

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

Lékařská fakulta

DISERTAČNÍ PRÁCE

Olomouc 2022

MUDr. Stanislav Popela

**Univerzita Palackého v Olomouci  
lékařská fakulta**



Lékařská  
fakulta

Univerzita Palackého  
v Olomouci

**DISERTAČNÍ PRÁCE**

**Poranění po kardiopulmonální resuscitaci**

**Doktorand:** MUDr. Stanislav Popela

**Forma Studia:** kombinovaná forma studia

**Studijní program:** Patologická anatomie a soudní lékařství

**Školící pracoviště:** Ústav Soudního lékařství a medicínského práva

**Téma práce:** Poranění po kardiopulmonální resuscitaci

**Školitel:** doc. MUDr. Svatopluk Loyka, CSc.

Olomouc 2022

# Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem disertační práci:

## **Poranění po kardiopulmonální resuscitaci**

vypracoval samostatně pod vedením a pokyny školitele a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a v souladu s platnou Směrnicí o zveřejňování závěrečných prací.

V Olomouci dne: .....

MUDr. Stanislav Popela

## **Poděkování**

Poděkování patří mému školiteli doc. MUDr. Svatoplukovi Loykovi, CSc. za ochotu, cenné připomínky a rady v průběhu studia k vypracování závěrečné práce. Dále pak MUDr. Martinu Dobiášovi Ph.D. za další cenné rady a konzultace v oboru soudního lékařství a medicínského práva, kolegům z Oddělení urgentního příjmu FN Olomouc a kolegům ze Zdravotnické záchranné služby Jihomoravského kraje za umožnění vědecké výzkumné činnosti potřebné k realizaci disertační práce. V neposlední řadě bych chtěl poděkovat mé rodině a známým za podporu při studiu.

## **Zadání disertační práce:**

Práce se zaměřuje na typy poranění (dutinová, orgánová) po kardiopulmonální resuscitaci (KPR), u kterých byla prováděna zevní srdeční masáž pro náhlou zástavu oběhu různé etiologie.

Cílem práce je zjistit (formou retrospektivní) četnost poranění a mechanismus poranění způsobených zevní srdeční masáží, která byla prováděna manuálně a pomůckami k zevní masáži hrudníku u KPR, jenž byla zahájena v NNP (pracoviště ZZS Jihomoravského kraje) a PNP (Oddělení urgentního příjmu FN Olomouc).

Následně je cílem porovnat a analyzovat výstupy získané v soudně lékařské problematice (sekční nálezy pacientů po neúspěšné kardiopulmonální resuscitaci), které by umožnily a dopomohly optimalizovat provádění a jednotnost při kardiopulmonální resuscitaci v urgentní péči o pacienty.

**Klíčové slova:** náhlá zástava oběhu, kardiopulmonální resuscitace, komprese hrudníku, dutinová poranění, manuální srdeční masáž, mechanizovaná srdeční masáž, dutina hrudní, dutina břišní, přednemocniční neodkladná péče, oddělení urgentního příjmu, ústav soudního lékařství sekční nález

## OBSAH

1 ÚVOD .....	9
2 CÍL PRÁCE .....	11
3 TEORETICKÁ ČÁST .....	13
3.1 Historie kardiopulmonální resuscitace.....	13
3.2 Kardiopulmonální resuscitace (KPR) celosvětově .....	16
3.3 Náhlá zástava oběhu, umírání a smrt.....	17
3.4 Doporučené postupy kardiopulmonální resuscitace u náhlé zástavy oběhu (NZO) .....	22
3.4.1 Reverzibilní příčiny NZO (4H, 4T).....	27
3.4.2 Hrudní komprese u KPR při NZO .....	32
3.4.3 Poranění hrudníku související s KPR.....	37
3.4.4 Poranění dutiny břišní, orgánů břišní dutiny a poranění krku související s KPR.....	46
3.4.5 Ostatní a smrtelná poranění v souvislosti s KPR .....	50
4 VLASTNÍ PRÁCE .....	52
4.1 Cíl výzkumu .....	52
4.1.3 Oddělení urgentního příjmu Fakultní nemocnice Olomouc (OUP FNOL) .....	54
4.2 Metody.....	55
4.2.1 Metodologie výzkumu, hypotézy .....	55
4.3 Výsledky výzkumu .....	58
4.4 Srovnání výsledků vzniklých úrazů po kardiopulmonální resuscitaci v přednemocniční a nemocniční péči ve dvou krajích ČR (Jihomoravský, Olomoucký) .....	62
4.4.1 Metodika a výsledky (srovnání výsledků ZZS JMK/ Olomoucký region).....	63
4.4.2 Shrnutí (srovnání výsledků ZZS JMK/ Olomoucký region).....	68
4.4.3 Závěr (srovnání výsledků ZZS JMK/ Olomoucký region).....	68
5 DISKUZE .....	69
5.1 Doporučení.....	73
6 ZÁVĚR.....	74
7 PŘÍLOHY .....	80
8 POUŽITÁ LITERATURA .....	82
9 SEZNAM VLASTNÍCH PRACÍ K ŘEŠENÉ PROBLEMATICE .....	96
10 VĚDECKÁ A PUBLIKAČNÍ ČINNOST .....	97
11 GRANTOVÉ PROJEKTY .....	99
12 ELEKTRONICKÉ ZDROJE.....	100
13 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK .....	100

# 1 ÚVOD

## **Náhlá zástava oběhu**

Náhlou zástavu oběhu (NZO) představuje náhlý kolaps s ukončením hemodynamické činnosti srdce, která bez okamžitého zásahu vede k neodvratitelné smrti lidského organismu. NZO je nejčastější hlavní příčinou úmrtnosti na kardiovaskulární onemocnění a výsledky přežití s dobrou kvalitou života zůstávají nadále špatné. Mimo kardiální příčiny, které jsou majoritní, mohou NZO způsobit i nekardiální vlivy. Zástava oběhu je nejčastěji způsobena komorovou arytmií a postihuje pacienty s kardiovaskulárním onemocněním, u nichž jsou nejčastější onemocnění koronárního řečiště. Po této nejčastější příčině následují kardiomyopatie, chlopenní choroby a vzácný výskyt náhle zástavy oběhu se vyskytuje u mladších jedinců v důsledku genetických onemocnění. NZO u dětí jsou způsobené především hypoxií. Léčba náhle zástavy oběhu představuje včasné zahájení kardiopulmonální resuscitace a pokud je přítomen defibrilovatelný rytmus, je nutné včasné zahájení defibrilace defibrilačním výbojem. Přeživší po NZO představují cca 8% populace a pokud je NZO úspěšná, není zaručeno úplné uzdravení těchto pacientů.

## **Kardiopulmonální resuscitace a zevní srdeční masáž**

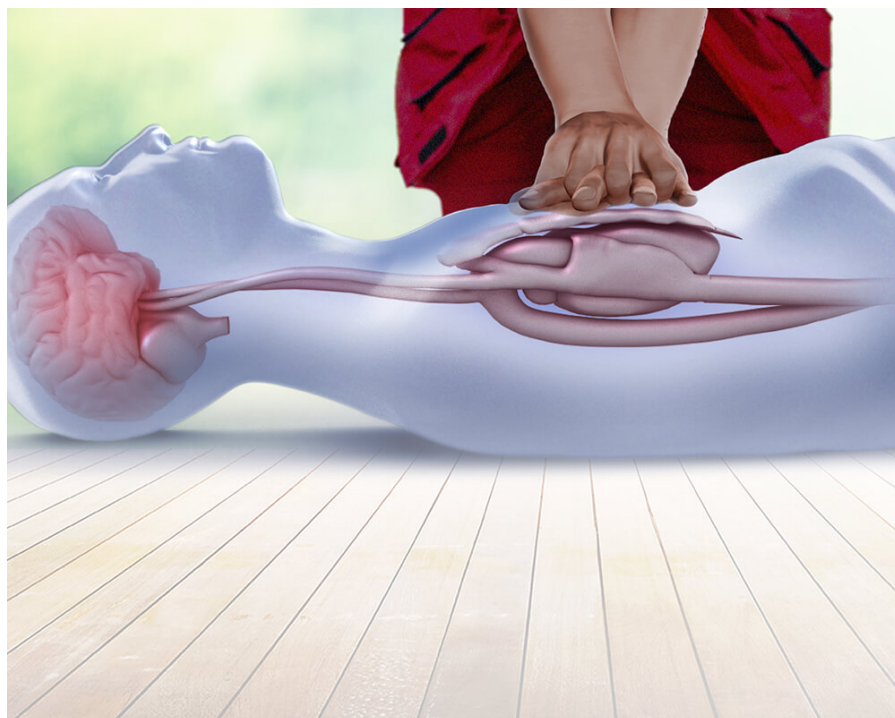
Kardiopulmonální resuscitace (KPR, CPR) je soubor navazujících jednoduchých postupů, které mají za cíl neprodlenou obnovu dodávky kyslíku ( $O_2$ ) do tkání u pacientů s náhlou zástavou oběhu (NZO), u kterého došlo k selhání jedné nebo více základních vitálních funkcí a zabránit tak nezvratnému poškození životně důležitých orgánů a organismu, které by bez těchto úkonů vedlo ke nezvratné smrti.

Hrudní komprese, které jsou aplikovány zevně na hrudník jako nepřímá srdeční masáž mohou být prováděny manuálně anebo za pomoci přístrojů k nepřímé mechanizované kardiopulmonální resuscitaci. Tyto komprese jsou spolu s včasnou defibrilací považovány za nejdůležitější postup u kardiopulmonální resuscitace. Kompresí takto dochází ke zvýšení nitrohrudního tlaku, které navazuje následně na hrudní dekompresi, jenž je potřebná k efektivnímu žilnímu návratu k srdci. Důležitým aspektem pro efektivitu je tvrdá podložka pod pacientem, při stlačování hrudníku.

Doporučené postupy kardiopulmonální resuscitace jsou základní důležitou součástí pro všechny záchranářské jednotky a resuscitační týmy na celém světě. Tyto algoritmy vydává v pětiletých intervalech ERC (Evropská rada pro resuscitaci).

### **Poranění po kardiopulmonální resuscitaci**

V souvislosti s CPR a při provádění hrudních kompresí, které jsou aplikovány manuálně anebo pomocí mechanizovaných přístrojů se záchranáři, kteří provádějí masáž hrudníku mohou setkávat s různými typy poranění způsobených touto léčebnou metodou. Při tomto mechanickém procesu aktivní komprese a dekomprese vznikají síly, které mohou narušit tkáňové struktury a vést k jejich poškození a dysfunkci tkání a orgánů a mohou takto bezprostředně přímo souviset s touto léčebnou metodou. Tato poranění mohou být pro pacienta závažnou komplikací v průběhu CPR nebo následně po ní. V důsledku toho dochází také k závažným poraněním, která mohou zásadně ovlivnit průběh reanimace pacienta a jsou život ohrožující. Inzulty vznikající v průběhu KPR, mohou ovlivnit její následný průběh a mohou být pro pacienta závažné. Převážná část poranění se vyskytuje v oblasti hrudního koše, méně častá jsou poranění břicha, hlavy a horní poloviny trupu.



Obrázek 1 Manuální komprese hrudníku (ilustrativně) Zdroj: <https://cpr.heart.org/en/resources/what-is-cpr>





Obrázek 2 Český národní team, ERC kongres, CPR competition Ljubljana 2019, CPR ALS providers, Photo credit: European Resuscitation Council, <https://kongres-magazine.eu/2019/09/cpr-experts-warmest-friendliest-resuscitation-erc-gr-ljubljana/>

## 2 CÍL PRÁCE

Cílem disertační práce je výzkumná činnost dle zadaného tématu „Poranění po kardiopulmonální resuscitaci“, a podle následných zjištění výzkumu navržení nové strategie a postupů i v návaznosti na současné doporučení (ERC 2021), které by umožnily a dopomohly optimalizovat provádění a jednotnost při kardiopulmonální resuscitaci v urgentní péči o pacienty především v problematice hrudních kompresí.

Komplikace vznikající v souvislosti s kompresemi v průběhu kardiopulmonální resuscitace (CPR) při náhlé zástavě oběhu pacientů mohou být traumata. Tato poranění mají vliv na průběh kardiopulmonální resuscitace a následně na další zotavení v poresuscitační péči. I přesto, že některá poranění nejsou pro pacienta závažná, vyskytují se inzulty, které mohou být pro pacienta život ohrožující komplikací.

Téma bylo zvoleno z toho důvodu, že autor pracuje v klinické praxi v oboru urgentní medicíny, ve které je problematika kardiopulmonální resuscitace a porušení vitálních funkcí jednou ze základních součástí této specializace a tento obor taktéž úzce souvisí se soudním lékařstvím a forenzní medicínou. Předpokládá se, že může docházet k rozdílům v přístupu u aplikace zevních kompresí u pacientů při NZO. Cílem výzkumu bylo zjistit četnost poranění u pacientů po kardiopulmonální resuscitaci ve dvou regionálních pracovištích poskytujících urgentní péči v České republice.

V literární části bude popsána historie kardiopulmonální resuscitace, typy oživování a základy postupů současné moderní resuscitace. Další část se bude zabývat problematikou náhlé zástavy oběhu (NZO), umíráním a smrtí. Následně budou popsány současné doporučené postupy v kardiopulmonální resuscitaci v rámci ERC (European Resuscitation Council) a reverzibilní příčiny u NZO. V návaznosti na tyto postupy budou rozebrány jednotlivé typy kompresí hrudníku, prováděné mechanizovaně a manuálně. Konečná část se bude zabývat jednotlivými inzulty, problematika bude prostudována a porovnána s dostupnou literaturou a souvisejícími zdroji a odbornými pracemi, které se problematikou poranění po KPR zabývaly.

Metodická část bude představovat výzkum daného tématu zaměřený na analýzu pitevních protokolů a zjištěných nálezů. Tyto nálezy budou zkoumány observační retrospektivní formou v rámci dvou soudně lékařských fakulturních pracovišť. Kohorta zkoumaných pacientů bude z přednemocniční i nemocniční neodkladné péče. Vzhledem k tomu, že se nejedná o studii s živými objekty, nebyl nutný souhlas k výzkumu od etické komise. Zjištění výsledků bude vycházet ze statistických analýz retrospektivní studie a prací, které se zabývaly touto problematikou. Bude navrženo klinické doporučení a strategie k optimálnímu přístupu u KPR.

Ve shrnutí a závěru práce bude prezentován následný výzkum, srovnání s předešlými pracemi a budou navržena doporučení, jež by mohla přispět k efektivnímu přístupu u KPR a racionálnímu přístupu u kompresí hrudníku.

## 3 TEORETICKÁ ČÁST

### 3.1 Historie kardiopulmonální resuscitace

První údaje o resuscitaci nalezneme již v Bibli. Historicky byla resuscitace dlouhou dobu zakázána a tento zákaz trval až do dob osvícenství. Lidstvo se do této doby domnívalo, že pokud došlo k oživení člověka, došlo k tomu z důvodu Boží vůle a zvrácení smrti provedl přímo Bůh. [1,2]

Bible popisuje oživovací pokusy a metody, jako bylo například zavěšení postiženého hlavou dolů, přes bičování a rektální vpravování tabákového kouře. Tyto dnes již málo představitelné pokusy o oživení pokračovaly v průběhu času a navazovaly např. na pokusy na živých zvířatech uvedené ve Vesaliově práci ze 16. stol. o umělém dýchání. Mechanická ventilace, v již zmíněné práci byla zajištěna pomocí měchů, které byly zavedeny do dýchacích cest a koncem 18. stol. byla tato metoda uznána humánními společnostmi. [1,2,6]



Obrázek 3 Vpravování tabákového kouře rektálně, zdroj: <http://brownemblog.com/blog-1/2022/1/21/the-history-of-resuscitation>

Začátkem 19. stol. bylo od této metody upuštěno z důvodu preference zevní masáže hrudníku a v domnění, že není rozumné ventilovat plíce vzduchem s nižším obsahem kyslíku. Vnitřní masáž srdce byla historicky započata koncem 18. stol. a převažovala do šedesátých let 20. stol. Prvním autorem této léčebné metody byl prof. Moritz Shiff, který studoval příčiny srdeční zástavy na univerzitě ve Florencii. Domníval se, že je bezpředmětná léčba aplikace elektřiny, zevní masáže a vhánění kyslíku do dýchacích cest, ale pokud dojde ke stlačování srdce rukou s pomalým vháněním kyslíku do dýchacích cest, je možné při srdeční zástavě obnovit krevní oběh. První zaznamenaný úspěch vnitřní masáže srdce byl avizován v roce 1901 Kristian Igelsrud [7],

kdy bylo u pacienta po břišní operaci po otevření hrudníku srdce stlačováno a po minutě došlo k obnovení oběhu a k následnému zotavení pacienta bez újmy na zdraví. Do roku 1952 byla zaznamenána téměř třetinová úspěšnost vnitřní srdeční masáže. [3,5]

Zevní srdeční masáž a její techniky byly popsány začátkem 20. stol. dvojicí Hall a Sylvester a následně podrobně analyzovány Sirem A. Keithem v roce 1909. V předešlých popisech z roku 1628 udává W. Harvey obnovení pohybu srdce u holubic po stlačování hrudníku, v roce 1878 a popisuje Boehm (Dorpat, Německo) obnovení oběhu u koček po zevní masáži hrudníku, což následně potvrdil G. Crile (Cleveland, USA) u práce se psi. K rozvoji moderní zevní srdeční masáže přispěl náhodný objev W. Kouwenhovena při zkoumání techniky defibrilace u více než stovky psů po zatížení hrudníku těžkými defibrilačními pádly, kdy došlo ke zjištění, že po uvolňování těchto pádel dochází ke zpětnému naplnění srdce krví. U těchto pokusů bylo následně potvrzeno, že dochází k obnovení oběhu krve u náhlých zástav oběhu pro fibrilaci komor po kontinuálním stlačování tímto závažím. Terapie elektrickým proudem jakožto neodmyslitelnou součástí kardiopulmonální resuscitace byla navržena Curryem v roce 1792 po pokusech na malých zvířatech a následných dvou úspěšných případech u resuscitace člověka. V humánní medicíně bylo zavedení defibrilace experimentálně studováno koncem 19. století P. Battelim (Ženeva 1899), následných úspěchů dosáhla defibrilace téměř po půl století. [9]

Moderní a novodobá historie kardiopulmonální resuscitace se však traduje do období 60. let minulého století. Z tohoto období jsou publikovány dvě významné práce o masáži srdce pomocí stlačování hrudníku, již výše zmíněny Kouwenhoven et al. 1960 a následně na navazující práci, kterou publikoval Peter Safar et. al v roce 1961 o souborech konceptů zahrnující masáž srdce v kombinaci s umělými vdechy a udržováním průchodnosti dýchacích cest. Obě tyto techniky resuscitace byly známy již v 18. a 19. stol. bylo od nich však upuštěno, a právě v šedesátých letech 20. stol. se na ně opět navázalo. [6,8]

Peter Safar je považován za zakladatele moderní resuscitace a nespočetné množství lidí vděčí za svůj život jeho moderním poznatkům o kardiopulmonální resuscitaci. Narodil se v lékařské rodině ve Vídni, poté byl v průběhu druhé světové války přijat na lékařskou fakultu ve Vídni. Po válce získal chirurgické stipendium na univerzitě Yale (USA). Po absolvování tohoto stipendia se na několik měsíců vrátil zpět do Vídně, a začátkem padesátých let odešel zpět do Spojených států, kde se začal věnovat anestezii a problematice kardiopulmonální resuscitace. V průběhu padesátých let se Safar

intenzivně věnoval zkoumání kardiopulmonální resuscitace i na dobrovolnících z řad zdravotníků. V roce 1958 publikoval svou práci o dýchání z úst do úst, v časopise American Medical Association a následně na skandinávské konferenci v Norsku začal spolupracovat s B. Lindem a A. Laerdalem (výrobcem hraček) na vytvoření prvního resuscitačního prototypu figuríny „Resusci Anne“. [4,6]

Základním dogmatem kardiopulmonální resuscitace je postup ABC A – Airway, B – Breathing, C – Circulation. Právě tento postup byl vytvořen P. Safarem, který ho propojil s výzkumem W. Kouwenhovena, jenž vedl k vytvoření resuscitačních postupů platných víceméně dodnes.



Obrázek 4 Profesor Peter Safar, zdroj: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6653261/pdf/CLC-30-52.pdf>

První doporučené postupy ke kardiopulmonální resuscitaci (CPR) byly publikovány v roce 1966. Doposud se každých 5 let uvádí nové verze těchto doporučených postupů, které jsou modifikovány dvěma světovými odbornými organizacemi ERC (European Resuscitation Council) a AHA (American Heart Association). [1-9]

### 3.2 Kardiopulmonální resuscitace (KPR) celosvětově

Náhlá zástava oběhu představuje celosvětově i kontinentálně závažný problém. Celoevropsky se řadí mezi jednu z nejčastějších příčin úmrtí, avšak míra přežití se za dobu posledních 40 let výrazně zvýšila. Rozhodujícím faktorem přežití bylo zjištěno včasné zahájení resuscitace přihlížejícím a výskyt postiženého (větší úspěšnost výskytu v západních zemích). Celosvětové přežití je stále nízké, avšak včasné zahájení kompresí hrudníku a podání defibrilačního výboje významně zlepšily dlouhodobé výsledky úspěšnosti kardiopulmonální resuscitace. [17]

Za nejčastější příčinu úmrtí vedoucí k náhlé zástavě oběhu jsou považována kardiovaskulární onemocnění. Vzhledem k preventivním opatřením, změně životního stylu a včasné léčbě, dochází ke snižování výskytu náhlých zástav oběhu (NZO) u populace. Zástava oběhu se vyskytuje nejčastěji v 7. a 8. dekadě života a převažuje u mužského pohlaví. Celosvětově dochází k náhlé zástavě oběhu u 95,9 dospělých postižených na 100 000 obyvatel za rok. [14,10,11]

V Evropě podle různých zdrojů dochází k NZO u 16–119 na 100 000 obyvatel ročně. Na Evropském kontinentu se nachází přes 830 mil. obyvatel se značným rozdílem výskytu srdečních příhod na severní a jižní části tohoto kontinentu. V přednemocniční neodkladné péči dochází k náhlé zástavě oběhu (NZO) v rozmezí 17-53 na 100 000 obyvatel. Ze současných poznatků (studie EURECA1) došlo k 10,3% úspěšnosti 30denního přežití nebo propuštění do domácího ošetření. [12,13]

V průmyslových zemích světa je zástava srdce častou příčinou úmrtí. Ve Spojených státech amerických dochází k náhlé srdeční smrti přibližně u 300 tis. Až 400 tis. obyvatel ročně a náhlá zástava oběhu je hlavním problémem veřejného zdravotnictví. Odhadem zde dojde k náhlé zástavě oběhu u cca 300 000 obyvatel ročně. Míra přežití 7,6 % po KPR zůstala mezi lety 1978 a 2008 nezměněna. [10,14]

V České republice dochází k mimonemocniční náhlé zástavě oběhu u 98,16 obyvatel ze 100 000, což je považováno za závažný problém, který je značně ovlivněn rozdíly mezi jednotlivými regiony. [15]

### 3.3 Náhlá zástava oběhu, umírání a smrt

Náhlou zástavu oběhu (NZO) a náhlou srdeční smrt charakterizuje kolaps s ukončením hemodynamické činnosti srdce. Náhlá srdeční smrt (Sudden Cardiac Death) představuje jeden z hlavních problémů mezinárodního zdraví [23]. Termín náhlá smrt charakterizuje širší význam, který je typický pro příčiny úmrtí způsobené např. disekcí aorty, masivní plicní embolií krvácení do mozku aneurysma břišní aorty a typicky se nachází mimo srdce. [18,19]

NZO je nejčastější hlavní příčinou úmrtnosti na kardiovaskulární onemocnění a výsledky přežití s dobrou kvalitou života zůstávají nadále špatné. [21] Zástava oběhu je nejčastěji způsobena komorovou arytmií a postihuje pacienty s kardiovaskulárním onemocněním, z nichž jsou nejčastější onemocnění koronárního řečiště. Po této nejčastější příčině následují kardiomyopatie, chlopenní choroby a vzácný výskyt náhlé zástavy oběhu se vyskytuje u mladších jedinců v důsledku genetických onemocnění. [22] Strukturální onemocnění srdce převažují nad primárně elektrickými abnormalitami (ventrikulární dysplazie, hypertrofická kardiomyopatie). U pacientů bez strukturálního onemocnění srdce se nejčastěji vyskytuje syndrom prodlouženého QT intervalu eventuálně Brugada syndrom. [20]

Nemocniční srdeční zástava je taktéž spojena s vysokou úmrtností, která je způsobena nejčastěji taktéž s kardiální příčinou, za kterou následuje respirační insuficience. Např. v USA dochází ročně k více jak 290 000 náhlých zástav oběhu, ve kterých převažuje více jak z 58 % mužské pohlaví. [25]

Mezi nejčastější čtyři základní diagnostické jednotky náhlé srdeční smrti patří akutní infarkt myokardu, srdeční selhání, fibrilace síní a cévní mozková příhoda (35,6 % IM, 15,6 % srdeční selhání, 22,4 % fibrilace síní 26,4 % cévní mozková příhoda). V případě náhlé zástavy oběhu je srdce nečinné a přestává fungovat „jako pumpa“ k udržení perfuze životně důležitých orgánů. Pokud není tento stav včasně léčen, dochází k nezvratnému poškození organismu vedoucímu ke smrti. V průběhu náhlé zástavy dochází k celé kaskádě patofyziologických dějů majících za následek ischemické poškození životně důležitých orgánů a tkání s jejich následným selháním. [23,25,26]

Klinický projev tohoto procesu charakterizuje přítomnost agonie, kvalitativní poruchy vědomí, pokles dechové aktivity s následným gaspingem (lapavé dechy). Srdeční frekvence se zpomaluje a dochází k poklesu teploty organismu.

## Umírání a smrt

Umírání organismu je proces, který předchází smrti, jenž má za následek selhání funkcí orgánů. Může trvat různě dlouhou dobu od velmi rychlé smrti až po několik hodin nastupující smrt. Tomuto selhání předchází rozvrat a dysfunkce regulačních mechanismů organismu. Stádia umírání se dělí na klinickou smrt, a smrt biologickou. [29,28,26,30]

U klinické smrti dochází k zástavě ventilace a cirkulace s reverzibilním poškozením mozku. Charakteristický je pokles  $pO_2$  (parciální tlak kyslíku v krvi), omezená míra látkové výměny, hypoxie a asfyxie. Nejvíce senzitivním orgánem na přísun kyslíku je mozek, který bez jeho dodávky nemůže adekvátně fungovat. Doba nástupu klinické smrti i v závislosti na přísunu  $O_2$  do mozku je cca 4-6 minut.

