

**Univerzita Karlova
1. lékařská fakulta**

**Postgraduální doktorský program v biomedicině
Studijní obor: Experimentální chirurgie**



**UNIVERZITA KARLOVA
1. lékařská fakulta**

MUDr. Tomáš Strnad

**Zlomeniny lopatky spojené
s akromioklavikulární a sternoklavikulární luxací**

**Scapular fractures associated
with acromioclavicular and sternoclavicular luxation**

Disertační práce

Školitel: doc. MUDr. Michal Tuček, Ph.D.

Konzultanti: prof. MUDr. Jan Bartoníček, DrSc.

doc. MUDr. Ondřej Naňka, Ph.D.

Praha, 2023

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracoval samostatně a že jsem řádně uvedl a citoval všechny použité prameny a literaturu. Současně prohlašuji, že práce nebyla využita k získání jiného nebo stejného titulu

Souhlasím s trvalým uložením elektronické verze mé práce v databázi systému meziuniverzitního projektu Theses.cz za účelem soustavné kontroly podobnosti kvalifikačních prací.

V Praze, 05.06.2023

MUDr. Tomáš Strnad

Identifikační záznam:

STRNAD, Tomáš. *Zlomeniny lopatky spojené s akromioklavikulární a sternoklavikulární luxací.*
[Scapular fractures associated with acromioclavicular and sternoclavicular luxation]. Praha,
2023. Počet stran 82. Disertační práce. Univerzita Karlova, 1. lékařská fakulta, Klinika
ortopedie 1. LF UK a ÚVN Praha. Vedoucí práce Tuček, Michal.

Obsah

1. Úvod.....	1
2. Současný stav řešené problematiky.....	3
2.1. Definice horního závěsného komplexu ramene.....	3
2.2. Anatomie glenoidu a výběžků lopatky	5
2.4. Diagnostika.....	15
2.5. Terapie	17
3. Cíle práce.....	18
4. Základní materiál a metodika	20
5. Souhrn výsledků.....	21
6. Výsledky ve formě publikací a kazuistik	27
6.1. Strnad T., Bartoníček J., Naňka O., Tuček M.: The coracoglenoid notch: anatomy and clinical significance.	27
6.2. Strnad T., Bartoníček J., Tuček M., Naňka O.: Circumflex arterial sulcus of the scapula (sulcus arteriae circumflexae scapulae): its anatomy and clinical relevance.	35
6.3. Bartoníček J., Tuček M., Strnad T., Naňka O.: Fractures of the coracoid process - pathoanatomy and classification: based on thirty nine cases with three dimensional computerised tomography reconstructions.	45
6.4. Strnad T., Bartoníček J., Tuček M.: Acromioclavicular dislocation associated with scapular fractures - pathoanatomy of the injury.	53
6.5. Sternoklavikulární luxace u zlomenin lopatky	59
7. Diskuse	62
8. Závěr.....	72
9. Literatura	73
10. Publikační činnost, přednášky.....	80
11. Poděkování	82

1. Úvod

Zlomeniny lopatky patřily dříve mezi vzácná poranění, která stála na okraji zájmu. V posledních dvou desetiletích se však situace výrazně změnila, jednak se zvyšujícím se počtem zlomenin lopatky, jednak se zvětšujícím se vědeckým zájmem a přesnější diagnostikou těchto poranění.

Zlomeniny lopatky mohou být izolované, ale v 67–92 % jsou kombinované s poraněním dalších struktur, a to především u polytraumatizovaných pacientů (Tuček M., 2010). Zlomeniny lopatky jsou nejčastěji doprovázeny zlomeninami žeber (15–78 %), z ramenního pletence pak zlomeninami klíční kosti (12–39 %) a zlomeninami humeru (11–15 %).

Zlomeniny lopatky spojené s akromioklavikulární (AC) nebo sternoklavikulární (SC) luxací jsou vzácnější, udává se výskyt u 3–6 % všech zlomenin lopatky (Bartoníček J., 2021). Přestože přesný výskyt zlomenin lopatky u AC luxací není v literatuře přesně zmapován, může ovlivnit výběr operační techniky, neboť klíček můžeme operačně fixovat Kirschnerovými dráty nebo hákovitou dlahou k akromiu nebo tzv. „*anatomic coracoclavicular reconstruction*“ technikami či šroubem k proc. coracoideus. Zlomenina dané struktury samozřejmě provedení příslušné techniky neumožňuje.

První případ AC luxace spojené se zlomeninou lopatky, konkrétně s odlomením proc. coracoideus, zmínil již v r. 1864 Gurtl (Gurtl E., 1864). První rozsáhlejší studii stejného poranění provedl Ehalt (Ehalt W., 1934) v r. 1934. Od té doby bylo především ve formě kazuistik popsáno přibližně 20 případů AC luxace u zlomenin lopatky, z toho 15 bylo blíže specifikováno. Jednalo se zejména o zlomeniny proc. coracoideus (Allagui M. et al., 2013; Bernard T.N. Jr. et al., 1983; Carr A.J. et al., 1989; Duan X. et al., 2010; Lasda N.A. et al., 1978; Urist M.R., 1946), zlomeniny proc. coracoideus zasahující do fossa glenoidalis (Asci M. et al., 2016) a zlomeniny akromia (Kurdy N.M.G. et al., 1995).

Kombinace AC luxace a zlomeniny horní části lopatky jsou velmi často diskutovány v rámci vícečetných lézí osteofibrózního prstence horního závěsného komplexu ramene anebo v rámci tzv. plovoucího ramene (Goss T.P. et al., 2017).

SC luxace jako takové jsou relativně vzácná poranění, v kombinaci se zlomeninou lopatky se vyskytují raritně. Jedinou zmínku o SC luxaci doprovázející zlomeninu lopatky popsal Armstrong (Armstrong C.P. et al., 1984) v r. 1984, který v souboru 64 zlomenin lopatky, v tabulce přidružených poranění, zmiňuje 2 případy SC luxace. V práci bohužel chybí bližší specifikace zlomeniny lopatky i typ SC luxace.

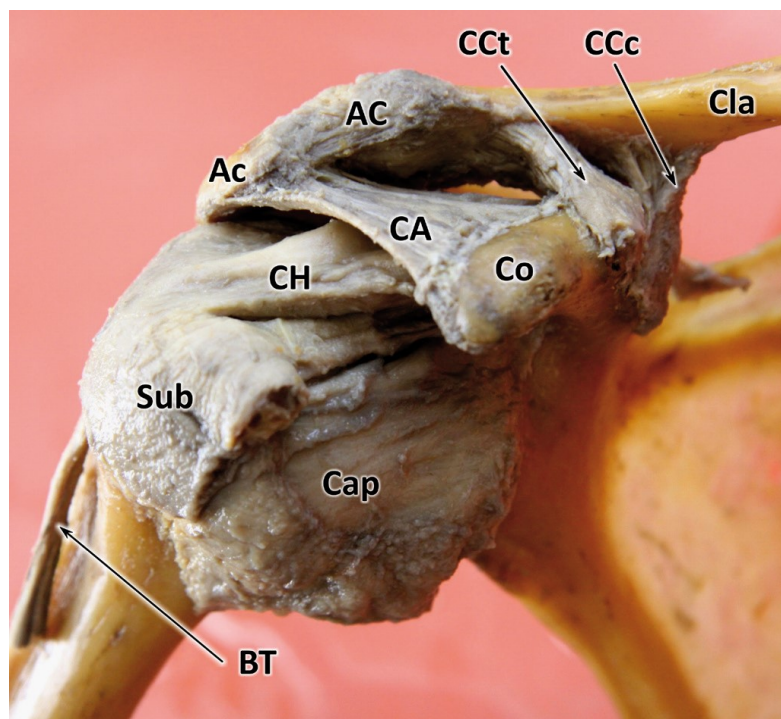
Proto jsme se rozhodli zabývat se poraněním AC a SC kloubu u zlomenin lopatky, a to včetně zlomenin proc. coracoideus, které mohou hrát při vzniku jednotlivých typů AC luxace významnou roli.

2. Současný stav řešené problematiky

Disertační práce se týká poranění horního závěsného komplexu ramenního kloubu, který zahrnuje jak struktury glenohumerálního kloubu, tak i akromioklavikulárního kloubu, proc. coracoideus a další struktury, které jsou stručně popsány níže.

2.1. Definice horního závěsného komplexu ramene

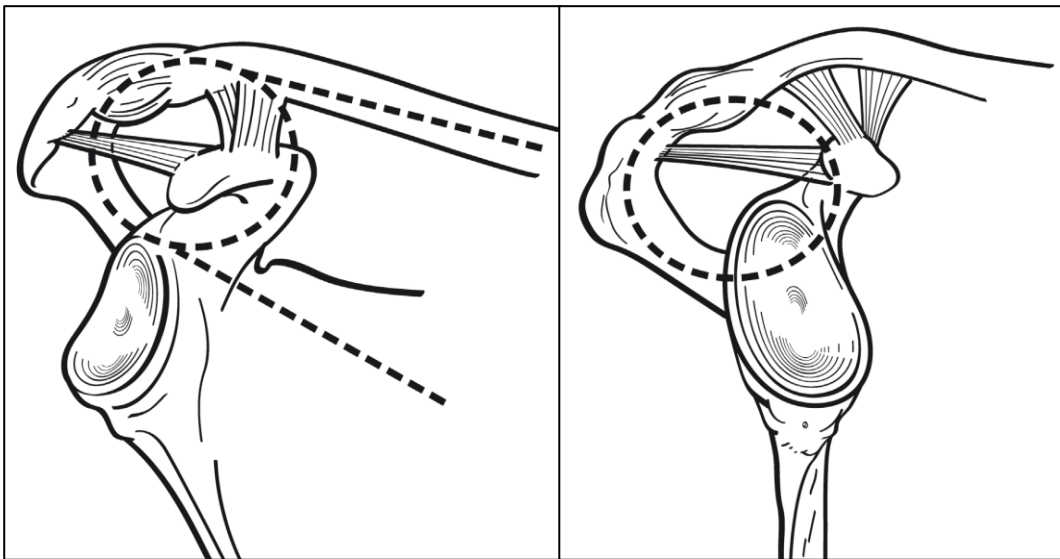
Lopatka je k axiálnímu skeletu zavěšena přes laterální část klíční kosti prostřednictvím akromioklavikulárního kloubu a lig. coracoclaviculare. Jedná se o jediné osteoligamentózní spojení lopatky s axiálním skeletem (obr. 2-1). Další spojení představuje již jen 18 svalů spojující lopatku k páteři, žebřím a pažní kosti (Bartoníček J. et al., 2004).



Obr. 2-1 Závěsný ligamentózní komplex lopatky – přední pohled. **AC** – art. acromioclavicularis, **Ac** – acromion, **BT** – caput longum m. bicipitis brachii, **CA** – lig. coracoacromiale, **Cap** – capsula articularis, **CCc** – lig. coracoclaviculare – pars conoidea, **CCT** – lig. coracoclaviculare – pars trapezoidea, **CH** – lig. coracohumerale, **Cla** – clavicula, **Co** – proc. coracoideus, **Sub** – m. subscapularis. (Převzato z: Bartoníček J, Tuček M, Naňka O. Zlomeniny lopatky. Praha: Maxdorf; 2021:45).

V kontextu zlomenin lopatky je tento osteofibrózní prstenec nazýván jako horní závěsný komplex ramene (SSSC) a tvoří jej glenoid, proc. coracoideus, lig. coracoclaviculare, lig. acromioclaviculare, laterální část klíční kosti, akromioklavikulární kloub a akromion.

Z tohoto prstence vychází dvě kostní vzpěry. Horní vzpěru tvoří střední třetina klíční kosti; dolní vzpěru laterální část těla lopatky a mediální část krčku lopatky (obr. 2-2), (Goss T.P., 1993).



Obr. 2-2 Horní závěsný komplex ramenního kloubu (SSSC) podle Gosse. (Převzato z: Bartoníček J, Tuček M, Naňka O. Zlomeniny lopatky. Praha: Maxdorf; 2021:47).

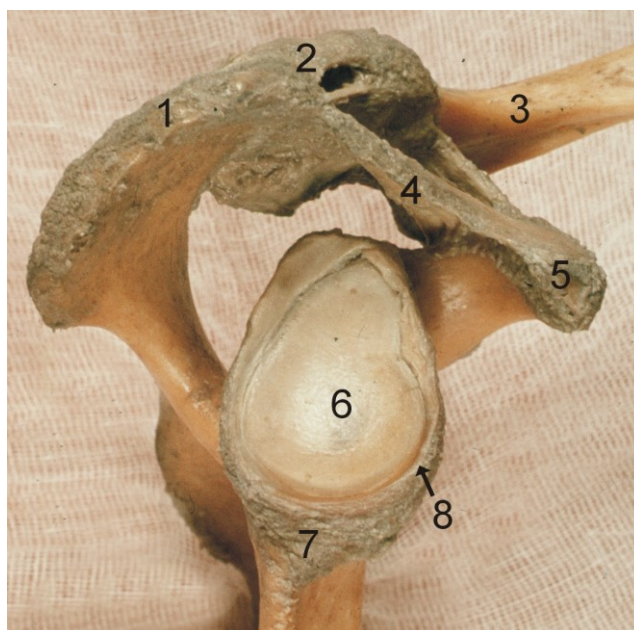
Celý komplex se podle Gosse (Goss TP., 1993), dělí na tři jednotky:

- První jednotka je tvořená klíčkem, akromioklavikulárním kloubem a akromiem.
- Druhou jednotku vytváří spojení glenoidu, proc. coracoideus a akromia s tělem lopatky.
- Třetí jednotku tvoří vazivové spojení mezi klíčkem a proc. coracoideus tvořené lig. coracoclaviculare.

Komplex udržuje normální stabilní vztah mezi lopatkou a axiálním skeletem a současně poskytuje místo pro připojení řady svalů a vazů. Pro diagnostiku a léčbu jeho vícečetných poranění je velmi důležitá prostorová orientace v jeho jednotlivých strukturách.

2.2. Anatomie glenoidu a výběžků lopatky

Glenoidální jamka tvoří zakončení na laterálním úhlu lopatky a nese kloubní plochu – *cavitas seu fossa glenoidalis* určenou pro hlavici humeru (obr. 2-3). Tvar obvodu kloubní plochy je variabilní (oválný, hruškovitý, tvar padající kapky) v závislosti na hloubce zářezu v oblasti předního horního okraje jamky. Těsně nad horním pólem jamky se nachází drsnatina, *tuberculum supraglenoidale*, kde se upíná šlacha *caput longum m. bicipitis brachii*. Na obdobném hrboleku při dolním pólu, *tuberculum infraglenoidale*, začíná šlacha *caput longum m. tricipitis brachii*.

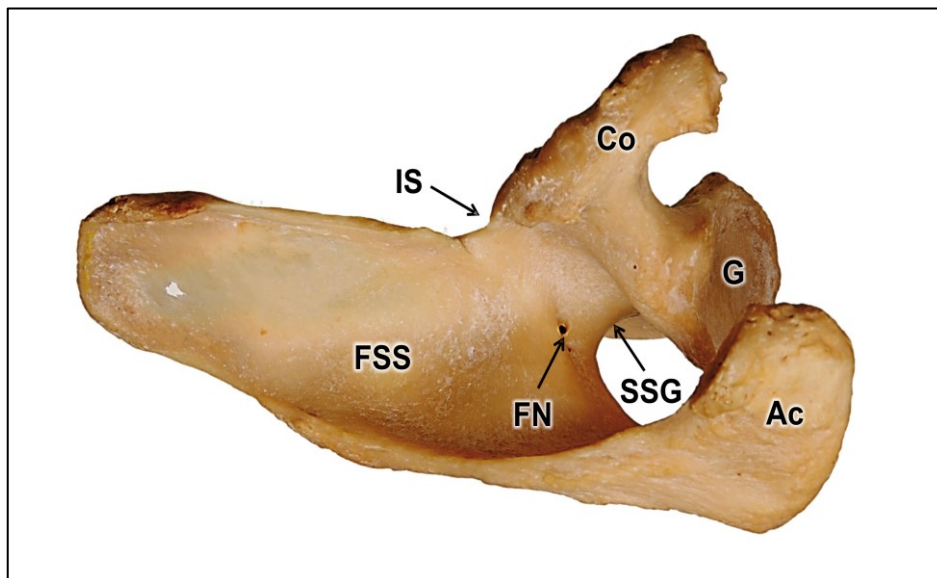


Obr. 2-3 Cavitas glenoidalis – laterální pohled. 1 – acromion, 2 – art. acromioclavicularis, 3 – klíček, 4 – lig. coracoacromiale, 5 – proc. coracoideus, 6 – cavitas glenoidalis, 7 – tuberculum infraglenoidale, 8 – labrum articulare. (Převzato z.: Bartoníček J, Heřt J. Základy klinické anatomie pohybového aparátu. Praha: Maxdorf; 2004:85).

Processus coracoideus je výběžek, který svou širokou předozadně zploštělou bází odstupuje od horní plochy krčku lopatky a směřuje anterolaterálně (obr. 2-4). Od horního pólu glenoidu je laterální plocha báze oddělena mělkým zářezem variabilní hloubky – *sulcus coracoglenoidalis* (CGN). Mediální okraj báze výběžku tvoří laterální ohraničení *incisura*

scapulae. Báze přechází výrazným ohbím do slabší distální části (zobáku) zakončené zaobleným apexem. Na horní ploše ohbí je drsnatina sloužící pro úpon vazů.

Na proc. coracoideus se upíná několik vazů a svalů. Z přední plochy apexu odstupuje společná šlacha caput breve m. bicipitis brachii a m. coracobrachialis. Na mediální plochu distální části se upíná m. pectoralis minor (obr. 2-1). Celá laterální plocha je zesílena širokým úponem lig. coracoacromiale (obr. 2-3). Na drsnatinu horní plochy se upíná lig. coracoclaviculare. Z oblasti korakoglenoidálního žlábků odstupuje lig. coracohumerale. Na mediálním okraji báze proc. coracoideus začíná lig. transversum scapulae superius.



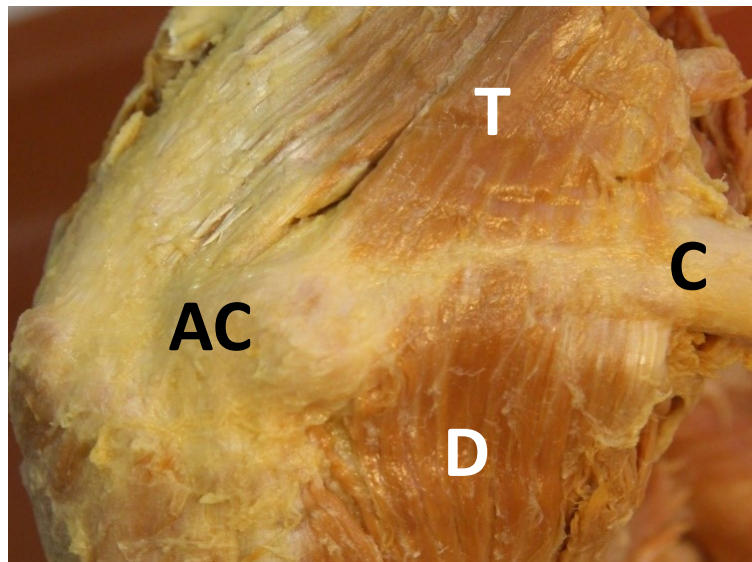
Obr. 2-4 Lopatka – pohled do fossa supraspinata. AC – acromion, Co – proc. coracoideus, FN – foramen nutricium, FSS – fossa supraspinata, G – cavitas glenoidalis, IS – incisura scapulae, SSG – sulcus spinoglenoidalis. (Převzato z: Bartoniček J, Tuček M, Naňka O. Zlomeniny lopatky. Praha: Maxdorf; 2021:36).

Acromion je laterálním pokračování spina scapulae, jejíž volná část se v oblasti zadního okraje glenoidu výrazně zploští a rozšíří a stočí se o téměř 90° ventrálně a proximálně (obr. 2-3). Mediální okraj akromia se ve své přední polovině rozšiřuje v oválnou kloubní plošku pro klíček, *facies articularis acromii*.

Deltoideo-trapeziová manžeta tvoří důležitý dynamický stabilizátor akromio-klavikulárního skloubení, zejména prvek horizontální a rotační stability. Tento svalový plášť je tvořen úpony m. trapezius a m. deltoideus na kraniální ploše laterálního klíčku. Oba svalové

úpony jsou na kraniální ploše klíčku propojeny vrstvou kolagenního vaziva, kde do ní zasahují i vlákna lig. acromioclaviculare superius, které mají synergický efekt na stabilitu AC kloubu.

Na 11 fixovaných preparátech ramenních kloubů jsme naměřili délku manžety na klíční kosti přibližně 5,5 cm. Úpony m. trapezius a m. deltoideus na klíční kosti jsou ve většině případů stejně daleko a na přední a horní ploše klíčku v sebe jednotlivá svalová vlákna přecházejí skrz vrstvu vaziva, tloušťku této manžety jsme naměřili průměrně 0,8 cm (*11. klinicko-anatomické symposium, 1.2.2020. Přednáška: Trapezio-deltoideová manžeta AC kloubu. Přednášející MUDr. Tomáš Strnad*) (obr. 2-5).



Obr. 2-5 Deltoideo-trapeziová manžeta. **AC** – art. acromioclavicularis, **T** – m. trapezius, **D** – m. deltoideus, **C** – klíční kost.

2.3. Klasifikace poranění horního závěsného komplexu ramena

Níže jsou uvedeny klasifikace poranění jednotlivých struktur, které jsou součástí horního závěsného komplexu ramenního kloubu.

2.3.1. Akromioklavikulární luxace

V současné době je nejvíce používána šestistupňová **Rockwoodova klasifikace** (Rockwood C., 1984), (obr. 2-6), která popisuje poranění nejen vlastního akromioklavikulárního kloubu, ale i poranění měkkých tkání, tzn. lig. coracoclaviculare, m. deltoideus a m. trapezius, které hrají roli ve směru a velikosti dislokace laterálního klíčku vzhledem k akromiu (Tab. 1):

I. stupeň – kontuze či distorze AC skloubení,

II. stupeň – roztržení kloubního pouzdra až subluxace AC kloubu,

III. stupeň – roztržení lig. coracoclaviculare, manžeta dynamických stabilizátorů tvořená vlákny m. deltoideus a m. trapezius je poraněna pouze částečně. Na RTG je laterální část klíční kosti luxována proximálně o šíři kosti,

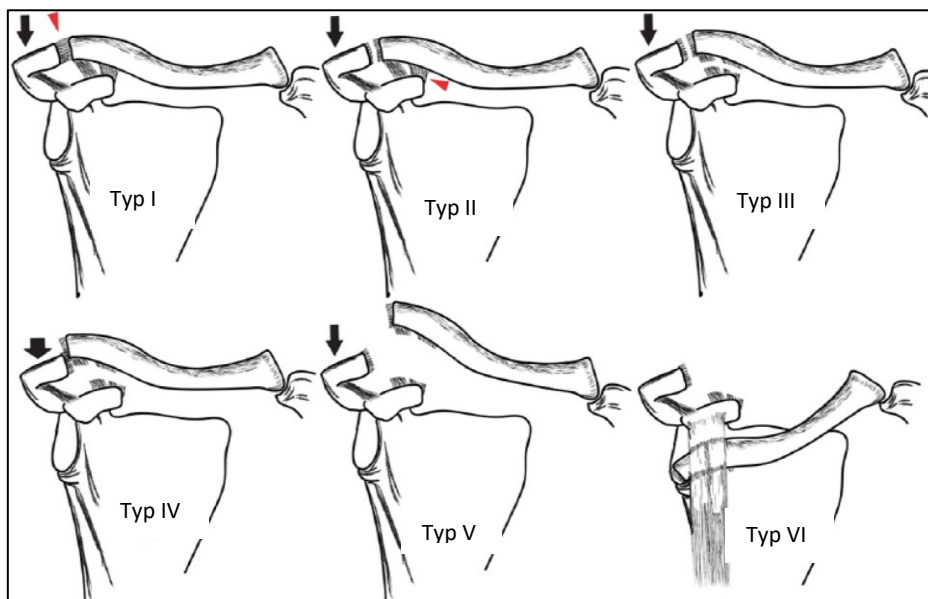
IV. stupeň – klíček je luxován dorzálně do vláken m. trapezius, nestabilita je především v zadopředním směru,

V. stupeň – kompletní roztržení dynamických stabilizátorů a laterální část klíční kosti prominuje pod kůží,

VI. stupeň – klíček je dislokován subakromiálně, o existenci subkorakoidální luxace za šlachy svalů většina autorů pochybuje.

Rockwood	lig. AC	lig. CC	Pouzdro	M. deltoideus	M. trapezius
I	Distenze	Intaktní	Intaktní	Intaktní	Intaktní
II	Ruptura	Distenze	Ruptura	Intaktní	Intaktní
III	Ruptura	Ruptura	Ruptura	Částečné roztržení trapezio-deltoideové manžety	
IV	Ruptura	Ruptura	Ruptura	Úplné roztržení trapezio-deltoideové manžety	
V	Ruptura	Ruptura	Ruptura		
VI	Ruptura	Ruptura	Ruptura		

Tab. 1 Poranění struktur AC kloubu u jednotlivých stupňů AC luxace.



Obr. 2-6 Rockwoodova klasifikace AC luxací. Černá šipka znázorňuje kaudální dislokaci akromia. Červená šipka znázorňuje porušení akromioklavikulárního a korakoklavikulárního ligamenta. (Převzato z: Rockwood CA. Injuries to the acromioclavicular joint. In: Rockwood CA, Green DP (eds). Fractures in adults. Volume 1. 2nd edition. Philadelphia, JB Lippinot 1984: 860-910).

Podle typu poranění korakoklavikulárního spojení se AC luxace u zlomenin lopatky vyskytuje ve dvou základních variantách:

- První, častější, tzv. **kostní** varianta, je charakterizována vznikem extra- či intraartikulární zlomeniny báze proc. coracoideus (zlomenina horního glenoidu).
- Druhou, tzv. **ligamentózní**, variantu charakterizuje roztržené lig. coracoclaviculare. Proc. coracoideus zůstává intaktní ([obr. 2-7](#)).



Obr. 2-7 Vazivová instabilita AC kloubu u zlomeniny infrapinacní části těla lopatky.

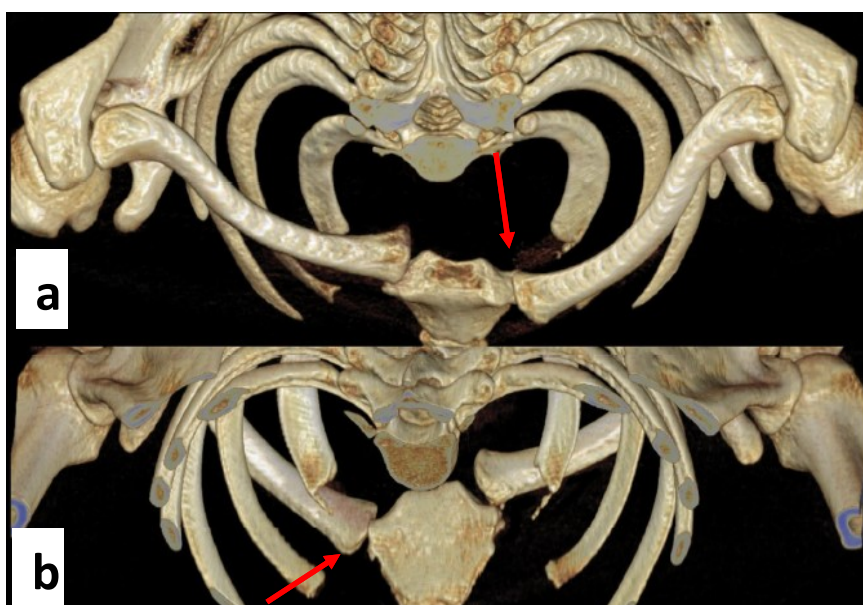
2.3.2. Sternoklavikulární luxace

Sternoklavikulární luxace je nejčastěji klasifikována podle Allmana z r. 1967 (Allman F.L., 1967):

I. stupeň – kontuze či distorze SC skloubení, které zůstává stabilní s minimální bolestivostí,

II. stupeň – dochází k roztržení kloubního pouzdra SC kloubu, lig. costoclaviculare zůstává intaktní, může však docházet k subluxaci v kloubu,

III. stupeň – lig. costoclaviculare je roztrženo a dochází k luxaci, která může být buď přední, nebo vzácněji zadní (obr. 2-8).



Obr. 2-8 SC luxace vlevo na 3D CT rekonstrukcích. **a** – přední pohled, **b** – zadní pohled. Červená šipka označuje poraněný SC kloub.

