

DIAGNOSTICKÁ VÝTĚŽNOST PROSTÉHO SNÍMKU U PORANĚNÍ SKELETU HRUDNÍKU NÁSLEDKEM KARDIOPULMONÁLNÍ RESUSCITACE

DIAGNOSTIC ACCURACY OF X-RAY IN SKELETAL CHEST INJURIES FOLLOWING CARDIOPULMONARY RESUSCITATION

původní práce

Marek Vinkler¹
Zbyněk Tüdös¹
Filip Čtvrtlík¹
Zuzana Sedláčková¹
Bronislav Klementa²
Olga Klementová²

¹Radiologická klinika LF UP, Olomouc

²Klinika anesteziologie, resuscitace a intenzivní medicíny LF UP a FN

Přijato: 15. 2. 2018.

Korespondenční adresa:

MUDr. Zbyněk Tüdös, Ph.D.
 Radiologická klinika FN
 I. P. Pavlova 6, 779 00 Olomouc
 e-mail: zbynek.tudos@seznam.cz

Konflikt zájmů: žádný.

První autor je studentem 6. ročníku všeobecného lékařství na LF UP v Olomouci. Tato práce vznikla v rámci Studentské vědecké odborné činnosti.

Práce byla podpořena grantem UP: IGA_LF_2017_001 a RVO: LF UP 61989592.

Hlavní stanovisko práce

Retrospektivní hodnocení obrazové dokumentace pacientů po kardiopulmonální resuscitaci prokázalo nízkou senzitivitu prostého snímku v záchytu zlomenin skeletu hrudníku ve srovnání s výpočetní tomografií.

SOUHRN

Vinkler M, Tüdös Z, Čtvrtlík F, Sedláčková Z, Klementa B, Klementová O. Diagnostická výtěžnost prostého snímku u poranění skeletu hrudníku následkem kardiopulmonální resuscitace

Cíl: Kardiopulmonální resuscitace (KPR) s sebou nese riziko poškození pacienta během jejího provádění. Mezi nejčastější poranění patří fraktury žebér a sternu v důsledku kompresí hrudníku. Cílem práce bylo určit senzitivitu prostého snímku pro záchyt fraktur žebér u pacientů, kteří prodělali KPR, a interpretovat získané výsledky.

Metodika: Retrospektivní analýza souboru 490 pacientů, kteří v letech 2011–2015 prodělali KPR. K vlastní analýze byla vybrána skupina pacientů s dostupným snímkem hrudníku. U části pacientů bylo k dispozici i CT hrudníku. Zkušební radiologové retrospektivně hodnotili výskyt fraktur žebér a jejich lokalizaci. Dále jsme posuzovali technickou kvalitu pořízených snímků na bodové škále od 1 do 10.

Výsledky: Zobrazení hrudníku následně po KPR bylo k dispozici u 128 pacientů, u všech byl k dispozici snímek a u 27 bylo provedeno i CT. Pouze u dvou pacientů byly na snímku nalezeny zlomeniny, které bylo možné přisoudit předchozí KPR. Na CT byly nalezeny fraktury u deseti pacientů, celkem 51 zlomených žebér, pouze u jediné z nich

Major statement

Retrospective analysis of imaging studies in patients after cardiopulmonary resuscitation confirmed low sensitivity of chest x-ray in depiction of chest skeletal fractures compared to computed tomography.

SUMMARY

Vinkler M, Tüdös Z, Čtvrtlík F, Sedláčková Z, Klementa B, Klementová O. Diagnostic accuracy of x-ray in skeletal chest injuries following cardiopulmonary resuscitation

Aim: Cardiopulmonary resuscitation (CPR) is a lifesaving act, however, it can also lead to chest injuries due to thoracic compression. The most frequent injuries are fractures of ribs and the sternum. Our purpose was to determine the sensitivity of the plain chest radiography (CXR) to reveal rib fractures after CPR.

Methods: Retrospective analysis of 490 patients who underwent the cardiopulmonary resuscitation from 2011 to 2015. We focused on patients with post-procedure CXR or CT available. Experienced radiologists searched for rib fractures after CPR. We also graded the technical quality of the CXR on a 10-point scale.

