

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH VĚD

Ústav radiologických metod

Zuzana Pietrová

**Radiologické zobrazovací metody v diagnostice
traumat horní končetiny**

Bakalářská práce

Vedoucí práce: Mgr. Lada Skácelová

Olomouc 2015

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně a použila jen uvedené bibliografické a elektronické zdroje.

Olomouc 30. dubna 2015

podpis

Poděkování

Chtěla bych poděkovat Mgr. Ladě Skácelové za odborné vedení, vstřícnost a trpělivost, které mi při vypracovávání této práce věnovala.

ANOTACE

Typ závěrečné práce: Přehledová bakalářská práce

Téma práce: Radiodiagnostické postupy u traumat horní končetiny

Název práce: Radiologické zobrazovací metody v diagnostice traumat horní končetiny

Název práce v AJ: Radiological Imaging Methods in Diagnosis of the Upper Limb Trauma

Datum zadání: 2014-07-23

Datum odevzdání: 2015-05-11

Vysoká škola, fakulta, ústav: Univerzita Palackého v Olomouci
Fakulta zdravotnických věd
Ústav radiologických metod

Autor práce: Pietrová Zuzana

Vedoucí práce: Mgr. Lada Skácelová

Oponent práce: MUDr. Jan Hrbek

Abstrakt v ČJ: Práce se zabývá využitím radiologických zobrazovacích metod v diagnostice traumat horní končetiny. Jednotlivé kapitoly jsou postupně zaměřeny na skiografii, výpočetní tomografii, ultrasonografii, magnetickou rezonanci a angiografii.

Abstrakt v AJ: The thesis deals with the using of radiological imaging methods in diagnosis of the upper limb trauma. Individual chapters are devoted sequentially to radiography, computed tomography, ultrasonography, magnetic resonance imaging and angiography.

Klíčová slova v ČJ: horní končetina, trauma, diagnostické zobrazení, radiodiagnostika

Klíčová slova v AJ: upper limb, trauma, diagnostic imaging, radiodiagnostics

Rozsah: 42 stran/8 příloh

Obsah

Úvod	6
1 Skiografie	8
2 Výpočetní tomografie.....	14
2.1 CT vyšetření skeletu	14
2.2 CT angiografie	17
2.3 CT artrografie	20
3 Ultrasonografie.....	21
3.1 Muskuloskeletální ultrazvuk.....	21
3.2 Dopplerovská ultrasonografie.....	24
4 Magnetická rezonance.....	25
4.1 Nativní MRI.....	25
4.2 Přímá MR artrografie.....	27
5 Angiografie.....	30
Závěr.....	31
Referenční seznam.....	33
Seznam zkratk.....	41
Seznam příloh.....	42

Úvod

Neadekvátní léčba traumat horní končetiny může být příčinou poruchy její hybnosti a chronické bolesti, které mohou narušit celou škálu aktivit, rekreačním sportem počínaje a aktivitami pro každodenní život běžnými konče (Žvák a kol., 2006, s. 108). Nerozpoznaná poranění cév mohou vést až ke ztrátě končetiny (Dueck a Kucey, 2003, s. 287) a při komplikacích zadní luxace sternoklavikulárního kloubu může dojít dokonce k ohrožení pacienta na životě (Groh a Wirth, 2011, s. 1). Předpokladem pro zahájení vhodné terapie je přesné zhodnocení poranění diagnostickými metodami. Mezi ně patří klinické vyšetření, které je ale značně subjektivní, a zobrazovací metody (Hrazdira a Skotáková, 2004a, s. 179). Zobrazovací metody umožňují přesnou lokalizaci traumatické léze a posouzení jejího rozsahu i závažnosti (Hrazdira a Skotáková, 2004b, s. 192).

V návaznosti na význam zobrazovacích metod pro diagnostiku traumat horní končetiny byla stanovena otázka: Jaké jsou poznatky o využití radiologických zobrazovacích metod v diagnostice traumat horní končetiny?

Po formulaci výzkumného problému v podobě položené otázky byl stanoven hlavní cíl práce: předložit poznatky o využití radiologických metod v diagnostice traumat horní končetiny. Na základě prostudování vstupní literatury byl tento cíl rozdělen do pěti dílčích cílů:

1. Předložit poznatky o využití skiografie v diagnostice traumat horní končetiny.
2. Předložit poznatky o využití výpočetní tomografie v diagnostice traumat horní končetiny.
3. Předložit poznatky o využití ultrasonografie v diagnostice traumat horní končetiny.
4. Předložit poznatky o využití magnetické rezonance v diagnostice traumat horní končetiny.
5. Předložit poznatky o využití angiografie v diagnostice traumat horní končetiny.

Jako vstupní literatura byly použity tyto publikace:

1. DAFFNER, Richard H., HARTMAN a Matthew S. *Clinical Radiology: The Essentials*. 4th ed. Philadelphia, Pa: Wolters Kluwer Health/Lippincott Williams & Wilkins, 2014. 546 s. ISBN 978-1-4511-4250-1.
2. NEKULA, Josef et al. *Radiologie*. 3. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého, 2005. 205 s. ISBN 80-244-1011-7.

3. POKORNÝ, Vladimír et al. *Traumatologie*. 1. vyd. Praha: Triton, 2002. 307 s. ISBN 80-7254-277-X.
4. SEIDL, Zdeněk et al. *Radiologie pro studium i praxi*. 1. vyd. Praha: Grada, 2012. 368 s. ISBN 978-80-247-4108-6.
5. ŽVÁK, Ivo et al. *Traumatologie ve schématech a RTG obrazech*. 1. vyd. Praha: Grada, 2006. 208 s. ISBN 80-247-1347-0.

Vyhledávání odborných článků proběhlo v databázích PubMed, Medvik, EBSCO a ProQuest. Při vyhledávání v databázi Medvik byla použita následující klíčová slova v českém jazyce: horní končetina, úrazy, zlomeniny, luxace, poranění měkkých tkání, rentgendiagnostika, výpočetní tomografie, magnetická rezonance, ultrasonografie, MR arthrografie, CT arthrografie, diagnostika poranění cév. Při vyhledávání v databázích PubMed, EBSCO a ProQuest byla použita tato klíčová slova v anglickém jazyce: upper limb, trauma, fractures, dislocations, soft tissue injuries, X-ray, tomography, X-ray computed, magnetic resonance imaging, MR arthrography, CT arthrography, vascular injuries diagnosis. Vyhledávacím jazykem byla zvolena čeština a angličtina. Vyhledávací období bylo vymezeno na rok 2002-2014. Z dohledaných článků bylo vybráno 54 článků pro tvorbu práce relevantních, z toho 38 článků bylo v anglickém jazyce a 16 článků v českém jazyce. Dále bylo doplněno vyhledávání prostřednictvím vyhledávače google.com. Z odkazů dohledaných na základě zvolených klíčových slov bylo použito 5 odpovídajících, z toho 2 byly odkazy na články v anglickém jazyce a 3 na CT vyšetřovací protokoly. Při tvorbě práce bylo čerpáno rovněž z 5 knižních publikací.

1 Skiografie

Pořízením snímků ve dvou na sebe kolmých projekcích diagnostické zobrazování u traumat obvykle začíná a většinou i končí (Žvák et al., 2006, s. 11). Při vyšetřování oblastí se složitou anatomií, jako je ramenní kloub nebo oblast karpálních kůstek, se uplatňují také speciální projekce. Prosté snímky umožňují rychlou detekci zlomenin a posouzení pozice jednotlivých fragmentů i přítomnosti poškození přilehlých kloubů (Bohndorf a Kilcoyne, 2002, s. 1606). U traumat kloubů jsou prosté snímky využívány také k zobrazení dislokací (Haapamaki et al., 2005, s. 587). V diagnostice poranění měkkých tkání má skiografie omezený význam. Prosté snímky ale mohou zachytit sekundární změny v měkkých tkáních, které lze považovat za nepřímé známky poranění skeletu (Bohndorf a Kilcoyne, 2002, s. 1607), a rovněž umožňují detekci kontrastních cizích těles (Vomáčka, 2012, s. 82).

Pletenec pažní

Při snímkování ramenního kloubu je standardem pouze jedna projekce (Vomáčka, 2012, s. 79). Aby ale nedošlo k přehlédnutí zlomenin a luxací, měla by být standardní předozadní (dále AP) projekce ramene doplněna ještě další projekcí. Volba druhé projekce nemusí být v jednotlivých zdravotnických zařízeních stejná. U traumat se nabízí obvykle tři možnosti, a to projekce superoinferiorní axiální, Y (laterální skapulární) a šikmá axiální (Edwards a Jones, 2012, s. 11-12). Jako druhá projekce se uplatňuje také projekce transtorakální (Žvák et al., 2006, s. 88).

AP projekci ramene lze provést ve vnitřní i vnější rotaci končetiny. Při projekci ve vnitřní rotaci končetiny se ale hlavice humeru může jevit jako dislokovaná, třebaže dislokovaná není. Z tohoto důvodu je preferována AP projekce ve vnější rotaci končetiny. Na snímku by měla být zachycena proximální třetina humeru, mediální konec klíční kosti, dolní úhel lopatky i akromioklavikulární kloub (Edwards a Jones, 2012, s. 11). Vyšetření lze provést vestoje i vleže na zádech – bez rotace v trupu (Bianchi et al., 2004, s. 6).

Axiální projekce je využívána k hodnocení subluxací a luxací ramenního kloubu a kostní Bankartovy léze (Goud et al., 2008, s. 3). Přínosná je také při posuzování dislokací hrbolů humeru (Goud et al., 2008, s. 7). Axiální projekci lze zhotovit buď s kazetou umístěnou pod axilou a centrálním paprskem (dále CP) směřujícím shora na ramenní kloub, anebo s kazetou přiloženou shora nad ramenní kloub a CP směřujícím do axily. Pro získání diagnosticky hodnotných snímků je obvykle nutná alespoň 30-40° abdukce poraněné

končetiny (Bianchi et al., 2004, s. 6). Ta však může být u akutních traumat problematická. Snadnějším řešením je v těchto případech provedení Y projekce, která vyžaduje pouze minimální pohyb s poraněnou končetinou (Goud et al., 2008, s. 4).