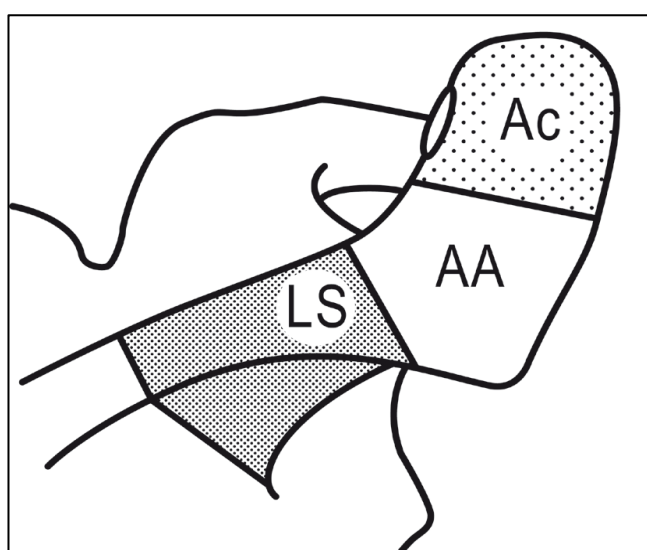
2.3.3. Zlomeniny akromia a laterální části spina scapulae

Obě tato poranění je nutné klasifikovat společně, neboť se jedná o dvě části jedné anatomické struktury. Konvenční hranici mezi nimi představuje angulus acromialis. Zlomeniny mediální části spina scapulae řadíme mezi zlomeniny těla lopatky. Podle průběhu lomné linie dělíme tyto zlomeniny do tří skupin (Bartoniček J. et al., 2021) (obr. 2-9):

1. Zlomeniny akromia – lomná linie probíhá laterálně od akromiálního úhlu.

2. Zlomeniny v oblasti akromiálního úhlu – tvoří přechodnou skupinu mezi zlomeninami laterální spiny a akromia. Charakteristická je příčně šikmá linie probíhající těsně před či za akromiálním úhlem.

3. Zlomeniny laterální části spina scapulae – průběh lomné linie bývá variabilní. Buď probíhá laterálně a horizontálně a odděluje necelou polovinu spina scapulae přiléhající k akromiu, nebo prochází vertikálněji orientovanou lomnou linií při bázi laterálního ramena spina scapulae a odděluje téměř celou laterální spinu.



Obr. 2-9 Klasifikace zlomenin akromia a laterální části spina scapulae. **Ac** – zlomeniny akromia, **AA** – zlomeniny akromiálního úhlu, **LS** – zlomeniny laterální části spina scapulae. (Převzato z: Bartoníček J, Tuček M, Naňka O. Zlomeniny lopatky. Praha: Maxdorf; 2021:42).

2.3.4. Zlomeniny processus coracoideus

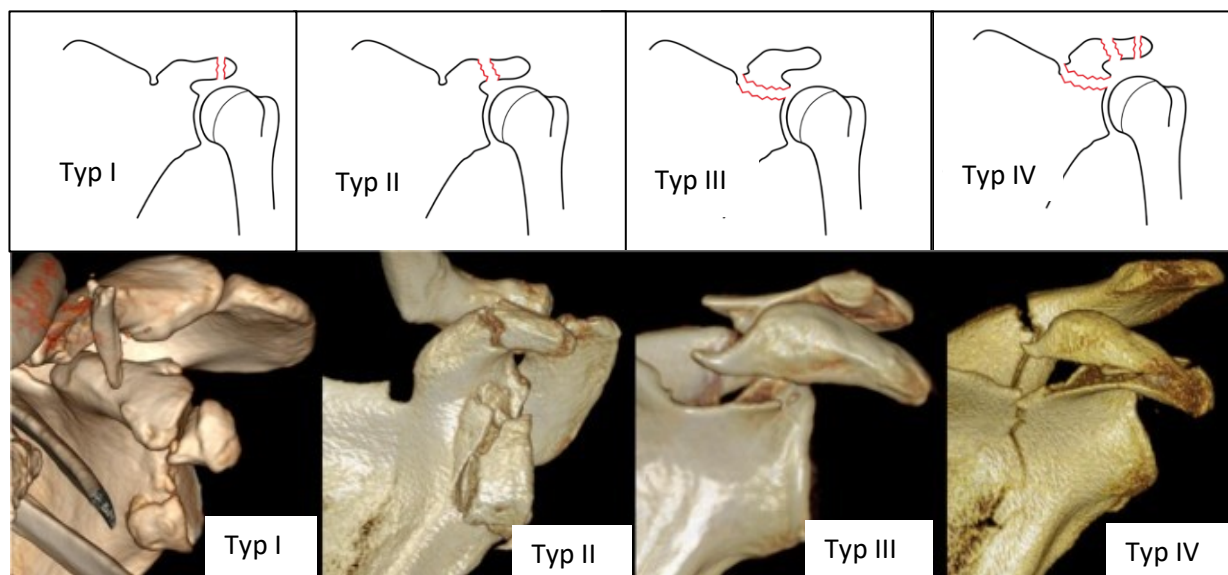
Zlomeniny proc. coracoideus klasifikujeme dle Bartoníčka et al. (Bartoníček J. et al., 2021) na čtyři základní typy (obr. 2-10):

1. Zlomeniny apexu – většinou se jedná o impakční zlomeniny, vzácněji je apex odlomen a dislokován.

2. Zlomeniny zobáku – jsou zlomeniny lokalizované distálně od úponu lig. coracoclaviculare, typická je distální angulace fragmentu.

3. Zlomeniny báze – vyskytují se nejčastěji. Pokud lomná linie probíhá těsně při bázi, pak je odlomen pouze samotný proc. coracoideus. Pokud zasahuje do horní plochy krčku lopatky, pak je součástí fragmentu i variabilní část horního okraje lopatky. Lig. coracoclaviculare a lig. coracoacromiale zůstávají většinou intaktní a brání větší dislokaci úlomku. Větší dislokace vzniká pouze v případě sdužených zlomenin akromia a laterální části spina scapulae či při AC luxaci.

4. Kominuce proc. coracoideus – je vzácné poranění. Celý výběžek je roztržěn na několik částí.



Obr. 2-10 Klasifikace zlomenin proc. coracoideus. **Typ I** – zlomenina apexu, **Typ II** – zlomenina zobáku, **Typ III** – zlomenina báze, **Typ IV** – kominutivní zlomenina. (Převzato z: Bartoníček J, Tuček M, Strnad T, Naňka O. Fractures of the coracoid process - pathoanatomy and classification: based on thirty nine cases with three dimensional computerised tomography reconstructions. Int Orthop 2021:1009-1015).

2.3.5. Zlomeniny glenoidu

Zlomeniny glenoidu jsou definovány jako intraartikulární zlomeniny, pro jejichž klasifikaci je zásadní, která část glenoidu je postižena a jaký je celkový anatomický tvar úlomků. Na základě těchto kritérií je Bartoníček et al. (Bartoníček J., 2015) dělí do pěti základních typů zlomenin glenoidální jamky (obr. 2-11):

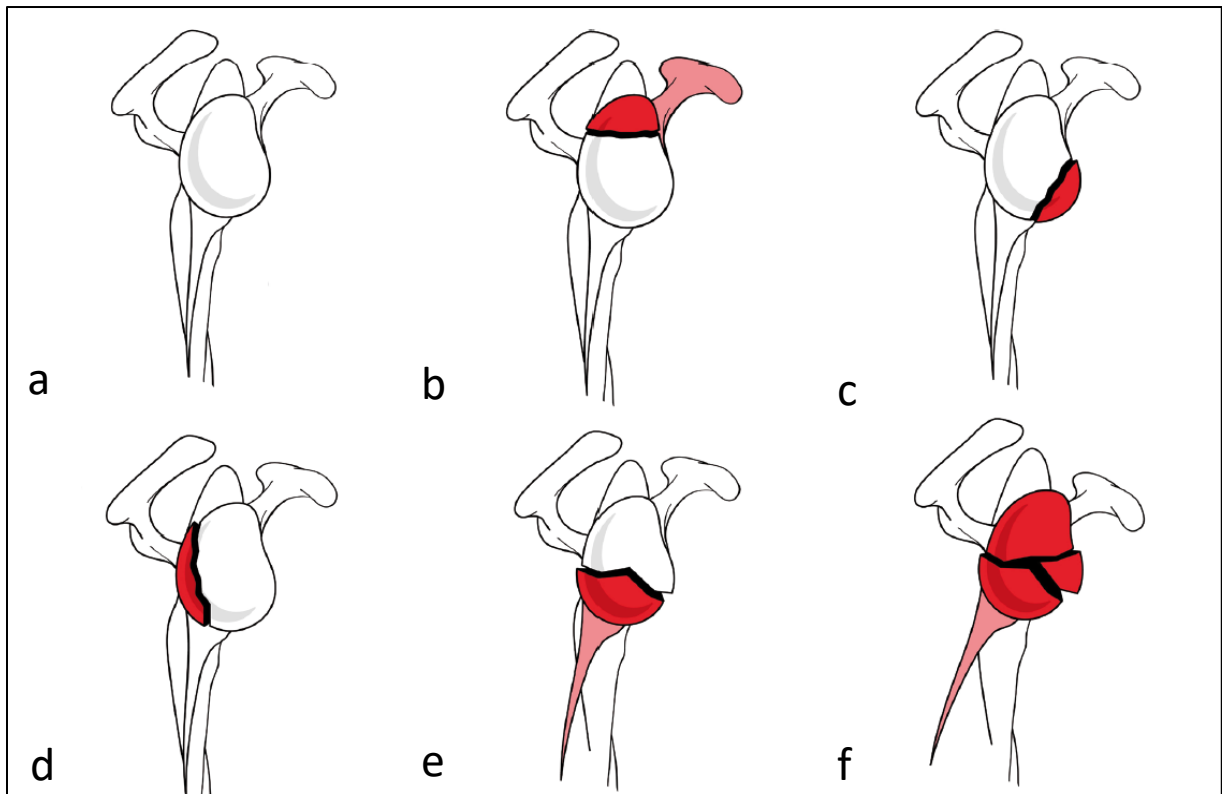
1. Zlomeniny horního glenoidu – horizontální či mírně šikmá lomná linie probíhá spinálním pilířem do fossa supraspinata. Fragment nese horní část kloubní plochy, proc. coracoideus nebo i část horního okraje lopatky.

2. Zlomeniny předního glenoidu – podle velikosti odlomené kloubní plochy lze tyto zlomeniny rozdělit do tří subtypů (obvodová zlomenina předního okraje, zlomenina anteroinferiorní části glenoidu, štěpná zlomenina přední části glenoidu).

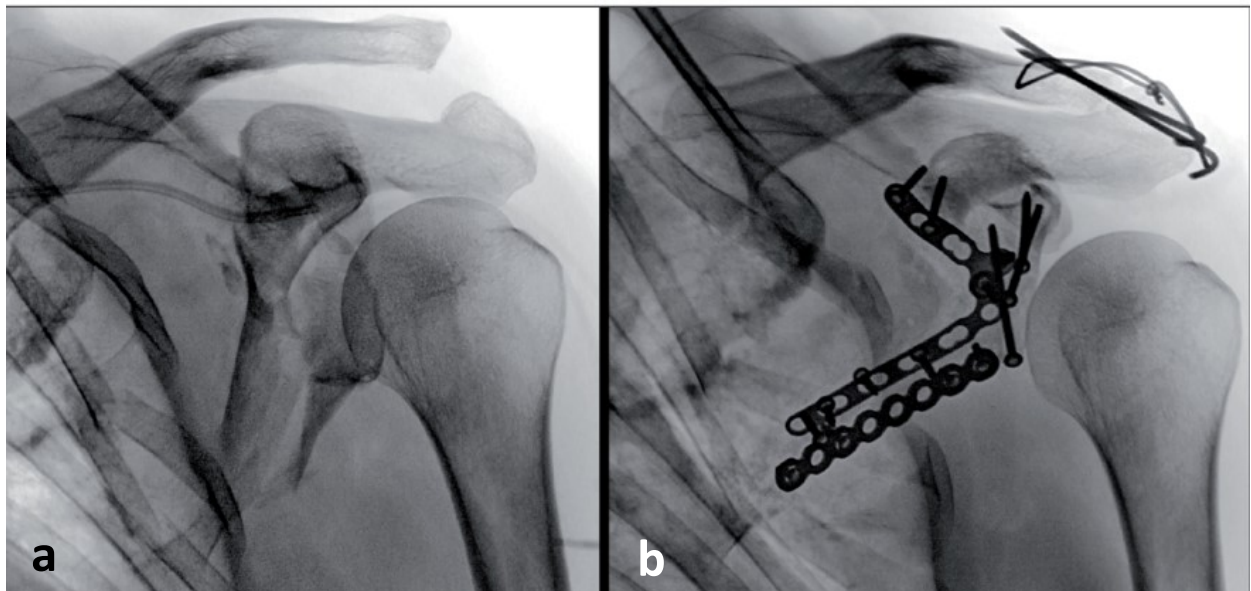
3. Zlomeniny zadního glenoidu – dochází k nim při zadní subluxaci či luxaci hlavice humeru, tedy nízkoenergetickým mechanismem. Zlomeniny postihují obvod kloubní jamky v rozsahu 6-10 (číselník, pravá strana). Odlomený fragment může být solitární nebo rozlomen na drobné kousky. Zlomeniny zadního glenoidu jsou velmi vzácné.

4. Zlomeniny dolního glenoidu – intraartikulární lomná linie probíhající variabilně: horizontálně, šikmo nebo ve tvaru obráceného „V“, odděluje distální jednu až dvě třetiny kloubní jamky. Lomná linie může pokračovat do infraspinální části těla lopatky. Podle tvaru glenoidálního fragmentu a propagaci lomné linie je dělíme na izolovanou zlomeninu dolního glenoidu a zlomeniny dolního glenoidu s variabilním postižením těla lopatky.

5. Zlomenina celého glenoidu – nejzávažnější poranění kloubní jamky, vznikají nárazem hlavice humeru na centrum glenoidální jamky (obr. 2-12).



Obr. 2-11 Základní typy zlomenin glenoidu. **a** – intaktní glenoid; **b** – zlomenina horního glenoidu; **c** – zlomenina předního glenoidu; **d** – zlomenina zadního glenoidu; **e** – zlomenina dolního glenoidu; **f** – zlomenina celého glenoidu. (Převzato z: Bartoniček J, Tuček M, Naňka O. Zlomeniny lopatky. Praha: Maxdorf; 2021:116).



Obr. 2-12 Zlomenina glenoidu spojená s AC luxací. **a** – poúrazový RTG snímek, **b** – pooperační RTG snímek. (Převzato z: Bartoniček J, Tuček M, Naňka O. Zlomeniny lopatky. Praha: Maxdorf; 2021:571).

2.4. Diagnostika

Vyšetření do značné míry závisí na celkovém stavu pacienta. Vždy však platí, že pokud zjistíme jednu zlomeninu ramenního pletence, např. klíčku, je nezbytné vyloučit i poranění další (Bartoniček J., 2020).

Při klinickém vyšetření se nezaměřujeme jen na samotný ramenní pletenec, ale prohlížíme i hrudník, axilu a periferii končetiny. Aspekci můžeme zjistit defiguraci AC nebo SC kloubu, otok či exkoriace v oblasti pletence (obr. 2-14). Aktivní hybnost, především elevace, je alterovaná při většině poranění.



Obr. 2-14 Pacient se zlomeninou akromia a přední subluxací v SC skloubení. **a** - viditelný otok v oblasti SC kloubu a odbarvující se hematom v oblasti ramenního kloubu, **b** – pohled zezadu, odřenin v oblasti spina scapulae. (Převzato z: Bartoniček J, Tuček M, Naňka O. Zlomeniny lopatky. Praha: Maxdorf; 2021:75).

2.4.1. Zobrazovací metody

Pro zjištění zlomeniny lopatky, AC i SC luxace, určení typu poranění a stanovení terapeutického postupu je zásadní radiologické vyšetření, zejména CT.

Při vyšetření je nutné radiodiagnostický algoritmus přizpůsobit stavu pacienta. U většiny spolupracujících pacientů, u kterých je poranění ramenního pletence dominantní, začínáme RTG vyšetřením a na jeho základě pak eventuálně indikujeme CT vyšetření. U polytraumatizovaných pacientů se jako primární provádí celotělové CT, je však důležité kompletní zachycení ramenního pletence.

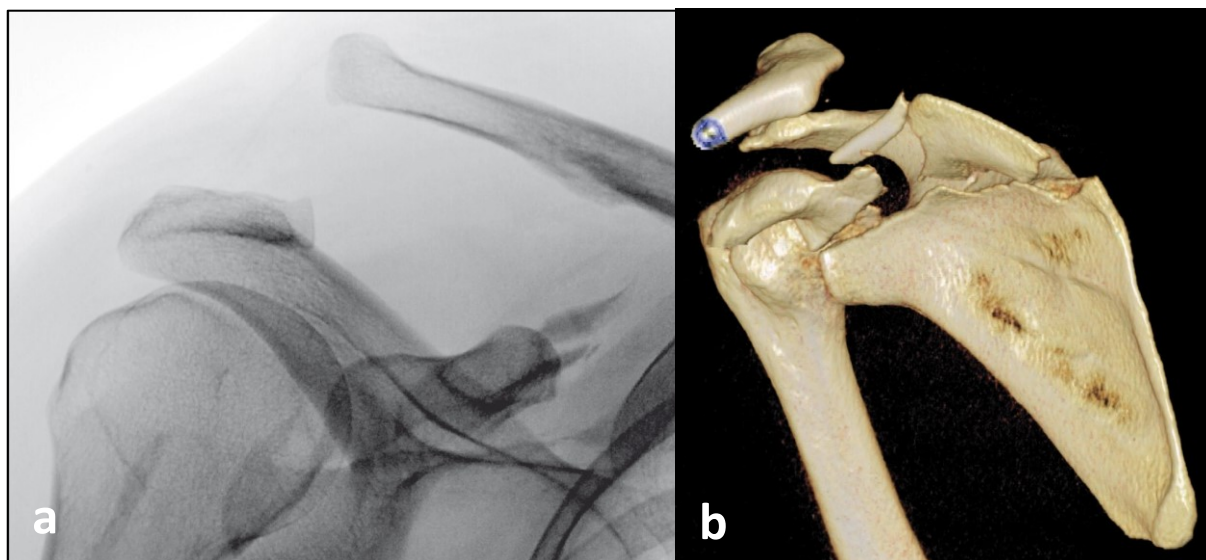
Rentgenové vyšetření: Při podezření na zlomeninu lopatky provádíme tři základní projekce. Jako první se provádí předozadní snímek celého ramenního pletence a následně se doplní přesný předozadní (Neer I) a přesný boční snímek lopatky (Neer II neboli Y-projekce).

V případě viditelné AC luxace můžeme doplnit zátěžový snímek, eventuálně včetně srovnání s neporaněnou stranou.

Oblast SC kloubu je hůře přehledná. Vhodné je srovnání postavení mediálních klíčků na RTG snímku hrudníku nebo cíleně obou klíčních kostí.

Existuje řada dalších projekcí (šikmé, axilární), ale jejich provedení je pro většinu pacientů nepříjemné a nenahradí CT vyšetření.

CT vyšetření indikujeme u všech zlomenin lopatky, SC luxací a nejasných RTG nálezů. U většiny pacientů jsme schopni časně vytvořit 3D CT rekonstrukce, na kterých bezpečně odečteme typ zlomeniny lopatky, poranění AC nebo SC kloubu a velikost dislokace (obr. 2-15). CT řezy nebo 2D rekonstrukce používáme pouze při detekci linií v oblasti glenoidu.



Obr. 2-15 Pacient s kombinovanou AC instabilitou způsobenou zlomeninou horního glenoidu a rupturou lig. coracoclaviculare. **a** – RTG snímek pravého ramene v AP projekci; **b** – 3D CT rekonstrukce. (Převzato z: Bartoníček J, Tuček M, Naňka O. Zlomeniny lopatky. Praha: Maxdorf; 2021:248, 256).

2.5. Terapie

Při volbě terapeutického postupu u kombinovaných poranění lopatky, AC a SC kloubu se rozhodujeme podle typu jednotlivých poranění a celkového stavu pacienta.

Konzervativní léčba je indikována u všech nedislokovaných zlomenin lopatky. Konzervativně postupujeme i u dislokovaných intra- nebo extraartikulárních zlomenin lopatky, kde celkový nebo lokální stav pacienta nedovoluje operační výkon.

Optimální je postup navržený Colem (Cole P.A. et al., 2012), který spočívá v tišení bolesti a přibližně dvoutýdenní imobilizaci. Pak je možno zahájit pasivní cvičení pohybu s cílem dosáhnout měsíc od poranění plného pasivního rozsahu. Během druhého měsíce by mělo být dosaženo plného aktivního pohybu. Od třetího měsíce je možno začít s posilováním svalů pletence a postupně zvyšovat zátěž. Delší dobu fixace, 5-6 týdnů, volíme u luxačních zlomenin glenoidu, zlomenin akromia a spinu a při SC luxacích.

Konzervativní postup volíme u AC luxací I. a II. stupně Rockwoodovy klasifikace. III. stupeň AC luxace může být řešen konzervativně i operačně v závislosti na přidružených poraněních horního závěsného komplexu ev. dle subjektivních obtíží pacienta.

V případě SC luxace je indikována konzervativní terapie u I. a II. stupně Allmanovy klasifikace.

Operační léčba je indikována u dislokovaných zlomenin lopatky (tab. 2-2), AC luxace III. - V. stupně podle Rockwooda a SC luxace III. stupně, především dorzální luxace, podle Allmana. Důležité je i posouzení osobnosti pacienta: velmi důležitou roli hraje věk, celkový stav pacienta, dominance končetiny, funkční nároky pacienta a jeho očekávání od navrhované operace. Zejména u mladších pacientů je třeba zvážit možnost včasné rehabilitace po operaci a tím časný návrat funkce.

Relativní radiologická indikační kritéria k operaci u dislokovaných zlomenin lopatky	
Intraartikulární zlomenina	
schodek či rozestup fragmentů 4mm	Rozsah postižení kloubní plochy 25 %
Extraartikulární zlomenina těla a krčku lopatky	
angulace fragmentů laterálního pilíře v Y-projekci 40°	angulace fragmentů laterálního pilíře v Neerově I projekci 30°
mediolaterální translace fragmentů laterálního pilíře v rovině těla lopatky 20 mm	překryv fragmentů laterálního pilíře v Neerově I nebo II projekci 25 mm
GPA v Neerově projekci < 20°, > 60°	
Zlomeniny výběžků – poranění SSSC	
minimálně dvojitá léze, každá s minimální dislokací 10 mm	
báze proc. coracoideus + acromion/spina scapulae	
proc. coracoideus + AC luxace	

Tab.2-2 Indikační kritéria operační léčby. (Převzato z: Bartoníček J, Tuček M, Naňka O. Zlomeniny lopatky. Praha: Maxdorf; 2021).

3. Cíle práce

Práce byla rozdělena do dvou částí, a to experimentální (anatomické) a klinické. Experimentální část je založena na studiu anatomických preparátů z tzv. Pachnerovy sbírky. Klinická část vychází ze souboru 519 pacientů léčených pro zlomeninu lopatky.

Experimentální část

Cílem bylo popsat výskyt a varianty sulcus coracoglenoidalis (CGN) a sulcus arteriae circumflexae scapulae (SCF).

Sulcus coracoglenoidalis byl poprvé definován Bartoníčkem (Bartoníček J., 2014), nicméně detailní popis nebyl uveden.

Sulcus arteriae circumflexae scapulae je sice v literatuře zmíněn, ale podrobnější anatomická studie chybí.

Tyto dvě málo známé struktury hrají významnou roli při vzniku některých typů zlomenin lopatky i při jejich operační léčbě.

Tato problematika je zpracována v publikaci 6.1. a 6.2.

Klinická část

Kombinovaná poranění lopatky s AC a SC luxací jsou vzácná. V literatuře neexistuje souhrnná studie zaměřená na současné poranění AC nebo SC skloubení se zlomeninou lopatky.

Proto jsme se rozhodli identifikovat a podrobně popsat tato kombinovaná poranění v našem souboru pacientů, a to včetně podrobného popisu zlomenin proc. coracoideus.

Tato problematika je zpracována v publikaci 6.3. a 6.4.

SC luxace a zpracované kazuistiky v kapitole 6.5.

4. Základní materiál a metodika

Anatomické studie byly provedeny na 330 suchých kostěných preparátech dospělých lopatek pocházejících z Pachnerovy sbírky Anatomického ústavu 1. LF UK a Katedry antropologie a genetiky člověka Přírodovědecké fakulty UK v Praze (Pachner P., 1937).

Vzhledem k absenci přesného popisu obou struktur (CGN a SCF) v literatuře jsme nejprve v prvním kole pozorování preparátů stanovili základní metriku žlábků a poté byl v druhém kole soubor přesně změřen a výsledky vyhodnoceny.

Sulcus coracoglenoidalis jsme klasifikovali podle velikosti naměřeného offsetu mezi bází proc. coracoideus a horním okrajem glenoidu – takto byly vytvořeny tři typy žlábků: **A** – dobře vytvořený žlábek s offsetem ≥ 3 mm; **B** – naznačený žlábek s offsetem < 3 mm a ≥ 1 mm; **C** – chybějící zářez s offsetem < 1 mm. Nálezy byly porovnány s radiologickou dokumentací našich šesti pacientů léčených pro zlomeninu anatomického krčku lopatky.

Sulcus arteriae circumflexae scapulae jsme klasifikovali podle hloubky vytvořeného žlábků na dorzolaterální ploše lopatky – takto byly vytvořeny tři typy žlábků: **A** – dobře vytvořený žlábek s hloubkou zářezu do kosti $> 0,5$ mm; **B** – naznačený žlábek s hloubkou zářezu > 0 mm a $\leq 0,5$ mm. Pokud žlábek nebyl vytvořen, pak jsme ho hodnotili jako typ **C**. Hloubka žlábků byla měřena na dorzolaterální ploše laterálního pilíře lopatky digitálním posuvným měřítkem. Dále byla měřena vzdálenost SCF od dolního okraje fossa glenoidalis.

Klinické studie byly provedeny na souboru 519 zlomenin lopatky u dospělých pacientů vzniklém v období 2002–2020.

Identifikovali jsme 19 případů zlomenin lopatky spojených s AC luxací a 2 případy zlomenin lopatky spojených s SC luxací. Zlomenina proc. coracoideus byla nalezena u 39 pacientů. U všech pacientů bylo k dispozici RTG i CT vyšetření, které umožnilo přesný popis pathoanatomie jednotlivých lézí.

5. Souhrn výsledků

Podrobné výsledky jsou popsány v jednotlivých publikacích, zde je uveden pouze jejich stručný přehled.

5.1. Sulcus coracoglenoidalis a jeho klinický význam

Na základě analýzy 102 párů lopatek jsme identifikovali tři typy CGN a označili je A, B a C:

Typ A: Představuje dobře vytvořený CGN. Byl přítomen u 39 % mužských a 25 % ženských lopatek.

Typ B: Tento typ byl přítomen u 45 % mužských a u 59 % ženských lopatek.

Typ C: CGN nebyl vytvořen a tato varianta byla zaznamenána v 16 % mužů i žen.

Muži vykazovali vyšší výskyt typu A (39 % vs. 25 %), zatímco u žen převládal typ B (45 % vs. 59 %); podíl typu C byl v obou skupinách stejný (16 %).

Ve studii nebyl nalezen žádný významný rozdíl v typech CGN mezi pohlavími (T test; $T = 0,154$), nebo mezi pravou a levou stranou u mužů nebo u žen (párový test: $p_{\text{ženy}} = 0,2445$; $p_{\text{muži}} = 0,23894$; Pearsonův korelační test: $r_{\text{ženy}} = 0,9700$; $r_{\text{muži}} = 0,9864$). Přitom nebyl zaznamenán rozdíl v nálezech typu CGN mezi pravou a levou lopatkou u jednoho jedince.

5.2. Sulcus circumflexus a jeho klinický význam

Výskyt SCF: Na 55 (26,8 %) preparátech, tj. na 22 (10,7 %) mužských a 33 (16,1 %) ženských lopatkách, arteriální žlábek zcela chyběl. Žlábek byl naznačen nebo dobře vytvořen ve 151 (73,2 %) případech, tzn. u 70 (33,9 %) mužských a 81 (39,3 %) ženských lopatek.

Anatomie SCF: Na základě analýzy 103 párů lopatek jsme identifikovali tři typy SCF, které byly označeny A, B a C:

Dobře vytvořený arteriální žlábek jsme hodnotili jako typ A. Tento ty jsme našli celkem u 33 % lopatek, přesněji u 32 % mužských a 34 % ženských lopatek. V 5 případech jsme našli *zdvojený žlábek*, a to vždy u žen. *Rozdvojený žlábek* jsme zaznamenali u 7 lopatek (2 mužských a 5 ženských lopatek).

Naznačený žlábek jsme hodnotili jako typ B a vyskytoval se u 40 % lopatek, přesněji u 45 % mužských a 37 % ženských lopatek. Ve 4 případech byl žlábek *zdvojen*, a to vždy u mužů. Ve 3 případech (1 mužská a 2 ženské lopatky) byl žlábek hodnocen jak *rozdvojený žlábek*.

Rozdvojený žlábek jsme zaznamenali v 10 případech. U 4 párů byl nález shodný na obou lopatkách (1 pár mužský z kategorie A, 2 páry ženské z kategorie A, 1 pár ženský z kategorie B), u 2 párů byl nález pouze jednostranný (1 lopatka mužská z kategorie B, 1 lopatka ženská z kategorie A).