Smrt je nezvratná ztráta fungování organismu jako celku, u které typicky dochází ke ztrátě kardiopulmonálních funkcí organismu. Smrt zapříčiňují patologické procesy a pokud nedojde k jejich zastavení, reparaci anebo adaptaci, dochází k nezvratnému poškození vedoucí k právě zmíněnému k zániku organismu (smrti). Z patofyziologického hlediska dochází k poklesu  $pO_2$  v krvi následně hypoxickému poškození buněk, tkání a orgánů. Homeostáza buňky je poškozena při nedostatku ATP ze zmíněné hypoxie, kdy dochází k depolarizaci buněčné membrány a poklesu  $K^+$  iontů intracelulárně s jeho extracelulárním vzestupem a následkem toho k depolarizaci buněčné membrány. Proud  $Cl^-$  iontů zapříčiňuje zduření buňky. Při nedostatku  $O_2$  dochází ke změně metabolismu z aerobního na anaerobní s tvorbou laktátu, který má v důsledku toho vliv na pH buňky (acidóza cytosolu), útlum glykolýzy a tím eliminaci konečného zdroje ATB buňky. Z praktického hlediska se udává doba okamžiku smrti tehdy, pokud dochází k nezvratné zástavě srdeční činnosti. Po nástupu smrti dochází k rychlému odumírání buněk a buněčných systémů. [19,26,28,30]

## Postižení orgánů

### Srdce

Selhání srdce je nejčastější příčinou smrti u srdečních chorob a souvisí s náhlou zástavou oběhu. Orgán přestává fungovat jako pumpa a taktéž přestává generovat svou elektrickou aktivitu vycházející z jeho převodního systému. U těchto dvou poruch dochází k městnavému srdečnímu selhání. Městnání krve (kongesce) před srdcem ve venózní části (selhání vzad) a poruchou metabolismu vznikající na podkladě poruchy



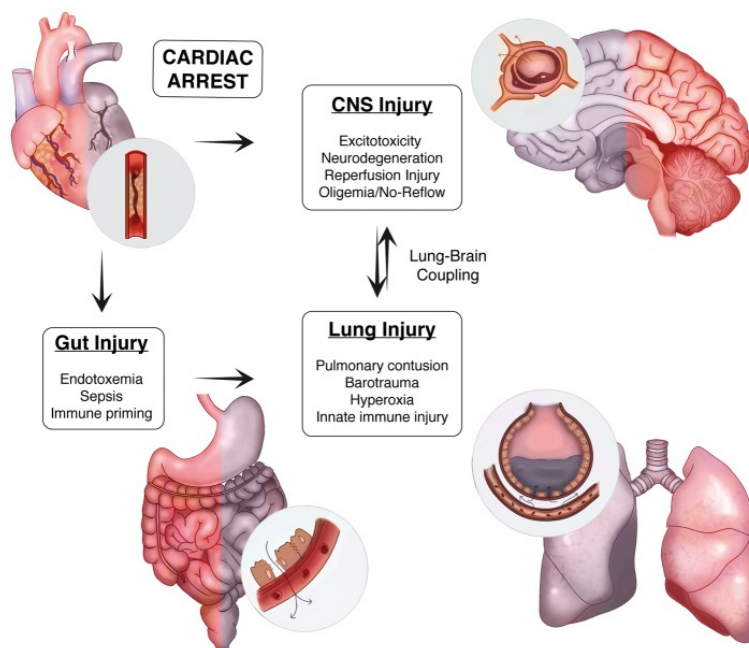
srdečního výdeje s rozvojem kardiogenního šoku. Makroskopicky dochází na srdci k projevům dilatace, hypertrofii a poruše funkce. Projevy mimo srdce jsou charakteristické edémy, indurací a venostatickým postižením. Selhání srdce se dělí na dvě klinické jednotky levostranné a pravostranné. [26,27]

## Plíce

Postižení plic v průběhu NZO souvisí s vasokonstrikcí při vypavení katecholaminů, ale také přímo po proběhlých a probíhajících kompresích hrudníku. Dochází k poškození plicních kapilár, ke kongesci s následným vznikem plicního edému. Iatrogenní postižení souvisí s průběhem KPR (barotraumata, atelektatické postižení, mechanické postižení). [26,27,31]

## Mozek

Při náhlé zástavě oběhu dochází k ischemii mozku, kterou rozdělujeme podle rozsahu, délky trvání a změn související především s reperfučním postižením mozku. U somatické smrti dochází ke *kompletní ischemii mozku* po zástavách krevního oběhu, poruchách srdečního rytmu, šokových stavech a úrazech k *ischemii globální*. Nejtěžší formou této ischemie je mozková smrt vyúsťující v mozkový edém, nárůst intrakraniálního tlaku a omezení průtoku krve mozkem. [26,27,31]



Obrázek 5 Organové postižení a propojení orgánových soustav při náhlé zástavě oběhu, Zdroj: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6547189/>

## **Jisté známky smrti**

### **Posmrtné skvrny (livor mortis)**

Červeno fialová zbarvení, která lze zatlačit prsty. Po smrti dochází ke klesání krve a tělních tekutin do míst těla, která jsou uložena nejnižše. Důvodem hypostázy je gravitační činitel. Tmavé zbarvení skvrn je dáno přítomností odkysličené krve. Výskyt skvrn je určen polohou těla mrtvého a taktéž tlakem např. podložky (u míst vystavených tlaku se skvrny nenachází). Rozsah a četnost skvrn jsou taktéž dány množstvím krve v krevním řečišti. Při vykrvácení je jejich rozsah menší. [30,29,19]

### **Tonneliho příznak**

Změna tvaru zornic při tlačení dvěma prsty na oční bulbus. Kontrakce pupily je nesourodá, její tvar se mění na oválný a při tlaku třemi prsty na trojhranný. Toto znamená se projevuje bezprostředně po smrti a trvá cca do 1-2 hod. od doby vzniku. Výjimku tvoří utonulí a oběšení pacienti, a také pacienti s glaukomem oka. [30,29,19]

### **Posmrtná ztuhlost (rigor mortis)**

Tento znak se vyskytuje s časovým odstupem. Postupně dochází dle Nystena k výskytu od hlavy směrem kaudálním a ve stejném pořadí dochází k jejímu ústupu. Dochází k poruše elasticity svalových vláken z důvodu posmrtného rozštěpu molekuly ATP. Při výskytu většího množství glykogenu, který do jisté míry nahradí molekulu ATP může ke ztuhlosti docházet později. Celkový projev ztuhlosti předchází ochabnutí bezprostředně po smrti. Vnitřním orgánem, u kterého nastává tento jev jako jeden z prvních je srdce. Faktory, které ovlivňují výskyt a nástup rigor mortis jsou (zevní prostředí, svalová hmota, látková výměna, atmosférická dostupnost kyslíku, příčina úmrtí). [30,29,19]

### **Chladnutí těla (algor mortis)**

Pokles teploty těla závisí na teplotě vnějšího prostředí, ve kterém se mrtvé tělo nachází. Mezi faktory, které ovlivňují rychlost chladnutí patří oblečení, vrstva podkožního tuku, velikost těla, způsob úmrtí a zevní prostředí. V uzavřených prostorech dochází k chladnutí pomaleji než ve venkovním prostředí. Proces chladnutí není na těle

vždy jednotný. Nejprve dochází k poklesu na periférii, následně dochází k ochlazení jádra. Tento posmrtný znak slouží k určení doby smrti. [29,30,19]

### **Zasychání kůže a sliznic**

Podkladem zasychání je nižší výskyt vody v horních tělesných partiích z důvodu poklesu tekutin na podkladě gravitačního spádu. První lokalizace jsou ty, které byly v průběhu života vlhké (ústa, rty, rohovka, spojivky, genitál...). Plochy exponované vysychání postupně tuhnou a dochází k tzv. pergamenovitému vzhledu. Zasychání oka se projeví výskytem příčného pruhu u otevřených sklér, rohovka se postupně zakaluje. Na vnitřních orgánech se zasychání projevuje slepováním orgánových struktur. Následkem tohoto procesu dochází k úbytku hmotnosti těla mrtvého. [29,30]

### **Biologičtí činitelé**

Rozklad mrtvol je urychlen působením činitelů. Tento rozklad je ovlivněn také ročním obdobím. K tomuto procesu dochází při kladení muších vajec do tělních otvorů a ran, ze kterého se následně líhnou larvy, následně po zakuklení mladé mouchy. Nález druhu hmyzu může signifikovat délku stáří mrtvol, popř. může být nápomocen u určení místa úmrtí, pokud se jednalo o násilný trestný čin. [29,30]

### **Hnilobný rozpad (autolýza)**

Chemické procesy, které nastupují bezprostředně po smrti. Jsou aktivovány vlastními enzymy vyvolávajícími změny tkáňových a buněčných struktur tzv. posmrtné samonatravení. V rámci lokalizace dochází k těmto procesům uvnitř buňky (intracelulární autolýza), nebo na úrovni orgánových struktur (orgánová autolýza). Největší přítomnost enzymů se vyskytuje na úrovni gastrointestinálního traktu. Následně dochází k rozkladu těla působením hnilobných bakterií. [29,30]

### **Mumifikace**

Mumifikace nastává působením zevního prostředí, kdy dochází k vysychání vlivem sucha, tepla a větru ke ztrátě vody. Proces trvá i několik let.

## **Adipocire**

Adipocere neboli zmýdelnění, je děj který nelze zcela spolehlivě objasnit. Dochází k výskytu mazlavé hmoty, resp. tvorbě mýdlové hmoty na vzduchu zasychající, která vzniká na podkladě štěpení mastných kyselin s reakcí s ionty. [29,30]

### **3.4 Doporučené postupy kardiopulmonální resuscitace u náhlé zástavy oběhu (NZO)**

Kardiopulmonální resuscitace je soubor navazujících jednoduchých postupů, které mají za cíl neprodlenou obnovu dodávky kyslíku (O<sub>2</sub>) do tkání u pacientů s náhlou zástavou oběhu (NZO), u kterých došlo k selhání jedné nebo více základních vitálních funkcí a zabránit tak nezvratnému poškození životně důležitých orgánů a organismu, které by bez těchto úkonů vedlo k nezvratné smrti. [19] Selhání jednotlivých vitálních funkcí (dýchání, oběh a vědomí) je vždy stav urgentní, a vždy je proto důležité zahájit včasné KPR.

V souladu s principy EMB (Evidence-Based Medicine) jsou publikována doporučení, která uvádí a demonstrují návod ke klinickému použití poskytovatelům neodkladné péče z laické a odborné veřejnosti. Vývoj těchto doporučených postupů je založen na množství klinických studií a výzkumů a především na celosvětově mezinárodní spolupráci organizací a společností ILCOR (International Liaison Committee On Resuscitation) ERC (European Resuscitation Council), AHA (American Heart Association) a dalších. [32,33]

Neodkladná resuscitace se dělí na dvě části v závislosti na typu „poskytovatele“. Základní neodkladná resuscitace BLS (Basic Life Support) a rozšířená neodkladná resuscitace ALS (Advanced Life Support). Obě tyto části na sebe navazují a úzce spolu souvisí.

**Řetězec přežití** představuje sled událostí a úkonů, které na sebe musí navazovat a musí být zahájeny v rychlém sledu proto, aby se maximalizovaly šance na přežití pacienta. Tento způsob má za cíl poučit veřejnost o její zásadní roli v zahajování KPR u NZO. Každý článek tohoto řetězce na sebe těsně navazuje a navzájem spolu souvisí. Užití tohoto řetězce se využívá především v terénní přednemocniční neodkladné péči,

ale také v nemocničním prostředí u kritických pacientů, jenž jsou v kritickém ohrožení života anebo v NZO. [85]

## **Rozpoznání**

K nejlepším výsledkům přežití pacientů dochází při včasném rozpoznání rizika NZO s rychlým příjezdem záchranářských složek. Pokud již NZO nastala, je důležité rozpoznat její známky, které zahrnují bezvědomí a nepřítomnost normálního dýchání. [16,81,82,83]

## **Okamžité a včasné zahájení KPR**

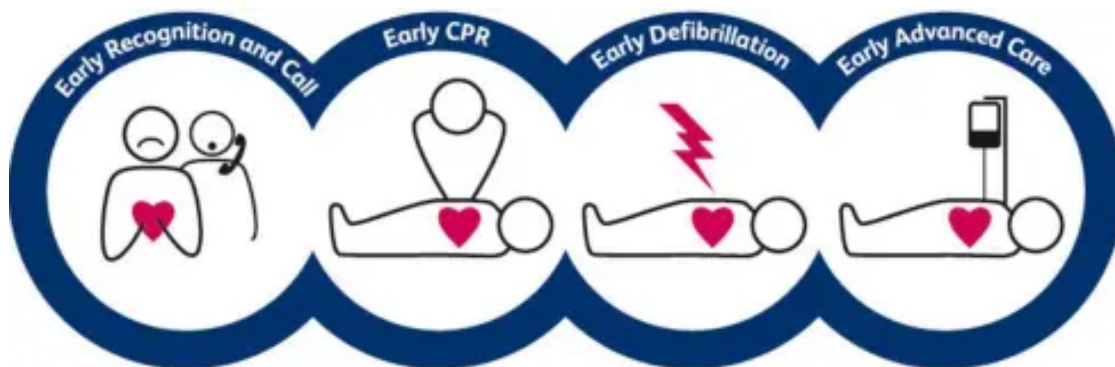
Šance na přežití u NZO se několikanásobně zvyšuje okamžitým zahájením KPR. Masáž srdce se provádí u proškolených záchránců v kombinaci s umělými vdechy. Pokud záchránce není vyškolený v KPR, je nutné postupovat dle pokynů TANR (telefonicky asistované resuscitace) za asistence operátora KZOS (krajského zdravotnického operačního střediska). [77,78,79]

## **Defibrilace**

V rámci neodkladné laické resuscitace (BLS) je defibrilace prováděna přístroji AED (automatické externí defibrilátory), které jsou umístěny do veřejně přístupných prostor s vysokým výskytem populace. Včasné podání defibrilační výboj zvyšuje šanci na přežití ve více jak 50 % případů NZO. [33]

## **Včasně zahájená rozšířená KPR a poresuscitační péče**

ALS (Advanced Life Support) je na místě v případě přetrvávání NZO a neúspěšnosti resuscitačních pokusů BLS. V rámci rozšířené KPR navazuje na ALS poresuscitační péče, která má zásadní vliv na přežití pacienta.

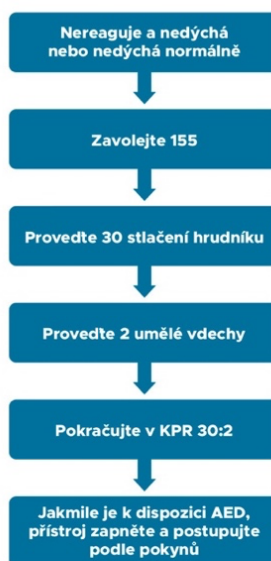


Obrázek 6 Řetězec přežití, Zdroj: <https://vmas.nhs.uk/2015/12/07/the-chain-of-survival-that-saved-steves-life/>

## BLS (Basic Life Support)

Základní neodkladná resuscitace, kterou provádí svědci při náhle vzniklé zástavě oběhu. BLS má v tomto případě zásadní význam u KPR při vzájemné kooperaci operátora tísňové linky a svědky události. Klíčové je včasné rozpoznání srdeční zástavy svědkem, přivolání odborné pomoci, zahájení hrudních kompresí, sledování kvality kompresí a nasazení automatického externího defibrilátoru. [16] Skupina pro doporučené postupy resuscitace (BLS) z roku 2021 zachovala podobnost algoritmů z předešlých let (2015) [16], pro ochotu a sebedůvěru laických záchránců poskytnout pomoc u náhle vzniklé zástavy oběhu. [33] Doporučené postupy uvádí zahájení u jakékoliv osoby, která nedýchá nebo dýchá neadekvátně. [74]

U těchto postižených by měli záchránci adekvátně provádět srdeční masáž a v případě adekvátního proškolení i umělé dýchání. Vysoká kvalita kompresí hrudníku má veliký vliv na výsledky přežití postižených. *Moriwaki Y, et. al* [76] popisuje nízké riziko komplikací oproti nezahájení kompresí hrudníku, ale jsou popisovány klinické případy poranění po zahájení laické resuscitace. [77] Užití pomůcek k manuální kompresi udává *Bernhard Zapletal, et al.* [75] jako neprospěšné, vzhledem k prodlevě zahájení včasné srdeční masáže.



Obrázek 7 BLS (Basic Life Support), Zdroj: <https://www.resuscitace.cz/files/files/0/s0qgy/cz-bls-algorithms-portrait.pdf>

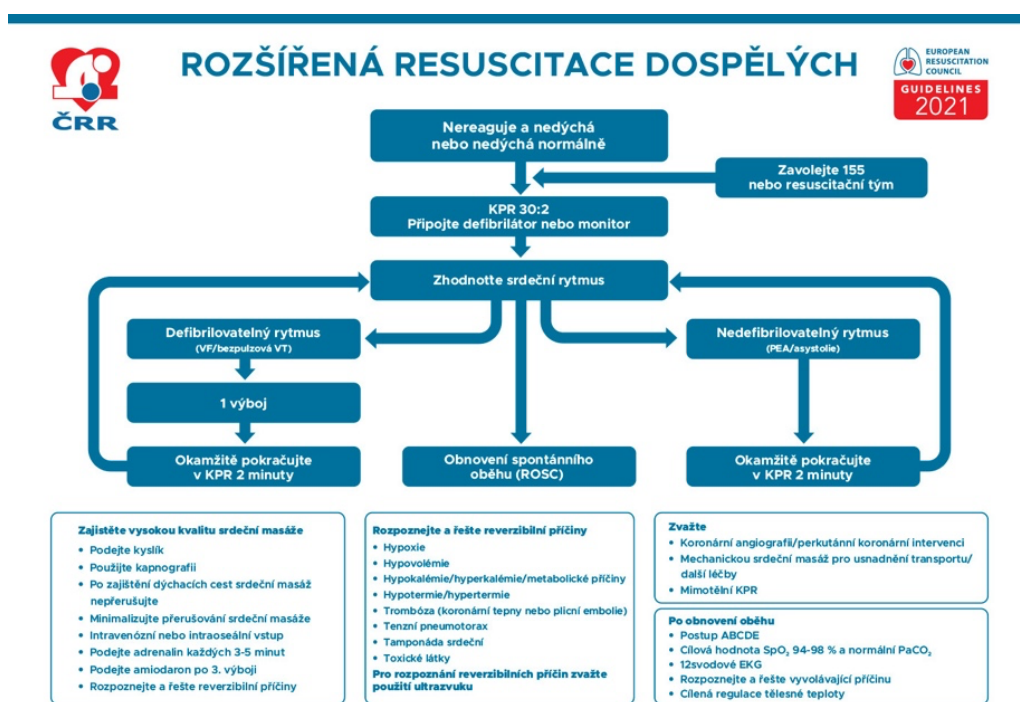
## ALS (Advanced Life Support)

ALS je soubor medicínských postupů neodkladné resuscitace, který provádí erudovaný zdravotnický personál na úrovni přednemocniční a nemocniční neodkladné péče, intenzivní péče, operačních sálů a zdravotnického zařízení. Tento soubor algoritmů zahrnuje přítomnost a užití plné výbavy určené k resuscitaci a možnost podání léků a taktéž zajištění vysoké úrovně urgentní a intenzivní péče o kriticky nemocného, u kterého selhávají vitální funkce a hrozí riziko NZO. [32]

Podle nejnovějších algoritmů nedošlo k zásadním změnám v rozšířené neodkladné resuscitaci [33] a je nadále kladen opětovný důraz na vysokou kvalitu kompresí hrudníku s minimálním přerušením a včasné zahájení defibrilace u defibrilovatelných rytmů. Tyto aspekty zvyšují pravděpodobnost přežití u pacientů, kteří prodělali náhlou zástavu oběhu. NZO lze preventabilně předcházet, a proto je důležité zaměřit pozornost na prodromy které k této zástavě vedou. [33,16] NZO vzniká na podkladě přítomnosti srdečních rytmů, které se dělí do dvou skupin na nedefibrilovatelné (asystolie, bezpulsová elektrická aktivita) a defibrilovatelné (fibrilace komorová fibrilace VF a bezpulsová komorová tachykardie pVT). Zásadní rozdíl u těchto dvou skupin je ve včasné podání defibrilačního výboje pomocí defibrilačního přístroje.

V případě přítomnosti defibrilačních rytmů (VF, pVT) dochází po nalepení elektrod za nepřerušování hrudních kompresí v poměru 30:2 k podání defibrilačního bifazického (150-200 J) nebo monofazického (360 J) výboje. [32] Po aplikaci výboje dochází k následným kompresím hrudníku po dobu 2 minut do zhodnocení srdečního rytmu a přerušeni masáže by nemělo trvat déle než 5 sekund. V případě opětovné přítomnosti defibrilačního rytmu opakujeme podání výboje v tzv. cyklech (viz algoritmus ALS). V případě, že se opět vyskytne VF, pVT i po třetím defibrilačním výboji, zahájíme dle doporučení ERC podání léků Amiodaron 300 mg i.v. (intravenózně) a po pátém výboji podání dalších 150 mg i.v. [16]

Poranění asociované s defibrilací se vyskytuje jak na straně pacientů, ta i na straně samotných záchránců. *Stockwell, et. al.* [87] popisuje kazuistický případ poranění záchránce po aplikaci defibrilačního výboje pacientovi. *Gibbs W et. al.* [88] popisuje výskyt šokových stavů a popálenin u záchránců, kteří aplikovali defibrilační výboj pacientovi. *Rudinská LI et. al* [89] ve své práci zmiňuje popáleniny a vznik rhabdomyolýzy u pacientů po KPR. U nedefibrilovatelných rytmů (asystolie a bezpulsová elektrická aktivita PEA), dochází k aplikaci kvalitní srdeční masáže co nejdříve, s minimálním přerušováním kompresí hrudníku, na které navazuje podání umělých vdechů. Lékem volby u NZO s výskytem nedefibrilovatelných rytmů je adrenalin 1 mg. i.v. po zajištění cévního vstupu. [19,32,33]



Obrázek 8 ALS (advanced life support) algoritmus rozšířené neodkladné resuscitace u NZO. Zdroj: <https://www.resuscitace.cz/files/files/0/abmu/cz-als-algorithms-advanced-life-support.pdf>



### 3.4.1 Reverzibilní příčiny NZO (4H, 4T)

#### Hypoxie

Je zvratnou příčinou NZO, proto je důležité ji při kardiopulmonální resuscitaci prioritně řešit. V dětské populaci se vyskytuje čteněji než v populaci dospělé. Vzniká na podkladě asfyxie. Výsledky přežití po hypoxické zástavě jsou u pacientů ovlivněny délkou srdeční zástavy a převážná většina přeživších následně vykazuje závažné neurologické postižení mozku. [19,33] Primárně převládá ischemické postižení mozku s následným sekundárním reperfučním poškozením po proběhlé kardiopulmonální resuscitaci. [56] U hypoxie dochází ke generalizované hypoperfúzi mající za následek strukturální změny na orgánech. [52]

- Myokard (mikroinfarkty, zvlnění svalových buněk, tvorba edému).
- Plíce (difuzní poškození alveolů, vazodilatace, tvorba edému, hyalinních membrán s následkem DIC).
- Mozek (anoxická encefalopatie, ischemické zóny v povodí mozkových tepen).
- Dále postižení ledvin, nadledvin, jater, orgánů splanchnické oblasti.

#### Hypovolemie

Pokles intravaskulárního objemu má za následek hypovolemickou NZO. Nejčastější příčinou tohoto typu poškození je posttraumatická hemoragie. Další možné „relativní typy“ hypovolemie jsou anafylaktický šok příp. septické stavy. Mezi život zachraňující výkony patří ty, jenž urychleně obnoví opětovně zvýšení množství intravazálního objemu cévního řečiště (parenterální terapie, doplnění krevních ztrát, zástava krvácení, řešení primárně vyvolávající příčiny). V současných doporučeních je zřejmé využití ultrasonografie k diagnostice hypovolemické NZO v průběhu resuscitace. [57,16,33]

#### Hypotermie, hypertermie

Termické vlivy zevního prostředí jsou příčiny, které vedou k náhlé zástavě oběhu. Náhodná akcidentální hypotermie je popisována jako pokles teploty tělesného jádra <35 °C. Hypotermie se dělí na lehkou 32-35 °C, střední 28-32 °C a těžkou pod 28 °C. V odborných doporučeních je více používán tzv. Swiss staging systém. [57]

Opakem výše uvedené hypotermie je hypertermie vznikající působení vyšších teplot nad 39 °C, které následně vedou k vyčerpání organismu multiorgánové dysfunkci (MODS) s následující náhlou zástavou oběhu. Základem terapie hypertermie je primárně ochlazování teploty tělesného jádra (přesun do chladnějšího prostředí, aktivní ochlazování, farmakologická náhrada tekutin). [57,33,32]

### **Hyperkalemie, hypokalemie, elektrolytové poruchy**

Poruchy elektrolytů mohou způsobit nejčastěji maligní arytmie s následkem NZO. Hyperkalemie je metabolická porucha s množstvím kalia v plazmatické koncentraci vyšší než 5,5 mmol/l a těžká hyperkalemie vyšší než 6 mmol/l. Pacienti s poruchami srdečního rytmu jsou ohroženi potenciální maligní arytmií. Hyperkalemie je porucha související nejčastěji s poruchou ledvinných funkcí. A je vysokým rizikem vzniku NZO u pacientů s onemocněním ledvin. Základní terapeutickou metodou je (protektce myokardu, transport kalia zpět do buňky, eliminace z organismu, hemodialýza s následnou monitorací.

Hypokalemie je porucha se sníženým množstvím  $K^{+}$  iontů  $<3.5$  mmol . Mezi její nejčastější příčiny řadíme poruchy GIT, ztráty způsobené renálním vylučováním, endokrinní poruchy a metabolickou alkalózu. Terapie spočívá v náhradě deplece a monitoraci vitálních funkcí. [57,32,33,16,19]

### **Tenzní pneumotorax**

Tento život ohrožující stav se vyskytuje až u 13 % pacientů s NZO traumatické etiologie. [16,19] Dochází ke kolapsu plic, zvětšení nitrohruďního tlaku, jenž má za následek hromadění vzduchu v pohrudniční dutině. Příčinou je postižení plic v oblasti trachey a bronchiálního stromu např. v důsledku její ruptury, anebo postižení kontinuity hrudní stěny. Proud vzduchu funguje na podkladě „jednocestného ventilu“, kdy v inspiriu vniká do pohrudniční dutiny, ale v expiriu se začíná hromadit a narůstá nitrohruďní tlak. Jak se nitrohruďní tlak zvyšuje, je ovlivněna ventilace a klesá žilní návrat k srdci. Pokles srdečního výdeje spojeného se zhoršující výměnou plynů vyústí v hluboký šok a dochází k přesunu mediastina na stranu zdravé plic. Základem terapie je promptní punkční dekomprese hrudníku na postiženou stranu. Dle současných doporučení

o resuscitaci v rámci 4H4T je užití jednoduché torakostomie prvním krokem hrudní drenáže u resuscitace pacientů. [19, 61, 62]

*Smith JE et. al* [63] ve své práci poukazuje na účinnost bilaterální torakostomie u traumatické NZO. Jiné práce poukazují na klinické případy způsobené iatrogeně. [64] Buschmann CT, et. al., [65] uvádí klinický případ vzniku tenzního PNO v průběhu NZO.

### **Srdeční tamponáda**

K srdeční tamponádě dochází při útlaku srdečních oddílů nahromaděním serózní tekutiny (*hydroperikard*) nebo krve (*hemoperikard*). [67]

Při traumatické tamponádě umožňuje rána tekutině (především krvi) kumulovat mezi perikardiální vak a srdce. Nejčastěji je tamponáda způsobena neúrazově (ruptura pokračující nekrózy v rámci akutního infarktu myokardu) a u traumat pak bodným poraněním srdce. Tento inzult může způsobit průnik krve komorami nebo tržnou ranou do srdečního svalu.

