi (Mozaffarian et al. 2016).

Autoři recentního systematického review, které analyzovalo výstupy 67 prospektivních studií zaměřených na výzkum incidence zástavy oběhu, konstatují, že globální incidence mimonemocniční zástavy oběhu (out-of-hospital cardiac arrest) léčené prostřednictvím rychlé záchranné služby (EMD – Emergency medical services) je

62 případů na 100 000 obyvatel za rok. Kardiovaskulární onemocnění jsou přitom příčinou 75–85 % těchto zástav oběhu. Úspěšnost KPR poskytované těmto osobám se obvykle pohybuje v rozsahu 5–10 % (Berdowski et al. 2010). Rozdíly v incidenci a úspěšnosti KPR v různých světadílech jsou přehledně zobrazeny v Tabulce 1.

Tabulka 1 Incidence mimonemocniční zástavy oběhu a úspěšnost KPR (Zdroj: Nolan et al. 2017)
incidence = počet na 100 000 obyvatel

	Evropa	Severní Amerika	Asie	Austrálie
Incidence výjezdů EMD k zástavě oběhu	81,6	101,2	66,8	113,6
Incidence EMD léčených zástav oběhu	54,2	70,6	49,8	53,5
Incidence EMD léčených zástav oběhu kardiální příčiny	42,8	58,8	25,5	39,8
Přežití a propuštění z nemocnice (%)	10,0	6,8	1,2	12,8

Incidence zástavy oběhu ve zdravotnickém zařízení (in-hospital cardiac arrest) je v literatuře uváděna v rozmezí 1–5 případů na 1000 hospitalizovaných pacientů. Šance na přežití a propuštění z nemocnice se obvykle pohybuje v rozmezí 15–20 % (Sandroni et al. 2007).

Data několika populačních studií naznačují, že v průběhu posledních dvou desetiletí dochází k mírnému poklesu incidence mimonemocniční zástavy oběhu a k mírnému zvyšování šancí na přežití (Daya et al. 2015; Chan et al. 2014; Wissenberg et al. 2013; Kudenchuk et al. 2012).

Jedním ze zásadních faktorů podmiňujících úspěšnost KPR je tzv. "Bystander" KPR, tedy resuscitace poskytovaná náhodným svědkem zástavy oběhu. Šance na přežití je přibližně dvakrát vyšší, pokud je KPR zahájena neprodleně náhodným svědkem události – amatérským záchranářem (Hasselqvist-Ax et al. 2015). Do praxe byly proto zavedeny mnohé edukativní programy a školení. Kurzy KPR mají za cíl školit a trénovat širokou veřejnost v algoritmu a technikách poskytování základní KPR.

2.3 Poranění vznikající v souvislosti s poskytováním KPR

KPR může vést k obnovení životních funkcí a záchraně života, zároveň však může způsobit různá poranění resuscitované osoby – tzv. *CPR associated injuries*. Škála

poranění vznikajících při KPR je velmi široká – od banálních úrazových změn ve formě drobných poranění kůže či sliznic až po poranění neslučitelná se životem jako je např. srdeční tamponáda, ruptura aorty nebo krvácení z parenchymatózních orgánů (Ihnát Rudinská et al. 2014).

Charakter a závažnost poranění vznikajících při KPR závisí na množství faktorů – pohlaví, věk, komorbidita, tělesná konstituce pacienta, intenzita a doba trvání samotného oživovacího procesu, zkušenosti záchranářů atd. Podle Saterna poranění vznikající při kardiopulmonální resuscitaci jsou nejčastěji lokalizována v oblasti krku a hrudníku (Saternus et al. 1981).

V následujících kapitolách předkládáme informace týkající se nejčastěji využívaných resuscitačních technik i přehled dostupných poznatků o poraněních vznikajících v souvislosti s poskytováním KPR.

3 Zajištění dýchacích cest

Základní příčiny zástavy dýchání či těžké dechové nedostatečnosti jsou neprůchodnost dýchacích cest, centrální útlum dýchání nebo periferní dechová nedostatečnost. Neprůchodnost dýchacích cest je nejčastěji způsobena obstrukcí pharyngu kořenem jazyka u osob v bezvědomí. Další příčiny obstrukce mohou být cizí tělesa, zvratky, krevní koagula, laryngospasmus, bronchospasmus, edem glotis, epiglottitis či bronchiolotida a jiné. Centrální útlum dýchání je obvykle způsoben léky (anestetika, opioidy, sedativa, hypnotika), těžkým poraněním hlavy, nebo netraumatickým intracerebrálním či subarachnoidálním krvácením. Periferní dechová nedostatečnost může být v důsledku těžkého traumatu hrudníku, nebo neurologických chorob (Larsen et al. 2002).

Zajištění dýchacích cest je základem péče o kriticky nemocné pacienty a prvním krokem správně prováděné KPR (Truhlář et al. 2011; Koster et al. 2010; Nolan et al. 2010; Baubin et al. 1999).

Cílem takového postupu je zejména odstranění obstrukce v oblasti horních cest dýchacích, ochrana dýchacích cest před aspirací žaludečního obsahu, možnost realizace umělé plicní ventilace pozitivním přetlakem pro zajištění výměny dýchacích plynů v plicích a v neposlední řadě možnost toalety dýchacích cest (lavaž, odsávání sekretu).

Schopnost bezpečně zajistit a udržet průchodné dýchací cesty patří k esenciálním schopnostem lékařů z lékařských oborů jako je urgentní medicína, anesteziologie a intenzivní medicína. Existují však situace, kdy dýchací cesty musí být zajištěny zdravotníky i jiných oborů nebo laikem v rámci poskytnutí první pomoci.

3.1 Zajištění dýchacích cest v rámci BLS

V rámci BLS se na zajištění průchodnosti dýchacích cest používají jednoduché úkony zaměřené na odstranění nejčastější překážky obstrukce zapadlého jazyka.

Aktuální doporučení Evropské resuscitační rady (ERC) definuje **jednoduchý záklon hlavy se zvednutím brady směrem nahoru** jako základní způsob zajištění průchodnosti dýchacích cest bez pomůcek. Záchranář položí dlaň na čelo resuscitované osoby a zatlačením na čelo při současném nadzvedávání brady dvěma prsty druhé ruky zajistí záklon hlavy.

Profesionální záchranáři mohou využít tzv. **trojitý manévr** (Obrázek 2). Při trojitém manévru položí záchranář dlaně na jařmové oblouky a palce na mandibulu resuscitované osoby, prsty založí pod úhly mandibuly a poté předsouvá mandibulu směrem dopředu. Tímto manévrem se docílí záklon hlavy, předsunutí mandibuly a pootevření úst (Monsieurs et al. 2015; Klementa et al. 2011). Trojitý manévr se doporučuje použít v situacích, kdy je podezření na možné poranění krční páteře (např. po vysoce energetických úrazech) nebo v situacích, kdy je jednoduchý záklon hlavy neefektivní (např. u obézních osob).



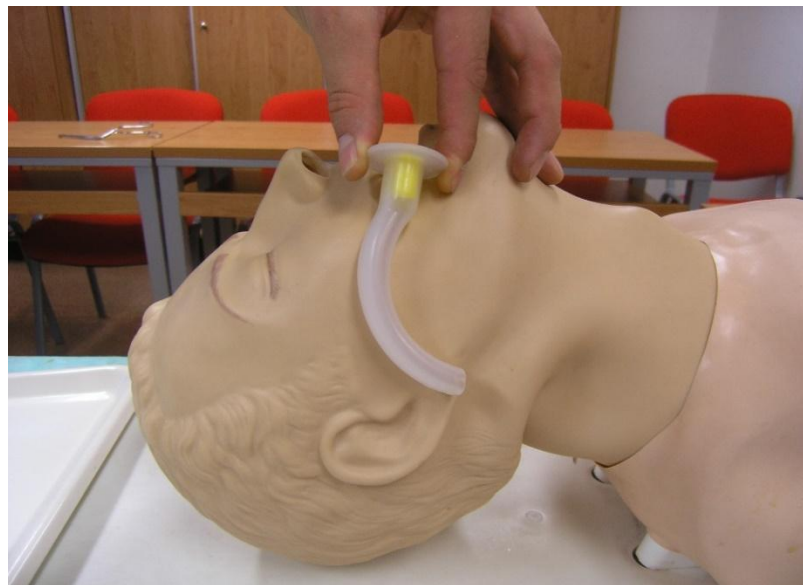
Obrázek 2 Trojitý manévr

Rutinní otevírání úst, kontrola dutiny ústní nebo vyjímání zubní protézy není doporučeno (Koster et al. 2010). V reálných situacích jsou však stále pozorovány postupy, které byly vyučovány v předchozích dekáдах, např. trojhmat podle Esmarcha – záklon hlavy, otevření úst a předsunutí mandibuly. Při podezření na obstrukci dýchacích cest cizím tělesem se přistupuje k tzv. vypuzovacím manévřům. U postižených ve věku nad 1 rok se při těžké obstrukci střídají údery mezi lopatky a prudké stlačování epigastria pěstí záchranáře směrem k bránici (tzv. Heimlichův hmat) (Koster et al. 2010; Počta et al. 1996). U osob v bezvědomí s dostatečným spontánním dýcháním se doporučuje jejich otočení do zotavovací polohy na bok (tzv. Rautekova poloha), která nahradila stabilizovanou polohu používanou v minulosti.

3.2 Zajištění dýchacích cest v rámci ALS

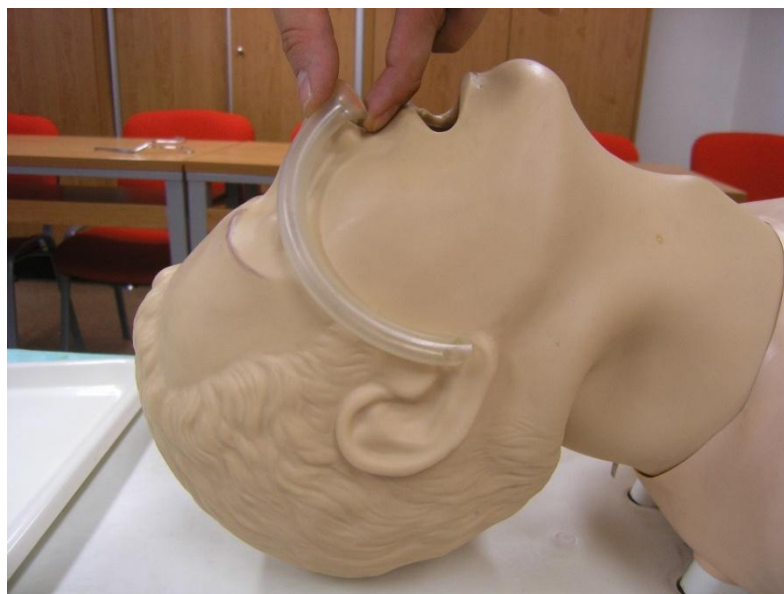
Při zajišťování dýchacích cest v rámci ALS se využívají specializované pomůcky a přístroje – ústní vzduchovody, nosní vzduchovody, laryngeální masky, laryngeální tubus, Combitube a endotracheální kanyla.

Oropharyngeální kanyla (*Guedel's tube* – ústní vzduchovod) je anatomicky tvarovaná tak, aby udržovala horní cesty dýchací průchodné – brání zapadnutí jazyka a zakousnutí do jazyka (Obrázek 3). Používá se zejména u pacientů vyžadujících ventilaci samorozpínacím vakem s obličejovou maskou, nebo u pacientů v hlubokém bezvědomí se spontánním dýcháním (Buschmann et al. 2009). Ústní vzduchovod může při nehluboké poruše vědomí vyvolat kašel, dávivý reflex a zvracení s následnou aspirací. Při nešetrném zavádění vzduchovodu mohou vznikat drobná poranění sliznice ústní dutiny a pharyngu s krvácením či slizničními ulceracemi (Počta et al. 1996).



Obrázek 3 Oropharyngeální kanyla

Nasopharyngeální kanyla (*Wendl's tube* – nosní vzduchovod) je flexibilní plastická trubice, která je v porovnání s ústním vzduchovodem lépe tolerovaná pacienty, kteří nejsou v hlubokém bezvědomí (Obrázek 4). Využívá se i u pacientů s omezenou přístupností ústní dutiny např. při poranění maxillofaciální oblasti nebo v důsledku bolestivého spasmu *musculus masseter*.



Obrázek 4 Nasopharyngeální kanyla

Kritickým aspektem využívání ústních a nosních vzduchovodů je fakt, že na rozdíl od endotracheální intubace nedokáží zabránit aspiraci do dýchacích cest. Aspirace do dýchacích cest totiž může výrazným způsobem zkomplikovat celkový stav resuscitovaného a vést až k úmrtí. U pacientů s podezřením na zlomeniny spodiny lebeční je třeba vyvarovat se použití nosního vzduchovodu, protože hrozí riziko závažných komplikací jako je únik cerebrospinálního moku, krvácení či otorrhea (Muzzi et al. 1991).

Při nutnosti zahájit umělou plicní ventilaci je možné pro spolehlivé zajištění dýchacích cest použít některou z moderních supraglotických pomůcek, jejichž zavedení zvládnou (po zaškolení) i lékaři neakutních oborů nebo nelékařští zdravotničtí pracovníci, např. zdravotničtí záchranáři. Ideální supraglotická pomůcka by měla splňovat následující kritéria: 1) možnost zavést pomůcku z různých pozic záchranáře vůči pacientovi, 2) možnost drenáže žaludečního obsahu zvyšující ochranu dýchacích cest před aspirací, 3) jednorázové použití (Truhlář et al. 2008).

Laryngeální maska je považována za jednoduchou alternativu endotracheální intubace, protože na její zavedení a dobré fungování nejsou potřeba žádné další pomůcky jako např. laryngoskop. Jelikož je zaváděna do supraglotické oblasti, zajišťuje vysokou ochranu proti aspiraci, protože těsnící manžeta uzavírá oblast horního jícnového svěrače. Další možnost využití laryngeální masky je při podezření na traumatické poškození oblasti krční páteře. Laryngeální maska by se neměla používat u pacientů s vysokou rezistencí v dýchacích cestách či při nízké poddajnosti plicní tkáně způsobené edémem plic, bronchospasmem či např. chronickou obstrukční plicní nemocí, protože u těchto pacientů

je zvýšené riziko úniku vzduchu kolem manžety, které má za následek hypoventilaci, resp. nafouknutí žaludku. Kontraindikací použití je obstrukce dýchacích cest cizím tělesem nebo otokem. Laryngeální maska LMA-Fastraach (tzv. intubační laryngeální maska) (Obrázek 5) je zdokonalenou formou původní laryngeální masky LMA-Classic a může být použita jako "řidič" na zavedení tracheální kanyly "naslepo" ve složitých, problematických případech nebo při nemožnosti zaintubovat.



Obrázek 5 Laryngeální maska LMA-Fastraach (intubační laryngeální maska)

Konstrukčně nejmodernějším typem laryngeální masky je LMA-Supreme pro jedno použití s integrovaným drenážním gastrickým kanálem a vyztuženou konstrukcí pro snadnější zavedení (Truhlář et al. 2008). Úspěšnost zavedení úplnými začátečníky na první pokus je uváděna 86 % a při opakovaných pokusech až 100 % (Howes et al. 2010). V současné době je na trhu dostupná ve všech velikostech (i pro děti hmotnosti 5 kg). V přednemocniční neodkladné péči v České republice je dnes LMA-supreme nejpoužívanější pomůckou – aktuálně ve vybavení 13 ze 14 zdravotnických záchranných služeb.

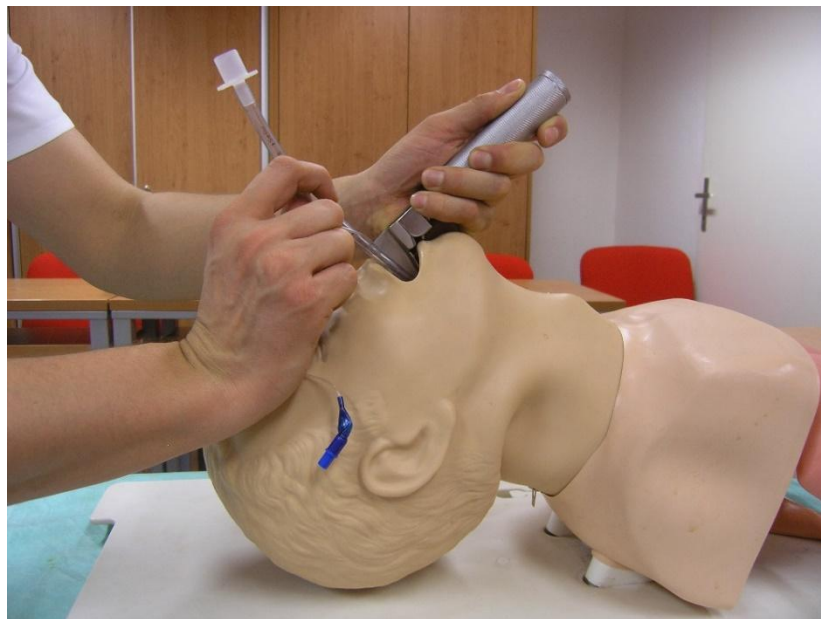
Další supraglottickou pomůckou pro zajištění dýchacích cest je **laryngeální tubus** (LT, *laryngeal tube*). Laryngeální tubus je zaváděn otevřenými ústy podél horního patra až do okamžiku, kdy se dostaví mírný odpor. Pomocí stříkačky se vzduchem jsou nafouknuté, na rozdíl od Combitube (viz dále), oba nízkotlaké těsnící balónky současně: distální utěšňuje jícen, zatímco proximální uzavírá oblast pharyngu. Dva oválné ventilační otvory

se po zavedení LT nacházejí proti vchodu do hrtanu. Nové modifikace LT umožňují zavedení nasogastrické sondy (LTS II) nebo jsou určeny pro jednorázové použití (LTS-D).

Maska I-GEL je svým tvarem blízká laryngeální masce, ale nemá těsnicí manžetu. Název vyplývá z použitého materiálu těla masky, termoplastického elastomeru, připomínajícího tuhou gelovou hmotu. I-GEL je určen pro jedno použití, je standardně vybaven drenážním kanálem pro zavedení nasogastrické sondy a protiskluzovou vložkou.

Nejdéle používanou supraglottickou pomůckou v přednemocniční neodkladné péči je tzv. **Combitube** (kombitrubka, kombitubus). Retrospektivní studie realizovaná v Quebec (ku) prokázala, že používání Combitube je na rozdíl od endotracheální intubace spojené s velkým počtem (20,7 %) různých možných komplikací. Mezi komplikace zavádění Combitube patří krvácení z horních dýchacích cest, otok jazyka, poranění hlasivek, lacerace a perforace jícnu, mediastinitida, poranění průdušnice, pneumomediastinum a v neposlední řadě i aspirace a aspirační pneumonie (Vézina et al. 2007). V České republice byl proto v průběhu posledních let výrobek vyřazen z vybavení záchranných služeb, ale je možné jej stále nalézt v mnoha ambulancích praktických lékařů či jako záložní vybavení pro hromadné neštěstí.

Dýchací cesty jsou nejspolehlivěji zajištěny pomocí endotracheální intubace, která představuje zlatý standard v rámci ALS (Obrázek 6).



Obrázek 6 Endotracheální intubace

Přednemocniční tracheální intubace je výkon vyžadující dostatečné zkušenosti, ale i přesto je zatížen vysokou mírou komplikací. Nesprávně provedená intubace zvyšuje

morbiditu a mortalitu pacientů s úrazovou i s neúrazovou poruchou vědomí. V anesteziologii a urgentní medicíně jsou závažné komplikace intubace spojené s nejhroším klinickým výsledkem ve smyslu úmrtí nebo hypoxického poškození mozku (Russo et al. 2010).

3.3 Poranění vznikající v souvislosti se zajišťováním dýchacích cest

Z publikovaných dat je evidentní, že i jednoduché **techniky užívané k zajištění dýchacích cest v rámci BLS** mohou vést ke vzniku poranění, které jsou z forezního hlediska významné.

Poranění v oblasti krku byly pozorovány především ve formě podkožních hematomů, zlomenin jazyky a štítné chrupavky s masivním překrvácením měkkých tkání v okolí, trhlin sliznic horních i dolních cest dýchacích (Saukko et al. 2004). Dalšími zajímavými nálezy snadno zaměnitelnými s jinými patologickými procesy jsou i drobné krevní výrony v oblasti obličeje, retinální krvácení a subarachnoidální krevní výrony vznikající v důsledku prudké extenze krku během KPR (Rudinská et al. 2014; Hood et al. 1988). Raven et al. (1999) zaznamenal výskyt petechií na spojivkách u 21 % a na obličeji u 6 % resuscitovaných zemřelých.

V důsledku prudké extenze krku může dojít i k dalším potenciálním zraněním a následným komplikacím. Mezi tato zranění lze zařadit léze krční páteře, natržení drobných cév, které by mohlo mít za následek embolizaci mozkových cév ateromovými hmotami z aterosklerotických plátů (Bushman et al. 2009). Vzácně byly pozorovány násilné pokusy laiky o otevření úst různými páčidly (včetně příborových noží) s následným poraněním rtů, dásní nebo zubů. Extrémním případem nesprávně poskytnuté první pomoci je připevnění jazyka k dolnímu rtu zavíracím špendlíkem (Uhlíř et al. 2011).

Negativním důsledkem zotavovací, resp. stabilizované polohy může být polohové trauma (např. paréza brachiálního plexu) nebo otlaky od brýlí či předmětů umístěných v kapsách.

Poranění vznikající v souvislosti se zajištěním dýchacích cest v rámci ALS jsou obvykle závažnější a častější. Důvodem je především vyšší invazivita technik ALS ve srovnání s technikami BLS (jsou využívány specializované pomůcky a přístroje).

I při samotné přímé laryngoskopii je pacient vystaven možnosti vzniku poranění. V ústní dutině jsou to zlomeniny zubů, povrchní a hluboké poranění sliznice, krvácení,

krvní výrony, zlomeniny dolní i horní čelisti, léze přilehlých nervových struktur (Rudinská et al. 2014; Buschmann et al. 2009). V oblasti laryngu vznikají poranění sliznice charakteru krevních podlitin, tržných ranek, drobných erozí. Méně časté jsou zlomeniny jazyky a štítné chrupavky (Saukko et al. 2004). Velmi často poraněným orgánem při zavádění endotracheální kanyly je trachea – při intubaci dochází k poranění až u 30 % pacientů (Schonfelfer et al. 2004). Škála poranění trachey je různá – od trhlin sliznice přes podslizniční hematomy až k ruptuře či perforaci. U dlouhodobě zaintubovaných pacientů hrozí tlakové ulcerace a perforace se vznikem pneumo či hemomediastina.