Dvojitý žlábek jsme našli celkem v 9 případech (5 u typu A a 4 u typu B). Na 3 párech (tzn. na 6 lopatkách) byl nález identický na levé i pravé straně, to jsme našli u 1 páru mužských a 2 párů ženských lopatek. U dalších 3 párů byl nález pouze jednostranný, a to u 2 mužských a 1 ženské lopatky. Všechny dvojité žláby z kategorie A byly ženského pohlaví, všechny mužské z kategorie B.

Vztah k foramen nutricium při bázi spina scapulae: Pokud bylo foramen nutricium vytvořeno, pak arteriální žlábek probíhal medio-kraniálním směrem k foraminu.

Průběh SCF vzhledem k dolnímu okraji glenoidu: Průměrná vzdálenost byla 3,3 cm (2,5–5,4 cm) ($\sigma = 0,541$).

Celková délka margo lateralis a poměrná vzdálenost SCF od dolního okraje glenoidu: Celková délka margo lateralis měřená od tuberculum infraglenoidale k angulus inferior měřila v průměru 13,2 cm (11,6–15,4 cm) ($\sigma = 0,76$), průměrná délka margo lateralis u mužů byla 13,7 cm (12,5–15,4 cm) ($\sigma = 0,73$) a u žen 12,8 cm (11,6–13,8 cm) ($\sigma = 0,49$). Vzdálenost SCF od dolního okraje glenoidu tvořila jednu čtvrtinu (24,1 %) celkové délky laterálního okraje

lopatky. U mužů byla tato hodnota nepatrně vyšší, tj. 26,1 % (21,1–35,1 %) než u žen, tj. 23,0 % (19,3–30,4 %). Nebyl zaznamenán významnější rozdíl mezi pravou a levou stranou u jednoho jedince.

Statistická analýza: Studie prokázala vysokou míru korelace ve výskytu arteriálního žlábků mezi pohlavími a mezi pravou a levou stranou. Odpovídající byly i nálezy žlábků na pravé a levé lopatce u jednoho individua.

5.3. Zlomeniny proc. coracoideus

Identifikovali jsme 24 zlomenin báze proc. coracoideus, 1 zlomeninu zobáku, 8 zlomenin apexu a 6 tříštivých zlomenin korakoidu.

Zlomeniny báze proc. coracoideus – ve 14 případech probíhala mediální část lomné linie skrz incisura scapulae, u 9 zlomenin zasahovala lomná linie až k hornímu okraji těla lopatky, u každého případu byl fragment nakloněn distálně a zrotován mediálně.

U **zlomenin zobáku** procházela linie zlomeniny těsně před úponem korakoklavikulárního vazy a fragment byl dislokován mírně distálně.

Zlomeniny apexu byly variabilní. Ve 2 případech jsme zjistili impakci apexu, ve 3 případech byl vrchol podélně rozlomen na dvě části a ve 2 případech byl oddělen jako pevný fragment; v jednom případě jsme zaznamenali pouze fissuru apexu. V jednom případě byla zlomenina apexu kombinovaná s glenohumerální luxací, v tomto případě došlo k dislokaci fragmentu apexu do kloubní dutiny glenohumerálního kloubu.

Kominutivní zlomeniny byly tvořeny minimálně třemi fragmenty korakoidu. Ve 2 případech jsme zaznamenali kominuci v oblasti samotného zobáku a ve 4 případech byl roztržštěn celý korakoid.

Při studiu zlomeniny proc. coracoideus jsme zjistili celkem 22 přidružených poranění lopatky, z toho 7 zlomenin akromia v akromiálním úhlu; 5 případů oddělení předního okraje glenoidu;

3 zlomeniny horní třetiny kloubní plochy glenoidu, z toho dva byly kombinovány se zlomeninou apexu proc. coracoideus a v jednom případě s tříštivou zlomeninou zobáku; 1 zlomeninu dolního glenoidu; 4 zlomeniny báze proc. coracoideus v kombinaci se zlomeninou chirurgického krčku lopatky a 2 minimálně dislokované zlomeniny těla lopatky.

Identifkovali jsme i přidružená poranění v oblasti ramenního pletence – zaznamenali jsme 18 takových zranění: 8 případů akromioklavikulární luxace (z toho 6 typu III, 1 typu IV a 1 typu V podle Rockwoodovy klasifikace); 5 zlomenin proximálního humeru; dále 4 stabilní, minimálně posunutá zlomeniny laterální klíční kosti; a 1 zlomenina těla klíční kosti.

Pouze izolovaná zlomenina proc. coracoideus se vyskytovala v 6 případech; 25 pacientů vykazovalo kombinaci dvou poranění a 8 pacientů kombinaci tří lézí.

5.4. Akromioklavikulární luxace u zlomenin lopatky

Typ poranění lopatky: AC luxace byla zaznamenána u zlomenin výběžků (proc. coracoideus, acromion), těla lopatky, glenoidu a u komplexních zlomenin.

V 15 případech byla AC luxace spojena pouze s jednoduchou zlomeninou lopatky (7krát zlomenina báze proc. coracoideus, 4krát zlomenina akromia nebo laterální spiny, 2krát zlomenina těla lopatky, 1krát zlomenina horního glenoidu a 1krát zlomenina dolního glenoidu). Ve 4 případech se jednalo o kombinované nebo komplexní zlomeniny lopatky (1krát kombinace zlomeniny proc. coracoideus a laterální části spina scapulae, v 1 případě kombinace zlomeniny horního glenoidu a akromia, ve 2 případech komplexní intraartikulární zlomenina).

Nejčastěji byla AC luxace spojena se zlomeninami výběžků (14krát), zcela chyběla u zlomenin krčku lopatky.

Typy AC luxace: Ve 12 případech se jednalo o typ III, v 5 případech o typ IV, z toho v 1 případě došlo i k luxaci SC kloubu, ve 2 případech o typ V podle Rockwoodovy klasifikace (Rockwood C., 1984).

Typ poranění korakoklavikulární junkce: V 7 případech bylo přetrženo pouze lig. coracoclaviculare. Jednalo se tak o *ligamentózní instabilitu*, a to spojenou se zlomeninou akromia nebo laterální spiny ve 4 případech, se zlomeninou těla lopatky ve 2 případech a se zlomeninou dolního glenoidu v 1 případě.

V 11 případech zůstalo lig. coracoclaviculare intaktní, ale došlo k odlomení proc. coracoideus nebo horního glenoidu, tedy ke vzniku *kostní instability*. V 7 případech se jednalo o izolovanou extraartikulární zlomeninu báze proc. coracoideus. V 1 případě šlo o kominutivní zlomeninu proc. coracoideus spojenou se zlomeninou laterální spiny. V 1 případě došlo ke kombinaci zlomeniny horního glenoidu a akromia. U 2 komplexních intraartikulárních zlomenin bylo příčinou AC nestability odlomení horního glenoidu.

V 1 případech vznikla *kombinovaná osteo-ligamentózní instabilita*. V 1 případě se jednalo roztržení lig. coracoclaviculare a zlomeninu horního glenoidu. K přetržení lig. coracoclaviculare tak došlo celkem 8krát, k odlomení proc. coracoideus 8krát a ke zlomenině horního glenoidu 2krát.

Operačně jsme léčili 11 případů akromioklavikulární luxace. U 4 případů kombinovaných se zlomeninou proc. coracoideus byl ošetřen pouze AC kloub. V 7 případech byla kromě AC kloubu ošetřena i poranění lopatky, tj. 1krát komplexní intraartikulární zlomenina, 1krát zlomenina horního glenoidu, 1krát zlomenina dolního glenoidu, 1krát infraspinální zlomenina těla, 1krát zlomenina báze proc. coracoideus, 1krát zlomenina akromia a 1krát zlomenina laterální spiny.

Všechna poranění se zhojila bez komplikací s velmi dobrým funkčním výsledkem.

5.5. Sternoklavikulární luxace u zlomenin lopatky

Sternoklavikulární luxace u zlomenin lopatky je raritní poranění, které jsme v naše souboru zaznamenali pouze ve 2 případech.

Typ poranění lopatky: SC luxace byla zaznamenána u zlomenin výběžků lopatky (acromion, spina scapulae) a zlomeniny těla lopatky (inkompletní zlomenina spinálního pilíře lopatky).

Typy SC luxace: V prvním případě došlo k subluxaci mediálního konce klíčku distálně a mírně ventrálně. To je atypický způsob dislokace, neboť přední typ luxace je spojen s proximální dislokací. Ve druhé případě se jednalo o přední typ SC luxace.

6. Výsledky ve formě publikací a kazuistik

6.1. Strnad T, Bartoníček J, Naňka O, Tuček M:

The coracoglenoid notch: anatomy and clinical significance.

Surg Radiol Anat 2021;43:11-17.



The coracoglenoid notch: anatomy and clinical significance

Tomáš Stmad^{1,2} · Jan Bartoníček^{1,2} · Ondřej Naňka¹ · Michal Tuček²

Received: 30 April 2020 / Accepted: 4 July 2020
© Springer-Verlag France SAS, part of Springer Nature 2020

Abstract

Introduction The superior surface of the anatomical neck is presented in the classification of scapular fractures as a 2-cm-long structure, which does not correspond to reality. This issue has not yet been adequately addressed in the literature. The aim of the study was to assess the variability of a notch between the upper rim of the glenoid and the coracoid base, the so-called coracoglenoid notch (CGN), and its clinical significance.

Materials and methods The study was based on the examination of 204 dry bone specimens of adult scapulae (92 male and 112 female). We have determined quantitative criteria for the evaluation of the CGN type, measuring the offset of anatomical neck using a digital caliper. The findings were compared with 3D CT reconstructions of fractures of the scapular anatomical neck.

Results Three basic types of CGN have been identified: type A—a well-developed notch in 31%, type B—a shallow notch in 53% and type C—an absent notch in 16%. No significant difference in CGN was found between the sexes, or between the right and left sides. When compared with our six cases of the anatomical neck fracture of the scapula, two patients displayed CGN type A and type B, respectively; but in four patients, it was impossible to distinguish between types A and B.

Conclusion The study has documented a high variability of CGN. Its presentation in the classification schemes does not correspond to anatomical reality. The presence of a deep, or shallow, notch may constitute an anatomical predisposition to a fracture of the anatomical neck.

Keywords Scapular fractures · Anatomy of the scapula · Fractures of anatomical neck of scapula · Coracoglenoid notch

Introduction

The anatomy of the scapula has recently become the focus of numerous studies [1, 9, 10, 12–15, 18, 19, 21, 27, 29, 30, 35–43]. Their aim was to obtain more details for clinical practice, to be used primarily in shoulder arthroplasty and the operative treatment of scapular fractures. These studies have provided new findings in terms of the architecture of the scapula and its metrics, and have also defined new structures. One important area of the scapula has, however, gone unnoticed, namely the superior surface of the anatomical

neck connecting the upper pole of the glenoid fossa (supraglenoid tubercle) with the coracoid base.

The problem is that in terms of anatomy, the scapular neck is not an exactly defined structure [22, 23]. Although the literature distinguishes between the anatomical and the surgical necks of the scapula, both of them are defined according to the course of the fracture line and its relationship with the coracoid base [4–8, 11, 16, 20, 22, 28, 38]. Classification schemes of scapular fractures show the superior surface of the scapular neck as a markedly elongated structure [11, 16, 20, 24, 32, 33, 38]. In reality, it is reduced to a mere groove that was called by Bartoníček et al. [6], in 2015, the “sulcus coracoglenoidalis” (SCG), i.e., the coracoglenoid notch (CGN). It is at this notch that the proximal part of anatomical neck fractures originate, and this site is affected also by fractures of the coracoid base and certain fractures of the scapular body [2, 40].

Due to the absence of relevant information in the literature concerning the CGN anatomy and variability, the authors decided to conduct their own study and to analyze the results

✉ Ondřej Naňka
Ondrej.Nanka@lf1.cuni.cz

¹ 1st Faculty of Medicine, Institute of Anatomy, Charles University, Prague, Czech Republic

² Department of Orthopedics, 1st Faculty of Medicine, Charles University and the Central Military Hospital, Prague, Czech Republic

in terms of the influence of the notch on the occurrence of fractures of the anatomical neck of the scapula.

Materials and methods

Materials

The study was based on the examination of 330 dry bone specimens of adult scapulae from the Pachner's collection of the Institute of Anatomy, 1st Faculty of Medicine and Department of Anthropology, Faculty of Science, Charles University, Prague. We excluded 28 specimens showing pathological changes (e.g., healed scapular fractures, advanced arthritic changes in the glenoid area, scapular damage, etc.) and 98 unpaired specimens. We selected 102 pairs of scapulae from the same individual (46 pairs male and 56 pairs female), i.e., a total of 204 specimens, including 92 of male and 112 of female origin. The mean age of the donors was 51.6 years (range 18–84).

Methods

We have proposed in advance the criteria for the determination of individual types of CGN, with the resulting three

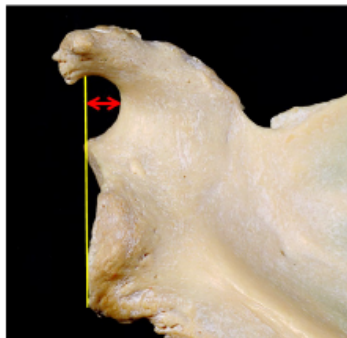


Fig. 1 Scheme of measurement of the CGN

groups: A—a well-developed notch with an offset ≥ 3 mm; B—shallow notch with an offset < 3 mm and ≥ 1 mm; C—absent notch with an offset < 1 mm.

The CGN presence and shape were inspected visually from different views. Its shape could best be assessed from the anterior (Fig. 1) and posterosuperior views. The CGN offset was then measured with a digital caliper from the posterosuperior view.

Finally, we calculated the *T* test between all male and female scapulae, the paired test and Pearson's correlation coefficient (*r*) between the right and left sides separately for men and women. Finally, we used the Pearson's Chi-square test (p_{chi}) for the evaluation of quantitative categories (A, B, C) between males and females. Additionally, we used a scatter plot with a trend line and calculation of coefficient of reliability for correlation between right and left values of both sexes.

The findings were compared with radiographs and 3D CT documentation of our series of six patients treated by the senior author (JB) for an anatomical neck fracture, including four men and two women, with a mean age of 47 years (range 25–71). In two cases, the fracture was undisplaced and treated non-operatively. The presence of CGN in these patients was evaluated only on 3D CT reconstruction. Four fractures were displaced and the patients were treated operatively, which allowed evaluation of the presence of CGN after an anatomical reduction both visually and by palpation.

Results

Morphological analysis of types of CGN

Based on an analysis of 102 pairs of scapula (204 specimens), we have identified three CGN types and labeled them A, B and C (Table 1).

Type A: Represented a well-developed CGN, with an offset between the coracoid base and the upper rim of the glenoid ≥ 3 mm. The superior surface of the anatomical neck passed slightly obliquely in relation to the horizontal (Fig. 2). This type of notch was readily palpable. It was present in 39% of male and in 25% of female scapulae.

Table 1 Incidence of individual types of the coracoglenoid notch

Type	Male (n of pairs)	Female (n of pairs)	All (n of pairs)
A: Well developed Offset ≥ 3 mm	39% (18)	25% (14)	31% (32)
B: Shallow Offset = 1–3 mm	45% (21)	59% (33)	53% (54)
C: Absent No offset, or < 1 mm	16% (7)	16% (9)	16% (16)
Total	46 pairs	56 pairs	102 pairs



Fig. 2 A well-developed CGN—type A (offset ≥ 3 mm). Anterior aspect of the lateral angle of the right scapula

Type B: In these cases, the CGN was quite shallow, with an offset between the coracoid base and the upper rim of the glenoid of < 3 and ≥ 1 mm. The markedly reduced superior surface of the anatomical neck ran steeply to the coracoid base (Fig. 3). This type was present in 45% of male and in 59% of female scapulae.

Type C: The CGN was absent and the lateral surface of the coracoid base was directly continuous with the upper pole of the glenoid fossa, with an offset < 1 mm (Fig. 4). This variant was recorded in 16%.

Men showed a higher incidence of type A (39% vs. 25%), while type B predominated in women (45% vs. 59%); the share of type C was the same in both groups (16%) (Table 1).



Fig. 3 A shallow CGN—type B (offset $\geq 1 < 3$ mm). Anterior aspect of the lateral angle of the right scapula



Fig. 4 An absent CGN—type C (offset < 1 mm). Anterior aspect of the lateral angle of the right scapula

Statistical analysis

In the next step, we calculated the *T* test between the measured values of CGN in all male and female scapulae ($T=0.154$), showing no significant statistical difference between the two groups.

The paired test (*p*) and Pearson's correlation coefficient (*r*) between the right and left sides separately for men ($p=0.23894$; $r=0.986472$) and women ($p=0.2445$; $r=0.97005331$) show a high correlation rate.

Finally, the Pearson's Chi-square test [34] ($p_{\text{chi}}=0.2923$) has revealed that with a 71% probability, the distribution of A, B, C categories between males and females is the same.

The scatter plots (Figs. 5, 6) show the distribution of groups A, B, C and correlation between the right and left sides for males and females (reliability value = coefficient of reliability in men $R^2=0.973$, in women $R^2=0.941$).

In the study, no significant difference in types of CGN was found between the sexes, or between the right and left sides in men, or in women. At the same time, there was no difference in the findings of the CGN type between the right and left scapulae in one individual.

Analysis of the group of patients with a fracture of the anatomical neck of the scapula

In two undisplaced fractures treated non-operatively, the CGN could be well seen on 3D CT reconstructions. However, it was impossible to make the same measurements as on bone specimens and determine whether it was type A or type B.

In four surgically treated patients, preoperative CT scans and intraoperative visual and palpation examinations, after anatomical reduction, revealed the presence of

a CGN in all cases. As it could not be measured quantitatively, it was impossible to determine if it was of type A or B (Figs. 7, 8, 9, 10). Nevertheless, in all six cases, we observed a well-developed, or a partly developed CGN.

Discussion

Fractures of the anatomical neck of the scapula constitute an important variety of scapular fractures that has not yet been resolved. One of the reasons is the low incidence and an insufficient awareness of these fractures [4–6]. The aim of our study may seem debatable, but, nevertheless, any

Fig. 5 Distribution of types of CGN and correlation between the right and left sides in males

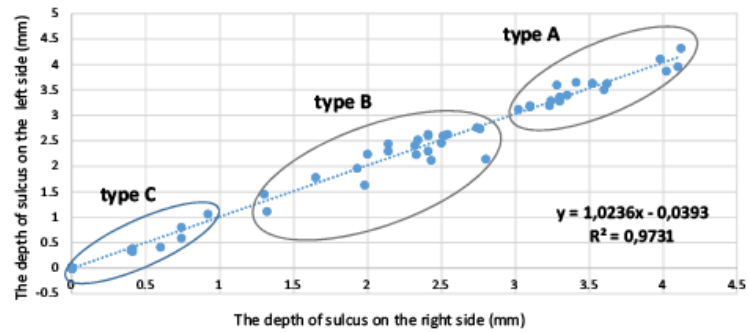


Fig. 6 Distribution of types of CGN and correlation between the right and left sides in females

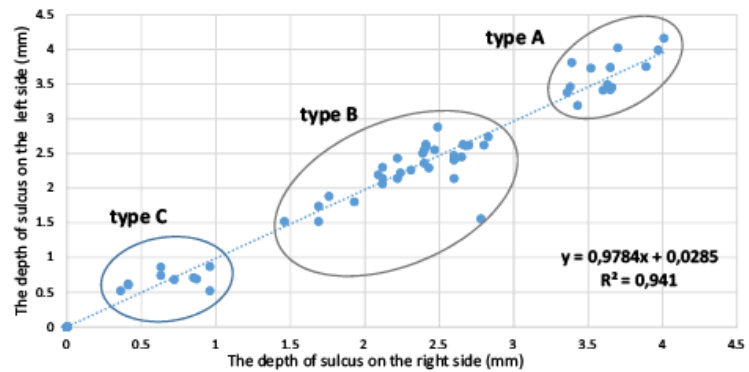


Fig. 7 CGN on CT reconstructions of undisplaced fractures of the anatomical scapular neck. **a** CGN type A; **b** CGN type B



Fig. 8 3D CT reconstruction of undisplaced fractures of the anatomical scapular neck, demonstrating the course of the fracture line. The CGN was classified as type A

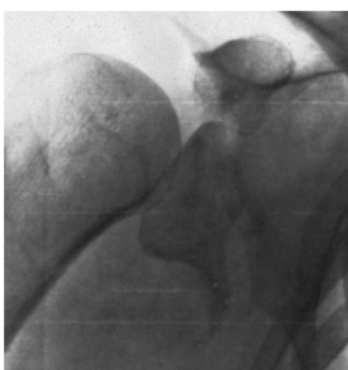
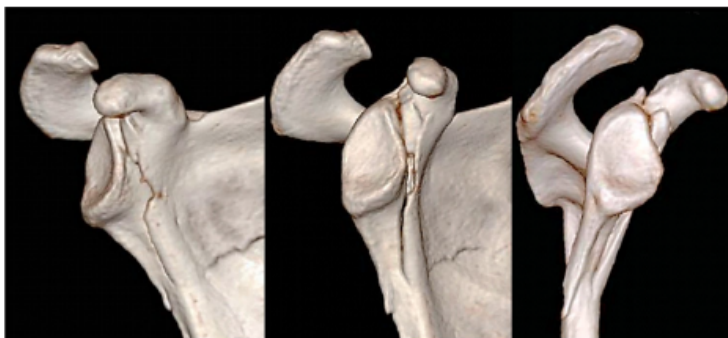


Fig. 9 Radiograph of a typical fracture of the scapular anatomical neck. Despite displacement, the superior surface of the anatomical neck (CGN) can be well seen



Fig. 10 CT 2D reconstruction of a displaced fracture of the anatomical scapular neck from Fig. 6. Despite displacement of the glenoid fragment, the CGN can be well seen

information correlating fractures of the anatomical neck of the scapula with scapular anatomy is potentially valuable. A similar topic has been dealt with recently by Li et al. [29], who studied the effect of anatomy of the coracoid on the incidence of fractures of the anterior rim of the glenoid fossa.

Whereas the method we used in this study was very simple, it fully met the aim, i.e., to assess the CGN's existence and morphology. The results clearly show that the superior surface of the anatomical neck of the scapula, if present, is very short. This fact should be respected in the classification schemes of scapular fractures. The method of presentation hitherto, i.e., of a very long scapular neck, has contributed to a distorted picture of the courses of fracture lines, as well as of the shape of the glenoid fragment [11, 16, 20, 24, 32, 33].

It is interesting that this study has confirmed symmetry of development of the notch between the right and left sides, both in men and women. This finding can be used in cases when the fracture site is so damaged that the notch cannot be identified, or its type determined. In such a case, the type of CGN may be determined according to the contralateral notch.

A different distribution of types A and B in men and women may be explained by a potential involvement of the pull of the biceps brachii long head tendon in development of the supraglenoid tubercle. We hypothesize that a greater pull of the biceps in men may contribute to a higher incidence of a type A notch in men. The share of type C is the same in men and women.

The hypothesis that an anatomical neck fracture is associated with the existence of a CGN has been justified. In the absence of a CGN, the fracture line would pass through the coracoid base, or directly through the glenoid fossa, and the typical glenoid fragment would not be separated [7]. Thus, the frequent absence of the CGN may have an effect on the incidence of fractures of the anatomical neck of the scapula.

Comparison with other authors is difficult as only seven radiologically documented anatomical neck fractures can be found in the literature [3, 22, 25, 26, 28, 31]. Hardegger et al. [22] described two cases documented by radiographs. Arts and Louette [3] presented one case also documented solely by a radiograph. Kelly and Roberts [28], Jeong and Zuckerman [26], Jaeger et al. [25] and Neuhaus et al. [31] each published one case documented by 3D CT reconstructions. As a result, our six cases, of which five were documented by 3D CT reconstructions, comprise the largest series hitherto published.

Assessment of the CGN shape in undisplaced fractures was difficult and required several 3D CT reconstructions (Figs. 7, 8, 10). Similarly, it was highly demanding to identify the CGN in displaced fractures, due to displacement of fragments, or presence of an intermediate fragment.

The main strength of this study is the fact that it is the first to describe in detail the area of transition from the superior pole of the glenoid into the coracoid base. In addition, it is the only study that was based on the use of pairs of scapulae, each pair coming from a single individual.

Our study has also documented that depiction of the superior surface of the anatomical neck as a long structure, presented in a majority of classifications of scapular fractures, does not correspond to reality [11, 16, 24, 25, 32, 33].

A relative weakness of the study may be considered the age of our bone specimens. Nevertheless, we have verified, based on other studies [17], that the use of these specimens also is valid for addressing the current clinical issues.

Another aspect is the small number of fractures of the anatomical neck. However, it should be taken into account that these fractures are exceedingly rare, with only 13 cases, including ours, being radiologically documented from the beginning of twentieth century, of which a mere 10 fractures were assessed by 3D CT reconstructions [6, 22, 25, 26, 28, 31]. The method of evaluation of the presence of CGN in our 6 clinical cases may also seem problematic. But in two undisplaced fractures, the CGN can be clearly seen on 3D CT reconstructions. In the operatively treated patients, we used both preoperative CT and intraoperative findings. In this, we relied on our experience gained in our total series of 519 scapular fractures, a majority of which were documented by 3D CT reconstructions and 153 of them were treated operatively.

Conclusion

Our study has brought into focus the existence of the coracoglenoid notch, and its considerable variability. Men showed a higher incidence of type A, while type B predominated in women; the share of type C was the same in both groups.

We have proved side symmetry in the development of the notch both in women and men.

A well-developed CGN constitutes a predisposition for a fracture of the anatomical neck of the scapula.

The CGN anatomy should be respected in the classification schemes of scapular fractures, where it is currently depicted highly inaccurately.

Acknowledgements The authors wish to thank Prof. Chris Colton MB BS FRCS and Ludmila Běbarová PhD for their assistance in editing of the manuscript.

Funding Supported by IP DZRV MO1012.

Compliance with ethical standards

Conflict of interest The authors declare that they have no conflict of interest.

Ethical approval This article does not contain any studies with human participants, or animals, performed by any of the authors.

Informed consent Informed consent was obtained from all individual participants included in our scapular research.

Disclaimer None.