Results: Imaging studies of the thorax were available in 128 patients, all of them had the CXR and CT scans were available in 27 patients. Only two CXRs showed the rib fractures that could be attributed to CPR. CT scans were much more sensitive. The positive CT finding was present in 10 patients (51 rib fractures in total). There was only one fracture fully correlated between CXR and CT.

byl patrný korelát na RTG (senzitivita 1/51, tj. 1,96 %). Všechny zlomeniny byly lokalizovány ve ventrální třetině žeber. Technická kvalita snímků dosahovala v průměru 6,06 bodů z 10, v 61 případech (47,7 %) byla přítomna hrudní patologie (konsolidace plicního parenchymu, tekutina apod.) omezující hodnocení snímku.

Závěr: Snímek hrudníku není dostatečně senzitivní metoda k průkazu poranění hrudníku v důsledku KPR. Příčinou je jednak lokalizace fraktur ve ventrálním průběhu žeber, dalším faktorem je závažný zdravotní stav celé řady pacientů, který neumožňuje pořízení snímku standardní kvality, a také přítomnost patologických nálezů omezujících možnosti hodnocení. Spolehlivou diagnostickou metodou je CT hrudníku.

Klíčová slova: kardiopulmonální resuscitace, poranění hrudníku, snímek hrudníku, sternum, výpočetní tomografie, zlomeniny žeber.

All the fractures were localized in the ventral third of ribs. Average image quality reached 6.06 points out of 10. In 61 cases, there was additional pathology (e.g. pleural fluid or parenchyma consolidation) potentially obscuring skeletal finding.

Conclusion: Sensitivity of CXR to prove rib fractures after CPR is low. One of the reasons is the localization of fractures in the ventral portion of the rib, another is the serious clinical state of patients leading to worse image quality and also additional thoracic pathologies. CT scan seems to be appropriate tool to prove the injuries after CPR.

Key words: cardiopulmonary resuscitation, chest injuries, chest x-ray, computed tomography, rib fractures, sternum.

ÚVOD

Kardiopulmonální resuscitace (KPR) s sebou nese nejen možnost záchranu života, ale také riziko poškození pacienta během jejího provádění. Těžké poranění hrudní stěny může vést k prodloužení pobytu na lůžku intenzivní péče a současně také může zvýšit mortalitu (1). Mezi nejčastější poranění při KPR patří fraktury žeber a sterna spojené s kompresí hrudníku. U dospělých je uváděn výskyt fraktur 13–97 %, u dětí 0–2 % (1). Poranění je možné detekovat pomocí zobrazovacích metod nebo u zemřelých pacientů na základě provedené pitvy. Cílem naší práce bylo určení senzitivity rentgenového snímku (RTG) na záchyt fraktur žeber u pacientů, kteří prodělali KPR, a interpretovat získané výsledky. Pro potřeby interpretace výsledků jsme provedli také bodové hodnocení kvality pořízených rentgenových snímků hrudníku.

METODIKA

Bylo provedeno retrospektivní zhodnocení souboru 490 pacientů, kteří v letech 2011–2015 prodělali zástavu oběhu a následnou KPR. K další analýze byla vybrána užší skupina pacientů s dostupným snímkem nebo výpočetní tomografií (CT) hrudníku po KPR. Dva zkušení radiologové na dostupných snímcích retrospektivně nezávisle na sobě hodnotili výskyt fraktur hrudníku v souvislosti s prováděnou KPR a jejich lokalizaci, definitivní názor vznikl konsenzuálně za účasti třetího radiologa. Počet pozitivních nálezů na snímcích byl vztažen k výsledkům dostupných CT, byla vypočtena senzitivita snímků. Dále jsme posuzovali vizuální technickou kvalitu pořízených snímků na bodové škále od 1 do 10 dle European Guidelines on Quality Criteria for Diagnostic Radiographic

Images (2) (obr. 1). U bodového hodnocení kvality snímku byl vypočítán aritmetický průměr celého souboru.