V Německu byla při kontrole intubací provedených lékaři rychlé lékařské pomoci zjištěna nepoznaná intubace do oesophagu v 7 % případů s letalitou celých 80 %! (Russo et al. 2010). Při nesprávném zavedení endotracheální kanyly do jícnu byly pozorovány poranění sliznice jícnu a žaludku. Vzácně byly dokonce zaznamenány ruptury sliznice žaludku s následným krvácením do zažívacího traktu nebo kompletní ruptury stěny žaludku s krvácením do dutiny břišní (Piardi et al. 2000). Hulewicz popisuje incidenci takových případů v rozmezí 2–12 % (Hulewicz et al. 1990). Jedinou spolehlivou metodou ověření správné polohy tracheální trubky je kapnometrie, která by se měla používat i pro prevenci dislokace kanyly během transportu, k monitorování kvality srdeční masáže a na včasnou detekci obnovení spontánního oběhu (Truhlář et al. 2011; Nolan et al. 2010).

Současné doporučení proto kladou daleko menší důraz na potřebu včasného zajištění dýchacích cest endotracheální intubací během resuscitace, pokud tento výkon nemůže být proveden vysoce kvalifikovaným a zkušeným záchranářem a existuje možnost ventilace postiženého jiným způsobem (Truhlář et al. 2011; Nolan et al. 2010; Russo et al. 2010).

Do rozšířeného algoritmu zajištění průchodnosti dýchacích cest patří i chirurgické zajištění dýchacích cest formou koniotomie nebo koniopunkce. Tyto chirurgické zákroky jsou samozřejmě zatíženy možností vzniku závažných i méně závažných poranění: poranění měkkých tkání krku, štítné žlázy, zlomeniny jazyky, tržné rány sliznice pharyngu a trachey s krvácením a aspirací, ruptura průdušnice, krvácení, vzduchová embolie, tenzní pneumotorax a pneumomediastinum při nekorektní inzerci do měkkých tkání krku (Rudinská et al. 2014; Buschmann et al. 2012).

Tracheotomie používaná k zajištění dlouhodobé umělé plicní ventilace v intenzivní péči nepatří mezi život zachraňující výkony a měla by být vždy prováděna elektivně.

4 Umělá plicní ventilace

Umělá plicní ventilace je mechanický způsob dýchání, který má nahradit spontánní dýchání u pacienta, který dýchá nedostatečně, resp. nedýchá vůbec. K provádění umělé plicní ventilace v rámci KPR jsou využívány různé postupy v závislosti na vybavení, které má záchranář momentálně k dispozici (Larsen et al. 2002).

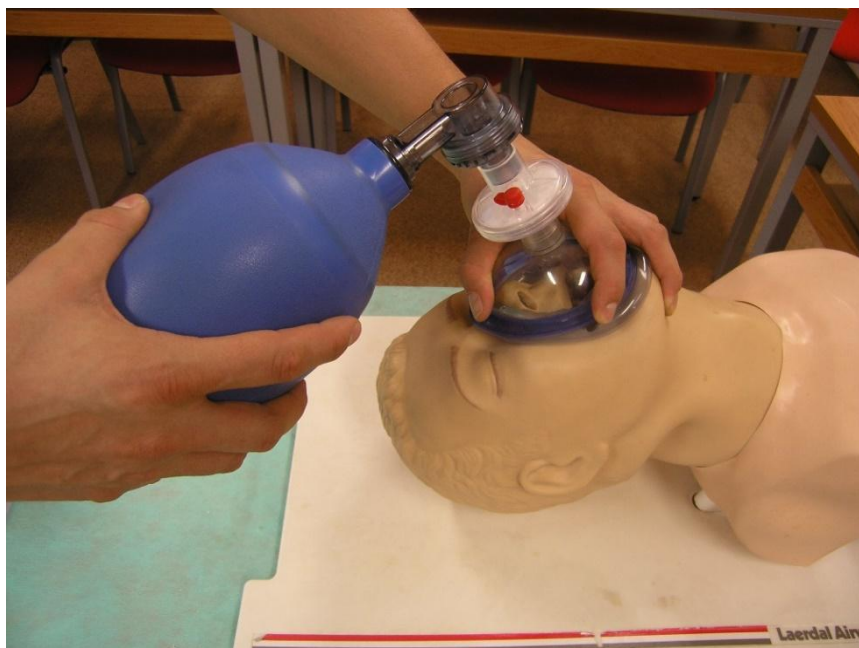
Nejjednodušším způsobem umělé plicní ventilace v rámci BLS je **dýchání z úst do úst, resp. z úst do úst a nosu** u malých dětí (Koster et al. 2010). Principem je vhánění vydechovaného vzduchu z plic záchranáře do plic pacienta.

Účinnost takto poskytované umělé plicní ventilace je limitovaná správnou technikou a praktickými zkušenostmi záchranáře, který je přitom navíc vystaven riziku nákazy různými infekčními chorobami (Larsen et al. 2002). Aktuální doporučení pro resuscitaci nevyžadují provádění umělého dýchání, pokud nebyl zachránce v této metodě dostatečně prakticky vyškolen, pokud ji "nechce" vykonávat nebo v rámci telefonicky asistované neodkladné resuscitace zprostředkované operátorem tísňové linky (Truhlář et al. 2011; Koster et al. 2010; Nolan et al. 2010).

Zranění, ke kterým může dojít během poskytování umělého dýchání, mají zejména povrchový charakter v podobě drobných kožních oděrek a krevních podlitin. Může však dojít i k insuflaci žaludku, zřídka k barotraumatickému poškození plic.

V rámci ALS je umělá plicní ventilace prováděna s využitím různých pomůcek, resp. přístrojů. **Ventilace s pomocí obličejové masky a samorozpínacího vaku** (tzv. ambuvak) představuje nejjednodušší způsob ventilace (Obrázek 7), který se obvykle využívá dočasně, dokud se záchranáři připraví na definitivní zajištění dýchacích cest supraglotickou pomůckou nebo endotracheální kanylou. Následně může být pacient ventilovaný samorozpínacím vakem přes výše uvedenou pomůcku

Přístrojová ventilace automatickým ventilátorem je jediná metoda při resuscitaci, která umožňuje ventilovat pacienta 100% kyslíkem (Truhlář et al. 2011; Nolan et al. 2010). Při správném nastavení ventilačních parametrů zabráňuje škodlivé hyperventilaci, která omezuje srdeční výdej generovaný masáží srdce. Při používání mechanických ventilátorů jsou v literatuře popisovány patologické pitevní nálezy zejména na plicích v podobě přítomnosti atelektáz nebo pneumotoraxu (jako následek ruptury plicních bul).



Obrázek 7 Umělá plicní ventilace pomocí ambuvaku

Ventilace pacienta může být vážně kompromitována či dokonce znemožněna vznikem tenzního pneumotoraxu např. v důsledku zlomeniny žebra či hrudní kosti nebo při příliš vysokém inspiračním tlaku. Řešení tenzního pneumotoraxu patří mezi techniky ALS, a to pomocí punkce a drenáže hrudníku pro umožnění adekvátní plicní ventilace. Při zavádění hrudního drénu může dojít k poranění hrudní stěny, hrudních orgánů nebo i k poraněním břišních orgánů (zejména bránice, jater a sleziny), pokud je drén zaváděn příliš nízko. Nejčastější komplikací nesprávně zavedeného (při dolním okraji žebra) hrudního drénu je poranění nervově-cévních struktur v mezižebním prostoru (zejména interkostální artérie) s následným vznikem hemotoraxu. Vzácně bylo pozorováno i poranění plic, srdce či velkých cévních struktur mediastina (Hashimoto et al. 2007).

5 Resuscitace oběhu

Resuscitace oběhu je možná prostřednictvím přímé nebo nepřímé masáže srdce. Přímá masáž srdce je sice historicky starší, avšak v terénu se prakticky neprovádí. Její využití je v současnosti úzce vymezené na vzácné případy urgentní torakotomie a v průběhu kardiochirurgických zákroků (Ševčík et al. 2014).

Nepřímá masáž srdce byla poprvé úspěšně použita u člověka v roce 1960 (Kouwenhoven et al. 1960). Od 60. let minulého století se stala základním a pro přežití nejdůležitějším postupem v rámci celé KPR (Nolan et al. 2010). Masáž srdce může být prováděna bez pomůcek (manuální nepřímá masáž srdce) nebo s využitím speciálních masážních přístrojů (přístrojová nepřímá masáž srdce).

5.1 Manuální nepřímá masáž srdce

Při nepřímé masáži srdce bez pomůcek záchranář váhou svého trupu vyvíjí přerušovaný tlak na hrudník resuscitovaného. Tlak je přenášen otevřenými dlaněmi záchranáře (při natažených horních končetinách) na střední část hrudníku, resp. na rozhraní dolní a střední třetiny hrudní kosti resuscitovaného (Obrázek 8).



Obrázek 8 Manuální nepřímá masáž srdce

Cyklickými změnami nitrohruďního tlaku (vlivem kompresí hrudníku a jeho uvolňováním) dochází k pohybu krve ve směru tlakového gradientu – mechanismus hrudní pumpy. Přímé stlačení srdce mezi hrudní kostí a hrudní páteří (mechanismus srdeční

pumpy) se u dospělých uplatňuje méně významně. Komprese je proto aktivní fáze masáže srdce, zatímco dekomprese srdce je pasivní fáze.

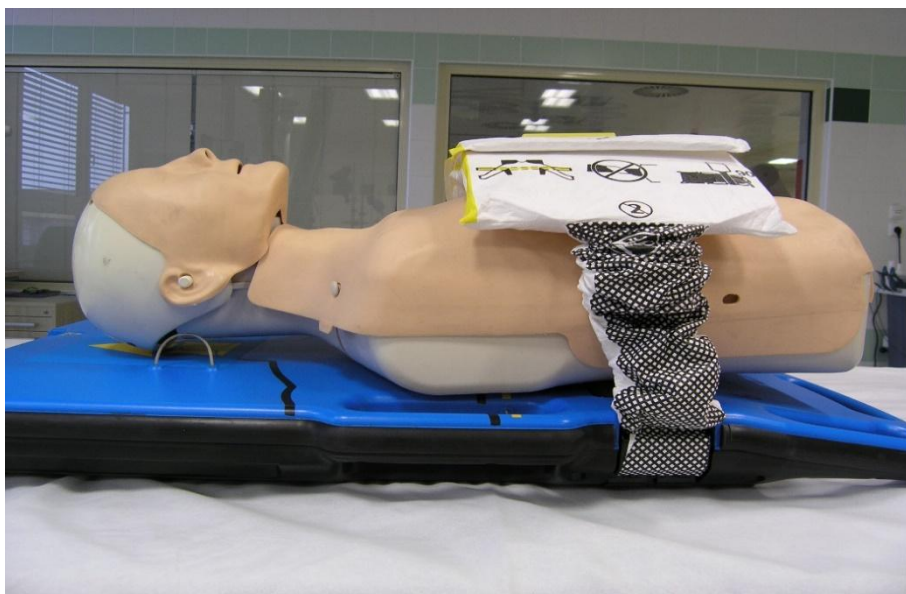
Při manuální masáži srdce je dosahováno jen 30 až 40 % normálního průtoku krve mozkiem a 10 až 20 % průtoku krve myokardem (Truhlář et al. 2011). Několik recentních studií prokázalo nedostatečnou kvalitu resuscitací vykonávaných profesionálními týmy zdravotnických záchranných služeb. Masáž srdce byla v úvodních minutách prováděna pouze 48 % z celkového času resuscitace a jen 28 % kompresí hrudníku bylo dostatečně hlubokých. Na základě těchto zjištění byla v nových guidelineech pro resuscitaci platných od roku 2010 zvýšená požadovaná hloubka kompresí z původních "přibližně 5 cm" na 5 až 6 cm (Nolan et al. 2010).

5.2 Přístrojová nepřímá masáž srdce

Mechanické resuscitační přístroje, které jsou komerčně dostupné již více než 20 let, pomáhají zvýšit kvalitu profesionálním týmem vykonávané masáže srdce. Platí to zejména pro hloubku kompresí a jejich frekvenci, které jsou po celou dobu přístrojové resuscitace konstantní. Další výhodou využití přístrojové masáže srdce je možnost zajištění masáže v průběhu transportu (na místo kauzální léčby potenciálně reverzibilní příčiny zástavy srdce), nebo v průběhu diagnostických a léčebných zákroků (CT vyšetření, perkutánní koronární intervence apod.).

V České a Slovenské republice jsou komerčně dostupné různé typy mechanických resuscitačních přístrojů: AutoPulse [ZOLL Medical Corp., Chelmsford, MA, USA], Lucas I nebo II [Physio-Control Inc., Redmond, WA, USA] a kardiopumpa [Ambu, Ballerup, Dánsko].

Systém AutoPulse (Obrázek 9) je mikroprocesorem řízený elektromechanický deskový přístroj, do jehož těla je navíjen masážní pás (LDB, load-distributing band). Po ovinutí masážního pásu kolem hrudníku pacienta je přístroj nakalibrován tak, aby prováděné komprese dosahovaly hloubku 20 % předozadního průměru hrudníku. AutoPulse provádí masáž srdce s frekvencí 80 za minutu a ve fázi pasivní dekomprese (50 % cyklu) zcela uvolňuje tlak na hrudník



Obrázek 9 Systém AutoPulse

Systém Lucas (Obrázek 10) provádí předozadní kompresi hrudníku pomocí pístu tlakem 500 kN do konstantní hloubky 5 cm s frekvencí 100 za minutu. Při návratu pístu do výchozí polohy nastává fáze aktivní dekomprese prostřednictvím kruhové přísavky na hrudník podobně jako při použití kardiopumpy.



Obrázek 10 Systém Lucas

Další pomůckou používanou pro zvýšení kvality masáže srdce je **kardiopumpa**, která se pomocí plastové přísavky kruhového tvaru umístí na střed hrudníku (Obrázek 11). Záchranář provádí manuální kompresi držetím kardiopumpy za její madla, aniž by se

přímo dotýkal hrudníku pacienta. Při použití kardiopumpy jsou komprese i dekomprese srdce aktivní děje, což má za následek lepší žilný návrat krve k srdci a lepší proudění vzduchu ve velkých dýchacích cestách. Novější modely jsou navíc vybaveny metronomem a indikátorem hloubky kompresí. Všechny tyto faktory přispívají k dosažení lepší koronární a mozkové perfuze, a tedy i vyšší efektivity nepřímé masáže srdce pomocí kardiopumpy (Larsen et al. 1998). I navzdory všem teoretickým výhodám neprokázala metaanalýza 12 relevantních klinických studií žádný přínos kardiopumpy na dlouhodobé přežití pacientů a pomůcka se ani v praxi našich záchranných služeb nerozšířila (Lafuente a Melero-Bascones, 2002).



Obrázek 11 Kardiopumpa

Mechanické resuscitační přístroje umožňují provádět komprese hrudníku s dokonale stejnou hloubkou a pravidelností, což má pozitivní vliv na kvalitu a efekt poskytované nepřímé masáže srdce. V souvislosti s jejich rozšířením a častějším využíváním se však v literatuře objevují práce a kazuistiky popisující různé závažné komplikace, zejména poranění hrudních a břišních orgánů (Truhlář et al. 2011).

Odborné společnosti pro resuscitaci v posledních letech doporučují profesionálním týmům využívání pomůcek poskytujících v reálném čase zpětnou vazbu o průběhu masáže srdce (*feedback devices*). V současné době jsou na trhu dostupné čtyři výrobky v různých cenových kategoriích: TrueCPR [Physio-Control, USA] (Obrázek 12), CPRmeter [Laerdal, Norsko], PocketCPR [ZOLL Medical, USA] a CPREzy Pad [Health Affairs, Velká Británie].



Obrázek 12 TrueCPR

Feedback devices poskytují záchranáři informace o hloubce komprese, frekvenci (pasivním metronomem nebo měřením reálné frekvence), poměru času komprese a dekomprese, dostatečném uvolňování tlaku na hrudník během dekomprese. Přístroje mohou upozornit na přerušení masáže nad 5 nebo 10 sekund, ukládat naměřené údaje pro pozdější analýzu apod. Principem všech přístrojů je jejich položení nebo přilepení pomocí oboustranných samolepek na hrudník pacienta pod ruce záchranáře, který provádí komprese přes tento přístroj. Zařízení jsou většinou kapesního formátu. Někteří výrobci dnes vybavují podobnou zpětnou vazbou také profesionální defibrilátory.

5.3 Poranění hrudníku vznikající při nepřímé masáži srdce

Při poskytování nepřímé masáže srdce v rámci KPR (manuálně, přístrojem nebo s pomocí kardiopumpy) je největší násilí směřováno proti střední části hrudníku, kdy je hrudní kost stlačována rytmicky proti páteři. Je proto třeba brát v úvahu, že při poskytování nepřímé masáže srdce je velmi náročné zvolit adekvátní intenzitu komprese hrudníku. Na jedné straně je totiž nezbytné provádět komprese co nejkvalitnější (větší komprese znamená zvýšení produkovaného minutového objemu srdce), na druhé straně silnější komprese vedou k poměrnému zvyšování rizika vzniku poranění, které mohou být až neslučitelné se životem (např. ruptura aorty či srdeční tamponáda).

Zlomeniny žeber představují nejčastější komplikaci vykonávané nepřímé masáže srdce, které musí soudní lékař odlišit od fraktur vzniklých jiným mechanismem (Sperry et al. 1990). Četnost zlomenin žeber se v jednotlivých studiích pohybuje od 13 do 55 %.

V detailně zkoumaném souboru 96 autopsií po KPR pozoroval Hashimoto (Hashimoto et al. 2007) zlomeniny žeber v 52 % případů. Z toho byly zlomeniny lokalizovány na pravé straně v 43 %, na levé straně v 48 % a oboustranné fraktury byly pozorovány až v 39 % případů. Průměrný počet byl 7,3 zlomených žeber na osobu. Nejčastěji bylo zlomené 3. až 5. žebro na levé straně hrudníku v medioklavikulární čáře. Naproti tomu Buschmann uvádí, že při KPR nejčastěji dochází ke zlomeninám 2. až 7. žebra v medioklavikulární čáře. V žádné studii nebyly pozorovány poresuscitační zlomeniny 11. a 12. žebra, které jsou typické pro případy napadení jinou osobou (Buschmann et al. 2009). Otázku rozlišení vzniku zlomenin žeber během života či po smrti řeší přítomnost vitálních a nevitálních reakcí, a to jak makroskopicky (rozsáhlé prokrvácení v místě zlomenin v rámci vitální reakce), tak i mikroskopicky (přítomnost či nepřítomnost mononukleárního a lymfoplazmocytového infiltrátu).

Po nepřímé masáži srdce byly zaznamenány i transversální zlomeniny hrudní kosti, nejčastěji v její střední třetině. Četnost zlomenin sterna se v jednotlivých studiích pohybuje od 14 do 43 % (Hashimoto et al. 2007). Zatímco množství vzniklých zlomenin žeber se zvyšuje s věkem resuscitovaného (77 % zlomenin je u osob ve věku nad 50 let), vznik zlomenin sterna se zdá být na věku nezávislý. Kroner ve své studii popisuje i velmi ojedinělý výskyt zlomenin krčních a hrudních obratlů při KPR (Kroner et al. 2011).

Nepřímá masáž srdce vede nejen k poraněním skeletu (zlomeniny žeber, sterna, páteře), ale velmi často i k různým poraněním orgánů hrudní dutiny. Pozorované byly poranění pleury a plic (hemorrhagie, kontuze, lacerace), srdce (epikardiální, myokardiální hemorrhagie a kontuze, ruptury stěny srdce, tamponády), bránice (kontuze, ruptury) a velkých cév mediastina (Hashimoto et al. 2007). Krvácení do hrudní dutiny může výrazně zhoršit stav a prognózu resuscitovaného vznikem hemotoraxu nebo pneumotoraxu, které se mohou podílet na progresi ventilační insuficience.

Srdeční tamponáda vznikající v průběhu nepřímé masáže srdce obvykle vzniká v důsledku ruptury stěny srdce – nejčastěji levé komory. Jako predisponující faktor ruptury srdce byla identifikována předchozí léze ve svalovině charakteru infarktu myokardu (Baldwin et al. 1976).

Bode a Joachim popisují i smrtelné případy poranění vzestupného úseku aorty jako následek KPR, a to až v 1 % resuscitovaných případů, přičemž častější výskyt tohoto poranění byl pozorován při použití kardiopump (Bode a Joachim 1987).

Používání mechanických přístrojů na nepřímou masáž srdce může vést ke vzniku poranění trupu rozličného charakteru – od banálních povrchných poranění (popáleniny kůže, oděrky, podkožní krevní výrony) až po zranění neslučitelná se životem (ruptura aorty, srdeční tamponáda) (Koudela et al. 2013).

Studie týkající se srovnání poranění hrudníku vznikajících při manuální a přístrojové masáži srdce prokázala zvýšený výskyt poranění při použití resuscitačních přístrojů. Poranění byla zaznamenána u 87,5 % osob resuscitovaných pomocí kardiopumpy LUCAS, u 72,7 % osob resuscitovaných pomocí přístroje AutoPulse a pouze u 27,3 % osob po manuální nepřímé srdeční masáži. Jednalo se především o zlomeniny hrudní kosti, vícečetné zlomeniny žeber, krevní výrony v předním a zadním mediastině (Truhlář et al. 2010).

Zvýšený výskyt poranění (u 20–80 % případů) vznikajících v důsledku použití mechanických přístrojů uvádějí i další autoři (DeRooij et al. 2009; Hutchings et al. 2009; Rubertsson et al. 2007; Kongstad et al. 2005). Vedle zlomenin byla pozorována i závažnější poranění jako např. tenzní pneumotorax, hemotorax, srdeční tamponáda, lacerace jater a sleziny, ruptura aorty či dolní duté žíly. Poranění plic mechanismem barotraumatu vzniká nejčastěji při současném použití mechanického přístroje s automatickým ventilátorem k zajištění umělé plicní ventilace, pokud dojde k vdechnutí velkého dechového objemu do pacienta v okamžiku intenzivní mechanické komprese. Následkem může být pneumotorax nebo krvácení do dýchacích cest.

K nevýznamným poraněním, která však musí soudní lékař nebo patolog rozpoznat, patří povrchové tlakové změny, hematomy nebo exkoriace vzniklé použitím různých pomůcek během resuscitace. Mechanický resuscitační přístroj AutoPulse provádí komprese hrudníku pomocí širokého pásu, který obepíná celý hrudník a navíjí se do desky pod pacientem. U obézních pacientů nebo nemocných s větším průměrem hrudníku proto může masážní pás způsobit smykové oděrky nebo popáleniny kůže hrudníku, nejčastěji po jeho laterálních stranách. Při včasném použití přístroje AutoPulse nejsou zlomeniny hrudní kosti pravděpodobné, protože tlak je vyvíjen na velkou plochu, ale v reálných situacích předchází vždy jeho použití manuálně prováděná masáž (svědci, záchranná služba), nicméně poranění vzniklá v důsledku manuální, resp. přístrojové KPR nelze zpětně **oddiferencovat**. Při použití přístroje Lucas I nebo II je tlak vyvíjen pouze předozadně prostřednictvím kruhové přísavky (shodné s tvarem přísavky kardiopumpy). Kompresivní píst je ve střední části přísavky vyztužený, takže maximum povrchových

traumatických změn bude lokalizovaných do oblasti hrudní kosti. Nové pomůcky pro zpětnou vazbu mohou také způsobit kruhové nebo obdélníkové otisky v místě kontaktu s pacientem, nejčastěji nad hrudní kostí.