References

- Anetzberger H, Putz R (1996) The scapula: principles of construction and stress. *Acta Anat* 156:70–80. <https://doi.org/10.1159/000147830>
- Armitage BM, Wijdicks CA, Tarkin IS, Schroder LK, Marek DJ, Zlowodzki M, Cole PA (2009) Mapping of scapular fractures with three-dimensional computed tomography. *J Bone Jt Surg Am* 91-A:2222–2228. <https://doi.org/10.2106/jbjs.h.00881>
- Arts V, Louette L (1999) Scapular neck fractures; an update of the concept of floating shoulder. *Injury* 30:146–148. [https://doi.org/10.1016/s0020-1383\(98\)00231-9](https://doi.org/10.1016/s0020-1383(98)00231-9)
- Bartončěk J, Cronier P (2010) History of the treatment of scapular fractures. *Arch Orthop Trauma Surg* 130:83–92. <https://doi.org/10.1007/s00402-009-0884-y>
- Bartončěk J, Tuček M, Friš V (2013) Fractures of the anatomical neck of the scapula. Two cases and review of the literature. *Arch Orthop Trauma Surg* 133:1115–1119. <https://doi.org/10.1007/s00402-013-1783-9>
- Bartončěk J, Tuček M, Friš V, Obruba P (2014) Fractures of the scapular neck. Diagnosis—classifications—treatment. *Int Orthop* 38:2163–2173. <https://doi.org/10.1007/s00264-014-2434-7>
- Bartončěk J, Tuček M, Klika D, Chochoła A (2016) Pathoanatomy and computed tomography classification of glenoid fossa fractures based on 90 patients. *Int Orthop* 40:2383–2392. <https://doi.org/10.1007/s00264-016-3169-4>
- Bartončěk J (2015) Scapular fractures. In: Court-Brown CH, Heckman AD, McQueen MM, Ricci WM, Tornetta P (eds) *Rockwood and Green's fractures in adults*, 8th edn. Wolters Kluwer, Philadelphia, pp 1475–1501
- Burke CS, Roberts CS, Nyland JA, Radmacher PG, Acland RD, Voor MJ (2006) Scapular thickness—implications for

- fracture fixation. *J Shoulder Elb Surg* 15:645–648. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2005.10.005>
10. Casier SJ, Van den Broecke R, Van Houcke J, Audenaert E, De Wilde LF, Van Tongel A (2018) Morphologic variations of the scapula in 3-dimensions: a statistical shape model approach. *J Shoulder Elb Surg* 27:2224–2231. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2018.06.001>
 11. Decouls P, Minet P, Lemerle (1956) Fractures de l'omoplate. *Lille Chir* 11:217–227
 12. Donders JCE, Prins J, Kloen P, Streekstra GJ, Cole PA, Kleipool RP, Dobbe JGG (2020) Three-dimensional topography of scapular nutrient foramina. *Surg Radiol Anat* 42(8):887–892. <https://doi.org/10.1007/s00276-020-02458-y>
 13. Ebraheim NA, Xu R, Haman SP, Mieldler JD, Yeasting RA (2000) Quantitative anatomy of the scapula. *Am J Orthop* 29:287–292
 14. Edelson JG (1992) Anatomy of the coraco-acromial arch. *J Bone Jt Surg Br* 74-B:589–594
 15. Edelson JG (1996) Variations in the anatomy of the scapula with reference to the snapping scapula. *Clin Orthop Relat Res* 322:111–115
 16. Euler E, Rüedi T (1996) Skapulafraktur. In: Habermeyer P, Schweiberer L (eds) *Schulterchirurgie*. Urban und Schwarzenberg, München, pp 261–272
 17. Fojtík P, Kostlivý K, Bartoníček J, Nařka O (2020) The fibular notch—an anatomical study. *Surg Radiol Anat*. <https://doi.org/10.1007/s00276-020-02476-w>
 18. Frazer JES (1946) *The anatomy of the human skeleton*. Churchill, London
 19. Galina M, Santamaria E, Doro T (1998) Anthropometry of the scapula: clinical and surgical consideration. *J Shoulder Elb Surg* 7:284–291. [https://doi.org/10.1016/s1058-2746\(98\)90057-x](https://doi.org/10.1016/s1058-2746(98)90057-x)
 20. Goss TP (1994) Fractures of the glenoid neck. *J Shoulder Elb Surg* 3:42–52. [https://doi.org/10.1016/S1058-2746\(99\)80007-4](https://doi.org/10.1016/S1058-2746(99)80007-4)
 21. Gumina S, Postachini F, Orsina L, Cinotti G (1999) The morphology of coracoid process—its aetiological role in subcoracoid impingement syndrome. *Int Orthop* 23:198–201. <https://doi.org/10.1007/s002640050349>
 22. Hardegger F, Simpson LA, Weber BG (1984) The operative treatment of scapular fractures. *J Bone Jt Surg Br* 66-B:725–731
 23. Hovelaque A (1933) *Ostéologie*. Fascicule 1. Doin & Cie, Paris, pp 7–22
 24. Ideberg R, Grevsten S, Larsson S (1995) Epidemiology of scapula fractures. *Acta Orthop Scand* 66:395–397. <https://doi.org/10.3109/17453679508995571>
 25. Jaeger M, Lambert S, Stüdkamp NP, Kellam JF, Madsen JE, Babst R, Andermahr J, Li W, Audigé L (2013) The AO Foundation and Orthopaedic Trauma Association (AO/OTA) scapular fracture classification system: focus on glenoid fossa involvement. *J Shoulder Elb Surg* 22:512–520
 26. Jeong GK, Zuckerman JD (2005) Scapula fractures. In: Zuckerman JD, Koval KJ (eds) *Shoulder fractures*. Thieme, New York, pp 199–222
 27. Karelse A, Kegels L, de Wilde L (2005) The pillars of the scapula. *Clin Anat* 20:392–399. <https://doi.org/10.1002/ca.20420>
 28. Kelly DP, Roberts ZV (2016) Case report of an isolated fracture of the anatomic neck of the scapula. *Case Stud Surg* 2:23–26
 29. Li MM, Goetti P, Sandman E, Rouleau DM (2020) Influence of coracoid anatomy on the location of glenoid rim defects in anterior shoulder instability: 3D CT-scan evaluation of 51 patients. *Surg Radiol Anat* 42(8):895–901. <https://doi.org/10.1007/s00276-020-02492-w>
 30. Mallon WJ, Brown HR, Vogler JB, Martinez S (1982) Radiographic and geometric anatomy of the scapula. *Clin Orthop Relat Res* 277:142–154
 31. Neuhaus V, Bot AGJ, Guitton TG, Ring DC (2014) Scapula fractures: interobserver reliability of classification and treatment. *J Orthop Trauma* 28:124–129. <https://doi.org/10.1097/BOT.0b013e31829673e2>
 32. Orthopaedic Trauma Association (2007) Fracture and dislocation compendium. Scapula fractures. *J Orthop Trauma* 21(Suppl 1):S68–S71
 33. Orthopaedic Trauma Association (2018) Fracture and dislocation compendium. Scapula fractures. *J Orthop Trauma* (Suppl) 32:S101–S104. <https://doi.org/10.1097/BOT.0000000000001070>
 34. Reckova M, Rosengarten C, de Almeida A, Stanley CP, Wessels A, Gourdie R, Thompson RP, Sedmera D (2003) Hemodynamics is a key epigenetic factor in development of the cardiac conduction system. *Circ Res* 93(1):77–85. <https://doi.org/10.1161/01.RES.0000079488.91342.B7>
 35. Simon P, Diaz M, Cusick M, Santoni B, Frankle M (2018) 3D image-based morphometric analysis of the scapular neck length in subject undergoing reverse shoulder arthroplasty. *Clin Anat* 31:43–55. <https://doi.org/10.1002/ca.22911>
 36. Singh N, Chauhan P, Loh HK, Kohli M, Suri RK (2018) Enigma of scapular foramen and tunnels: an untold story. *Surg Radiol Anat* 40:327–332. <https://doi.org/10.1007/s00276-017-1931-y>
 37. Sinha RR, Kumar B, Kulkarni JP (2018) Morphometry and morphology of glenoid fossa of scapula. *Indian J Clin Anat Physiol* 5:303–307
 38. Tanton J (1915) *Fractures en général-Fractures des membres supérieurs*. JB Baillière, Paris, pp 785–819
 39. Totlis T, Konstantidinis GA, Karanassos MT, Sofidis G, Anastopoulos N, Natsis K (2014) Bony structures related to snapping scapula: correlation to gender, side and age. *Surg Radiol Anat* 36:3–9. <https://doi.org/10.1007/s00276-013-1130-4>
 40. Tuček M, Bartoníček J, Frič V (2011) Osseous anatomy of scapula: its importance for classification of scapular body fractures. *Ortopedie* 5:104–109
 41. Alfaro-Gomez U, Fuentes-Ramirez LD, Chavez-Blanco KI, Vilchez-Cavazos JF, Zdiilla MJ, Elizondo-Omana RE, Guerra-Leal JD, Elizondo-Riojas G, Pinales-Razo R, Guzman-Lopez S, Quiroga-Garza A (2020) Anatomical variations of the acromial and coracoid process: clinical relevance. *Surg Radiol Anat* 42(8):877–885. <https://doi.org/10.1007/s00276-020-02497-5>
 42. von Schroeder HP, Kuiper SD, Botte MJ (2001) Osseous anatomy of the scapula. *Clin Orthop Relat Res* 383:131–139. <https://doi.org/10.1097/00003086-200102000-00015>
 43. Zhang L, Guo X, Liu Y, Ou M, Lin X, Qi J, Xu Y, Wang G, Fu S (2019) Classification of the superior angle of the scapula and its correlation with the suprascapular notch: a study on 303 scapulae. *Surg Radiol Anat* 41:377–383. <https://doi.org/10.1007/s00276-018-2156-4>

Publisher's Note Springer Nature remains neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

6.2. Strnad T, Bartoníček J, Tuček M, Naňka O:

Circumflex arterial sulcus of the scapula (sulcus arteriae circumflexae scapulae): its anatomy and clinical relevance.

Surg Radiol Anat 2022; 44:1111-1119.



Circumflex arterial sulcus of the scapula (*sulcus arteriae circumflexae scapulae*): its anatomy and clinical relevance

Tomáš Strnad^{1,2} · Jan Bartončák^{1,2} · Michal Tuček² · Ondřej Naňka¹

Received: 12 April 2022 / Accepted: 18 July 2022 / Published online: 27 July 2022
© The Author(s), under exclusive licence to Springer-Verlag France SAS, part of Springer Nature 2022

Abstract

Introduction The circumflex scapular artery (CSA) has been described in detail in the literature, but the groove, i.e., the circumflex sulcus (CFS), formed by the artery on the lateral pillar of the scapula has been completely neglected. The aim of the present study was to describe the variability and anatomy of the CFS.

Materials and methods The study was based on the examination of 103 pairs of dry bone specimens of adult scapulae, i.e., 206 specimens, including 92 (46 pairs) male and 114 (57 pairs) female specimens. In the first step, quantitative criteria were defined for assessment of the CFS presence and type. Subsequently, statistical analysis of the obtained data was performed.

Results The study revealed considerable variability of the arterial groove, which was well developed in 33% (type A), shallow in 40% (type B), and absent in 27% (type C) of cases. The mean distance between CFS and the infraglenoid tubercle was 3.3 cm $CI_{0.95}$ (3.1–3.3), which corresponds to the proximal third of the lateral border of the scapula.

Conclusion The study has confirmed variability of the arterial groove (CFS) and its localization in relation to the inferior glenoid rim. The findings are clinically important, particularly in relation to the Judet approach to scapular fractures (localization of the CSA course).

Keywords Anatomy of the scapula · Blood supply to the scapula · Circumflex sulcus · Judet approach

Introduction

Anatomy of the scapula has been at the forefront for quite a long time [1, 2, 8–13, 16, 17, 20–24, 29–33, 36, 38], particularly due to the growing interest in operative treatment of scapular fractures and shoulder arthroplasty. These studies have provided a number of new metric details of the scapula and have defined new structures [2, 5, 6, 14, 30, 34]. One of the studied structures is the circumflex scapular artery (CSA). This artery arises from the subscapular artery, curves backwards around the lateral border of the scapula and passes to its posterior surface where it anastomoses with the suprascapular artery. It leaves its imprint on the lateral

border, namely the sulcus of the circumflex scapular artery [15, 18, 27, 31, 37], in short the circumflex sulcus (CFS) [4].

Knowledge of the CSA course in relation to the glenoid rim is essential for dissection of the interval between the *teres minor* and the *infraspinatus* in both the Judet and Dupont-Evrard approaches [4, 7, 11–13], or for harvesting of a scapular osteocutaneous free flap [28].

The course of the CSA was described in detail by Ebraheim et al. [13] and Shin et al. [28], although with partially differing results. However, neither of these studies mentioned CFS, even if details about the sulcus could specify the course of CSA in relation to the inferior glenoid rim.

The CFS has been mentioned very briefly in only a few osteology textbooks [15, 37]. Standard anatomy textbooks [18, 27, 31] do not describe it. Therefore, as we found no information about CSA in the literature, we decided to conduct our own pilot study.

The aim of our study was to describe the incidence, morphology, course, and localization of CFS on the posterior surface of the scapula, to process the acquired data statistically [35] to find out whether distribution of the groove is

✉ Ondřej Naňka
ondrej.nanka@lf1.cuni.cz

¹ Institute of Anatomy, First Faculty of Medicine, Charles University, Prague, Czech Republic

² Department of Orthopedics, First Faculty of Medicine, Charles University and the Central Military Hospital, Prague, Czech Republic

similar between men and women, and to compare the two genders in terms of the side of its incidence.

Materials and methods

Materials

The initial group comprised 330 scapulae. After exclusion of all unpaired scapulae and scapulae with pathological changes (open physis, osteoarthritic changes on glenoid fossa or acromion, posttraumatic deformity, damaged specimens), the study group included 103 pairs, i.e., 206 dry bone specimens of adult scapulae found in Pachner's collection of the Institute of Anatomy of First Faculty of Medicine of Charles University and Department of Anthropology and Human Genetics of the Faculty of Science of Charles University, Prague [26]. Sex and age were known in all the subjects.

A total of 206 paired specimens, i.e., 103 pairs, each pair always from the same individual, included 92 (46 pairs) male and 114 (57 pairs) female scapulae. The mean subject age of the whole group was 53 years: 52 years (range, 20–82) in men, and 53 years (range, 18–87) in women.

Method

The study focused on the CFS incidence, degree of its manifestation and the distance between CFS and the inferior glenoid rim.

CFS incidence

After the initial analysis, scapulae were divided into three groups: with (group A and B) and without CFS (group C). Scapulae with a more- or less-developed groove were examined for duplication of the sulcus, or its division into the superior and inferior branches.

Anatomy of the sulcus

As the first step, criteria for the determination of individual types of CFS were set, with the resulting two groups: A—a well-developed groove > 0.5 mm deep; B—a shallow groove > 0 and ≤ 0.5 mm in depth. The depth of the groove was measured on the posterolateral surface of the lateral pillar of the scapula, using a digital caliper.

A divided sulcus was defined as a groove originating from one “trunk” on the lateral border and dividing subsequently on the posterior surface of the scapular body into the superior and inferior branches.

The finding of two grooves on the posterior surface of the lateral border of the scapula was termed a duplicated groove.

Distance between CFS and the inferior glenoid rim

This distance was measured using a digital caliper, similarly the length of the lateral border of the scapula between the inferior glenoid rim and the apex of the inferior angle. Subsequently, standard deviation (σ) was calculated for the two measurements; and the ratio of the two distances was also determined and expressed as percentage.

Evaluation and statistics

In addition to the sulcus incidence, manifestation and position, side-to-side differences in each individual and differences between men and women were also examined. *T* test was used to compare CFS incidence between male and female scapulae. Pearson correlation coefficient (*r*) was applied to compare CFS incidence between the right and left sides, separately in men and women. Pearson's Chi-square test (p_{chi}) served to determine quantitative categories of CFS incidence between men and women.

Results

The summary data are shown in Table 1.

CFS incidence

CFS was absent (group/type C) in 55 (26.8%) specimens; 22 (10.7%) male and 33 (16.1%) female scapulae. CFS was more or less developed in 151 (73.2%) cases; 70 (33.9%) male and 81 (39.3%) female scapulae (Fig. 1).

CFS anatomy

A well-developed groove, i.e., a clearly visible CSA imprint on the lateral border of the scapula and its posterior surface, was classified as type A. It passed mediocranially to the nutrient foramen at the base of the scapular spine, close to the spinoglenoid notch. The groove was > 0.5 mm deep and could be well seen and easily palpable (Fig. 1). Type A was found in 33% of all scapulae, more specifically in 33% of male and 34% of female scapulae. A duplicated sulcus was identified in five, all of them female, specimens. A divided sulcus was recorded in seven cases (two male and five female scapulae).

A shallow groove, difficult to distinguish and palpate, was classified as type B, its course being similar to type A. Type B depth ranged between > 0 and ≤ 0.5 mm (Fig. 1). Type B occurred in 40% of all scapulae, more specifically in 45% of male and 37% female scapulae. A duplicated sulcus was identified in four male specimens. A divided sulcus was recorded in three cases (one male and two female scapulae).

Table 1 Incidence of individual types of CFS

Type	Male (n of scapulae)	Female (n of scapulae)	Total (n of scapulae)
Total (n of scapulae)	92 scapulae	114 scapulae	206 scapulae
A—well developed			
Depth of the groove > 0.5 mm	33% (29)	34% (39)	33% (68)
B—shallow			
Depth of the groove > 0 and ≤ 0.5 mm	45% (41)	37% (42)	40% (83)
C—absent			
Depth=0 mm	22% (22)	29% (33)	27% (55)
Total length of the lateral margin	13.7 cm CI _{0.95} (13.50–13.89)	12.8 cm CI _{0.95} (12.70–12.94)	13.2 cm CI _{0.95} (13.09–13.36)
Distance between SCF and the inferior glenoid rim	3.6 cm CI _{0.95} (3.41–3.68)	2.94 cm CI _{0.95} (2.87–3.01)	3.3 cm CI _{0.95} (3.13–3.31)
Relative position of the groove on the lateral margin	26.1% (range, 21.1–35.1%)	23.0% (range, 19.3–30.4%)	24.1% (range 19.3–35.1%)
Depth of the groove	0.44 mm CI _{0.95} (0.429–0.499)	0.46 mm CI _{0.95} (0.40–0.481)	0.45 mm CI _{0.95} (0.426–0.479)

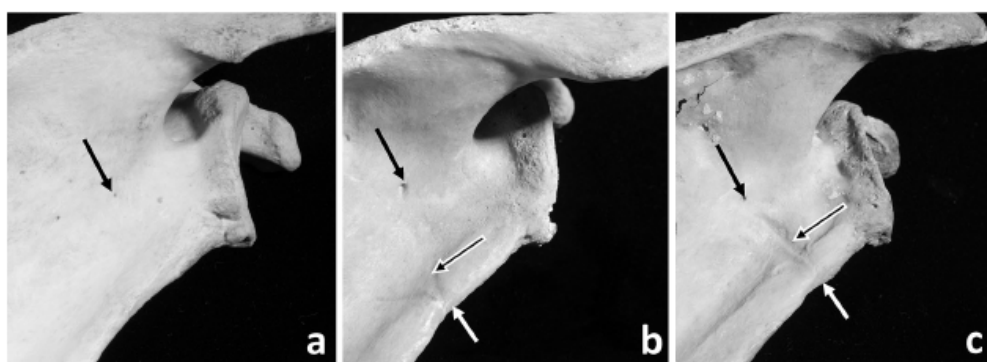


Fig. 1 Types of CFS. **a** Absent CFS (type C), **b** shallow CFS (type B), **c** well-developed CFS (type A). The black arrow indicates the nutrient foramen, the black and white arrow shows the CFS, the white arrow indicates the appearance of CFS on the lateral border of the scapula

Duplicated sulcus (Fig. 2A)

A duplicated sulcus was found in nine cases (five of type A and four of type B). Identical such findings on the left and right sides were observed in three pairs (six scapulae): one pair of male and two pairs of female scapulae. In another three pairs, the presence of a CFS was only unilateral, with type A occurring in female and type B in male scapulae.

Divided sulcus (Fig. 2B)

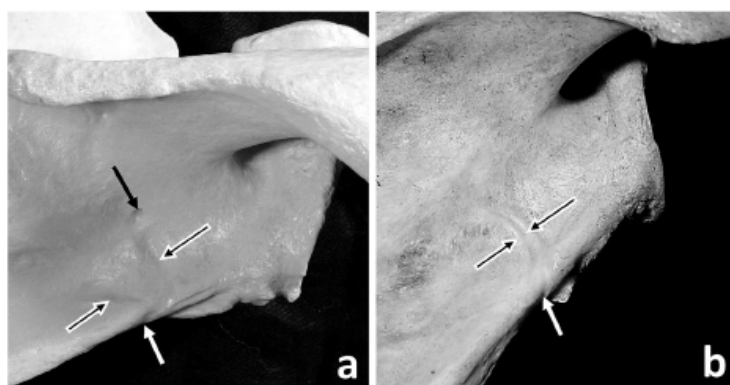
The superior branch of CSA traveled to the nutrient foramen in the area of the spinoglenoid notch, and the inferior branch to the inferior pole of the scapula. Such a situation was observed in ten specimens. In four pairs, this

finding was seen in both scapulae (one male pair of type A, two female pairs of type A, one male pair of type B); in two pairs, it was unilateral (one male scapula of type B, one female scapula of type A). The imprint of the superior arterial branch was more distinct while that of the descending (muscular) branch was less clear in all cases.

Relationship of CFS to the nutrient foramen at the scapular spine base

This nutrient foramen was sought in all 206 specimens and was identified in only 167 (81%) cases. In all these 167 cases, CFS extended to the foramen (Figs. 1 and 2).

Fig. 2 CFS variability. **a** Divided CFS; **b** duplicated CFS. The black arrow indicates the nutrient foramen, the black and white arrow shows the CFS on the posterior surface of the scapula, the white arrow indicates the appearance of the CFS at the lateral border of the scapula



CFS course in relation to the inferior glenoid rim

The mean distance was 3.3 cm $CI_{0.95}$ (3.1–3.3), 3.6 cm $CI_{0.95}$ (3.4–3.7) in men and 2.94 cm $CI_{0.95}$ (2.9–3.0) in women.

The total length of the lateral border and the proportional distance between CFS and the lower glenoid rim

The mean total length of the lateral border measured between the infraglenoid tubercle and the apex of the inferior angle was 13.2 cm $CI_{0.95}$ (13.1–13.4); 13.7 cm $CI_{0.95}$ (13.5–13.9) in men and 12.8 cm $CI_{0.95}$ (12.7–12.9) in women. The mean distance between CFS and the lower glenoid rim accounted for one quarter (24.1%) of the total length of the lateral border of the scapula. This value was slightly higher in men, i.e., 26.1% (range, 21.1–35.1%) than in women, i.e., 23.0% (range, 19.3–30.4%). No significant differences were found between the right and left sides in the same individual.

Statistical analysis

T test between the measured values of the distance of the arterial groove from the infraglenoid tubercle in men and women ($p=0.0018$) shows a statistically significant difference between sexes.

Evaluation of the incidence of the same sulcus type on the right and left sides in the same individual was based on the *t* test (*p*) (for men $p=0.27$, for women $p=0.27$), and Pearson correlation coefficient (*r*) was used to determine whether the incidence of a given sulcus type is similar on the right and left sides in both sexes (for men $r=0.8106$, for women $r=0.9529$). The side-to-side incidence showed a high correlation rate.

The Pearson Chi-square test ($p_{\text{chi}}=0.0246$) confirmed, with a 98% probability, that the distribution in A, B, C groups (types) between males and females was the same.

The scatter plots show distribution across A, B, C groups and the correlation between right and left sides (coefficient of reliability R^2 ; in men: $R^2=0.93$; in women $R^2=0.91$) (Figs. 3, 4).

Statistical analysis showed a high rate of correlation in the incidence of the same CFS type between sexes and between the right and left sides, similarly as in the existence of the same CFS type on the right and left sides in the same individual. A significant difference between men and women was recorded only in the distance of the groove from the inferior glenoid rim, which may be explained by the different size of the male and female scapulae.

Discussion

The CFS develops as a CSA imprint, which has been confirmed by 3D CT reconstructions in scapular fractures (Fig. 5). The CSA is a branch of the subscapular artery, traversing the triangular space between the subscapularis above, the teres major below and the long head of the triceps laterally. The artery passes through the teres minor, then bisects and enters the infraspinous fossa over lateral border of the scapula. Here, it divides into two branches.

The proximal, ascending branch travels to the nutrient foramen at the scapular spina base and then to the spino-glenoid notch where it anastomoses with the suprascapular artery [13, 28]. During ossification, this nutrient foramen is located in the growth center [25] and its presence is almost constant [10, 21]. Our finding of 81% is comparable to that reported by Kalný [21], who recorded it in 82% of the group of 100 scapulae and to Donders' finding [10] of 87% in a group of 30 specimens.

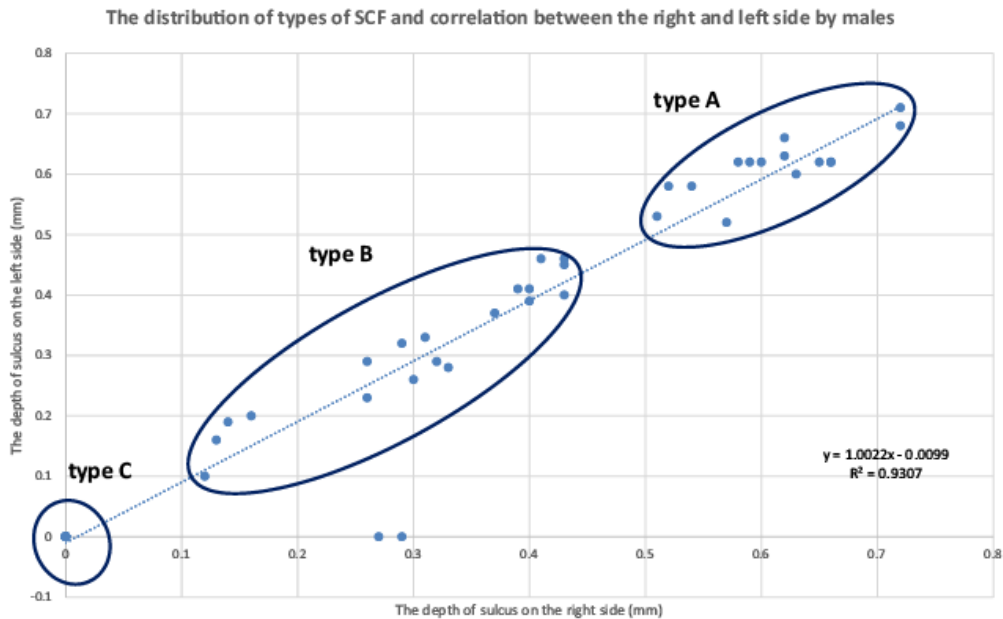


Fig. 3 Scatter plot of distribution of the CFS between the right and left sides in males

The variable distal, descending branch of CSA continues along the lateral border of the scapula between the teres major and minor, and dorsally to the inferior angle, where it anastomoses with an ascending branch of the deep brachial artery [13, 28].

Our data about the distance between the CFS and the lower glenoid rim, i.e., 3.3 cm, is similar to those presented by Ebraheim et al. [13] in his study of 16 specimens. These authors described a so-called “risk area”, located on average 2.9 cm (2.4–3.4 cm) distal to the lower glenoid rim. Shin et al. [28] examined 57 specimens and found this distance longer by 1 cm, i.e., 4.3 cm.

Exact knowledge of the CSA course over the lateral border of the scapula is essential for surgical practice. In the Judet [7] or Dupont-Evrard [11] approach, dissection in the interval between the infraspinatus and teres minor requires ligation of the artery and its veins (Fig. 6). This fact was pointed out for the first time by Idrac [19] as early as in 1935. Identification of the CSA is an important step in the harvesting of a scapular osteocutaneous free flap from the lateral border of the scapula [28].

The CFS is an area of a high concentration of fracture lines in scapular body or neck fractures (Fig. 7), as proved by Armitage et al. [3] and Bartoniček et al. [5, 6]. The study by Tuček et al. [33] has suggested that one of the reasons

for concentration of fracture lines in the upper half of the lateral pillar of the scapula may be the fact that it is weaker in the area of the CFS.

Our study has demonstrated a high symmetry in the incidence of the arterial groove between the right and left sides of different pairs of scapulae, as well as between the two sides of the same individual. As a result, the incidence and type of CFS are obviously not influenced either by the right/left dominance of the upper extremity or by the asymmetry of the muscle mass on the dominant and non-dominant extremity.

This study deals with this issue in detail. Another of its assets is the fact that we evaluated paired scapulae and age and gender were known in all our specimens. A limitation is the age of our osteological collection, i.e., 90 years. The smaller mean body height of the population of that time might, although minimally, influence our quantitative measurements scapular parameters.

Conclusion

This study of 206 dry specimens of the scapula provided a basis for description of the incidence, variability, and clinical importance of the CFS. This groove, formed by the

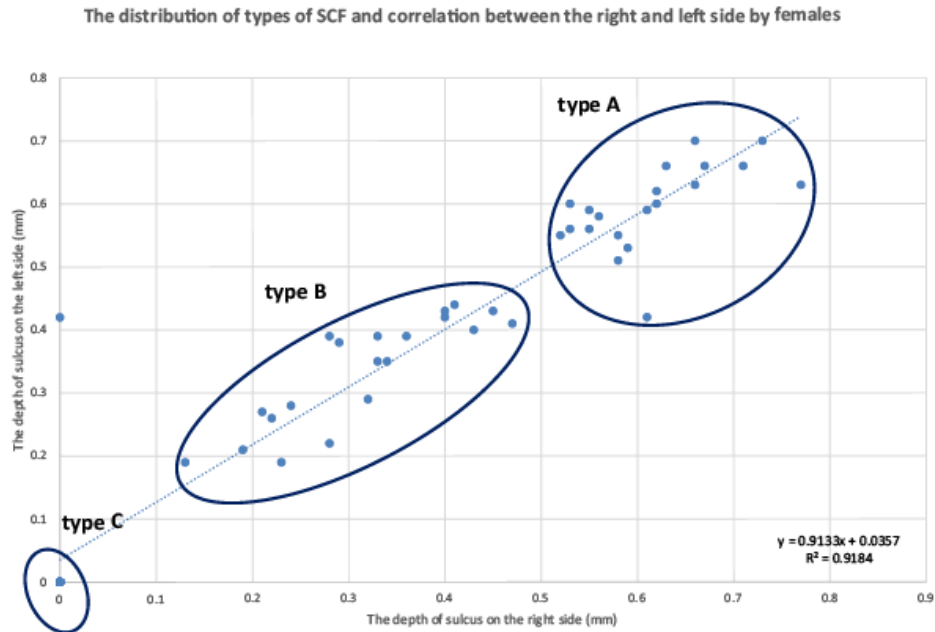
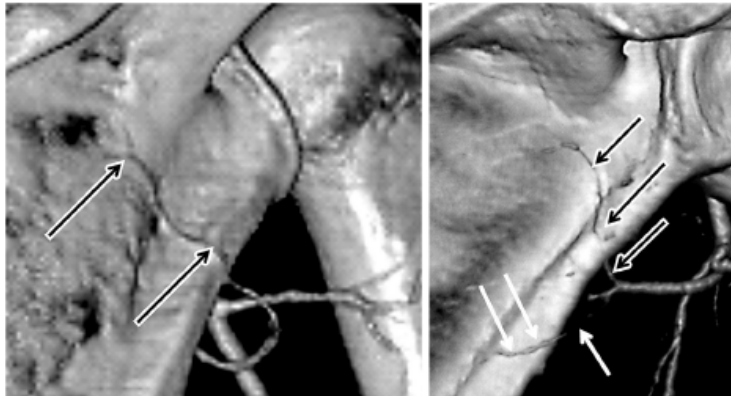


Fig. 4 Scatter plot of distribution of the CFS between the right and left sides in females

Fig. 5 The course of the CSA on 3D CT reconstructions of the scapula. **a** The course of the ascending branch (black and white arrow) of the CSA; **b** division of the CSA into the ascending branch (black and white arrow) and descending (muscular) branch (white arrow)



imprint of the CSA's superior branch was found in 73% of cases. It was located, on average, 3.3 cm $CI_{0.95}$ (3.1–3.3) distal to the lower glenoid rim and had a typical course medially and proximally to the nutrient foramen at the scapular

spina base, close to the spinoglenoid notch. Knowledge of CFS location is important for the Judet, or Dupont-Evrard, approach to scapular fractures and for harvesting of scapular osteocutaneous free flaps.