Vak osrdečníku je složený z fibrózní a elastické tkáně a obsahuje fyziologicky malé množství tekutiny. Vzestup perikardiálního tlaku brání žilnímu návratu k srdci. Toto v následném pořadí snižuje srdeční výdej, tlak krve a snížení tepového objemu. S každou srdeční kontrakcí může perikardiálním vakem pronikat další krev, může limitovat srdce v následné kontrakci. Tento prohlubující stav může vyústit v PEA (Pulseless Electrical Activity).

Nárůst tlaku v perikardu vyúsťuje ve fyziologii srdeční tamponády. Střelné poranění srdce má ve většině případů za následek rychlé vykrvácení do hrudní dutiny. Tupá ruptura srdeční komory může vyústit v srdeční tamponádu, ale častěji způsobuje vykrvácení. Základem diagnostiky je tzv. Beckova triáda (pokles arteriálního a vzestup žilního tlaku krve, oslabení srdečních ozev). Přežití je ovlivněno provedením okamžité dekomprese perikardu perikardiocentézou za ultrazvukové kontroly. [62, 32, 67]

Jsou popisovány klinické případy vzniku srdeční tamponády v souvislosti s hrudními kompresemi *Aoyagi, Shigeaki et al.* [68] Taktéž je demonstrován případ pacienta s lacerací perikardu zlomenými žebry po energické resuscitaci s následkem srdeční tamponády. [69]

## Toxiny

Úmrtí na akutní intoxikace jsou přítomna méně častěji i když v klinické praxi jsou intoxikace poměrně časté. Nejčastější příčiny intoxikací jsou ty, které vznikají na podkladě abúzu návykových látek, sebevražedných pokusů a dále náhodné otravy. Závažnost intoxikace a klinický stav ovlivňují především farmakologické vlastnosti dané látky, místo vstupu, zdravotní stav, doba a množství užití látky. Projevy intoxikací souvisí s poruchou funkce postižené orgánové soustavy. Základem terapie intoxikací jsou eliminace toxické látky, dekontaminace a podání antidot. [19,31,16]

NZO po akutních otravách se častěji vyskytují u mladších pacientů na podkladě užití návykových látek. Intoxikace opiáty mají horší výsledky přežití. [70]

## Trombembolie (Plicní embolie, koronární trombóza)

**Plicní embolie** je závažnou komplikací náhlé zástavy oběhu (NZO). Její četnost u pacientů zahrnuje 2-9 % v přednemocniční neodkladné péči a 5-6 % u pacientů s nemocniční zástavou oběhu. Vznik plicní embolie zapříčiňuje obstrukce plicního řečiště nejčastěji trombem v ojedinělých případech může být PE z důvodu jiných příčin (tuková, plodovou vodou, vzduch). [19] Mezi zdroje trombů patří nejčastěji krevní sraženiny způsobené vznikem trombózy dolních končetin, žilních pánevních pletenců, tromby velkých žil, srdečního ouška. Netrombotické formy PE (vzduchová, tuková) se vyskytují častěji u intravenózního užívání drog, případně u fraktur, kdy lze v plicním řečišti nalézt fragmenty kostní dřeně.

Diagnostika plicní embolie při NZO je obtížná a opírá se o důkladně odebranou anamnézu, klinické vyšetření, znalost skórovacích systémů, EKG vyšetření, echokardiografii a CT angiografii. [32,33]

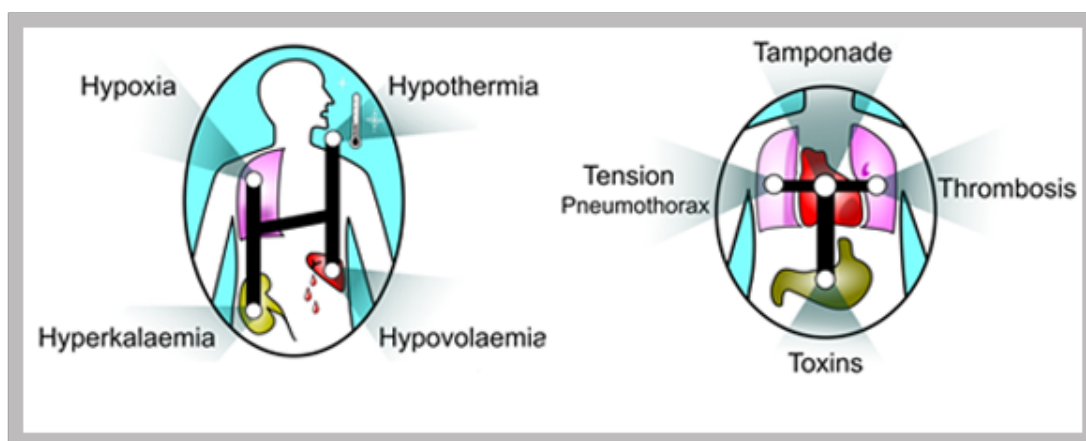
Terapie plicní embolizace spočívá v podání systémové trombolýzy, chirurgická a mechanická trombektomie a podpůrná (ECMO terapie). [19] Podání trombolýzy v přednemocniční péči jako přínos v situacích u NZO, kdy nelze najít jiné řešení, převažuje nad potenciálními riziky z důvodu jejího podání. [16]

*Kürkcuyan I wt. al.*, [71] ve své studii nadále poukazuje na vysokou mortalitu, kdy její výskyt u NZO prokazují pitevní nálezy. *Mata R, et al.* [73] poukazuje na benefit užití mimotělní membránové oxygenace u pacientů s NZO u plicní embolizace.

**Koronární trombóza** na podkladě ischemické choroby srdeční (ICHS) je velmi častou příčinou náhlé zástavy oběhu u pacientů s úvodním defibrilovatelným rytmem fibrilace komor (FIK). U ICHS dochází k úplné, nebo částečné obstrukci koronárního řečiště s následným ischemickým anebo nekrotickým postižením srdečního svalu. Mezi formy tohoto onemocnění se řadí angina pectoris (AP) a infarkt myokardu. U anginózního postižení cév dochází k reverznímu postižení srdečního svalu, u kterých nedochází k projevu akutního infarktu myokardu. Formy AP dle patologického rozdělení zahrnují Prinzmetalovou, stabilní a nestabilní AP. Nekrotické postižení myokardu je nejdůležitější formou ICHS. Je popisováno jako infarkt myokardu (IM), u něhož dochází k nekróze kardiomyocytu již po 15-20 min. akutního cévního uzávěru. Z klinického hlediska se rozděluje AIM na dva typy. První typ transmurní závažnější AIM (Q infarkt) a non Q netransmurní. [67] Diagnostika akutních koronárních syndromů se opírá o odběr anamnézy, důkladné klinické a fyzikální vyšetření, EKG vyšetření, laboratorní vyšetření kardiomarkerů, echokardiografii a konziliární vyšetření. [19,32]

Terapie ICHS u NZO spočívá v promptní perkutánní intervenci s rekanalizací akutního uzávěru koronární tepny při NZO za kontinuální resuscitace a urychleném transportu na specializované pracoviště.

*McManus, David D et al*, udává tendenčně nemocniční úmrtnosti o více jak 50 % u pacientů s komorovou fibrilací po AKS. [74]



Obrázek 9 Reverzibilní příčiny NZO, 4H/4T, Zdroj: [https://lms.resus.org.uk/modules/m25-v2-als-algorithm/10346/m25/t05/content/m25\\_t05\\_005sr.htm#step3Anchor](https://lms.resus.org.uk/modules/m25-v2-als-algorithm/10346/m25/t05/content/m25_t05_005sr.htm#step3Anchor)

### 3.4.2 Hrudní komprese u KPR při NZO

#### Komprese hrudníku, masáž srdce

Hrudní komprese, které byly aplikovány zevně na hrudník jako nepřímá srdeční masáž, mohou být prováděny manuálně anebo za pomoci přístrojů k nepřímé mechanizované kardiopulmonální resuscitaci. Tyto komprese jsou spolu s včasnou defibrilací považovány za nejdůležitější postup u kardiopulmonální resuscitace. Principem kompresí hrudníku je distribuce okysličené krve (byť v omezeném množství) do životně důležitých orgánů, především do mozku, koronárního řečiště a splachnické oblasti. V ideálním případě může dojít k palpaci hmatatelného pulzu na karotidách. Základem úspěšného provedení je předozadní stlačení, kdy doporučená hloubka kompresí je 5-6 cm a frekvence 100-120 kompresí/min. v dolní polovině hrudní kosti [59] bez nejmenšího přerušování (maximálně do doby 10 vteřin) s následným uvolněním. Kompresí takto dochází ke zvýšení nitrohrudního tlaku, které následně navazuje na hrudní dekompresi, jenž je potřebná k efektivnímu žilnímu návratu k srdci. Důležitým aspektem pro efektivitu je tvrdá podložka pod pacientem při stlačování hrudníku. [33]

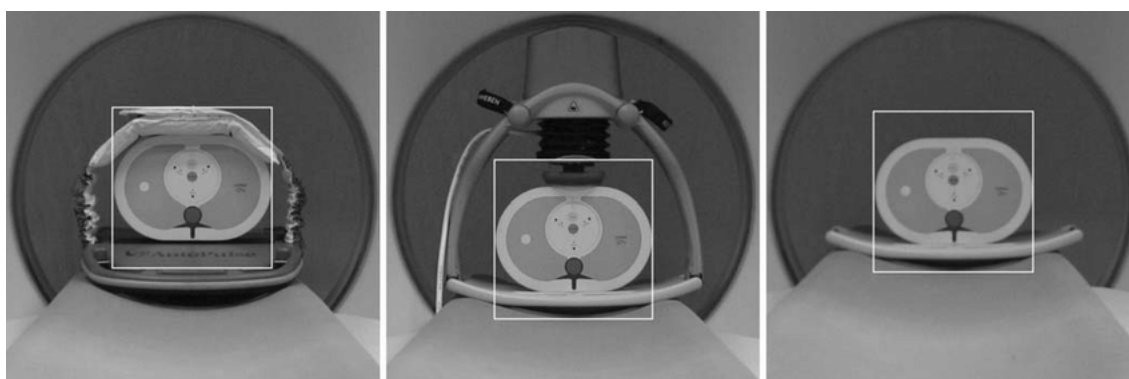
Kvalitně prováděné komprese jsou stěžejní determinantou u kardiopulmonální resuscitace. Studie naznačují, že nepřerušování kompresí hrudníku na úkor aplikace umělých vdechů mají zásadní vliv na přežití pacientů. [76] Rizika spojená s vážným poraněním po stlačení hrudníku jsou zanedbatelná v porovnání s fatálními následky, které mohou nastat u pacientů, kterým nebyl stlačován hrudník. [35]

V současné moderní resuscitační medicíně jsou k dispozici přístroje určené k mechanizovaným kompresím hrudníku při náhlé zástavě oběhu. Tyto přístroje se objevily v 70. letech minulého století. Limitace použití, byla velikost a jejich snížená dostupnost. [39] V současné době je jejich užití zohledněno ve specifických situacích, při kterých toto zařízení musí obsluhovat proškolený personál a jeho užití je uváděno v doporučených postupech. Užití přístrojů je určeno ke zlepšení efektivnosti srdeční masáže oproti manuálním kompresím. Cílem používání přístrojů pro mechanizovanou kardiopulmonální resuscitaci je poskytnutí efektivní a kvalitní masáže hrudníku bez přerušování i s ohledem na únavu záchránců. [40]

Klinické studie a výzkumy, které analyzovaly jejich užití v klinické praxi v posledních letech doporučují jejich aplikaci omezit na specifické resuscitační postupy, u kterých je jejich využití prospěšné pro pacienty.



Obrázek 10 Přístroje Corpulse CPR, Autopulse CPR a LUCAS II, Zdroj: <https://www.ecgmedicaltraining.com/cardiac-care-show-episode-1-mechanical-cpr/>



Obrázek 11 Jednotlivé umístění přístrojů k automatizovaným kompresím, průřez fantomem na přístroji CT, zdroj: [https://www.researchgate.net/figure/Positioning-of-the-phantom-and-the-automated-chest-compression-A-CC-devices-in-the-CT\\_fig2\\_24175802](https://www.researchgate.net/figure/Positioning-of-the-phantom-and-the-automated-chest-compression-A-CC-devices-in-the-CT_fig2_24175802)

### **LUCAS (Lund University Cardiopulmonary Assist System)**

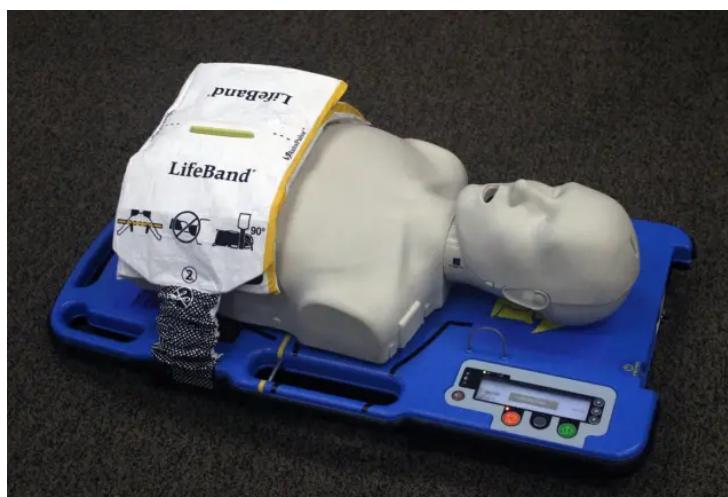
Tento přístroj je určen k mechanizované kardiopulmonální resuscitaci dospělých pacientů. Toto zařízení je v klinické praxi užíváno nejčastěji. Základem přístroje je řídicí jednotka, kde se nachází baterie tvořící elektrický pohon (LUCAS II) anebo řídicí část, která generuje komprese pomocí stlačeného vzduchu (LUCAS I), jenž přenáší pohyby na masážní píst přiložený na střed hrudníku pacienta. Postranní část tvoří ramena přístroje, která se upínají na desku zavedenou pod pacienta. *Truhlář A. et. al.* [50] uvádí vyšší četnost poranění hrudníku po užití přístroje LUCAS II v přednemocniční neodkladné péči u 72,7 % pacientů po naložení tohoto přístroje. Další práce potvrzují vyšší četnost poranění po užití přístroje LUCAS II. Mezi nejčastější poranění patří zlomeniny žeber. [51] Některé práce zmiňují možnost život ohrožujících viscerálních poranění [52] s doporučením uvážlivého užívání v průběhu CPR. [42,53,43,44,132]



Obrázek 12 Přístroj LUCAS II nasazený na pacienta, Zdroj: Autor

### **AutoPuls (Zoll, Chelsford, USA)**

Přístroj určený taktéž k mechanizovaným kompresím hrudníku, který je na rozdíl od přístroje LUCAS prostorově méně náročný. Základem je resuscitační deska, ze které je po stranách veden resuscitační pás sloužící k objetí pacienta kolem hrudníku. Stahy pásu následně vychází z resuscitační desky a zmenšují zado-přední rozměr hrudníku. Zjištěné práce udávají vyšší četnost poranění žebor v přednemocniční neodkladné péči<sup>12</sup> a je poukazováno na sériové zlomeniny žebor ve středních axilárních čarách, tržné poranění jater, sleziny a fraktury obratlů. [53]



Obrázek 13 Přístroj Autopulse nasazený na resuscitační figurínu, Zdroj: <https://geofire.org/2019/06/27/zoll-autopulse-now-at-georgetown-fire/>



## Corpulse CPR

Je relativně nové mechanicko–resuscitační zařízení určené k mechanizované KPR, které bylo v roce 2015 uvedeno na trh. [42] Tento přístroj se skládá ze základní desky (podložky, která se při masáži srdce přikládá pod pacienta), pohyblivého ramena, jež lze nastavit ve třech osách na střed hrudníku a dále ovládacím panelu. Eichron et al. [43,44] Ve svých pracích na zvířecích a umělých modelech popisuje pozitivní efekt lepšího průtoku krve orgány, vyšší střední arteriální tlaky a vyšší kompresní síly než u zařízení LUCAS II.



Obrázek 14 Přístroj Corpulse CPR nasazený na pacienta, Zdroj: Autor

## Kardiopumpa (CardioPump)

Tato pomůcka slouží k manuálnímu použití u zevní srdeční masáže pracující na systému aktivní komprese a dekomprese. Byla vyvinuta začátkem devadesátých let na univerzitě v San Franciscu. *Günaydin YK et al.* [45] neudává ve své studii při porovnání pacientů po masáži hrudníku manuálně a kardiopumpou žádný zásadní rozdíl u těchto dvou metod kompresí a He Q et al., [46] ve své práci uvádí pozitivní efekt v porovnání s manuální resuscitací.



Obrázek 15 Kardiopumpa ACD systém, Zdroj: <https://www.firstresponseaustralia.com.au/cardiopump.html>

Ačkoliv některé předešlé práce zdůrazňují pozitivní efekt při užití těchto pomůcek, *Kolopp M, et al.* [47] demonstroval dva závažné iatrogenní klinické případy, které ovlivnily přežití pacienta u použití kardiopumpy. V návaznosti na tuto práci v roce 2017 demonstroval *Rousseau, G et. al.* [84] další kazuistický případ pacienta s izolovaným střelným poraněním hlavy, který po užití ACD-CPR utrpěl oboustranné poranění žeber, masivní rupturu pravé síně a aortální lézy. Poranění mohou být ovlivněna věkem a pohlavím pacienta [48] a dle *Rabl W., et al.*, [19] výrazně zvýšit výskyt iatrogenního poškození.



Obrázek 16 Ilustrace kompresí kardiopumpou s následným otiskem kůže, Zdroj: Autor

### 3.4.3 Poranění hrudníku související s KPR

Kardiopulmonální resuscitace je život zachraňující výkon zahrnující aktivní komprese a dekomprese hrudníku nutné k obnově oběhu (ROSC). Při tomto mechanickém procesu vznikají síly, které mohou narušit tkáňové struktury hrudníku a mohou vést k jejich poškození s dysfunkcí. Poranění mohou vést k alteraci pacienta v průběhu srdeční masáže u NZO a mohou mít v důsledku vliv na další průběh resuscitace a péči po KPR. Zřídka dochází k závažným poraněním [111], která mohou zásadně ovlivnit průběh reanimaci pacienta a jsou život ohrožujícími komplikacemi.

Náhlá zástava oběhu je v podmínkách přednemocniční neodkladné péče (PNP) poměrně častá a tvoří četnou skupinu výjezdů posádek zdravotnické záchranné služby (ZZS). V souvislosti s kardiopulmonální resuscitací se posádky setkávají i se zraněním, která u této terapeutické metody mohou vzniknout. Některá tato poranění mohou mít v přímé souvislosti s KPR i fatální následek.

Práce zabývající se poraněními souvisejícími s kompresí hrudníku při KPR popisují traumata skeletu, měkkých tkání i orgánů hrudní dutiny, břišní dutiny a přidružených anatomických struktur [94]. V rámci České republiky vzniklo několik prací popisujících poranění v přednemocniční neodkladné péči (PNP), ve kterých jsou popsána poranění vzniklá v souvislosti se zevní srdeční masáží, a také s užitím přístrojů k mechanizovaným kompresím hrudníku. [106,50] Taktéž jsou publikována kazuistická sdělení, která popisují závažné poškození pacientů po KPR.

V souvislosti s KPR při provádění hrudních kompresí, které jsou aplikovány manuálně anebo pomocí mechanizovaných přístrojů se záchranáři, kteří provádějící masáž srdce mohou setkávat s různými typy poranění způsobených touto léčebnou metodou. [125] Při procesu aktivní komprese a dekomprese vznikají síly, které mohou narušit a poškodit tkáňové i orgánové struktury, vést jejich funkčnímu postižení a mohou takto bezprostředně přímo souviset s touto léčebnou metodou. Tato poranění mohou být pro pacienta závažnou komplikací v průběhu CPR, nebo následně po ní. V tomto důsledku dochází také k závažným poraněním, která mohou zásadně ovlivnit průběh reanimace pacienta a jsou život ohrožující. [127]

Inzulaty vznikající v průběhu KPR, mohou ovlivnit její následný průběh a mohou být pro pacienta závažné. Převážná část poranění se vyskytuje v oblasti hrudního koše, méně častá poranění břicha, hlavy a horní poloviny trupu. [113] Je uváděna vyšší četnost poranění u pacientů nepřeživších (87 %) v porovnání se skupinou pacientů, kteří přežili náhlou srdeční zástavu (13 %). [125] Další práce udává zanedbatelný rozdíl mezi mužským a ženským pohlavím a žádný zásadní rozdíl, zda byla masáž srdce prováděla laicky (BLS) anebo profesionály (ALS). [106]

Smrtelná poranění po kardiopulmonální resuscitaci zahrnují nejčastěji poranění srdce (srdeční tamponády, rupturu pravé komory s vykrvácením), tržné rány plic, poranění nitrobřišních orgánů (lacerace jaterního laloku, poranění pankreatu, ruptury bránice). [127,102,130,131,128]

Některé práce poukazují na nižší četnost výzkumů zabývajících se nitrohrudním poraněním a upozorňují na výskyt srdečních lézí, které jsou významnou komplikací související s hrudními kompresemi. [127]

### **Poranění u KPR při manuálních kompresích**

Manuální komprese aplikované při KPR a kvalita těchto kompresí při stlačování hrudníku mají veliký vliv na výsledky přežití. Je popisováno nízké riziko komplikací oproti nezahájení kompresí hrudníku.

Nejčastější poranění, která byla způsobena po manuálních hrudních kompresích zahrnovala exkoriace kůže, zlomeniny v oblasti hrudníku, a to fraktury žeber a sternu, zejména u starších pacientů. [110, 51] V nižší míře jsou zaznamenány případy těžkého postižení měkkých tkání, poranění vnitřních orgánů dutiny hrudní a dutiny břišní. [132] V ojedinělých případech i a méně časté zlomeniny, které nejsou typické.

### **Poranění u KPR při užití mechanizovaných přístrojů**

Poranění způsobená při provádění kompresí přístroji, které jsou určeny k mechanizované kardiopulmonální resuscitaci mohou být rozdílná a více rozsáhlá. Mezi nejčastější mohou patřit poranění pleury, mediastinu, břicha a srdečních komor. [109] Důležitým aspektem pro správné zhodnocení poranění po kompresích hrudi je informovanost a znalost těchto typů poranění v soudně lékařské problematice. Trauma

hrudníku vzniká nejčastěji působením zevních sil a je výsledkem tupého případně pronikajícího působení sil na hrudník. Důležité je proto poznat mechanismus těchto poranění.

*A Jain et. al* [90] popisuje z předešlých studií až 60% úmrtnost na trauma hrudníku. Je tedy zásadní včasné zhodnocení s následnou intervencí pro snížení letality. Hrudní poranění mohou být významná vzhledem k tomu, že hrudní orgány jsou důvěrně zapojeny do udržování okysličení, ventilace, perfuze a dodávky kyslíku do tkání. Pokud není poranění hrudníku rozpoznáno a vhodně léčeno, může vést k významné morbiditě. [61]

Tupé poranění hrudníku vzniká působením tupého násilí. Při jejich vzniku nedochází k poškození kožního krytu. Pokud dojde k rozložení sil, které na hrudník působí, nemusí být poranění hrudníku patrná, ale může dojít k závažným poraněním vnitřních orgánů dutiny hrudní. [19, 32, 60] Tupá síla působící na hrudní koš např. v motorovém vozidle, pádech z výšky nebo při pracovních traumatech může způsobit narušení normálních anatomických struktur a funkce hrudních orgánů. [34]

Otevřená poranění hrudníku jsou ta, u kterých se nachází otevřená rána. Dále se tato poranění dělí na penetrující a nepenetrující. Pronikající poranění mohou vzniknout následkem poranění střelnou zbraní, bodným poraněním, nebo při dopravních a pracovních úrazech. Tvoří asi 10 % z celkových poranění hrudníku. [32,60,61]

### **Kostěná část hrudníku (skelet)**

Nejčastější poranění hrudního koše jsou poranění žeber, žeberních chrupavek a hrudní kosti. Fraktury žeber jsou poměrně časté a vyskytují se izolovaně nebo jako vícečetné tzv. sériové zlomeniny.

Zlomeniny žeber hrudníku se vyskytují jako subperiostální, infrakce, nebo zlomeniny úplné. Podle lokalizace se vyskytují parasternálně, medioklavikulárně, v přední, střední a zadní axilární linii, subscapulárně dále pak paravertebrálně.

Sériové fraktury žeber vyžadují hospitalizaci. Pokud dojde k sériovým frakturám bilaterálně dochází ke vzniku paradoxního dýchání s rozvojem nestabilního hrudníku. *Liman ST. Et. al* [91] prezentuje ve své studii riziko vyššího výskytu úmrtnosti u pacientů s frakturami více jak dvou žeber.

## **Poranění žeberních chrupavek a sternu**

U poranění žeberních chrupavek dochází ke stejnému mechanismu jako u postižení žeber. Poranění se může vyskytnout na jakékoli úrovni chrupavky a projeví se jako rozvolnění spoje mezi chrupavkou a kostí nebo jako zlomenina.

*Boz. B et. al.* [92] ve své studii udává nízký výskyt poranění hrudní kosti a žeber 12 (13,2 %) při konvenční resuscitaci. *A Lederer W. et. al.* [93] poukazuje na podhodnocení výsledků poranění u klinických zobrazovacích vyšetření v porovnání se zjištěnými pitevními nálezy. *Krajl. Et. al* [94] avizuje ve své práci zvýšenou míru poranění kostěného skeletu při zvýšení intenzity a hloubky kompresí hrudníku. Riziko úmrtnosti je spojeno s početnějším postižením žeber. [92]

## **Poranění plic, dýchacích cest a mediastinu**

K tupým poraněním plic dochází především při deformitách hrudníku způsobených zevním násilím na dutinu hrudní, případně je zapříčiňují úlomky žeber způsobené jejich frakturou. [60,32]

### **Tracheobronchiální poranění**

Toto postižení vzniká paralelně při poranění hrudníku, případně v souvislosti s působením sil na exponovanou část krku. Mechanismus poranění vzniká při kompresi hrudníku předozadně a decelerací.