5.4 Poranění dutiny břišní vznikající při nepřímé masáži srdce

V souvislosti s nepřímou masáží srdce se setkáváme i s poraněním břišních orgánů – zejména s poraněním sleziny a jater. V současnosti není k dispozici relevantní studie četnosti takovýchto poranění u resuscitovaných osob. Vitello však na podkladě možných závažných následků takových poranění doporučuje aktivní pátrání po potenciálním poranění sleziny u všech pacientů, kteří přežijí KPR (Vitello et al. 1991).

Vzhledem k anatomickým poměrům jsou obvykle poraněny orgány v horní polovině břišní dutiny. Nejčastěji bývá poraněný levý lalok jater, méně často pravý lalok, slezina a žaludek (Truhlář et al. 2010; Meron et al. 2007). Krischer ve své studii zaznamenal úrazové změny na játrech charakteru ruptur nebo subkapsulárního hematomu v 2,1 % případů, poranění žaludku pozoroval pouze v 1 % případů (Krischer et al. 1987). Poranění žaludku (ruptura se vznikem hematomu a pneumoperitonea) bývá obvykle v důsledku insuflace žaludku při nesprávné intubaci (Schvadron et al. 1996).

5.5 Další patologické nálezy asociované s nepřímou masáží srdce

Při vnější prohlídce těla po KPR se soudní lékař setkává i s dalšími možnými nálezy – časté jsou petechie a drobné krevní výrony v oblasti obličeje a krku (Rudinská et al. 2014; Raven et al. 1999). Tomuto nálezu je nutné věnovat zvýšenou pozornost, protože výskyt petechií v této oblasti patří mezi nespecifické známky dušení.

V soudnělékařské praxi jsou petechie a drobné krevní výronky v oblasti obličeje a krku pozorované i u obětí násilných úmrtí – strangulace, úrazy hlavy, úrazy elektrickým proudem apod. Pravděpodobnost výskytu petechií ve vztahu k příčině smrti je přehledně uvedena v Tabulce 2 (Prokop a Wabnitz 1970).

Tabulka 2 Výskyt petechií ve vztahu k příčině smrti (Zdroj: Prokop a Wabnitz 1970)

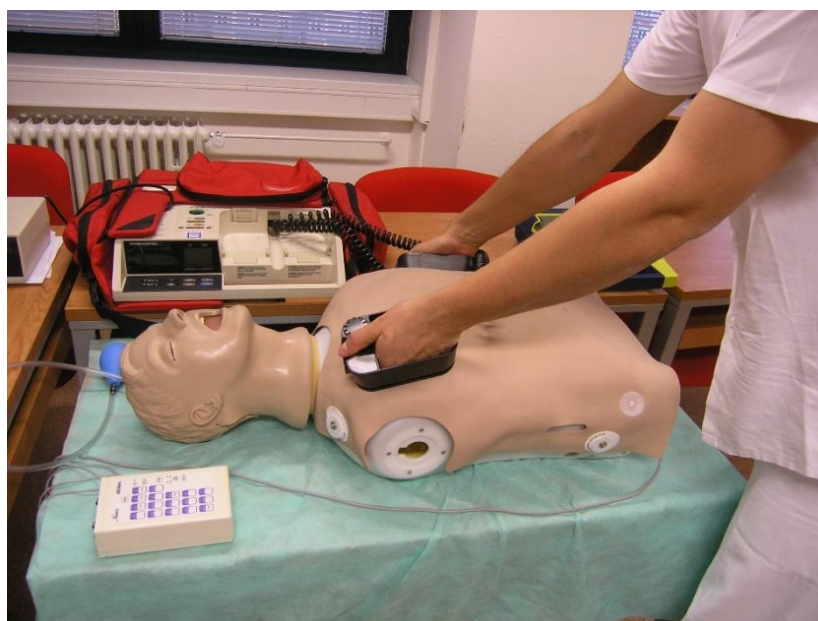
Příčina smrti	Početnost výskytu petechií (v %)
Dušení a škrcení	100
Traumatická asfyxie bez poranění orgánů	100
Oběšení	34
Traumatická asfyxie s pohmožděním nitrohručních orgánů	25
Úraz elektrickým proudem	12,5
Udávení a aspirace	10
Centrální smrt	7,6
Leukózy a hemoragické diatézy	6,6
Náhlá srdeční smrt	4,3
Utonutí	3,8
Sepse	3,5
Intoxikace hypnotiky	2,9
Intoxikace oxidem uhelnatým	2,3

Vznik subarachnoidálního krvácení při KPR pozoroval Saukko, který za mechanismus vzniku tohoto poranění pokládá hyperextenzi krku během KPR, kdy při prudkém pohybu hlavy dorzálním směrem může dojít k natržení vertebrální arterie (Saukko et al. 2004). Krvácení do CNS však může být kauzální příčinou náhlé zástavy oběhu nebo může vzniknout traumaticky následkem pádu v okamžiku zastavení mozkové perfuze.

Významným nálezem, který nacházíme při pitvě, resp. při histologickém vyšetření některých osob, jimž byla před smrtí poskytnuta KPR, je embolizace kostní dřeně. Baringer uvádí, že až v 13 % případů byla mikroskopicky diagnostikována embolizace kostní dřeně v periferních tepnách s predominancí koronárních a pulmonárních arterií (Baringer et al. 1961). Kromě embolizace kostní dřeně je při nepřímé masáži srdce možný i vznik tukové embolie. Šteiner ve své studii potvrdil, že po nepřímé masáži srdce se tuková embolie vyskytuje v 42 % všech resuscitovaných případů, a dokonce až u 67 % resuscitovaných osob, u nichž došlo ke zlomeninám kostí hrudníku (Šteiner et al. 1990).

5.6 Defibrilace

Analýza EKG s případnou defibrilací fibrilace komor nebo bezpulzní komorové tachykardie patří mezi základní prvky algoritmu rozšířené KPR (Larsen et al. 2002). Elektrický výboj má za cíl zrušit nekoordinovanou elektrickou aktivitu srdce a umožnit nástup srdeční automacie (Nolan et al. 2010; Kouwenhoven et al. 1960). Na defibrilaci je používán elektrický výboj dvoufázový (v rozmezí 120 až 360 J podle doporučení konkrétního výrobce) nebo jednofázový (vždy 360 J), který je aplikován prostřednictvím defibrilačních elektrod. Přítlačné defibrilační elektrody (paddles) jsou potřeny vodivým gelem a přitisknuty na kůži hrudníku pod pravou klíční kost a do výšky 5. mezižebří ve střední axilární čáře vlevo (Obrázek 13) tak, aby maximum elektrického proudu protékalo přes myokard. Stále větší počet záchranných služeb v současnosti používá samolepící defibrilační elektrody (pads), které umožňují kontinuální monitorování EKG, zvyšují bezpečnost obsluhy a zkracují přestávky v masáži srdce potřebné k podání defibrilačního výboje.



Obrázek 13 Defibrilace pomocí manuálního defibrilátoru

Stejný typ samolepících elektrod je používán i laiky při využití automatizovaných externích defibrilátorů (AED) – (Obrázek 14). Použití AED vyžaduje správnou aplikaci samolepících elektrod na odhalený hrudník pacienta a respektování audiovizuálních instrukcí.



Obrázek 14 Automatizovaný externí defibrilátor

AED představuje plně automatizovaný přístrojový systém, který je schopen samostatně analyzovat srdeční rytmus a následně doporučit a aplikovat defibrilační výboj. AED jsou instalovány do vybraných lokalit s vyšší incidencí srdečních zástav či zhoršenou dostupností odborné pomoci, aby se tímto způsobem co nejvíce zkrátila doba od zástavy srdce po aplikaci defibrilačního výboje. Jako vhodné lokality pro umístění AED jsou považovány veřejná místa s vysokou koncentrací lidí, jako jsou mezinárodní letiště, velká nákupní centra, věznice, velké sportovní areály, velké továrny, podniky atd. (Truhlář et al. 2010).

Po aplikování defibrilačního výboje jsou téměř vždy pozorována povrchová poranění kůže v místě připojení elektrod (vzorované erytémy a povrchové popáleniny). Po použití defibrilátoru však byla zaznamenána i závažnější poranění ve formě rhabdomyolýzy s následnou myoglobinurií a eventuálním renálním selháním (Hojs et al. 1995; Minor et al. 1990). Po opakovaných elektrických výbojích byla v myokardu mikroskopicky prokázána přítomnost izolovaných nekróz (Saukko et al. 2004).

6 Embolie plic

Embolie je definována jako zavlečení pohyblivého předmětu proudem krve až na místo, kde anatomické zúžení cévy zabrání jeho dalšímu pohybu. Embolus je patologický předmět různého typu – krevní sraženina, tuk, kostní dřev, cholesterolové hmoty, vzduch, nádorové hmoty, fragmenty katetrů či (Bednář et al. 1982).

Nejčastější formou plicní embolie je tzv. trombotická forma při trombembolické nemoci. Netrombotické formy plicní embolie jsou způsobeny embolizací tukových kapének, plodové vody, vzduchu a i embolizací bakteriální vegetací. Embolie cizorodým materiálem vzniká např. při intravenózním podání drog u narkomanů. Další formou embolie do plic je embolie kostní dřev, která byla pozorována u pacientů s mnohočetnými zlomeninami skeletu (Stevens 2002; Eriksson et al. 2011).

Velké plicní emboly je možné identifikovat *intra vitam* pomocí sofistikovaných zobrazovacích vyšetřovacích metod (CT angiografie, digitální subtrakční angiografie). Při pitvě rozlišujeme čerstvé trombotické embolie (nelnou ke stěně cévy) a starší trombotické embolie, které již mají známky částečné organizace. Drobné emboly (při mikroembolizaci) lze identifikovat až adekvátním mikroskopickým vyšetřením plic. Je však třeba brát v úvahu skutečnost, že působením fibrinolytického procesu může docházet k rozpuštění těchto drobných embolů; při pitvě proto často nejsou mikroemboly identifikovány (Povýšil et al, 2007).

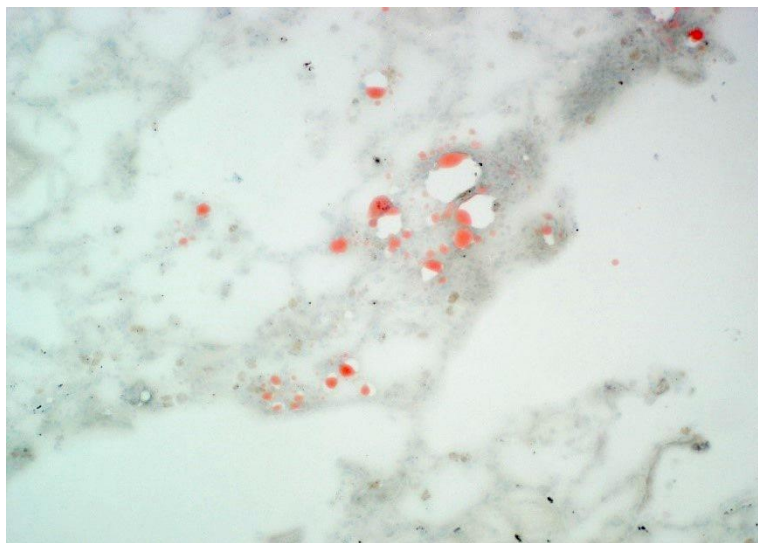
V souvislosti s poskytováním KPR byly v odborné literatuře publikovány především případy plicní embolie z tukové tkáně a kostní dřevě (Eriksson et al. 2011; Šteiner 1990).

Tuková embolie plic (*pulmonary fat embolism*) je definována jako nález drobných kapének tuku v krvi, které způsobují okluzi drobných cév, především plicních kapilár. Tento pojem je nutné odlišovat od **syndromu tukové embolie** (*fat embolism syndrome*), jenž představuje klinický syndrom charakterizovaný dysfunkcí více orgánů, především plic a mozku (Voisard et al. 2013; Eriksson et al. 2011). Tuková embolie plic kapénkami tuku, resp. celými tukovými buňkami je obvykle pozorována u osob se zlomeninami dlouhých kostí (zlomeniny kostí zasahující i do oblasti tukové dřevě), u osob s rozsáhlými pohmožděninami tukové tkáně či popáleninami kožního krytu (Cotran et al. 1999).

Tuková embolie do plic při poranění kostry je z patofyziologického hlediska vysvětlována dvěma odlišnými teoriemi: mechanickou a biochemickou. Mechanická teorie vysvětluje tukovou embolii na podkladě uvolnění kapének tuku z oblasti zlomeniny (resp. z místa jejich vzniku) a jejich následném zachycení v plicních kapilárách. Biochemická teorie vzniku tukové embolie poukazuje na biochemické procesy, při nichž vznikající zánětlivé mediátory (včetně lipoproteinové lipázy) vedou k uvolnění mastných kyselin a tím k narušení transportních mechanismů tuku v plazmě. Tato změna vede k vysrážení kapiček tuku v drobných cévách. Tuková embolie do plic je důležitým patofyziologickým faktorem podílejícím se na vzniku ARDS (*acute respiratory distress syndrome*), který je příčinou dysfunkce respiračního systému a dalších orgánů – tzv. syndrom tukové embolie (viz výše) (Eriksson et al. 2011; Cuculic et al. 2009).

Zvýšený tlak v oblasti zlomeniny podmíněný narůstajícím hematodem představuje faktor přispívající ke zvýšenému riziku vzniku tukové embolie, proto bývá tuková embolie častěji pozorována při uzavřených zlomeninách než při zlomeninách otevřených. V určitých případech dochází k průniku tukových kapiček z plicních kapilár do velkého oběhu u tzv. paradoxní systémové embolizace – důsledkem je obvykle tuková embolie v mozkových kapilárách (Wotke et al. 2002).

Histopatologická verifikace tukové embolie do plic je v praxi realizována pomocí mikroskopického vyšetření plicního parenchymu histochemickými metodami. Histochemické metody slouží k prokázání chemických látek přímo v buňkách a tkáních in situ. Na rozdíl od klasických histologických metod je nutné dodržovat mnohem přísnější kritéria na celý postup zpracování tkáně. K prokázání neutrálních tuků v histologickém preparátu se používají barviva rozpustná v tucích (Sudan II, III, IV) či olejová červeň ve zmrazených řezech – Obrázek 15 (Malinský a kol. 1991).



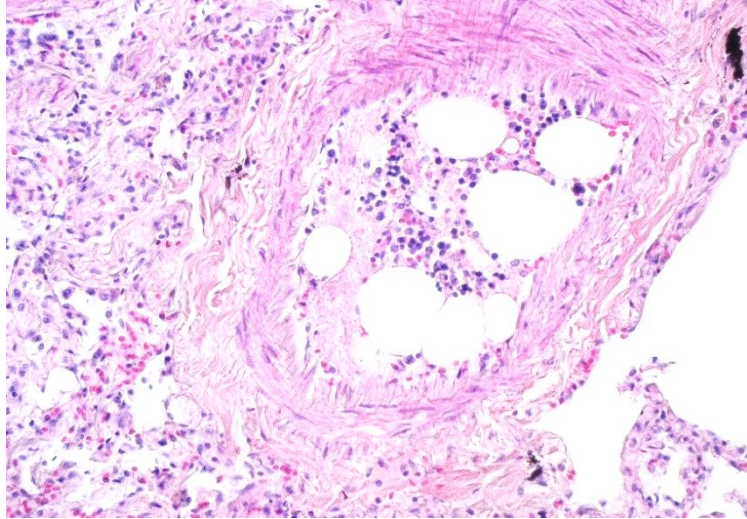
Obrázek 15 Plicní parenchym se známkami tukové embolie (barvení olejovou červení, 100 x) pozitivita na dva křížky

Rozsah tukové embolie do plic je v rámci histopatologického hodnocení preparátů klasifikován do čtyř stupňů. Metodika hodnocení rozsahu tukové embolie byla popsána Nádvorníkem et al. (1963). Autoři přitom vycházeli z analýzy výskytu tukových embolií na souboru 400 případů traumatických úmrtí. Z obou plic jsou odebírány dvě excize – jedna ze subpleurální a jedna z centrální části plic. Z každé excize jsou vytvořeny dva preparáty, u každého pacienta je takto celkově vyšetřeno osm preparátů. Přítomnost tukové embolie je hodnocena v rámci každého preparátu samostatně, a to od jednoho do čtyř křížků podle množství embolizovaného tuku. Jedním křížkem je hodnocen preparát s pouze ojedinělými tukovými emboly. Tuková embolie jedné třetiny plicních kapilár je hodnocena dvěma křížky, embolie dvou třetin kapilár je hodnocena třemi křížky a více než dvě třetiny embolizovaných kapilár čtyřmi křížky. Součet počtu všech křížků pak určuje stupeň rozsahu tukové embolie do plic u daného pacienta:

- I. stupeň (1–8 křížků)
- II. stupeň (9–16 křížků)
- III. stupeň (17–24 křížků)
- IV. stupeň (25–32 křížků)

Syndrom tukové embolie v sobě zahrnuje i **embolizaci kostní dřeni**, která může vznikat při zlomeninách dlouhých kostí a zlomeninách pánve. Větší emboly bývají zachyceny v plicním řečišti, menší prostupují do systémového oběhu (Ševčík et al. 2014). Embolizace kostní dřeni je diagnostikována pomocí světelné mikroskopie po standardním

zpracování odebrané tkáně s barvením histologického preparátu nejčastěji používanou metodou, tj. barvením hematoxylin-eosin (HE)- (Obrázek 16).



Obrázek 16 Plicní parenchym se známkami embolizace kostní dřeně
(barvení HE, 200 x)

Plicní embolie je v 60–80 % případů klinicky němá, protože emboly jsou malých rozměrů a fibrinolytická aktivita krve způsobí jejich rozpuštění. K akutnímu selhání srdce dojde bezmála v 5 % případů, pokud je více než 60 % plicního řečiště obturováno velkými či vícečetnými tromby. U 10–15 % případů se objevuje dyspnoe a přibližně v 3 % případů se vyvine plicní hypertenze a chronické cor pulmonale v důsledku opakovaných embolů (Povýšil a kol. 2007).

7 Cíle práce

Techniky KPR představují v současnosti léčebné postupy *lege artis* v případech náhlé poruchy životních funkcí. V důsledku velmi širokého spektra poskytovatelů KPR od profesionálních záchranářů přes školené zdravotnické pracovníky až po laiky bez adekvátního výcviku jsou výsledky i efektivita poskytované KPR velmi různorodé. S tím souvisí i možnost vzniku širokého spektra poranění.

Cíle předkládané dizertační práce jsou charakterizovány prostřednictvím popisu designu studie cílových kritérií, stanovení vědeckých hypotéz, vymezení vstupních a exkluzivních kritérií studie a definování sledovaných parametrů.

Design studie

Kohortová prospektivní unicentrická pitevní studie hodnotící poranění vznikající při poskytování KPR.

Cílové kritéria

Hlavním cílem této práce bylo vyhodnocení incidence, charakteru, lokalizace a závažnosti jednotlivých poranění asociovaných s resuscitací, zjištěných při pitvě osob, jimž byla před smrtí poskytnuta KPR.

Sekundárním cílem byla analýza faktorů, které se mohou podílet na vzniku závažných nitrohručních poranění při KPR.

Hypotézy

K dosažení vytyčených cílů bylo stanovených šest vědeckých hypotéz. Pro každou z hypotéz byla stanovena nulová statistická hypotéza (H_0). Verifikace – přijetí nebo zamítnutí – nulových hypotéz byla realizována pomocí statistického testování.

Hypotéza č. 1

Při poskytování KPR vznikají život ohrožující poranění.

Hypotéza č. 2

Rozšířená KPR (ALS) je asociována s vyšším počtem závažných poranění jako základní KPR (BLS).

Hypotéza č. 3

Rizikové faktory pro vznik závažných poranění v průběhu KPR jsou vyšší věk, ženské pohlaví, nižší BMI, trvání resuscitace, poskytování KPR v terénu a během zimních měsíců.

Hypotéza č. 4

Zlomeniny sterna a zlomeniny žeber jsou asociované s vyšším rizikem vzniku závažných poranění v průběhu KPR.

Hypotéza č. 5

Během KPR vzniká tuková embolie plic častěji u osob se zlomeninami skeletu hrudníku než u osob bez zlomenin skeletu hrudníku.

Hypotéza č. 6

Během KPR vzniká embolie kostní dřevě plic častěji u osob se zlomeninami skeletu hrudníku než u osob bez zlomenin skeletu hrudníku.

Vstupní kritéria

Do studie byly zařazeny pouze zemřelé osoby, jímž byla před smrtí poskytnuta KPR, a které byly následně pitvány (zdravotní pitva) v Ústavu soudního lékařství Fakultní nemocnice Ostrava (časové období od 1. 9. 2012 do 30. 8. 2015).

Exkluzivní kritéria

Do studie nebyly zařazeny osoby mladší než 18 let a osoby, u kterých smrt nastala v důsledku působení mechanického násilí (dopravní nehody, pády z výšek, pracovní úrazy, úrazy při sportu, sufokace atd.) či tepelného poranění (popáleniny). Ze studie byli vyloučeni i jedinci, kteří měli akutní pankreatitidu či jiné patologické stavy, které mohou vést k tukové embolii. Dalším vylučovacím kritériem byly neúplné či chybějící údaje ve zdravotnické dokumentaci (List o prohlídce zemřelého, záznamy rychlé záchranné služby, průvodní zprávy k pitvě apod.) potřebné k posouzení rizikových faktorů podílejících se na možném zhoršení závažnosti resuscitačních poranění.

8 Metodika práce a metody zkoumání

Ve snaze dosáhnout stanovených cílů jsme využili kombinaci více vědeckých metod zkoumání: analýza – syntéza, abstrakce – konkretizace, indukce – dedukce, průzkum a komparace. Využití experimentu v naší práci nebylo možné vzhledem k problematice zkoumání a etickým omezením.

Provedli jsme komplexní průzkum a analýzu dostupné odborné literatury zaměřené na problematiku poranění asociovaných s KPR (v databázích Scopus a Medline). Získaná data jsme zpracovali (procesy abstrakce, syntézy a indukce) a využili při tvorbě kapitol týkajících se současného stavu řešené problematiky.

Výsledky analýzy odborné literatury jsme využili i při formulování jednotlivých hypotéz. Design studie jsme stanovili takovým způsobem, aby byla možná verifikace stanovených hypotéz – jejich přijetí či zamítnutí. Data jsme sbírali systematicky a zaznamenávali je do studijní databáze. Získaná data byla posléze podrobena statistické analýze. V rámci testování potenciálních rizikových faktorů nitrohručních poranění jsme využili metodu komparace.