Fig. 6 Passage of the CSA over the lateral border of the scapular body and its ligation in the Judet approach. *IS* infraspinatus, *ACS* circumflex scapular artery, *LP* lateral pillar (border) of the scapula, *TMi* teres minor

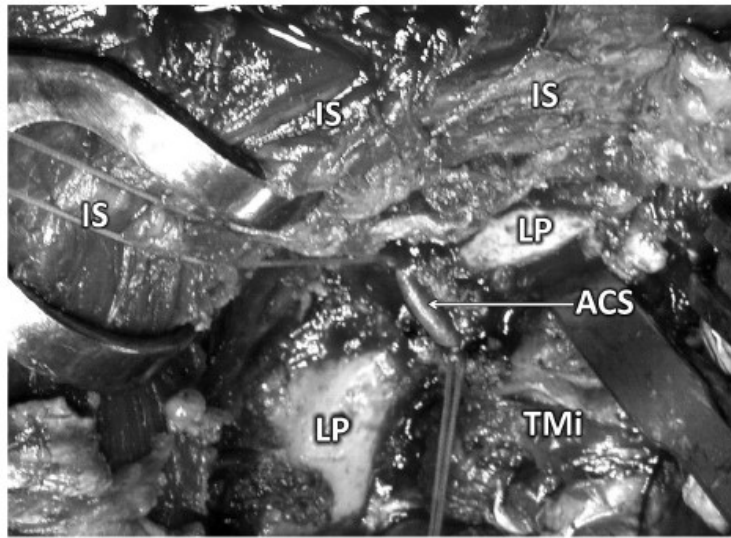
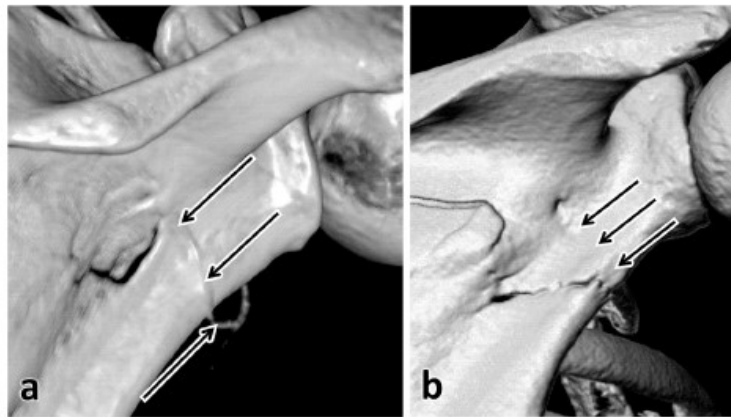


Fig. 7 Concentration of fracture lines in the area of CFS in scapular fractures on 3D CT reconstructions. Black and white arrows indicate the course of the CSA (a) or the CFS (b)



Acknowledgements The authors wish to thank Prof. Chris Colton MB BS FRCS and Ludmila Bébarová, PhD for their assistance with the editing of the manuscript, and Jan Cvrček, MA, PhD from the Department of Anthropology (National Museum, Prague, Czech Republic) for providing access to the osteological material. “The authors sincerely thank those who donated their bodies to science so that anatomical research could be performed. Results from such research can potentially increase mankind’s overall knowledge that can then improve patient care. Therefore, these donors and their families deserve our highest gratitude.”

Author contributions TS: data collection and analysis, manuscript writing JB: project development, manuscript editing MT: data analysis ON: data analysis, statistical analysis, manuscript editing. All authors reviewed the manuscript.

Funding This study was supported by internal grant of The Ministry of Defense of the Czech Republic DZRVO MO1012.

Availability of data and materials Data are obtained from institutional collections—Pachner’s collection of the Institute of Anatomy of First Faculty of Medicine of Charles University and Department

of Anthropology and Human Genetics of the Faculty of Science of Charles University, Prague.

Declarations

Conflict of Interest The authors declare that they have no conflict of interest.

Disclaimer None.

Ethics approval and consent to participate This article does not contain any studies with human participants, or animals, performed by any of the authors.

Consent for publication Not applicable.

References

- Alfaro-Gomez U, Fuentes-Ramirez LD, Chavez-Blanco KI et al (2020) Anatomical variations of the acromial and coracoid process: clinical relevance. *Surg Radiol Anat* 42:877–885. <https://doi.org/10.1007/s00276-020-02497-5>
- Al-Redouan A, Kachlik D (2022) Scapula revisited: new features identified and denoted by terms using consensus method of Delphi and taxonomy panel to be implemented in radiologic and surgical practice. *J Shoulder Elbow Surg* 31:e68–e81. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2021.07.020>
- Armitage BM, Wijedicks CA, Tarkin IS et al (2009) Mapping of scapular fractures with three-dimensional computed tomography. *J Bone Joint Surg Am* 91:2222–2228. <https://doi.org/10.2106/JBJS.H.00881>
- Bartončěk J (2015) Scapular fractures. In: Courtbrown CH, Heckman AD, Memqqueen MM, Ricci WM, Tornetta P (eds) *Rockwood and Green's fractures in adults*, 8th edn. Wolters Kluwer, Philadelphia, pp 1475–1501
- Bartončěk J, Frič V (2011) Scapular body fractures: results of the operative treatment. *Int Orthop* 35:747–753. <https://doi.org/10.1007/s00264-010-1072-y>
- Bartončěk J, Klika D, Tuček M (2018) Classification of scapular body fractures. *Rozhl Chir* 97:67–76
- Bartončěk J, Tuček M, Luňáček L (2008) Judet posterior approach to scapula. *Acta Chir Orthop Traumatol Cech* 75:429–435
- Burke CS, Roberts CS, Nyland JA, Radmacher PG, Acland RD, Voor MJ (2006) Scapular thickness—implications for fracture fixation. *J Shoulder Elbow Surg* 15:645–648. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2005.10.005>
- Casier SJ, Van den Broecke R, Van Houcke J, Audenaert E, De Wilde LF, Van Tongel A (2018) Morphologic variations of the scapula in 3-dimensions: a statistical shape model approach. *J Shoulder Elbow Surg* 27:2224–2231. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2018.06.001>
- Donders JCE, Prins J, Kloen P, et al, (2020) Three-dimensional topography of scapular nutrient foramina. *Surg Radiol Anat* 42:887–892. <https://doi.org/10.1007/s00276-020-02441-7>
- Dupont R, Evrard H (1932) Sur une voie d'accès postérieure de l'omoplate. *J Chir* 39:528–534
- Ebraheim NA, Xu R, Haman SP, Mieldler JD, Yeasting RA (2000) Quantitative anatomy of the scapula. *Am J Orthop* 29:287–292
- Ebraheim NA, Ramineni SK, Alla SR, Biyani S, Yeasting RA (2010) Anatomical basis of the vascular risk related to the circumflex scapular artery during posterior approach to the scapula. *Surg Radiol Anat* 32:51–54. <https://doi.org/10.1007/s00276-009-0544-5>
- Edelson JG (1996) Variations in the anatomy of the scapula with reference to the snapping scapula. *Clin Orthop Relat Res* 322:111–115
- Frazer JES (1946) *The anatomy of the human skeleton*. Churchill, London
- Galino M, Santamaria E, Doro T (1998) Anthropometry of the scapula: clinical and surgical consideration. *J Shoulder Elbow Surg* 7:284–291. [https://doi.org/10.1016/s1058-2746\(98\)90057-x](https://doi.org/10.1016/s1058-2746(98)90057-x)
- Gumina S, Postachini F, Orsina L, Cinotti G (1999) The morphometry of coracoid process—its aetiological role in subcoracoid impingement syndrome. *Int Orthop* 23:198–201. <https://doi.org/10.1007/s002640050349>
- Hovelacque A (1933) *Ostéologie. Fascicule 1*. Paris, Doin & Cie.
- Idrac M (1935) *Fracture du col chirurgical de l'omoplate*. Bull Soc Med Mil Fr 29:205–208
- Johnston TB, Davies DV, Davies F (eds) (1958) *Gray's anatomy*, 32nd edn. Longmans, Green and Co., London
- Kalný J (1962) Foramina nutricia a kanále nutricia na lopatce a na pánevní kosti. [Foramina nutricia and canales nutricia on the scapula and pelvic bone]. *Plz Lék Sbor* 25–34
- Karelse A, Kegeles L, de Wilde L (2005) The pillars of the scapula. *Clin Anat* 20:392–399. <https://doi.org/10.1002/ca.20420>
- Li MM, Goetti P, Sandman E, Rouleau DM (2020) Influence of coracoid anatomy on the location of glenoid rim defects in anterior shoulder instability: 3D CT-scan evaluation of 51 patients. *Surg Radiol Anat* 42:895–901. <https://doi.org/10.1007/s00276-020-02492-w>
- Mallon WJ, Brown HR, Vogler JB, Martinez S (1982) Radiographic and geometric anatomy of the scapula. *Clin Orthop Rel Res* 277:142–154
- Ogden JA, Phillips SB (1983) Radiology of postnatal skeletal development. VII. The scapula. *Skeletal Radiol* 9:157–169. <https://doi.org/10.1007/BF00352547>
- Pachner P (1937) Pohlavní rozdíly na lidské pánvi [Sex differences in the human pelvis]. In *Czech. Česká akademie věd a umění, Praha*
- Rauber-Kopsch (1952) *Lehrbuch und Atlas der Anatomie des Menschen*, Band 1. 18. Auflage. Leipzig, Thieme
- Shin KJ, Kim JN, Lee SH et al (2016) Arterial supply and anastomotic pattern of the infraspinous fossa focusing on the surgical significance. *J Plast Reconstr Aesthet Surg* 69:512–518. <https://doi.org/10.1016/j.bjps.2015.12.013>
- Singh N, Chauhan P, Loh HK, Kohli M, Suri RK (2018) Enigma of scapular foramen and tunnels: an untold story. *Surg Radiol Anat* 40:327–332. <https://doi.org/10.1007/s00276-017-1931-y>
- Strnad T, Bartončěk J, Naňka O, Tuček M (2021) The coracoglenoid notch: anatomy and clinical significance. *Surg Radiol Anat* 43:11–17. <https://doi.org/10.1007/s00276-020-02527-2>
- Testut L (1904) *Traité d'anatomie humaine*. Doin, Paris, pp 262–267
- Totlis T, Konstantidinis GA, Karanassos MT et al (2014) Bony structures related to snapping scapula: correlation to gender, side and age. *Surg Radiol Anat* 36:3–9. <https://doi.org/10.1007/s00276-013-1130-4>
- Tuček M, Bartončěk J, Frič V (2011) Kostní anatomie lopatky: Její význam pro klasifikaci zlomenin těla lopatky [Osseous anatomy of scapula: Its importance for classification of scapular body]. *Ortopedie* 5:104–109
- Tuček M, Naňka O, Malík J, Bartončěk J (2014) Scapular glenopolar angle: Standard values and side differences. *Skeletal Radiol* 43:1583–1587. <https://doi.org/10.1007/s00256-014-1977-4>

35. Vavken P, Heinrich KM, Koppelhuber C, Rois S, Dorotka R (2009) The use of confidence intervals in reporting orthopaedic research findings. *Clin Orthop Relat Res* 467:3334–3339. <https://doi.org/10.1007/s11999-009-0817-7>
36. von Schroeder HP, Kuiper SD, Botte MJ (2001) Osseous anatomy of the scapula. *Clin Orthop Relat Res* 383:131–139. <https://doi.org/10.1097/00003086-200102000-00015>
37. White DT, Black TM, Folkens AP (2012) *Human osteology*, 3rd edn. Elsevier, Amsterdam
38. Zhang L, Guo X, Liu Y et al (2019) Classification of the superior angle of the scapula and its correlation with the suprascapular notch: a study on 303 scapulae. *Surg Radiol Anat* 41:377–383. <https://doi.org/10.1007/s00276-018-2156-4>

Publisher's Note Springer Nature remains neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

Springer Nature or its licensor holds exclusive rights to this article under a publishing agreement with the author(s) or other rightsholder(s); author self-archiving of the accepted manuscript version of this article is solely governed by the terms of such publishing agreement and applicable law.

6.3. Bartoníček J, Tuček M, Strnad T, Naňka O:

Fractures of the coracoid process - pathoanatomy and classification: based on thirty nine cases with three dimensional computerised tomography reconstructions.

Int Orthop 2021;45:1009-1015.



Fractures of the coracoid process – pathoanatomy and classification: based on thirty nine cases with three dimensional computerised tomography reconstructions

Jan Bartoníček^{1,2} · Michal Tuček¹ · Tomáš Strnad¹ · Ondřej Naňka²

Received: 14 April 2020 / Accepted: 12 May 2020
© SICOT aisbl 2020

Abstract

Purpose Until now, classifications of coracoid fractures have been based on plain radiographs, without use of 3D CT reconstructions. Therefore, the aim of the present study has been to describe the pathoanatomy of these fractures and their associated injuries to the shoulder girdle, on the basis of 3D CT reconstructions.

Methods The cohort comprised 39 patients, who each sustained a coracoid fracture investigated with 3D CT reconstructions. The patients were assessed in terms of age, gender, pathoanatomy of the coracoid fracture, fractures of other parts of the scapula, and associated injuries to the shoulder girdle.

Results We identified 24 fractures of the base, one fracture of the beak body, eight fractures of the apex, and six comminuted fractures of the coracoid process. A total of 22 associated injuries were found (7 fractures of the acromion, 5 fractures of the anterior glenoid rim, 3 fractures of the superior glenoid, 1 fracture of the inferior glenoid, 4 fractures of the surgical neck, 2 fractures of the scapular body) and 18 other associated injuries to the shoulder girdle (8 AC dislocations, 5 proximal humeral fractures, and 5 clavicular fractures).

Conclusion On the basis of 3D CT reconstructions, four basic coracoid fracture patterns were identified. The authors' findings and literature review have shown that a considerable number of coracoid fractures are combined with injuries to other parts of scapula and shoulder girdle. These associated injuries must be taken into account and targeted when taking the patient's history, and during clinical and primarily radiological examinations.

Keywords Scapular fractures · Coracoid process fractures · Pathoanatomy · Classification

Introduction

The interest in scapular fractures has considerably increased in the last 15 years, mainly focused on those of the glenoid, the neck, and the body of the scapula [1]. In this context, coracoid fractures have been somewhat neglected. A majority of publications dealing with coracoid fractures are based merely on case reports [2–19], and only a few studies include any significant numbers of cases [20–25]. Classifications of coracoid

fractures have hitherto been based on plain radiographs, without use of 3D CT reconstructions [22, 25, 26]. Coracoid fractures are quite frequently associated with injuries to other surrounding structures, primarily the acromioclavicular (AC) joint, the lateral clavicle, the proximal humerus, and the glenohumeral joint (dislocation). These injuries are discussed in greater detail, especially in case reports [2–18], and there is no study based on a larger series of patients undergoing CT examination. Our aim was to use 3D CT reconstructions to describe in detail the pathoanatomy of coracoid fractures and associated injuries to the shoulder girdle, and to discuss the current radiographic classifications in the light of our findings.

✉ Jan Bartoníček
bartonicek.jan@seznam.cz

¹ Department of Orthopaedics, First Faculty of Medicine, Charles University and Military University Hospital Prague, U Vojenské nemocnice 1200, 169 02 Prague 6, Czech Republic

² Institute of Anatomy, First Faculty of Medicine, Charles University Prague, Prague, Czech Republic

Material and methods

Material The study group comprised 39 patients treated, or consulted, at our institution for a coracoid fracture, between January 2011 and January 2020. Two polytrauma patients

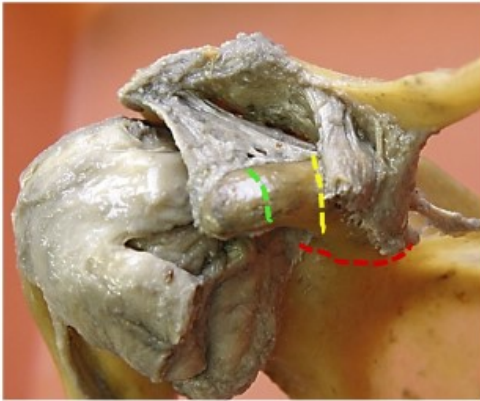


Fig. 1 Anatomy of the coracoid process, right side. The red line indicates the base, the yellow line the beak, and the green line the apex of the coracoid process. The coracoclavicular ligament is attached to the coracoid tuberosity behind to yellow line. The coracoacromial ligament inserts on the lateral aspect of the coracoid beak. The pectoralis minor tendon is attached to the beak between the yellow and green lines, the conjoint tendon of the biceps and the coracobrachialis inserts on the apex, i.e., distal to the green line

each also had a scapular body fracture on the contralateral side. A prerequisite for inclusion in the study was CT examination, including 3D CT reconstructions, and skeletal maturity of the patient. Excluded were all patients with previous injuries to the shoulder joint, patients with advanced degenerative diseases, as well as patients with an intra-articular fracture of the coracoid base, i.e., a fracture of the superior glenoid [27].

Method In all patients with an adequate general condition, radiography of the shoulder, including Y-view, was obtained and CT examination indicated. Eight polytrauma patients underwent CT examination as the initial treatment. 3D CT reconstructions, including subtraction of the surrounding bones, were performed in all cases, allowing a detailed assessment of the scapular fracture and other injuries to the shoulder girdle. A total of 14 patients were treated operatively.

Evaluation Patients were evaluated in terms of age, including age decade distribution, gender, side distribution, pathoanatomy of the coracoid fracture, fractures of other parts of the scapula, and associated injuries to the shoulder girdle, i.e., to the AC joint, clavicle, proximal humerus, or the glenohumeral joint. Coracoid fractures were assessed according to whether they involved its base (extra-articular), beak, and/or apex (Fig. 1). Evaluation was performed by each author separately, and then in the next round by all authors jointly.

Results

Basic data The cohort included 29 men and ten women, with a mean age of 43 years (range; 21–77). The mean age of men was 41 years and that of women 49 years. The highest number of patients was accumulated in the fourth decade (13) and in the fifth decade (9). A total of 28 patients, of whom only four were women, were less than 50 years old, and 11 patients, of whom six were women, were older than 50 years. The right side was involved in 11 and the left in 28 cases.

Pathoanatomy of coracoid fractures We identified 24 fractures of the base, one fracture of the beak body, eight fractures of the apex and six comminuted fractures (Fig. 2).

In 14 fractures of the coracoid base, the medial part of the fracture line involved the scapular notch, in nine fractures, the fracture line extended as far as the superior border of the scapular body, and the entire fragment in each of these was slightly tilted distally and rotated medially (Fig. 3).

In fractures of the beak body, the fracture line passed closely anterior to the insertion of the coracoclavicular ligament and the fragment was angulated slightly distally (Fig. 2).

Fractures of the apex were variable (Fig. 4). In two cases, we found comminution (impression) of the apex; in three cases, the apex was split longitudinally into two parts; in two cases, it was separated as a solid fragment; and one case showed only a fissure. In one case, combined with glenohumeral dislocation, a solid fragment of the coracoid apex was displaced into the articular cavity.

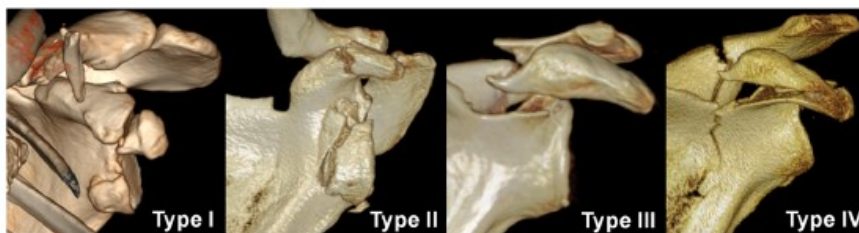
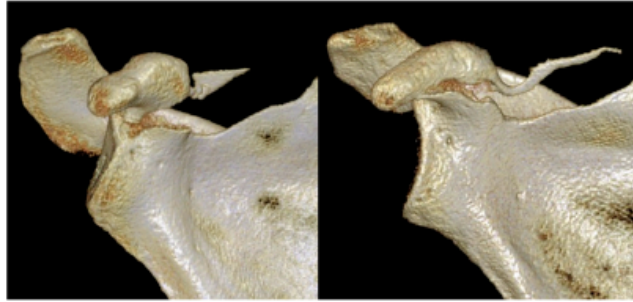


Fig. 2 Types of fractures of the coracoid process. Type I, fracture of apex; Type II fracture of beak; Type III fracture of base; Type IV, comminuted fracture

Fig. 3 Typical displacement of a fracture of the coracoid base. The coracoid beak is rotated medially and angulated distally (varus position). Note the variable extension of the fracture line into the superior border of scapular body



Comminuted fractures involved minimally three fragments of the coracoid. Two cases showed comminution of the beak alone and four cases comminution of the entire coracoid (Fig. 5).

Associated injuries to other parts of the scapula We found a total of 22 injuries to the scapula: seven fractures of the acromion at the acromial angle (Fig. 5); five cases of separation of the anterior rim of the glenoid; three fractures of the superior third of the articular surface of the glenoid, of which two were combined with a fracture of the apex of the coracoid and in one case with comminution of the beak; one fracture of the inferior glenoid; four fractures of the coracoid base in combination with a fracture of the surgical neck of the scapula; and two minimally displaced fractures of the scapular body.

Associated injuries to the shoulder girdle We recorded 18 such injuries: eight cases of AC dislocation, of which six were of type III, one of type IV, and one of type V, according to the Rockwood classification; five fractures of the proximal humerus in two men and three women, with a mean age of 61 years, of which one was a fracture dislocation; four stable, minimally displaced fractures of the lateral clavicle; and one fracture of the clavicular shaft.

Combined injuries Isolated fracture of the coracoid occurred only in six cases; 25 patients showed a combination of two injuries and eight patients a combination of three injuries. Associated injuries depending on the coracoid fracture patterns are presented in Table 1 and combinations of three injuries in Table 2.

Discussion

Probably the oldest reported fracture of the coracoid was published by Badouin [28] in 1909. It was a scapula of an individual from a neolithic grave, who had sustained a fracture of the surgical neck combined with a coracoid fracture.

During the nineteenth century, coracoid fractures were addressed with in a number of publications, primarily case studies [1, 29–31]. Tanton [32], in 1915, was the first to present a detailed description of coracoid fractures and divided them into coracoid base and beak fractures (*fractures du bec*). The currently used classifications were developed between 1995 and 1997 [22, 25, 26], and all of them were based on plain radiographs.

Eyres et al. [25], in 1995, classified coracoid fractures on the basis of analysis of a series of 12 patients, eight men and four women, with a mean age of 34 years: they divided them into five

Fig. 4 Types of fractures of apex. a impaction (yellow arrow), b split (white arrow), c separation of solid fragment (red arrow)

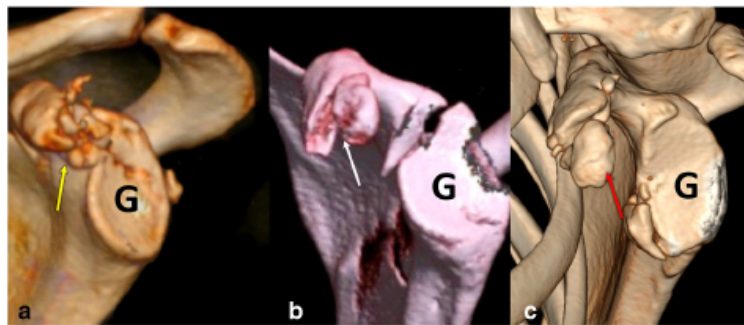
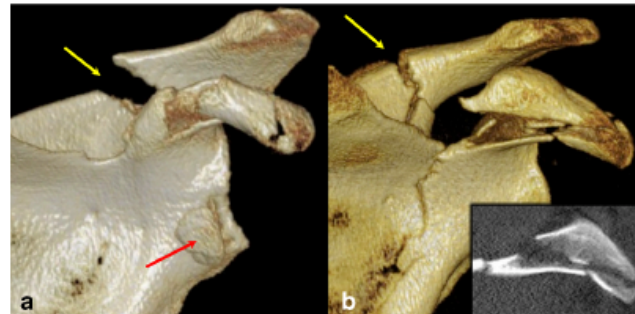


Fig. 5 Variants of comminuted fracture of the coracoid process. **a** comminution of the coracoid beak, **b** comminution of the entire coracoid process. Note the associated fractures—an acromion fracture in the acromial angle (yellow arrow) and a fracture of the anterior glenoid rim (red arrow)



patterns, as shown in Fig. 6. None of the patients was treated operatively.

Goss [26], in 1996, divided coracoid fractures into three basic types, although without specifying the number of analyzed cases. Type 1 was defined as an avulsion fracture of the apex caused by the pull of the conjoined tendon of the coracobrachialis and the short head of the biceps. The fracture line passed distal to the insertion of the coracoclavicular ligament. Type 2 was a fracture situated between insertion of the coracoclavicular and the coracoacromial ligaments onto the coracoid. Type 3 included coracoid base fractures, and was the most common of all types. A special variant of type 3 was an intra-articular fracture of the coracoid base.

Ogawa et al. [22], in 1997, analyzed 67 coracoid fractures. The study group comprised 55 men and 12 women, with a mean age of 37 years (range, 14–72). Fractures were divided into two types, based on the course of the fracture line with regard to the insertion of the coracoclavicular ligament (Fig. 7). In type I, the fracture line ran posterior to the insertion of the ligament in 53 cases, but in 17 cases of them, it was an intra-articular fracture (superior glenoid fracture). In type II, the fracture line passed anterior to the insertion of the ligament in 11 cases. In three cases, the fracture pattern could not be reliably determined. Operative treatment was used in 31 type I and in only three type II fractures. This classification replaced the author's initial 4-type classification of 1990 [21].

The basic problem of all the three above-mentioned classifications is that the diagnosis of fractures has not been specified by any of the authors [22, 25, 26]. Our classification is different in that it has been developed on the basis of 3D CT reconstructions, the only method allowing a real appreciation of the detailed fracture anatomy (Fig. 8). Of great importance is also the number of patients studied. Only Ogawa et al. [22] and ourselves have collected an adequate series of 67 and 39 patients, respectively. However, a part of the Ogawa's cohort was 17 intra-articular fractures of the coracoid base. This fracture pattern was also included in the series published by other authors reporting the outcomes of treatment of coracoid fractures [23, 24]. We believe that intra-articular fractures should be classified as fractures of the glenoid, and therefore, we have not included them in our study group [27].

If we compare individual classifications, we can see that although they are similar in a number of respects, they differ in the number of described types (Fig. 6–8). In our view, a detailed classification according to the extent of involvement of the superior border of the scapula (Eyers types III and IV) has no relevance in therapeutic or prognostic terms. On the other hand, inclusion of beak and apex fractures into one type in the classification developed by Ogawa et al. [22] is suitable only in cases where the fractures were classified on the basis of radiographs alone. Where 3D CT reconstructions are available, beak and apex fractures should be preferably classified

Table 1 Types of coracoid process fractures and distribution of associated injuries

Type	N	M	F	Age	AG	SG	IG	Ac	SN	B	AC	Cl	PH	Sum
I	8	4	4	61	3	2	0	0	0	1	0	2	4	12
II	1	1	0	36	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
III	24	21	3	40	0	0	0	5	4	0	7	2	0	18
IV	6	3	3	42	1	1	1	2	0	1	1	1	1	9
Sum	39	29	10	43	5	3	1	7	4	2	8	5	5	40

M males, *F* females, *AG* anterior glenoid rim fractures, *Ac* acromion fractures, *AC* acromioclavicular dislocation, *Cl* clavicle fracture, *PH* proximal humerus fracture, *SG* superior glenoid fracture, *IG* inferior glenoid fracture, *SN* surgical neck fracture, *Sum* all associated injuries in sum

Table 2 The recorded triple combinations of injuries

Combination	N
Co + Ac + AC	2
Co + Ac + AG	1
Co + Ac + PH	1
Co + SG + PH	1
Co + LaC + PH	1
Co + LaC + B	1
Co + AG + LaC	1

Co coracoid process fracture, Ac acromion fracture, AC acromioclavicular dislocation, PH proximal humerus fracture, AG anterior glenoid rim fracture, SG superior glenoid fracture, B scapular body fracture, LaC lateral clavicle fracture

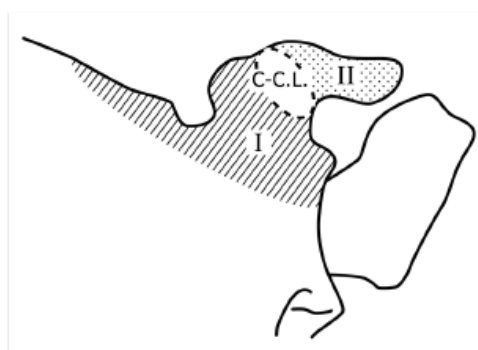


Fig. 7 Ogawa classification. Type I, fracture line passes posterior to insertion of the coracoclavicular ligament; Type II, fracture line passes anterior to insertion of the coracoclavicular ligament. Adapted after [22]

as separate groups, as presented by Eyers et al. [25] and Goss [26].