Y projekce je 45° přední šikmou projekcí (Goud et al., 2008, s. 6). Tělo lopatky, processus coracoideus a akromion jsou na snímku ustaveny do tvaru písmene Y. Bod, ve kterém se stýkají, představuje střed kloubní jamky lopatky a měl by být překrytý hlavicí humeru (Žvák et al., 2006, s. 88). Y projekce umožňuje diagnostikovat přední a zadní luxaci ramenního kloubu. Přínosná je rovněž při zobrazování zlomenin korakoidního výběžku, akromia a proximální části těla humeru (Sanders a Jersey, 2005, s. 209). V detekci Hill-Sachsova defektu vykazuje větší výtěžnost než projekce axiální a při provedení s předpaženou končetinou má význam také v diagnostice zlomenin lopatky (Goud et al., 2008, s. 4).

Šikmá axiální projekce, která představuje 45° zadní šikmou projekci s 45° kaudálním sklopením CP, rovněž umožňuje diagnostikovat přední a zadní luxaci ramenního kloubu. Poskytuje také přehlednou vizualizaci anteroinferiorní části přední hrany glenoidu a posterokraniální části hlavice humeru, jejichž poškození při předních luxacích ramenního kloubu není nijak výjimečné (Bianchi et al., 2004, s. 8).

Transtorakální projekce stejně jako předchozí projekce nevyžaduje pohyb s poraněnou končetinou. Snímek však není kvůli sumaci se skeletem hrudníku dobře přehledný (Žvák et al., 2006, s. 88). Při jeho pořizování pacient zaujímá boční postavení s vyšetřovaným ramenem, které naléhá na desku vertigrafu, spuštěným co nejvíce dolů. Nevyšetřovaná končetina je zvednutá nad hlavou a CP je centrován do axily nevyšetřované strany (Ort a Strnad, 1997, s. 38).

Výše popsané projekce jsou pro diagnostiku traumat ramenního kloubu základními (Žvák et al., 2006, s. 88-89). Uplatnit se dále může také projekce dle Grasheye, která představuje pravou AP projekci ramenního kloubu. Ve srovnání se standardní AP projekcí je její výhodou eliminace překryvu hlavice humeru a kloubní jamky lopatky, a tudíž možnost přesnějšího posouzení kongruence kloubních ploch (Goud et al., 2008, s. 3). Jedná se o zadní šikmou projekci, při které je postavení lopatky vzhledem ke kazetě paralelní. Velikost úhlu mezi frontální rovinou pacientova těla a kazetou obvykle činí 35-45°. Pro hodnocení akromia, akromioklavikulárního kloubu a laterální části klavikuly ale zůstává vhodnější standardní AP projekce (Sanders a Jersey, 2005, s. 207-208). Přínosná může být rovněž West Point projekce. Ačkoliv je její provedení u akutních traumat často obtížné, může přispět k detekci kostní Bankartovy léze (Goud et al., 2008, s. 4). Pacient při pořizování snímku leží

na břicho, vyšetřovaná končetina je v 90° abdukci, předloktí visí přes okraj stolu dolů. Kazeta je opřena o horní okraj ramene tak, že stojí kolmo ke stolu. CP míří do axily (Bianchi et al., 2004, s. 10-11), je sklopený o 25° kaudálně a pod stejným úhlem i mediálně. Hill-Sachsův defekt nejlépe zobrazí AP projekce ve vnitřní rotaci a Stryker notch projekce (Dumont, Russel a Robertson, 2011, s. 202), která se provádí v supinační poloze nebo vestoje, s končetinou ohnutou v lokti, rukou položenou na temeni hlavy a CP mířícím pod úhlem 10° kraniálním směrem na processus coracoideus (Bianchi et al., 2004, s. 10). Tyto projekce jsou ale využívány až v diagnostice instabilit ramenního kloubu (Goud et al., 2008, s. 3).

Při diagnostice luxací ramenního kloubu by měly být vždy zhotoveny snímky ve dvou projekcích, po repozici je nutné pořídit kontrolní snímek. Dvě projekce vyžaduje také diagnostika zlomenin proximálního humeru (Žvák et al., 2006, 101).

Hodnocení poranění akromioklavikulárního kloubu podle Edwardsové a Jonesové (2012, s. 12) vychází ze snímků ramene v AP projekci. Na tom se shodují také Žvák et al. (2006, s. 92) a doplňují, že v případě nejasného nálezu diagnostika pokračuje zátěžovou AP projekcí, při které pacient drží v ruce postižené strany 5-10kg zátěž. Podle Bianchiaho et al. (2004, s. 11) se zátěžový snímek pořizuje při oboustranné zátěži se zachycením obou akromioklavikulárních skloubení na jeden formát. Autoři uvádějí, že s možností kontralaterálního srovnání lze na snímcích odhalit i nepatrná poranění kloubu.

Pro posouzení zlomeniny klíční kosti podle Žváka et al. (2006, s. 96) dostačuje snímek v AP projekci. Bohndorf a Kilcoyne (2002, s. 1608) ovšem uvádějí, že nedislokované zlomeniny mohou být při AP projekci bez 15° sklopení CP kraniálním směrem přehlédnuty.

Při diagnostice zlomenin lopatky by rentgenové (dále RTG) vyšetření mělo zahrnovat pravou AP, laterální skapulární a axiální projekci ramenního kloubu (Südkamp et al., 2011, s. 301). Na prostých snímcích jsou zlomeniny lopatky obvykle průkazné. Pro jejich přesné zhodnocení je ale vhodné vyšetření výpočetní tomografií (dále CT) (Sanders a Jersey, 2008, s. 211).

Pro diagnostiku sternoklavikulární luxace má RTG vyšetření malý význam. Na snímcích v AP projekci poškození kloubu není patrné (Žvák et al., 2006, s. 90). Provést lze také šikmou projekci na sternoklavikulární kloub označovanou jako serendipity projekce, při níž je CP centrován na kloub s 40° sklopením kraniálním směrem. Tato projekce umožňuje srovnání s neporaněnou stranou (Groh a Wirth, 2011, s. 2). Při podezření na luxaci kloubu je ale obvykle indikováno CT vyšetření (Edwards a Jones, 2012, s. 12).

Diafýza humeru

Pro posouzení zlomenin diafýzy humeru se zhotovují snímky ve dvou základních projekcích se zachycením obou přilehlých kloubů (Žvák et al., 2006, s. 103). Při AP projekci humeru, kterou lze provést vleže i vestoje, je ruka v supinaci, mezi paží a trupem je zachována mírná vzdálenost a CP je centrován do středu paže. Boční projekci lze provést vleže na zádech, kdy vyšetřovaná končetina spočívá vedle trupu, ruka je vytočená hřbetem k tělu a nevyšetřované rameno je podloženo klínem či polštářem. Snímek lze pořídit i vestoje u vertigrafu, kdy vyšetřovaná končetina, která je zapažená a flektovaná v lokti, naléhá vnější stranou na vertigraf a nevyšetřovaná strana těla je mírně vytočena dopředu. CP je centrován do středu paže. Další možností provedení bočního snímku je projekce transtorakální, při které je vyšetřovaná končetina, naléhající na vertigraf, volně spuštěná podél těla a nevyšetřovaná končetina je zvednutá, přičemž její předloktí je uloženo na temeni hlavy. CP míří pod axilu nevyšetřované strany v úrovni dolního okraje lopatky (Ort a Strnad, 1997, s. 32-33).

Loketní kloub

U traumat lokte RTG vyšetření standardně zahrnuje AP a boční projekci loketního kloubu (Schaeffeler, Waldt a Woertler, 2013, s. 2584; Žvák et al., 2006, s. 104-112). Při AP projekci lokte by měla být celá končetina abdukována do výše ramene a hřbet palce ruky by měl ležet na vyšetřovacím stole. Jestliže pacient není schopen plné extenze, provádí se atypická projekce, při které paže i předloktí svírají se záznamovým médiem stejný úhel. Boční projekce se provádí v 90° flexi v loketním kloubu, který se nachází v úrovni ramene. Palec směřuje k rentgence (Ort a Strnad, 1997, s. 26-29).

V diagnostice poranění loketního kloubu mohou být přínosné také šikmé projekce. Projekci šikmou na radiohumerální oddíl lze využít k posouzení zlomenin hlavičky a krčku kosti vřetenní či zlomenin laterálního kondylu kosti pažní. Projekci šikmou na processus coronoideus ulnae lze uplatnit při detekci zlomenin tohoto výběžku (Brtková et al., 2005, s. 256). První projekce zobrazí hlavičku radia bez překryvu. Vyšetření se provádí v supinaci. CP s 45° mediolaterálním sklonem je centrován do středu loketní jamky. Při projekci šikmé na processus coronoideus ulnae CP do středu loketní jamky míří pod 45° lateromediálním sklonem (Ort a Strnad, 1997, s. 29).

Předloktí

Při diagnostice diafyzárních zlomenin radia a ulny se zhotovují snímky předloktí v AP a boční projekci. Zlomeniny mohou být doprovázeny současnou luxací hlavičky radia nebo poškozením distálního radioulnárního kloubu. Na snímcích proto musí být zobrazen loketní kloub i zápěstí (Žvák et al., 2006, s. 114). Uložení končetiny je při snímkování předloktí stejné jako při snímkování lokte. CP ale nemíří na loketní kloub, nýbrž do středu předloktí, které je při obou projekcích uloženo ve stejné úrovni jako paže (Ort a Strnad, 1997, s. 24-29).