Penetrující poranění vzniká nejčastěji iatrogenním poškozením případně bodným poraněním. Místo poranění je nejčastěji na bifurkací trachey. Postižení trachey představují zlomeniny chrupavek a její ruptury. Neúplné trhliny, které vznikají se většinou léčí spontánně a jejich komplikace představují především zúžení tracheobronchiálního stromu. Totální ruptury trachey končí většinou smrtelně. [60,32]

### **Kontuze plic**

Plicní kontuze vzniká násilím přímým i nepřímým z důvodu tupých poranění. Síla, která působí na hrudník je přenášena na plicní parenchym. U tohoto typu inzultu dochází ke vzniku makroskopických i mikroskopických ložisek intraalveolárního

krvácení, k tvorbě perifokálního edému a potrhání intraalveolárních sept. Při postižení větších cév může dojít ke tvorbě intrapulmonálního hematomu zasahujícího i celou plíci. [32,66] Kontuze menšího charakteru zasahuje malé okrsky plic. Edém, který při kontuzi vzniká má za následek poruchu výměny krevních plynů s následnou tvorbou plicních atelektáz. [60]

### **Lacerace plic**

Trhliny plic jsou způsobeny při závažných inzultech a přítomnosti intenzivního násilí tupého i penetrujícího, u kterých se vyskytuje potrhání pleury. Tato postižení mohou vést až ke vzniku trhlin v oblasti plicního hilu anebo odtržení celé části plíce. U menších periferních postižení je přítomnost hemoragie plíce obvykle nižší a může dojít ke spontánnímu zastavení krvácení. U závažnějších centrálních poranění dochází s paralelním únikem vzduchu také k výraznému život ohrožujícímu krvácení. [32]

### **Hemothorax, pneumothorax**

Hemothorax je postižení, u kterého následkem poranění cév hrudníku dochází k výskytu krve v hrudní dutině. Krvácení vzniká postižením interkostálních cév a mamárních arterií. Závažná a mnohdy smrtelná krvácení vznikají v důsledku ruptury plic, srdce a velkých cév (aneurysma hrudní aorty) hrudníku. Ve velké většině případů je hemothorax kombinován s výskytem pneumothoraxu (PNO). U tupých poranění vzniká hemothorax u 25 %-35 % případů. [32,66,60]

Pneumothorax (PNO) je patologické nahromadění vzduchu v pleurální dutině a patří mezi častou a závažnou komplikací u hrudních poranění. Prezentují ho dvě formy (uzavřený a otevřený PNO). Vzduch, který se dostává do pleurální dutiny porušením viscerální a parietální pleury pochází z trhlin vzniklých na plicích případně orgánech nitrohrudní dutiny (jícen, tracheobronchiální strom) a také při otevřené formě PNO ze zevního prostředí.

Závažnou život ohrožující komplikací je forma přetlakového PNO, u kterého dochází při každém nádechu ke hromadění vzduchu v pleurální dutině pocházejícího ze zevního prostředí příp. z perforovaného bronchu. Následkem tenzního PNO dochází k přetlaku plíce a útlaku cév mediastina s poruchou venózního návratu k srdci. [32,66,60]

## Poranění srdce

Tato zranění jsou způsobena závažným poraněním hrudníku. Mohou být tupá i penetrující. Srdce může být postiženo jako celek, anebo po jednotlivých vrstvách (perikard, epikard, myokard, endokard).

Tupé poranění srdce *comotio cordis* (komoce srdce) může nastat při tupém nárazu na hrudník. Tato jednotka je specifická a diskutovaná. V důsledku tupého nárazu dochází k poruše převodního systému, která v důsledku může vyústit v NZO.

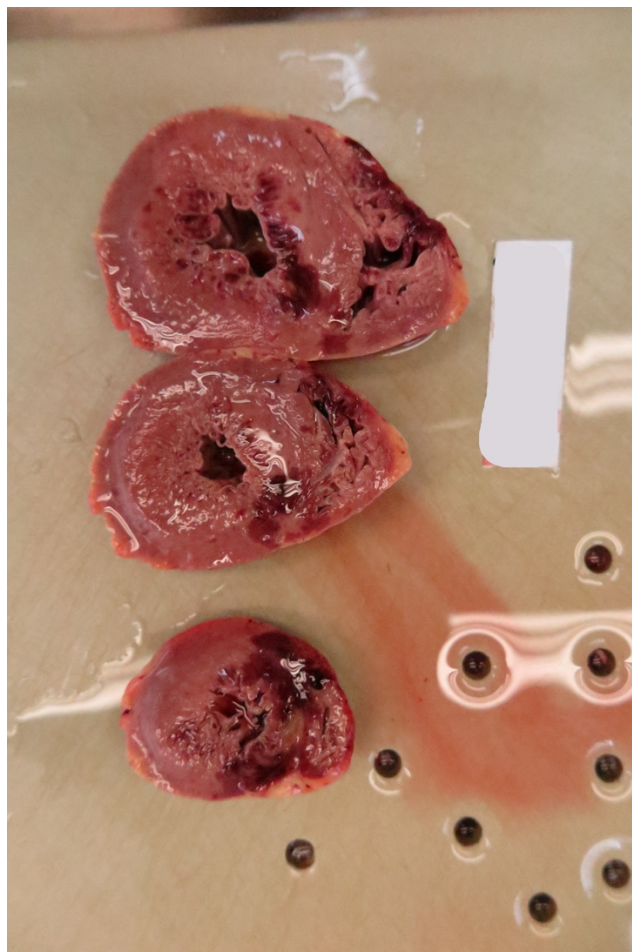
Kontuze srdce je morfologicky závažnější postižení, které může vyústit v selhání srdce jako „pumpy“ v 50-65 %. [32] V závislosti na působení zevních sil dochází výskytu transmurálních lézí, subepikardiálního hematomu a ruptury papilární svaloviny. Mikroskopicky lze pozorovat nekrotické poškození kardyomyocytů. Poškození cév koronárního řečiště se v důsledku může projevit trombózou s ischemickým poškozením a poškození velkých cév může mít za následek náhlou smrt s vykrvácením.

Penetrující poranění srdce vznikají porušením celistvosti srdce na podkladě působení zevních sil. Jejich výskyt z celkových hrudních poranění činí do 14 % [32,60] a nejčastěji jsou způsobena bodným a střelným poraněním. Jsou charakteristické pro svou vysokou letalitu. K srdeční tamponádě dochází, pokud rána srdce umožňuje tekutině (především krvi) kumulovat mezi perikardiální vak a srdce. Vak osrdečníku je složený z fibrózní a elastické tkáně. Ve vaku je normálně malé množství tekutiny, podobně jako v dříve popsané pleuře. Protože je osrdečník neelastický, tlak stoupá rychleji, jakmile se v něm kumuluje tekutina. Vzestup perikardiálního tlaku brání žilnímu návratu k srdci. Toto následně snižuje srdeční výdej a tlak krve. S každou srdeční kontrakcí může perikardiálním vakem pronikat další krev, která může limitovat srdce v následné kontrakci. S každou kontrakcí krve může vstupovat krev do perikardiálního vaku.

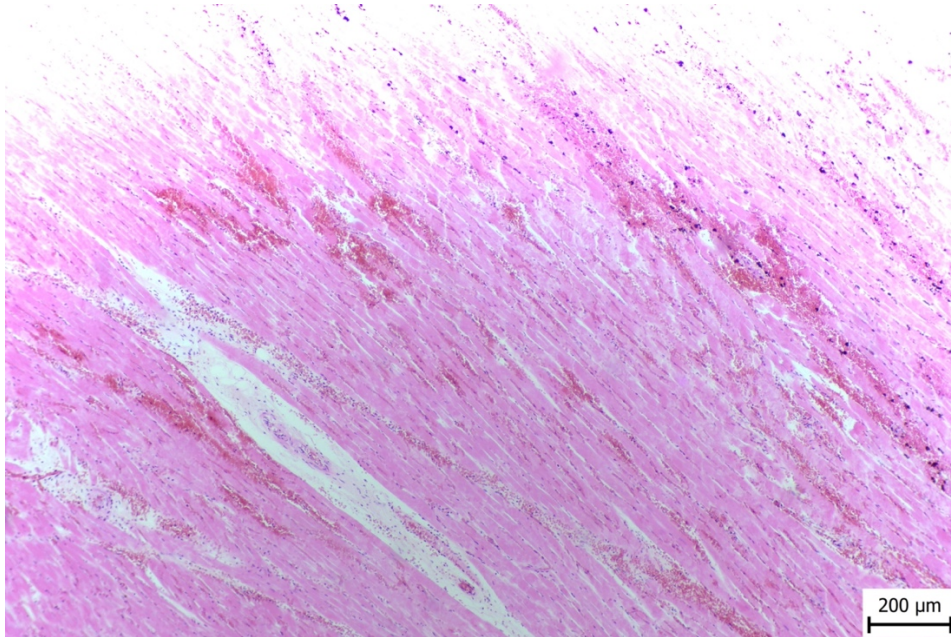
*Ihnat Rudínská et. al.* [89,113] udává vysokou četnost (41,2 %) výskytu poranění hrudníku spolu s postižením srdečního svalu, mající za následek potenciálně vysokou mortalitu u pacientů po KPR. *Hickey TB, et. al* [95] popisuje poranění a rupturu pravé komory u pacientky po KPR, která utrpěla s embolií plic. *Tatoli et. al.*, [103] demonstrují případ mladého muže po kolapsu, bez zjevného poranění s nálezem hemoperikardu a rupturou srdce, bez traumatických příčin.



Poranění srdce, a to především výskyt tamponády srdeční na podkladě ruptury myokardu nejsou v databázích četná. Miller AC et. al. [102] ve svém systematickém review popisuje případ výskytu tamponády srdce související s kardiopulmonální resuscitací a klade důraz na užití zobrazovacích ultrasonografických zobrazovacích metod při kardiopulmonální resuscitaci k vyloučení možných reverzibilních příčin (4H4T) vzniklých periresuscitačně. Další autor *Sokolove P E et al.* [130] Popisuje masivní souhrn závažných diagnóz (mnohočetné fraktury žeber, tržnou ránu plic a rupturu srdce) v souvislosti s kompresí hrudníku u pacientky, která těmto zraněním podlehla.



Obrázek 17 Makrofoto, zhmoždění obou komor srdečních s prokrvácením po KPR, Zdroj: Archiv ÚSL FN Olomouc



Obrázek 18 Mikrofoto, nekrotická svalová vlákna v rámci kontuze s prokrvácením a počínající lymfocytární celulizací, Zdroj: Archiv ÚSL FN Olomouc

### Poranění velkých cév hrudníku

K poranění velkých cév hrudníku dochází v důsledku mechanického poškození. V rámci toho dochází k částečnému nebo úplnému přerušení kontinuity těchto cév s následným krvácením. Při natržení dochází k narušení intimy cévy s následným vznikem trombotického postižení. Po roztržení dochází k rozvoji krvácení s tvorbou hematomu oblasti mediastina. [32]

Poranění velkých cév hrudníku mohou být tupá a penetrující z nichž nejzávažnější je poranění aorty. U těchto poranění dochází k tvorbě úplných ruptur (až 80 %), které mají v konečném důsledku za následek smrt. U neúplných ruptur dochází k inzultu intimy aorty bez porušení adventicie. U pacientů je naděje na přežití lepší tím, čím rychlejší je diagnostika tohoto postižení. [60] U neúplných postižení stěny aorty mohou vznikat trombotická postižení a následnou embolizací. Výskyt těchto defektů je nejčastější v oblasti aortálního oblouku, u odstupů při větvení a nad diafragmou.

*Venkatesh P, et. al.*, [98] popisuje klinický případ ruptury aorty související s kardiopulmonální resuscitací. Podobně je popisována disekce aorty *Lee JS, et. al.* [99] v místě kompresí hrudníku v oblasti 4.-5. žebra vlevo po 35 minutách trvající kardiopulmonální resuscitace. Taktéž je demonstrován případ s četným poraněním hrudníku v souvislosti s KPR s přidruženým sekčním nálezem ruptury ateromatozního plátu přední stěny ascendentní aorty. [100]

## **Dolní dutá žíla a horní dutá žíla (DDŽ a HDŽ)**

K poranění velkých mediastinálních žil dochází v důsledku tupého inzultu a jsou ve většině případů smrtelná. Komplikace těchto poranění představuje krvácení do hrudní dutiny s rozvojem dušnosti. Jejich výskyt je relativně vzácný. U penetrujících poranění tvoří jejich výskyt 12 %. [60,103]

*Krischer JP. Et. al.* [101] ve své práci demonstruje poranění horní a dolní duté žíly, které zahrnovaly perforace, kontuze a dále výskyt vzduchových bublin s krvácením lokalizované v adventicii horní a dolní duté žíly. *Miller AC et. al.*, [102] ve svém systematické review popisuje poranění podklíčkových cév a HDŽ po užití kardipumpy ACD-CPR.

## **Poranění jícnu a bránice**

### **Poranění jícnu**

Jícen je dlouhý trubicovitý orgán o délce přibližně 25 cm a jeho poranění souvisí především s penetrujícím poraněním eventuelně s poraněním v důsledku velkého tupého násilí. Mezi další příčiny se řadí postižení v důsledku uvíznutí tělesa v jícnu, případně iatrogenní postižení v souvislosti s diagnostickými procedurami. Jícnové inzulty patří do kategorie méně častých vzhledem k tomu, že stěna jícnu je elastická, jícen není fixován, a proto může mechanické energii ustoupit. Nejčastěji se vyskytují ruptury a krevní hematomy.

*Okumura K., et al* [122] demonstruje klinický případ pacienta s rupturou dolního jícnu a žaludku způsobeného gastrickou distenzí. *Pomeranz K. et al.* [123] demonstruje případ ruptury jícnu způsobený selháním intubace v kombinaci z kompresí hrudníku.

### **Poranění bránice**

Poranění bránice jsou asociována při silných tupých kompresích břicha až v 90 % případů, popř. stlačením dolní poloviny hrudníku. Poranění mohou vzniknout i proniknutím úlomků žeber, ale také při bodných inzultech působících na brániční sval. Tyto poranění jsou charakteristické vznikem trhlin bráničního svalstva, která je ve většině

případů pravostranné lokalizace z důvodu,, protektivní,, činnosti jater. U těchto poranění může docházet k herniaci orgánů dutiny břišní. [32,60,61]

*Dupont V. et. al.* [96] popisuje klinický případ ruptury bránice po kardiopulmonální resuscitaci v souvislosti s užitím přístroje Autopulse. Podobný klinický případ s herniací břišních orgánů u těhotné pacientky popisuje Haj-Yahia S. et. al. [97] I takto poranění bránice po kardiopulmonální resuscitaci zůstává spíše raritní.

### **3.4.4 Poranění dutiny břišní, orgánů břišní dutiny a poranění krku související s KPR**

#### **Poranění dutiny břišní**

Poranění břišní dutiny představují tupá a sdružená poranění vznikající často při polytraumatech a závažných úrazech. Mezi nejčastější typy se řadí poranění břišní stěny a poranění orgánů dutiny břišní.

Inzulty vznikají působením tupého násilí. Rozsah závisí na intenzitě působící síly a anatomických poměrech v dutině břišní. Úmrtí způsobená poraněním břišní dutiny jsou nejčastěji z důvodu vykrvácení do dutiny břišní a udušení z důvodu omezení pohybu dýchacího svalstva při břišní kompresi.

#### **Poranění břišní stěny**

Poranění mohou mít charakter tupých inzultů bez porušení kožního krytu a jeho kontinuity anebo s jeho poškozením. Postižené mohou být všechny vrstvy dutiny břišní (kůže, podkoží svaly a peritoneum) a tyto tkáně jsou devitalizovány a zhmožděné. Svalové partie mohou být poškozeny natržením fascie případně dezinzercí) odtržení svalu od jeho úponu. [60, 114]

#### **Poranění orgánů dutiny břišní**

##### **Poranění sleziny a jater**

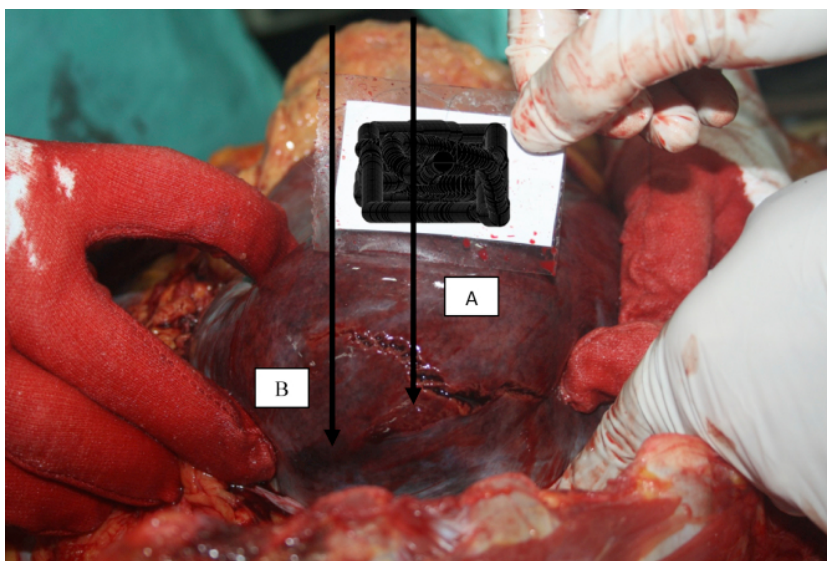
Poranění sleziny jsou častou komplikací u poranění břišní dutiny. Charakterizují je poranění tupá, ale i v kombinaci s rupturou způsobenou frakturou dolních žebere. Rozsah poranění představují kontuze, trhliny pouzdra sleziny až po těžké lacerace.

Nejzávažnější komplikací je těžká hemoragie s rozvojem hypovolemického šoku. [94,126]

Poranění nitrobřišních orgánů zahrnují nejčastěji lacerace jaterního laloku na levé straně, který úzce souvisí s mečovitým výběžkem hrudní kosti. Jejich výskyt je popisován v 0,6-3 % případů.[108] Faktory, které mohou ovlivnit průběh lacerace jaterního parenchymu mohou být obstrukce žil, antikoagulační terapie a patologické změny jater.

Játra jsou nejčastěji poraněným orgánem dutiny břišní. Inzulaty jater jsou způsobeny tupým, anebo pronikajícím poraněním. Typy jaterních poranění lze dělit na lehké (Typ I, II) a těžké (Typ III-IV). Závažné poranění jater souvisí s rozvojem hemoragického šoku a následným vykrvácením do dutiny břišní. [32,60,133]

*Samuel et al.*, [134] demonstruje klinický případ mladé pacientky, která v průběhu KPR (ALS) utrpěla laceraci jater. *Beydillii et al.*, [128] uvádí klinický případ mladé ženy, u které se při pitevním nálezů prokázalo poškození jater s krvácením, kdy NZO byla kardiální etiologie. *Fassassi et al.*, [111] demonstruje opět klinický případ mladé pacientky s poraněním jater IV stupně, která byla následně po KPR a hospitalizaci kategorizována pro infaustní poškození mozku a orgánů.



Obrázek 19 Tržná rána jater s velkým subkapsulárním hematodem, Zdroj: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5121265/>

## Poranění žaludku

Tato poranění vznikají nejčastěji působením tupého násilí na břišní stěnu a distální část hrudního koše. Izolovaná poranění se vyskytují cca v 1 %. [32] Velmi častý je výskyt sdružených poranění v obecném kontextu. Faktor, který ovlivňuje četnost výskytu ruptur je žaludeční náplň. Mezi typy poranění žaludku řadíme trhliny (kompletní a inkompletní),

zhmoždění doprovázené výskytem hematomů s následnou možnou sekundární perforací. Predilekční výskyt ruptur představuje velká a malá žaludeční kurvatura. [60, 114]

*Khan A., et al.* [116] popisuje ve své práci rupturu žaludku u 72leté ženy po KPR, a upozorňuje na nízkou četnost výskytu těchto inzultů. Dále popisuje případy vzniklých ruptur žaludku po hrudních kompresích a také v souvislosti s provedeným Heimlichovým manévrem.

*Meron G., et al* [114] demonstruje ve své studii fakt, že poškození orgánů dutiny břišní, a to především jater není tak časté, a často může souviset s poruchou srážlivosti krve, která má vliv na výskyt těchto postižení. *Schvadron et al.* [115] demonstrují případ ruptury žaludku způsobených distenzí po nekorektní orotracheální intubaci pacienta.

### **Poranění střev**

Poranění duodena vzniká nejčastěji působením násilí na přední břišní stěnu v oblasti epigastria, kdy může dojít ke zhmoždění až po závažné ruptury. Tato poranění jsou vzácná. Tupé poranění představují především trhliny a ruptury distálního konce duodena. [60]

Poranění tenkého střeva představují především zhmoždění a trhliny jejichž výskyt souvisí s náplní kliček tenkého střeva. Místo vzniku trhlín tenkého střeva představují především duodenojejunální spojení, vzniklé adheze a ileocekální oblast. Poranění tlustého střeva jsou obdobná jako u poranění výše zmíněného duode. Fisury se vyskytují v oblasti transversa, křížení páteře a esovitě kličky představující tzv. mobilní úseky střeva. Za zmínku stojí prospektivní studie *Grimaldiho D., et al.* [117] popisující nepřímé ischemické postižení gastrointestinálního traktu.

### **Poranění pankreatu**

Představují závažný diagnostický problém a jejich výskyt u izolovaných poranění je málo častý. V 80 % se jedná převážně o sdružená poranění. Nejčastější typy postižení pankreatu jsou kontuze, fisury lacerace a odtržení hlavy pankreatu. [60] Výskyt těchto poranění bývá zřetelný i v pediatrické populaci.

*Deras P. et al.* [118] popisuje smrtelné poranění pankreatu související s užitím přístroje pro mechanizované komprese hrudníku. *Waldman PJ, et al.* [119] demonstruje případ poranění pankreatu v pediatrické populaci a upozorňuje na zvýšenou opatrnost kompresí hrudníku u dětí.

## **Poranění krku**

### **Poranění krčních cév**

Uzavřená poranění krčních cév vznikají působením zevního inzultu, bez porušení kožního krytu a jsou méně častá než poranění otevřená. Mezi jejich nejčastější typy se řadí poranění jugulárních žil a karotických tepen. Mechanismus zapříčiňující vznik těchto poranění je nejčastěji prudká flexe a extenze event. rotační mechanismus. Trakce způsobující protažení cév je charakteristická pro poranění související s oběšením.

Mechanismus transekce je relativně vzácný. U lacerací stěny tepen může dojít ke vzniku trombotických komplikací a při trhlinách zasahujících do medie a adventicie tepny může dojít až k disekci. [120,60,32] U skleroticky postižených tepen může dojít k poruše průtoku mozdem a při těžkém postižení u tupého násilí k ruptuře intimy tepny a krvácení intramurálně jenž má za následek tupý úraz.

*Naqvi SE, et al.* [121] demonstuje případ mladého muže po poranění karotické cévy progredující do NZO

### **Poranění hrtanu, průdušnice a jazyky**

Poranění lze rozdělit na zevní a vnitřní, nebo dle lokalizace na supraglotické, glotické a infraglotické. Mezi poranění hrtanu a trachey patří z lehkých inzultů slizniční trhliny, kontuze, nepravidelné ruptury chrupavčitých částí hrtanu a průdušnice až po nejzávažnější disrupce hrtanu a rozdrčení hrtanu.

Příčiny vznikají v souvislosti se zevním násilím a iatrogenním působením. Ruptury a disrupce následuje insuflace vzduchu do podkoží s rozvojem emfyzému. Mezi další komplikace spojené s tímto závažným poraněním se řadí krvácení, mající za možný následek dušnost s výměnou krevních plynů. [60,120]

Poranění jazyky může vzniknout iatrogenně v souvislosti s KPR, avšak vzácně. Mezi nejčastější typy poranění patří fraktury velkých rohů a těla jazyky. Mechanismy, které mají souvislost s těmito poškozeními jsou zevní násilí způsobené pády, strangulací nebo úderem.

### 3.4.5 Ostatní a smrtelná poranění v souvislosti s KPR

#### Ostatní jiná poranění v souvislosti s KPR

Poranění jiná než poranění hrudníku a přidružených dutin po kardiopulmonální resuscitaci se vyskytují méně než ta, která vznikají po přímé zevní srdeční masáži hrudníku. I přes jejich nižší výskyt může být jejich nález klinicky významný a může mít pro postiženého ve výsledku negativní dopad.

*Karásek et. al.* [125] ve své retrospektivní studii uvádí vyšší četnost poranění u pacientů nepřeživších (87 %) v porovnání se skupinou pacientů, kteří přežili náhlou srdeční zástavu (13 %). Taktéž ve své další práci udává zanedbatelný rozdíl mezi mužským a ženským pohlavím a žádný zásadní rozdíl, zda byla masáž srdce prováděna laicky (BLS) nebo profesionály (ALS). [106] Převážná část poranění se vyskytuje v oblasti hrudního koše.

*Ihnát Rudinská L, et al.*, [113] uvádí vysoký výskyt poranění, z nichž některá mohou být závažná a mající vliv na přežití pacienta. Nejčastější z nich jsou opět poranění hrudníku, méně častá poranění břicha, hlavy a horní poloviny trupu.

Poranění viscerálních orgánů v okolí srdce, plic a krku popisuje *Fabiola A. et al.* [126] Z výsledku 93 případů ze 1878 provedených pitev se nejčastěji vyskytovaly kontuze s četností 57 % u zjištěných patologií, následovaly tržné rány v 17,2 % zastoupení, přičemž převažoval výskyt u ženského pohlaví. Taktéž byl popisován výskyt hemothoraxu 34,4 % a hemoperikardu 8,6 %.

#### Smrtelná poranění v souvislosti s KPR

Tyto inzulty po kardiopulmonální resuscitaci související s kompresemi hrudníku jsou méně častá, ale velice závažná. U přeživších pacientů mohou vést k rychlému zhoršení stavu, který má vliv na kvalitu přežití. Pitevnické nálezy poukazují na možný výskyt neskeletálního poranění orgánů hrudníku, které souvisí přímo s kompresemi a při KPR může být mnohdy přehlíženo, což může mít v konečném důsledku fatální dopad pro pacienty.

*Girotti et al.* [127] ve své studii poukazuje na nižší četnost prací zabývajících se nitrohrudním poraněním a upozorňuje na výskyt srdečních lézí, které jsou významnou komplikací související s hrudními kompresemi.



Poranění nitrobřišních orgánů zahrnují nejčastěji lacerace jaterního laloku na levé straně, který úzce souvisí s mečovitým výběžkem hrudní kosti. Jejich výskyt je popisován v 6-3 % případů. [128] Faktory, které mohou ovlivnit průběh lacerace jaterního parenchymu mohou být obstrukce žil, antikoagulační terapie a patologické změny jater.

Taktéž je popisován fatální případ poranění pankreatu u 32letého pacienta po KPR v souvislosti s užitím přístroje LUCAS II k mechanizovaným kompresím hrudníku, která vznikla v důsledku neočekávané epigastrické komprese při dlouhodobé masáži tímto přístrojem. Následně tento případ upozorňuje na nadměrné využití přístrojů k mechanizovaným kompresím oproti manuálním, jako na příčinu související s fatálním poraněním. [118] *Lee HS, et. al.* [131] popisuje případ ruptury levé bránice s oboustranným vznikem pneumothoraxu a následným úmrtím pacienta i po dekompresi bilaterálního hemothoraxu.

Poranění srdce, a to především výskyt srdeční tamponády na podkladě ruptury myokardu nejsou v databázích četná. *Miller AC et. al.* [102] ve svém systematickém review popisuje případ výskytu tamponády srdce související s kardiopulmonální resuscitací a klade důraz na užití zobrazovacích ultrasonografických zobrazovacích metod při kardiopulmonální resuscitaci k vyloučení možných reverzibilních příčin (4H4T) vzniklých periresuscitačně. Další autor *Sokolove P E et al.* [130] popisuje masivní souhrn závažných diagnóz (mnohočetné fraktury žeber, tržnou ránu plic a rupturu srdce) v souvislosti s kompresí hrudníku u pacientky která těmto zraněním podlehl.