Autoptické vyšetření

Všechny zemřelé osoby vyhovující vstupním kritériím byly posouzeny s ohledem na možnost zařazení do studie (viz výše). Autorka předkládané práce prováděla podrobné pitevní vyšetření všech zemřelých osob zařazených do studie a pitevní nálezy zaznamenávala do studijní databáze (viz níže).

V rámci každé pitvy byla provedena detailní vnější prohlídka těla mimo jiné zaměřená na popis veškerých exkoriací, hemotomů, defigurací atd. Vnitřní prohlídka byla provedena standardní pitevní technikou v souladu s doporučeními Evropského koncilu soudního lékařství. Eviscerace vnitřních orgánů byla prováděná metodou podle Ghon-Zenkera.

Histologické vyšetření

Při pitvě osob zařazených do studie byly odebrány vzorky mozku, srdce, plic, jater, sleziny, ledvin pro následné histologické vyšetření. Vzorky dalších orgánů byly odebírány v závislosti na jejich případném poškození či patologii. Odebrané vzorky byly fixovány v 10 % roztoku formalínu a zpracovány standardní technikou a obarvené základní barvicí

metodou barvením hematoxylin-eosin. Od všech do studie zařazených osob byly odebrány i vzorky na vyšetření tukové embolie a embolie kostní dřeně. Autorka provedla mikroskopické vyšetření a vyhodnocení všech takto odebraných preparátů.

Zdravotnická dokumentace zemřelých osob

Zdravotnická dokumentace zemřelých zařazených osob (záznamy rychlé záchranné služby, listy o prohlídce zemřelého, resp. nemocniční chorobopisy) byla sbírána doktorandem s cílem zaznamenání sledovaných údajů o poskytované KPR pro další analýzu (použité techniky KPR, délka poskytování KPR, specifikace osob, které KPR vykonávali a terén kde byla KPR prováděna).

Studijní protokol a databáze

Data získaná při autoptickém, histologickém vyšetření a data extrahovaná ze zdravotnické dokumentace byla sbírána prospektivně a zaznamenávána do vytvořeného studijního protokolu. Plné znění studijního protokolu je uvedeno v příloze. Po ukončení sběru dat byly údaje transformovány do studijní databáze (tabulkový protokol vytvořený v aplikaci MS Excel).

Statistické výpočty a testování hypotéz

Získaná data byla podrobena statistické analýze. Na popis dat byly použity základní metody popisné statistiky: frekvenční tabulky s absolutními a relativními počty, medián, aritmetický průměr, směrodatná odchylka.

Při zpracování výsledků a na otestování stanovených hypotéz byly použity metody popisné statistiky, t-testy na střední hodnotu, shodu středních hodnot a shodu relativních počtů, chí-kvadrát test dobré shody. Všechny testy byly provedeny na hladině významnosti $\alpha = 0,05$.

9 Výsledky

Ve sledovaném období (1. 9. 2012 – 30. 8. 2015) podstoupilo na Ústavu soudního lékařství FNO zdravotní pitvu celkově 193 osob, jimž byla před smrtí poskytnuta KPR. Všechny tyto osoby byly posuzovány pro zařazení do studie. S ohledem na stanovený design studie a exkluzivní kritéria bylo 113 osob ze studie vyloučeno; nejčastějším důvodem byla smrt osob v souvislosti s působením mechanického násilí. Do studie bylo celkem zařazeno 80 osob, jejichž data byla dále zpracována a analyzována.

9.1 Popis studijního souboru

Studijní soubor 80 osob sestával z 61 mužů (76,2 %) a 19 žen (23,8 %). Průměrný věk byl ve studijním souboru $58,2 \pm 15,2$ (mean \pm SD); nejmladší osoba měla 18 let, nejstarší osoba 88 let.

Průměrná výška byla $172,3 \pm 10,3$ cm; nejmenší osoba měřila 153 cm, nejvyšší 192 cm. Průměrná hmotnost byla $82,5 \pm 16,1$ kg; nejmenší naměřená hmotnost byla 34 kg, nejvyšší hmotnost 130 kg. Průměrný body mass index (BMI) byl $27,7 \pm 5,04$ kg/m²; nejnižší hodnota BMI byla 19,2 kg/m², nejvyšší hodnota 40,7 kg/m².

Příčina smrti byla u všech osob stanovena na základě autopsie obohacené o histologické vyšetření. Přehled příčin smrti je uveden v Tabulce 3. Kardiální příčina (ischemická choroba srdeční – náhlá koronární smrt, infarkt myokardu) byla identifikována u 56,2 % osob a činila nejčastější příčinu smrti. Nekardiální příčina byla zjištěna u 43,8 % osob – z toho se jednalo o respirační příčinu smrti u 18,7 % osob, utonutí u 5,0 % osob, cerebrální příčinu smrti u 5,0 % osob, gastrointestinální a hepatální příčinu u 8,8 % osob a intoxikaci u 6,3 % osob.

U každé z osob zahrnutých do studie bylo vyloučeno jakékoliv jiné mechanické násilí působící proti tělu zemřelé osoby před smrtí s výjimkou poskytované KPR (viz exkluzivní kritéria). Pitvou provedenou ve zkoumaných případech nebyla zjištěna poranění, s jakými se v soudně lékařské praxi setkáváme v důsledku dopravních, sportovních a pracovních úrazů, pádových mechanismů, pádů či skoků z výšky. Stejně tak nebyly prokázány zranění svědčící pro napadení tupou silou, jako jsou údery pěstí, kopy, nakleknutí, nášlapy, ani zranění způsobená bodnořeznými, tupými, střelnými, sečnými nástroji či zranění doprovázející mechanicky vyvolané dušení, především znemožnění

dýchacích pohybů tlakem na hrudník a břicho. Jelikož některé z vyjmenovaných úrazových mechanismů mohou vést ke komplexu zranění, které lze jen velmi obtížně odlišit od zranění vzniklých při KPR, rozhodující pro vyloučení mechanického násilí v rámci možných úrazových mechanismů byly kromě jednoznačné příčiny smrti a okolnosti úmrtí i informace získané z dostupné zdravotnické dokumentace.

Tabulka 3 Příčina smrti osob zahrnutých do studie

Příčina smrti	Počet (%) (n = 80)
Kardiální	45 (56,2)
Akutní koronární syndrom	28
ICHS	15
Kardiomyopatie	2
Respirační	15 (18,7)
Plicní embolie	10
Bronchopneumonie	5
Cerebrální	4 (5,0)
Zánět mozkových blan	1
Subarachnoidální krvácení	1
Mozkový infarkt	2
Gastrointestinální a hepatální	7 (8,8)
Cirhóza jater	5
Vředy dvanáctníku	1
Megakolon	1
Intoxikace	5 (6,3)
Utonutí	4 (5,0)

9.2 Parametry charakterizující poskytovanou KPR

Všem osobám zahrnutým do studie byla KPR poskytována v souladu s platnými mezinárodními guidelines – The 2010 American Heart Association Guidelines for CPR and Emergency Cardiovascular Care (Field et al. 2010).

Výsledky týkající se parametrů popisujících poskytovanou KPR (místo nálezu osoby, roční období, délka poskytování KPR, BLS/ALS, nepřímá masáž srdce, defibrilace, intubace) jsou přehledně zobrazeny v Tabulce 4.

Tabulka 4 Parametry týkající se poskytované KPR

Parametr	Počet (%) (n = 80)
Místo nálezu osoby, n (%)	
v interiéru	57 (71,2)
v terénu	23 (28,8)
Roční období, n (%)	
jaro	24 (30,0)
léto	28 (35,0)
podzim	13 (16,2)
zima	15 (18,8)
Délka poskytování KPR (mean ± SD), min.	27,0 ± 12,3
Typ poskytované KPR, n (%)	
BLS	11 (13,7)
ALS	69 (86,3)
Nepřímá srdeční masáž, n (%)	
pouze amatér	11 (13,7)
amatér/profesionál	32 (40,0)
pouze profesionál	37 (46,3)
Defibrilace, n (%)	
ano	62 (77,5)
ne	18 (22,5)
Intubace, n (%)	
ano	56 (70,0)
ne	24 (30,0)

Většina osob zahrnutých do našeho studijního souboru (71,2 %) byla nalezena bez známek života v interiéru budov, kde probíhala i samotná KPR. Mimo budovy bylo nalezeno a resuscitováno 28,8 % osob. KPR byla v našem souboru poskytována v průběhu letních měsíců v 35 % případů, během podzimních měsíců v 16,3 % případů, během zimních měsíců v 18,8 % případů a na jaře v 30 % případů. Průměrná délka poskytování resuscitace byla 27,0 ± 12,3 minut; nejkratší poskytovaná KPR trvala 5 minut, nejdéle poskytovaná KPR trvala 75 minut.

V rámci resuscitace většiny osob (86,3 %) byly využity techniky základní i rozšířené KPR (BLS a ALS); samotná BLS byla poskytnuta u 13,7 % osob. Nepřímá masáž srdce byla prováděna pouze amatérským zachráncem v 13,7 % případů; amatérský zachránce i profesionální záchranář se na nepřímé masáži srdce podíleli v 40,0 % případů. Profesionální záchranáři prováděli masáž v 46,3 % případů. V rámci resuscitace oběhu byla u 77,5 % osob provedena defibrilace. Zajištění horních cest dýchacích pomocí endotracheální kanyly (intubace) bylo zjištěno v 70,0 % případů.

9.3 Spektrum a závažnost poranění asociovaných s KPR

Poranění asociovaná s KPR byly ve studijním souboru identifikovány u 75 osob (93,7 %), přičemž **u 73 osob se jednalo o sdružené poranění**: ≥ 2 poranění u jedné osoby. U převážné většiny těchto osob byly zaznamenány současně poranění kožního krytu, poranění v oblasti dýchacích cest v důsledku intubace a mnohonásobné poranění skeletu hrudníku.

Spektrum poranění zahrnovalo poranění kožního krytu, poranění hlavy a krku, ojedinělé poranění dutiny břišní, a především poranění hrudníku. Zastoupení (četnost) poranění v jednotlivých podskupinách podle lokalizace je prezentováno v Tabulce 5. Bližší analýzu jednotlivých poranění nabízíme v následujících podkapitolách.

Tabulka 5 Přehled poranění asociovaných s KPR

Příčina smrti	Počet (%) (n = 80)
Poranění kožního krytu	71 (88,7)
Poranění hlavy a krku	54 (67,5)
Poranění hrudníku	76 (95,0)
Poranění břišní dutiny	15 (18,7)

Závažná poranění asociovaná s KPR byly zjištěny v 33 případech (41,2 %); vícenásobná závažná poranění byla přitom pozorována v 18 případech (22,5 %). Mezi závažná poranění patřila nitrohruční poranění (kontuze plic, lacerace plic, hemotorax, kontuze srdce, hemoperikard) a závažná nitrobřišní poranění (lacerace jater, ruptura sleziny). Všechna tato poranění byla považována za klinicky závažná, pokud bylo dosaženo obnovení spontánní cirkulace. Přehled diagnostikovaných závažných poranění je prezentován v Tabulce 6.

Tabulka 6 Závažná poranění asociovaná s KPR ve studijním souboru

Závažná poranění	Počet (%) (n = 80)
Kontuze plic	25 (31,2)
Lacerace plic	2 (2,5)
Hemotorax (≥ 300 ml)	4 (5,0)
Kontuze srdce	14 (17,5)
Hemoperikard	7 (8,7)
Lacerace jater	2 (2,5)
Ruptura sleziny	1 (1,3)

Ad hypotéza č. 1

Při poskytování KPR vznikají život ohrožující poranění

Život ohrožující poranění byla ve studijním souboru zaznamenána celkem v 11 případech (13,7 %):

- hemoperikard (5 případů)
- hemoperikard a lacerace jater (1 případ)
- kontuze a ruptura srdce lokalizovaná v oblasti interventrikulárního septa (4 případy)
- hemoperikard, lacerace jater a ruptura sleziny (1 případ)

V rámci podskupiny osob se život ohrožujícími poraněními byla při pitvě identifikována jiná jistá příčina smrti (rozsáhlá cévní mozková příhoda, masivní plicní embolie, intoxikace atd.) u 7 osob. Závažná poranění asociovaná s KPR proto mohla být potenciálně letální u 4 osob (5,0 %) za předpokladu, že by u těchto osob došlo k obnovení spontánní cirkulace. Na základě pitevních a histopatologických nálezů nebylo možné určit, zda tyto 4 osoby zemřely v důsledku poranění asociovaných s KPR nebo v důsledku maligní arytmie.

Na základě nálezů výše uvedených život ohrožujících poranění konstatujeme, že **byla potvrzena hypotéza č. 1.**

Ad hypotéza č. 2

Rozšířená KPR (ALS) je asociována s vyšším počtem závažných poranění jako základní KPR (BLS).

Základní KPR (BLS) byla poskytnuta celkem 13,7 % osob z našeho studijního souboru – KPR byla těmto osobám poskytována výhradně technikami patřícími do BLS. V 86,3 % případů byla KPR poskytována technikami BLS i ALS.

V rámci podskupiny osob resuscitovaných výlučně technikami BLS byla závažná poranění zjištěna u 18,2 % osob. V rámci podskupiny osob resuscitovaných technikami BLS i ALS byla závažná poranění identifikována u 44,9 % osob. Rozdíl mezi těmito podskupinami nebyl statisticky významný ($p = 0,106$).

Rozšířená KPR (ALS) byla v našem studijním souboru asociována s vyšším počtem závažných poranění jako základní KPR (BLS). Vzhledem ke skutečnosti, že tento rozdíl nebyl statisticky významný, konstatujeme, že **hypotéza č. 2 nebyla potvrzena.**

Ad hypotéza č. 3

Rizikové faktory pro vznik závažných poranění v průběhu KPR jsou vyšší věk, ženské pohlaví, nižší BMI, trvání resuscitace, poskytování KPR v terénu a během zimních měsíců.

Za účelem analýzy rizikových faktorů pro vznik závažných poranění v průběhu KPR byl studijní soubor rozdělen do dvou podskupin:

- a) osoby se závažnými poraněními asociovanými s KPR
- b) osoby bez závažných poranění asociovanými s KPR

Data týkající se zastoupení zkoumaných rizikových faktorů v obou podskupinách včetně výsledků statistického testování rozdílů mezi podskupinami jsou přehledně prezentována v Tabulce 7.

Rozdíly mezi výše uvedenými podskupinami pacientů nebyly statisticky významné pro žádný z testovaných demografických faktorů (věk, pohlaví, BMI), ani pro žádný z faktorů charakterizujících poskytovanou KPR (délka a typ KPR, defibrilace, místo nálezu či roční období).

Konstatujeme proto, že **hypotéza č. 3 nebyla potvrzena.**

Tabulka 7 Rizikové faktory pro vznik závažných poranění v průběhu KPR

Parametr	Se závažným poraněním (n = 33)	Bez závažného poranění (n = 47)	p-hodnota
Věk (roky, mean ± SD)	58,5 ± 15,92	58,0 ± 14,84	0,655
Pohlaví , n (%)			
muž	25 (24,2)	36 (76,6)	0,931
žena	8 (75,8)	11 (23,4)	
BMI (kg/m ² , mean ± SD)	27,8 ± 5,02	27,6 ± 5,15	0,844
Místo nálezu osoby , n (%)			
v interiéru	20 (60,6)	37 (78,7)	0,078
v terénu	13 (39,4)	10 (21,3)	
Roční období , n (%)			
jaro	12 (36,4)	12 (25,5)	0,091
léto	12 (36,4)	16 (34,0)	
podzim	7 (21,2)	6 (12,8)	
zima	2 (6,0)	13 (27,7)	
Délka KPR (mean ± SD), min.	27,0 ± 10,21	27,0 ± 13,7	0,799
Typ poskytované KPR , n (%)			
BLS	2 (6,1)	9 (19,1)	0,106
BLS + ALS	31 (93,9)	38 (80,9)	
Defibrilace , n (%)			
ano	28 (84,8)	34 (72,3)	0,187
ne	5 (15,2)	13 (27,7)	

9.4 Poranění kožního krytu

U osob zahrnutých do studijního souboru byla pozorována poranění kožního krytu, která měla charakter injekčního vpichu, povrchních oděrek kůže nebo podkožních hematomů, popálenin. Tato poranění jsme zaznamenali u převážné většiny (88,7 %) resuscitovaných osob. Žádné z těchto poranění nebylo hodnoceno jako závažné či život ohrožující poranění.

Injekční vpichy v oblasti horních končetin, hrudníku nebo krku byly identifikovány u 83,7 % osob. Tato poranění vznikla v důsledku snahy záchranářů o zajištění žilního přístupu v rámci resuscitace oběhu. Nejčastější lokalizací injekčních vpichů byla oblast

loketní jamky pravé horní končetiny v důsledku zavádění periferní žilní kanyly (Obrázek 17). Vpichy vznikající v důsledku zavádění centrálního žilního katetru cestou vena subclavia byly identifikovány u 6 osob a cestou vena jugularis také u 6 osob. Vpich zajišťující intraoseální přístup na přední straně holeně byl zaznamenán u 2 osob; poranění svědčící o drenáži hrudníku provedené v rámci KPR, nebyla zjištěna. V soudnělékařské praxi je velmi důležité uvedená poranění (injekční vpichy, resp. vpichy po hrudní drenáži) odlišit od neresuscitačních poranění – například od bodných či střelných poranění penetrujících do dutiny hrudní. Je proto nutné, aby všechna poranění kožního krytu vznikající v rámci KPR byla adekvátně zaznamenána v zdravotnické dokumentaci (záznam o výjezdu rychlé lékařské pomoci).



Obrázek 17 Injekční vpich v oblasti loketní jamky pravé horní končetiny

Poranění charakteru povrchných oděrek kůže byla identifikována u 37,5 % osob. Nejčastější lokalizací kožních oděrek byla přední strana hrudníku v oblasti mezi prsními bradavkami. Tato poranění vznikla v souvislosti s nepřímou masáží srdce, kdy opakovaná stlačení hrudníku často prováděná přes oblečení resuscitované osoby vedla ke vzniku kožních oděrek. Povrchové oděrky kůže na obličeji byly zjištěny ve dvou případech; pohmožděnin v oblasti hrudníku byly zaznamenány v 1 případě.

Na přední straně hrudníku byla zjištěna poranění charakteru povrchových popálenin u 12,5 % osob. Popáleniny svým tvarem a lokalizací odpovídaly umístění defibrilačních elektrod, prostřednictvím kterých byly těmto osobám aplikovány defibrilační výboje (Obrázek 18).



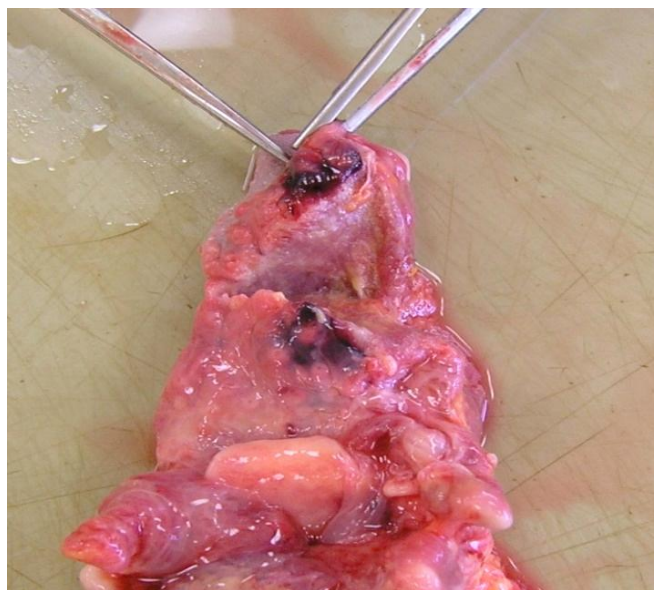
Obrázek 18 Povrchové popáleniny na přední straně hrudníku odpovídající umístění defibrilačních elektrod

9.5 Poranění hlavy a krku

Poranění hlavy a krku zaznamenaná v našem souboru představovala heterogenní skupinu – povrchové oděrky a pohmožděny, výrony krve do měkkých pokrývek lebních a do spojivek, překrvení a eroze sliznice horních cest dýchacích, zlomeniny jazyky a štítné chrupavky. Celkově byla poranění v oblasti hlavy a krku zjištěna u 67,5 % osob.

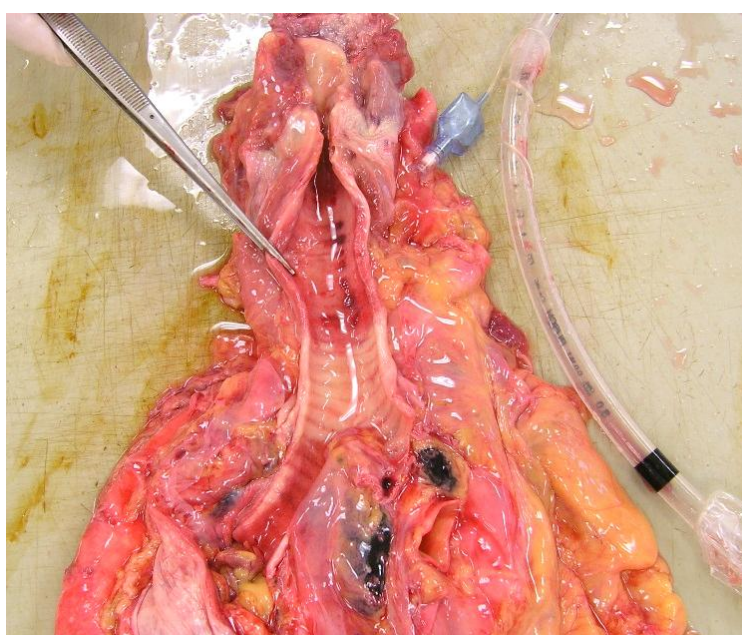
Povrchové oděrky rtů byly zaznamenány ve 3 případech; pohmožděny měkkých pojivových tkání dutiny ústní v 7 případech, poranění jazyka charakteru pohmožděnin v deseti případech (Obrázek 19). Tato poranění vznikla v souvislosti s technikami zajišťování dýchacích cest.

V souvislosti s poskytovanou KPR byly u 45,0 % osob zjištěny krevní výrony do měkkých pokrývek lebních. Tato poranění byla hodnocena jako málo závažná, vznikající nejpravděpodobněji v důsledku extenze krku (s následným zvýšením krevního tlaku v oblasti hlavy) při zajišťování průchodnosti dýchacích cest. Drobné krevní výrony v oblasti spojivek byly zjištěny v 13,7 % případů.