Zápěstí

Při poraněních zápěstí se vždy pořizují snímky v zadopřední (dále PA) a boční projekci. Podmínkou provedení PA projekce zápěstí je neutrální poloha ruky, tedy bez dukce a flexe. Při této poloze se III. metakarp nachází v prodloužení osy kostí předloktí. Neutrální postavení ruky je rovněž předpokladem správného provedení boční projekce. Pro posouzení luxací karpálních kůstek je přesné boční postavení zápěstí zásadní (Třetinová a Mrázková, 2002, s. 5). PA a boční projekce zápěstí jsou standardem také v diagnostice poranění distálního radia (Žvák et al., 2006, s. 122). Při podezření na zlomeninu člunkové kosti se vedle těchto dvou projekcí pořizuje i snímek v 45° pronaci. Někteří autoři v této indikaci doporučují ještě pořízení PA snímku zápěstí v ulnární dukci a při nejednoznačném nálezů také srovnávacího snímku kontralaterálního neporaněného zápěstí (Drač, Maňák a Čižmář, 2007, s. 204). V diagnostice poškození interoseálních vazů v proximální řadě karpu mají svůj význam i snímky zápěstí v radiální a ulnární dukci a zátěžové snímky (Šprláková-Puková et al., 2008, s. 310).

Třetinová a Mrázková (2002, s. 6) uvádějí, že pro zobrazení ulnární řady karpálních kůstek se u traumat zápěstí ne příliš často využívá také šikmá projekce v 45-60° supinaci, a jako obzvlášť přínosnou pro detekci poranění hamulus ossis hamati hodnotí projekci na karpální tunel. Podle Orta a Strnada (1997, s. 22) je naopak tato projekce pro snímkování v poúrazových stavech nevhodná. Autoři připojují také popis provedení projekce. Pacient při pořizování snímku sedí bokem u vyšetřovacího stolu. Předloktí je v pronaci, zápěstí leží na kazetě a ruka vyšetřované končetiny je druhou rukou nebo popruhem fixována v co největší dorzální flexi. CP míří pod úhlem 45° distoproximálním směrem do středu dlaně.

Ruka

Při poraněních v oblasti ruky je pro volbu nejvhodnějších projekcí důležité určení místa poranění při klinickém vyšetření. Při poraněních metakarpů nebo několika prstů se zhotovuje PA a šikmá projekce ruky. Pokud je ale poraněn pouze jeden prst, pořizují se snímky poraněného prstu ve dvou základních projekcích (Žvák et al., 2006, s. 135). Při podezření na poranění ulnárního kolaterálního vazů I. metakarpofalangeálního kloubu by měl být pořízen snímek v zátěži (Bohndorf a Kilcoyne, 2002, s. 1607).

Při PA projekci ruky jsou od sebe prsty mírně roztaženy. Při šikmé projekci je ruka nakloněna na malíkovou hranu, přičemž konečky všech prstů, které jsou mírně pokrčené a roztažené, spočívají na kazetě s filmem (Ort a Strnad, 1997, s. 11).

Pro pořízení AP projekce palce je nutná hyperpronace ruky, při níž hřbet palce naléhá na kazetu. Při přesné boční projekci palce je v kontaktu s kazetou jeho radiální hrana, dlaň je zvednutá. Při obou projekcích dopadá CP kolmo na hlavičku prvního metakarpu. Při vyšetřeních ostatních prstů je CP centrován vždy do středu snímkaného prstu. Snímky jednotlivých prstů se pořizují v PA a boční projekci. Při boční projekci ukazováku CP prochází ve směru ulnoradiálním, u ostatních prstů ve směru radioulnárním. Nevyšetřované prsty jsou při boční projekci sevřeny do dlaně (Ort a Strnad, 1997, s. 13-18).

2 Výpočetní tomografie

U končetinových traumat se CT vyšetření uplatňuje jako doplňující zobrazovací metoda v diagnostice poranění skeletu (Haapamaki et al., 2005, s. 587). K průkazu arteriálního poranění je využívána CT angiografie (dále CTA) (Bravman et al., 2008, nestr.; Kalra et al., 2008, s. 92) a při detekci poškození triangulárního fibroartilaginózního komplexu (dále TFCC) a interkarpálních vazů nebo struktur ramenního kloubu se může uplatnit také CT arthrografie (Bohndorf a Kilcoyne, 2002, s. 1610). Při možnosti provedení vyšetření magnetickou rezonancí (dále MR) se ale CT arthrografie neprovádí (Fritz et al., 2012, s. 635).

Současným standardem je multidetektorová výpočetní tomografie (dále MDCT) (Harvey a West, 2012, s. 278). MDCT přístroje umožňují během jedné rotace rentgenky, která netrvá déle než vteřinu, současnou akvizici několika řezů. Ve srovnání s akvizicí přístroji s jednou řadou detektorů jsou MDCT skeny rychlejší, pokrývají větší oblast a jednotlivé řezy jsou tenčí. Kratší doba akvizice dat redukuje pohybové artefakty (Haapamaki et al., 2005, s. 588). Přístroje s 16 a více řadami detektorů umožňují submilimetrové kolimace (Foster, Anderson a Soto, 2006, s. 156), se kterými lze dosáhnout izotropického zobrazení. Jeho základem jsou voxely s rozměry stejnými v ose x, y i z. Ty umožňují vytvářet vysoce kvalitní multiplanární rekonstrukce (dále MPR) a trojrozměrné (3D) rekonstrukce. MPR mají vysoké prostorové rozlišení stejně jako obrazy v axiální rovině (Geijer a El-Khoury, 2006, s. 7, 9).

2.1 CT vyšetření skeletu

CT je využíváno zejména při vyšetřování oblastí se složitou anatomí, na horní končetině tedy především v diagnostice traumat ramenního kloubu, loketního kloubu a zápěstí (Geijer a El-Khoury, 2006, s. 7). Uplatňuje se v případech, kdy na základě primárního RTG vyšetření zlomeninu nelze vyloučit, anebo naopak v případech, kdy RTG vyšetření prokáže tříštivou zlomeninu, ale pro plánování další léčby je nutné získat přesnější informace o rozsahu poranění. CT tedy umožňuje detekci radiologicky okultních zlomenin a přesné posouzení počtu kostních úlomků a jejich vzájemného postavení. Tyto informace jsou následně využity při rozhodování mezi chirurgickou a konzervativní léčbou anebo při plánování operační léčby (Haapamaki et al., 2005, s. 588).

Při hodnocení traumat se obrazy v axiální rovině vždy doplňují MPR. Přesné akviziční a rekonstrukční parametry vyšetřovacích protokolů se odvíjí od technických parametrů jednotlivých modelů CT přístrojů (Geijer a El-Khoury, 2006, s. 10). Pro pořízení obrazů

s vysokým prostorovým rozlišením, které jsou pro hodnocení kostních struktur nezbytné, se používají úzké kolimace a rekonstrukční algoritmy s vysokým rozlišením. Naopak zdrojové obrazy pro 3D rekonstrukce by měly být zpracovány rekonstrukčními algoritmy s výrazným potlačením denzitních rozhraní (Müller, Wildermuth a Bohndorf, 2007, s. 252).

Zatímco MPR zobrazí detailně strukturu kostí, 3D rekonstrukce poskytují přehledné zobrazení a umožňují posouzení prostorových poměrů, což je důležité pro klasifikaci zlomeniny a plánování operační léčby. Kromě plánování operační léčby komplexích zlomenin jsou prostorové rekonstrukce využívány také k posouzení pooperačních komplikací spojených s kovovými implantáty (Geijer a El-Khoury, 2006, s. 7, 11). V prvotním hodnocení zlomenin by však neměly nahrazovat planární obrazy. Jemný detail v něm totiž může snadno zaniknout (Müller, Wildermuth a Bohndorf, 2007, s. 252). Vedle posuzování zlomenin se 3D modely osvědčily také v diagnostice poranění šlach. 3D VRT (volume rendering technique) rekonstrukce umožňují detekci avulzí, částečných ruptur i dislokací šlach. Jestliže jsou ultrazvukové nebo MR vyšetření z důvodu přítomnosti otevřeného poranění, kovu v blízkosti vyšetřované oblasti nebo kardiostimulátoru kontraindikována, MDCT je může v diagnostice poranění šlach nahradit (Geijer a El-Khoury, 2006, s. 17).

V diagnostice traumat ramene je CT využíváno u tříštivých zlomenin proximálního humeru, kde se pro přesné posouzení postavení jednotlivých fragmentů zhotovují MPR v šikmé sagitální a šikmé koronární rovině. CT vyšetřením lze odhalit také okultní fraktury, které se mohou vyskytovat na velkém nebo malém hrbolu kosti pažní i na korakoidním výběžku, trnu či kloubní jamce lopatky. Vedle detekce okultních zlomenin mohou prosté snímky selhat rovněž v diagnostice zlomenin malého hrbolu kosti pažní, na který se upíná šlacha musculus (dále m.) subscapularis. Následkem nesprávné repozice těchto zlomenin potom může být omezení vnitřní rotace končetiny. V detekci kostní Bankartovy léze prosté snímky naopak dosahují dobrých výsledků, CT ale přinese přesnější informace o její velikosti, která rozhoduje o nutnosti operační léčby (Haapamaki et al., 2005, s. 592). Pro tyto účely je potřeba zhotovit 3D rekonstrukce (Neoral, Gallo a Kalina, 2012, s. 118). Prostorové zobrazení je nezbytné také pro přesné určení typu zlomeniny lopatky, a to především při postižení jejího těla. Podmínkou pro hodnocení je subtrakce klíční kosti a hlavice humeru a zobrazení minimálně ze čtyř pohledů. Těmi jsou pohled zadní, laterální, přední a mediální. Rovinné obrazy lze využít k posouzení kloubní jamky a výběžků lopatky (Bartoniček, Frič a Tuček, 2010, s. 153).