3D CT reconstructions provide detailed information about the fracture anatomy and allow an accurate differentiation between fractures of the beak and of the apex. Among other things, it has shown that apex fractures occur in three variants (Fig. 4). Separation of the entire beak, is a rare type, but, in our view, its existence is justified as these cases can be well-treated by internal fixation with a lag screw. In apex fractures, the internal fixation is more difficult and is suitable only in case of a solitary fragment.

The mean age of patients with apex fractures was much higher in our series (61 years), which probably contributed to the high number of associated fractures of the proximal humerus. Our 3D CT findings have also changed the established concept of the transverse fracture lines plotted on the diagrams in individual classifications [22, 25, 26]. These lines should be considered a border between individual parts of the coracoid (Fig. 1).

The comminuted type has been described for the first time in our study, because comminution is difficult to diagnose on radiographs alone, and requires CT scans. This fracture

pattern has to be taken into account also because it is associated with a high number of injuries to the shoulder girdle (Table 2).

Coracoid fractures are often combined with other injuries to the scapula, or the shoulder girdle. In the initial studies [22–26], these injuries were presented merely in summary, and a more detailed description can be found only in individual case reports [3–31].

Eyers et al. [25] recorded in their 12 cases three patients with AC dislocation, one patient with glenohumeral dislocation, one patient with a lateral clavicular fracture, and one patient with a proximal humeral fracture.

Ogawa et al. [22] found, in their series of 67 patients, 60 cases of an associated injury to the shoulder girdle, including 39 cases of AC dislocation; 14 clavicular fractures, of which 12 were fractures of the lateral clavicle; 13 fractures of the acromion; five fractures of the scapular spine; three cases of damage to the rotator cuff; three cases of anterior dislocation of the glenohumeral joint; two fractures of the anterior rim of the glenoid; two fractures of the proximal humerus; and two cases of lesion of the rotator cuff. The authors also recorded 24 fractures of the superior border of the scapular body.

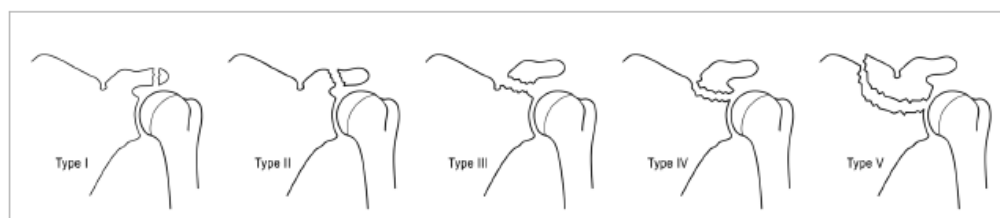


Fig. 6 Eyers' classification. Type I, fracture of apex; Type II, fractures of beak; Type III, fracture of base; Type IV, fracture of base with extension into superior border; Type V, intra-articular base fractures. Adapted after [25]

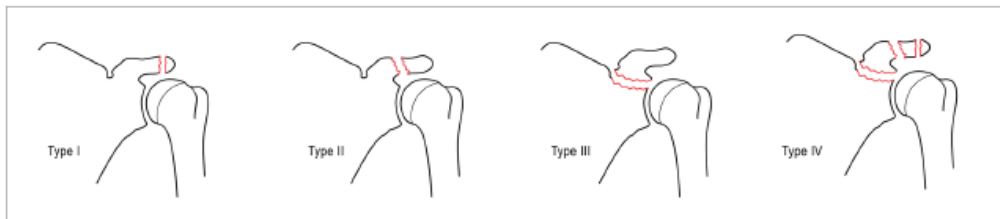


Fig. 8 Author's classification. Type I, fracture of apex; Type II, fracture of beak; Type III, fracture of base; Type IV comminuted fracture

We found a total of 40 associated injuries to the scapula and the shoulder girdle in 33 of the 39 patients in our series (Table 1). Compared with Ogawa et al. [22], our incidence of acromial fractures and AC dislocation was much lower. On the contrary, Ogawa et al. [22] did not record any fracture of the surgical neck. In nine cases, we found fractures of the superior border of the scapular body, which we consider to be part of the coracoid base fracture. The difference can be found also in laterality, with the right/left side ratio 35:32 in the series of Ogawa et al. [22], and 11:28 in our cohort.

The most frequently reported combination is that of a coracoid fracture and AC dislocation [3, 4, 7, 22–25]. In some cases also rupture of the coracoclavicular ligament [3] and lateral clavicle fractures [6, 7] were observed.

A specific group of rare injuries is represented by a combination of fractures of the surgical neck and the coracoid base [33].

A severe injury is a fracture of both processes when the impact of the humeral head breaks simultaneously the coracoid base and the acromion in the acromial angle (Fig. 5). These fractures are typically sustained by men and result, as a rule, from a high-energy trauma during traffic accidents, or falls from a height. They are often associated with AC dislocation, a fracture of the lateral clavicle, or a fracture of the proximal humerus [6, 13, 15–18]. Ogawa et al. [22] recorded these fractures in 39 out of 67 cases, while we found it in seven of 39 cases, including four cases of a combination of all three injuries (Table 2).

Combined fractures of the processes are classified by some authors as a double, triple, or quadruple injury to the SSSC [9–12, 26]. All these injuries are reported in the literature as variants of the floating shoulder [33]. However, the reality is different. The floating shoulder occurs only in case of a combination of fractures of the coracoid base and the surgical neck of the scapula [33, 34].

Typical combinations are those of injuries associated with anterior dislocation of the glenohumeral joint [15–18]. Cottias et al. [15] reported on a bilateral anterior shoulder dislocation combined with fractures of the coracoid and the greater tuberosity. Te Slaa et al. [17] described one case of a triple combination of a fracture of the coracoid process, the greater tuberosity and anterior glenoid after an acute first-time anterior shoulder dislocation.

Plachel et al. [18] found six such cases and called this injury a “triple dislocation fracture.” We recorded a total of five coracoid fractures combined with an anterior glenoid rim fracture.

These findings confirm the fact that anterior dislocation of the humeral head is associated with a number of various injuries, i.e., not only a coracoid fracture but also separation of the anterior rim of the glenoid, avulsion of the greater tuberosity, Hill-Sachs defect of the humeral head and, in older patients, a fracture of the proximal humerus.

The extent of soft tissue lesions in coracoid fractures associated with anterior dislocation has not been fully realized. Only Ogawa et al. [22] pointed out rupture of the rotator cuff. Highly instructive in this respect are autopsy findings published in mid-nineteenth century [29–31]. They describe in great detail not only coracoid fractures, e.g., longitudinal split of its apex, but also lesions of the surrounding ligaments and muscles, i.e., the coracoacromial ligament, the conjoined tendon, the pectoralis minor tendon, the articular capsule, the articular labrum, the supraspinatus, the infraspinatus and the teres minor tendon, tendon of the long head of the biceps, as well as the articular cartilage of the humeral head.

All these injuries should be taken into account, diagnosed and, if necessary, treated, particularly in cases of associated glenohumeral dislocation.

Conclusion

On the basis of 3D CT reconstructions, we have identified four basic coracoid fracture patterns, i.e., fractures of the apex, the beak, the base, and comminuted fractures. In agreement with the literary data, we have found that a considerable number of coracoid fractures are combined with injuries to other parts of the scapula and the shoulder girdle, including soft-tissue injuries. These associated injuries must be taken into account when taking the patient's history and during the clinical and primarily radiological examinations.

Acknowledgments The authors wish to thank Prof. Chris Colton MB BS FRCS and Ludmila Běbarová PhD for their assistance in the editing of the manuscript.

Disclaimer "None".

Funding information Supported by IP DZRVO MO1012.

Compliance with ethical standards

Conflict of interest The authors declare that they have no conflict of interest.

Ethical approval This article does not contain any studies with human participants, or animals, performed by any of the authors.

Informed consent Informed consent was obtained from all individual participants included in our scapular research.

References

- Bartoniček J, Cronier P (2010) History of the treatment of scapula fractures. *Arch Orthop Trauma Surg* 130:83–92. <https://doi.org/10.1007/s00402-009-0884-y>
- Smith DM (1975) Coracoid fracture associated with acromioclavicular dislocation. *Clin Orthop Relat Res* 108:165–167
- DiPaola M, Marchetto P (2009) Coracoid process fracture with acromioclavicular joint separation in an American football player: a case report and literature review. *Am J Orthop* 38:37–40
- Asci M, Gunes T, Bilgic E, Eren MB (2016) Concurrent AC joint dislocation, coracoclavicular ligament rupture and coracoid base fracture. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 24:2206–2208. <https://doi.org/10.1007/s00167-015-3524-9>
- Martin-Herrero T, Rodriguez-Merchan C, Munuera-Martinez L (1990) Fractures of the coracoid process: presentation of seven cases and review of the literature. *J Trauma* 30:1597–1599
- McArthur N, Singh B (2012) Good clinical outcome following non-operative treatment of concomitant fracture of the coracoid process and distal end of clavicle: a case report. *J Orthop Case Rep* 2:14–16
- Allagui M, Koubaa M, Aloui I, Zrig M, Hamdi MF, Abid A (2013) Coracoid fracture combined with distal clavicle fracture without coracoclavicular ligament rupture: A case report. *J Clin Orthop Trauma* 4:190–193. <https://doi.org/10.1016/j.jcot.2013.10.002>
- Lim KE, Wang CR, Chin KC, Chen CJ, Tsai CC, Bullard MJ (1996) Concomitant fractures of the coracoid and acromion after direct shoulder trauma. *J Orthop Trauma* 10:437–439
- Lecoq C, Marck G, Curvale G, Groulier P (2001) Triple fracture du complexe suspensif supérieur de l'épaule: présentation d'un cas. *Acta Orthop Belg* 267:68–72
- Mulawka B, Jacobson A, Schroder LK, Cole PA (2015) Triple and quadruple disruptions of the superior shoulder suspensory complex. *J Orthop Trauma* 29:264–270
- Gonçalves MHL, Garcia JC Jr (2016) A comprehensive review of triple disruptions of the superior shoulder suspensory complex and case report. *Acta Shoulder Elbow Surg* 1:56–61
- Toft F, Moro F (2016) Quadruple disruption of the superior shoulder suspensory complex (SSSC) and outcome after one year of conservative treatment: a case report. *J Clin Exp Orthop* 2:13
- Westphal T, Lippisch R, Jürgens J, Piatek S (2018) Gleichzeitige Frakturen von Acromion und Korakoid [simultaneous fracture of the acromion and coracoid process: rare variant of double disruption of the superior shoulder suspensory complex]. *Unfallchirurg* 121:968–975
- Badam VK, Harsha TSS, Sankineani SR, Rachakonda KR, Bodanki C, Reddy AVG (2019) Triple disruption of the superior shoulder suspensory complex - a case report. *J Orthop Case Rep* 9:39–42
- Cottias P, le Bellec Y, Jeanrot C, Imbert P, Hutten D, Masmjean EH (2000) Fractured coracoid with anterior shoulder dislocation and greater tuberosity fracture - report of a bilateral case. *Acta Orthop Scand* 79:95–97
- Gupta PK, Acharya A, Mourya A (2016) Bilateral coracoid avulsion fracture with unilateral anterior instability with glenoid bone loss: use of avulsed fragment for reconstruction of glenoid. *J Orthop Case Rep* 6:81–84
- te Slaa RL, Verburg H, Marti RK (2001) Fracture of the coracoid process, the greater tuberosity, and the glenoid rim after acute first-time anterior shoulder dislocation: a case report. *J Shoulder Elb Surg* 10:489–492
- Plachel F, Schandla JE, Ortmaier R, Auffarth A, Resch H, Bogner R (2017) The „triple dislocation fracture“: anterior shoulder dislocation with concomitant fracture of the glenoid rim, greater tuberosity and coracoid process - a series of six cases. *J Shoulder Elb Surg* 26: e278–e285
- Wu J, Fu XJ, Sha M, Liu H, Chen ZD, Kang LQ (2016) Treating Eyres type IV and V coracoid fracture using the acromion osteotomy approach. *Int Orthop* 40:377–384. <https://doi.org/10.1007/s00264-015-2902-8>
- Ogawa K, Yoshida A (1997) Fracture of the superior border of the scapula. *Int Orthop* 21:371–373
- Ogawa K, Inokuchi S, Matsui K (1990) Fracture of the coracoid process. *Acta Orthop Scand* 61:7–8
- Ogawa K, Yoshida A, Takahashi M, Uii M (1997) Fractures of the coracoid process. *J Bone Joint Surg (Br)* 78-B:17–19
- Anavian J, Wijidicks CA, Schroder L, Vang S, Cole PA (2009) Surgery for scapula process fractures. *Acta Orthop* 80:344–350
- Hill BW, Jacobson AR, Anavian J, Cole PA (2014) Surgical management of coracoid fractures: technical tricks and clinical experience. *J Orthop Trauma* 28(5):e114–e122. <https://doi.org/10.1097/01.bot.0000435632.71393.bb>
- Eyres KS, Brooks A, Stanley D (1995) Fractures of the coracoid process. *J Bone Joint Surg (Br)* 77-B:425–428
- Goss TP (1996) The scapula: coracoid, acromial and avulsion fractures. *Am J Orthop* 25:106–115
- Bartoniček J, Tuček M, Klika D, Chochola A (2016) Pathoanatomy and computed tomography classification of glenoid fossa fractures based on 90 patients. *Int Orthop* 40:2383–2392
- Baudouin M (1909) Un cas de fracture du col chirurgical de l'omoplate d'origine préhistorique. *Arch Provinc Chir* 16:575–583
- South JF (1839) Case of fracture of the coracoid process of the scapula with partial dislocation of the humerus forwards and fracture of the acromion process of the clavicle. *Med Chir Trans* 22:100–109
- Holmes T (1858) Dislocation of the humerus, upwards and inwards, with fracture of the coracoid process of the scapula. *Med Chir Trans* 41:447–453
- Kelly C (1869) Fracture of the coracoid process of the scapula. *Trans Pathol Soc London* 20:270
- Tanton J (1915) Fractures en général - Fractures des membres - membre supérieur. JB Bailliere, Paris
- Bartoniček J, Tuček M, Naňka O (2018) Floating shoulder: myths and reality? *J Bone Joint Surg Rew* 6(10):e5 1–10
- Bartoniček J, Tuček M, Frič V, Oubruba P (2014) Fractures of the scapular neck: diagnosis, classifications and treatment. *Int Orthop* 38:2163–2173

Publisher's note Springer Nature remains neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

6.4. Strnad T, Bartoníček J, Tuček M:

**Acromioclavicular dislocation associated with scapular fractures -
pathoanatomy of the injury.**

Rozhl Chir 2022;101:273-277.

Original article

Acromioclavicular dislocation associated with scapular fractures – pathoanatomy of the injury

T. Strnad, J. Bartonicek, M. Tucek

Department of Orthopedics, 1st Faculty of Medicine, Charles University and the Central Military Hospital – University Military Hospital, Prague

Summary

Introduction: No detailed study dealing with an injury to the AC joint in combination with scapular fractures has been published to date. The aim of this study is to describe pathoanatomy of these injuries.

Methods: In a series of 519 scapular fractures in adult patients from the period of 2002–2020 we identified a total of 20 (3.9%) cases associated with AC dislocation. The group comprised 17 men and 3 women with the mean age of 49 years (range, 21–78). Radiographs of the shoulder joint followed by CT examination, including 3D reconstructions, were performed in all patients. This documentation allowed assessment of the scapular fracture pattern and type of injury to the AC joint.

Results: AC dislocation was associated with a simple scapular fracture in 15 cases (7 fractures of the coracoid base, 4 fractures of the acromion or the lateral spine, 2 fractures of the scapular body, 1 fracture of the superior and 1 fracture of the inferior glenoid). In 5 cases AC dislocation accompanied multiple or complex scapular fractures (once a combination of a coracoid fracture and a fracture of the lateral scapular spine, once a combination of a fracture of the superior glenoid and of the acromion, 2 cases of a complex intraarticular fracture and 1 case of scapulothoracic dissociation).

Conclusion: AC dislocation is relatively infrequent injury accompanying scapular fractures. It is most commonly associated with fractures of coracoid, acromion/lateral spine or superior glenoid. No case of AC dislocation was recorded in a fracture of the scapular neck.

Key Words: scapular, fracture, acromioclavicular dislocation, pathoanatomy

Souhm

Původní práce

Akromioklavikulární luxace u zlomenin lopatky – pathoanatomie poranění

T. Strnad, J. Bartoníček, M. Tucek

Klinika ortopedie 1. lékařské fakulty Univerzity Karlovy a Ústřední vojenská nemocnice Praha

Úvod: Poraněním AC kloubu u zlomenin lopatky se detailně dosud nikdo nezabýval. Cílem této studie je proto popsat pathoanatomii těchto poranění. **Metody:** V souboru 519 zlomenin lopatky u dospělých pacientů vzniklém v období 2002–2020 jsme identifikovali celkem 20 (3,9 %) případů spojených s AC luxací. Jednalo se o 17 mužů a 3 ženy průměrného věku 49 roků (21–78). U všech pacientů byl proveden rtg snímek ramenního kloubu a následně CT vyšetření včetně 3D rekonstrukcí. Tato obrazová dokumentace umožnila hodnocení typu zlomeniny lopatky a typu poranění AC kloubu.

Výsledky: V 15 případech byla AC luxace spojena pouze s jednoduchou zlomeninou lopatky (7× zlomenina báze proc. coracoideus, 4× zlomenina akromia nebo laterální spiny, 2krát zlomenina těla lopatky, 1× zlomenina horního glenoidu a 1× zlomenina dolního glenoidu). V 5 případech se jednalo o vícečetné nebo komplexní zlomeniny lopatky (1× kombinace zlomeniny proc. coracoideus a laterální části spina scapulae, v 1 případě kombinace zlomeniny horního glenoidu a akromia, ve 2 případech komplexní intraartikulární zlomenina a v 1 případě skapulothorakální disociace).

Závěr: AC luxace je méně častým poraněním doprovázejícím zlomeniny lopatky. Nejčastěji se vyskytuje u zlomenin proc. coracoideus, akromia / laterální spiny nebo horního glenoidu. Nebyla zaznamenána u zlomenin krčku lopatky.

Clíčová slova: lopatka, zlomenina, akromioklavikulární luxace, pathoanatomie

Rozhl Chir. 2022;101:272–276

doi:10.33699/PIS.2022.101.6.272–276

INTRODUCTION

The incidence of acromioclavicular (AC) dislocation associated with scapular fractures is reported to be between 3% and 6% [1-3]. Probably the first case of AC dislocation combined with a scapular fracture, more specifically with separation of the coracoid, was discussed by Gurtl [4] in 1864. A more detailed study of this issue was published by Ehalt [5] in 1934. Since then, numerous cases of AC dislocation combined with scapular fractures, mainly those of the coracoid, but also with other scapu-

lar fracture patterns, have been described in the form of case reports [6-20]. However, no detailed study dealing with an injury to the AC joint in combination with scapular fractures has been published to date. The aim of this study is to describe pathoanatomy of these injuries.

METHODS

Material: In a series of 519 scapular fractures in adult patients from the period of 2002–2020 we identified

a total of 20 (3.9%) cases associated with AC dislocation. The group comprised 17 men and 3 women with the mean age of 49 years (range, 21–78). The mean age of men was 48 years, that of women 61 years. The right side was involved in 8 cases, the left side in 12 cases. All the patients in the group were skeletally mature, with an acute injury to the AC joint and an acute scapular fracture.

Method: Radiographs of the shoulder joint followed by CT examination, including 3D reconstructions, were performed in all the patients. This documentation allowed assessment of the scapular fracture pattern and the type of injury to the AC joint.

Evaluation: The following parameters were examined:

- the scapular fracture pattern classified according to Bartoníček et al. [21],
- incidence rate of AC dislocation of the given type of the scapular injury,
- type of AC dislocation according to the Rockwood classification [22],
- the type of injury to the coracoclavicular junction.

RESULTS

Type of injury to the scapula: AC dislocation was recorded in fractures of the processes (coracoid, acromion), scapular body, glenoid, in complex fractures and scapulothoracic dissociation (STD).

AC dislocation was associated with a simple scapular fracture in 15 cases, i.e. 7 fractures of the coracoid

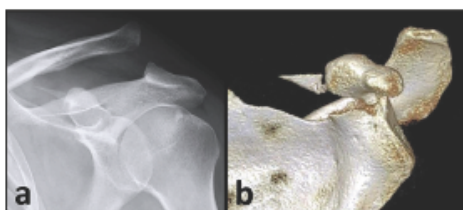


Fig. 1: A simple fracture of the scapula (coracoid fracture) associated with AC dislocation (Radiograph a) and 3D CT reconstruction b).

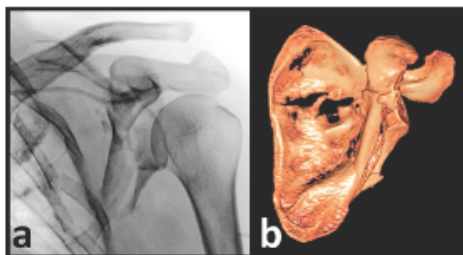


Fig. 2: A complex intraarticular fracture of the scapula associated with AC dislocation (Radiograph a) and 3D CT reconstruction b).

base, 4 fractures of the acromion or the lateral spine, 2 fractures of the scapular body, 1 fracture of the superior and 1 fracture of the inferior glenoid (Fig. 1).

In 5 cases AC dislocation accompanied multiple or complex scapular fractures, i.e. once a combination of a coracoid fracture and a fracture of the lateral scapular spine, once a combination of a fracture of the superior glenoid and of the acromion, 2 cases of a complex intraarticular fracture (Fig. 2) and 1 case of STD.

AC dislocation was most frequently combined with fractures of the processes (14 cases), no case of AC dislocation was recorded in fractures of the scapular neck (Tab. 1).

Relative incidence of AC dislocation in individual types and subtypes of scapular fractures is shown in Tab. 2 and 3.

Tab. 1: Basic characteristics of the cohort of patients with AC dislocation

N	M	F	At	Am	Af	R/L	CC	Co	CC+Co
20	17	3	49	48	61	8/12	7	12	1

Legend: M – males; F – females, At – mean age of the whole cohort; Am – mean age of men; Af – mean age of women; R – right side; L – left side; CC – rupture of the coracoclavicular ligament; Co – fracture of the coracoid; CC+Co – rupture of the coracoclavicular ligament associated with a fracture of the coracoid.

Tab. 2: Incidence of AC dislocation in individual scapular fracture patterns

Type of fracture	N	N ACL	% ACL
Glenoid	128	3	2.3 %
Neck	26	0	0 %
Body	243	2	0.8 %
Processes	102	14	13.7 %
Complex	18	2	11.1 %
STD	2	1	50 %

Legend: N – number of cases, ACL – acromioclavicular dislocation.

Tab. 3: Incidence of AC dislocation in individual fracture subtypes

Type of fracture	N	N ACL	% ACL
Superior glenoid	22	2	9%
Coracoid	39	8	21%
Acromion /Lateral spine	35	6	17%

Legend: N – number of cases, ACL – acromioclavicular dislocation.

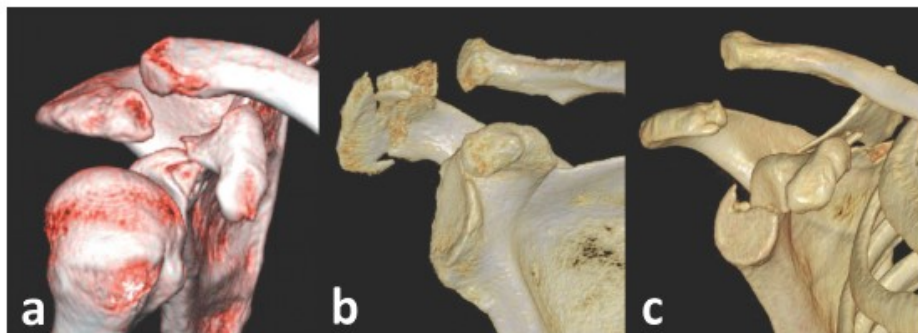


Fig. 3: Various types of AC dislocation on 3D CT reconstructions

a) type III associated with a coracoid fracture; b) type IV associated with an acromion fracture; c) type V associated with a fracture of the superior glenoid.

Types of AC dislocation: Rockwood type III was recorded in 12 cases, type IV in 5 cases, including 1 case combined also with dislocation of the SC joint, type V in 2 cases (Fig. 3); and in 1 case of STD there occurred only distraction of the AC joint (Fig. 4).

Type III was associated with a fracture of the coracoid base in 5 cases, with a scapular body fracture in 2 cases, a complex intraarticular fracture in 2 cases, a comminuted fracture of the coracoid and the lateral spine in 1 case, a fracture of the inferior glenoid in 1 case and a fracture of the superior glenoid and acromion in 1 case. Type IV was recorded in 4 cases in combination with a fracture of the acromion or the lateral spine and in 1 case in association with a fracture of the coracoid base. Type V was identified in 1 case in a fracture of the coracoid base and in 1 case in a fracture of the superior glenoid with a concomitant rupture of the coracoclavicular ligament.

Type of injury to the coracoclavicular junction: Rupture of the coracoclavicular ligament was identified in 7 cases, causing ligamentous instability, combined with a fracture of the acromion or the lateral spine in 4 cases, a fracture of the scapular body in 2 cases (Fig. 5) and a fracture of the inferior glenoid in 1 case (Fig. 6).



Fig. 4: Distraction of the AC joint associated with SC dislocation in scapulothoracic dissociation on 3D CT reconstructions

In 11 cases the coracoclavicular ligament remained intact; however, separation of the coracoid or the superior glenoid resulted in osseous instability (Fig. 1): 7 cases were an isolated extraarticular fracture of the coracoid base, 1 case a comminuted fracture of the coracoid associated with a fracture of the lateral spine, 1 case a combination of a fracture of the superior glenoid and the acromion. In 2 complex intraarticular fractures AC instability was caused by separation of the superior glenoid.

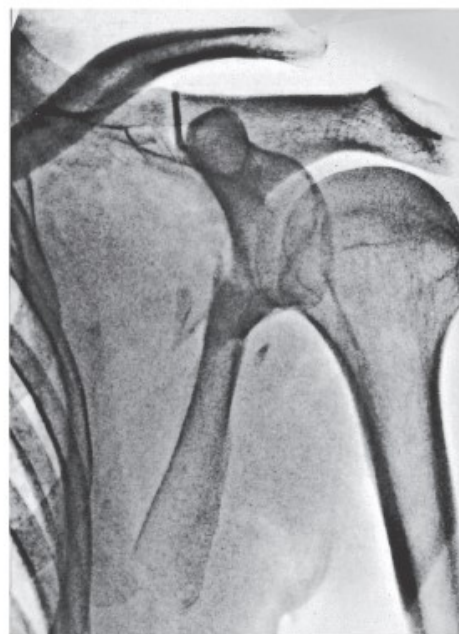


Fig. 5: Ligamentous instability of the coracoclavicular junction in a fracture of the infraplnous part of the scapular body on radiograph



Fig. 6: Ligamentous Instability of the coracoclavicular junction in a fracture of the inferior glenoid on radiograph

In 2 cases there occurred combined osseous-ligamentous instability, including 1 case of rupture of the coracoclavicular ligament and fracture of the superior glenoid (Fig. 7) and 1 case rupture of the coracoclavicular ligament and fracture of the coracoid base as part of STD.

Overall, rupture of the coracoclavicular ligament occurred in 9 cases, separation of the coracoid in 9 cases and fracture of the superior glenoid in 4 cases.

DISCUSSION

To date, injuries to the AC joint have been mentioned only marginally in larger studies of scapular fractures [1–3,16,17,19]; more details can be found only in individual case reports [6–15,18,20]. Thus our study is the first to deal with this issue in detail. Analysis has shown that AC dislocation is a relatively infrequent complication of scapular fractures, with the incidence of less than 4%. AC dislocation accompanies most often fractures of the processes of the scapula (coracoid, acromion or the lateral scapular spine) or fractures of the superior glenoid, either isolated or occurring as part of complex intraarticular fractures of the scapula.

Fractures of the coracoid and the superior glenoid disrupt integrity of the coracoclavicular junction and are a direct cause of AC dislocation. This finding is in case of a fracture of the coracoid base important also from the viewpoint of treatment, because reduction and internal fixation of the coracoid stabilizes also AC dislocation. And, vice versa, reduction and stabilization of AC dislocation may lead to indirect reduction and healing of the coracoid fracture. Fractures of the supe-



Fig. 7: A combined osseous-ligamentous instability of the coracoclavicular junction in a fracture of the superior glenoid associated with rupture of the coracoclavicular ligament

rior glenoid should be assessed in terms of displacement and on this basis preferable treatment, i.e., open reduction and internal fixation or a mere reduction and stabilization of the AC joint, should be used.