Obrázek 19 Pohmožděny jazyka

V rámci poranění krčních orgánů byly zaznamenány pohmožděny měkkých tkání krku, zlomeniny štítné chrupavky, jazylky a eroze sliznice průdušnice. Pohmožděny měkkých tkání byly zjištěny v 28 případech. Zlomeniny štítné chrupavky jsme identifikovali ve 3 případech. Jednalo se vždy o zlomeniny horních rohů. V 1 případě byla zjištěna i zlomenina jazylky, a to v oblasti levého velkého rohu. Zlomeniny štítné chrupavky a jazylky byly hodnoceny jako klinicky málo závažné, vznikající v důsledku technik zajišťování dýchacích cest. Ložiskové překrvácení a drobné eroze sliznice průdušnice se vyskytovaly v 17 případech – tato poranění vznikla v důsledku endotracheální intubace resuscitovaných osob (Obrázek 20).



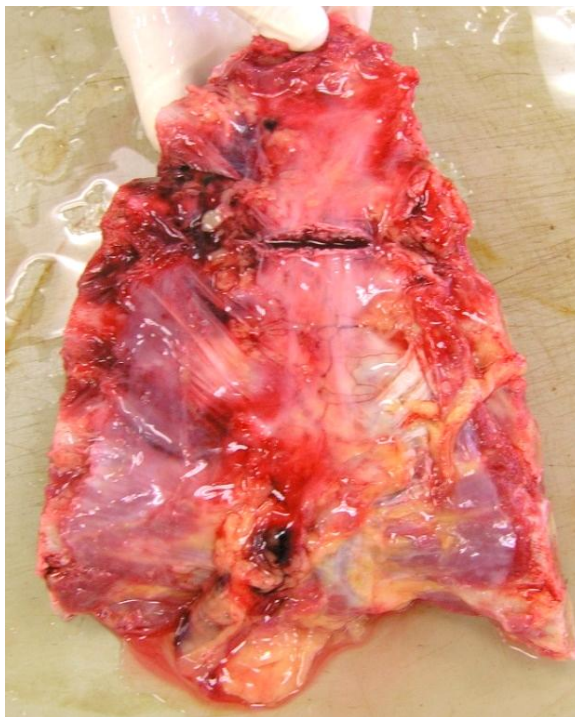
Obrázek 20 Ložiskové eroze sliznice průdušnice

9.6 Poranění hrudníku

Poranění hrudníku byla zjištěna celkem u 76 osob (95,0 %). Vzhledem k potenciálním důsledkům je důležité rozlišovat dva druhy poranění hrudníku:

- zlomeniny skeletu hrudního koše
- nitrohruční poranění

Zlomeniny skeletu hrudního koše (zlomeniny hrudní kosti a žeber) byly v našem studijním souboru zjištěny u převážné většiny osob. Zlomeniny sternu byly identifikovány u 53 osob (63,3 %); dvojitá zlomenina sternu byla pozorována u 3 osob. V 5 případech měly zlomeniny sternu vyčnívající konce směřující do dutiny hrudní; penetrující poranění srdce, velkých cév nebo plic však nebylo diagnostikováno u žádné resuscitované osoby. Nejčastěji (77,4 %) byly zlomeniny hrudní kosti lokalizované ve výši 3.–5. žeber (Obrázek 21).



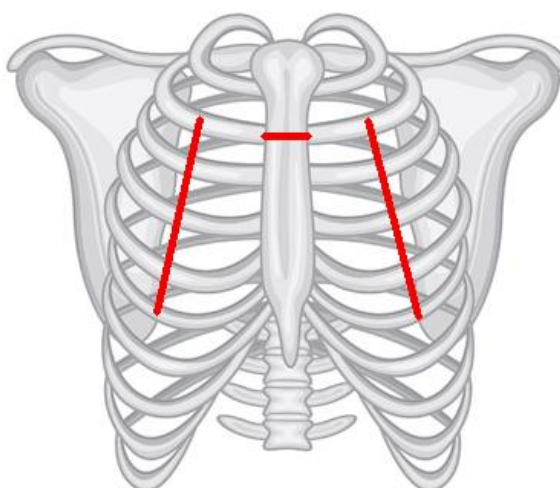
Obrázek 21 Zlomenina hrudní kosti v místě přechodu její rukojeti a těla

Zlomeniny žeber byly identifikovány u 59 osob (73 %); obvykle se jednalo o mnohočetné zlomeniny (Obrázek 22) – průměrný počet zlomenin žeber byl v našem souboru 7,6 zlomenin na osobu.



Obrázek 22 Mnohonásobné zlomeniny žeber v linea medioclavicularis sinistra

Zlomeniny žeber byly lokalizovány u převážné většiny osob na přední straně hrudníku mezi parasternální a přední axilární čarou. V 57 případech (71,2 %) měly osoby v našem studijním souboru pouze zlomeniny žeber na přední straně hrudníku, ve 2 případech byly zlomeniny na přední i laterální straně hrudníku. Zlomeniny žeber na zadní straně hrudníku nebyly identifikovány u žádné osoby. Nejčastější lokalizace zlomenin hrudního koše v našem studijním souboru je schematicky znázorněna na Obrázku 23.



Obrázek 23 Nejčastější lokalizace zlomenin žeber a sterny

Navzdory vysoké incidenci vícenásobných zlomenin žeber v našem souboru byl hemotorax zjištěn pouze ve 4 případech (5,0 %). Hemotorax byl u těchto osob způsoben krvácením z poraněných interkostálních cév při zlomeninách 3.–6. žebra v medioklavikulární čáře. U osob s hemotoraxem byly identifikovány zlomeniny žeber, jejichž kostní úlomky čnely do hrudní dutiny.

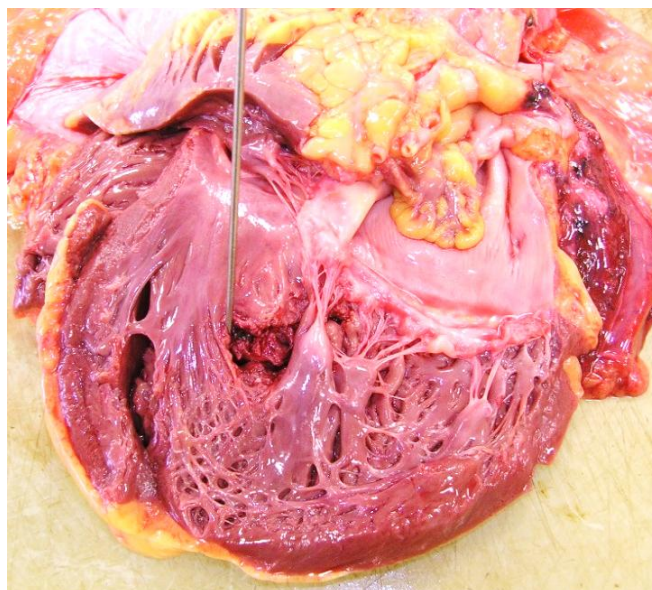
Nitrohruční poranění byla zaznamenána u 33 osob (41,2 %), z toho vícenásobné nitrohruční poranění bylo zjištěno v 18 případech (22,5 %). Spektrum nitrohručních poranění v našem studijním souboru tvořily kontuze a lacerace plicních laloků, hemotorax, transmurní kontuze myokardu, hemoperikard a ruptura aorty. Všechna tato nitrohruční poranění byla hodnocena jako závažná. Nitrohruční poranění vznikla v důsledku intenzivní vykonávané nepřímé masáže srdce.

Kontuze nejméně jednoho laloku plic byla zjištěna v 25 případech (31,2 %), přitom v 15 případech (18,7 %) byla identifikována kontuze ≥ 2 plicních laloků. Lacerace plic byla diagnostikována ve 2 případech (Obrázek 24).

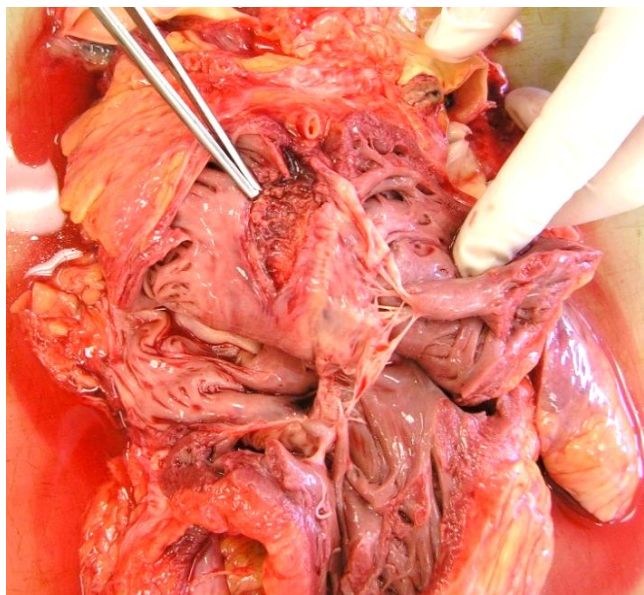


Obrázek 24 Lacerace plic – pravý horní lalok

Transmurální kontuze myokardu (Obrázek 25, 26) lokalizovanou v oblasti pravé předsíně či v oblasti interventrikulárního septa, byla zjištěna v 14 případech (17,5 %). Ve 4 případech byla v místě kontuze i ruptura srdeční svaloviny. Při makropatologickém hodnocení svaloviny pravé předsíně a oblasti interventrikulárního septa nebyly patrné žádné patologické změny akutního či chronického charakteru (známky čerstvé nekrózy, jizvy po infarktu, které by představovaly tzv. *locus minoris resistentiae*). Při makroskopickém vyšetření nebyly přítomny známky vitální reakce (ložiska prokrvácení svaloviny srdce v místě ruptury). V rámci histopatologického vyšetření myokardu nebyly v místech ruptur zjištěny ani žádné patologické změny na koronárních cévách. Na základě lokalizace kontuze myokardu zejména v oblasti pravé předsíně srdce je možné předpokládat, že mohlo dojít i k narušení funkce převodového systému srdce.

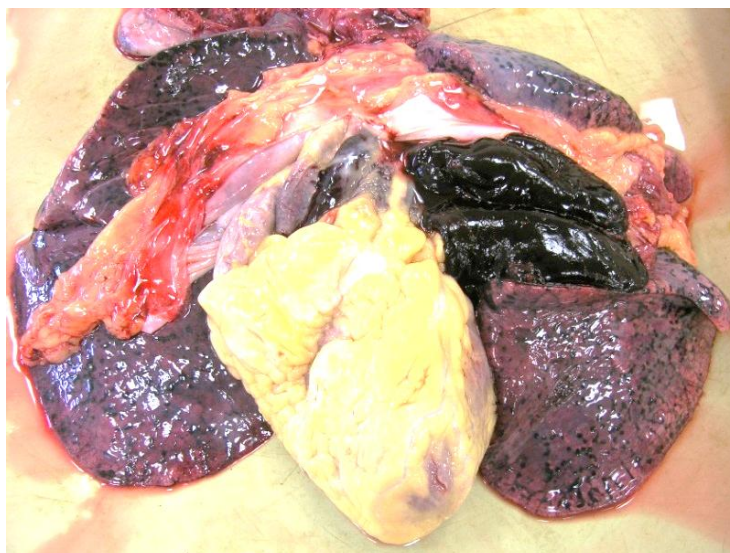


Obrázek 25 Transmurál ní ruptura myokardu v oblasti interventrikulár ního septa



Obrázek 26 Ruptura myokardu v oblasti pravé p ředsín ě srdce

Hemoperikard (objem 100–300 ml) vznikající v důsledku ruptury pravé p ředsín ě byl zjištěn v 5 případech (6,2 %), přičemž histopatologickým vyšetřením nebyly ve svalovin ě pravé p ředsín ě těchto osob prokázány žádné chorobné změny. U 2 osob byl zjištěn hemoperikard vznikající na podklad ě ruptury aorty (Obrázek 27); jiné příčiny ruptury aorty (degenerativní onemocnění tepen a vrozené poruchy pojivové tkán ě) byly u těchto osob vyloučeny, a to na základ ě histopatologického vyšetření.



Obrázek 27 Ruptura vzestupného úseku aorty s hemoperikardem

Ad hypotéza č. 4

Zlomeniny sterny a zlomeniny žeber jsou asociované s vyšším rizikem vzniku závažných poranění v průběhu KPR.

Za účelem analýzy vztahu mezi zlomeninami skeletu hrudního koše a závažnými poraněními byl studijní soubor rozdělen do dvou podskupin (osoby s/bez zaznamenaných závažných poranění). Data jsou prezentovány v Tabulce 8.

Tabulka 8 Zlomeniny hrudního koše během KPR

Parametr	Se závažným poraněním (n = 33)	Bez závažného poranění (n = 47)	p-hodnota
Zlomeniny sterny, n (%)			
ano	27 (81,8)	26 (55,3)	0,014
ne	6 (18,2)	21 (44,7)	
Zlomeniny žeber, n (%)			
ano	30 (90,9)	29 (61,7)	0,003
ne	3 (9,1)	18 (38,3)	
Počet zlomenin žeber (mean ± SD)	9,8 ± 4,4	5,9 ± 3,8	<0,001

V rámci podskupiny osob se závažnými poraněními byly zlomeniny sterny identifikovány v 81,8 % případů; u osob bez závažného poranění byly tyto zlomeniny zjištěny v 55,3 % případů. Rozdíl mezi podskupinami byl statisticky signifikantní ($p = 0,014$).

Zlomeniny žeber byly v podskupině osob se závažnými poraněními zjištěny v 90,9 % případů; u osob bez závažného poranění byly tyto zlomeniny zjištěny v 61,7 % případů. Rozdíl mezi podskupinami byl statisticky signifikantní ($p = 0,003$). Počet zlomenin žeber byl signifikantně vyšší u osob se závažnými poraněními ve srovnání s osobami bez závažného poranění ($9,8 \pm 4,4$ versus $5,9 \pm 3,8$).

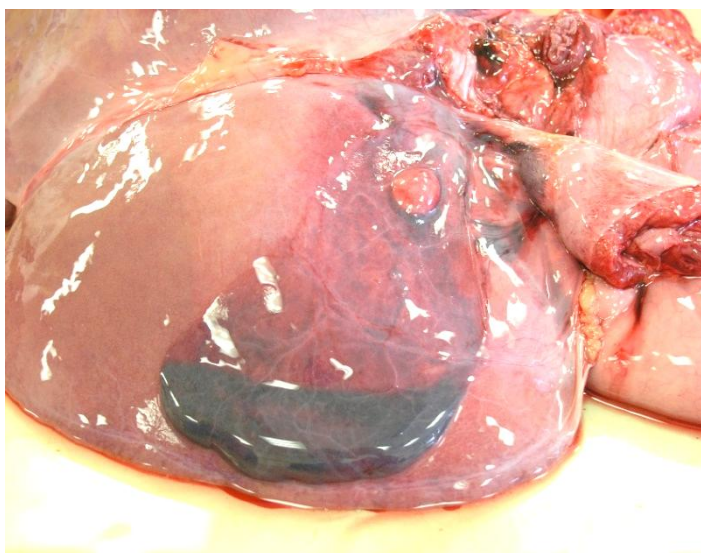
Četnost zlomenin sternu i četnost zlomenin žeber byla statisticky signifikantně vyšší u osob se závažnými poraněními než u osob bez závažných poranění.

Konstatujeme proto, že **byla potvrzena hypotéza č. 4.**

9.7 Poranění břišních orgánů

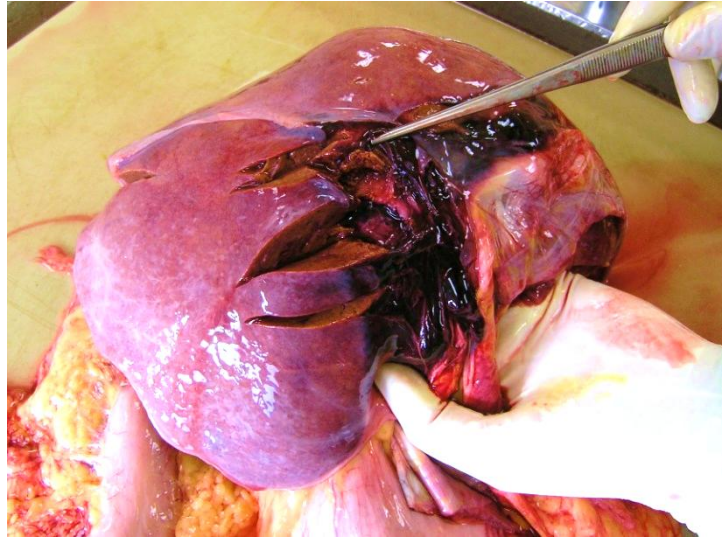
Poranění břišních orgánů byla zaznamenána celkem u 15 osob (18,7 %). Ve všech těchto případech se jednalo o poranění parenchymatózniích orgánů (poranění jater u 12 osob a poranění sleziny u 3 osob). Poranění dutých orgánů dutiny břišní nebyla v našem studijním souboru identifikována.

V rámci poranění jater se nejčastěji jednalo o poranění charakteru drobné lacerace (I.–II. stupeň poranění jater), které bylo zjištěno u 6 osob. V 1 případě byl zjištěn krevní výron v oblasti *ligamentum falciforme* a v 3 případech subkapsulární hematom jater (Obrázek 28). Všechna tato poranění byla hodnocena jako klinicky málo závažná.



Obrázek 28 Subkapsulární hematom jater

Klinicky závažné poranění jater charakteru dilacerace parenchymu (IV. stupeň poranění jater) bylo zjištěno u 2 osob (Obrázek 29).



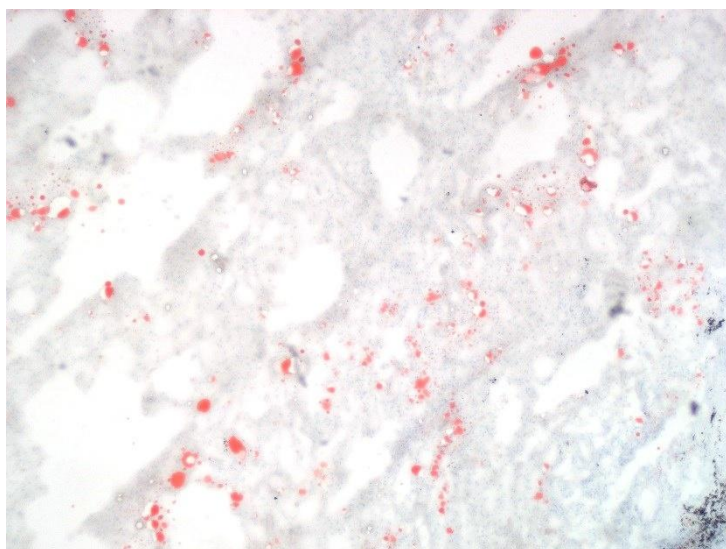
Obrázek 29 Dilacerace jater

Subkapsulární hematom sleziny (I. stupeň poranění sleziny), hodnocen jako klinicky málo závažné poranění, byl zjištěn ve 2 případech. U jedné osoby byla diagnostikována ruptura sleziny.

Dilacerace jater a ruptura sleziny byly zaznamenány u téže resuscitované osoby, která měla navíc kontuzi dvou plicních laloků a hemoperikard na podkladě ruptury pravé srdeční předsíně. Současné poranění jater, sleziny, plic a srdce svědčí o velmi velké intenzitě vykonávané nepřímé masáže srdce. V tomto případě byla KPR poskytována 36leté ženě, která náhle zkolabovala v podvečerních hodinách na zahradní párty. Mladá žena byla intenzivně oživována svým partnerem, který byl poměrně robustní postavy a pod vlivem alkoholu. Po příjezdu zdravotnické záchranné služby bylo pokračováno v kardiopulmonální resuscitaci technikami ALS. Po 40 minutách neúspěšné rozšířené KPR byla resuscitace ukončena. Ve vzorku krve resuscitované osoby nebyla metodou plynové chromatografie zjištěna přítomnost alkoholu.

9.8 Tuková embolie a embolie kostní dřeně do plic

Přítomnost/nepřítomnost tukové embolie v plicním řečišti resuscitovaných osob byla v našem souboru histopatologicky vyšetřována pomocí barvení olejovou červení (Obrázek 30). Na hodnocení rozsahu (závažnosti) tukové embolie byla použita metodika popsána Nádvorníkom et al. (1963) (viz kapitola 5).



Obrázek 30 Plicní parenchym se známkami tukové embolie (barvení olejovou červenou, 100 x), pozitivita na čtyři křížky

Tuková embolie byla v našem studijním souboru histopatologicky potvrzena u 24 osob (30,0 %); u většiny těchto osob byl rozsah embolizace hodnocen jako I. nebo II. stupeň (Tabulka 9).

Tabulka 9 Rozsah tukové embolie do plic

Rozsah tukové embolie	n (%)
I. stupeň	10 (12,5)
II. stupeň	7 (8,8)
III. stupeň	3 (3,7)
IV. stupeň	4 (5,0)

V rámci podskupiny osob s histopatologicky verifikovanou tukovou embolií byla zaznamenána vysoká četnost zlomenin hrudního koše (zlomeniny sterna ve 21 případech, zlomeniny žeber ve všech případech) i častá přítomnost závažných poranění nitrohruďných poranění (v 16 případech).

Ad hypotéza č. 5

Během KPR vzniká tuková embolie plic častěji u osob se zlomeninami skeletu hrudníku než u osob bez zlomenin skeletu hrudníku.

Data týkající se testování vztahu mezi tukovou embolií a zlomeninami skeletu hrudníku jsou prezentována v Tabulce 10. V podskupině osob s potvrzenou tukovou embolií byly zlomeniny sternu zaznamenány u 87,5 % osob, zatímco v podskupině osob bez tukové embolie byly tyto zlomeniny zjištěny u 64,3 % osob. Rozdíl mezi podskupinami byl statisticky signifikantní ($p = 0,030$).

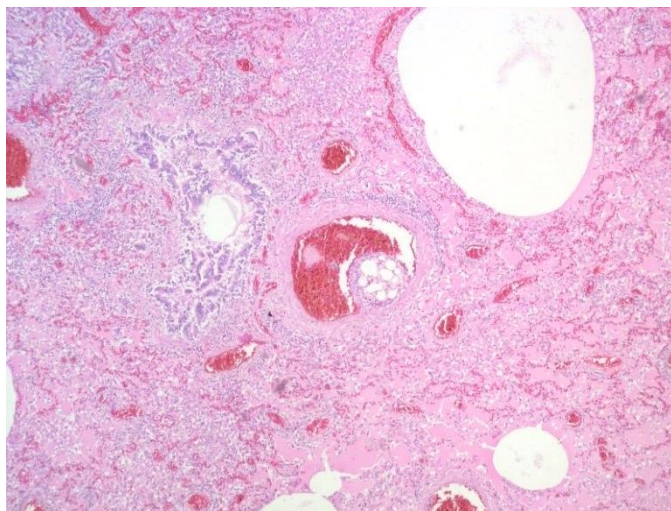
V podskupině osob s tukovou embolií byly zjištěny zlomeniny žeber u 100,0 % osob, zatímco v podskupině bez tukové embolie byly tyto zlomeniny zjištěny u 66,1 % osob. Rozdíl mezi podskupinami byl statisticky signifikantní ($p < 0,001$). U osob s tukovou embolií byl zjištěn vyšší počet zlomenin žeber ($10,6 \pm 3,8$) než u osob bez tukové embolie ($9,7 \pm 4,4$), rozdíl nebyl statisticky signifikantní ($p = 0,233$).