Při CT vyšetření ramenního kloubu akvizice pokrývá akromioklavikulární kloub, proximální humerus i celou lopatku. Rekonstrukce v koronární rovině jsou kolmé na ramenní

kloub, rekonstrukce v sagitální rovině jsou s kloubem paralelní. Pacient je vyšetřován v supinační poloze s vyšetřovanou končetinou uloženou podél těla (Schreibman, 2008). Kontralaterální končetina by měla být vzpažená. Jestliže ji pacient nemůže zvednout, měl by se položit mírně našikmo tak, aby centrální paprsek neprocházela hlavicí humeru nevyšetřované končetiny. Touto polohou dosáhneme snížení množství artefaktů i radiační dávky a zvýšení poměru signál-šum. Pro redukci pohybových artefaktů by měl pacient při akvizici zadržovat dech (Fritz et al., 2012, s. 636).

V oblasti lokte lze většinu zlomenin snadno zhodnotit pomocí prostých snímků (Geijer a El-Khoury, 2006, s. 14). Detekce dislokovaných zlomenin obvykle nečiní potíže. Při hodnocení prostých snímků v některých případech ale nelze spolehlivě určit původ zobrazených úlomků. Zlomeniny koronoidního výběžku potom mohou být zaměněny za zlomeniny hlavičky radia. Původ fragmentu v těchto případech objasní MPR v sagitální a koronární rovině. MPR odhalí také okultní zlomeniny hlavičky a krčku radia či koronoidního výběžku. Detekce zlomenin koronoidního výběžku je důležitá, protože nerozpoznané zlomeniny mohou být příčinou recidivujících luxací. Pro plánování léčby intraartikulárních zlomenin distálního humeru se vedle MPR zhotovují také 3D rekonstrukce, které lze využít i u tříštivých zlomenin (Haapamaki, Kiuru a Koskinen, 2004, s. 69).

CT vyšetření loketního kloubu se provádí se vzpaženou končetinou. Opodstatněním tohoto uložení vyšetřované končetiny je umožnění umístění lokte do centra gantry a absence ozáření zbytku těla. Nejsnáze ho lze dosáhnout vleže na zádech. Vyšetřovaná končetina by měla být v plné extenzi, a aby radius a ulna nebyly překříženy, dlaň by měla směřovat vzhůru. Pokud je loket z důvodu sádrové fixace flektovaný, měli bychom se snažit uložit vzpaženou končetinu tak, aby kosti předloktí nebyly v paralelním postavení s rovinou skenování (Schreibman, 2011).

U traumat zápěstí se CT uplatňuje v diagnostice tříštivých zlomenin distálního radia, kde poskytuje zobrazení intraartikulárních fragmentů a umožňuje přesné zhodnocení jejich velikosti a lokalizace. Při podezření na subluxaci distálního radioulnárního kloubu by mělo být provedeno bilaterální CT vyšetření zápěstí v supinaci i pronaci. V oblasti zápěstí lze CT využít také v diagnostice zlomenin kosti člunkové. Vedle vyšetřování kosti člunkové je CT s možností MPR a 3D rekonstrukcí přínosné i při detekci a zobrazování ostatních zlomenin a luxačních zlomenin v oblasti karpu a metakarpu (Geijer a El-Khoury, 2006, s. 14-16).

Zlomeniny kosti člunkové tvoří až 75 % zlomenin karpálních kůstek (Haapamaki et al., 2005, s. 589). Podle výsledku metaanalýzy několika velkých studií je asi 16 % z nich na prostém snímku neprůkazných (Dráč, Maňák a Čížmář, 2007, s. 205). Vyloučením zlomeniny pomocí CT je pacient ušetřen imobilizace a kontrolních RTG vyšetření (Haapamaki et al., 2005, s. 589).

Chmelová et al. (2005, 32-35) předkládají poznatek, že pro CT vyšetření zápěstí existuje několik způsobů skenování. Ve své práci popisují skenování v šikmé sagitální rovině, která je orientována podél dlouhé osy kosti člunkové. CT vyšetření se provádí vleže na břiše, s vyšetřovanou končetinou vzpaženou a ohnutou v lokti, dlaní položenou na podložce a rukou fixovanou v ulnární dukci tak, aby osa I. metakarpu a radia byla kolmá na směr skenování. Autoři rovněž zmiňují, že pro diagnostiku zlomenin kosti člunkové, stejně jako pro přehledné zobrazení celé oblasti karpálních kůstek, jsou vhodné především rekonstrukce v koronární rovině. Pro hodnocení distálního radioulnárního kloubu, hamulus ossis hamati a karpálního tunelu je potom vhodné zobrazení v rovině axiální. Jinou techniku CT vyšetření zápěstí popisuje Schreiberman (2009). Pacient při ní rovněž zaujímá pronační polohu s dlaní položenou na vyšetřovacím stole, vyšetřovaná končetina je ale v plné extenzi a ruka není v dukci. Pro hodnocení zlomenin kosti člunkové je k rekonstrukcím ve třech základních rovinách doplněna také rekonstrukce v šikmé sagitální rovině, tedy rovině orientované podél dlouhé osy vyšetřované kosti.

CT se uplatňuje také v diagnostice poranění sternoklavikulárního kloubu, která jsou ale vzácná. V této indikaci CT už z velké části nahradila skiografii (Groh a Wirth, 2011, s. 1). Při podezření na luxaci kloubu by mělo být provedeno CT vyšetření hrudníku, které odhalí i případné poranění okolních struktur. Současná vizualizace kontralaterálního kloubu navíc nabízí možnost srovnání (Groh a Wirth, 2011, s. 3). CT vyšetření umožňuje rozpoznat přední a zadní luxaci kloubu. CT s intravenózní aplikací kontrastní látky může být přínosné při hodnocení přidružených poranění přilehlých cév (Restrepo et al., 2009, s. 850).

2.2 CT angiografie

K poranění cév při úrazech končetin dochází vzácně, a to většinou při penetrujících poraněních (Doody, Given a Lyon, 2008, s. 1295). Poškození tepen horní končetiny tupým úrazovým mechanismem jsou neobvyklá (Kalra et al., 2008, s. 91), často vznikají v důsledku poranění skeletu (Fleiter a Mervis, 2007, s. 99) a mohou být i bezpříznaková. Jedná se především o poranění arterie axillaris při traumatech pletence pažního (Doody, Given

a Lyon, 2008, s. 1296) a o poranění arterie brachialis při zlomeninách či luxacích loketního kloubu nebo suprakondylárních zlomeninách humeru (Dueck a Kucey, 2003, s. 287).

Při klinickém nálezů jasných známek arteriálního poranění, jakými jsou pulzující krvácení, rozšiřující se hematoma, šelest v místě poranění nebo vymizení pulzace, je preferována okamžitá chirurgická explorace bez dalších diagnostických vyšetření (Kalra et al., 2008, s. 92). Oproti tomu při nálezů méně specifických příznaků významných arteriálních lézí je doporučováno pokračovat v diagnostice zobrazovacími metodami. Mezi tyto nepřímé znaky patří asymetrické krevní tlaky na končetinách, stabilní a nepulzující hematoma, neurologický deficit, penetrující poranění v blízkosti cévy, hypotenze (Bravman et al., 2008, nestr.), nepulzující krvácení, změna teploty či barvy končetiny (Fleiter a Mervis, 2007, s. 96) nebo snížená pulzace (Bozlar et al., 2013, s. 748).

V diagnostice akutních poranění cév CTA nahradila katetrizační angiografii, která ale pro zobrazování poškození končetinových tepen stále zůstává zlatým standardem. Hlavními přednostmi CTA jsou větší dostupnost a rychlost vyšetření. Rovněž je metodou neinvasivní (Doody, Given a Lyon, 2008, s. 1297). Umožňuje detekci arteriální léze, její přesnou lokalizaci, stanovení typu a rozsahu léze a provází terapeutickou rozvahu o nutnosti a typu chirurgické nebo endovaskulární intervence (Foster, Anderson a Soto, 2006, s. 156). Na rozdíl od katetrizační angiografie poskytuje vynikající zobrazení skeletu a měkkých tkání (Bozlar et al., 2013, s. 748).

Podmínkou pro provedení CTA je rychlé intravenózní podání jodové kontrastní látky následované spirální akvizicí dat MDCT přístrojem (Miller-Thomas, West a Cohen, 2005, s. 133). Výsadní postavení v diagnostice akutních vaskulárních traumat CTA získala až s příchodem 16 a víceřadých přístrojů (Fishman, Horton a Johnson, 2008, s. 653). Při CTA provedené na 4řadých MDCT přístrojích nemusí být kvůli relativně nižšímu prostorovému rozlišení těchto přístrojů rozpoznána odchlípení intimy a poranění cév předloktí a ruky (Miller-Thomas, West a Cohen, 2005, s. 143). Obecně však CTA v prostorovém rozlišení za angiografii zaostává. Diagnostickou výtěžnost CTA mohou dále negativně ovlivnit pohybové artefakty, nesprávné načasování akvizice dat nebo artefakty z cizích těles, přilehlých anatomických struktur či kalcifikací (Atar, 2011, s. 26). Dvouzdrojové MDCT přístroje už však dovedou kalcifikace z obrazu odstranit (Bozlar et al., 2013, s. 747). Pokud CTA nepotvrdí ani nevyloučí poranění cévy, je nutná katetrizační angiografie (Atar, 2011, s. 28).

Vyšetření se běžně provádí v supinační poloze. Vyšetřovaná končetina je vzpažená a natažená, dlaň je uložena na vyšetřovacím stole, prsty by měly být rovněž natažené.