V rámci studia přípravy disertační práce byl autorem na konferenci prezentován klinický případ úmrtí mladého muže se závažným poraněním srdečních oddílů související s invazivní kardiopulmonální resuscitací (viz obrázek níže). [129]



Obrázek 20 Pacient po KPR po dlouhodobé kontinuální kardiopulmonální resuscitaci za využití přístroje Corpulse, v typických místech stopy po oživovacích pokusech, tedy zlomenina 5. - 7. žebra vlevo a 3. - 4. žebra vpravo v úrovni střední kličkové čáry Zdroj: Archiv ÚSL FN Olomouc

## 4 VLASTNÍ PRÁCE

### 4.1 Cíl výzkumu

Cílem výzkumu a vlastní práce bylo zaměřit se na problematiku kardiopulmonální resuscitace, a především na poranění vzniklá po proběhlých hrudních kompresích. Výzkum probíhal prvotně na klinické úrovni, v rámci urgentní neodkladné péče s následnou návazností na výsledky zjištěné po provedených pitvách na ústavech soudního lékařství u zkoumaných pacientů.

Domníváme se, že může docházet k rozdílům v přístupu u aplikace zevních kompresí u pacientů při NZO. Záměrem šetření bylo analyzovat souvislosti mezi typy aplikovaných kompresí hrudníku a případně vzniklými typy traumat u zemřelých pacientů kteří podstoupili KPR pro náhlou srdeční zástavu netraumatické etiologie. Dále pak výsledky a sběr dat analyzovat z pitevních protokolů ze dvou fakultních pracovišť soudního lékařství.

Jak vyplývá z níže uvedeného, do výzkumu byly zařazeni pacienti, kteří náhlou zástavu (NZO) po kardiopulmonální resuscitaci (KPR) nepřežili. Příčina NZO byla různé etiologie a byly vyloučeni ti pacienti, u kterých byla zjištěna z traumatických příčin.

Práce se zaměřila na typy inzultů a mechanismy, kvůli kterým tato poranění vznikla při aplikaci zevní srdeční masáže prováděné manuálně za užití vlastních rukou přiložených na hrudník pacienta, kardiopumpy a mechanizovaně pomocí přístrojů (v tomto případě přístroje LUCAS<sup>II</sup>).

Byla sledována poranění v oblasti dutiny hrudní, břišní a krku, která úzce souvisela s oblastí hrudního koše, kde docházelo ke kompresím. V souvislosti s klinickou urgentní praxí a následným soudně-lékařským výzkumem měla tato zjištěná poranění potenciální význam při jejich objevení a následných outcomes v klinické praxi.

Dle předešlých prací uvedených v databázích byla zjištěna vyšší četnost poranění hrudníku a iatrogenních poškození následkem aplikace kompresí pomocí mechanizovaných přístrojů oproti manuálním hrudním kompresím. Taktéž byla jejich vyšší četnost při KPR a kombinaci užití manuálních a mechanizovaných kompresí. Důsledkem toho bylo doporučeno nadále se touto problematikou zabývat a analyzovat výsledky podobných prací.

V návaznosti na tato zjištění bylo cílem naší práce porovnat vznik podobných poranění regionálně v rámci přednemocniční péče (ZZS Jihomoravského kraje) a urgentního klinického pracoviště (Oddělení urgentního příjmu FN Olomouc).

Dalším krokem poté bylo následně porovnat výsledky ze zdravotnických dokumentací a získat výstupy v soudně lékařské problematice (sekční nálezy pacientů po neúspěšné kardiopulmonální resuscitaci).

Cílem bylo v jakékoliv i v té nejmenší míře optimalizovat provádění a jednotnost postupů (především optimálních kompresí hrudníku) při kardiopulmonální resuscitaci v urgentní péči o pacienty.

Výzkum probíhal retrospektivní formou (studie případů a kontrol) ze zdravotnické dokumentace ve dvou na sobě nezávislých krajských pracovištích Zdravotnické záchranné služby Jihomoravského kraje (ZZS JMK) a Oddělení urgentního příjmu Fakultní nemocnice Olomouc (OUP FN Olomouc). Tento výzkum následně pokračoval vyhodnocením pitevních nálezů na dvou taktéž nezávislých soudně-lékařských pracovištích ÚSL FN u sv. Anny v Brně a ÚSL FN Olomouc (zde bylo možné přiřadit i výsledky ze ZZS Olomouckého kraje ZZS OK z dokumentace uložené v pitevním protokolu).

Zjištěné výsledky byly rozděleny do 3 skupin (ZZS JMK, OUP FN Olomouc, ZZS OK) které byly jednotlivě posuzovány. Z těchto 3 skupin následně došlo k vzájemnému porovnání a srovnání výsledků.

#### **4.1.1 Zdravotnická záchranná služba Jihomoravského kraje (ZZS JMK)**

Tato zdravotnická organizace je provozována Krajským úřadem Jihomoravského kraje (JMK) a poskytuje neodkladnou přednemocniční péči na území tohoto kraje. Přednemocniční neodkladná péče je zajištěna na plošném území 7 188 km<sup>2</sup> pro cca 1,2 mil. obyvatel. Počet výjezdových skupin ZZS JMK je 42 na 23 výjezdových stanovištích (základny), které fungují v režimu RZP (zdravotnická záchranná služba), RLP (rychlá lékařská pomoc), RV (Rendez-vous) systém a LZS (letecká záchranná služba). Výjezdů bylo v jihomoravském kraji v roce 2020 realizováno 98 955 a z toho 826 činilo výjezdy k NZO, což tvořilo 0,8 % všech výjezdů ročně.<sup>5</sup> Pracoviště ZZS JMK je kmenovým pracovištěm autora disertační práce a na tomto pracovišti probíhal výzkum a úvodní sběr dat v rámci jihomoravského regionu.

#### **4.1.2 Zdravotnická záchranná služba Olomouckého kraje (ZZS OK)**

Zdravotnická záchranná služba Olomouckého kraje je nezisková organizace poskytující odbornou přednemocniční neodkladnou péči v olomouckém regionu. Území olomouckého kraje, kde ZZS OK zajišťuje PNP má rozlohu 5195 km<sup>2</sup> s výskytem téměř 650 tis. obyvatel. V Olomouckém kraji je péče poskytována celkem 26 výjezdovými skupinami a jednou posádkou letecké záchranné služby (LZS). V roce 2020 bylo uskutečněno celkem 58 515 výjezdů posádkami RZP, RLP, RV a LZS.

Sběr dat ze ZZS OK u pacientů na ÚSL byl realizován z dokumentace OUP FNOL z nemocničního informačního systému FNOL a pitevních protokolů ÚSL FN Olomouc.

#### **4.1.3 Oddělení urgentního příjmu Fakultní nemocnice Olomouc (OUP FNOL)**

OUP FN Olomouc je největší fakultní pracoviště olomouckého regionu, zajišťující urgentní nemocniční neodkladnou péči. Pracoviště je součástí Fakultní nemocnice Olomouc (FN Olomouc) a lékařské fakulty Univerzity Palackého v Olomouci (LF UPOL) zajišťující klinickou a výukovou činnost. Celorepublikově se řadí mezi vedoucí pracoviště urgentní péče spadající do kategorie urgentních příjmů I. Typu. Oddělení je rozděleno na dvě části, a to na nízkoprahový urgentní příjem zajišťující ambulantní péči různých specializací a vysokoprahový urgentní příjem, který zajišťuje bezprostřední péči o pacienty v přímém ohrožení života. V roce 2020 bylo na tomto oddělení ošetřeno 65 197 pacientů v průměru (181 pacientů/den) z nichž 2 383 (3,65 %), 7 pacientů/den bylo zařazeno mezi pacienty v bezprostředním ohrožení vitálních funkcí.

Pacienti po kardiopulmonální resuscitaci jsou transportováni na OUP FN Olomouc cestou Zdravotnické záchranné služby z okolních regionů. Největší četnost pacientů po KPR tvoří však Zdravotnická záchranná služby Olomouckého kraje (ZZS OK).

Pracoviště OUP FN Olomouc je druhým kmenovým pracovištěm autora disertační práce. Na tomto pracovišti probíhala další část výzkumu a sběru dat v rámci Olomouckého regionu.

## 4.2 Metody

### 4.2.1 Metodologie výzkumu, hypotézy

#### **ZZS Jihomoravského kraje**

Výzkumném šetření v rámci **ZZS Jihomoravského kraje** bylo koncipováno jako retrospektivní pilotní studie s cílem analyzovat souvislosti mezi typy aplikovaných kompresí hrudníku a případně vzniklými typy traumat. Výzkumný soubor byl koncipován jako záměrný. Do studie byli zařazeni pacienti, kteří nepřežili náhlou zástavu oběhu po kardiopulmonální resuscitaci prováděnou posádkami ZZS v pětiměsíčním období 11/2021–3/2022 s různou etiologií příčiny NZO. Vyloučení byli ti pacienti, u kterých byla zjištěna traumatická NZO. Data o pacientech byla získána ze zdravotnické dokumentace elektronického systému EMD (European Medical Distribution) na pracovišti Zdravotnické záchranné služby Jihomoravského kraje. Následně byly informace doplněny na základě analýzy pitevních nálezů z pitevních protokolů uložených na pracovišti Ústavu soudního lékařství (ÚSL) FN u sv. Anny v Brně.

Souhlasy k nahlížení do dokumentace byly získány od vedení ZZS a ÚSL FN. Data byla pro statistickou analýzu anonymizována. Dokumenty nebyly vynášeny mimo pracoviště, nebyl z nich pořizován žádný záznam, mimo zápisu do datové matice pro účely statistického zpracování údajů. Vzhledem k tomu, že se nejednalo o studii s živými objekty, nebyl nutný souhlas k výzkumu od etické komise.

Jako nezávislá proměnná (**ZZS JMK**) byly definovány **tři** způsoby resuscitace:

- 1. aplikace zevní srdeční masáže prováděné manuálně**
- 2. užití kardiopumpy ACD-CPR a**
- 3. mechanizovaná resuscitace pomocí přístroje LUCAS<sup>II</sup>.**

Závislá proměnná typ traumatu byla kategorizována dle lokace a rozsahu zranění takto: zlomenina žeber vpravo (sériová/izolovaná+bez fraktury), zlomenina žeber vlevo (sériová/izolovaná+bez fraktury), zlomenina sterny (ano/ne), hematomy (ano/ne). Pro podrobnější popis výzkumného souboru byla zjišťována data o věku a pohlaví pacienta a o délce resuscitace. Primárnímu třídění byly taktéž podrobeny údaje o poranění pacientů dle typu aplikovaných kompresí hrudníku (ruční masáž, kardiopumpa

a mechanizovaně přístrojem LUCAS<sup>II</sup>) a jednotlivých typů poraněných tkání na postižení kožního krytu, postižení skeletu, závažná poranění, prokrvácení měkkých tkání a skupina zahrnující kontuze, hematomy a prokrvácení hrudních struktur.

### **ZZS Olomouckého kraje, OUP FN Olomouc**

Výzkum v **Olomouckém regionu** byl koncipován opět jako retrospektivní pilotní studie s cílem analyzovat opět souvislosti mezi typy aplikovaných kompresí hrudníku a případně vzniklými typy traumat. Výzkumný soubor byl koncipován taktéž jako záměrný. Do studie bylo zařazeno 45 pacientů, kteří nepřežili náhlou zástavu oběhu po kardiopulmonální resuscitaci a byli pitváni na pracovišti soudního lékařství Fakultní nemocnice Olomouc. Analyzovány byly pitevní nálezy a informace ze zdravotnické dokumentace. Sběr dat byl prováděn v období 2017/2022. Limitace sběru dat především byly dány technickou úpravou systému NIS MEDEA. Ze studie byla vyřazena dětská populace.

Pacienti po kompresích hrudníku nebyli rozděleni na skupiny, tj. basic life support (BLS) providery a advanced life support (ALS) providery. Vyloučení byli ti, u kterých byla zjištěna traumatická NZO.

Data o pacientech byla získána ze zdravotnické dokumentace elektronického nemocničního informačního systémů STAPRO NIS MEDEA Fakultní nemocnice Olomouc. Informace byly doplněny na základě analýzy pitevních nálezů z pitevních protokolů uložených na pracovišti Ústavu soudního lékařství (ÚSL) Fakultní nemocnice Olomouc. Souhlasy k nahlížení do dokumentace byly získány od vedení OUP FN Olomouc a ÚSL FN. Data byla pro statistickou analýzu anonymizována. Dokumenty nebyly vynášeny mimo pracoviště, nebyl z nich pořizován žádný záznam, mimo zápisu do datové matice pro účely statistického zpracování údajů. Vzhledem k tomu, že se nejednalo o studii s živými objekty, nebyl nutný souhlas k výzkumu od etické komise.

Jako nezávislá proměnná (**ZZS OK, OUP FN**) byly definovány **dva** způsoby hrudních kompresí (vzhledem k faktu, že kardiopumpa v olomouckém regionu nebyla použita):

- 1. aplikace zevní srdeční masáže prováděné manuálně,**
- 2. mechanizovaná resuscitace pomocí přístroje LUCAS<sup>II</sup>.**

Závislá proměnná typ traumatu byla kategorizována dle lokace a rozsahu zranění takto: zlomenina žeber vpravo (sériová/izolovaná+bez fraktury), zlomenina žeber vlevo (sériová/izolovaná+bez fraktury), zlomenina sterny (ano/ne), hematomy (ano/ne). Pro podrobnější popis výzkumného souboru byla zjišťována data o věku a pohlaví pacienta a o délce resuscitace. Primárnímu třídění byly taktéž podrobeny údaje o poranění pacientů dle typu aplikovaných kompresí hrudníku (ruční masáž a mechanizovaně přístrojem LUCAS<sup>II</sup>) a jednotlivých typů poraněných tkání na postižení kožního krytu, postižení skeletu, závažná poranění, prokrvácení měkkých tkání a skupina zahrnující kontuze, hematomy a prokrvácení hrudních struktur.

**Na základě operacionalizace hlavního cíle byly formulovány čtyři hypotézy:**

**H1: Existuje souvislost mezi typy aplikovaných kompresí hrudníku a rozsahem poranění žeber vlevo**

**H2: Existuje souvislost mezi typy aplikovaných kompresí hrudníku a rozsahem poranění žeber vpravo**

**H3: Existuje souvislost mezi typy aplikovaných kompresí hrudníku a zlomeninami sterny**

**H4: Existuje souvislost mezi typy aplikovaných kompresí hrudníku a výskytem hematomů, oděrek a lacerací**

Statistická významnost hypotéz byla testována pomocí  $\chi^2$  statistiky pro dvojrozměrné (C×R) kontingenční tabulky. Pro lepší interpretaci výsledků byla vypočítána upravená rezidua  $z$  v každé buňce.

**ZZS JMK:**

Vzhledem k nízkým výskytům četností v kontingenční tabulce byla z analýzy vyjmuta skupina pacientů, u kterých probíhala mechanizovaná resuscitace pomocí přístroje LUCAS<sup>II</sup>. Z toho důvodu do analýzy druhého třídění bylo z celkového počtu 50 respondentů zahrnuto 44 pacientů.

## **Olomoucký region (ZZS OK, OUP FN):**

Limitem studie byl vzhledem ke statistické metodě  $\chi^2$  velikost výzkumného souboru. Vzhledem k tomu, že výzkum byl provedena na dvou pracovištích soudního lékařství je výzkumný soubor je složen pouze ze 45 pacientů. Hypotézy, jejichž testování nesplnilo podmínky pro provedení testu z důvodu nízkých četností v kontingenční tabulce jsou tak interpretovány jako indikativní.

*Výsledky i těchto testů však dobře posloužily pro koncepci dalšího výzkumu (srovnání výsledků obou pracovišť ÚSL).*

## **4.3 Výsledky výzkumu**

### **4.3.1 Poranění při kardiopulmonální resuscitaci u pacientů na Zdravotnické záchranné službě Jihomoravského kraje (ZZS JMK)**

#### **Výsledky (ZZS JMK):**

Vyhodnoceny byly pitevní nálezy a informace ze zdravotnické dokumentace u pacientů po KPR na ZZS Jihomoravského kraje. Tato kohorta tvořila celkem 50 případů netraumatických NZO z nichž 2/3 tvořili muži a 1/3 ženy. Průměrný věk pacientů činil 65 let a nejčastější příčina úmrtí byla z důvodu kardiálního selhání, následovaly akutní infarkt myokardu a embolie plicnice.

Doba resuscitace a její ukončení po 20 minutách byla zaznamenána u 12 pacientů (24 %) a doba delší než 20 minut s pokračující KPR byla registrována v 38 případech (76 %). Manuální komprese hrudníku byly prováděny u 24 pacientů (48 %), Kardiopumpou ACD-CPR u 20 pacientů (40 %) a přístrojem LUCAS II u 6 pacientů (12 %). Výskyt závažných poranění (bilaterální hemothorax, hemorrhagie kolem jater a pankreatu, kontuze plic) byl zaznamenán ve dvou případech a byl statisticky nevýznamný. Kontuze, hematomy a prokrvácení měkkých tkání se vyskytovaly ve 21 případech (42 %), z nichž se nejčastěji vyskytovala prokrvácení v okolí zlomenin žeber a nejzávažnější bylo krvácení do pohrudniční dutiny vlevo (300 ml), kontuze plic a výskyt hematomů v okolí plicních tepen. Oděrky a lacerace kůže se vyskytovaly v 60 % případů a tento nález odpovídá běžným poraněním, které po kardiopulmonální resuscitaci vznikají.



U poranění skeletu převažovaly příčné fraktury sternu ve 36 případech (72 %) a to nejčastěji v jeho proximální části. Fraktury žeberek byly zaznamenány téměř ve všech případech 95 %. Na pravé straně hrudníku převažovaly zlomeniny jednotlivých žeberek a vlevo sériové fraktury žeberek.

### Testy hypotéz

Žádná z testovaných hypotéz nemohla být potvrzena (Tabulka 1-4). Vzhledem k velikosti výzkumného souboru předpokládáme, že věcná (nikoliv statistická) významnost je zjevná u poranění žeberek vlevo. Výsledek interpretujeme jako indikativní. Ačkoliv  $p = 0,169$ , Z skóre nám naznačuje, že pokud bychom měli k dispozici větší soubor dat, statistická významnost by mohla být u tohoto typu poranění prokázána. Z skóre indikuje, že při použití manuální kardiopumpy ACD-CPR dochází častěji k masivnějšímu poranění skeletu (sériové zlomeniny žeberek).

Tabulka 1 H1: Existuje souvislost mezi typy aplikovaných kompresí hrudníku a rozsahem poranění žeberek vlevo

p = 0,169			
	N+I	S	celkem
kardiopumpa	1	19	19
	z: -1,37	z: 1	
manuálně	4	17	17
	z: 1,37	z: -1	
celkem	5	36	36

Tabulka 2 H2: Existuje souvislost mezi typy aplikovaných kompresí hrudníku a rozsahem poranění žeberek vpravo

p = 0,731			
	N+I	S	celkem
kardiopumpa	3	17	20
	z: -0,34	z: 0	
manuálně	4	17	21
	z: 0,34	z: 0	
celkem	7	34	41

Tabulka 3 H3: Existuje souvislost mezi typy aplikovaných kompresí hrudníku a rozsahem poranění sternu

p = 0,954			
	Ne	Ano	celkem
kardiopumpa	6	14	20
	z: -0,06	z: 0,1	
manuálně	6	15	21
	z: 0,06	z: -0,1	
celkem	12	29	41

Tabulka 4 H4: Existuje souvislost mezi typy aplikovaných kompresí hrudníku a výskytem hematomů

p = 0,707			
	Ne	Ano	celkem
kardiopumpa	9	6	15
	z: -0,376	z: 0,4	
manuálně	10	11	21
	z: 0,376	z: -0,4	
celkem	12	29	41

#### 4.3.2 Poranění při kardiopulmonální resuscitaci u pacientů v Olomouckém regionu

##### Výsledky (Olomoucký region):

Ve výzkumném souboru 45 případů netraumatických NZO bylo 29 mužů a 16 žen. Průměrný věk pacientů činil u mužů (M) 70.827 (Max. 96.00 Min. 48.00) a u žen (Ž) 70.375 (Max. 95.00 Min. 43.00).

Nejčastější příčina úmrtí byla z důvodu kardiálního selhání, následovaly akutní infarkt myokardu, embolie plicnice a hypoxie. Jeden pacient, u kterého byl použit přístroj Schiller byl ze studie vyřazen.

Průměrná doba resuscitace byla zaznamenána 37.83 minut. Manuální komprese hrudníku byly prováděny u 12 (27,272 %). Přístrojem LUCAS II u 32 (72,727 %) pacientů.

Výskyt závažných poranění (pravostranný hemothorax, lacerace jater a pankreatu, krvácení do pleury, trhliny žaludeční stěny) byl zaznamenán v jednotlivých případech a byl statisticky nevýznamný.

U poranění skeletu převažovaly příčné fraktury sternu ve 30 případech, a to nejčastěji v jeho proximální části. Fraktury žeber byly zaznamenány téměř ve všech případech zkoumaných 43 (97,727 %). Na pravé straně hrudníku převažovaly zlomeniny jednotlivých žeber a vlevo sériové fraktury žeber.

##### Testy hypotéz

Žádná z testovaných hypotéz nemohla být potvrzena (Tabulka 1-4). Vzhledem k velikosti výzkumného souboru předpokládáme, že věcná (nikoliv statistická) významnost je zjevná u poranění žeber vlevo. Výsledek interpretujeme jako indikativní.

Ačkoliv  $p = 0,1142$ , Z skóre nám naznačuje, že jakmile budeme mít k dispozici větší soubor dat, statistická významnost by mohla být u tohoto typu poranění prokázána.

U přístroje LUCAS dochází častěji k masivnějšímu poranění skeletu (sériové zlomeniny žeber) než při využití manuální resuscitace

Tabulka 5 Test H1: Existuje souvislost mezi typy aplikovaných kompresí hrudníku a rozsahem poranění žeber vlevo

Poranění žeber vlevo		
p = 0,1142	N/I	Sériová
LUCAS	2,00	30,00
	Z:	Z:
manuálně	4,00	8,00
	Z:	Z:

Statisticky významný rozdíl mezi typy aplikovaných kompresí hrudníku a rozsahem poranění žeber vpravo nebyl potvrzen ( $p=0,1142$ ). Z hlediska z-score lze očekávat při větším souboru masivnější poranění žeber vpravo při použití LUCAS (tabulka 2).

Tabulka 6 H2: Existuje souvislost mezi typy aplikovaných kompresí hrudníku a rozsahem poranění žeber vpravo

Poranění žeber vlevo		
p=0,1142	N/I	Sériová
LUCAS	2,00	30,00
	Z:	Z:
manuálně	6,00	8,00
	Z:	Z:

Statisticky významný rozdíl mezi typy aplikovaných kompresí hrudníku a zlomeninami sternu nebyl potvrzen ( $p=0,9206$ ). Z hlediska z-score nepředpokládáme rozdíly ani při větším sběru dat. (tabulka 3)

Tabulka 7 H3: Existuje souvislost mezi typy aplikovaných kompresí hrudníku a zlomeninami sternu

Zlomenina sternu			
P=0,9206	Ne	Ano	
LUCAS	10	22	
	Z:	Z:	
manuálně	4	8	
	Z:	Z:	

Oděry a lacerace kůže se vyskytovaly ve 17 případech. U Manuálních kompresí ve 2 případech a LUCASII v 15 případech. Tento nález odpovídá běžným poraněním, které po resuscitaci vznikají. Nebyl prokázán statisticky významný rozdíl mezi jednotlivými způsoby resuscitace ( $p = 0,1407$ ). Dle hodnoty z-scóre je evidentní, že tato zranění jsou nejčastěji způsobena po kardiopulmonální resuscitaci (tabulka 1).

Tabulka 8 Test H4: Existuje souvislost mezi typy aplikovaných kompresí hrudníku a výskytem hematomů, oděrek a lacerací.

Oděry a lacerace kůže		
$p = 0,1407$	Ne	Ano
LUCAS	16	15
	Z:	Z:
manuálně	10	2
	Z:	Z:

#### 4.4 Srovnání výsledků vzniklých úrazů po kardiopulmonální resuscitaci v přednemocniční a nemocniční péči ve dvou krajích ČR (Jihomoravský, Olomoucký)

Domnívali jsme se dále dle předešlých výzkumů (**ZZS JMK a Olomoucký region**), jejich výstupů a zjištění (statistická významnost by mohla být při větším souboru dat u některých typů poranění prokázána), že může docházet k rozdílům v přístupu u aplikace zevních kompresí u pacientů při NZO.

Následným záměrem šetření bylo výsledky obou regionů porovnat. Analyzovat souvislosti mezi typy aplikovaných kompresí hrudníku a případně vzniklými typy traumat u zemřelých pacientů kteří podstoupili CPR pro náhlou srdeční zástavu netraumatické etiologie. Dále pak výsledky a sběr dat analyzovat z pitevních protokolů ze dvou fakultních pracovišť soudního lékařství.

Cílem studie navazující bylo zjistit a porovnat rozdíly mezi poraněním po CPR ve dvou regionech na pracovištích poskytující urgentní péči pacientům v České republice. Tyto rozdíly a výskyt typu poranění by mohli ovlivnit přístup ke strategii a při volbě typu kompresí (manuální a mechanizované) u CPR. Nejen na regionální úrovni, ale mohl by být přínosem i dále.

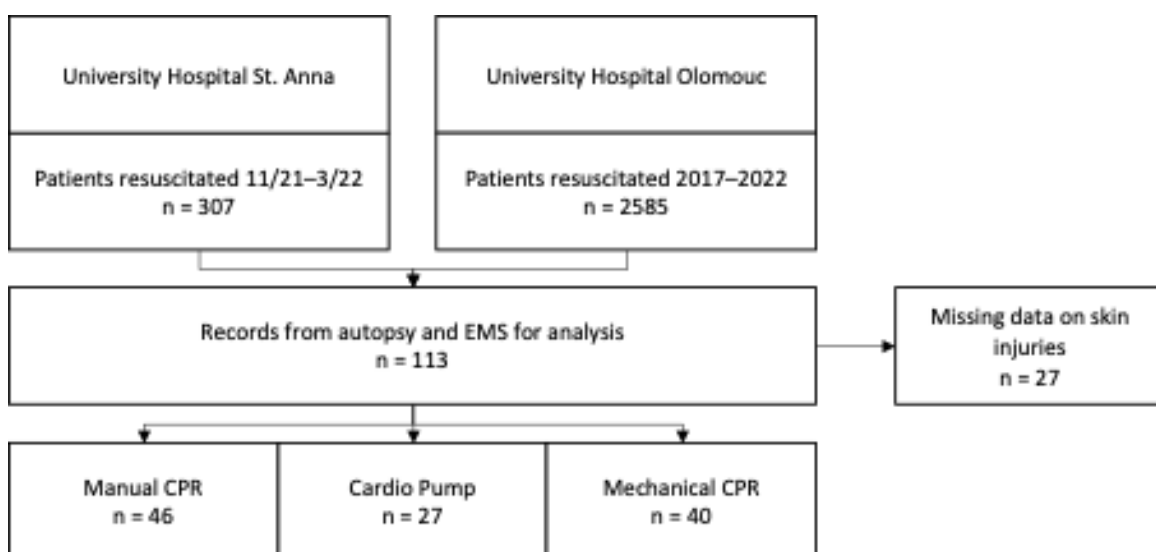
#### 4.4.1 Metodika a výsledky (srovnání výsledků ZZS JMK/ Olomoucký region)

Výzkum byl koncipován opět jako retrospektivní pilotní studie s cílem analyzovat souvislosti mezi typy aplikovaných kompresí hrudníku a případně vzniklými typy traumat. Výzkumný soubor byl koncipován jako záměrný.