Tabulka 10 Tuková embolie do plic

Parametr	Tuková embolie (n = 24)	Bez tukové embolie (n = 56)	p-hodnota
Zlomeniny sternu, n (%)			
ano	21 (87,5)	36 (64,3)	0,030
ne	3 (12,5)	20 (35,7)	
Zlomeniny žeber, n (%)			
ano	24 (100,0)	37 (66,1)	<0,001
ne	0 (0,0)	19 (33,9)	
Počet zlomenin žeber (mean \pm SD)	10,6 \pm 3,8	9,6 \pm 4,4	0,233

Statistické testování dat potvrdilo, že u osob se zlomeninami skeletu hrudníku byla tuková embolie diagnostikována častěji než u osob bez těchto zlomenin. Konstatujeme proto, že **hypotéza č. 5 byla potvrzena.**

Embolie kostní dřeně do plic byla v naší studii hodnocena pomocí barvení HE (Obrázek 31). Embolizace plic kostní dřeně byla histopatologicky potvrzena u 21 osob (26,2 %) z našeho studijního souboru.



Obrázek 31 Plicní parenchym se známkami embolizace kostní dřeně (barvení HE, 100 x)

Ad hypotéza č. 6

Během KPR vzniká embolie kostní dřeně do plic častěji u osob se zlomeninami skeletu hrudníku než u osob bez zlomenin skeletu hrudníku.

Data týkající se testování vztahu mezi embolií kostní dřeně a zlomeninami skeletu hrudníku jsou prezentovány v Tabulce 11. V podskupině osob s potvrzenou embolií kostní dřeně byly zaznamenány zlomeniny sterna u 76,2 % osob, zatímco v podskupině osob bez embolie kostní dřeně byly tyto zlomeniny zjištěny u 67,8 % osob. Rozdíl mezi podskupinami nebyl signifikantní ($p = 0,471$).

V podskupině osob s embolií kostní dřeně byly zaznamenány zlomeniny žeber u 90,5 % osob, zatímco v podskupině bez embolie kostní dřeně plic byly tyto zlomeniny zjištěny u 71,2 % osob. Rozdíl nebyl statisticky signifikantní ($p = 0,133$). U osob s embolií kostní dřeně byl zjištěn vyšší počet zlomenin žeber ($10,0 \pm 4,5$) než u osob bez embolie kostní dřeně ($9,7 \pm 4,2$), rozdíl nebyl statisticky signifikantní ($p = 0,736$).

Tabulka 11 Embolie kostní dřeně do plic

Parametr	Embolie kostní dřeně (n = 21)	Bez embolie kostní dřeně (n = 59)	p-hodnota
Zlomeniny sterny, n (%)			
ano	16 (76,2)	40 (67,8)	0,471
ne	5 (23,8)	19 (32,2)	
Zlomeniny žeber, n (%)			
ano	19 (90,5)	42 (71,2)	0,133
ne	2 (9,5)	17 (28,8)	
Počet zlomenin žeber (mean ± SD)	10,0 ± 4,5	9,7 ± 4,2	0,736

Statistické testování nepotvrdilo častější výskyt embolie kostní dřeně u osob se zlomeninami skeletu hrudníku ve srovnání s osobami bez těchto zlomenin. Konstatujeme proto, že **hypotéza č. 6 nebyla potvrzena.**

10 Diskuze

Problematika poranění vznikajících v průběhu KPR je předmětem zájmu odborné veřejnosti již od doby zavedení techniky nepřímé masáže srdce do klinické praxe v roce 1960 (Baringer et al. 1961; Kouwenhoven et al. 1960). Neodkladná KPR výrazně zvyšuje šance na přežití u osob postižených náhlou zástavou oběhu – benefit provádění KPR je proto zajisté nezpochybnitelný. KPR však zároveň generuje široké spektrum poranění u resuscitovaných osob, které je třeba analyzovat s cílem optimalizovat resuscitační techniky.

Diskuse je kvůli přehlednosti členěna do podkapitol, ve kterých jsou diskutovány vybrané aspekty týkající se studované problematiky.

10.1 Design studie

Design předkládané studie byl sestaven s cílem komplexně a detailně analyzovat poranění vznikající při poskytování KPR. Do souboru byly proto zahrnuty osoby, které byly před smrtí neúspěšně resuscitovány a u kterých byla následně provedena zdravotní pitva. Aktuálnost problematiky a význam studie tohoto typu byly prezentovány v rámci úvodních kapitol předkládané dizertační práce.

Všem osobám zahrnutým do studie byla **KPR poskytována v souladu s aktuálními doporučeními *European Resuscitation Council a American Heart Association Guidelines for cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care*** (Nolan et al. 2017; Soar et al. 2015) platnými v době smrti jedince. Osoby zemřelé na území Moravskoslezského kraje ve sledovaném období tří let byly zařazeny do studie na základě přesně stanovených inkluzivních a exkluzivních kritérií.

Design předkládané studie je plně srovnatelný s většinou publikovaných pitevních studií zaměřených na hodnocení poranění vznikajících v souvislosti s poskytováním KPR (Kralj et al. 2015; Lardi et al. 2015; Rudinska et al. 2015; Miller et al. 2014; Smekal et al. 2014; Pitno et al. 2013; Truhlář et al. 2011; Buschmann et al. 2009; Hashimoto et al. 2007). V naší studii jsme využili stejné definice základních pojmů a aplikovali standardizované techniky pitevního i histopatologického vyšetření.

Mezi silné stránky předkládané studie patří: prospektivní a unicentrický charakter studie, vysoká homogenost studijního souboru, jakož i standardizovaná pitevní technika

zaměřená na identifikaci poranění asociovaných s KPR. Limitacemi studie jsou velikost souboru a skutečnost, že v rámci studie byly analyzovány pouze zemřelé osoby (osoby po neúspěšné vykonávané KPR). Je totiž pravděpodobné, že resuscitační úsilí bylo u zemřelých osob intenzivnější a protražovanější ve srovnání s osobami, které byly resuscitovány úspěšně (u nichž došlo k úspěšnému obnovení spontánní cirkulace).

10.2 Incidence a spektrum poranění asociovaných s KPR

Incidence poranění vznikajících v průběhu KPR umožňuje odhadnout riziko vzniku těchto poranění; spektrum naznačuje, jaké typy poranění můžeme u resuscitovaných osob očekávat. Tyto skutečnosti musí brát v úvahu nejen obducent (patolog, či soudní lékař) při své práci (nutnost odlišení resuscitačních poranění od poranění, která vznikla různými mechanismy při násilném úmrtí), ale i klinický lékař starající se o pacienta po úspěšné KPR (nutnost zohlednit negativní klinické důsledky možných poranění v léčebném managementu).

Incidence poranění v našem souboru byla vysoká – celkově jsme zaznamenali poranění u 93,7 % osob, přitom téměř všechny tyto osoby měly vícenásobná poranění. Pouze u 6,3 % osob z našeho souboru nebyla zjištěna žádná s resuscitací související poranění.

Data týkající se incidence poranění asociovaných s KPR jsou v dostupné literatuře uváděné v poměrně širokém rozmezí – od 32 % po 100 % (Kralj et al. 2015; Lardi et al. 2015; Olds et al. 2015; Miller et al. 2014; Rudinská et al. 2014; Smekal et al. 2014; Buschmann et al. 2012; Truhlář et al. 2011; Buschmann et al. 2009; Hashimoto et al. 2007). Četnost poranění v jednotlivých pracích závisí především na designu studie (prospektivní versus retrospektivní, pitevní versus klinická studie, inkluzivní a exkluzivní kritéria), způsobu identifikace poranění, jakož i na resuscitačních technikách, které byly v rámci KPR aplikovány (BLS versus ALS, ventilace pomocí ambuvaku versus endotracheální intubace, manuální versus přístrojová nepřímá masáž srdce atd.).

Vysoká incidence poranění v našem studijním souboru bezpochyby zdůrazňuje, že při poskytování KPR dochází k působení značného mechanického násilí na tělo resuscitované osoby. Kterákoliv z technik prováděných v rámci KPR může vést ke vzniku poranění. Největší násilí je však záchranáři vyvíjeno při nepřímé masáži srdce, proto jsou v praxi i literatuře nejčastěji pozorována poranění hrudníku – exkoriace, ložiskové

popáleniny a hematomy kožního krytu hrudníku, zlomeniny skeletu hrudního koše i poranění nitrohručních orgánů.

Důležitým faktorem podílejícím se na vysokém počtu poranění zjištěných v našem souboru byla i skutečnost, že pitva všech osob byla realizována s cílem detailně analyzovat všechna tato poranění (lékař provádějící pitvu byl zaměřen na identifikaci poranění vznikajících v průběhu KPR). Při zdravotní pitvě v běžné praxi obvykle nejsou všechna poranění tak podrobně analyzována a zaznamenávána. Pokud by byla naše studie realizovaná retrospektivně (na základě vyhledávaných údajů z dokumentace provedených zdravotních pitev), zajisté by bylo množství zjištěných poranění významně nižší.

V našem souboru jsme zaznamenali velmi široké spektrum poranění – od nezávažných poranění kožního krytu, přes forezně důležité nálezy v oblasti hlavy a krku až k závažným poraněním hrudníku, nitrohručních a nitrobřišních orgánů. Více druhů poranění bylo přitom velmi častých – u více než jedné třetiny resuscitovaných osob jsme zjistili poranění kožního krytu (injekční vpichy i kožní oděrky), krevní výrony do měkkých lebních pokrývek, pohmožděnin měkkých pojivových tkání krku, zlomeniny žeber, zlomeniny sterny a nitrohruční poranění. Široké spektrum námi zaznamenaných poranění je plně srovnatelné s dostupnými publikovanými údaji. Nediagnostikovali jsme žádný typ poranění, který by dosud nebyl v dostupné literatuře popsán (Olds et al. 2015; Rudinska et al. 2014; Buschmann et al. 2009; Hashimoto et al. 2007).

10.3 Závažnost poranění asociovaných s KPR

Závažnost poranění představuje pravděpodobně nejdůležitější aspekt problematiky poranění asociovaných s KPR. Zatímco mnohá poranění jsou klinicky bezvýznamná, určitá poranění mohou způsobit závažné poškození resuscitované osoby, resp. mohou být neslučitelná se životem (ruptura aorty, srdeční tamponáda apod.). Závažná poranění vznikající v průběhu KPR tak mohou resuscitovanou osobu nejen poškodit, ale i zcela zmařit efekt poskytované KPR.

Poranění je vhodné z hlediska klinické závažnosti dělit do dvou kategorií: málo závažná (nevyžadující léčebnou intervenci ošetřujícího klinika) a závažná poranění (vyžadující pozornost a adekvátní léčbu).

Mezi **klinicky málo závažná poranění**, která byla identifikována v našem souboru, patří pohmožděnin pojivových tkání krku, poranění kožního krytu, eroze dutiny ústní

a horních cest dýchacích, zlomeniny jazyky, štítné chrupavky a některá málo závažná poranění orgánů dutiny břišní. V souladu s naší studií i odborná literatura tyto druhy poranění hodnotí jako klinicky málo závažná (Olds et al. 2015; Buschmann et al. 2009; Hashimoto et al. 2008; Saukko et al. 2004).

Přes svou relativní klinickou nezávažnost mohou mít tato poranění velký význam z forenzního hlediska. Jedná se zejména o petechie v oblasti obličeje a krku, které představují nespecifickou, avšak v kontextu dalších nálezů významnou známku sufokace. Zlomeniny jazyky a štítné chrupavky představují poranění krčního skeletu, která spolu s dalšími poraněními (poranění kožního krytu v oblasti krku charakteru krevních podlitin a oděrek kůže) nacházíme v soudnělékařské praxi u násilných úmrtí charakteru strangulací (např. oběšení, uškrcení či zardoušení). Poranění sliznice ústní dutiny (trhliny, krevní výrony, zlomeniny korunek zubů) v rámci soudnělékařské praxe poukazují na možnost hostilního jednání ze strany druhé osoby (např. překrývání dýchacích otvorů, údery rukou, kopy, údery tupým předmětem apod.).

Zlomeniny skeletu hrudníku představují z hlediska klinické závažnosti specifickou podskupinu poranění – tato problematika je blíže diskutována v rámci kapitoly 9.6.

Klinicky závažná poranění jsme v našem souboru zaznamenali u 41,2 % resuscitovaných osob, u mnohých osob jsme navíc zjistili vícenásobná závažná poranění. Ve většině případů šlo o poranění nitrohručních orgánů (kontuze a lacerace plic, hemotorax, kontuze srdce, hemoperikard); pouze ojediněle jsme zaznamenali závažná intraabdominální poranění (lacerace jater, ruptura sleziny). Incidence závažných resuscitačních poranění nitrohručních orgánů je v dostupné literatuře obvykle udávána v rozmezí 0–7 % resuscitovaných osob (Lardi et al. 2015; Kralj et al. 2015; Miller et al. 2014; Smekal et al. 2014; Tattoli et al. 2014; Hashimoto et al. 2007; Saukko et al. 2004).

Četnost závažných poranění v našem souboru významně převyšuje incidenci těchto poranění ve většině dosud publikovaných studií. Rozdíl je pravděpodobně způsoben řadou faktorů, z nichž největší důležitost připisujeme skutečnosti, že náš soubor se skládal výhradně ze zemřelých osob. V rámci poskytování KPR osobám, u nichž se nedaří obnovit spontánní cirkulaci, mají totiž ve snaze o záchranu života zachránci tendenci provádět KPR agresivněji. Resuscitace těchto osob navíc často trvá déle ve srovnání s osobami, u kterých při KPR došlo k úspěšnému obnovení spontánní cirkulace. Dalším faktorem je pravděpodobně design studie – identifikace a vyhodnocení KPR asociovaných poranění

představovalo primární cíl studie, zainteresovaný soudní lékař proto věnoval velkou pozornost vyhledávání těchto poranění asociovaných s KPR.

Vysoká incidence závažných poranění v našem souboru byla ovlivněna i faktem, že u většiny osob byla KPR poskytována nejen profesionálními záchranáři, ale i amatéry. Je pravděpodobné, že amatéři poskytující KPR (ve srovnání s profesionálními záchranáři) provádějí nepřímou masáž srdce s větší intenzitou a horší technikou, nácvik správné techniky a adekvátní intenzity masáže srdce pomocí feedback devices je základní součástí školení, resp. profesionálních kurzů KPR. Tuto skutečnost potvrzuje i kazuistika z našeho studijního souboru popsána v kapitole 9.7. Na vyšší četnost poranění vznikajících v průběhu KPR poskytované amatérskými záchranáři upozorňují autoři několika studií – Kralj et al. 2015; Olds et al. 2015; Kim et al. 2013.

Mezi závažná poranění, která jsme nejčastěji identifikovali v našem souboru, patřila kontuze nebo lacerace plic (33,7 % osob), kontuze srdce (17,5 % osob) a hemoperikard (8,7 % osob). Miller et al. (2014) publikoval výsledky "*pooled data*" analýzy, která obsahovala údaje z 27 pitevních nebo klinických studií zaměřených na poranění asociované s KPR. V rámci "*pooled data*" analýzy byla uvedena poranění plic u 7,2 % resuscitovaných osob – pneumotorax (2,5 %), pneumomediastinum (1,4 %), hemotorax (2,1 %), kontuze nebo lacerace plic (1,2 %). Poranění srdce a velkých cév byla zaznamenána u 20,8 % osob – hemoperikard (7,5 %), poranění perikardu (8,9 %) a kontuze srdce (4,4 %). Zlomeniny žeber byly přitom uvedené pouze u 31,2 % osob, zlomeniny hrudní kosti u 15,1 % osob. Miller et al. tedy udává v porovnání s našimi výsledky především významně nižší výskyt poranění plic a zlomenin skeletu hrudníku. Domníváme se, že tyto rozdíly jsou způsobeny především faktem, že do "*pooled data*" analýzy byla začleněna i data mnoha klinických studií. Při vyhodnocování resuscitačních poranění u osob po úspěšné KPR totiž zůstávají mnohé kontuze plicního parenchymu či zlomeniny hrudního koše nepovšimnuty, resp. nediagnostikované (Kim et al. 2013; Kim et al. 2011).

Ze skupiny klinicky závažných poranění jsme podrobněji analyzovali podkategorii **život ohrožujících poranění (potenciálně letálních poranění)**. Tato poranění představují závažný klinický problém za předpokladu, že by u těchto osob došlo k obnovení spontánní cirkulace. V dostupné literatuře nacházíme mnohé práce popisující pitevní nálezy život ohrožujících, resp. potenciálně letálních poranění vznikajících při KPR – opakovaně byla pozorována především závažná poranění vznikající mohutným tupým násilím na oblast

hrudníku se vznikem penetrujících poranění srdce a velkých cév (Tattoli et al. 2014; Sokolove et al. 2002; Machii et al. 2000; Klintschar et al. 1998; Noffsinger et al. 1991).

V našem souboru jsme život ohrožující poranění zjistili u 13,7 % osob – nálezy hemoperikardu (na podkladě ruptury srdce nebo aorty) a kontuze srdce v oblasti interventrikulárního septa (ohrožující život prostřednictvím potenciálního selhání převodového systému srdce, resp. vznikem maligní arytmie). U většiny osob s život ohrožujícím poraněním byla při pitvě identifikována odlišná jistá příčina smrti. Konstatujeme proto, že pouze ve čtyřech případech (5 %) mohla být poranění vznikající v průběhu KPR skutečně letální. Na základě výsledků autopsie a histologických vyšetření nebylo u těchto osob možné určit, zda bylo příčinou smrti závažné poranění vznikající při KPR, nebo byla příčinou smrti ischemická choroba srdeční s nasedající maligní arytmií. Mnozí autoři uvádějí, že na základě autopsie a histopatologického vyšetření je v některých případech nemožné rozlišit, zda byla smrt způsobena poraněním vznikajícím při KPR nebo onemocněním srdce přirozené povahy (Olds et al. 2015; Smekal et al. 2014).

Na rozdíl od našich výsledků Lardi a kol. nezaznamenal na skupině 58 pacientů žádné život ohrožující poranění asociované s KPR (Lardi et al. 2015). Podobně ve studii zahrnující 222 osob Smekal a kol. nezjistil žádné KPR asociované poranění, které by mohlo být považováno za příčinu smrti (Smekal et al. 2014).

Život ohrožující poranění (aneurysma, pseudoaneurysma, disekce, lacerace nebo ruptura) nitrohrudních cév (koronární arterie, koronární bypass, aorta, vena cava superior) vznikající v průběhu KPR však byla popisována v mnoha dosud publikovaných pracích (Kottachchi et al. 2009; Englund et al. 2006; Nishida et al. 2006; Klintschar et al. 1998; Rabl et al. 1996; Dorsa et al. 1992; Krischer et al. 1987). Je nutné zdůraznit, že **život ohrožující poranění mohou vznikat i v průběhu technicky správné KPR prováděné v souladu s platnými *guidelines***. Vznik takových poranění proto nemusí znamenat odchýlení se od *guidelines*, ani být znakem profesního pochybení, či zanedbání zdravotní péče.

Hemoperikard pozorovaný u resuscitovaných osob (v důsledku ruptury srdce nebo ruptury aorty) představuje poměrně často referovaný typ potenciálně letálního resuscitačního poranění. Předpokládá se, že v průběhu KPR je ruptura srdce způsobena zvýšeným tlakem vznikajícím při silné kompresi nestlačitelné tekutiny (krve). Predilekčně proto ruptury vznikají v těch částech srdce, které mají tenčí stěnu – pravá komora

a předsíně (Olds et al 2015; Hashimoto et al. 2007; Baldwin et al. 1976; Adelson 1957). Umístění pravé předsíně a komory bezprostředně pod hrudní kostí (místem, kde je koncentrované maximum síly působící na hrudník resuscitované osoby) představuje pravděpodobně další důležitý patofyziologický faktor. V průběhu KPR obvykle dochází k ruptuře levé komory pouze v oslabených částech její stěny (v důsledku akutního infarktu myokardu). Za příčinu smrti u resuscitovaných osob s hemoperikardem na podkladě ruptury levé komory v místě oslabeném ischemií, by proto měla být považována ischemická choroba srdce (Olds et al. 2015; Hashimoto et al. 2007; Takada et al. 2003; Noffsinger et al. 1991).

V odborné literatuře se v souvislosti s KPR často uvádí poranění břišních orgánů – jsou popisována především poranění parenchymatózních orgánů horní poloviny břišní dutiny (jater a sleziny). Nejčastěji bývá poraněný levý lalok jater, méně často pravý lalok, slezina a žaludek (Travers et al. 2010; Buschmann et al. 2009; Meron et al. 2007). Častější výskyt poranění orgánů dutiny břišní je popisován především v souvislosti s poskytováním nepřímé masáže srdce pomocí mechanických resuscitačních přístrojů (Pinto et al. 2013; Truhlář et al. 2010; DeRooij et al. 2009; Hutchings et al. 2009; Austlid et al. 2006).

V našem souboru jsme pozorovali poranění jater a sleziny u 18,7 % osob; většina těchto poranění byla klinicky málo závažná. Závažná poranění sleziny nebo jater byla identifikována u 3,7 % osob, poranění dutých orgánů dutiny břišní v našem souboru nebylo pozorováno. Krischer identifikoval úrazové změny na játrech charakteru ruptur nebo subkapsulárního hematomu v 2,1 % případů; poranění žaludku pouze v 1 % případů (Krischer et al. 1987). Poranění (ruptura) stěny žaludku se vznikem hemoperitonea a pneumoperitonea bývá obvykle důsledkem nadměrné insuflace žaludku vzduchem při nesprávné intubaci (Schvadron et al. 1996). Vzhledem ke skutečnosti, že KPR asociovaná poranění břišních orgánů mohou mít velmi závažné následky, doporučuje Vitello aktivně pátrat po možném poranění sleziny u všech pacientů, kteří přežijí (Vitello et al. 1991).

10.4 Rizikové faktory pro vznik závažných poranění v průběhu KPR

Naše výsledky ukazují, že ke vzniku závažných poranění dochází v průběhu KPR poměrně často. V rámci snižování četnosti závažných poranění při současném zachování kvality poskytované KPR je důležité identifikovat ty faktory, které zvyšují riziko jejich vzniku. Při analýze potenciálních rizikových faktorů jsme vycházeli z předpokladu, že vznik závažných poranění závisí nejen na druhu využitých resuscitačních technik a

způsobech jejich provádění, ale i na demografických faktorech a faktorech prostředí, ve kterém KPR probíhá.