Jestliže pacient není schopen této polohy dosáhnout, což se u traumat stává často, vyšetření se provádí s končetinou uloženou podél těla, umístěnou co nejbližší izocentru. Pro některé pacienty může být pohodlnější vyšetření v pronační poloze. Přístup pro aplikaci kontrastní látky je zajištěn na kontralaterální končetině. Při vyšetření kompletně celé končetiny akvizice pokrývá oblouk aorty až konečky prstů. V závislosti na klinické situaci lze provést vyšetření zacílené pouze na určitou část končetiny (Bozlar et al., 2013, 746-747). Foster, Anderson a Soto (2006, s. 156, 158) uvádějí, že jednotlivé instituce používají různé vyšetřovací protokoly. Dodávají, že tloušťka řezů, objem podané kontrastní látky a načasování akvizice dat jsou určeny technickými možnostmi jednotlivých MDCT přístrojů, a dokládají to srovnáním CTA končetinových tepen s 64řadým a 4řadým MDCT přístrojem. Při použití přístroje s 64 řadami detektorů se na jejich pracovišti vyšetření běžně provádí po intravenózní aplikaci 60 ml kontrastní látky. K načasování spuštění akvizice dat je využívána technika bolus tracking či bolus timing. Při vyšetření přístrojem s 4 řadami detektorů se intravenózně podává 100 ml kontrastní látky a zpoždění mezi začátkem aplikace kontrastní látky a spuštěním akvizice je fixně stanoveno na 30 vteřin. Doplněním vyšetření v pozdní fázi lze odhalit i krvácení z malých arterií, které CTA kvůli limitovanému prostorovému rozlišení nemusí přímo zobrazit. Krvácení se projeví jako extravazace kontrastní látky, kterou lze lépe posoudit právě na obrazech snímaných v pozdní fázi (Fleiter a Mervis, 2007, s. 101). Vyšetření v pozdní fázi rozliší také někdy obtížně rozpoznatelnou extravazaci kontrastní látky a pseudoaneurysma (Bozlar et al., 2013, s. 748). Při podezření na poranění žil je vhodné doplnit vyšetření ve venózní fázi, tj. za 25 až 35 vteřin po fázi arteriální (Fishman, Horton a Johnson, 2008, s. 656).

K hodnocení vaskulárních lézí se využívají axiální obrazy a MPR, obvykle doplněné o VRT a MIP (maximum intensity projection) projekce (Fleiter a Mervis, 2007, s. 94). Pro všechny rekonstrukce se nastavují algoritmy s výrazným potlačením denzitních rozhraní. Takto zrekonstruované obrazy umožňují posouzení cév i měkkých tkání. Při podezření na poranění skeletu se doplňují rekonstrukce zpracované algoritmy pro vysoké rozlišení (Fishman, Horton a Johnson, 2008, s. 655). MIP a VRT rekonstrukce poskytují celkový přehled o vaskularizaci vyšetřované oblasti a umožňují rychlou lokalizaci léze. Ostatní zobrazení, která poskytují pohled do lumenu cévy, potom slouží k bližší charakteristice léze. Axiální obrazy jsou nezbytné pro konečné stanovení diagnózy (Bozlar et al., 2013, s. 747).

Poranění cév se na CT obrazech manifestuje jako aktivní extravazace kontrastní látky, náhlé zúžení lumenu cévy, výpadek kontrastní náplně v segmentu cévy, arteriovenózní formace nebo falešná výduť (Miller-Thomas, West a Cohen, 2005, s. 135). Zúžení průsvitu

cévy může být způsobeno trombózou, disekcí, cévním spazmem nebo vnější kompresí. Všechny tyto léze mohou progredovat do úplné okluze. Diferenciace mezi okluzí a těžkým spazmem však může být pro CTA obtížná. V těchto případech se obvykle přistupuje k diagnostické angiografii (Foster, Anderson a Soto, 2006, s. 160-162).

2.3 CT artrografie

CT artrografie je alternativou MRI u pacientů s implantovanými elektronickými přístroji inkompatibilními s MR vyšetřováním, kovovými implantáty v blízkosti postiženého kloubu či klaustrofobií (Fritz et al., 2012, s. 635, De Fillippo et al., 2010, s. 221, 222). Výjimku tvoří inzulinové pumpy, které už je možné před MR vyšetřením odpojit. Vedle MR inkompatibilních kardiostimulátorů a elektronicky řízených implantátů jsou absolutní kontraindikací MR vyšetření také kovová tělesa v oku a cévní svorky z feromagnetického či neznámého materiálu (Nekula a Vomáčka, 2012, s. 56). CT artrografie je metoda invazivní, spojená s radiační zátěží (Fritz et al., 2012, s. 635) a rizikem vzniku infekce nebo alergické reakce na kontrastní látku (DeCordeiro et al., 2008, s. 10).

CT artrografie ramenního kloubu umožňuje zhodnocení rotátorové manžety, glenoideálního labra, kloubního pouzdra, glenohumerálních vazů i kloubní chrupavky. Vyšetřením lze detekovat také nitrokloubní tělíska (Fritz et al., 2012, s. 635). Při poškození labra a kapsuloligamentózního aparátu lze touto metodou prokázat a rozlišit jednotlivé typy lézí. U lézí kloubní chrupavky CT artrografie umožňuje posoudit jejich rozsah a při poraněních rotátorové manžety odhalí úplné ruptury a částečné ruptury na straně manžety přiléhající ke kloubu. Ve srovnání s prostými snímky vykazuje vyšší výtěžnost v detekci Hill-Sachsova defektu malých rozměrů (Fritz et al., 2012, s. 637-638). Žižkovská (2005, nestr.) popisuje techniku vyšetření, při které je pacientovi v lokální anestezii pod skiaskopickou kontrolou intraartikulárně aplikováno 8-10 ml kontrastní látky a následně 10 ml vzduchu. Lehkým rozcvičením ramene je zajištěna distribuce kontrastní látky do všech záhybů kloubní dutiny. Poté jsou pořízeny prosté snímky v pronaci, supinaci, abdukci a addukci. Posledním krokem je vlastní CT vyšetření. Dvojkontrastní vyšetření se ale obecně provádějí zřídka (Vomáčka, 2012, s. 81).

Pro detekci poranění TFCC nebo interoseálních vazů proximální karpální řady De Filippo et al. (2010, s. 222) popisují techniku, při které jsou bez lokální anestezie do radiokarpálního kloubu po jeho palpaci aplikovány 3-4 ml jodové kontrastní látky s následným CT vyšetřením zápěstí. Autoři uvádějí, že CT artrografie se prokázala jako spolehlivá i při detekci defektů kloubní chrupavky (De Filippo et al., 2010, s. 225).

3 Ultrasonografie

Ultrasonografie je metoda, která dokáže diferencovaně zobrazit měkké tkáně pohybového aparátu i pod nimi uložené povrchy kostí. Ultrasonografické zobrazování těchto struktur se označuje jako muskuloskeletální ultrazvuk. Při vyšetření není nutné, aby vyšetřovaná oblast setrvala ve znehybnění, jak je tomu u skiografie, CT nebo MR, protože ultrasonografie umožňuje zobrazení tkání v reálném čase. Při vyšetření pohybového aparátu se navíc nabízí možnost dynamického vyšetření v pohybu (Hrazdira a Skotáková, 2004a, s. 179, 186). Podle Gielena (2012, s. 141) pro diagnostiku lézí povrchově uložených měkkých tkání není vhodnější metody, než je tato.

V diagnostice poranění cév lze u končetinových traumat využít také dopplerovské ultrasonografie (Doody, Given a Lyon, 2008; s. 1297-1298; Bravman et al., 2008, nestr.).

3.1 Muskuloskeletální ultrazvuk

V diagnostice akutních poranění svalů, šlach a vazů Müller, Wildermuth a Bohndorf (2007, s. 253) prezentují ultrasonografii jako první modalitu mezi zobrazovacími metodami, která v případě nejasného nálezu nebo potřeby verifikace diagnózy doplňuje klinické vyšetření. Podle Hrazdiry a Skotákové (2004b, s. 187) ultrasonografie u traumat s poraněním měkkých tkání následuje až po provedení prostých snímků. Z traumat periferního muskuloskeletálního systému jsou k ultrasonografickému vyšetření indikována nejčastěji poranění svalů a šlach. Využít ho lze také k zhodnocení ramenního a loketního kloubu, kde může být přínosným doplňkem prostých snímků (Bohndorf a Kilcoyne, 2002, s. 1605).

Ruptury šlach vznikají spíše na podkladě tendinopatií. U nepoškozených šlach k akutním rupturám dochází vzácně a obvykle se nejedná o izolovaná poranění. Při ultrazvukové diagnostice poranění šlach se provádí dynamické vyšetření, kterým se zjišťuje integrita šlachy, případně rozsah jejího poranění, anebo subluxe šlachy. Patologické změny vaskularizace šlach lze prokázat energetickým dopplerem (Robinson, 2009, s. 607-608). Rozeznat degenerativní změny od ruptury nebo rozlišit částečnou a úplnou rupturu je ale v některých případech obtížné (Keřkovský et al., 2008, s. 171). European Society of Musculoskeletal Radiology (dále ESSR) vyhodnotila ultrazvuk jako vhodnou metodu pro diagnostiku ruptur šlach v oblasti ruky a zápěstí, ruptur šlachových poutek flexorů prstů, distální šlachy bicepsu a tricepsu, rotátorové manžety a ruptur či subluxe šlachy dlouhé hlavy bicepsu (Klauser et al., 2012, s. 1143-1144). Ultrazvukem lze diagnostikovat také subluxe šlachy m. extensor carpi ulnaris (Gielen, 2012, s. 147).