Do studie bylo **původně zařazeno celkem 114** pacientů, kteří nepřežili náhlou zástavu oběhu po kardiopulmonální resuscitaci a byli pitváni na jednom ze dvou pracovišť soudního lékařství FN u sv. Anny v Brně nebo Fakultní nemocnice Olomouc. Analyzovány byly pitevní nálezy a informace ze zdravotnické dokumentace ZZS JMK a ZZS OK/ Emergency FN Olomouc. Vzhledem k tomu, že dle prací jsou zanedbatelné rozdíly mezi mužským a ženským pohlavím a žádný zásadní rozdíl, zda byla masáž srdce prováděla laicky (BLS) nebo profesionály (ALS) [106], nebyl fakt laické KPR a TANR zohledněn.

V Jihomoravském regionu byl sběr dat prováděn v pětiměsíčním období 11/2021–3/2022 (ZZSJMK) a v Olomouckém regionu v období 2017/2022 (Olomoucký region). Pro přehled byl celkový počet resuscitovaných ošetřených pacientů/srdečních zástav pacientů za roční období (2021) v přednemocniční bylo v Jihomoravském regionu (JMK) 93769/737 (0,78 %) a v Olomouckém kraji (OK) 53805/517 (0,96 %). Limitace sběru dat především v olomouckém regionu byla dána technicky úpravou systému NIS MEDEA. Ze studie byla vyřazena dětská populace. Zařazeni byli dospělí pacienti (>18 let)

Tabulka 9. Vývojový diagram/ Flow-chart



Pacienti po kompresích hrudníku nebyli rozděleni na skupiny, tj. basic life support (BLS) providery a advanced life support (ALS) providery. Vyloučení byli ti, u kterých byla zjištěna traumatická NZO.

Data o pacientech byla získána ze zdravotnické dokumentace elektronických systémů EMD (European Medical Distribution) a STAPRO NIS MEDEA nemocničního informačního systému Fakultní nemocnice Olomouc. Informace byly doplněny na základě analýzy pitevních nálezů z pitevních protokolů uložených na pracovišti Ústavů soudního lékařství (ÚSL) FN u sv. Anny v Brně a Fakultní nemocnice Olomouc. Souhlasy k nahlížení do dokumentace byly získány od vedení ZZS, OUP FN Olomouc a ÚSL FN. Data byla pro statistickou analýzu anonymizována. Dokumenty nebyly vynášeny mimo pracoviště, nebyl z nich pořizován žádný záznam, mimo zápisu do datové matice pro účely statistického zpracování údajů. Vzhledem k tomu, že se nejednalo o studii s živými objekty, nebyl nutný souhlas k výzkumu od etické komise.

**Jako nezávislá proměnná po zjištění předešlých separátních výzkumů (Jihomoravský region a Olomoucký region) byly definovány opět (stejně jako výzkum ZZS JMK) tři způsoby hrudních kompresí vzhledem, k tomu že došlo k užití kardiopumpy ACD-CPR (ZZS JMK):**

- 1. aplikace zevní srdeční masáže prováděné manuálně,**
- 2. užití kardiopumpy ACD-CPR,**
- 3. mechanizovaná resuscitace pomocí přístroje LUCAS<sup>II</sup>.**

Závislá proměnná typ traumatu byla kategorizována dle lokace a rozsahu zranění takto: zlomenina žeber vpravo (sériová/izolovaná+bez fraktury), zlomenina žeber vlevo (sériová/izolovaná+bez fraktury), zlomenina sterna (ano/ne), hematomy (ano/ne). Pro podrobnější popis výzkumného souboru byla zjišťována data o věku a pohlaví pacienta a o délce resuscitace. Primárnímu třídění byly taktéž podrobeny údaje o poranění pacientů dle typu aplikovaných kompresí hrudníku (ruční masáž, kardiopumpa ACD-CPR a mechanizovaně přístrojem LUCAS<sup>II</sup>) a jednotlivých typů poraněných tkání na postižení kožního krytu, postižení skeletu, závažná poranění, prokrvácení měkkých tkání a skupina zahrnující kontuze, hematomy a prokrvácení hrudních struktur.

**Na základě operacionalizace hlavního cíle byly opět formulovány čtyři hypotézy H4 H1-H4: viz Kapitola 4.2 str. 55.**

Statistická významnost hypotéz byla testována pomocí  $\chi^2$  statistiky pro dvojrozměrné (C×R) kontingenční tabulky. Pro lepší interpretaci výsledků byla vypočtena zarovnaná rezidua z v každé buňce.

Limitem studie je vzhledem ke statistické metodě  $\chi^2$  velikost výzkumného souboru. Vzhledem k tomu, že tato pilotní studie byla provedena na dvou pracovištích soudního lékařství je výzkumný soubor složen pouze ze 114 pacientů. Hypotézy, jejichž testování nesplnilo podmínky pro provedení testu z důvodu nízkých četností v kontingenční tabulce jsou tak interpretovány jako indikativní. Výsledky i těchto testů však dobře poslouží pro koncepci dalšího výzkumu. *Ve statistických testech je pracováno se souborem 113 pacientů, neboť musel být vyřazen pacient, který jako jediný byl resuscitovaný pomocí Shiller.*

Ve výzkumném souboru 114 případů netraumatických NZO bylo 76 resp. 75 (po vyloučení přístroje Shiller) mužů a 38 žen. Průměrný věk pacientů činil u mužů (M) 69.1 (Max. 96.00 Min. 35.00) a u žen (Ž) 72.3 (Max. 95.00 Min. 27.00). Nejčastější příčina úmrtí byla z důvodu kardiálního selhání, následovaly akutní infarkt myokardu, embolie plicnice a hypoxie.

Průměrná doba resuscitace byla zaznamenána 37.83 minut resp. 32,9 minut (po vyloučení přístroje Shiller). Manuální komprese hrudníku byly prováděny u 46 (40,35 %) pacientů (Brno 49,28 %, Olomouc 26,67 %). Kardiopumpa ACD-CPR byla užitá u 27 (23,68 %) pacientů (Brno 23,68 %, Olomouc 0 %). Přístrojem LUCAS II u 40 (35,08 %) pacientů (Brno 11,59 %, Olomouc 71,11 %).

Výskyt závažných poranění (bilaterální hemothorax, hemorrhagie kolem jater a pankreatu, kontuze plic, lacerace myokardu, trhliny žaludeční stěny) byl zaznamenán v jednotlivých případech a byl statisticky nevýznamný.

Kontuze, hematomy a prokrvácení měkkých tkání se vyskytovaly ve 39 případech 42,857 %, z nichž se nejčastěji vyskytovala prokrvácení v okolí zlomenin žeber a nejzávažnější bylo krvácení do pohrudniční dutiny vlevo (300 ml), kontuze plic a výskyt hematomů v okolí plicních tepen.

U poranění skeletu převažovaly příčné fraktury sternu ve 77 případech, a to nejčastěji v jeho proximální části. Fraktury žeber byly zaznamenány téměř ve všech případech zkoumaných 109 (96,460 %). Na pravé straně hrudníku převažovaly zlomeniny jednotlivých žeber a vlevo sériové fraktury žeber.

### Testy hypotéz

Pro ověření H1 (tabulka 10) nejsou splněny podmínky kontingenční tabulky pro užití  $\chi^2$  statistiky. Indikativně se ukazuje statisticky významný rozdíl mezi typy aplikovaných kompresí hrudníku a rozsahem poranění žeber vlevo. Z skóre indikuje, že při použití manuální kardiopumpy ACD-CPR a přístroje LUCAS dochází častěji k masivnějšímu poranění skeletu (sériové zlomeniny žeber) než při využití manuální resuscitace (z: -3,08). Byl prokázán statisticky významný rozdíl mezi jednotlivými způsoby resuscitace (p = 0,0086).

Tabulka 10 Test H1: Existuje souvislost mezi typy aplikovaných kompresí hrudníku a rozsahem poranění žeber vlevo

Poranění žeber vlevo		
p = 0,0086	N/I	Sériová
kardiopumpa	1,00	26,00
	Z: -1,57	Z: 1,57
LUCAS	2,00	38,00
	Z: -1,76	Z: 1,76
manuálně	11,00	35,00
	Z: 3,08	Z: -3,08

Statisticky významný rozdíl mezi typy aplikovaných kompresí hrudníku a rozsahem poranění žeber vpravo nebyl potvrzen (p=0,3014). Z hlediska z-score lze očekávat při větším sběr masivnější poranění žeber vpravo při použití LUCAS. (tabulka 11)

Tabulka 11 H2: Existuje souvislost mezi typy aplikovaných kompresí hrudníku a rozsahem poranění žeber vpravo

Poranění žeber vpravo		
p=0,3014	N/I	Sériová
kardiopumpa	7,00	20,00
	Z: 0,82	Z: -0,82
LUCAS	5,00	35,00
	Z: -1,53	Z: 1,53
manuálně	11,00	35,00
	Z: 0,78	Z: -0,78



Statisticky významný rozdíl mezi typy aplikovaných kompresí hrudníku a zlomeninami sternu nebyl potvrzen ( $p=0,7311$ ). Z hlediska z-score nepředpokládáme rozdíly ani při větším sběru dat. (tabulka 12)

Tabulka 12 H3: Existuje souvislost mezi typy aplikovaných kompresí hrudníku a zlomeninami sternu

Zlomenina sternu		
$p=0,7311$	Ne	Ano
kardiopumpa	7	20
	Z: -0,76	Z: 0,76
LUCAS	13	27
	Z: 0,11	Z: -0,11
manuálně	16	30
	Z: 0,55	Z: -0,55

Oděrky a lacerace kůže se vyskytovaly v 86 případech. Tento nálezn odpovídá běžným poraněním, které po resuscitaci vznikají. Byl prokázán statisticky významný rozdíl mezi jednotlivými způsoby resuscitace ( $p = 0,0144$ ). Dle hodnoty z-score je evidentní, že tato zranění jsou nejčastěji způsobena po kardiopulmonální resuscitaci (tabulka 13).

Tabulka 13 Test H4: Existuje souvislost mezi typy aplikovaných kompresí hrudníku a výskytem hematomů, oděrek a lacerací

Oděrky a lacerace kůže		
$p = 0,0144$	Ne	Ano
kardiopumpa	4	15
	Z: -2,75	Z: 2,75
LUCAS	19	18
	Z: 0,41	Z: -0,41
manuálně	19	11
	Z: 1,97	Z: -1,97

#### 4.4.2 Shrnutí (srovnání výsledků ZZS JMK/ Olomoucký region)

Tabulka 14 Shrnutí (srovnání výsledků ZZS JMK/ Olomoucký region)

		Manual	Manual with CP	Mechanical	In total	p
Length of CPR (average; range)		29.5 (10; 50)	30.7 (20; 60)	37.8 (20; 90)	32.9 (10; 90)	
Right hemithorax severe fractures	YES	35 (31%)	20 (17.7%)	35 (31%)	90 (79.6%)	0.3014
	NO	11 (9.7%)	7 (6.2%)	5 (4.4%)	23 (20.4%)	
Left hemithorax severe fractures	YES	35 (31%)	26 (23%)	38 (33.6%)	99 (87.6%)	0.0086 *
	NO	11 (9.7%)	1 (0.9%)	2 (1.8%)	14 (12.4%)	
Sternal fracture	YES	30 (26.5%)	20 (17.7%)	27 (23.9%)	77 (68.1%)	0.7311
	NO	16 (14.2%)	7 (6.2%)	13 (11.5%)	36 (31.9%)	
In total		46 (40.7%)	27 (23.9%)	40 (35.4%)	113 (100%)	
Skin injuries <sup>1</sup>	YES	11 (12.8%)	15 (17.4%)	18 (20.9%)	44 (51.2%)	0.0144 *
	NO	19 (22.1%)	4 (4.7%)	19 (22.1%)	42 (48.8%)	
In total		30 (34.9%)	19 (22.1%)	37 (43.0%)	86 (100%)	

Poznámky/notes: CP – kardio pumpa; pro délku KPR jsou data prezentována jako průměrná doba v minutách a rozmezí od minima do maxima; Ostatní údaje uváděné jako absolutní počet a % z celkového počtu (113); <sup>1</sup> Zařazeno pouze 86 pacientů kvůli chybějícím údajům o poranění kůže; \* označuje statisticky významné výsledky na  $p < 0,05$ ; CP – Cardio Pump; for length of CPR the data are presented as average time in minutes and range from minimum to maximum; Other data presented as absolute number and % out of total (113); <sup>1</sup> Only 86 patients included due to missing data on skin injuries; \* indicates statistically significant results on  $p < 0.05$

#### 4.4.3 Závěr (srovnání výsledků ZZS JMK/ Olomoucký region)

Celkový závěr všech výsledků srovnání bude uveden v kapitole č. 6 viz níže.

## 5 DISKUZE

### Diskuse k výsledkům (ZZS JMK)

Cílem této pilotní studie bylo zjistit výskyt poranění, která souvisejí s kardiopulmonální resuscitací u pacientů v přednemocniční neodkladné péči. Výzkum probíhal retrospektivní formou na pracovišti Zdravotnické záchranné služby Jihomoravského kraje a vyhodnocení pitevních nálezů na soudně-lékařském pracovištích ÚSL FN u sv. Anny v Brně. Zjištěné výsledky potvrdily obdobná zjištění jako u prací, které se podobnou tematikou zabývaly. [113,94,106,92,52]

U poranění skeletu, a to konkrétně žeber, byl nižší výskyt při aplikaci manuálních kompresí [92] oproti kompresím prováděným kardiopumpou ACD-CPR a přístrojem LUCAS II. Zajímavým zjištěním byl výsledek testu H1. Dle výsledku Z skóre je možné předpokládat, že při větším sběru by se prokázalo, že při použití manuální kardiopumpy ACD-CPR dochází častěji k masivnějšímu poranění skeletu (sériové poranění žeber). To by potenciálně mohlo dle některých prací [98,99] mít vliv na poranění levé poloviny hrudníku anatomicky úzce souvisejícími s důležitými orgánovými strukturami. Vzhledem k velikosti souboru je třeba výsledek interpretovat pouze jako indikativní, neboť statistická významnost nebyla prokázána. Lze však konstatovat významnost věcnou, a je proto žádoucí opakovat testování na větším souboru.

Jiné souvislosti mezi proměnnými nebyly na našem výzkumném souboru prokázány. Fraktury sternu byly horizontální v jeho proximální části. Nicméně v souladu s *Kaldırım a kol.* [105] lze na větším souboru předpokládat souvislost mezi poraněním hrudní kosti a typem aplikovaných kompresí. V našem výzkumném souboru jejich četnost tvořila 32 %.

Výskyt výše uvedených sériových zlomenin by potenciálně mohl vést ke komplikacím v podobě zvýšených krevních ztrát v průběhu KPR. [105] V rámci zkoumání nebylo zjištěno závažné život ohrožující poranění i když jsou literárně popisovány případy, kde poranění vzniklá KPR přímo souvisí s úmrtím pacienta. [113,52,95,100]

V návaznosti na tato zjištění bude výzkum pokračovat na Oddělení nemocniční neodkladné péče OUP FN Olomouc a následně a na ÚSL FN Olomouc. Tyto výsledky budou z obou pracovišť vzájemně porovnávány a budou zjišťovány případné rizikové faktory při vzniku poranění v souvislosti s KPR, které by při jejich eliminaci umožnily

a dopomohly optimalizovat provádění a jednotnost zejména při kompresích hrudníku u kardiopulmonální resuscitace (KPR) v urgentní péči o pacienty.

### **Diskuse k výsledkům (Olomoucký region):**

Cílem druhého následného výzkumu v Olomouckém regionu (OUP FN Olomouc/ ZZS OK) bylo zjistit a porovnat rozdíly mezi poraněními, která souvisí s kardiopulmonální resuscitací na pracovištích poskytujících urgentní péči pacientům. Výzkum opětovně probíhal retrospektivní formou z dokumentací a z pitevnických nálezů pracoviště soudního lékařství v Olomouckém kraji v letech 2017/2021. Výsledky potvrdily obdobná zjištění stejně jako u předešlého výzkumu ZZS JMK v komparaci s pracemi s podobnou tématikou. [113,94,106,50,92,52]

V tomto případě u skeletálního poranění, byl jejich nižší výskyt poranění žeber při aplikaci manuálních kompresí [92]. Výstup testu H1 prokázal dle výsledku Z skóre, že při použití přístroje LUCAS II dochází častěji k masivnějšímu poranění skeletu (sériové poranění žeber). Nebyla doposud prokázána statistická významnost. Při jejím prokázání by tato potenciálně mohla opět podle již uvedených prací [98,99] mít vliv na poranění levé poloviny hrudníku anatomicky úzce souvisejícími s důležitými orgánovými strukturami.

Při opětovném zjišťování souvislostí mezi proměnnými nebyly tyto na našem výzkumném vzorku prokázány. Horizontální fraktury hrudní kosti se nacházely v jeho proximální části. Nicméně opět v souladu s pracemi. [105] lze na větším souboru předpokládat souvislost mezi poraněním hrudní kosti a typem aplikovaných kompresí. V našem výzkumném souboru jejich četnost tvořila 68,181 %.

Výskyt výše uvedených sériových zlomenin by potenciálně mohl vést ke komplikacím v podobě zvýšených krevních ztrát v průběhu KPR. [105] V rámci našeho zkoumání byla zjištěna závažná život ohrožující poranění a také jsou literárně zmíněné popisovány případy (viz Diskuse k výsledkům ZZS JMK).

Výzkum v olomouckém regionu nepotvrdil opět statisticky významný rozdíl mezi typy aplikovaných kompresí hrudníku a rozsahem poranění žeber jenž může v důsledku zapříčinit poranění životně důležitých orgánů hrudníku a způsobit smrtelné komplikace, jak uvádí předešlé práce a jednotlivá kazuistická sdělení.

Bylo proto podstatné provádět další následující srovnávací výzkum.

## Diskuse k výsledkům (srovnání výsledků ZZS JMK/ Olomoucký region)

Ve srovnávacím výzkumu bylo cílem zjistit a porovnat rozdíly mezi poraněním, které souvisí s kardiopulmonální resuscitací ve dvou regionálních pracovištích České republiky poskytující urgentní péči pacientům. V tomto třetím komparačním výzkumu (**ZZS JMK/ Olomoucký region**) byla objevena významná zjištění.

Spojené výsledky také opět potvrdily obdobná zjištění jako u prací a našich předešlých zjištění, které se podobnou tématikou zabývaly. [113,94,38,50,92,52]

Výstup testu **H1** prokázal dle výsledku Z skóre že při použití manuální kardiopumpy (ACD-CPR) a přístroje LUCAS II dochází častěji k masivnějšímu poranění skeletu (sériové poranění žeber). Byla prokázána statistická významnost (**p = 0,0086**). To by potenciálně mohlo dle některých prací [63,98] mít vliv na poranění levé poloviny hrudníku anatomicky úzce souvisejícími s životně důležitými orgánovými strukturami. Výstup testu **H4** potvrdil (**p = 0,0144**), že existuje souvislost mezi typy aplikovaných kompresí hrudníku a výskytem hematomů, oděrek a lacerací kůže. Jiné souvislosti mezi proměnnými **H2, H3** nebyly na našem výzkumném souboru prokázány.

*Použití kardiopumpy nebo mechanických kompresí hrudníku pomocí přístrojů (v našem případě LUCAS II) souvisí s postižením více levostranných sériových zlomenin žeber a poraněním kůže než užití manuálních komprese hrudníku u skupiny zemřelých dospělých, kteří podstoupili resuscitaci netraumatizovaného původu.*

Zranění na levé straně hrudníku, jak bylo avizováno mohou být spojena s jinými poraněními vnitřních orgánů (např. srdce a plíce) nebo jsou rizikovým faktorem pro tyto poranění. Žebra, zlomeniny hrudní kosti [51] a těžká poranění měkkých tkání [11] byly dříve uváděny jako nejčastější poranění, která byla způsobena manuálními kompresemi hrudníku.

*Manuální kardiopumpa (Cardio Pump ACD-CPR) je přístroj používaný pro manuální stlačování hrudníku pracující na systému aktivní komprese a dekomprese. Její pozitivní efekt ve srovnání s manuální CC je kontroverzní a použití přístroje není zmíněno v European Resuscitation Guidelines 2021. [132] Bylo hlášeno závažné iatrogenní poškození pacienta, které může být potencováno i věkem pacienta. [47,84]*

Přístroje pro mechanické stlačování hrudníku se používají častěji než CP a další studie také uváděly vyšší frekvenci poranění hrudníku po použití přístroje LUCAS II v přednemocniční neodkladné péči (např. 72,7 %). [50] Další práce potvrzují tuto vyšší

frekvenci úrazů po použití zařízení LUCAS II. Mezi nejčastější poranění patří zlomeniny žeber [51], život ohrožující viscerální poranění [52] a tím je doporučení pro použití při KPR omezené. [132,133]

Popisována jsou i poranění viscerálních orgánů kolem srdce, plic a krku. [36] Z výsledků 93 případů z 1878 provedených pitev byly nejčastější kontuze s frekvencí 57 % zjištěných patologií, následované tržnými ranami v 17,2 % případů. Rovněž byl zaznamenán výskyt hemotoraxu v 34,4 % a hemoperikardu v 8,6 %. [36] Mezi poranění nitrobřišních orgánů patří nejčastěji tržné rány jaterního laloku na levé straně, což úzce souvisí s xiphoidním výběžkem hrudní kosti. Frekvence je popisována jako 0,6–3 % případů. [108] Srdeční poranění, zejména výskyt srdeční tamponády v důsledku ruptury myokardu, nejsou v databázích četné. [102,130]

V rámci našeho zkoumání byla zjištěna také závažná život ohrožující poranění a jsou literárně popisovány případy, kde poranění vzniklé KPR přímo souvisí s úmrtím pacienta. [52,89,100,95] Výskyt sériových zlomenin by potenciálně mohl vést ke komplikacím v podobě zvýšených krevních ztrát v průběhu KPR. [105]

*Výsledky našeho výzkumu podporují zjištění předchozích autorů, ale přidávají srovnání manuálních kompresí hrudníku s kardiopumpou. Přestože to není uvedeno v doporučeních Evropské rady pro resuscitaci 2021, v klinické praxi se někdy používá jako alternativa k manuálním kompresím. Tyto výsledky ukázaly na omezeném počtu pacientů, že zranění související s použitím kardiopumpy jsou jako při použití mechanických kompresí hrudníku, a proto může být použití omezené, jak je uvedeno v ERC Guidelines 2021. [133]*

Měli bychom ovšem brát v potaz omezení našeho výzkumu. Nejdůležitější je, že se jednalo o retrospektivní studii se všemi svými omezeními a že sledovanými subjekty byli pouze zemřelí pacienti. Je možné, že ve skupině přeživších mohou být spatřena různá zranění, což může vést ke zkreslení výběru. Dalším omezením je malá velikost vzorku, která neukázala jiné vztahy, přestože statistiky ukázaly, že některé korelace mohou existovat (na základě Z skóre).

## 5.1 Doporučení

Náš výzkum potvrdil významný rozdíl poranění hrudníku při užití manuální kompresí oproti užití kardiopumpy (ACD-CPR) a přístroje LUCAS. Byly zjištěny četnější poranění žeber levé strany hrudníku a lacerace kůže při užití pomůcek a přístroje LUCAS II. Rozdíl mezi typy aplikovaných kompresí hrudníku a rozsahem poranění žeber na levé straně hrudníku, jenž může v důsledku zapříčinit poranění životně důležitých orgánů hrudníku a způsobit smrtelné komplikace, jak uvádí předešlé práce a jednotlivá kazuistická sdělení.

Je proto důležité dodržovat racionální přístup ke strategii a při volbě typu kompresí (manuální a mechanizované) u CPR, zajistit dodržování doporučených postupů a uváženě užívat pomůcky a přístroje pro hrudní komprese pouze v indikovaných a doporučených případech. Tyto rozdíly a výskyt typu poranění by mohli ovlivnit přístup ke strategii a při volbě typu kompresí (manuální a mechanizované) u CPR.

Je ovšem také nezbytné plošně celosvětově provádět další studie zabývající se zevní kompresí hrudníku při KPR v asociaci se vzniklým poraněním, které dle publikovaných prací mohou mít vliv na průběh a úspěšnost resuscitace u pacientů při KPR. Bude podstatné aplikovat a zabývat se dalšími výzkumy v rámci regionů a států.

Tento náš výzkum může potenciálně vést k racionálnímu přístupu při užití hrudních kompresí (manuální, mechanizované) a také vést ke zlepšení v managementu KPR především u aplikaci hrudních kompresí. Tyto rozdíly a výskyt typu poranění by mohli ovlivnit přístup ke strategii a při volbě typu kompresí (manuální a mechanizované) u KPR. Může být ovšem také edukativním činitelem pro pracovníky v systému PNP, NNP a akutní medicíny.

Všechny tyto aspekty se jeví jako přínos pro pacienty, u kterých je nutná zevní srdeční masáž.

## 6 ZÁVĚR

### Závěr (ZZS JMK)

Tato pilotní studie byla východiskem pro další navazující výzkum spojený s poraněním při KPR. I přesto je nezbytné plošně celosvětově provádět další studie zabývající se zevní kompresí hrudníku při KPR v asociaci se vzniklým poraněním, které dle publikovaných prací mohou mít vliv na průběh a úspěšnost resuscitace u pacientů při kardiopulmonální resuscitaci.

Zkoumáním výsledků sekčních nálezů u pacientů, kteří podstoupili netraumatickou NZO a byli resuscitováni KPR, byla zjištěna poranění, která přímo souvisela s kardiopulmonální resuscitací a jejich výskyt v porovnání s předešlými pracemi byl podobný. Nebyla však zjištěna závažná poranění.

V této fázi i přesto, že se v počátku nepodařilo statisticky zjištění prokázat bylo zřejmé, že při vyšším sběru dat je pravděpodobnost vyšší. Dalším pozitivním faktorem bylo zjištění, že při správně erudici u KPR, zvolených postupů, pomůcek a přístrojů při aplikaci zevních kompresí hrudníku byl pozitivní vliv na přístupu členů ZZS a v managementu při NZO, což se také jeví jako preventivní předcházení četnosti poranění u KPR.

### Závěr (Olomoucký region):

Zkoumáním v Olomouckém regionu byla zjištěna poranění, která přímo souvisí s kardiopulmonální resuscitací a jejich výskyt v porovnání s předešlými pracemi je podobný. Výsledky opět nepotvrdily významný rozdíl mezi typy aplikovaných kompresí hrudníku a rozsahem poranění, jenž mohla v důsledku zapříčinit poranění životně důležitých orgánů hrudníku a způsobit smrtelné komplikace. Bylo ovšem podstatné, že tato pilotní studie byla východiskem a cenným faktem pro sběr dat a pro další výzkum spojený s poraněním při KPR vzhledem k předpokladům, že poranění se jeví být při vyšší četnosti kohorty pacientů statisticky významná.

Je tedy pro praxi a klinický výzkum nezbytné plošně celosvětově provádět další studie a četnější výzkumy zabývající se zevní kompresí hrudníku při KPR v asociaci se vzniklým poraněním, která dle publikovaných prací mohou mít vliv na průběh a úspěšnost resuscitace u pacientů při KPR.



## Závěry výzkumu (srovnání Jihomoravský/ Olomoucký region)

Poranění v souvislosti KPR mají vliv na průběh kardiopulmonální resuscitace. I přesto, že některá poranění nejsou pro pacienta závažná, vyskytují se inzulty, které mohou být pro pacienta život ohrožující komplikací.