Vyšší riziko vzniku závažných poranění jsme předpokládali u resuscitovaných osob vyššího věku, ženského pohlaví a nižšího BMI, protože tyto faktory jsou asociovány s častějším vznikem zlomenin skeletu hrudníku. V rámci faktorů týkajících se poskytování KPR jsme testovali protražovaný průběh resuscitace, KPR prováděnou v terénu a během zimních měsíců. Analýza výše uvedených faktorů (věk, pohlaví, BMI, délka a typ resuscitace, defibrilace, místo nálezu a roční období) nepotvrdila statisticky signifikantní asociaci mezi závažnými poraněními a žádným z těchto faktorů.

Porovnání našich výsledků týkajících se rizikových faktorů pro vznik závažných poranění v průběhu KPR s publikovanými údaji je problematické. Autoři žádné z dostupných studií nezkoumali rizikové faktory pro vznik závažných poranění při poskytování KPR. V literatuře nacházíme pouze několik studií, které zkoumají asociaci mezi různými faktory a vznikem zlomenin skeletu hrudníku během KPR. Nejčastěji uváděné rizikové faktory pro vznik zlomenin žeber a sterna jsou ženské pohlaví, vyšší věk, mechanická nepřímá masáž srdce a protražovaná KPR (Smekal et al. 2014; Kralj et al. 2015; Lardi et al. 2015).

Průzkum literatury v databázích Scopus a Medline odhalil, že v současnosti je dostupná pouze jedna studie zaměřená na analýzu závažných nitrohručních poranění během KPR a rizikových faktorů jejich vzniku. Tato práce byla publikována doktorandkou v minulém roce a vychází z dat stejného studijního souboru, který je prezentován v rámci této dizertační práce (Ihnát Rudinská et al. 2015).

10.5 Zlomeniny skeletu hrudníku

Navzdory širokému spektru poranění identifikovaných v našem souboru činily zlomeniny skeletu hrudníku v našem souboru nejčastější poranění – zlomeniny sterna utrpělo 63,3 % osob, zlomeniny žeber 73,7 % osob; průměrně bylo v našem souboru zjištěných 7,6 zlomenin žeber na osobu.

Vysoká incidence zlomenin skeletu hrudníku v našem souboru je plně srovnatelná s výstupy jiných pitevnických studií. Velmi podobné výsledky recentně publikoval Kralj et al. ve své práci zaměřené na KPR asociované zlomeniny skeletu hrudníku. Studijní soubor obsahoval 2148 osob, přičemž zlomeniny sterna se vyskytovaly

u 59 % mužů a 79 % žen; zlomeniny žeber u 77 % mužů a 85 % žen. Průměrný počet zlomených žeber na jednu osobu byl v této práci 10,95 (Kralj et al. 2015). Hoke a Chamberlain ve své práci konstatují, že KPR vede ke zlomeninám žeber u nejméně jedné třetiny a ke zlomeninám sternu u nejméně pětiny resuscitovaných osob (Hoke et al. 2004).

Na druhé straně poměrně nízkou incidenci zlomenin žeber a sternu uvádí Miller et al. (2014) v "*pooled data*" analýze poresuscitačních poranění (zlomeniny žeber u 31,2 % osob, zlomeniny hrudní kosti u 15,1 % osob). Nízká četnost zlomenin referována v této práci je pravděpodobně způsobena především faktem, že do analýzy byly zahrnuty nejen pitevní, ale i klinické studie. Autoři upozorňují, že detekce zlomenin skeletu hrudníku vznikajících při KPR představuje problematickou oblast – většina zlomenin žeber zjištěna během pitvy pacientů po KPR nebyla na předozadních rtg snímcích hrudníku detekovatelná. Pro zlomeniny sternu platí obdobný princip – 33 % zlomenin sternu nebylo detekovatelných na předozadním rtg snímku hrudníku. Skutečná incidence zlomenin skeletu hrudníku je u pacientů po úspěšné KPR proto pravděpodobně signifikantně vyšší ve srovnání s údaji publikovanými autory klinických studií (Lederer et al. 2004).

Častější výskyt zlomenin skeletu hrudníku po KPR byl pozorován u osob vyššího věku a ženského pohlaví. U starších osob jsou častější zlomeniny podmíněny především fragilnějším skeletem (Smekal et al. 2014; Kim et al. 2013). Vyšší incidence zlomenin u žen je pravděpodobně podmíněna tím, že ženy mají menší a gracilnější hrudník, jehož kosti jsou fragilnější i v důsledku těžší osteoporózy v postmenopauzálním období (Kim et al. 2013; Hashimoto et al. 2007; Baubin et al. 1999; Rabl et al. 1997).

V souladu s dostupnou literaturou byly v našem souboru zaznamenány zejména zlomeniny 3. až 6. žebra. Pinto et al. (2013) uvádí, že při KPR jsou zlomeninami nejčastěji postiženy 3. až 5. žebro, což odpovídá standardnímu umístění dlaní v průběhu nepřímé manuální masáže srdce. Zlomeniny žeber byly v našem souboru lokalizované především na přední straně hrudníku mezi parasternální čarou a přední axilární čarou, zřídka na laterální straně hrudníku. Obdobná lokalizace poresuscitačních zlomenin žeber je uváděna i autory většiny dostupných studií (Olds et al. 2015; Pinto et al. 2013; Hashimoto et al. 2008).

Daegling et al. (2008) ve své práci zaměřené na strukturální analýzu zlomenin žeber uvádí zjištění, že ohyb žebra na přední straně hrudníku (*anterior rib shaft*) je z mechanického hlediska nejslabším místem žebra (*locus minoris resistenciae*).

Při manuální nepřímé masáži srdce dochází k působení síly na konec žebra a nejvyšší riziko vzniku zlomeniny je právě v oblasti ohybu žebra na přední straně hrudníku.

Mechanické resuscitační přístroje byly do praxe zavedeny s cílem zvýšit kvalitu kompresí hrudníku – platí to především pro hloubku kompresí a jejich frekvenci (při masáži pomocí resuscitačních přístrojů zůstávají frekvence a hloubka kompresí konstantní). I přes rostoucí popularitu resuscitačních přístrojů dosud nebylo jejich používání obecně akceptované jako metoda, která by měla rutinně v přednemocniční neodkladné péči nahradit manuální nepřímou masáž srdce (Truhlář et al. 2010). Jedním z hlavních důvodů je vyšší riziko vzniku resuscitačních poranění při masáži srdce pomocí mechanických přístrojů.

Mnozí autoři ve svých pracích referovali o vyšší incidenci poranění při využívání mechanických resuscitačních přístrojů – především zlomenin skeletu hrudního koše a poranění břišních parenchymatózních orgánů (Truhlář et al. 2010; DeRooij et al. 2009; Hutchings et al. 2009; Rubertsson et al. 2007; Austlid et al. 2006; Kongstad et al. 2005). Na souboru 222 osob (83 po manuální KPR a 139 po mechanické masáži) prokázal Smekal et al. (2014) signifikantně častější výskyt zlomenin žeber u osob po přístrojové masáži srdce; rozdíl v incidenci zlomenin sternu nebyl statisticky významný. Je překvapivé, že žádné život ohrožující poranění (potenciálně letální) nebylo v tomto souboru pozorováno.

Pinto et al. (2013) na základě analýzy zlomenin hrudního koše u 175 neúspěšně resuscitovaných osob uvádí, že mechanické resuscitační přístroje jsou asociovány především s dorsálními zlomeninami žeber, zlomeninami hrudní páteře a vzácnými poraněními břišních orgánů (lacerace jater, sleziny a hemoperitoneum). Manuální masáž srdce je na druhé straně asociována především se zlomeninami žeber na anterolaterální straně hrudníku a zlomeninami sternu.

Testování našich dat prokázalo **statisticky signifikantní závislost mezi zlomeninami skeletu hrudního koše a závažnými poraněními vznikajícími v průběhu KPR**. Zlomeniny žeber a hrudní kosti proto představují významné rizikové faktory pro vznik závažných nitrohruďných poranění. Je překvapující, že ve většině případů nešlo o ostré, resp. penetrující poranění nitrohruďných orgánů zlomenými žebry, ale o poranění vznikající působením tupého násilí. Výrazná dominance tupých poranění nitrohruďných orgánů poukazuje na vysokou intenzitu nepřímé masáže v rámci KPR u osob v našem studijním souboru.

Závažnost zlomenin skeletu hrudního koše představuje z klinického hlediska poměrně komplikovanou oblast. Klinický význam těchto zlomenin je principiálně dvojitý: penetrující poranění nitrohruďných orgánů a zhoršení mechaniky dýchání v poresuscitačním období. Zlomeniny žeber a sterny jsou zdrojem bolesti a příčinou reflexního omezování hloubky dýchacích pohybů hrudníku. U pacientů proto pozorujeme povrchní dýchání se zvýšenou frekvencí, které je základním patofyziologickým předpokladem vzniku následné bronchopneumonie. Se zvyšujícím se počtem zlomenin skeletu hrudníku dochází k významnému zvyšování rizika a závažnosti jejich výše uvedených negativních klinických následků. Při tzv. sériových zlomeninách žeber (zlomenina dvou nebo více žeber s nestabilním centrálním úlomkem) je pacient ohrožen vznikem respiračního selhání – tzv. syndrom nestabilního hrudníku. Poraněný segment nesleduje inspirační rozvinutí hrudníku a je proto příčinou závažných změn v mechanice dýchání (Kralj et al. 2015; Pokorný et al. 2002).

10.6 Tuková plicní embolie a embolie kostní dřevě

Mechanický úraz (trauma) představuje nejčastější příčinu tukové embolie do plic. Trauma přitom může mít různou formu – zlomeniny skeletu, operační zákrok (především intramedulární osteosyntéza) a tupé pohmoždění podkožního tuku. Mezi minoritní příčiny tukové embolie patří nekróza slinivky břišní, parenterální nutrice, těžká otrava indukující selhání jater, popáleninové trauma apod (Voisard et al. 2013; Erikson et al. 2011). Zlomeniny skeletu hrudníku vznikající v průběhu poskytování KPR jsou pravděpodobně nejčastější příčinou nálezu tukové plicní embolie při pitvě (Cuculic et al. 2010).

Foster et al. (2002) prokázal mikroskopické známky tukové embolie do plic u 90 % osob, které utrpěly nějakou formu výše uvedeného mechanického úrazu. Obdobné výsledky publikovali ve svých pracích i Eriksson et al. (2011) a Šteiner et al. (1990); mikroskopicky zjistili tukovou plicní embolii u 80 % osob, které před smrtí utrpěly mechanický úraz nebo byly resuscitovány. Tyto výsledky vedly k závěrům, že úraz může indukovat tukovou plicní embolii a že k uvolnění tuku dochází velmi rychle – tzv. vitální reakce na úraz. Histopatologické nálezy tukové plicní embolie jsou proto znakem předsmrtného traumatického poškození dané osoby; nepřítomnost tukové plicní embolie však předsmrtný úraz nevylučuje (Voisard et al. 2013).

Velmi přínosná práce zaměřená na výskyt tukové plicní embolie u traumatických úmrtí byla publikována Nádvořníkem et al. (1963). Autoři analyzují nálezy tukové embolie

u 400 případů traumatických úmrtí, které porovnávají s 50 případy netraumatických úmrtí. Tuková embolie byla verifikována v 269 (74 %) případech traumatických úmrtí a u žádného z netraumatických úmrtí. Tuková embolie do velkého krevního oběhu byla identifikována v 51 (12,75 %) případech. Znamky rozsáhlejší tukové plicní embolie (III. a IV. stupeň) byly zjištěny u úrazů spojených se zlomeninami pánve, rozsáhlými zlomeninami končetin a s poraněním hrudního skeletu. Tuková embolie byla dokonce stanovena za vlastní příčinu smrti v 13 případech (4,5 %). U žádného z případů okamžité smrti po úrazu nebyla tuková embolie diagnostikována. Nejčastěji byla embolizace verifikována u úmrtí 1–6 hodin po úrazu; od čtvrtého dne už byl patrný významný pokles pozitivních případů. Vznik tukové embolie neměl souvislost s pohlavím nebo věkem postižených osob. Autoři upozorňují na častý nálezní bronchopneumonie ve studijním souboru. Tuková embolie byla verifikována u 78,6 % osob s traumatickým úmrtím komplikovaným bronchopneumonií a u 74 % osob s traumatickým úmrtím bez bronchopneumonie. Zvýšený výskyt tukové embolie u osob s bronchopneumonií nebyl potvrzen. Rozvoj poúrazové bronchopneumonie a poúrazové tukové embolie totiž není paralelní v čase, který uplyne od úrazu – tuková embolie se rozvíjí podstatně dříve.

Z patofyziologického hlediska působí v plicích tukové emboly pravděpodobně dvojitým mechanismem: mechanicky a biochemicky. Mechanický účinek se projevuje tím, že dochází k ucpávání kapilár (mikrocirkulace), což vede ke zvyšování krevního tlaku v plicním oběhu a zatížení pravého srdce. Chemický účinek spočívá v hydrolyze neutrálního tuku na glycerol a mastné kyseliny, které působí toxicky na endotel kapilár se vznikem ložiskových krvácení v plicích (Šteiner et al. 1990).

Posttraumatická tuková plicní embolie se v mnoha případech klinicky vůbec neprojeví; pouze velmi malá část případů je fatální. V praxi jsou proto mnohé případy posttraumatické tukové embolie přehlédnuty. U mnoha pacientů (především pacientů s vícenásobnými zlomeninami skeletu) se však tuková embolie může významnou měrou podílet na vzniku posttraumatického respiračního selhání na podkladě ARDS (*Acute Respiratory Distress Syndrome*) nebo způsobit hypoxii mozku v důsledku mikroembolizace přechodem tukových částic přes otevřené *foramen ovale* nebo přestupem přes plicní kapiláry. Tuková embolie proto může být vlastní příčinou smrti nebo se významnou měrou na nástupu smrti podílet (Voisard et al. 2013; Cuculic et al. 2010).

Tukovou plicní embolií jsme v našem souboru histopatologicky potvrdili u 30 % resuscitovaných osob. U těchto osob jsme zaznamenali signifikantně častěji zlomeniny

skeletu hrudníku. Podobné výsledky publikoval Šteiner et al. (1990) ve své práci zaměřené na hodnocení nepřímé masáže srdce jako příčiny tukové embolie. Autor prokázal tukovou plicní embolii u 42 % osob, kterým byla před smrtí poskytována KPR. U osob, které měly zlomeniny skeletu hrudníku v důsledku KPR, byla tuková embolie potvrzena v 67 % případů. Šteiner uvádí, že k uvolnění tuku z kostní dřeně do krevního oběhu není přítomnost zlomenin skeletu nutná, stačí i samotný rytmický mechanický tlak vyvíjený na hrudník v průběhu nepřímé srdeční masáže.

Problematikou tukové plicní embolie se recentně zabýval i autorský kolektiv z Islandu (Voisard et al. 2013), který detailně analyzoval soubor 256 neúspěšně resuscitovaných osob. Autoři potvrdili statisticky signifikantní korelaci mezi přítomností tukové plicní embolie a předsmrtným působením násilí (mechanický úraz nebo KPR). Věk nad 70 let byl asociovaný se signifikantně častější tukovou embolií po KPR; intraoseální infuze zvyšovaly riziko vzniku embolie. Pohlaví ani hnilobné procesy neměly vliv na výskyt tukové embolie. Autoři konstatují, že poskytování KPR neindukuje tukovou plicní embolii ve všech případech. U mladších resuscitovaných osob může docházet ke vzniku tukové plicní embolie bez zlomenin skeletu hrudního koše (žebra a skelet jsou elastičtější a pevnější ve srovnání se staršími osobami).

11 Závěr

Smrt znamená vždy poslední tečku za slovem "Život".

Margita Figuli

Poranění vznikající v souvislosti s poskytováním KPR představují velmi aktuální problematiku na rozhraní medicínských oborů. Frekvence výskytu těchto poranění je velmi vysoká, spektrum poranění je široké. V odborné literatuře nacházíme nepoměr mezi důležitostí problematiky a množstvím dostupných poznatků *evidence – based* medicíny: malé množství kvalitních studií, limitovanou velikost zkoumaných souborů, zaměření na poranění s malým klinickým významem, výrazné rozdíly v metodách zkoumání atd.

Problematika poranění vznikajících při poskytování KPR má dva medicínské aspekty – klinický a forenzní. Z klinického hlediska je třeba resuscitační poranění zohlednit při poskytování zdravotní péče osobám, u kterých byla KPR úspěšná. Forenzní aspekt je třeba brát v úvahu při posuzování úrazových změn identifikovaných v průběhu autopsie (odlišení těchto nálezů od poranění, která vznikají jinými mechanismy). Resuscitační poranění mohou navíc v některých případech překrývat skutečnou příčinu smrti, resp. zastírat nálezy vedoucí k smrti.

Cílem předkládané dizertační práce bylo hodnocení poranění, které vznikají během poskytování KPR, důraz byl přitom kladen především na závažná poranění. Identifikování a analýza resuscitačních poranění byla zaměřena na vytvoření přehledu a charakteristik jednotlivých poranění se snahou o jejich odlišení od poranění, které vznikají jinými (neresuscitačními) mechanismy. Byly analyzovány faktory, které by se na vzniku poranění mohly podílet a zkoumána přítomnost tukové embolie a embolie kostní dřeně do plic u resuscitovaných osob.

Poranění jsme zaznamenali u 93,7 % resuscitovaných osob zahrnutých do studie; u převážné většiny těchto osob byla poranění vícenásobná. Diagnostikovali jsme poranění kožního krytu, poranění hlavy a krku, ojedinělá poranění dutiny břišní, a především častá poranění hrudníku a nitrohrudních orgánů. Nepřímá masáž srdce představovala resuscitační techniku, která měla za následek vznik nejvyššího počtu poranění. U všech osob zahrnutých do našeho studijního souboru bylo traumatické poškození před smrtí

vyloučeno, všechna diagnostikovaná poranění byla proto považována za následek poskytování KPR.

Závažná poranění asociovaná s KPR byla zaznamenána u 41,2 % osob (kontuze nebo lacerace plic, hemotorax, kontuze srdce, hemoperikard, lacerace jater, ruptura sleziny). Zlomeniny sterna (nejčastěji lokalizované ve výši 3.–5. žebra) byly identifikovány u 63,3 % osob. Zlomeniny žeber byly diagnostikovány u 73 % osob; nejčastěji byly lokalizovány na přední straně hrudníku mezi parasternální a přední axilární čárou.

Na základě získaných dat byly statisticky testovány stanovené hypotézy (kapitola 6). Nejdůležitější závěry ohledně poranění asociovaných s KPR předkládáme rozděleny podle formulovaných hypotéz:

1. Při poskytování KPR vznikají život ohrožující poranění.

Život ohrožující poranění byla v našem souboru identifikována u 13,7 % osob (hemoperikard, kontuze srdce v oblasti interventrikulárního septa, lacerace jater a sleziny). Závažná poranění, která mohla být potenciálně letální za předpokladu, že by došlo k obnovení spontánní cirkulace, byla zjištěna u 4 osob (5 %). Na základě těchto nálezů konstatujeme, že při poskytování KPR mohou vznikat život ohrožující poranění.

2. Rozšířená KPR (ALS) je asociovaná s vyšším počtem závažných poranění jako základní KPR (BLS).

U osob, jimž byla KPR poskytována výhradně technikami BLS, byla závažná poranění identifikována u 18,2 %. V rámci podskupiny osob resuscitovaných technikami ALS i BLS byla závažná poranění zjištěna u 44,9 % osob, rozdíl však nebyl statisticky signifikantní. Častější výskyt závažných poranění při resuscitaci technikami ALS proto nebyl potvrzen.

3. Rizikové faktory pro vznik závažných poranění v průběhu KPR jsou vyšší věk, ženské pohlaví, nižší BMI, trvání resuscitace, poskytování KPR v terénu a během zimních měsíců.

Statistické testování vztahu mezi jednotlivými rizikovými faktory a výskytem závažných poranění asociovaných s KPR nepotvrdilo významnou korelaci u žádného z testovaných faktorů (věk, pohlaví, BMI, délka a typ KPR, defibrilace, místo KPR, roční období).

4. Zlomeniny sterny a zlomeniny žeber jsou asociované s vyšším rizikem vzniku závažných poranění v průběhu KPR.

Zlomeniny sterny byly v našem souboru zaznamenány častěji u osob se závažnými poraněními (79,4 %) než u osob bez závažného poranění (56,5 %), rozdíl byl signifikantní. Zlomeniny žeber byly identifikovány častěji u osob se závažnými poraněními (91,2 %) než u osob bez závažného poranění (60,8 %), rozdíl byl signifikantní. Na základě těchto výsledků konstatujeme, že zlomeniny skeletu hrudního koše jsou asociované s vyšším rizikem vzniku závažných poranění v průběhu KPR.

5. Během KPR vzniká tuková embolie častěji u osob se zlomeninami skeletu hrudníku než u osob bez zlomenin skeletu hrudníku.

V rámci podskupiny osob s histopatologicky verifikovanou tukovou plicní embolií byly zlomeniny sterny zjištěny u 87,5 % a zlomeniny žeber u 100 % osob. V podskupině bez tukové embolie byly zlomeniny sterny zjištěny u 64,3 % a zlomeniny žeber u 66,1 % osob. Rozdíly ve výskytu zlomenin byly statisticky signifikantní. Na základě těchto dat konstatujeme, že tuková embolie vzniká častěji u osob se zlomeninami skeletu hrudního koše.

6. Během KPR vzniká embolie kostní dřeně do plic častěji u osob se zlomeninami skeletu hrudníku než u osob bez zlomenin skeletu hrudníku.

V rámci podskupiny osob s histopatologicky verifikovanou embolií kostní dřeně do plic byly zlomeniny sterny zjištěny u 76,2 % a zlomeniny žeber u 90,5 % osob. V podskupině bez embolie byly zlomeniny sterny zjištěny u 67,8 % a zlomeniny žeber u 71,2 % osob. Rozdíly ve výskytu zlomenin nebyly statisticky signifikantní. Tyto výsledky nepotvrzují častější výskyt embolie kostní dřeně u osob se zlomeninami skeletu hrudního koše.

Z výše uvedených výsledků vyplývá, že KPR je asociována s velmi vysokým rizikem vzniku různých poranění od klinicky bezvýznamných až po poranění neslučitelná se životem. Závažná poranění přitom vznikají u více než třetiny resuscitovaných osob. Poranění vznikající v souvislosti s KPR tak mohou v určitých případech resuscitovanou osobu nejen poškodit, ale i zcela zmařit efekt poskytované KPR.

Vysoké riziko vzniku klinicky závažných poranění v průběhu KPR (i v průběhu technicky správně prováděné KPR) je nutné brát v úvahu v klinické praxi při poskytování zdravotní péče osobám, u kterých byla KPR úspěšná. Vznik těchto poranění nemusí znamenat odchýlení se od *guidelines*, ani být znakem profesního pochybení či zanedbání zdravotní péče. Při poskytování KPR by však měl záchranář postupovat opatrně, aby riziko vzniku nežádoucích poranění co nejvíce minimalizoval.