Kritéria hodnocení snímku	Pacient		
	1	2	3
Proveden v plném nádechu (posuzováno dle žeber zobrazených nad bránicí - buď 6. žebro ventrálně nebo 10. žebro dorzálně) se zadržným dechem			
Symetrické zachycení hrudníku posuzované podle centrálního uložení spinózních výběžků mezi mediálními konci klíčních kostí			
Mediální hrany lopatek jsou uloženy mimo plicní pole			
Úplné zobrazení žeber nad bránicí			
Ostré zachycení cévní kresby, zejména v periferii			
Ostré zobrazení			
a) průdušnice a proximálních bronchů			
b) kontur srdce a aorty			
c) bránice a zevních kostofrenických úhlů			
Zobrazení retrokardiální plíce a mediastina			
Zobrazení páteře přes srdeční stín			
Součet			

▲ Obr. 1

Obr. 1. **Hodnotící kritéria kvality prostého snímku hrudníku dle European Guidelines on Quality Criteria for Diagnostic Radiographic Images, za každou splněnou položku lze získat 1 bod, maximální počet 10 bodů představuje standardní diagnostickou kvalitu snímku.**
Fig. 1. **Criteria for evaluation of chest X-ray image quality according to European Guidelines on Quality Criteria for Diagnostic Radiographic Images; each true item counts as 1 point, maximum of 10 point represents standard diagnostic quality.**



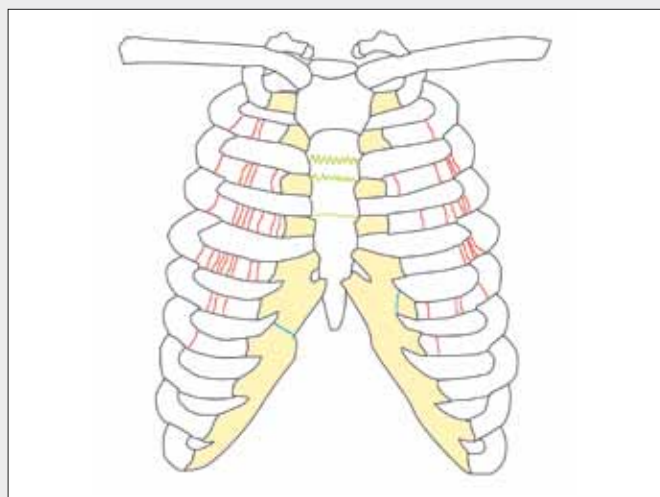
▲ Obr. 2A



▲ Obr. 2B

Obr. 2. Jediná zlomenina žebra v důsledku KPR zjištěná na snímku i na CT. A – detail z prostého snímku; B – CT nálezy (šipky). Jako doprovodný nálezy je na obou snímcích přítomen fluidopneumothorax.

Fig. 2. The only rib fracture after CPR allowing direct comparison of (A) chest X-ray and (B) CT image (arrow). Both modalities reveal fluidopneumothorax as an associated finding.



▲ Obr. 3



▲ Obr. 4

Obr. 3. Schematický obrázek ventrální hrudní stěny zachycující lokalizaci všech nalezených traumatických změn skeletu: zlomeniny žebra jsou zakresleny červeně, zlomeniny chrupavčitých úponů modře a zlomeniny hrudní kosti zeleně (zdroj schématu: Pixabay)

Fig. 3. A schematic picture of the ventral chest wall displaying all detected traumatic skeletal findings: rib fractures are drawn in red, sternal fractures in green and chondral fractures in blue

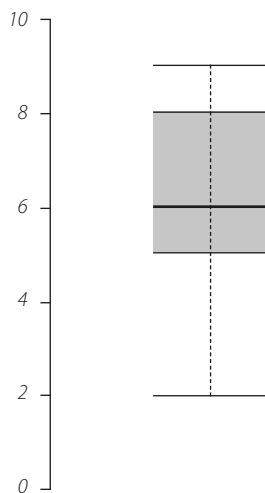
Obr. 4. CT obraz v koronální rovině zobrazující zlomeninu chrupavčitého úponu 7. žebra vpravo (šipka)