Naše výsledky potvrdily významný rozdíl mezi typy aplikovaných kompresí hrudníku a rozsahem poranění žeber na levé straně hrudníku **H1 (p = 0,0086)**, jenž může v důsledku zapříčinit poranění životně důležitých orgánů hrudníku a způsobit smrtelné komplikace, jak uvádí předešlé práce a jednotlivé kazuistické sdělení. Dále výzkum prokázal významný rozdíl poranění hrudníku při užití manuální kompresí oproti užití kardiopumpy (ACD-CPR) a přístroje LUCAS. Byly zjištěny četnější poranění žeber levé strany hrudníku a lacerace kůže při užití pomůcek a přístroje LUCAS II.

Taktéž byla prokázána souvislost s četnějším výskytem lacerace kůže **H4 (p = 0,0144)** při užívání přístrojů pro mechanizovanou CPR. Tyto rozdíly a výskyt typu poranění by mohli ovlivnit přístup ke strategii a při volbě typu kompresí (manuální a mechanizované) u CPR.

Je tedy důležité a podstatné dodržovat racionální přístup a doporučené odborné postupy, ve strategii a managementu u NZO a při volbě typu kompresí (manuální a mechanizované) u KPR. Nezbytnou nutností je také zajištění a dodržování uváženého užívání pomůcek a typů přístrojů pro hrudní komprese pouze v indikovaných a doporučených případech.

Použití kardiopumpy nebo mechanických kompresí hrudníku v souvislosti s výskytem poranění se týká více poranění levostranných sériových zlomenin žeber a poranění kůže než u manuálních kompresí hrudníku u skupiny zemřelých dospělých, kteří podstoupili resuscitaci neúrazového původu. Lze tedy případně i zvážit, zda kardiopumpa přináší v těchto ohledech benefit pro pacienta i vzhledem na doporučené postupy ERC 2021.

Správně zvolený postup, případné pomůcky a přístroje při aplikaci zevních kompresí hrudníku mají vliv na četnost poranění. Je nutné se tedy zaměřit na erudici

v užití mechanizovaných přístrojů ke KPR zvláště jejich indikačních kritérií a na správně zvolené místo kompresí hrudníku i s ohledem na anatomické rozdíly.

Všechny tyto aspekty se jeví jako přínos pro pacienty, u kterých je nutná zevní srdeční masáž. Je proto tedy důležité dodržovat především racionální přístup ke strategii a při volbě typu kompresí (manuální a mechanizované) u KPR, zajistit dodržování doporučených postupů a uvážlivě užívat pomůcky a přístroje pro hrudní komprese pouze v indikovaných a doporučených případech.

## **SOUHRN PRÁCE**

**Jméno a příjmení autora:** MUDr. Stanislav Popela

**Název disertační práce:** Poranění po kardiopulmonální resuscitaci

**Studijní program:** Patologická anatomie a soudní lékařství

**Školitel:** doc. MUDr. Svatopluk Loyka, Csc.

**Rok obhajoby disertační práce:** 2023

Komprese hrudníku při kardiopulmonální resuscitaci aplikované ručně nebo pomocí přístrojů k mechanizované masáži hrudníku mohou způsobit různé typy poranění. Domnívali jsme se, že z předchozích poznatků ve výzkumných pracích a z klinické praxe mohou být rozdíly v přístupu při aplikaci zevních kompresí hrudníku při KPR.

Cílem práce bylo analyzovat korelaci mezi způsobem aplikace kompresí hrudníku a typy poranění u zemřelých pacientů, u kterých byla prováděna hrudní masáž u KPR pro náhlou srdeční zástavu netraumatické etiologie. Tyto rozdíly a výskyt typu poranění by mohly ovlivnit přístup ve strategii KPR při volbě typů kompresí (manuální vs. mechanizovaná) u KPR nejen na regionální úrovni, ale i plošně.

Jednalo se o retrospektivní observační kohortovou studii ze dvou krajských pracovišť urgentní medicíny v České republice (Jihomoravský kraj a Olomoucký kraj) nejprve jednotlivě a poté s následným porovnáním. Zařazeni byli dospělí pacienti (>18 let) s náhlou srdeční zástavou netraumatické etiologie resuscitovaní zdravotnickou záchrannou službou a na oddělení urgentního příjmu. Soubory byly rozděleny podle způsobu provádění kompresí hrudníku – manuální komprese, mechanizované komprese (LUCAS II) a komprese prováděné manuálně pomocí kardiopumpy (ACD-CPR). Použité proměnné byly zranění nalezená při pitvě.

Výzkumný soubor 113 případů netraumatické náhlé srdeční zástavy dospělých tvořilo 75 mužů a 38 žen. Průměrná doba resuscitace byla udávána 32,9 minut. Manuální komprese hrudníku byly provedeny ve 46 (40,35 %) případech, manuální komprese hrudníku pomocí kardiopumpy ve 27 (23,68 %) případech a mechanické komprese hrudníku ve 40 (35,08 %) případech.

Byl zjištěn fakt, že použití kardiopumpy nebo mechanických kompresí hrudníku se týkal postižení více levostranných sériových zlomenin žeber a poranění kůže než

manuální komprese hrudníku u skupiny zemřelých dospělých, kteří podstoupili resuscitaci neúrazového původu. Výsledky hypotéz potvrdily významný rozdíl mezi typy aplikovaných kompresí hrudníku a rozsahem poranění žeber na levé straně hrudníku **H1** ( $p = 0,0086$ ), jenž může v důsledku zapříčinit poranění životně důležitých orgánů hrudníku a způsobit smrtelné komplikace. Byla prokázána rovněž souvislost s četnějším výskytem lacerace kůže u **H4** ( $p = 0,0144$ ) při užívání přístrojů pro mechanizovanou KPR

**Klíčová slova:** Náhlá zástava oběhu, kardiopulmonální resuscitace, kardiopumpa, zlomeniny žeber, manuální komprese hrudníku, mechanické komprese hrudníku, mechanický resuscitační přístroj, poranění po KPR.

## **SUMMARY**

**Author's name:** MUDr. Stanislav Popela

**Title of the doctoral thesis:** Injury after Cardiopulmonary Resuscitation

**Study program:** Pathological anatomy and forensic medicine

**Supervisor:** doc. MUDr. Svatopluk Loyka, Csc.

**The year of presentation:** 2023

Chest compressions during cardiopulmonary resuscitation applied manually or using mechanized chest massage devices can cause various types of injuries. We supposed that from previous findings in research papers and from clinical practice, there may be differences in the approach to external chest compressions during CPR.

Research objective was to analyze the correlation between the method of applying chest compressions and the types of injuries in deceased patients who underwent chest massage during CPR for sudden cardiac arrest of non-traumatic etiology. These differences and the occurrence of the type of injury could influence the approach in the CPR strategy when choosing types of compressions (manual vs. mechanized) in CPR not only at the regional level, but also across the board.

It was a retrospective observational cohort study from two regional centers of emergency medicine in the Czech Republic (South Moravian Region and Olomouc Region) first individually and then with a subsequent comparison. Adult patients (>18 years) with sudden cardiac arrest of non-traumatic etiology resuscitated by the emergency

medical service and in the emergency department were included. The files were divided according to the method of performing chest compressions - manual compressions, mechanized compressions (LUCAS II) and compressions performed manually using a cardiopump (ACD-CPR). The variables used were injuries found at autopsy.

The research set of 113 cases of non-traumatic sudden cardiac arrest in adults consisted of 75 men and 38 women. The average resuscitation time was 32.9 minutes. Manual chest compressions were performed in 46 (40.35%) cases, manual chest compressions using a cardiopump in 27 (23.68%) cases, and mechanical chest compressions in 40 (35.08%) cases.

The use of a cardiac pump or mechanical chest compressions was found to be associated with more left-sided serial rib fractures and skin injuries than manual chest compressions in a group of deceased adults undergoing non-traumatic resuscitation. The results confirmed a significant difference between the types of chest compressions applied and the extent of rib injury on the left side of the chest **H1 (p = 0.0086)**, which may result in injury to vital chest organs and cause fatal complications. An association was also demonstrated with a higher incidence of skin laceration in **H4 (p = 0.0144)** when using mechanized CPR equipment.

**Keywords:** Cardiac arrest, Cardiopulmonary Resuscitation, Cardiopump, Ribs Fractures, Manual Chest Compressions, Mechanical Chest Compressions, Mechanical Resuscitation Device, CPR Injury.

## 7 PŘÍLOHY

### SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Manuální komprese hrudníku (ilustrativně) Zdroj: <a href="https://cpr.heart.org/en/resources/what-is-cpr">https://cpr.heart.org/en/resources/what-is-cpr</a> .....	10
Obrázek 2 Český národní team, ERC kongres, CPR competition Ljubljana 2019, CPR ALS providers, Photo credit: European Resuscitation Council, <a href="https://kongres-magazine.eu/2019/09/cpr-experts-warmest-friendliest-resuscitation-erc-gr-ljubljana/">https://kongres-magazine.eu/2019/09/cpr-experts-warmest-friendliest-resuscitation-erc-gr-ljubljana/</a> ..	11
Obrázek 3 Vpravování tabákového kouře rektálně, zdroj: <a href="http://brownemblog.com/blog-1/2022/1/21/the-history-of-resuscitation">http://brownemblog.com/blog-1/2022/1/21/the-history-of-resuscitation</a> .....	13
Obrázek 4 Profesor Peter Safar, zdroj: <a href="https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6653261/pdf/CLC-30-52.pdf">https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6653261/pdf/CLC-30-52.pdf</a> .....	15
Obrázek 5 Orgánové postižení a propojení orgánových soustav při náhlé zástavě oběhu, Zdroj: <a href="https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6547189/">https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6547189/</a> .....	19
Obrázek 6 Řetězec přežití, Zdroj: <a href="https://wmas.nhs.uk/2015/12/07/the-chain-of-survival-that-saved-steves-life/">https://wmas.nhs.uk/2015/12/07/the-chain-of-survival-that-saved-steves-life/</a> .....	24
Obrázek 7 BLS (Basic Life Support), Zdroj: <a href="https://www.resuscitace.cz/files/files/0/s0qgy/cz-bls-algorithms-portrait.pdf">https://www.resuscitace.cz/files/files/0/s0qgy/cz-bls-algorithms-portrait.pdf</a> .....	25
Obrázek 8 ALS (advanced life support) algoritmus rozšířené neodkladné resuscitace u NZO, Zdroj: <a href="https://www.resuscitace.cz/files/files/0/abmuv/cz-als-algorithms-advanced-life-support.pdf">https://www.resuscitace.cz/files/files/0/abmuv/cz-als-algorithms-advanced-life-support.pdf</a> .....	26
Obrázek 9 Reverzibilní příčiny NZO, 4H/4T, Zdroj: <a href="https://lms.resus.org.uk/modules/m25-v2-als-algorithm/10346/m25/t05/content/m25_t05_005sr.htm#step3Anchor">https://lms.resus.org.uk/modules/m25-v2-als-algorithm/10346/m25/t05/content/m25_t05_005sr.htm#step3Anchor</a> .....	31
Obrázek 10 Přístroje Corpulse CPR, Autopulse CPR a LUCAS II, Zdroj: <a href="https://www.ecgmedicaltraining.com/cardiac-care-show-episode-1-mechanical-cpr/...">https://www.ecgmedicaltraining.com/cardiac-care-show-episode-1-mechanical-cpr/...</a>	33
Obrázek 11 Jednotlivé umístění přístrojů k automatizovaným kompresím, průřez fantomem na přístroji CT, zdroj: <a href="https://www.researchgate.net/figure/Positioning-of-the-phantom-and-the-automated-chest-compression-A-CC-devices-in-the-CT_fig2_24175802">https://www.researchgate.net/figure/Positioning-of-the-phantom-and-the-automated-chest-compression-A-CC-devices-in-the-CT_fig2_24175802</a> .....	33
Obrázek 12 Přístroj LUCAS II nasazený na pacienta, Zdroj: Autor .....	34
Obrázek 13 Přístroj Autopulse nasazený na resuscitační figurínu, Zdroj: <a href="https://geofire.org/2019/06/27/zoll-autopulse-now-at-georgetown-fire/">https://geofire.org/2019/06/27/zoll-autopulse-now-at-georgetown-fire/</a> .....	34
Obrázek 14 Přístroj Corpulse CPR nasazený na pacienta, Zdroj: Autor .....	35
Obrázek 15 Kardiopumpa ACD systém, Zdroj: <a href="https://www.firstresponseaustralia.com.au/cardiopump.html">https://www.firstresponseaustralia.com.au/cardiopump.html</a> .....	36
Obrázek 16 Ilustrace kompresí kardiopumpou s následným otiskem kůže, Zdroj: Autor .....	36
Obrázek 17 Makrofoto, zhmoždění obou komor srdečních s prokrvácením po KPR, Zdroj: Archiv ÚSL FN Olomouc .....	43
Obrázek 18 Mikrofoto, nekrotická svalová vlákna v rámci kontuze s prokrvácením a počínající lymfocytární celulizací, Zdroj: Archiv ÚSL FN Olomouc .....	44
Obrázek 19 Tržná rána jater s velkým subkapsulárním hematodem, Zdroj: <a href="https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5121265/">https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5121265/</a> .....	47
Obrázek 20 Pacient po KPR po dlouhodobé kontinuální kardiopulmonální resuscitaci za využití přístroje Corpulse, v typických místech stopy po oživovacích pokusech, tedy zlomenina 5. - 7. žebra vlevo a 3. - 4. žebra vpravo v úrovni střední klíčkové čáry Zdroj: Archiv ÚSL FN Olomouc .....	51

## SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 H1: Existuje souvislost mezi typy aplikovaných kompresí hrudníku a rozsahem poranění žeber vlevo.....	59
Tabulka 2 H2: Existuje souvislost mezi typy aplikovaných kompresí hrudníku a rozsahem poranění žeber vpravo .....	59
Tabulka 3 H3: Existuje souvislost mezi typy aplikovaných kompresí hrudníku a rozsahem poranění sterny.....	59
Tabulka 4 H4: Existuje souvislost mezi typy aplikovaných kompresí hrudníku a výskytem hematomů .....	60
Tabulka 5 Test H1: Existuje souvislost mezi typy aplikovaných kompresí hrudníku a rozsahem poranění žeber vlevo.....	61
Tabulka 6 H2: Existuje souvislost mezi typy aplikovaných kompresí hrudníku a rozsahem poranění žeber vpravo .....	61
Tabulka 7 H3: Existuje souvislost mezi typy aplikovaných kompresí hrudníku a zlomeninami sterny .....	61
Tabulka 8 Test H4: Existuje souvislost mezi typy aplikovaných kompresí hrudníku a výskytem hematomů, oděrek a lacerací.....	62
Tabulka 9 Flow-chart.....	63
Tabulka 10 Test H1: Existuje souvislost mezi typy aplikovaných kompresí hrudníku a rozsahem poranění žeber vlevo.....	66
Tabulka 11 H2: Existuje souvislost mezi typy aplikovaných kompresí hrudníku a rozsahem poranění žeber vpravo .....	66
Tabulka 12 H3: Existuje souvislost mezi typy aplikovaných kompresí hrudníku a zlomeninami sterny .....	67
Tabulka 13 Test H4: Existuje souvislost mezi typy aplikovaných kompresí hrudníku a výskytem hematomů, oděrek a lacerací.....	67
Tabulka 14 Shrnutí (srovnání výsledků ZZS JMK/ Olomoucký region) .....	68

## 8 POUŽITÁ LITERATURA

### TIŠTĚNÉ ZDROJE

1. Kucmin T, Płowaś-Goral M, Nogalski A. [A brief history of resuscitation - the influence of previous experience on modern techniques and methods]. *Polski Merkurusz Lekarski:Organ Polskiego Towarzystwa Lekarskiego*. 2015 Feb;38(224): 123-126.
2. Eisenberg, M.S., Ornato, J.P., Peberdy, M.A. History of the Science of Cardiopulmonary Resuscitation. *Cardiopulmonary Resuscitation. Contemporary Cardiology*. Humana Press. (2005).
3. McLennan S. The development of CPR. *N Z Med J*. 2008 Oct 17;121(1284):71-7.
4. Acierno LJ, Worrell LT. Peter Safar: Father of modern cardiopulmonary resuscitation. *Clin Cardiol*. 2007;30(1):52-54.
5. Hurt R. Modern cardiopulmonary resuscitation--not so new after all. *J R Soc Med*. 2005;98(7):327-331.
6. DeBard ML. The history of cardiopulmonary resuscitation. *Ann Emerg Med*. 1980 May;9(5):273-5.
7. Strømskag, Kjell. Kristian Igelsrud and the first successful direct heart compression. *Tidsskrift for den Norske lægeforening: tidsskrift for praktisk medicin, ny række*. 2003; 122. 2863-5.
8. Kouwenhoven WB, Jude JR, Knickerbocker GG. CLOSED-CHEST CARDIAC MASSAGE. *JAMA*. 1960;173(10):1064–1067.
9. Efimov IR. Chronaxie of defibrillation: a pathway toward further optimization of defibrillation waveform?. *J Cardiovasc Electrophysiol*. 2009;20(3):315-317.



10. Gordon A. Ewy, Arthur B. Sanders et al. Compression-only Cardiopulmonary Resuscitation Improves Survival. *Kern* Published in issue. May 2011; p383-385.
11. Gräsner JT, Bossaert L. Epidemiology and management of cardiac arrest: what registries are revealing. *Best Pract Res Clin Anaesthesiol.* 2013 Sep;27(3):293-306.
12. Wnent J, Masterson S, Gräsner JT et al. EuReCa ONE - 27 Nations, ONE Europe, ONE Registry: a prospective observational analysis over one month in 27 resuscitation registries in Europe - the EuReCa ONE study protocol. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med.* 2015 Jan 24;23:7.
13. R. Škulec et. al., Epidemiologie mimonemocniční náhlé zástavy oběhu v České republice - národní výsledky studie EuReCa ONE. *Anesteziologie a intenzivní medicína.* 2017; 28(3):176-182.
14. Yan, S., Gan, Y., Jiang, N. *et al.* The global survival rate among adult out-of-hospital cardiac arrest patients who received cardiopulmonary resuscitation: a systematic review and meta-analysis. *Crit Care.* 2020; 24, 61
15. Porzer M, Mrazkova E, Homza M et al. Out-of-hospital cardiac arrest. *Biomed Pap Med Fac Univ Palacky Olomouc Czech Repub.* 2017 Dec;161(4):348-353.
16. Časopis Urgentní medicína, Doporučené postupy pro resuscitaci 2015, ročník 18, ISSN 1212-1924
17. Yow AG, Rajasurya V, Sharma S. Sudden Cardiac Death. StatPearls Publishing; 2022 Jan; [Updated 2021 Aug 12].
18. Podrid, Philip J., and J. Cheng. "Pathophysiology and etiology of sudden cardiac arrest." *UpToDate.* Retrieved from <http://www.uptodate.com> (2016).
19. Šeblová Jana, Knor Jiří, *Urgentní medicína v klinické praxi lékaře, 2.*, doplněné a aktualizované vydání, Grada Publishing 22.10.2018, ISBN: 978-80-271-0596-0

20. Wong CX, Brown A, Lau DH, et al. Epidemiology of Sudden Cardiac Death: Global and Regional Perspectives. *Heart Lung Circ.* 2019 Jan;28(1):6-14.
21. McElwee SK, Velasco A, Doppalapudi H. Mechanisms of sudden cardiac death. *J Nucl Cardiol.* 2016 Dec;23(6):1368-1379.
22. Hayashi M, Shimizu W, Albert CM. The spectrum of epidemiology underlying sudden cardiac death. *Circ Res.* 2015 Jun 5;116(12):1887-906.
23. Feng JL. Incidence and Predictors of Sudden Cardiac Death After a Major Non-Fatal Cardiovascular Event. *Heart Lung Circ.* 2020 May;29(5):679-686.
24. Andersen LW, Holmberg MJ, Berg KM, et al. In-Hospital Cardiac Arrest: A Review. *JAMA.* 2019 Mar 26;321(12):1200-1210.
25. Kuriachan VP, Sumner GL, Mitchell LB. Sudden cardiac death. *Curr Probl Cardiol.* 2015 Apr;40(4):133-200.
26. S. Silbernagel, F. Lang, *Atlas patofyziologie člověka*, Grada 2001 Praha, ISBN 80-7169-968-3
27. Kolektiv autorů, *Speciální patologie - I. Díl*, Karolinum Praha 2006, ISBN 80-246-095-7
28. Truog RD. Defining Death: Lessons From the Case of Jahi McMath. *Pediatrics.* 2020 Aug;146(Suppl 1):S75-S80.
29. Štefan J., Hladík J., *Soudní lékařství a zdravotnicko-právní otázky 1. vyd.*, Karolinum Praha 1996, ISBN 80-7184-283-4
30. Kolektiv autorů, *Soudní lékařství*, Grada 1999, ISBN: 80-7169-728-1

31. Mai N, Miller-Rhodes K, Knowlden S, et al. The post-cardiac arrest syndrome: A case for lung-brain coupling and opportunities for neuroprotection. *J Cereb Blood Flow Metab.* 2019 Jun;39(6):939-958.
32. P. Ševčík et. al, *Intenzivní medicína*, Galén Praha 2014, ISBN: 978-80-7492-066-0
33. Truhlář A., Černá Pařízková et. al., *Anesteziologie a intenzivní medicína, Suplementum Doporučené postupy pro resuscitaci ERC 2021*, ročník 32, rok 2021, ISBN 778-80-7471-358-3
34. Ewy GA. The mechanism of blood flow during chest compressions for cardiac arrest is probably influenced by the patient's chest configuration. *Acute Med Surg.* 2018 Mar 1;5(3):236-240.
35. White L, Rogers J, Bloomingdale M, et al. Dispatcher-assisted cardiopulmonary resuscitation: risks for patients not in cardiac arrest. *Circulation.* 2010 Jan 5;121(1):91-7.
36. Rajab, T.K., Pozner, C.N., Conrad, C. *et al.* Technique for chest compressions in adult CPR. *World J Emerg Surg.* (2011); 6, 41.
37. Babbs, C.F. et al. Chest compression technique. *Cardiopulmonary resuscitation, part contemporary cardiology.* (2005).155-176.
38. Karasek J, Ostadal P, Klein F, et al. LUCAS II Device for Cardiopulmonary Resuscitation in a Nonselective Out-of-Hospital Cardiac Arrest Population Leads to Worse 30-Day Survival Rate Than Manual Chest Compressions. *J Emerg Med.* 2020 Nov;59(5):673-679.
39. Janota T. Mechanizovaná srdeční masáž, krok ke zlepšení úspěšnosti kardiopulmonální resuscitace. *Akutní kardiologie.* 2013. (12) 56-57.
40. Vladimír Tuka, Ondřej Šmíd. *Mechanizovaná nepřímá srdeční masáž*, *Interv Akut Kardiol* 2013; 12(2): 83-86.

41. Putzer G, et. al., compared to manual cardiopulmonary resuscitation is more effective during helicopter rescue-a prospective, randomized, cross-over manikin study. *Am J Emerg Med.* 2013 Feb;31(2):384-9.
42. Seewald S, et. al., Differences between manual CPR and corpuls cpr in regard to quality and outcome: study protocol of the comparing observational multi-center prospective registry study on resuscitation (COMPRESS). *Scand J Trauma Resusc Emerg Med.* 2021 Feb 25;29(1):39.
43. Eichhorn S, et al., Corpuls cpr resuscitation device generates superior emulated flows and pressures than LUCAS II in a mechanical thorax model. *Australas Phys Eng Sci Med.* 2017 Jun;40(2):441-447.
44. Eichhorn S, et al., Corpuls CPR Generates Higher Mean Arterial Pressure Than LUCAS II in a Pig Model of Cardiac Arrest. *Biomed Res Int.* 2017;2017:5470406.
45. Günaydın YK, Çekmen B, Akıllı NB, et al. Comparative effectiveness of standard CPR vs active compression-decompression CPR with CardioPump for treatment of cardiac arrest. *Am J Emerg Med.* 2016 Mar;34(3):542-7.
46. He Q, Wan Z, Wang L. [Random control trial of the efficacy of cardio pump on pre-hospital cardiac arrest]. *Zhongguo Wei Zhong Bing Ji Jiu Yi Xue.* 2003 May;15(5):292-4.
47. Kolopp M, Franchi A, Grafiadis, et al. Cardiothoracic injuries after CardioPump CPR: a report of two cases and review of the literature. *Int J Legal Med.* 2018 May;132(3):771-774.
48. Baubin M, Rabl W, Pfeiffer KP, et al. Chest injuries after active compression-decompression cardiopulmonary resuscitation (ACD-CPR) in cadavers. *Resuscitation.* 1999 Dec;43(1):9-15.

49. Rabl W, Baubin M, Haid C, et al. Review of active compression-decompression cardiopulmonary resuscitation (ACD-CPR). Analysis of iatrogenic complications and their biomechanical explanation. *Forensic Sci Int.* 1997 Oct 6;89(3).
50. Truhlar, Anatolij & Hejna, et al. Injuries caused by the AutoPulse and LUCAS II resuscitation systems compared to manual chest compressions. *Resuscitation.* 2010; 81. 10.1016/j.
51. Smekal D, Lindgren E, Sandler H, et al. CPR-related injuries after manual or mechanical chest compressions with the LUCAS™ device: a multicentre study of victims after unsuccessful resuscitation. *Resuscitation.* 2014 Dec;85(12).
52. Milling L, Astrup BS, Mikkelsen S. Prehospital cardiopulmonary resuscitation with manual or mechanical chest compression: A study of compression-induced injuries. *Acta Anaesthesiol Scand.* 2019 Jul;63(6):789-795.
53. Pinto DC, Haden-Pinneri K, Love JC. Manual and automated cardiopulmonary resuscitation (CPR): a comparison of associated injury patterns. *J Forensic Sci.* 2013 Jul;58(4):904-9.
54. Rudolph W Koster, Ludo F Beenen, et al. Safety of mechanical chest compression devices AutoPulse and LUCAS in cardiac arrest: a randomized clinical trial for non-inferiority, *European Heart Journal.* October 2017; Volume 38, Issue 40, 21, Pages 3006–3013.
55. Mačák J., *Obecná patologie*, Olomouc 2002 Univerzita palackého v Olomouci, Lékařská fakulta, ISBN 80-244-0436-2
56. Sandroni, C., Cronberg, T. & Sekhon, M. Brain injury after cardiac arrest: pathophysiology, treatment, and prognosis. *Intensive Care Med*, 2021; **47**, 1393–1414.