Precizní analýza všech poranění zjištěných při pitvě je základním předpokladem pro jejich správnou interpretaci a vyvození relevantních závěrů. **Pokud poranění při KPR vzniknou, je velmi důležité správně určit jejich příčinu a mechanismus.** Soudní lékař má v tomto směru principiální úkol – zjistit a objasnit jednotlivé zranění, vyloučit artefakty při hodnocení všech nálezů zjištěných při pitvě pacienta, u kterého byla před samotnou smrtí zahájena KPR.

Literatura

- ADELSON, L., 1957. A clinicopathologic study of the anatomic changes in the heart resulting from cardiac massage. *Surgery, gynecology & obstetrics*. **104**(5), 513-524.
- BALDWIN, J. J. a J. E. EDWARDS, 1976. Clinical conference: Rupture of right ventricle complicating closed chest cardiac massage. *Circulation*. **53**(3), 562-564.
- BARINGER, J. et al., 1961. External cardiac massage. *New England Journal of Medicine*. **265**(2), 62-65.
- BAUBIN, M. et al., 1999. Chest injuries after active compression–decompression cardiopulmonary resuscitation (ACD-CPR) in cadavers. *Resuscitation*. **43**(1), 9-15.
- BEDNÁŘ, B. et al., 1982. *Patologie I*. Praha: Avicenum. ISBN 08-004-82.
- BERDOWSKI, J. et al., 2010. Global incidences of out-of-hospital cardiac arrest and survival rates: systematic review of 67 prospective studies. *Resuscitation*. **81**(11), 1479-1487.
- BODE, G. a H. JOACHIM, 1987. Zur Differential diagnose von Unfall – und Reanimation straumen. *Zeitschrift für Rechtsmedizin*. **98**(1), 19-32.
- BOZ, B. et al., 2008. Frequency of skeletal chest injuries associated with cardiopulmonary resuscitation: forensic autopsy. *Turkish journal of trauma & emergency surgery*. **14**(3), 216-220.
- BRINKMANN, B., 1999. Harmonisation of medico-legal autopsy rules. *International journal of legal medicine*. **113**(1), 1-14.
- BUSCHMANN, C. a M. TSOKOS, 2009. Frequent and rare complications of resuscitation attempts. *Intensive care medicine*. **35**(3), 397-404.
- BUSCHMANN, C. et al., 2013. Emergency medicine techniques and the forensic autopsy. *Forensic science, medicine, and pathology*. **9**(1), 48-67.
- CUCULIĆ, D. et al., 2010. Trauma related fat embolism syndrome in forensic practice. *Collegium antropologicum*. **34**(2), 723-726.
- COTRAN, R. S. et al., 1999. *Robbins pathologic basis of disease*. 6. vydanie. Philadelphia: Saunders. ISBN 0-8089-217-97.
- DAEGLING, D. J. et al., 2008. Structural analysis of human rib fracture and implications for forensic interpretation. *Journal of forensic sciences*. **53**(6), 1301-1307.

- DAYA, M. R. et al., 2015. Out-of-hospital cardiac arrest survival improving over time: results from the Resuscitation Outcomes Consortium (ROC). *Resuscitation*. **91**(2), 108-115.
- DE ROOIJ, P.P., D. R. WIENDELS, a J. P. SNELLEN, 2009. Fatal complication secondary to mechanical chest compression device. *Resuscitation*. **80**(10), 1214-1215.
- DORSA, F. B. et al., 1992. Pseudoaneurysm of the thoracic aorta due to cardiopulmonary resuscitation: diagnosis by transesophageal echocardiography. *American heart journal*. **123**(5), 1398-1400.
- ENGLUND, E. a P. C. KONGSTAD, 2006. Active compression–decompression CPR necessitates follow-up post mortem. *Resuscitation*. **68**(1), 161-162.
- ERIKSSON, E. A. et al., 2011. Incidence of pulmonary fat embolism at autopsy: an undiagnosed epidemic. *Journal of Trauma and Acute Care Surgery*. **71**(2), 312-315.
- FOSTER, C. et al., 2002. Fettembolie und fettembolie-syndrom. Schweizerisches Medizin-Forum. **28**, 673-678.
- HASHIMOTO, Y., F. MORIYA a J. FURUMIYA, 2007. Forensic aspects of complications resulting from cardiopulmonary resuscitation. *Legal Medicine*. **9**(2), 94-99.
- HASSELQVIST-AX, I. et al., 2015. Early cardiopulmonary resuscitation in out-of-hospital cardiac arrest. *New England Journal of Medicine*. **372**(24), 2307-2315.
- HAZINSKI, M. F. a J. M. FIELD, 2010. 2010 American Heart Association guidelines for cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care science. *Circulation*. **122**(6), S639-S946.
- HIRT, M., et al., 2015, 2016. Soudní lékařství I a II. díl. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-5680-6.
- HOJS, R., A. SINKOVIČ a T. HOJS-FABJAN, 1995. Rhabdomyolysis and acute renal failure following cardioversion and cardiopulmonary resuscitation. *Renal failure*. **17**(6), 765-768.
- HOKE, R. S. a D. CHAMBERLAIN, 2004. Skeletal chest injuries secondary to cardiopulmonary resuscitation. *Resuscitation*. **63**(3), 327-338.
- HOOD, I., D. RYAN a W. U. SPITZ, 1988. Resuscitation and petechiae. *The American journal of forensic medicine and pathology*. **9**(1), 35-37.
- HOWES, B. W. et al., 2010. LMA Supreme™ insertion by novices in manikins and patients. *Anaesthesia*. **65**(4), 343-347.

- HULEWICZ, B., 1990. Gastric trauma following cardiopulmonary resuscitation. *Medicine, Science and the Law*. **30**(2), 149-152.
- HUTCHINGS, A. C., K. J. DARCY a G. L. A. CUMBERBATCH, 2009. Tension pneumothorax secondary to automatic mechanical compression decompression device. *Emergency Medicine Journal*. **26**(2), 145-146.
- CHAN, P. et al., 2014. Recent trends in survival from out-of-hospital cardiac arrest in the United States. *Circulation*. CIRCULATIONAHA-114.
- IHNÁT RUDINSKÁ, L. et al., 2016. Intra-thoracic injuries associated with cardiopulmonary resuscitation – frequent and serious. *Resuscitation*. **103**(6), 66-70.
- KIM, E. Y. et al., 2011. Multidetector CT findings of skeletal chest injuries secondary to cardiopulmonary resuscitation. *Resuscitation*. **82**(10), 1285-1288.
- KIM, M. J. et al., 2013. Chest injury following cardiopulmonary resuscitation: a prospective computed tomography evaluation. *Resuscitation*. **84**(3), 361-364.
- KLEMENTA, B. et al., 2011. *Resuscitace ve světle nových guidelines*. Olomouc: Solen. ISBN 978-80-87327-79-1.
- KLENER, P. et al., 2006. *Vnitřní lékařství*. Praha: Galén. ISBN 80-7262-430-X.
- KLINTSCHAR, M., M. DAROK a H. RADNER, 1998. Massive injury to the heart after attempted active compression-decompression cardiopulmonary resuscitation. *International journal of legal medicine*. **111**(2), 93-96.
- KONGSTAD, P. C. a E. ENGLUND, 2005. Pre-hospital CPR, mechanical compressions and autopsy findings. *Scandinavian Journal of Trauma, Resuscitation and Emergency Medicine*. **13**(2), 87-88.
- KOSTER, R. W. et al., 2010. European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2010. Section 2. Adult basic life support and use of automated external defibrillators. *Resuscitation*. **81**(10), 1277–1292
- KOTTACHCHI, D. T., J. DONG a S REID, 2009. A rare complication of cardiopulmonary resuscitation. *Canadian Journal of Surgery*. **52**(1), E1-2.
- KOUDELA M., I. GROSSOVÁ a P. STREJC, 2013. Úrazové změny nitrohručních orgánů vzniklé při externí mechanické kardiopulmonální resuscitaci. *Soudní lékařství*. **49**(3); 42-44.
- KOUWENHOVEN, W. B., J. R. JUDE a G. G. KNICKERBOCKER, 1960. Closed-chest cardiac massage. *JAMA*. **173**(10), 1064-1067.

- KRALJ, E. et al., 2015. Frequency and number of resuscitation related rib and sternum fractures are higher than generally considered. *Resuscitation*. **93**(6), 136-141.
- KRISCHER, J. P. et al., 1987. Complications of cardiac resuscitation. *Chest*. **92**(2), 287-291.
- KRÖNER, C. et al., 2011. Pathologische Wirbelkörperfraktur nach kardiopulmonaler Reanimation. *Notfall + Rettungsmedizin*. **14**(6), 488-490.
- KUDENCHUK, P. J. et al., 2012. Impact of Changes in Resuscitation Practice on Survival and Neurological Outcome After Out-of-Hospital Cardiac Arrest Resulting From Nonshockable Arrhythmias Clinical Perspective. *Circulation*. **125**(14), 1787-1794.
- LAFUENTE-LAFUENTE, C. a M. MELERO-BASCONES, 2002. Active chest compression-decompression for cardiopulmonary resuscitation. *Cochrane Database Systematic Review*. **3**, CD002751.
- LARDI, C, et al., 2015. Traumatic injuries after mechanical cardiopulmonary resuscitation (LUCAS™ 2): a forensic autopsy study. *International journal of legal medicine*. **129**(5), 1035-1042.
- LARSEN, R. et al., 2004. *Anestezie*. 7. vydanie. Praha: Grada Publishing. ISBN 80-247-0476-5.
- LEDERER, W. et al., 2004. Frequency of rib and sternum fractures associated with out-of-hospital cardiopulmonary resuscitation is underestimated by conventional chest X-ray. *Resuscitation*. **60**(2), 157-162.
- LURIE, K. et al., 2001. Mechanical advances in cardiopulmonary resuscitation. *Current opinion in critical care*. **7**(3), 170-175.
- MACHII, M. et al., 2000. Cardiac rupture by penetration of fractured sternum: a rare complication of cardiopulmonary resuscitation. *Resuscitation*. **43**(2), 151-153.
- MALINSKÝ, J. a V. LICHNOVSKÝ, 1991. *Histologické praktikum*. Olomouc: LF Univerzita Palackého. ISBN 80-7067-032-0.
- MERON, G. et al., 2007. Cardiopulmonary resuscitation-associated major liver injury. *Resuscitation*. **75**(3), 445-453.
- MILLER, A. C. et al., 2014. A systematic review and pooled analysis of CPR-associated cardiovascular and thoracic injuries. *Resuscitation*. **85**(6), 724-731.
- MINOR, R. L., P. K. CHANDRAN a C. L. WILLIAMS, 1990. Rhabdomyolysis and myoglobinuric renal failure following cardioversion and CPR for acute MI. *Chest*. **97**(2), 485-486.

- MONSIEURS, K. G. et al., 2015. Doporučené postupy pro resuscitaci ERC 2015. *Urgentní medicína*. **18**(2), 3-59.
- MOZAFFARIAN, D. et al., 2016. Executive summary: Heart Disease and Stroke Statistics-2016 update: A report from the American Heart Association. *Circulation*. **133**(4), 447.
- MUZZI, D. A., T. J. LOSASSO a R. F. CUCCHIARA, 1991. Complication from a nasopharyngeal airway in a patient with a basilar skull fracture. *Anesthesiology*. **74**(2), 366-368.
- NÁDVORNÍK, F., L. ŘEHÁNEK a F. VOREL, 1963. Výskyt tukových embolií u 400 případů traumatických smrtí. *Acta chirurgiae orthopaedicae et traumatologiae Čechoslovaca*. **30**(2), 190-196.
- NISHIDA, N. et al., 2006. Relationship between cardiopulmonary resuscitation and injuries of the cardiac conduction system: pathological features and pathogenesis of such injuries. *Critical care medicine*. **34**(2), 363-367.
- NOFFSINGER, A. E., K. S. BLISARD a M. G. BALKO, 1991. Cardiac laceration and pericardial tamponade due to cardiopulmonary resuscitation after myocardial infarction. *Journal of Forensic Science*. **36**(6), 1760-1764.
- NOLAN, J. P. et al., 2010. European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2010 Section 1. Executive summary. *Resuscitation*. **81**(10), 1219–1276.
- NOLAN, J. P., 2017. Cardiac Arrest and Cardiopulmonary Resuscitation. In: *Seminars in neurology*. **37**(1), 5-12.
- NOLAN, J., J. SOAR a H. EIKELAND, 2006. The chain of survival. *Resuscitation*. **71**(3), 270-271.
- OLDS, K., R. W. BYARD a N. E. I. LANGLOIS, 2015. Injuries associated with resuscitation—an overview. *Journal of forensic and legal medicine*. **33**(4), 39-43.
- PACHL, J. a K. Roubík, 2003. *Základy anesteziologie a resuscitační péče dospělých a dětí*. Praha: Karolinum. ISBN 80-246-0479-5.
- PIARDI, T. et al., 1999. Shock and dyspnea after cardiopulmonary resuscitation: a case of iatrogenic gastric rupture. *Chirurgia italiana*. **52**(5), 593-596.
- PINTO, D. C., K. HADEN-PINNERI a J. C. LOVE, 2013. Manual and automated cardiopulmonary resuscitation (CPR): a comparison of associated injury patterns. *Journal of forensic sciences*. **58**(4), 904-909.
- POČTA, J. et al., 1996. *Kompéndium neodkladné péče*. Praha: Grada Publishing. ISBN 80-7169-145-3.

- POKORNÝ, V. et al., 2002. *Traumatologie*. Praha: TRITON. ISBN 80-7254-277-X.
- POVÝŠIL, C. a I. ŠTEINER, 2007. *Speciální patologie*. Praha: Galén. ISBN 978-80-7262-494-2.
- PROKOP, O. a R. WABNITZ, 1970. Vorkommen von Bindehautblutungen bei Lebenden und Toten dargestellt an 10 Tabellen. *International Journal of Legal Medicine*. **67**(4), 249-257.
- RABL, W. et al., 1997. Review of active compression-decompression cardiopulmonary resuscitation (ACD-CPR) analysis of iatrogenic complications and their biomechanical explanation. *Forensic science international*. **89**(3), 175-183.
- RAVEN, K. P., D. T. REAY a R. C. HARRUFF, 1999. Artifactual injuries of the larynx produced by resuscitative intubation. *The American journal of forensic medicine and pathology*. **20**(1), 31-36.
- RUBERTSSON, S. et al., 2007. Mechanical chest compressions with the LUCAS device does not increase the incidence of injuries in cardiac arrest victims. *Circulation*. **116** (16), II_930-II_930.
- RUDINSKÁ, L. et al., 2014. Injuries associated with cardiopulmonary resuscitation. *Soudní lékařství*. **59**(3), 28-33.
- RUSSO, S. G. et al., 2010. Death due to (no) airway. Adverse events by out-of-hospital airway management? *Der Anaesthesist*. **59**(10), 929-939.
- SANDRONI, C. et al., 2007. In-hospital cardiac arrest: incidence, prognosis and possible measures to improve survival. *Intensive care medicine*. **33**(2), 237-245.
- SATERNUS, K. S., 1980. Direct and indirect trauma in resuscitation. *Zeitschrift für Rechtsmedizin*. **86**(3), 161-174.
- SAUKKO, P. et al., 2004. *Knight's forensic pathology*. 3. vydání. London: Arnold. ISBN 978-0340760444.
- SCHÖNFELDER, K., V. THIEME a D. OLTHOFF, 2003. Iatrogenic injuries of the trachea. *Anaesthesiologie und Reanimation*. **29**(1), 8-11.
- SCHVADRON, E., Y. MOSES a D. WEISSBERG, 1996. Gastric rupture complicating inadvertent intubation of the esophagus. *Canadian journal of surgery*. **39**(6), 487.
- SMEKAL, D. et al., 2014. CPR-related injuries after manual or mechanical chest compressions with the LUCAS™ device: a multicentre study of victims after unsuccessful resuscitation. *Resuscitation*. **85**(12), 1708-1712.

SOAR, J. et al., 2015. European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2015: Section 3. Adult advanced life support. *Resuscitation*. **95**(6), 100-147.

SOKOLOVE, P. E., J. WILLIS-SHORE a E. A. PANACEK, 2002. Exsanguination due to right ventricular rupture during closed-chest cardiopulmonary resuscitation. *The Journal of emergency medicine*. **23**(2), 161-164.

SPERRY, K., 1990. Anterior Thoracic Wall Trauma in Elderly Homicide Victims: The "CPR Defense". *The American journal of forensic medicine and pathology*. **11**(1), 50-55.

STEVENS, A. et al., 2002. *Wheater's Basic Histopathology: A Color Atlas and Text*. Edinburgh: Churchill Livingstone. ISBN 0443-07001-6.

ŠEVČÍK, P. et al., 2014. *Intenzivní medicína*. Praha: Galén. ISBN 978-80-7492-066-0.

ŠEBLOVÁ, J. et al., 2013. *Urgentní medicíny v klinické praxi lékaře*. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-4434-6.

ŠTEINER, I. a A. KLEMPÍŘOVÁ, 1990. Nepřímá srdeční masáž jako příčina plicní tukové embolie. *Československá patologie*. **26**(2), 109-111.

TAKADA, A., K. SAITO a M. KOBAYASHI, 2003. Cardiopulmonary resuscitation does not cause left ventricular rupture of the heart with acute myocardial infarction: a pathological analysis of 77 autopsy cases. *Legal Medicine*. **5**(1), 27-33.

TATTOLI, L. et al., 2014. Complete cardiac rupture associated with closed chest cardiac massage: case report and review of the literature. *Journal of forensic sciences*. **59**(2), 564-567.

TRIVERS, A. H. et al., 2010. Part 4: CPR overview 2010 American heart association guidelines for cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care. *Circulation*. **122**(6), S676-684.

TRUHLÁŘ, A. et al., 2011. Poranění hrudníku při mechanické srdeční masáži – pilotní studie. *Urgentní medicína*. **1**(2), 14–19.

TRUHLÁŘ, A. a D. Z. FERSON, 2008. Use of the Laryngeal Mask Airway Supreme in pre-hospital difficult airway management. *Resuscitation*. **78**(2), 107-108.

TRUHLÁŘ, A. et al., 2010. Injuries caused by the AutoPulse and LUCAS II resuscitation systems compared to manual chest compressions. *Resuscitation*. **81**(2), S62.

TRUHLÁŘ, A., 2010. Kde je umístěn automatizovaný externí defibrilátor. *Urgentní medicína*. **13**(2), 6-8.

- TRUHLÁŘ, A., E. KASAL a V. ČERNÝ, 2011. Přehled nejvýznamnějších změn v Doporučených postupech pro neodkladnou resuscitaci. *Anesteziologie a Intenzivní Medicina*. **22**(2), 115-123.
- UHLÍŘ, M., 2011. Často kladené dotazy k základní neodkladné resuscitaci. *Urgentní medicína*. **1**(2), 31-32.
- VEZINA, M. C. et al., 2007. Complications associated with the Esophageal-Tracheal Combitube® in the pre-hospital setting. *Canadian Journal of Anesthesia*. **54**(2), 124-128.
- VITELLO, J. M. a R. HARTUNG, 1991. Splenic laceration secondary to closed chest massage: successful recognition and management--case report. *The Journal of trauma*. **31**(3), 426-428.
- VOISARD, M. X., W. SCHWEITZER a C. JACKOWSKI. 2013. Pulmonary fat embolism—a prospective study within the forensic autopsy collective of the Republic of Iceland. *Journal of forensic sciences*. **58**(S1), S105-S111.
- WIK, L. et al., 2005. Quality of CPR during out-of-hospital cardiac arrest. *JAMA*. **293**(3), 299-304.
- WISSENBERG, M. et al., 2013. Association of national initiatives to improve cardiac arrest management with rates of bystander intervention and patient survival after out-of-hospital cardiac arrest. *JAMA*. **310**(13), 1377-1384.
- WOTKE, J. et al., 2002. *Histopatologické praktikum*. Olomouc: Epava. ISBN 80-86297-09-8.

Přílohy

č.pitvy	M / Ž	věk	výška	váha	
roční období	místo nálezu	druh úmrtí	KPR	masáž hrudník	defibrilace
J / L / P / Z	venku / uvnitř	NU / INT / PRO / EL / UT	LA / MAN / PŘI	Ano / Ne	Ano / Ne
ventilace	medikace				
AMB / INTB	Ano / Ne				

Legenda: J-jaro; L-léto; P-podzim; Z-zima; NU- náhle úmrtí; INT-intoxikace; PRO-prochlazení; EL-elektrický proud; UT-utopení; LA- laická; MAN-odborná manuální, PŘI-odborná přístrojová; AMB-ambuvak; INTB-intubace.

Kůže

vpich	krk	hrudník	loket	pravá HK	levá HK
oděrky	obličej (O)	krk (K)	hrudník (H)	břicho (B)	
podlitiny	obličej (O)	krk (K)	hrudník (H)	břicho (B)	

Hlava

krevní výrony	tváře (T)	spojivky (S)	měkké pokrývky hlavy (P)
oděrky	nos (N)	rty (R)	dutina ústní (DU)
pohmožděniny	dutina ústní (DU)		jazyk (J)

KRK

prokrvácení	Ano (A)	Ne (N)	
<small>zlomenina</small>			
chrup. prstencová	Ano (A)	Ne (N)	
<small>zlomenina</small>			
jazykka	velký roh dx. (1)	velký roh sin. (2)	malé rohy (MR)
<small>zlomenina</small>			
chrup. štítná	horní roh dx. (3)	horní roh sin. (4)	ploténka (P)
průdušnice			

Hrudník

mediastinum	prokrvácení	zhmoždění	
srdce	krevní výrony (endo (EN) / epi (EP) / perikard(PE) zhmoždění ruptura		
aorta	roztržení	zhmoždění	krevní výrony
plice	zhmoždění / roztržení : HL dx. SL dx. DL dx. HL sin. DL sin.		
dutina hrudní	roztržení pohrudnice	prokrvácení pohrudnice	hemothorax dx./sin.
<small>zlomenina</small>			
sternum	tělo	rukojet'	mečovitý výběžek
<small>zlomeniny</small>	<small>lateralizace</small>	<small>rozsah</small>	<small>lokality -</small>
žebra	parasternalně/medioclavic./axil.		
	vpravo		
	vlevo		
	oboustranně		

Břicho

játra	subkapsul.hematom (H1)	drobná lacerace (H2)	lacerace (H3) dilacerace (H4)
slezina	ruptura (R)	zhmoždění (Z)	prokrvácení (Prok)
ledviny	ruptura (R)	zhmoždění (Z)	prokrvácení (Prok)

Histologie

tuková embolie	Ano (A)	Ne (N)
embol. kostní dřeví	Ano (A)	Ne (N)