Při vyšetřování šlach může být nálezem také avulzní zlomenina (Konin, Nazarin a Walz, 2013, s. 137). Nejčastěji dochází k poranění rotátorové manžety, šlachy dlouhé hlavy bicepsu a šlach upínajících se na články prstů (Mankad et al., 2008, s. 84). U posledně zmíněných je úrazová etiologie typičtější pro šlachy flexorů než extensorů, převážně se ale jedná o otevřená poranění (Wong, Wansaicheong a Tsou, 2009, s. 223).

Při vyšetřování svalů lze u distračních poranění ultrazvukem rozlišit tři stupně poškození, a to natažení, částečnou a úplnou rupturu (Mankad et al., 2008, s. 86), které vznikají nejčastěji v místě přechodu svalu ve šlachu. Kontuze svalů jsou často doprovázeny vznikem intramuskulárního hematomu. Hematomy se na ultrazvukovém obraze jeví jako hypoechogenní, bývají dobře ohraničené (Müller, Wildermuth a Bonhdorf, 2007, s. 253). Akutní hematom se ale objevuje ve formě prokrvácení svaloviny a v počátečních fázích její echogenitu naopak zvyšuje (Hrazdira a Skotáková, 2004a, s. 181). Ultrazvuk lze využít také v diagnostice chronických následků svalových poranění. Dobře lze posoudit atrofie či hypertrofie svalů, myositis ossificans i svalové hernie (Mankad et al., 2008, s. 86).

V diagnostice akutních poúrazových stavů kloubů je ultrazvuk využíván k průkazu hematomu nebo tekutiny v kloubu, které mohou vypovídat o přítomnosti intraartikulární zlomeniny. V kloubním výpotku bývají při vyšetření někdy zachycena také volná tělíska (Bohdorf a Kilcoyne, 2002, s. 1611). Dynamickým vyšetřením lze dále zhodnotit stav povrchově uložených vazů (Mankad et al., 2008, s. 85). Podle ESSR je ultrasonografie vhodnou metodou pro diagnostiku ruptur kolaterálních vazů kloubů prstů ruky, ulnárního kolaterálního vazů zápěstí a kolaterálních vazů loketního kloubu. Naopak indikací k ultrasonografickému vyšetření podle ESSR není podezření na poranění TFCC (Klauser et al., 2012, s. 1143-1444). Stejně jako v diagnostice poranění interkapálních vazů je i u této struktury preferovanou zobrazovací metodou MR artrografie, případně nativní MRI nebo CT artrografie (Taljanovic et al., 2011, s. 1). Rovněž při detekci defektů labra glenoidu Keřkovský et al. (2008, s. 171) upřednostňují MR artrografii nebo MRI. Ultrasonografii pro tyto případy hodnotí jako nedostačující, i když jak uvádějí, některé studie tvrdí opak. Poranění labra a kloubních vazů ramenního kloubu jsou spojována s jeho instabilitou (Jana a Gamanagatti, 2011, s. 224). ESSR se k využití ultrazvuku při podezření na poranění labra sice přímo nevyjadřuje, avšak uvádí, že traumatické instability ramenního kloubu obecně nepatří mezi indikace k ultrazvukovému vyšetření (Klauser et al., 2012, s. 1144).

U traumat ramenního kloubu má ultrazvukové vyšetření význam především při hodnocení integrity rotátorové manžety. Vyšetření by se mělo zaměřit také na detekci

Hill-Sachsovy léze, jejíž nález nepřímo nasvědčuje recidivujícím luxacím. Diagnostika této patologie pro ultrasonografii nepředstavuje výrazné potíže. Poměrně častým nálezem ultrazvukového vyšetření je rovněž abrupce či infrakce tuberculum majus humeri (Keřkovský et al., 2008, s. 170-171). U akutních traumat loketního kloubu se hodnotí zejména náplň kloubu. Z měkkých tkání potom především ulnární kolaterální vaz a úpon šlachy tricepsu (Bohndorf a Kilcoyne, 2002, s. 1612).

Ultrazvukové vyšetření je sice schopno zobrazit i zlomeniny periferního skeletu, jejich cílená detekce se však kvůli délce vyšetření a nemožnosti přesného posouzení velikosti, počtu a vzájemného postavení jednotlivých kostních fragmentů jeví jako nepraktická. Ultrazvukem lze ale snadno zhodnotit zlomeniny klíční kosti, pro které může být prostý snímek nedostačující, a obzvláště přínosný je ultrazvuk v diagnostice poranění epifýz u dětí (Bohndorf a Kilcoyne, 2002, s. 1610). Na některých pracovištích je využíván i k detekci radiologicky okultních zlomenin kosti člunkové (Mankad et al., 2008, s. 85). Tato zobrazovací metoda umožňuje také sledování počátečních fází hojení zlomenin, kdy vzniká hyperechogenní svalek, který v čase postupně nabývá na objemu a vrhá větší akustický stín (Müller, Wildermuth a Bohndorf, 2007, s. 253).

Ultrazvuk představuje ideální metodu pro detekci cizích těles, která nejsou na prostých snímcích průkazná. Jedná se především o třísky, trny a sklo. Při jejich chirurgickém odstraňování lze využít ultrasonografické navigace (Mankad et al., 2008, s. 85). U čerstvých poranění může však jejich detekci zkomplikovat podkožní emfyzém (Bohndorf a Kilcoyne, 2002, s. 1611).

Ultrazvukem lze zhodnotit také periferní nervy, a to v celém jejich průběhu (Mankad, 2008, s. 86). Diagnostika jejich poranění však stojí na klinickém vyšetření a elektromyografii (Ehler, 2008, s. 8). Dynamické vyšetření je ale přínosné v diagnostice subluxací ulnárního nervu (Konin, Nazarin a Walz, 2013, s. 127).

Pro muskuloskeletální ultrazvuk je potřeba vysokofrekvenčních lineárních sond. Sondy s frekvencí 7,5 MHz dosahují rozlišení 0,2 mm a lze s nimi vyšetřit tkáň uložené v hloubce do 8 cm pod povrchem. Sondy s frekvencí 10 MHz dosahují rozlišení 0,15 mm a umožňují zhodnocení tkání uložených do 6 cm pod povrchem (Lew et al., 2007, s. 311). Sondy s vyšší frekvencí tedy disponují lepším prostorovým rozlišením, nejsou ale vhodné pro zobrazování hlouběji uložených tkání. K doplňujícímu zobrazení lze proto v případě potřeby použít sondy s kmitočtem 5 MHz (Bohndorf a Kilcoyne, 2002, s. 1610). Při vyšetřování měkkých tkání pohybového aparátu ultrazvuk v rozlišení překonává MR (Mankad et al., 2008, s. 83). Navíc finanční náklady na pořízení i provoz ultrazvukového

přístroje jsou mnohem nižší (Hrazdira a Skotáková, 2004a, s. 185). Zároveň je vyšší jeho dostupnost (DeCordeiro et al., 2008, s. 10) a vyšetření mohou podstoupit i pacienti s kontraindikacemi MR či klaustrofobií (Konin, Nazarin a Walz, 2013, s. 126).

3.2 Dopplerovská ultrasonografie

Dopplerovským měřením krevního tlaku lze stanovit API (arterial pressure index). Měření je využíváno jako screeningová metoda pro potenciální arteriální poranění. Pomocí tužkového Dopplera a tlakové manžety umístěné nad zápěstím je určen systolický tlak na arterii radialis poraněné končetiny, poté následuje stejné měření na neporaněné končetině. API je vypočítán jako poměr systolického tlaku na poraněné končetině k systolickému tlaku na končetině neporaněné (Bravman et al., 2008, nestr.). Vyšetření se provádí vleže na zádech a k měření lze použít také arterii ulnaris (Levy et al., 2005, s. 691). Při výsledné hodnotě indexu nižší než 0,9 je pravděpodobnost arteriálního poranění vysoká (Dueck a Kucey, 2003, s. 288). Výsledek vyšetření může být ale ovlivněn posttraumatickým tranzientním arteriálním spazmem nebo hypotenzí (Doody, Given a Lyon, 2008, s. 1297). API také nemusí odhalit poranění arterie brachii profundy nebo léze, které nesnižují průtok krve. Dalšími limity této metody mohou být rozsáhlá poranění v oblasti zápěstí nebo sádrová fixace, které zabraňují naložení tlakové manžety (Levy et al., 2005, s. 694).

Končetinové cévy jsou přístupné také vyšetření barevnou duplexní ultrasonografií (Gaitini et al., 2008, s. 95). Podle Kantarciho et al. (2005, s. 315-321) je tato metoda dostupná, bezpečná, neinvazivní a schopná poskytnout základní a podstatné informace o akutních arteriálních poškozeních, přesto ale její postavení u traumat není přesně vymezené. Autoři však uzavírají, že pro zobrazování oblastí ultrasonograficky přístupných by měla být preferovanou zobrazovací metodou. Kalra et al. (2008, s. 92) ale naopak tvrdí, že její možnosti jsou v diagnostice akutních vaskulárních traumat omezené. Mezi limity této metody zařazují vysokou závislost výtěžnosti vyšetření na vyšetřujícím lékaři, délku trvání vyšetření či možnost chybného výsledku při existenci kolaterálního oběhu. Na těchto omezeních se shodují také Doody, Given a Lyon (2008, s. 1298), podle kterých se ale barevná duplexní ultrasonografie může u traumat uplatnit jako screeningová metoda pro arteriální poranění. Vyšetřením lze prokázat defekt intimy, okluzi cévy, arteriovenózní píštěl i pseudoaneurysma. V porovnání s angiografií je však metodou méně senzitivní (Gaitini et al., 2008, s. 98). Na druhou stranu ale nevyžaduje aplikaci kontrastní látky a zobrazí i poranění žil (Dueck a Kucey, 2003, s. 288). Překážkami pro provedení vyšetření mohou být podkožní emfyzém, sádrová fixace nebo rozsáhlá poškození kožního krytu (Gaitini et al., 2008, s. 95).