Fig. 4. CT image in coronal plane shows chondral fracture of seventh rib on the right side (arrow)



▲ Obr. 5

Obr. 5. CT obraz v sagitální rovině zobrazuje dislokovanou zlomeninu v kraniální třetině těla hrudní kosti
Fig. 5. CT image in sagittal plane reveals displaced fracture in the cranial third of the sternum body



Graf 1. Krabicový graf výsledků hodnocení kvality prostých snímků hrudníku na škále od 1 do 10 dle European Guidelines on Quality Criteria for Diagnostic Radiographic Images

Graph 1. Box plot summarizing technical quality of chest x-rays graded on 10-point scale according to European Guidelines on Quality Criteria for Diagnostic Radiographic Images

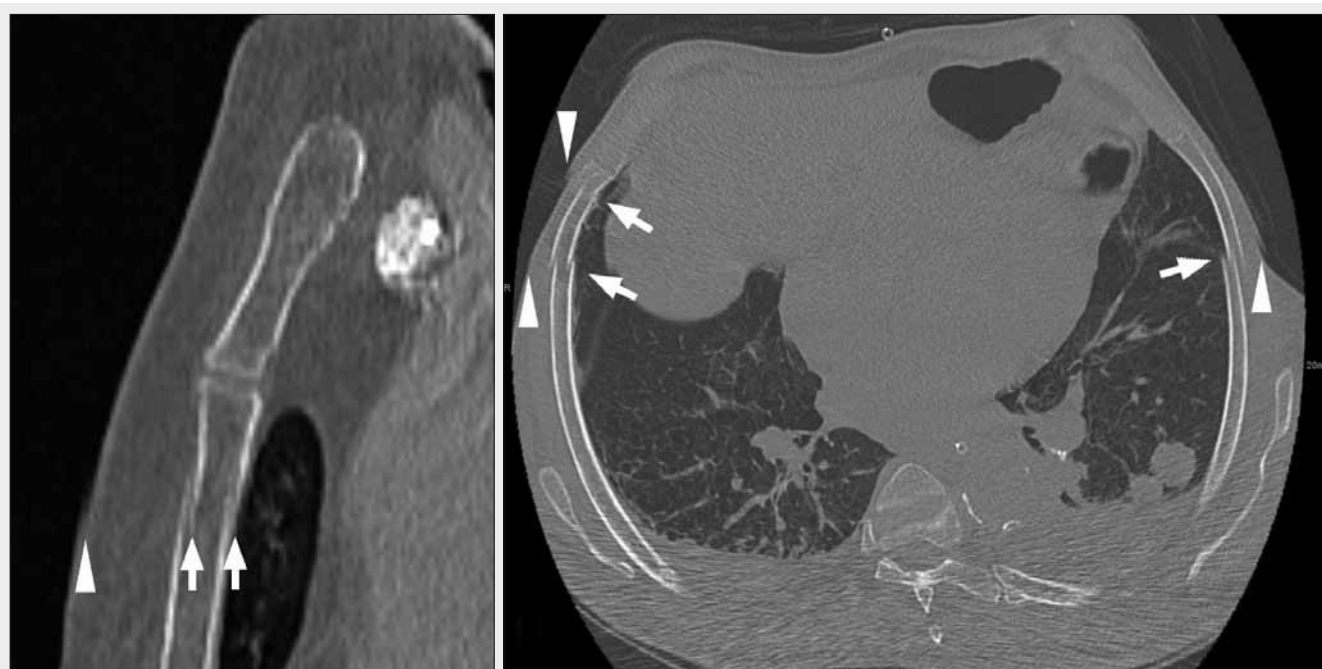
VÝSLEDKY

Snímek hrudníku po KPR byl k dispozici u 128 pacientů (81 mužů, 47 žen, průměrný věk 66,1 let), u 29 bylo provedeno i CT. V 98 případech byl na snímku nález na skeletu hodnocen jako normální, ve 26 případech byly patrné zlomeniny staršího data (byly zhojené nebo prokazatelně přítomné již na snímcích zhotovených před KPR) a ve dvou případech byly nalezeny sériové fraktury žeber, které s vysokou pravděpodobností vznikly v důsledku závažného úrazu vedoucího k nutnosti KPR (jeden pacient po autonehodě, jeden po pádu ze střechy, oba tyto pacienti měli také CT, ale byli z další analýzy vyloučeni). Pouze u dvou pacientů (1,56 %) byly na snímcích nalezeny zlomeniny, které bylo možné přisoudit předchozí KPR, jen jeden z nich měl také CT. Na dostupných CT byly patrné fraktury v důsledku KPR u 10 z 27 pacientů (37 %), celkem bylo nalezeno 51 zlomených žeber, pouze u jediné z nich byl patrný korelát na snímku (senzitivita 1/51, tj. 1,96 %) (obr. 2). Zbýlých 50 zlomenin žeber nebylo na snímcích patrných ani zpětně se znalostí CT nálezů. Všechny zlomeniny byly lokalizovány ve ventrální třetině žebra, která je na rentgenových snímcích velmi špatně hodnotitelná (obr. 3). U dvou pacientů byla prokázána zlomenina chrupavčitého úponu žebra (obr. 3 a 4). Ve třech případech byla na CT prokázána také fraktura sternu (obr. 3 a 5). Kromě fraktur byly na CT obrazech patrné také schodovité artefakty imponující jako dislokované zlomeniny, jejich vznik byl podmíněn dýchacími pohyby v průběhu helikální akvizice CT dat u pacientů v bezvědomí nebo ve velmi vážném stavu neschopných zadržet dech. Celkem byl nález těchto artefaktů přítomen na sternu u dvou pacientů a na žebrech rovněž u dvou pacientů z 27, tj. celkem v 14,8 % případů (obr. 6).