57. Truhlar A, Deakin C.D., Soar J. et al. European resuscitation council guidelines for resuscitation 2015 section 4 cardiac arrest in special circumstances. *Resuscitation*. 2015; 95: 147-200.
58. Einhorn LM, Zhan M, Hsu VD, et al. The Frequency of Hyperkalemia and Its Significance in Chronic Kidney Disease. *Arch Intern Med*. 2009; 169(12):1156–1162.
59. Cha KC, Kim YJ, Shin HJ, et al. Optimal position for external chest compression during cardiopulmonary resuscitation: an analysis based on chest CT in patients resuscitated from cardiac arrest. *Emerg Med J*. 2013 Aug;30(8):615-9.
60. Hirt et. al. *Tupá poranění v soudním lékařství*, Grada publishing 2001 Praha, ISBN 978-80-247-4194-9
61. National Association of Emergency Medical Technicians (É.-U.). *Pre-Hospital Trauma Life Support Committee.*; American College of Surgeons. Committee on Trauma.; ISBN 9781284041736 1284041735
62. Smith JE, Rickard A, Wise D. Traumatic cardiac arrest. *J R Soc Med*. 2015;108(1):11-16.
63. Soo Kyung Lee et al. Cardiac arrest caused by contralateral tension pneumothorax during one-lung ventilation. *Anesth Pain Med*. 2020;15(1):78-82.
64. Han, Kyoung-Ah et al. “Cardiac arrest induced by tension pneumothorax during ventilating bronchoscopy -A case report-.” *Korean journal of anesthesiology* vol. 59,2 (2010): 123-6.
65. Buschmann CT, Tsokos M, Kurz SD et al. Spannungspneumomediastinum und -pneumothorax nach Trachealperforation während Reanimation [Tension pneumomediastinum and tension pneumothorax following tracheal perforation during cardiopulmonary resuscitation]. *Anaesthesist*. 2015 Jul;64(7):520-6.

66. Ctibor Povýšil, Šteiner Ivo a kol., *Speciální patologie*, Galén Praha 2007, ISBN: 978-80-7262-494-2
67. Aoyagi, Shigeaki et al. “Pericardial injury from chest compression: a case report of incidental release of cardiac tamponade.” *Journal of intensive care* vol. 6. 28 Aug. 2018; 54.
68. Noffsinger AE, Blisard KS, Balko MG. Cardiac laceration and pericardial tamponade due to cardiopulmonary resuscitation after myocardial infarction. *J Forensic Sci.* 1991 Nov;36(6):1760-4.
69. Hörburger D, Kurkciyan I, Sterz F, et al. Cardiac arrest caused by acute intoxication- insight from a registry. *Am J Emerg Med.* 2013 Oct;31(10):1443-7.
70. Kürkciyan I, Meron G, Sterz F, et al. Pulmonary Embolism as Cause of Cardiac Arrest: Presentation and Outcome. *Arch Intern Med.* 2000;160(10):1529–1535.
71. Abdullah Ebrahim Laher, Guy Richards. Cardiac arrest due to pulmonary embolism, *Indian Heart Journal.* 2018; Volume 70, Issue 5, Pages 731-735.
72. Mata R, McDermott G, Diaz L. Massive Pulmonary Embolism as a Cause of Cardiac Arrest: Navigating Unknowns in Life After Death. *Cureus.* 2020;12(5):e8361.
73. McManus, David D et al. “Incidence, prognosis, and factors associated with cardiac arrest in patients hospitalized with acute coronary syndromes (the Global Registry of Acute Coronary Events Registry).” *Coronary artery disease.* 2012; vol. 23,2: 105-12.
74. Koster RW, Baubin MA, Bossaert LL et al. European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2010 Section 2. Adult basic life support and use of automated external defibrillators. *Resuscitation.* 2010 Oct;81(10):1277-92.

75. Bernhard Zapletal, Robert Greif, Dominik Stumpf et al. Comparing three CPR feedback devices and standard BLS in a single rescuer scenario: A randomised simulation study. *Resuscitation*. 2015; Volume 85, Issue 4, Pages 560-566.
76. Moriwaki Y, Sugiyama M, Tahara Y, et al. Complications of bystander cardiopulmonary resuscitation for unconscious patients without cardiopulmonary arrest. *J Emerg Trauma Shock*. 2012 Jan;5(1):3-6.
77. Sherry Johnson, Jessica McCracken, Fadi Baidoun. Tension pneumoperitoneum after bystander cardiopulmonary resuscitation: A case report. *International Journal of Surgery Case Reports*. 2018; Volume 42, Pages 227-232.
78. Holmberg M, Holmberg S, Herlitz J. Factors modifying the effect of bystander cardiopulmonary resuscitation on survival in out-of-hospital cardiac arrest patients in Sweden. *European heart journal*. 2001;22:511-9.
79. Wissenberg M, Lippert FK, Folke F, et al. Association of national initiatives to improve cardiac arrest management with rates of bystander intervention and patient survival after out-of-hospital cardiac arrest. *Jama* 2013;310:1377-84.
80. Hasselqvist-Ax I, Riva G, Herlitz J, et al. Early cardiopulmonary resuscitation in out-of-hospital cardiac arrest. *The New England journal of medicine* 2015;372:2307-15.
81. Sasson C, Rogers MA et al. Predictors of survival from out-of-hospital cardiac arrest: a systematic review and meta-analysis. *Circ Cardiovasc Qual Outcomes* 2010;3:63-81.
82. Nehme Z, Andrew E, Bernard S, et al. Comparison of out-of-hospital cardiac arrest occurring before and after paramedic arrival: epidemiology, survival to hospital discharge and 12-month functional recovery. *Resuscitation* 2015; 89:50-7.
83. Takei Y, Nishi T, Kamikura T, et al. Do early emergency calls before patient collapse improve survival after out-of-hospital cardiac arrests?. *Resuscitation* 2015;88:20-7.



84. Rousseau, G., Dupont, V., Jousset, N. *et al.* Letter to the editors regarding the article entitled: "Cardiothoracic injuries after CardioPump CPR: a report of two cases and review of the literature" by Kolopp *et al.* *Int J Legal Med.* 2018;**132**, 1733–1734.
85. Jarmila Drábková *et al.*, Urgentní medicína , lékařské repetitorium, GALEN 2017, ISBN 978-80-7492-322-7
86. Zhan L, Yang LJ, Huang Y *et al.* Continuous chest compression versus interrupted chest compression for cardiopulmonary resuscitation of non-asphyxial out-of-hospital cardiac arrest. *Cochrane Database Syst Rev.* 2017 Mar 27;3(3):CD010134.
87. Stockwell, Beverley & Bellis, Gareth *et al.* (2009). Electrical injury during "hands on" defibrillation-A potential risk of internal cardioverter defibrillators?. *Resuscitation.* 2009; 80. 832-4.
88. Gibbs W, Eisenberg M, Damon SK. Dangers of defibrillation: injuries to emergency personnel during patient resuscitation. *Am J Emerg Med.* 1990 Mar;8(2):101-4.
89. Rudinská LI, Hejna P, Ihnát P *et al.* Poranenia asociované s kardiopulmonálnou resuscitáciou [Injuries associated with cardiopulmonary resuscitation]. *Soud Lek.* 2014 Jul;59(3):28-33.
90. Jain A, Waseem M. Chest Trauma. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2022 Jan-. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK482194/>
91. Liman ST, Kuzucu A, Tastepe AI *et al.* Chest injury due to blunt trauma. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2003 Mar;23(3):374-8.
92. Boz B, Erdur B, Acar K, *et al.* Kardiyopulmoner resüsitasyona bağlı göğüs kafesi hasarlanmalarinin sikliđi: Adli otopsi sonuđlari [Frequency of skeletal chest injuries associated with cardiopulmonary resuscitation: forensic autopsy]. *Ulus Travma Acil Cerrahi Derg.* 2008 Jul;14(3):216-20.

93. Lederer W, Mair D, Rabl W, Baubin M. Frequency of rib and sternum fractures associated with out-of-hospital cardiopulmonary resuscitation is underestimated by conventional chest X-ray. *Resuscitation*. 2004 Feb;60(2):157-62.
94. Kralj E, Podbregar M, et al. Frequency and number of resuscitation related rib and sternum fractures are higher than generally considered. *Resuscitation*. 2015 Aug; 93:136-41.
95. Hickey TB, Gill GG, et al. CPR-associated right ventricular rupture in the setting of pulmonary embolism. *CJEM*. 2016 Nov;18(6):484-487.
96. Dupont V, Rougé-Maillart C, Gaudin A et al. Left Diaphragm Laceration Due to Cardiopulmonary Resuscitation. *J Forensic Sci*. 2016 Jul;61(4):1135-1138.
97. Haj-Yahia S, Al Aqra A, Abed K et al. Rare case of diaphragmatic rupture following resuscitation in a pregnant woman first in literature. *J Cardiothorac Surg*. 2020 Feb 27;15(1):44.
98. Venkatesh P, Schenck EJ. Aortic Rupture as a Complication of Cardiopulmonary Resuscitation. *JACC Case Rep*. 2020;2(8):1150-1154.
99. Lee JS, Hong SK. Aortic Dissection in a Survivor after Cardiopulmonary Resuscitation. *Korean J Crit Care Med*. 2017 May;32(2):218-222.
100. Williams AS, Castonguay M, Murray SK. Aortic intimal separation resulting from manual cardiopulmonary resuscitation-completing the spectrum of blunt thoracic aortic injury complicating CPR. *Int J Legal Med*. 2016 Nov;130(6):1581-1585.
101. Krischer JP, Fine EG, Davis JH et al. Complications of cardiac resuscitation. *Chest*. 1987 Aug;92(2):287-91.
102. Miller AC, Rosati SF, et al. A systematic review and pooled analysis of CPR-associated cardiovascular and thoracic injuries. *Resuscitation*. 2014 Jun;85(6):724-31.

103. Tattoli L, Maselli E, Romanelli MC et al. Complete cardiac rupture associated with closed chest cardiac massage: case report and review of the literature. *J Forensic Sci.* 2014 Mar;59(2):564-7.
104. Sommers MS. Potential for injury: trauma after cardiopulmonary resuscitation. *Heart Lung.* 1991 May;20(3):287-93.
105. Umit Kaldırım, Mehmet Toygar, et al., Complications of cardiopulmonary resuscitation in non-traumatic cases and factors affecting complications, *Egyptian Journal of Forensic Sciences.* 2016; Volume 6, Issue 3.
106. J Karasek, B Blankova, A Doubkova, et al., CPR related injuries, *European Heart Journal.* November 2020; Volume 41, Issue Supplement\_2.
107. Deliliga, A., Chatzinikolaou, F., Koutsoukis, D. *et al.* Cardiopulmonary resuscitation (CPR) complications encountered in forensic autopsy cases. *BMC Emerg Med.* 2019; **19**, 23.
108. Olds, Kelly & Byard, et al., Injuries associated with resuscitation – An overview. *Journal of Forensic and Legal Medicine.* 33. 10.1016/j.jflm.2015.04.003.
109. Petrovich, Polina et. al. Injuries Associated With Mechanical Chest Compressions in Patients With Out-Of-Hospital Cardiac Arrest: A Comparison of LUCAS 2 and LUCAS 2 Active Decompression. *Circulation.* 2019; Abstract 267.
110. Darok, Mario. (2004). Injuries Resulting From Resuscitation Procedures. 10.1007/978-1-59259-786-4\_13.
111. Fassassi and Simon. Thinking Outside the “Box”: Severe Intra-Abdominal Bleeding Due to Liver Injury Post CPR. *Int J Crit Care Emerg Med.* 2018; Volume 4, Issue 2.
112. Klöss T, Püschel K, Wischhusen F et al. Reanimationsverletzungen [Resuscitation injuries]. *Anasth Intensivther Notfallmed.* 1983 Aug;18(4):199-203.

113. Ihnát Rudinská L, Hejna P, Smatanová M, et al. Poranenia vznikajúce v súvislosti s kardiopulmonálnou resuscitáciou pre náhlu zástavu srdca v teréne (autoptická štúdia) [Injuries associated with cardiopulmonary resuscitation in non-survivors after out-of-hospital cardiac arrest (autopsy study)]. *Soud Lek.* 2017 Spring;62(2):18-21.
114. Meron G, Kurkciyan I, Sterz F, et al. Cardiopulmonary resuscitation-associated major liver injury. *Resuscitation.* 2007 Dec; 75(3):445-53.
115. Schvadron E, Moses Y, Weissberg D. Gastric rupture complicating inadvertent intubation of the esophagus. *Can J Surg.* 1996 Dec;39(6):487-9.
116. Khan A, Merrett N, Selvendran S. Stomach perforation post cardiopulmonary resuscitation-A case report. *Int J Surg Case Rep.* 2017; 40:43-46.
117. Grimaldi, D., Legriél, S., Pichon, N. *et al.* Ischemic injury of the upper gastrointestinal tract after out-of-hospital cardiac arrest: a prospective, multicenter study. *Crit Care.* 2022; **26**, 59.
118. Pauline Deras, Jonathan Manzanera, et al; Fatal Pancreatic Injury due to Trauma after Successful Cardiopulmonary Resuscitation with Automatic Mechanical Chest Compression. *Anesthesiology* 2014; 120:1038–1041.
119. Waldman PJ, Walters BL, Grunau CF. Pancreatic injury associated with interposed abdominal compressions in pediatric cardiopulmonary resuscitation. *Am J Emerg Med.* 1984 Nov;2(6):510-2.
120. Hejna, P. Comments on complete post-mortem decapitation in suicidal hanging. *Forensic Sci Med Pathol.* 2012; **8**, 484–485.
121. Naqvi SE, Ali E, et al. Successful Resuscitation of a Cardiac Arrest following Slit Neck and Carotid Artery Injury: A Case Report. *J Clin Diagn Res.* 2016 Jun;10(6): PD25-7.

- 122.Okumura K and Suganuma T. Esophageal Perforation Associated with Massive Pneumoperitoneum after Cardiopulmonary Resuscitation: Case Report. *Austin J Surg.* 2015;2(1): 1049.
- 123.Pomeranz K, Mohr N. Esophageal Perforation After Failed Prehospital Intubation. *Clin Pract Cases Emerg Med.* 2018 Jul 16;2(3):255-257.
- 124.A. Karatasakis et. al., Prevalence and Patterns of Resuscitation-Associated Injury Detected by Head-to-Pelvis Computed Tomography After Successful Out-of-Hospital Cardiac Arrest Resuscitation. *Journal of the American Heart Association.* 2022;11:e023949.
- 125.Karasek J, Slezak J, Stefela R, et al., CPR-related injuries after non-traumatic out-of-hospital cardiac arrest: Survivors versus non-survivors. *Resuscitation.* 2022 Feb; 171:90-95.
- 126.Fabiola A. et al., Nonskeletal injuries related to cardiopulmonary resuscitation: An autopsy study. *Journal of Forensic Sciences.* July 2021; Vol. 66, Issue 6.
- 127.Paolo Girotti, Antonia Rizzuto, Vincenzo Orsini et al. Heart injuries related to cardiopulmonary resuscitation: a risk often overlooked. *Rev.Cardiovasc. Med.* 2022; 23(2), 061.
- 128.Beydilli H, Balci Y, et al. Liver laceration related to cardiopulmonary resuscitation. *Turk J Emerg Med.* 2016 May 9;16(2):77-79.
129. Popela Brněnské dny UM. [https://brnenske-dny.cz/down/BD\\_2022\\_program.pdf](https://brnenske-dny.cz/down/BD_2022_program.pdf), Popela S, Pluhař M, Dobiáš M, et al. Poranění po kardiopulmonální resuscitaci u pacientů na ZZS Jihomoravského kraje.
- 130.Sokolove, Peter & Willis-Shore, et al. Exsanguination due to right ventricular rupture during closed-chest cardiopulmonary resuscitation. *The Journal of emergency medicine.* 2002; 23. 161-4.

131. Lee HS, Sung WY. Diaphragmatic rupture and massive pneumoperitoneum after cardiopulmonary resuscitation. Hong Kong Journal of Emergency Medicine. February 2021; 0(0).
132. Friberg N, Schmidbauer S, Walther C, et al. Skeletal and soft tissue injuries after manual and mechanical chest compressions. Eur Heart J Qual Care Clin Outcomes. 2019 Jul 1;5(3):259-265.
133. VIŠŇA, Petr a Jiří HOCH, et al. *Traumatologie dospělých : učebnice pro lékařské fakulty*. 1. vydání. Praha : Maxdorf, 2004. 157 s. ISBN 80-7345-034-8.
134. Sharoon Samuel , Brent Brown et al. Grade 4 Liver Laceration after Cardiopulmonary Resuscitation: A Case Report. Asploro Journal of Biomedical and Clinical Case Reports. 2021 May; 4(2):93-98.

## 9 SEZNAM VLASTNÍCH PRACÍ K ŘEŠENÉ PROBLEMATICE

**Popela S.**, Dobiáš M., Olecká I., Vojtíšek T., Pluhař M., Frišhons J., *Poranění při kardiopulmonální resuscitaci u pacientů Zdravotnické záchranné služby Jihomoravského kraje (ZZS JMK)*. Folia societatis medicinae legalis Slovacae. 2023, XX-XX [v tisku]. ISSN 1338-4589. Publikace v recenzovaném časopise [odborný článek]

**Popela S.**, Dobiáš M., Olecká I. *Poranění při kardiopulmonální resuscitaci u pacientů v Olomouckém regionu*. Folia societatis medicinae legalis Slovacae. 2023, XX-XX [v tisku]. ISSN 1338-4589. Publikace v recenzovaném časopise [odborný článek]

David PERAN, Michael STERN, Petr CERNOHORSKY, Roman SYKORA, **Stanislav POPELA**, Frantisek DUSKA. *Mitragyna speciosa (Kratom) poisoning: findings from ten cases*. Toxicon art reference TOXCON\_107054. ISSN 0041- 0101. Odborný článek Publikace v časopise s **IF 3.035**. [přijato k publikaci]

**MUDr. Stanislav Popela**, PhDr. Michal Pluhař, Jan Frišhons, MUDr. Martin Dobiáš. *Poranění po kardiopulmonální resuscitaci u pacientů na ZZS Jihomoravského kraje*. XXI. Brněnské dny urgentní medicíny 2022. [Přednáška]

**Popela S.** *Poranění orgánů dutiny hrudní u pacientů po kardiopulmonální resuscitaci v urgentní medicíně.* XII. MEZINÁRODNÍ KONGRES ÚRAZOVÉ CHIRURGIE A SOUDNÍHO LÉKAŘSTVÍ. [Přednáška s abstraktem]

**Popela S.,** Dobiáš M., Král M. *Traumatická tamponáda srdeční v urgentní medicíně – klinická zkušenost.* XI. MEZINÁRODNÍ KONGRES ÚRAZOVÉ CHIRURGIE A SOUDNÍHO LÉKAŘSTVÍ A NÁRODNÍ KONGRES ČESKÉ SPOLEČNOSTI ÚRAZOVÉ CHIRURGIE ČLS JEP 2019. [Přednáška s abstraktem]

**Popela S. ,** Dobiáš M. , Hubáček P., Bolard B. *Raritní pracovní úraz a urgentní medicína.* Brněnské dny urgentní medicíny 2017. [Přednáška s abstraktem]

**MUDr. Stanislav Popela.** *Mechanizovaná srdeční masáž u KPR.* XI Plzeňské dny urgentní medicíny. [Přednáška]

## 10 VĚDECKÁ A PUBLIKAČNÍ ČINNOST

**MUDr. Stanislav Popela,** PhDr. Michal Pluhař, Jan Frišhons, MUDr. Martin Dobiáš. *Poranění po kardiopulmonální resuscitaci u pacientů na ZZS Jihomoravského kraje.* XXI. Brněnské dny urgentní medicíny 2022. [Přednáška]

**Popela S.** *Poranění orgánů dutiny hrudní u pacientů po kardiopulmonální resuscitaci v urgentní medicíně.* XII. MEZINÁRODNÍ KONGRES ÚRAZOVÉ CHIRURGIE A SOUDNÍHO LÉKAŘSTVÍ. [Přednáška s abstraktem]

**Popela S.,** Dobiáš M., Král M. *Traumatická tamponáda srdeční v urgentní medicíně – klinická zkušenost.* XI. MEZINÁRODNÍ KONGRES ÚRAZOVÉ CHIRURGIE A SOUDNÍHO LÉKAŘSTVÍ A NÁRODNÍ KONGRES ČESKÉ SPOLEČNOSTI ÚRAZOVÉ CHIRURGIE ČLS JEP 2019. [Přednáška s abstraktem]

**Popela S. ,** Dobiáš M. , Hubáček P., Bolard B. *Raritní pracovní úraz a urgentní medicína.* Brněnské dny urgentní medicíny 2017. [Přednáška s abstraktem]

**MUDr. Stanislav Popela.** *Koincidence CMP a plicní embolie na Emergency.* Brněnské dny urgentní medicíny 2022. [Přednáška]

**MUDr. Stanislav Popela.** *Akutní epiglottitis u dětí - refresh.* Brněnské dny urgentní medicíny 2022. [Přednáška]

**Popela S., Hubáček P., Šaňák D.** *Akutní CMP na ose urgentní péče (zkušenosti s Emergency FNOL)* Brněnské dny urgentní medicíny 2022. [přednáška]

**Popela S.** *Permisivní hypotenze z pohledu urgentisty v přednemocniční a následné nemocniční péči.* Brněnské dny urgentní medicíny 2018. [Přednáška]

**Popela Stanislav,** *Použití suxamethonia u kraniocerebrálních poranění v přednemocniční neodkladné péči- CON.* Brněnské dny urgentní medicíny 2018. [Přednáška]

Král M., **Popela S.** *První den na urgentním příjmu.* SETKÁNÍ MLADÝCH ANESTEZIOLOGŮ OSTRAVA 2019. [Přednáška s abstraktem]

**S. Popela.** *Pacient s CMP a plicní embolií na OUP.* XVII Pelhřimovský podvečer 2019. [Přednáška]

**S. Popela.** *EMS Aphrodite Rallye 2019.* XVII Pelhřimovský podvečer 2019. [Přednáška]

**S. Popela.** *Závažné trauma v medicíně prvního kontaktu.* Angis konference Olomouc 24.9. 2021. [Přednáška]

**Popela S.** *Akutní aortální syndrom jako komplikace dekompenzované hypertenze u pacienta na LPS.* XVII. kongres Medicíny pro praxi v Olomouci – kongres praktických lékařů 11.–12. dubna 2019. [Přednáška s abstraktem]



**S. Popela.,** J. Hejdová. *Postřehy z Bukurešti- Mass burn casualty disaster workshop 2018.* XXII Mezinárodní kongres MEDICÍNA KATASTROF 2019. [Přednáška s abstraktem]

K. Vesela, **S. Popela,** M. Dvorak. *Everybody lies.* EUSEM Congres, Glasgow 2018. [Abstrakt, Poster]

**S. Popela.** *Moje cesta k urgentní medicíně.* Absolventská přednáška Univerzita Palackého Olomouc 2021. [Prezentace]

**Popela S.,** Hubáček P., Šaňák D. *Akutní CMP na ose urgentní péče (zkušenosti s Emergency FNOL)* Brněnské dny urgentní medicíny 2018. [Prezentace]

**Popela S.** *Poruchy přizpůsobení a poruchy osobnosti v urgentní medicíně.* Brněnské dny urgentní medicíny 2016. [Přednáška s abstraktem]

**Popela S.,** Hubáček P. *Specifika pracovních úrazů v urgentní medicíně.* X. MEZINÁRODNÍ KONGRES ÚRAZOVÉ CHIRURGIE A SOUDNÍHO LÉKAŘSTVÍ POLYTRAUMA A KOMPLIKACE V CHIRURGICKÉ PÉČI 2018. [Přednáška s abstraktem]

**Popela S.,** Hubáček P., Horák F., Dobiáš M. *Těžké poranění s atypickým klinickým nálezem.* Brněnské dny urgentní medicíny 2015. [Přednáška s abstraktem]

**MUDr. Stanislav Popela.** *Mechanizovaná srdeční masáž u KPR.* XI Plzeňské dny urgentní medicíny. [Přednáška]

## 11 GRANTOVÉ PROJEKTY

Spoluřešitel projektu „*Reforma psychiatrické péče – ADHD*“. číslo IGA\_CMTF\_2021\_008. CM teologická fakulta Univerzity Palackého v Olomouci

## 12 ELEKTRONICKÉ ZDROJE

1. Internet: [https://brnenske-dny.cz/down/BD\\_2022\\_program.pdf](https://brnenske-dny.cz/down/BD_2022_program.pdf), Popela S, Pluhař M, Dobiáš M, et al. Poranění po kardiopulmonální resuscitaci u pacientů na ZZS Jihomoravského kraje
2. Internet: výroční zpráva ZZS Jihomoravského kraje  
[https://www.zzsjmek.cz/sites/default/files/dokumenty/zprava\\_o\\_cinnosti\\_2020.pdf](https://www.zzsjmek.cz/sites/default/files/dokumenty/zprava_o_cinnosti_2020.pdf)
3. Internet: výroční zpráva FN Olomouc  
[https://www.fnol.cz/uploads/page/54/doc/FNOL\\_vyrocní\\_zprava\\_2020.pdf](https://www.fnol.cz/uploads/page/54/doc/FNOL_vyrocní_zprava_2020.pdf)
4. Internet: [https://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Zdravotnická\\_záchranná\\_služba\\_Jihomoravského\\_kraje&action=edit](https://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Zdravotnická_záchranná_služba_Jihomoravského_kraje&action=edit)
5. Internet:  
[https://cs.wikipedia.org/wiki/Zdravotnická\\_záchranná\\_služba\\_Olomouckého\\_kraje](https://cs.wikipedia.org/wiki/Zdravotnická_záchranná_služba_Olomouckého_kraje)
6. <https://www.zzsol.cz>
7. <https://www.zzsjmek.cz/zdravotnicka-zachranna-sluzba-jihomoravskeho-kraje>
8. <https://www.fnol.cz>
9. <https://www.lf.upol.cz>
10. <https://www.fnusa.cz/pro-pacienty-a-navstevy/pracoviste/usl-zakladni-informace/>
11. [https://www.wikiskripta.eu/w/Poraněn%C3%AD\\_jater](https://www.wikiskripta.eu/w/Poraněn%C3%AD_jater)

## 13 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

- 4H4T – reverzibilní příčiny náhlé zástavy oběhu  
AHA – American Heart association  
AIM – akutní infarkt myokardu  
ALS – Advanced Life Support  
AP – Angina pectoris  
ATP – Adenosintrifosfát  
BLS – Basic life support  
CPR – Cardiopummary resuscitation  
DDŽ – dolní dutá žíla  
DIC – Diseminovaná intravaskulární koagulopatie  
EBM – Evidence-Based Medicine  
ECMO – Extrakorporální mimotělní oxygenace

EMD – European Medical Distribution  
ERC – European Resuscitation Council  
GIT – gastrointestinální trakt  
HDŽ – horní dutá žíla  
i.v. – intravenozní  
ICHS – Ischemická choroba srdeční  
ILCOR – International Liaison Committee On Resuscitation  
J – Joule  
KPR – Kardiopulmonální resuscitace  
LF UPOL – Lékařská fakulta Univerzity Palackého v Olomouci  
LUCAS – Lund University Cardiopulmonary Assist System  
LZS – letecká záchranná služba  
MODS – Multiorgánové selhání  
NIS – nemocniční informační systém  
NNP – Nemocniční neodkladná péče  
NZO – Náhlá zástava oběhu  
OUP FN – Oddělení urgentního příjmu fakultní nemocnice  
PEA – Bezpulsová elektrická aktivita  
PNO – pneumothorax  
PNP – Přednemocniční neodkladná péče  
pVT - Bezpulsová komorová tachykardie  
RLP – rychlá lékařská pomoc  
ROSC – spontánní obnova oběhu a cirkulace  
RZP – rychlá zdravotnická pomoc  
TANR – Telefonicky asistovaná neodkladná resuscitace  
ÚSL – Ústav soudního lékařství  
VF – Fibrilace komor  
ZZS JMK – Zdravotnická záchranná služba Jihomoravského kraje  
ZZS OK – Zdravotnická záchranná služba Olomouckého kraje