4 Magnetická rezonance

Zobrazování magnetickou rezonancí (dále MRI) je další metodou, která se vedle ultrazvuku používá k zobrazení měkkých tkání pohybového aparátu (Gielen, 2012, s. 141). MRI tak rozšiřuje možnosti diagnostického zobrazování poranění svalů, šlach a vazů (Müller, Wildermuth a Bohndorf, 2007, s. 252). K tomuto využití ho předurčuje schopnost vytvářet obrazy s vysokým tkáňovým kontrastem. Vedle zobrazování měkkých tkání je MRI vhodnou metodou také k průkazu některých poranění skeletu, kde je nález tohoto vyšetření definitivní (Hrazdira a Skotáková, 2004b, s. 188-189).

MRI poskytuje vynikající zobrazení intraartikulárních struktur. Ještě lepších výsledků ale dosahuje v kombinaci s intraartikulární aplikací kontrastní látky. Přímá MR arthrografie se uplatňuje v diagnostice poranění TFCC a interkarpálních vazů i při hodnocení struktur ramenního kloubu (Bohndorf a Kilcoyne, 2002, s. 1610).

K MR vyšetření jsou indikováni spíše pacienti s přetrvávajícími poúrazovými potížemi (Mikšová a Sladká, 2010, s. 16). Využití této zobrazovací metody u akutních traumat je u nás omezené (Hrazdira a Skotáková, 2004b, s. 187). Při vyšetřování měkkých tkání je vhodná jako doplňková metoda u nejasných či komplikovaných nálezů (Vomáčka, 2012, s. 82). V diagnostice poranění skeletu je téměř vždy dostačující prostý snímek, popřípadě CT vyšetření. MRI přichází na řadu až při nejednoznačném či negativním nálezu a klinicky výrazných potížích (Kastner et al., 2012, s. 366).

4.1 Nativní MRI

MRI je metoda, která v detekci poranění svalů vykazuje nejvyšší senzitivitu (Gielen, 2012, s. 148). Poranění svalů se projeví zvýšenou intenzitou signálu na T2 vážených obrazech (dále v.o.). MR vyšetřením lze zobrazit kontuzi svalu a u distakčních poranění svalů rozlišit tři stupně jejich poškození. Prvním stupněm je mikroskopické poškození myotendinózní juncce, druhým stupněm makroskopická částečná ruptura a třetím stupněm ruptura úplná (Elsayes et al., 2006, s. 206-209). Pro diagnostiku svalových poranění je ale ve většině případů naprosto dostačující ultrasonografie. Totéž platí pro komplikace svalových poranění (Hrazdira a Skotáková, 2004b, s. 192). Jejich nález v MR obraze může být i zavádějící. Myositis ossificans může imitovat nádorové onemocnění měkkých tkání (Müller, Wildermuth a Bohndorf, 2007, s. 253). MRI se ale stále více uplatňuje v diagnostice komplikovaných, zejména sportovních svalových poranění (Nekula a Vomáčka, 2012, s. 57).

MRI je nejcitlivější metodou rovněž pro průkaz nepatrných poškození skeletu (Kastner et al., 2012, s. 367). Umožňuje průkaz avulzí, radiologicky okultních zlomenin i kontuze kosti. Při kontuzi dochází ke změně signálu kostní dřeně, která je způsobena jejím edémem. Avulzní zlomeniny, které jsou nejfrekventovanější v adolescentním věku, kdy na horní končetině takto bývá postižena apofýza mediálního epikondylu humeru, a to i u dětí, se vedle změny signálu v kostní dřeni projeví také změnou signálu měkkých tkání. U radiologicky okultních zlomenin vyšetření zobrazí edém kostní dřeně i lomnou linií. Při průkazu kontuze kosti je součástí vyšetřovacího protokolu sekvence s potlačením tuku nebo STIR (short tau inversion recovery) sekvence. Protokol pro průkaz radiologicky okultních zlomenin obsahuje STIR a T1 SE (spin-echo) sekvence (Hrazdira a Skotáková, 2004b, s. 191). Na T1 v.o. se linie lomu zobrazí jako hyposignální (Strudwick et al., 2011, s. 866). Důležitou úlohu MRI sehrává v diagnostice poranění růstových plotének (Bohndorf a Kilcoyne, 2002, s. 1612).

MR vyšetření kloubů umožňuje současnou vizualizaci hyalinní chrupavky, subchondrální lamelární kosti i trabekulární kosti. Při traumatech kloubů je u akutních stavů nejčastějším MR nálezem kombinace trabekulární fraktury a edému kostní dřeně (Bohndorf a Kilcoyne, 2002, s. 1612). MRI je schopno prokázat chondrální a osteochondrální léze, jejich případné dislokace, poranění ostatních struktur kloubu i periartikulárních měkkých tkání (Kastner et al., 2012, s. 361-366). Pro vyšetření kloubů se používají speciální kloubní povrchové cívky i cívky flexibilní (Nekula a Vomáčka, 2012, s. 80).

Při úrazech ramenního kloubu vychází hodnocení akutních stavů z nativních snímků a ultrazvukového vyšetření. K MRI se přistupuje zřídka (Bohndorf a Kilcoyne, 2002, s. 1614). Tato metoda je ale schopná odhalit léze glenoideálního labra, ligamentózního aparátu kloubu i poranění rotátorové manžety (Hrazdira a Skotáková, 2004b, s. 190). Po luxaci kloubu může být nálezem také Hill-Sachsův defekt nebo jeho reverzní forma. Při MR vyšetření ramenního kloubu pacient leží na vyšetřovacím stole v supinační poloze s končetinou nataženou podél těla (Strudwick et al., 2011, s. 867-868). Standardní vyšetření, při kterém je končetina v neutrální poloze, ale nemusí být průkazné pro jemné ruptury anteroinferiorního okraje labra. Jejich detekci může usnadnit vyšetření v ABER (abduction and external rotation) poloze, při které má pacient ruku vyšetřované končetiny položenou pod hlavou (Elentuck a Palmer, 2004, s. 1960). Tato poloha umožňuje také posouzení spodní plochy šlachy m. supraspinatus a infraspinatus (Strudwick et al., 2011, s. 867). Poloha s rukou vyšetřované končetiny položenou pod zády se označuje jako ADIR (adduction and internal rotation) poloha. Vyšetření v této poloze může být přínosné při detekci ALPSA (anterior labroligamentous periosteal sleeve avulsion) léze. K přesnějšímu zhodnocení ruptur přední a zadní části labra

může přispět dynamické vyšetření, při kterém pacient provádí vnitřní a vnější rotaci končetiny (Steinbach, 2008, s. 60-61). Zobrazování ramenního kloubu se standardně děje ve třech rovinách, a to v rovině axiální, šikmé koronární a šikmé sagitální (Jana a Gamanagatti, 2011, s. 226). Šikmá koronární rovina je na axiálních obrazech definována jako rovina paralelní se šlachou m. supraspinatus nebo také jako rovina kolmá na povrch glenoidu. Šikmá sagitální rovina je kolmá na předchozí rovinu a paralelní s okrajem glenoidu (Steinbach, 2008, s. 58).

MRI loketního kloubu může být indikováno při podezření na kostní kontuzi. Pro diagnostiku ostatních poranění by měl být vedle RTG vyšetření použit pouze muskuloskeletální ultrazvuk, který plně zastane funkci MR (Hrazdira a Skotáková, 2004b, s. 190). Při MR vyšetření loketního kloubu pacient obvykle zaujímá supinační polohu, vyšetřovanou končetinu má položenou podél těla. Další možností je pronační poloha se vzpaženou končetinou v plné extenzi. V literatuře se je popisováno také vyšetření ve 20-30° flexi loketního kloubu. Jeho účelem je lepší zobrazení průběhu kolaterálních vazů (Schaeffeler, Waldt a Woertler, 2013, s. 2586).

Při poraněních zápěstí podle Hrazdiry a Skotákové (2004b, s. 190) mohou být indikací k MRI poranění TFCC a poranění karpálních kůstek. Strudwick et al. (2011, s. 870) využití MRI v oblasti karpálních kůstek omezují na detekci pakloubu kosti člunkové. V práci Dráče, Maňáka a Čižmáře (2007, s. 205) se ale hovoří obecně o diagnostice pozdních následků poranění kosti člunkové, jako příklad je uvedena avaskulární nekróza. Dále je uvedeno, že k detekci samotných zlomenin kosti člunkové je MR vyšetření využíváno relativně méně. Problematikou diagnostiky poškození TFCC se blíže zabývají Šprláková-Puková et al. (2008, 309-312). Vysvětlují, že při poškození jeho periferních částí nebo při degenerativním poškození nemusí nativní vyšetření přinést jednoznačný výsledek. Jako spolehlivější metodu hodnotí MR artrografii. Stejný poznatek předkládají i Bohndorf a Kilcoyne (2002, s. 1610). Při MR vyšetření zápěstí mohou být pacienti vyšetřováni v supinační poloze s končetinou uloženou podél těla tak, aby byla dodržena vzdálenost mezi tělem a zápěstím, v pronační poloze se vzpaženou extendovanou končetinou, anebo v pronační poloze se vzpaženou končetinou flektovanou v lokti. Volíme polohu, která je pro pacienta pohodlná a zároveň umožní uložení zápěstí do středu magnetického pole (Šprláková-Puková et al., 2008, s. 312).