Technická kvalita rentgenových snímků dle European Guidelines on Quality Criteria for Diagnostic Radiographic Images se pohybovala v rozmezí od 2 do 9 bodů, v průměru dosahovala 6,06 bodů z 10 možných, přičemž maximální počet bodů znamená standardní diagnostickou kvalitu (graf 1). V 61 případech (47,7 %) byla na snímku přítomna hrudní patologie (konsolidace nebo atelektáza plicního parenchymu, pleurální tekutina apod.) omezující hodnocení skeletu.

DISKUSE

V souvislosti s KPR může dojít na hrudní stěně k celé řadě poranění, nejčastější z nich jsou mnohočetné fraktury žeber. V literatuře lze dohledat výskyt poranění po KPR ve velmi širokém rozpětí v závislosti na metodě detekce, např. u zlomenin žeber je u dospělých uváděno 13–97 %, u zlomenin sternu 1–43 % (3). Asi nejucelenější obraz o frekvenci výskytu zlomenin hrudního koše přináší metaanalýza zahrnující celkově přes 3000 pacientů, zlomeniny žeber byly prokázány u 31,2 % pacientů a zlomenina sternu u 15,1 % pacientů (4). Fraktury vzniklé při kompresi hrudní stěny o 5–6 cm následně mohou způsobit poranění vnitřních orgánů nebo pneumothorax (4, 5). Byla prokázána souvislost výskytu fraktur žeber po KPR s pohlavím (relativně častější výskyt u žen), s věkem (riziko s věkem stoupá), dále jsou poranění častější po laické KPR a po použití mechanických pomůcek (4–6). Poranění v důsledku KPR mohou zhoršovat výsledný zdravotní stav pacientů a prodlužovat délku jejich pobytu na jednotkách intenzivní péče (1).



▲ Obr. 6A

▲ Obr. 6B

Obr. 6. CT obrazy artefaktů imitujících dislokované zlomeniny. A – CT obraz sternu v sagitální rovině; B – CT obraz žebér v šikmé paraaxiální rovině. Jedná se o dva různé pacienty, v obou případech schodovité artefakty na skeletu (šipky) jednoznačně korespondují s nerovnostmi na povrchu kůže (hlavičky šipek). Nález je bezpochyby podmíněn dýchacími pohyby v průběhu helikálního náběru dat.