An interesting finding in our cohort was combined osseous-ligamentous instability resulting from disruption of the coracoclavicular junction at two levels. Such a lesion has not been reported in the literature, yet.

CONCLUSION

AC dislocation is a relatively infrequent injury accompanying scapular fractures. It is most commonly associated with fractures of the coracoid, acromion/lateral spine or superior glenoid. No case of AC dislocation was recorded in fractures of the scapular neck. The coracoclavicular junction is more often affected by

osseous instability caused by fracture of the coracoid base or the superior glenoid than by ligamentous instability resulting from rupture of the coracoclavicular ligament. Combined osseous-ligamentous instability is rare.

Conflict of interests

The authors declare that they have not conflict of interest in connection with this paper and that the article has not been published in any other journal, except congress abstracts and clinical guidelines.

REFERENCES

- McGahan JP, Rab GT, Dublin A. Fractures of the scapula. *J Trauma* 1980;20(10):880–883. doi: 10.1097/00005373-198010000-00011.
- Armstrong CP, Van der Spuy J. The fractured scapula: importance and management based on a series of 62 patients. *Injury* 1984;15(5):324–329. doi: 10.1016/0020-1383(84)90056-1.
- Ada JR, Miller ME. Scapula fractures. Analysis of 113 cases. *Clin Orthop Relat Res.* 1991;269:174–180.
- Gurtl E. Handbuch der Lehre von den Knochenbrüchen. Zweiter Teil. Hamm, Grote 1864: 521–540.
- Ehalt W. Luxatio acromioclavicularis mit gleichzeitigem Abriss des Processus coracoideus scapulae. *Arch Orthop Trauma Surg.* 1934;34:421–425. doi: 10.1007/BF02580532.
- Urist MR. Complete dislocation of the acromioclavicular joint; the nature of the traumatic lesion and effective methods of treatment with an analysis of forty-one cases. *J Bone Joint Surg Am.* 1946;28(4):813–837.
- Allman FL. Fractures and ligamentous injuries of the clavicle and its articulation. *J Bone Joint Surg Am* 1967;49(4):774–784.
- Lasda NA, Murray DG. Fracture separation of the coracoid process associated with acromioclavicular dislocation. *Clin Orthop Relat Res.* 1978;134:222–224.
- Bernard TN Jr, Brunet ME, Haddad RJ Jr. Fractured coracoid process in acromioclavicular luxation. Report of four cases and review of the literature. *Clin Orthop Relat Res.* 1983;175:227–232.
- Carr AJ, Broughton NS. Acromioclavicular dislocation associated with fracture of the coracoid process. *J Trauma* 1989;29(1):125–6. doi: 10.1097/00005373-198901000-00030.
- Wilson KM, Colwill JC. Combined acromioclavicular dislocation with coracoclavicular ligament disruption and coracoid process fracture. *Am J Sports Med.* 1989;17(5):697–698. doi: 10.1177/036354658901700521.
- Wang KC, Hsu KY, Shih CH. Coracoid process fracture combined with acromioclavicular dislocation and coracoclavicular ligament rupture. *Clin Orthop Relat Res.* 1994;300:112–122.
- Kurdy NMG, Shah SV. Fracture of the acromion associated with acromioclavicular dislocation. *Injury* 1995;26(9):636–637. doi: 10.1016/0020-1383(95)00117-r.
- DiPaola M, Marchetto P. Coracoid process fracture with acromioclavicular joint separation in an American football player: A case report and literature review. *Am J Orthop.* 2009;38(1):37–40.
- Duan X, Zhang H, Zhang H, et al. Treatment of coracoid process fractures associated with acromioclavicular dislocation using clavicular hook plate. *J Shoulder Elbow Surg* 2010;19(2):e22–5. doi: 10.1016/j.jse.2009.09.004.
- Bartoniček J, Frič V. Scapular body fractures: Results of the operative treatment. *Int Orthop.* 2011;35(5):747–53. doi: 10.1007/s00264-010-1072-y.
- Cole PA, Gauger EM, Herrera DA, et al. Radiographic follow-up of 84 operatively treated scapula neck and body fractures. *Injury* 2012;43(3):327–333. doi: 10.1016/j.injury.2011.09.029.
- Allagui M, Koubaa M, Aloui I, et al. Coracoid fracture combined with distal clavicle fracture without coracoclavicular ligament rupture: A case report. *J Clin Orthop Trauma* 2013;4(4):190–193. doi: 10.1016/j.jcot.2013.10.002.
- Asci M, Gunes T, Bilgie E, et al. Concurrent AC joint dislocation, coracoclavicular ligament rupture and coracoid base fracture. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2016;24(7):2206–2208. doi: 10.1007/s00167-015-3524-9.
- Tatro JM, Gilbertson JA, Schroder LK, et al. Five to ten-year outcomes of operatively treated scapular fractures. *J Bone Joint Surg Am* 2018;100(10):871–878. doi: 10.2106/JBJS.17.00673.
- Bartoniček J. Scapular fractures. In: Torretta P, Ricci WM, Ostrum RF, et al. *Rockwood and Green's Fractures in Adults.* 9th ed. Philadelphia, Wolters Kluwer 2020:976–1008.
- Rockwood CA. Injuries to the acromioclavicular joint. In: Rockwood, Green DP. *Fractures in adults.* Vol 1. 2nd ed. Philadelphia, JB Lippincott: 1984:860–910.

MUDr. Tomáš Strnad
Klinika ortopedie I. LF UK UUVN – FVN Praha
e-mail: tomas.strnad@uvn.cz

6.5. Sternoklavikulární luxace u zlomenin lopatky

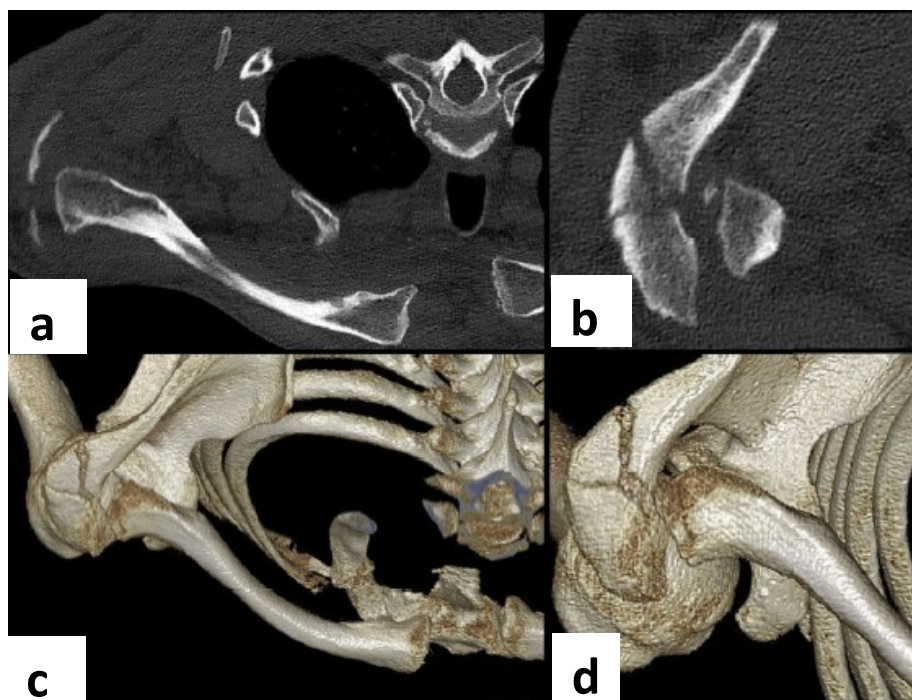
SC luxace byla v celém souboru zjištěna pouze ve 2 případech, které se lišily typem SC luxace i typem zlomeniny lopatky. Proto jsou oba případy popsány kazuisticky a zjištěná fakta nebyla považována za dostatečně silná k samostatné publikaci.

Případ 1

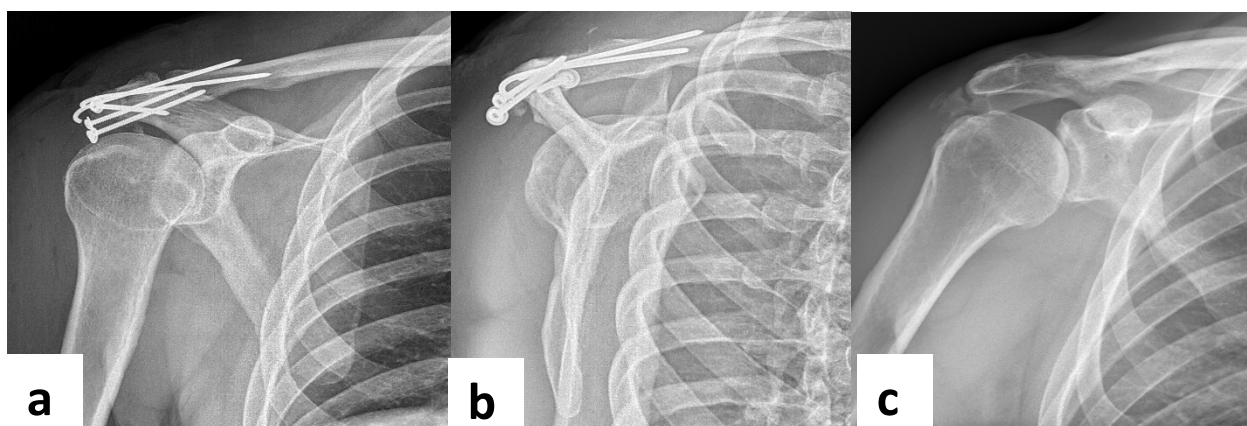
Muž, 56 let, upadl na pravé rameno při jízdě na kole. Při vyšetření na urgentním příjmu udával bolesti pravého ramene. Vizuálně byla patrná defigurace pravého SC skloubení s luxací mediální části klíčku ventrálně, dorzálně na rameni byly nalezeny četné exkoriace. Na RTG a CT vyšetření pravého ramene jsme zjistili ventrální luxaci SC kloubu, více úlomkovou frakturu akromia vpravo a abrupci z akromiálního konce klíčku a zadní luxaci v AC skloubení (obr. 6-1, 6-2). 6. den od úrazu byla provedena otevřená repozice a osteosyntéza zlomeniny akromia třemi šrouby a provedena stabilizace AC skloubení dvěma K-dráty a stabilizace SC luxace transoseálními stehy (obr. 6-3). Za 6 týdnů po osteosyntéze jsme extrahovali všechny kovy z akromia a AC kloubu. Poslední kontrola proběhla 1 rok od operace. Pacient je bez obtíží, spokojen.



Obr. 6-1 Zlomenina akromia vpravo spojená s AC luxací (modré šipky) a SC luxací vpravo (červené šipky). (Převzato z: Bartoníček J, Tuček M, Naňka O. Zlomeniny lopatky. Praha: Maxdorf; 2021:317).



Obr. 6-2 Zlomenina akromia vpravo spojená s AC a SC luxací vpravo. **a** – SC luxace patrná v CT horizontálním řezu, **b** – zlomenina akromiálního úhlu a zadní AC luxace (typ IV) patrná v CT horizontálním řezu, **c** – 3D CT rekonstrukce zlomeniny akromiálního úhlu, zadní AC luxace a SC luxace, **d** – 3D CT rekonstrukce zlomeniny akromiálního úhlu a zadní AC luxace. (Převzato z: Bartoníček J, Tuček M, Naňka O. Zlomeniny lopatky. Praha: Maxdorf; 2021:317).



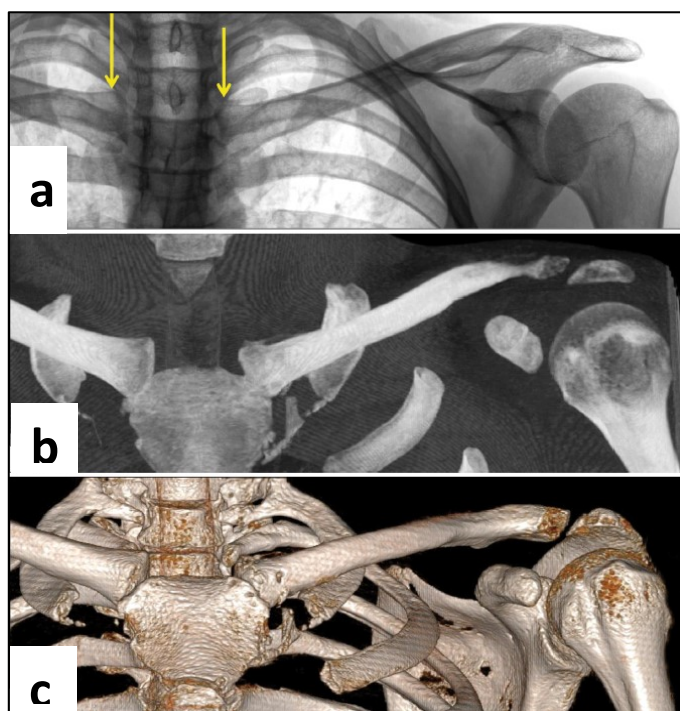
Obr. 6-3 Zlomenina akromia vpravo spojená s AC luxací a SC luxací. **a + b** – RTG snímky po osteosyntéze zlomeniny akromia a stabilizaci AC luxace, **c** – RTG snímek stejného ramene po extrakci kovů.

Případ 2

Muž, 25 let, utrpěl při dopravní nehodě poranění pravého předloktí a levého ramene. Při primárním ošetření byla patrná defigurace pravého předloktí, drobné ranky na hlavě a pacient udával bolesti levého ramene.

V rámci trauma CT screeningu byla zjištěna dislokovaná zlomenina diafýzy ulny, abrupce okcipitálního kondylu vlevo bez hrubší dislokace a fraktura příčného výběžku L3 vlevo. Na ramenním pletenci byla diagnostikována fraktura těla levé lopatky bez dislokace (inkompletní zlomenina spinálního pilíře) a SC luxace s kaudální dislokací mediální části klíčku

Tentýž den byla provedena osteosyntéza zlomeniny diafýzy ulny vpravo. Zlomenina lopatky byla indikována ke konzervativní léčbě. Osmý den po úrazu byla indikována otevřená revize a stabilizace SC luxace vlevo. Perioperačně byla nalezena jasná kaudální luxace klíční kosti, jejíž mediální část byla zbavena periostu, dorzálně bylo odtržené kloubní pouzdro s drobnými úlomky. Byla provedena repozice, transfixace K-drátem a připraveny otvory na mediálním klíčku a sternu, kterými byl provlečen osmičkový steh, po jeho dotažení byl vytažen K-drát, SC kloub byl stabilní (obr. 6-4). Pooperačně byla naložena fixace ramenní ortézou Gilchristova typu na 6 týdnů. Poslední kontrola proběhala 18 měsíců od úrazu, pacient je zcela bez obtíží.



Obr. 6-4 SC luxace vlevo. **a** – RTG před operací (šipky označují polohu sternálního konce klíčku), **b** – CT po stabilizaci SC luxace, **c** – 3D CT rekonstrukce po stabilizaci SC luxace. (Převzato z: Bartoníček J, Tuček M, Naňka O. Zlomeniny lopatky. Praha: Maxdorf; 2021:319).

7. Diskuse

Podrobně jsou diskuse uvedeny u jednotlivých publikací, zde je uveden pouze jejich stručný přehled.

7.1. Sulcus coracoglenoidalis a jeho klinický význam

Zlomeniny anatomického krčku lopatky tvoří důležitou skupinu zlomenin lopatky, která bývá někdy opomíjená. Jedním z důvodů je nízký počet těchto zlomenin a nedostatečné povědomí o nich (Bartoníček J. et al., 2013). Metodika naší studie se může zdát jednoduchá, ale zcela splnila svůj účel, tedy posoudit existenci CGN a jeho morfologii.

Výsledky jasně ukazují, že horní plocha anatomického krčku lopatky, je-li vytvořen, je velmi krátká. Tato skutečnost by měla být respektována v klasifikačních schématech zlomenin lopatky. Způsob prezentace anatomického krčku lopatky, tedy dlouhého krčku, vede ke zkreslení v průběhu lomných linií a tvaru glenoidálního fragmentu.

Tato studie zároveň potvrdila symetrii žlábků mezi pravou a levou stranou, jak u mužů, tak u žen. Tento nálezn lze použít v případech, kdy je místo zlomeniny natolik poškozené, že zářez nemůže být identifikován nebo určen jeho typ. V takovém případě lze typ CGN určit podle kontralaterálního žlábků. Rozdílná distribuce typů A a B u mužů a žen lze vysvětlit potenciálním zapojením tahu šlachy dlouhé hlavy m. biceps brachii ve vývoji supraglenoidálního tuberkula. Předpokládáme, že větší tah bicepsu u mužů může přispět k vyššímu výskytu zářezu typu A u mužů. Podíl typu C je stejný u mužů a žen.

Hypotéza, že anatomická zlomenina krčku je spojena s existencí CGN, byla oprávněná. Při absenci CGN by linie lomu procházela skrz bázi proc. coracoideus nebo přímo přes glenoidální fossu a typický glenoidální fragment by nebyl oddělen. Tím pádem může mít častá absence CGN vliv na nízký výskyt zlomenin anatomického krčku lopatky. Srovnání s ostatními autory

je obtížné, protože v literatuře je prezentováno pouze sedm radiologicky doložených zlomenin anatomického krčku lopatky.

Posouzení tvaru CGN u nedislokovaných zlomenin bylo obtížné a vyžadovalo několik 3D CT rekonstrukcí. Podobně bylo velmi náročné identifikovat typ CGN u dislokovaných zlomenin v důsledku dislokace fragmentů nebo přítomnost vmezeřeného fragmentu.

Hlavní předností naší studie je fakt, že jako první podrobně popisuje oblast přechodu horního pólu glenoidu do báze proc. coracoideus. Navíc jako jediná studie byla založena na pozorování párů lopatek, kde každý pár pocházel od jednoho jedince. Naše studie také dokazuje, že zobrazení horního okraje anatomického krčku jako dlouhé struktury, které se vyskytuje ve většině klasifikačních schémat zlomenin lopatky, neodpovídá skutečnosti.

Za relativní slabinu studie lze považovat stáří našich kostních preparátů. Přesto jsme si ověřili, na základě jiných studií, že použití těchto preparátů je možné také pro řešení aktuálních klinických problémů.

Dalším aspektem je malý počet zlomenin anatomického krčku. Je však třeba vzít v úvahu, že tyto zlomeniny jsou mimořádně vzácné. Od počátku 20. století je pouze 13 případů, včetně našich, radiologicky zdokumentováno, z toho pouhých 10 zlomenin bylo hodnoceno pomocí 3D CT rekonstrukcí. Metoda hodnocení přítomnosti CGN v našich 6 případech se také může zdát problematická. Ale u dvou nedislokovaných zlomenin je CGN jasně vidět na 3D CT rekonstrukcích. U operačně léčených zlomenin jsme použili jak předoperační CT, tak peroperační nálezy pro hodnocení CGN. V tomto jsme vycházeli ze zkušeností získaných v naší celkové sérii 519 zlomenin lopatky, z nichž většina byla zdokumentována 3D CT rekonstrukcemi a 153 z nich bylo léčeno operačně.

7.2. Sulcus circumflexus a jeho klinický význam

SCF je zmíněn velmi stručně pouze v několika učebnicích osteologie. Standardní anatomické učebnice žlábek neznají. Totéž platí o klinických studiích zabývajících se artérií circumflexou scapulae (ACS). SCF vzniká jako otisk ACS. To velmi dobře potvrzují 3D CT rekonstrukce u zlomenin lopatky.

Námi zjištěný průběh SCF vzhledem k dolnímu okraji glenoidu, tj. 3,3 cm, je téměř v souladu se studií Ebraheima et al. (Ebraheim N.A. et al., 2010) provedené na 16 preparátech. Tito autoři popsali tzv. „risk area“ nacházející se 2,9 cm (2,4–3,4 cm) distálně od dolního pólu glenoidu. Shin et al. (Shin K.J. et al., 2016) zjistili na 57 preparátech tuto vzdálenost o 1 cm delší, tj. 4,3 cm.

Přesná znalost průběhu ACS přes laterální okraj lopatky je důležitá pro klinickou praxi. U Judetova (Bartoniček J. et al., 2008) či Dupont-Evrardova (Dupont R., Evrard H., 1932) přístupu je při preparaci v intervalu mezi m. infraspinatus a m. teres minor nutné artérii s doprovázejícími žilami podvázat. Na to poprvé, již v r. 1935, upozornil Idrac (Indrac M., 1935). Vyhledání ACS je důležitý krok při odběru tzv. „osteocutaneous free flap“ z laterálního okraje lopatky (Shin K.J. et al., 2016). SCF je i oblastí, kde dochází ke koncentraci lomných linií u zlomenin těla a krčku lopatky, jak prokázali Armitage et al. (Armitage B.M. et al., 2009) a Bartoniček et al. (Bartoniček J. et al., 2011). Studie Tučka et al. (Tuček M. et al., 2011) naznačila, že jedním z důvodů koncentrace lomných linií v horní polovině laterálního pilíře lopatky může být jeho oslabení v oblasti SCF.

Naše studie, která je první svého druhu, prokázala vysokou symetrii ve výskytu arteriálního žlábků nejen mezi pravou a levou stranou, ale i mezi oběma stranami u jednoho individua. Výskyt a typ SCF tedy zřejmě není ovlivněn pravo-levou dominancí horní končetiny ani asymetrií svalové hmoty na dominantní a nedominantní končetině.

7.3 Zlomeniny proc. coracoideus

Tanton v r. 1915 (Tanton J., 1915) jako první podal podrobný popis zlomenin proc. coracoideus a rozdělil je na zlomeniny spodiny korakoideu a zobáku (fractures du bec).

Eyres v roce 1995 (Eyres K.S. et al., 1995) roztrídil zlomeniny proc. coracoideus do pěti typů:

Typ 1 – zlomenina apexu (tip of epiphyseal fracture),

Typ 2 – zlomenina zobáku (mid-processus fracture),

Typ 3 – bazální zlomenina (basal fracture),

Typ 4 – zlomenina zasahující do horní části těla (superior body of scapula involved),

Typ 5 – intraartikulární zlomenina báze (extension into glenoid fossa).

Goss v r. 1996 (Goss T.P., 1996) rozdělil zlomeniny korakoidů na tři základní typy:

Typ 1 – avulzní zlomenina apexu,

Typ 2 – zlomenina umístěná mezi inzercí korakoklavikulárních a korakoakromiálních vazů na proc. coracoideus,

Typ 3 – zlomeniny korakoidní báze. Speciální varianta typu 3 byla intraartikulární zlomenina báze proc. coracoideus.

Ogawa v r. 1997 (Ogawa K. et al., 1997) rozdělil zlomeniny na dva typy, na základě průběhu linie lomu s ohledem na úpon korakoklavikulárního vazů. U *typu I* probíhala linie zlomeniny za úponem vazů, ale v 17 případech se jednalo o intraartikulární zlomeninu (zlomenina horního glenoidu). U *typu II* linie lomu procházela před úponem vazů. Ve 3 případech nemohla být linie lomu spolehlivě určena. Operačně bylo řešeno 31 zlomenin typu

I a pouze u 3 zlomenin typu II. Tato klasifikace nahradila autorovu původní klasifikaci z r. 1990, která obsahovala jen 4 typy zlomenin (Pires R.E. et al., 2021).

Základním problémem všech tří výše uvedených klasifikací je, že zlomenina nebyla žádným z autorů blíže specifikována. Naše klasifikace se liší tím, že byla vyvinuta na základě 3D CT rekonstrukcí – jediné metody umožňující skutečné zhodnocení podrobné anatomie zlomeniny. Velký význam má také počet studovaných pacientů. Pouze Ogawa (Ogawa K. et al., 1997) a my jsme shromáždili adekvátní sérii 106 pacientů. Nicméně Ogawa do svého souboru zahrnul i 17 intraartikulárních zlomenin báze proc. coracoideus. Tento typ zlomeniny byl také zahrnut do souborů publikovaných jinými autory, kteří uvádějí výsledky léčby korakoidních zlomenin. Domníváme se, že nitrokloubní zlomeniny by měly být klasifikovány jako zlomeniny horního glenoidu, a proto jsme tyto zlomeniny do námi sledované skupiny nezahrnovali.

Použití 3D CT rekonstrukcí poskytuje podrobné informace o anatomii zlomeniny a umožňuje přesné rozlišení mezi zlomeninami zobáku a apexu. Mimo jiné bylo zjištěno, že zlomeniny apexu existují ve třech variantách. Odlomení celého zobák je velmi vzácné, ale podle našeho názoru je jeho existence odůvodněná, tyto případy lze dobře ošetřit tahovým šroubem. U zlomenin apexu je vnitřní fixace obtížnější a je vhodná pouze v případě solitárního fragmentu. Naše 3D CT nálezy také změnily zavedený koncept vyobrazených příčných lomných linií na schématech jednotlivých autorů. Tyto linie by měly být považovány za hranice mezi jednotlivými částmi korakoidu.

Pokud porovnáme jednotlivé klasifikace, vidíme, že ačkoli jsou si v řadě ohledů podobné, liší se v nich počet popsaných typů. Podle našeho názoru podrobná klasifikace zahrnující poranění horního okraje lopatky (Eyersův typ III a IV) nemá z terapeutického a prognostického hlediska žádný význam. Na druhé straně zahrnout zlomeninu zobáku a apexu korakoidu do jednoho typu jako je uvedeno v Ogawově klasifikaci je vhodné pouze v případech, kdy byly zlomeniny klasifikovány na základě samotných rentgenových snímků. Pokud jsou k dispozici 3D CT

rekonstrukce, měly by být separátně klasifikovány zlomeniny zobáku a apexu jak prezentoval Evers et al. (Evers K.S. et al., 1995) a Goss (Goss T.P., 1996).

V naší studii byla poprvé popsána kominutivní zlomenina, neboť tříštivou zlomeninu je obtížné diagnostikovat pouze na základě RTG snímků, tyto zlomeniny vyžadují CT vyšetření. Tento typ zlomeniny je třeba vzít do úvahy, neboť je spojen s vysokým počtem přidružených poranění v oblasti ramenního pletence.

Zlomeniny korakoidu se často kombinují s jinými zraněními na lopatce nebo na ramenním pletenci. V našem souboru jsme u 33 z 39 pacientů našli celkem 40 přidružených poranění lopatky a ramenního pletence. Ve srovnání s Ogawou (Ogawa K. et al., 1997) náš výskyt akromiálních zlomenin a AC luxací byl mnohem nižší. Naopak, Ogawa et al. nezaznamenali žádnou zlomeninu chirurgického krčku. V 9 případech jsme našli zlomeninu horního okraje těla lopatky, který považujeme za součást zlomeniny báze proc. coracoideus. Rozdíl nacházíme zároveň v poraněných stranách s poměrem pravé a levé strany 35:32 v Ogawaově souboru a 11:28 v našem souboru.

Nejčastěji uváděnou kombinací je fraktura korakoidu a AC luxace. V některých kazuistikách také ruptura korakoklavikulárního vazů a byly pozorovány i zlomeniny laterálního klíčku.

Specifickou skupinu vzácných poranění představuje kombinace zlomenin chirurgického krčku a báze korakoidu.

Těžké poranění představuje zlomenina obou výběžků, tedy proc. coracoideus a akromia, kdy náraz hlavice humeru zlomí současně bázi korakoidu a akromion v akromiálním úhlu. Často jsou spojeny s AC luxací, zlomeninou laterálního klíčku nebo zlomeninou proximálního humeru. Ogawa zaznamenal tyto zlomeniny ve 39 z 67 případů, zatímco my jsme ji v našem souboru našli v 7 z 39 případů, včetně 4 případů kombinace všech třech zranění.

Kombinované zlomeniny výběžků jsou některými autory klasifikovány jako dvojité, trojitě nebo čtyřnásobné poranění SSSC. Všechna tato zranění jsou v literatuře uváděna jako varianty

plovoucího ramene. Reálně se však plovoucí rameno vyskytuje pouze v případě kombinace zlomenin báze korakoidu a chirurgického krčku lopatky.

Typickými kombinacemi jsou ty související s přední luxací glenohumerálního kloubu. Zaznamenali jsme celkem 5 zlomenin korakoidu kombinovanou se zlomeninou předního okraje glenoidu. Tyto nálezy potvrzují skutečnost, že přední luxace hlavice humeru je spojena s řadou různých poranění, tedy nejen zlomeninou korakoidu, ale i zlomeninou předního okraje glenoidu, avulze velkého hrbolu humeru, Hill-Sachsovým defektem hlavice humeru a u starších pacientů se zlomeninou proximálního humeru. Rozsah poranění měkkých tkání u zlomenin korakoidu spojených s přední luxací prox. humeru nebyl plně studován.

Na všechna tato zranění by mělo být pamatováno, měla by být správně diagnostikována a v případě potřeby i léčena.

7.4. Akromioklavikulární luxace u zlomenin lopatky

První případ AC luxace spojené se zlomeninou lopatky, konkrétně s odlomením proc. coracoideus diskutoval zřejmě jako první Gurtl v r. 1864 (Gurtl E., 1864). Podrobněji se jím zabýval Ehalt v r. 1934 (Ehalt W., 1934). Od té doby byla především ve formě kazuistik popsána řada případů AC luxace u zlomenin lopatky.