Fig. 6. CT images displaying artifacts mimicking displaced fractures in two different patients. A – CT image of the sternum in sagittal plane; B – CT image of ribs in oblique para-axial plane. Stair-step artifacts visible on the bone contours (arrows) clearly correspond with with discontinuity of body surface (arrowheads) in both cases. The finding is undoubtedly caused by breathing motion during the helical data acquisition.

Důležitým diagnostickým nástrojem k průkazu poranění hrudníku jsou zobrazovací metody. Prostý snímek hrudníku je metoda jednoduchá, levná, snadno dostupná, má relativně nízkou radiační zátěž a především ji lze provést pojížděným přístrojem přímo u lůžka pacienta, což je důležitá výhoda u pacientů ve vážném stavu, jejichž transport na vyšetřovnu by znamenal nemalé riziko. Tuto skutečnost odráží i náš soubor, u 128 pacientů jsme měli k dispozici prostý snímek hrudníku, z toho u 123 z nich (96,9 %) byl proveden pojížděným přístrojem v souvislosti s pobytem pacientů na intenzivních nebo resuscitačních lůžkách; pouze v ojedinělých případech byl k dispozici snímek vestoje s větším časovým odstupem od epizody KPR. Diagnostickou výtěžností RTG snímku pro průkaz poranění po KPR se před námi zabývalo několik zahraničních autorů. Lededer et al. srovnávali záchyt poranění po KPR na prostém snímku a při pitvě, kdy na základě rentgenového snímku se podařilo prokázat fraktury u devíti pacientů z 19 pacientů, zatímco skutečný nález poranění byl uveden v pitvěním protokolu u 18 z 19 pacientů, v součtu bylo popsáno 12 zlomených žebér na snímcích a 83 při pitvě (6). Nejčastěji bylo poraněno 3. až 5. žebro v laterální části hrudníku. Nízkou senzitivitu prostého snímku ukázali i Cohen et al., kteří prokázali výskyt fraktur na snímku u 4 % pacientů (7). Senzitivita rentgenového snímku u našeho souboru vztažená na pacienta dosahovala 10 %, senzitivita vztažená na jednotlivá zlomená žebra dosahovala pouze 2 %.

Nedostatečná výtěžnost této zobrazovací metody je dána několika faktory, které jsou více či méně podmíněny sumačním charakterem snímku. Důležitým problematickým fak-

torem je lokalizace zlomenin, které se v našem souboru nacházely výhradně ve ventrální třetině žebér, která je prostým snímkem obtížně zobrazitelná, obzvláště pokud se jedná o nedislokované zlomeniny. Lokalizace zlomenin v našem souboru potvrzuje předchozí pozorování. Kim et al. popisují z celkového počtu 173 zlomenin žebér u 160 ventrální lokalizaci a u 13 laterální lokalizaci (5). Další klíčovou nevýhodou prostého snímku podmíněnou sumací je splývání anatomických struktur a případných patologických nálezů nitrohrudních orgánů. Takovou sumaci patologických nálezů, které zhoršovaly nebo zcela znemožňovaly hodnocení některých anatomických struktur (konsolidace nebo atelektáza parenchymu, pleurální výpotky apod.) jsme našli u téměř u poloviny nemocných. Problém sumace také částečně souvisí s podmínkami, za kterých se pořizují snímky u lůžka, mnohdy je obtížné dosáhnout učebnicové centrace, symetrie hrudníku, dostatečného nádechu apod., většinou je nutné improvizovat a volit kompromisní řešení, která snižují technickou kvalitu a tím snižují diagnostickou výtěžnost snímku. Abychom metodologicky podchytily tuto skutečnost, rozhodli jsme se hodnotit technickou kvalitu snímků dle European Guidelines on Quality Criteria for Diagnostic Radiographic Images (2). Toto doporučení obsahuje skórovací systém hodnotící 10 položek jako je symetrie hrudníku, zobrazené pole, stupeň nádechu, hodnotitelnost plicního parenchymu, transparence srdečního stínu apod. (viz obr. 1). Systém zohledňuje i přítomnost rušivých patologických nálezů. Z maximálního počtu 10 bodů dosáhly snímky v našem souboru průměrné hodnoty 6 bodů, tedy těsně nadpo-