Zlomeniny proc. coracoideus a horního glenoidu porušují integritu korakoklavikulární junkce a jsou tak přímou příčinou AC luxace. Toto zjištění je v případě zlomeniny báze proc. coracoideus významné i pro způsob ošetření, neboť repozice a osteosyntéza proc. coracoideus stabilizuje i AC luxaci. Naopak repozice a stabilizace AC luxace může vést k nepřímé repozici i zhojení zlomeniny proc. coracoideus. U zlomenin horního glenoidu je nutno zvážit stupeň dislokace a podle toho dát přednost buď přímé repozici a fixaci, nebo vystačit s repozicí a stabilizací AC kloubu.

Analýza ukázala, že AC luxace představuje častou komplikaci zlomenin lopatky, a to v necelých 4 %. AC luxace nejčastěji doprovází zlomeniny výběžků lopatky (proc. coracoideus, akromion nebo laterální část spina scapulae) nebo zlomeninu horního glenoidu, ať již izolovanou nebo jako součást komplexních intraartikulárních zlomenin lopatky. Zlomeniny akromia a laterální spiny často doprovázely AC luxaci IV. stupně Rockwoodovy klasifikace, což souviselo s rozvojem horizontální nestability AC skloubení, zatímco zlomeniny proc. coracoideus se nejčastěji vyskytovaly u III. stupně AC luxace. Vliv na rozvoj daného typu nestability (horizontální/vertikální) má směr působícího násilí v době úrazu.

Zajímavým nálezem v našem souboru byla kombinovaná osteoligamentózní instabilita, kdy došlo k přerušení korakoklavikulární junkce na dvou úrovních. Tato léze nebyla dosud v literatuře popsána.

Akromioklavikulární luxace typu IV a V Rockwoodovy klasifikace jsou indikovány k operační léčbě (Allman F.L., 1967; Li X. et al., 2014). U AC luxace typu III se názory různí (Rockwood C.A., 1984), ale obvykle je lépe operovat, vzhledem k přítomnosti zlomeniny lopatky. Operační technika závisí na typu poranění AC kloubu a na typu přidružených zlomenin lopatky.

U kombinovaných poranění akromioklavikulárního kloubu a báze proc. coracoideus nebo horního glenoidu existují dvě možnosti. První je ošetření pouze AC kloubu, druhou je ošetření obou poranění. Repozicí a stabilizací AC kloubu obvykle docílíme přijatelné nepřímé repozice a fixace proc. coracoideus nebo horního glenoidu. Jejich přímá repozice a osteosyntéza pak není nutná.

V případě kombinované ligamentózní a kostní léze korakoklavikulárního spojení je lépe stabilizovat nejen AC kloub, ale i zlomeninu báze proc. coracoideus respektive horního glenoidu.

U ostatních poranění lopatky kombinovaných s ligamentózní AC luxací neovlivní repozice a stabilizace AC kloubu postavení úlomků lopatky. Z hlediska léčby je proto nutné posuzovat tato poranění lopatky a poranění AC kloubu jako dva separátní problémy.

Operačně jsme léčili 11 případů akromioklavikulární luxace doprovázející zlomeninu lopatky. U 4 případů kombinovaných se zlomeninou proc. coracoideus byl ošetřen pouze AC kloub. V 7 případech byla kromě AC kloubu ošetřena i poranění lopatky, tj. 1krát komplexní intraartikulární zlomenina, 1krát zlomenina horního glenoidu, 1krát zlomenina dolního glenoidu, 1krát infraspinátní zlomenina těla, 1krát zlomenina báze proc. coracoideus, 1krát zlomenina akromia a 1krát zlomenina laterální spiny. U všech 11 pacientů došlo ke zhojení s velmi dobrým funkčním výsledkem.

7.5. Sternoklavikulární luxace u zlomenin lopatky

Jedinou zmínku o SC luxaci doprovázející zlomeninu lopatky podal Armstrong (Armstrong C.P. et al., 1984) v roce 1984, který v souboru 64 zlomenin lopatky, v tabulce přidružených poranění, zmiňuje 2 případy SC luxace. V práci bohužel chybí bližší specifikace zlomeniny lopatky i typ SC luxace.

Další informace spojující poranění SC skloubení a lopatky je několik případů tzv. skapulothorakální disociace u kterých bylo popsáno distrakční poranění SC kloubu (Armstrong et al., 1984; Ebraheim N.A. et al., 1987; Goldstein L.J. et al., 2000; Stepanovic Z.L. et al., 2015). I v našem souboru jsme zaznamenali jeden případ SC luxace doprovázené skapulothorakální disociací, ale protože se jedná o zcela odlišný typ poranění, nebyl tento případ zahrnut do našeho souboru uvedeného v této práci.

Na našem pracovišti jsme zaznamenali 2 případy SC luxace spojené zlomeninou lopatky. Oba případy byly zdokumentovány i na 3D CT rekonstrukcích. V literatuře jsme jiné podrobněji popsané případy (včetně 3D CT rekonstrukcí) nenašli.

V jedné z našich kazuistik jsme zaznamenali i subluxaci mediálního konce klíčku distálně a mírně ventrálně, což je atypické – ventrální typ luxace je spojen s proximální dislokací mediálního konce klíčku. Tento typ SC luxace se vyskytoval u infraspinální zlomeniny těla lopatky.

8. Závěr

V anatomické části disertační práce byly poprvé popsány dvě anatomické struktury, které v literatuře byly dosud zmíněny pouze okrajově, a to *sulcus coracoglenoidalis a sulcus arteriae circumflexae scapulae*. Naše studie poukázaly na značnou variabilitu ve výskytu i míře vytvoření obou těchto žlábků a upozornily na jejich klinický význam zejména u zlomenin anatomického krčku a těla lopatky.

V klinické části disertační práce jsme analyzovali náš soubor pacientů se *zlomeninami proc. coracoideus* – u všech těchto pacientů bylo na rozdíl od předchozích autorů provedeno CT vyšetření, díky čemuž jsme identifikovali novou kategorii, tzn. *kominutivní zlomeninu proc. coracoideus*, která nemůže být na běžném RTG snímku diagnostikována.

Akromioklavikulární luxace se nejčastěji vyskytuje u zlomenin proc. coracoideus, akromia či laterální spiny nebo horního glenoidu. Nebyla zaznamenána u zlomenin krčku lopatky. Akromioklavikulární luxace spojená se zlomeninami lopatky může vést ke vzniku kostní či vazivové instability. Vzácněji se mohou léze kombinovat. Naše studie je jediná, která podrobněji popisuje soubor zlomenin lopatky kombinované s AC luxací.

Sternoklavikulární luxace spojená se zlomeninou lopatky je raritní. V našem souboru jsme zaznamenali pouze 2 případy SC luxace, které byly spojené se zlomeninou akromia a zlomeninou těla lopatky. Zároveň jsou to jediné dva případy v literatuře s kompletní CT dokumentací.

9. Literatura

1. **Abzug JM, Waters PM.** *Clavicle and scapula fractures: acromioclavicular and sternoclavicular injuries.* In: Flynn JM, Skaggs DL, Waters PM (eds). *Rockwood and Wilkins' Fractures in children.* 8th edition. Philadelphia, Wolters Kluwer 2015: 822-827.
2. **Ada JR, Miller ME.** *Scapula fractures. Analysis of 113 cases.* *Clin Orthop Relat Res* 1991;269:174-180.
3. **Allagui M, Koubaa M, Aloui I, Zrig M, Hamdi MF, Abid A.** *Coracoid fracture combined with distal clavicle fracture without coracoclavicular ligament rupture: A case report.* *J Clin Orthop Trauma* 2013;4:190-193.
4. **Allman FL.** *Fractures and ligamentous injuries of the clavicle and its articulation.* *J Bone Joint Surg* 1967;49-A:774-784.
5. **Anavian J, Wijdicks CA, Schroder L, Vang S, Cole PA.** *Surgery for scapula process fractures.* *Acta Orthop* 2009;80:344-350.
6. **Armitage BM, Wijdicks CA, Tarkin IS, Schroder LK, Marek DJ, Zlowodzki M, Cole PA.** *Mapping of scapular fractures with three-dimensional computed tomography.* *J Bone Jt Surg* 2009;91-A:2222-2228.
7. **Armstrong CP, Van der Spuy J.** *The fractured scapula: importance and management based on a series of 62 patients.* *Injury* 1984;15:324-329.
8. **Arts V, Louette L.** *Scapular neck fractures; an update of the concept of floating shoulder.* *Injury* 1999;30:146-148.
9. **Asci M, Gunes T, Bilgie E, Eren MB.** *Concurrent AC joint dislocation, coracoclavicular ligament rupture and coracoid base fracture.* *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2016;24:2206-2208.
10. **Allagui M, Koubaa M, Aloui I, Zrig M, Hamdi MF, Abid A.** *Coracoid fracture combined with distal clavicle fracture without coracoclavicular ligament rupture: A case report.* *J Clin Orthop Trauma* 2013;4:190-193.
11. **Baldwin KD, Ohman-Strickland P, Mehta S, Hume E.** *Scapula fractures: A marker for concomitant injury? A retrospective review of data in the national trauma database.* *J Trauma* 2008;65:430-435.
12. **Bartoníček J.** *Scapular fractures.* In: Tornetta P., Ricci WM, Ostrum RF, McKnee MD, McQueen M, Court-Brown CM (eds.) *Rockwood and Green's Fractures in Adults.* 9th edition. Philadelphia, Wolters Kluwer 2020: 967-1008.

13. **Bartoniček J, Cronier P.** *History of treatment of scapula fractures.* Arch Orthop Trauma Surg 2010;130:83-92.
14. **Bartoniček J, Frič V.** *Scapular body fractures: results of the operative treatment.* Int Orthop 2011;35:747-753.
15. **Bartoniček J, Heřt J.** *Základy klinické anatomie pohybového aparátu.* Praha, Maxdorf 2004: 47-51.
16. **Bartoniček J, Klika D, Tuček M.** *Classification of scapular body fractures.* Rozhl Chir 2018;97:67-76.
17. **Bartoniček J, Tuček M, Frič V.** *Fractures of the anatomical neck of the scapula. Two cases and review of the literature.* Arch Orthop Trauma Surg 2013;133:1115-1119.
18. **Bartoniček J, Tuček M, Frič V, Obruba P.** *Fractures of the scapular neck: diagnosis-classification-treatment.* Int Orthop 2014;38:2163-2173.
19. **Bartoniček J, Tuček M, Klika D, Chochola A.** *Pathoanatomy and computed tomography classification of glenoid fossa fractures based on 90 patients.* Int Orthop 2016;40:2383-2392.
20. **Bartoniček J, Tuček M, Luňáček L.** *Judetův zadní přístup k lopatce.* Acta Chir Orthop Traumatol Cech 2008;75:429-435.
21. **Bartoniček J, Tuček M, Naňka O.** *Floating shoulder: myths and reality?* J Bone Joint Surg Rew 2018;6:e5 1-10.
22. **Bartoniček J, Tuček M, Naňka O.** *Zlomeniny lopatky.* Praha, Maxdorf 2021.
23. **Bartoniček J, Tuček M, Strnad T, Naňka O.** *Fractures of the coracoid process - pathoanatomy and classification: based on thirty nine cases with three dimensional computerised tomography reconstructions.* Int Orthop 2021;45:1009-1015.
24. **Bernard TN Jr, Brunet ME, Haddad RJ Jr.** *Fractured coracoid process in acromioclavicular luxation. Report of four cases and review of the literature.* Clin Orthop Relat Res 1983;175:227-232.
25. **Binazzi R, Assiso J, Vaccari V, Felli L.** *Avulsion fractures of the scapula: report of eight cases.* J Trauma 1992;33:785-789.
26. **Blount WP.** *Fractures in children.* Baltimore, Williams and Wilkins 1955: 11.
27. **Carr AJ, Broughton NS.** *Acromioclavicular dislocation associated with fracture of the coracoid process.* J Trauma 1989;29:125-126.
28. **Casier SJ, Van den Broecke R, Van Houcke J, Audenaert E, De Wilde LF, Van Tongel A.** *Morphologic variations of the scapula in 3-dimensions: a statistical shape model approach.* J Shoulder Elb Surg 2018;27:2224-2231.

29. **Christensen TJ, Kubiak EN.** *Epidemiology, clinical evaluation, imaging and classification of scapular fractures.* In Zuckerman JD (ed). Disorders of the shoulder. Diagnosis and management: Shoulder trauma. Volume 3. Philadelphia, Wolters Kluwer/Lippincott Williams &Wilkins 2014: 153-166.
30. **Cole PA, Dublin JR, Freeman G.** *Operative technique in the management of scapular fractures.* Clin North Am 2013;44:331-343
31. **Cole PA, Gauger EM, Herrera DA, Anavian J, Tarkin IS.** *Radiographic follow-up of 84 operatively treated scapula neck and body fractures.* Injury 2012;43:327-333.
32. **Cole PA Jr, Gillbertson JA, Cole PA Sr.** *Functional outcomes of operative management of scapula fractures in a geriatric cohort.* J Orthop Trauma 2017;31:e1-e8.28.
33. **Cottias P, le Bellec Y, Jeanrot C, Imbert P, Hutten D, Masmajejan EH.** *Fractured coracoid with anterior shoulder dislocation and greater tuberosity fracture – report of a bilateral case.* Acta Orthop Scand 2000;71:95-97.
34. **Decoulx P, Minet P, Lemerle.** *Fractures de l'omoplate.* Lille Chir 1956;11:217-227.
35. **Dinipoulos H, Giannoudis PV.** *Scapula fractures in polytrauma patients.* J Bone Joint Surg 2003;85-B: Suppl III:S215.
36. **DiPaola M, Marchetto P.** *Coracoid process fracture with acromioclavicular joint separation in an American football player: a case report and literature review.* Am J Orthop 2009;38:37-40.
37. **Donders JCE, Prins J, Kloen P, Streekstra GJ, Cole PA, Kleipool RP, Dobbe JGG.** *Three-dimensional topography of scapular nutrient foramina.* Surg Radiol Anat 2020;42:887-892.
38. **Duan X, Zhang H, Wang Z.** *Treatment of coracoid process fractures associated with acromioclavicular dislocation using clavicular hook plate.* J Shoulder Elbow Surg 2010; 19:e22-e25.
39. **Dupont R, Evrard H.** *Sur une voie d'accès postérieure de l'omoplate.* J Chir 1932;39:528-534.
40. **Ebraheim NA, Ramineni SK, Alla SR, Biyani S, Yeasting RA.** *Anatomical basis of the vascular risk related to the circumflex scapular artery during posterior approach to the scapula.* Surg Radiol Anat 2010;32:51-54.
41. **Ebraheim NA, Xu R, Haman SP, Mielder JD, Yeasting RA.** *Quantitative anatomy of the scapula.* Am J Orthop 2000;29:287-292.

42. **Ehalt W.** *Luxatio acromioclavicularis mit gleichzeitigem Abriss des Processus coracoideus scapulae.* Arch Orthop Trauma Surg 1934;34:432-425.
43. **Eyres KS, Brooks A, Stanley D.** *Fractures of the coracoid process.* J Bone Joint Surg 1995;77-B:425-428.
44. **Galina M, Santamaria E, Doro T.** *Anthropometry of the scapula: clinical and surgical consideration.* J Shoulder Elb Surg 1998;7:284-291.
45. **Goss TP.** *Double disruption of the superior shoulder suspensory complex.* J Orthop Trauma 1993;7:99-106.
46. **Goss TP.** *Fractures of the glenoid neck.* J Shoulder Elb Surg 1994;3:42-52.
47. **Goss TP.** *The scapula: coracoid, acromial and avulsion fractures.* Am J Orthop 1996;25:106-115.
48. **Goss TP, Walcott ME.** *Fractures of the scapula.* In Rockwood CA, Matsen FA, Wirth MA, Lippitt SB, Fehring EV, Sperlin JW (eds). *The Shoulder.* 5th edition. Philadelphia, Elsevier 2017: 243-288.
49. **Gumina S, Postachini F, Orsina L, Cinotti G.** *The morphometry of coracoid process-its aetiologic role in subcoracoid impingement syndrome.* Int Orthop 1999;23:198-201.
50. **Gupta PK, Acharya A, Mourya A.** *Bilateral coracoid avulsion fracture with unilateral anterior instability with glenoid bone loss: use of avulsed fragment for reconstruction of glenoid.* J Orthop Case Rep 2016;6:81-84.
51. **Gurtl E.** *Handbuch der Lehre von den Knochenbrüchen.* Zwitter Teil. Hamm, Grote 1864: 521-540.
52. **Hardegger F, Simpson LA, Weber BG.** *The operative treatment of scapular fractures.* J Bone Jt Surg 1984;66-B:725-731.
53. **Havránek P (ed).** *Dětské zlomeniny.* 2. vydání. Praha, Galén 2013: 96-98.
54. **Heyse-Moore GH, Stoker DJ.** *Avulsion fractures of the scapula.* Skeletal Radiol 1982;9:27-32.
55. **Hill BW, Jacobson AR, Anavian J, Cole PA.** *Surgical management of coracoid fractures: technical tricks and clinical experience.* J Orthop Trauma 2014;28:e114-e122.
56. **Holmes T.** *Dislocation of the humerus, upwards and inwards, with fracture of the coracoid process of the scapula.* Med Chir Trans 1858;41:447-453.
57. **Ishizuki M, Yamaura I, Isobe Y, Furuya K, Tanabe K, Nagatsuka Y.** *Avulsion fracture of the superior border of the scapula.* J Bone Joint Surg 1981;63-A:820-822.

58. **Kalný J.** *Foramina nutricia a canales nutricii na lopatce a na pánevní kosti.* Plz Lék Sbor 1962;25-34.
59. **Källicke T, Andereya S, Gekle J, Müller EJ, Muhr G.** *Coracoid pseudoarthrosis caused by anterior shoulder dislocation with concomitant coracoid fracture.* Unfallchirurg 2002;105:843-844.
60. **Kelly C.** *Fracture of the coracoid process of the scapula.* Trans Pathol Soc London 1869;20:270.
61. **Kelly DP, Roberts ZV.** *Case report of an isolated fracture of the anatomic neck of the scapula.* Case Stud Surg 2016;2:23-26.
62. **Kurdy NMG, Shah SV.** *Fracture of the acromion associated with acromioclavicular dislocation.* Injury 1995;26:636-637.
63. **Lange RH, Noel SH.** *Traumatic lateral scapular displacement: an expanded spectrum of associated neurovascular injury.* J Orthop Trauma 1993;7:361-366.
64. **Lasda NA, Murray DG.** *Fracture separation of the coracoid process associated with acromioclavicular dislocation.* Clin Orthop Relat Res 1978;134:222-224.
65. **Lecoq C, Marck G, Curvale G, Groulier P.** *Triple fracture du complexe suspenseur supérieur de l'épaule: présentation d'un cas.* Acta Orthop Belg 2001;267:68-72.
66. **Li MM, Goetti P, Sandman E, Rouleau DM.** *Influence of coracoid anatomy on the location of glenoid rim defects in anterior shoulder instability: 3D CT-scan evaluation of 51 patients.* Surg Radiol Anat 2020;42:895-901.
67. **Li X, Ma R, Bedi A, Dines DM, Altchek DW, Dines JS.** *Management of acromioclavicular joint injuries.* J Bone Joint Surg 2014;96-A:73-84.
68. **Lim KE, Wang CR, Chin KC, Chen CJ, Tsai CC, Bullard MJ.** *Concomitant fracture of the coracoid and acromion after direct shoulder trauma.* J Orthop Trauma 1996;10:437-439.
69. **Mallon WJ, Brown HR, Vogler JB, Martinez S.** *Radiographic and geometric anatomy of the scapula.* Clin Orthop Relat Res 1982;277:142-154.
70. **McArthur N, Singh B.** *Good clinical outcome following non-operative treatment of concomitant fracture of the coracoid process and distal end of clavicle: a case report.* J Orthop Case Rep 2012;2:14-16.
71. **McGahan JP, Rab GT, Dublin A.** *Fractures of the scapula.* J Trauma 1980;20:880-883.
72. **Mulawka B, Jacobson A, Schroder LK, Cole PA.** *Triple and quadruple disruptions of the superior shoulder suspensory complex.* J Orthop Trauma 2015;29:264-270.

73. **Ogawa K, Yoshida A.** *Fractures of superior border of the scapula.* Int Orthop 1997; 21:371-373.
74. **Ogawa K, Yoshida A, Takahashi M, Ui M.** *Fractures of the coracoid process.* J Bone Joint Surg 1997;78-B:17-19.
75. **Ogden JA.** *Skeletal injury in the child. 3rd edition.* New York, Springer 2000: 442-445.
76. **Ogden JA, Phillips SB.** *Radiology of postnatal skeletal development VII. The scapula.* Skeletal Radiol 1983;9:157-169.
77. **Pachner P.** *Pohlavní rozdíly na lidské pánvi.* Praha, Česká akademie věd a umění 1937.
78. **Pilling L, Steiner V, Hörmann D.** *Skapulafrakturen im Kindersalter.* Zentralbl Chir 1980;105:1302-1304.
79. **Plachel F, Schandla JE, Ortmaier R, Auffarth A, Resch H, Bogner R.** *The „triple dislocation fracture“: anterior shoulder dislocation with concomitant fracture of the glenoid rim, greater tuberosity and coracoid process - a series of six cases.* J Shoulder Elb Surg 2017;26:e278-e285.
80. **Rockwood CA.** *Injuries to the acromioclavicular joint.* In: Rockwood CA, Green DP (eds.). *Fractures in adults. Volume 1. 2nd edition.* Philadelphia, JB Lippincott 1984: 860-910.
81. **Shin KJ, Kim JN, Lee SH, Paik DJ, Song WC, Koh KS, Gil YC.** *Arterial supply and anastomotic pattern of the infraspinous fossa focusing on the surgical significance.* J Plast Reconstr Aesthet Surg 2016;69:512-518.
82. **Simon P, Diaz M, Cusick M, Santoni B, Frankle M.** *3D image-based morphometric analysis of the scapular neck length in subject undergoing reverse shoulder arthroplasty.* Clin Anat 2018;31:43-55.
83. **South JF.** *Case of fracture of the coracoid process of the scapula with partial dislocation of the humerus forwards and fracture of the acromion process of the clavicle.* Med Chir Trans 1839;22:100-109.
84. **Strnad T, Bartoniček J, Naňka O, Tuček M.** *The coracoglenoid notch: anatomy and clinical significance.* Surg Radiol Anat 2021;43:11-17.
85. **Strnad T, Bartoniček J, Tuček M.** *Acromioclavicular dislocation associated with scapular fractures - pathoanatomy of the injury.* Rozhl Chir 2022;101:273-277.
86. **Strnad T, Bartoniček J, Tuček M, Naňka O.** *Circumflex arterial sulcus of the scapula (sulcus arteriae circumflexae scapulae): its anatomy and clinical relevance.* Surg Radiol Anat 2022;44:1111-1119.

87. **te Slaa RL, Verburg H, Marti RK.** *Fracture of the coracoid process, the greater tuberosity, and the glenoid rim after acute first time anterior shoulder dislocation: a case report.* J Shoulder Elb Surg 2001;10:489-492.
88. **Toft F, Moro F.** *Quadruple disruption of the superior shoulder suspensory complex (SSSC) and outcome after one year of conservative treatment: a case report.* J Clin Exp Orthop 2016;2:13.
89. **Tossy JD, Mead NC, Sigmond HM.** *Acromioclavicular separations: useful and practical classification for treatment.* Clin Orthop Relat Res 1963;28:111-119.
90. **Tuček M, Bartoníček J.** *Přidružená poranění u zlomenin lopatky.* Rozhl Chir 2010;89:288-292.
91. **Tuček M, Bartoníček J, Frič V.** *Osseous anatomy of scapula: its importance for classification of scapular body fractures.* Ortopedie 2011;5:104-109.
92. **Tuček M, Naňka O, Malík J, Bartoníček J.** *Scapular glenopolar angle: Standard values and side differences.* Skeletal Radiol 2014;43:1583-1587.
93. **Tuček M, Strnad T, Obruba P, Bartoníček J.** *Fractures of the surgical neck of the scapula with separation of the coracoid base.* Rozhl Chir 2020;99:368-372.
94. **Urist MR.** *Complete dislocation of the acromioclavicular joint: the nature of the traumatic lesion and effective methods of treatment with an analysis of forty-one cases.* J Bone Joint Surg 1946;28:813-837.
95. **Uzkseser M, Emet M, Kilic M, Isik M.** *What are the predilect of scapula fractures in high-impact blunt trauma patients and why do we miss the in the emergency department?* Eur J Trauma Emerg Surg 2012;38:157-162.
96. **Veysi VT, Mittal R, Agarwal S, Dosani A, Giannoudis PV.** *Multiple trauma and scapula fractures: so what?* J Trauma 2003;55:1145-1147.
97. **Vochteloo AJ, Henket M, Vincken PW, Nagels J.** *Bony avulsion of the supraspinatus origin from the scapular spine.* J Orthop Traumatol 2012;13:51-53.
98. **von Schroeder HP, Kuiper SD, Botte MJ.** *Osseous anatomy of the scapula.* Clin Orthop Relat Res 2001;383:131-139
99. **Weening B, Walton C, Cole PA, Alanezi K, Hanson BP, Bhandari M.** *Lower mortality in patients with scapular fractures.* J Trauma 2005;59:1477-1481.
100. **Wiedemann E.** *Frakturen der Scapula.* Unfallchirurgie 2004;107:1124-1133.
101. **Zhang L, Guo X, Liu Y et al.** *Classification of the superior angle of the scapula and its correlation with the suprascapular notch: a study on 303 scapulae.* Surg Radiol Anat 2019;41:377-383.

10. Publikační činnost, přednášky

10.1. Seznam publikací v souvislosti se studiem

1. **Bartoniček J, Tuček M, Strnad T, Naňka O.** Fractures of the coracoid process - pathoanatomy and classification: based on thirty nine cases with three dimensional computerised tomography reconstructions. Int Orthop 2021;45:1009-1015.

Impact Factor: 3,479

Podle WOS citováno 4x

2. **Strnad T, Bartoniček J, Naňka O, Tuček M.** The coracoglenoid notch: anatomy and clinical significance. Surg Radiol Anat 2021;43:11-17. **Impact Factor: 1,354**

Podle WOS citováno 3x

3. **Strnad T, Bartoniček J, Tuček M.** Acromioclavicular dislocation associated with scapular fractures - pathoanatomy of the injury. Rozhl Chir 2022;101:273-277.

4. **Strnad T, Bartoniček J, Tuček M, Naňka O.** Circumflex arterial sulcus of the scapula (sulcus arteriae circumflexae scapulae): its anatomy and clinical relevance. Surg Radiol Anat 2022;44:1111-1119. **Impact Factor: 1,354**

Podle WOS citováno 1x

5. **Tuček M, Strnad T, Obruba P, Bartoniček J.** Fractures of the surgical neck of the scapula with separation of the coracoid base. Rozhl Chir 2020;99:368-372.

10.2. Publikace bez vztahu k tématu disertace

1. **Chomič J, Vaněček V, Strnad T, Tuček M.** Poranění m. pectoralis major. Rozhl Chir 2022;101:211-226.

10.3. Přednášková činnost

1. **Strnad T, Bartoníček J, Naňka O, Tuček M.** Anatomická studie sulcus coracoglenoidalis a jeho význam pro zlomeniny anatomického krčku lopatky.
20. studentská vědecká konference 1. LF UK, 23.5.2019. Praha
2. **Strnad T, Bartoníček J, Naňka O, Tuček M.** Anatomická studie sulcus arteriae circumflexae scapulae a jeho klinický význam.
22. studentská vědecká konference 1. LF UK, 20.5.2021. Praha
3. **Strnad T, Bartoníček J, Naňka O, Tuček M.** Trapezio-deltoideová manžeta a akromioklavikulární luxace.
23. studentská vědecká konference 1. LF UK, 17.5.2022. Praha
2. místo na Studentské vědecké konferenci 2022
4. **Strnad T, Bartoníček J, Tuček M.** Trapezio-deltoideová manžeta a její význam.
11. klinicko-anatomické sympozium, Anatomický ústav 1. LF UK, 1.2.2020. Praha
5. **Strnad T, Bartoníček J, Tuček M.** Sulcus coracoglenoidalis a jeho klinický význam.
28. mezinárodní symposium - Frejkovy dny. 2.-3.9.2021, Brno.

11. Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval svému školiteli *doc. MUDr. Michalovi Tučkovi, Ph.D.* za odborné vedení v experimentální i klinické části vědeckého i profesního života.

Dále bych chtěl poděkovat svému spoluškoliteli *prof. MUDr. Janu Bartoníčkoví, DrSc.* za trpělivost a možnost skloubit vědeckou a pracovní činnost na Klinice ortopedie 1. LF UK a ÚVN Praha.

Děkuji také *doc. MUDr. Ondřejovi Naňkovi, Ph.D.* za významnou pomoc při anatomické části práce.

V neposlední řadě bych rád poděkoval své rodině za podporu a toleranci během mého studia.