lovičního skóre. Jak již bylo zmíněno výše, rušivé patologie plic a pleury byly přítomny u 47,7 % snímků. Výsledný bodový výsledek technické kvality považujeme za relativně nízký. Toto nižší skóre technické kvality přičítáme jednak podmínkám snímání, kdy drtivá většina pacientů byla snímána za obtížných podmínek pojízdným přístrojem vleže na lůžku, a jednak přítomnosti rušivých hrudních patologií. Také se domníváme, že nižší kvalita mohla přispět k nízkému diagnostickému záchytu zlomenin žeber. Co se týče možnosti zobrazení hrudní kosti a chrupavčitých úponů žeber, ta je na předozadním snímku téměř nulová.

Velmi dobrou zobrazovací metodou k průkazu muskuloskeletálních patologií hrudníku včetně fraktur žeber a sternu představuje CT. V dříve publikované studii dosáhlo CT lepšího záchytu zlomenin žeber (u 26 pacientů ze 40) než snímky (10 pacientů ze 40), kromě toho CT odhalilo 12 zlomenin sternu (5). V jiné studii Kim et al. provedli analýzu 71 pacientů s CT hrudníku po prodělané resuscitaci. U 22 bylo proká-

záno poranění skeletu hrudníku. Nejčastěji se jednalo o mnohočetné fraktury žeber. Fraktura sternu byla přítomna u tří pacientů (8). Vysoký záchyt poranění na CT odpovídá i našim závěrům (10 pacientů z 27). Z našeho hodnocení však vyplývá, že je třeba ostražitosti při hodnocení CT nálezu, aby nedošlo k záměně schodovitých pohybových artefaktů na kostech za zlomeniny, tyto artefakty jsme našli na žebrech a na sternu dohromady u téměř 15 % případů.

ZÁVĚR

Snímek hrudníku není dostatečně senzitivní metoda k diagnostice poranění skeletu hrudníku po KPR. Příčinou je jednak lokalizace fraktur ve ventrálních průběžích žeber, dalším významným faktorem je velmi závažný zdravotní stav celé řady pacientů, který neumožňuje pořízení snímku standardní kvality, a také přítomnost rušivých patologických nálezů. Spolehlivou diagnostickou metodou je CT hrudníku.

LITERATURA

1. **Klementa B, Klementová O, Marcián P.** Resuscitace. 1. vydání. Olomouc: Epa-va 2014; 232–233.
2. **European Guidelines on Quality Criteria for Diagnostic Radiographic Images**, dostupné na: <http://www.sprmn.pt/legislacao/ficheiros/EuropeanGuidelineseur16260.pdf>
3. **Hoke RS, Chamberlain D.** Skeletal chest injuries secondary to cardiopulmonary resuscitation. *Resuscitation* 2004; 63(3): 327–338.
4. **Miller AC, Rosati SF, Suffredini AF, Schrupp DS.** A systematic review and pooled analysis of CPR-associated cardiovascular and thoracic injuries. *Resuscitation* 2014; 85(6): 724–731.
5. **Kim EY, Yang HJ, Sung YM, et al.** Multidetector CT findings of skeletal chest injuries secondary to cardiopulmonary resuscitation. *Resuscitation* 2011; 82(10): 1285–1288.
6. **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; 60(2): 157–162.
7. **Cohen TJ, Goldner BG, Maccaro PC, et al.** A Comparison of active compression-decompression cardiopulmonary resuscitation with standard cardiopulmonary resuscitation for cardiac arrests occurring in the hospital. *N Engl J Med* 1993; 329(26): 1918–1921.
8. **Kim MJ, Park YS, Kim SW, et al.** Chest injury following cardiopulmonary resuscitation: a prospective computed tomography evaluation. *Resuscitation* 2013; 84(3): 361–364.