4.2 Přímá MR artrografie

Přímá MR artrografie je metoda, která v sobě zahrnuje intraartikulární aplikaci zředěné paramagnetické kontrastní látky či fyziologického roztoku a následné MR vyšetření (Elentruck a Palmer, 2004, s. 1956). Aplikací fyziologického roztoku ale nedosáhneme tak

výrazného zvýšení tkáňového kontrastu. Paramagnetická kontrastní látka v tomto ohledu přináší mnohem větší výhodu. Její koncentrace pro aplikaci musí být velice nízká – 2 mmol/l, s fyziologickým roztokem se proto ředí v poměru 1:200. Do této směsi lze přidat také jodovou kontrastní látku, která umožní skiaskopickou kontrolu vedení jehly, a lokální anestetikum pro snížení bolestivosti vpichu. Aplikace tekutiny do kloubní dutiny vede k distenzi kloubního pouzdra a rozkrytí jednotlivých kloubních struktur. Vyšetření zároveň umožňuje zhodnocení integrity samotného kloubního pouzdra a patologické komunikace mezi jednotlivými kloubními oddíly (Šprláková-Puková et al., 2007, s. 54-55). MRI by mělo být zahájeno do půl hodiny od intraartikulární aplikace (Elentruck a Palmer, 2004, s. 1957).

Při přímé MR arthrografii ramenního kloubu se do kloubní dutiny aplikuje obvykle 12-14 ml kontrastní směsi. Punkce kloubu se obvykle provádí pod skiaskopickou kontrolou, k navigaci lze ale využít i ultrasonografii (Elentruck a Palmer, 2004, s. 1956). Ke kontrastnímu vyšetření se přistupuje především při podezření na SLAP (superior labrum anterior posterior) lézi. Bankartovu lézi lze prokázat už při nativním vyšetření, netvoří proto tak častou indikaci (Šprláková-Puková et al., 2007, s. 55-56). Při hodnocení horního labra MR arthrografie usnadňuje odlišení prostého sublabrálního žlábků, který se běžně vyskytuje v blízkosti ukotvení šlachy dlouhé hlavy bicepsu, od skutečné ruptury. Při rupturách horního labra dále umožňuje posoudit, zda je přítomno současné poškození šlachy bicepsu, případně diferencovat rupturu šlachy od tendinopatie (Elentruck a Palmer, 2004, s. 1960-1961).

Přímá MR arthrografie ramenního kloubu je přínosná také v detekci parciálních ruptur rotátorové manžety (Šprláková-Puková, Repko a Roth, 2004, s. 20-23), ke kterým má nativní vyšetření na rozdíl od ruptur kompletních relativně nízkou senzitivitu. Příčinou diagnostických obtíží mohou být také degenerativní a zánětlivé změny či normální anatomické varianty šlachy nebo artefakty v MR obraze. Parciální ruptury se obvykle vyskytují na straně manžety přivrácené ke kloubu. Na MR obrazech se projeví pouze vyplněním defektů hypersignální kontrastní látkou. Její únik do subakromio-subdeltoidního prostoru by potom prokazoval rupturu kompletní. U parciálních ruptur manžety na ploše přivrácené k burzám se kontrastní látka k trhlinám nedostane, vyšetřovací protokol by měl proto obsahovat i T2 v.o. (Elentruck a Palmer, 2004, s. 1958-1959).

Při detekci ruptur scapholunárního či lunotriquetrálního vazů a poškození TFCC, k němuž může dojít při poraněních distálního radiu, se provádí MR arthrografie zápěstí. Směsí kontrastní látky se při tomto vyšetření plní radiokarpální kloub, jehož punkci lze provést i na základě palpce. Do kloubu se aplikuje 3-6 ml kontrastní směsi, která se rozpohybováním

kloubu rozmístí. Zatékání směsi do midkarpálního kloubu potvrzuje rupturu vazů, její únik do distálního radioulnárního kloubu prokazuje defekt TFCC (Šprláková-Puková et al., 2007, s. 56-57). Poškození TFCC se však ne vždy projeví zobrazením směsi v sousedním kloubu. I tak ale MR arthrografie díky lepšímu tkáňovému kontrastu umožňuje na rozdíl od nativního vyšetření jeho spolehlivé posouzení (Šprláková-Puková et al., 2008, s. 312).

5 Angiografie

Při podezření na poranění končetinových tepen byla dříve digitální subtrakční angiografie v rámci diagnostického zobrazování metodou volby. Jejím účelem bylo snížení počtu negativních chirurgických explorací (Foster, Anderson a Soto, 2006, s. 156). Sama je ale vyšetřením invazivním a zatíženým rizikem vzniku závažných komplikací. Mezi ně patří disekce, arteriální spasmus a ischemie, trombóza cév použitých pro přístup do cévního řečiště, krvácení nebo hematom v místě vpichu či distální embolizace uvolněným ateromatózním plakem nebo trombem (Kalra et al., 2008, s. 92). Angiografie navíc není tak dostupná ani rychlá jako CTA. Vedle časově náročného vyšetření prodlevu mezi vznikem poranění a zahájením léčby navyšuje i transport pacienta na většinou separovanou angiografickou jednotku. Vyšetření také vyžaduje současnou přítomnost specializovaného lékaře, radiologického asistenta a intervenční sestry. Na druhou stranu ale oproti CTA disponuje lepším prostorovým rozlišením, umožňuje zobrazení změn v dynamice toku (Fleiter a Mervis, 2007, s. 93) a s možností intraarteriálního podání vazodilatátorů může přispět k vyloučení cévního spazmu (Kalra et al., 2008, s. 93).

V diagnostice suspektního vaskulárního poranění je angiografie obecně využívána jako doplňující metoda při nejasných nálezech CTA. Hlavní uplatnění ale nachází při terapii naplánované na základě předchozí CTA (Atar, 2011, s. 28). U periferních vaskulárních traumat význam endovaskulární léčby narůstá (Doody, Given a Lyon, 2008, s. 1295). V rámci terapie poranění cév horní končetiny je v literatuře zmíněno zavádění stentů do arterie brachialis (Gould a Vedantham, 2006, s. 277) a zavádění stentů nebo stentgraftů do arterie axillaris a subclavii. Tyto techniky představují alternativu chirurgické léčby arteriovenózních píštělí, aneurysmat, arteriálních ruptur a perforací. Stenty jsou obecně využívány k léčbě disekcí. Při jejich kombinaci s embolizací spirálkami byla hlášena také úspěšná léčba falešné výdutě arterie axillaris. V praxi se ujala také balónková okluze arterie axillaris a brachialis, která slouží k rychlé zástavě krvácení. Provádí se před zahájením vlastního chirurgického výkonu, kde nahrazuje přímou kompresi, která je u těchto cév často obtížná a neúčinná (Doody, Given a Lyon, 2008, s. 1298-1302).

Provedení diagnostické angiografie může být vyžadováno také u pacientů se zjevným arteriálním poraněním. V těchto případech lze pro lokalizaci léze a stanovení jejího rozsahu a plánování chirurgického výkonu zhotovit intraoperativní angiogram (Kalra et al., 2008, s. 92).

Závěr

Hlavním cílem práce bylo předložit poznatky o využití radiologických zobrazovacích metod v diagnostice traumat horní končetiny. Tento cíl byl rozdělen do pěti dílčích cílů. Práce se skládá z pěti kapitol, každá samostatná kapitola je věnována splnění jednoho konkrétního cíle. Všechny stanovené cíle byly splněny.

První kapitola pojednává o využití skiografie v diagnostice traumat horní končetiny, součástí této kapitoly je přehled projekcí využívaných pro zhodnocení traumat horní končetiny. Skiografie zaujímá v rámci diagnostického zobrazování traumat horní končetiny výsadní postavení, ostatní zobrazovací metody už takového využití nedosahují. Účelem prostých snímků je rychlá diagnostika poranění kostí a kloubů a detekce radiologicky kontrastních cizích těles.

Druhá kapitola se zaměřuje na využití výpočetní tomografie v diagnostice traumat horní končetiny, zahrnuje CT vyšetření skeletu, CTA i CT artrografii. Z dohledaných poznatků vyplývá, že pevnou pozici ve vyšetřovacím algoritmu zaujímá při nedostatečnosti primárních prostých snímků CT vyšetření skeletu a při podezření na arteriální poranění i CTA. CT artrografie může být využita k průkazu poranění interkarpálních vazů, TFCC i měkkých tkání ramenního kloubu, její význam je ale v současné době při možnosti provedení MRI pouze okrajový.

Třetí kapitola předkládá poznatky o využití ultrasonografie v diagnostice traumat horní končetiny. První část kapitoly je věnována diagnostice poranění muskuloskeletálního systému, kde se ultrasonografie uplatňuje nejčastěji v diagnostice poranění svalů a šlach, a to zejména rotátorové manžety a šlachy dlouhé hlavy bicepsu. Obsahem druhé části kapitoly jsou poznatky o využití ultrasonografie v diagnostice poranění cév. Ačkoli ultrasonografie zasahuje i do této oblasti, někteří autoři k ní mají výhrady týkající se silné závislosti výtěžnosti vyšetření na vyšetřujícím lékaři a délky trvání vyšetření.

Čtvrtá kapitola se zabývá využitím magnetické rezonance v diagnostice traumat horní končetiny. Předkládá poznatky o možnostech nativního vyšetření a výhodách přímé MR artrografie při detekci poranění některých struktur zápěstí a ramenního kloubu a jejím provedení. MR je schopná detekovat poranění měkkých tkání a skeletu i v případech, kde ostatní metody selhávají. Ve srovnání s nimi je ale finančně i časově náročnější. V rámci radiodiagnostiky poranění měkkých tkání a skeletu horní končetiny je proto zařazována

až na konec vyšetřovacího algoritmu a indikována především u pacientů s přetrvávajícími poúrazovými potížemi.

V páté kapitole je předložením poznatků o využití angiografie v diagnostice traumat horní končetiny splněn i poslední stanovený cíl. Na základě studia vstupní literatury bylo původním předpokladem běžné provádění angiografie při podezření na tepenné poranění. Výsledkem studia dohledaných článků je ale zjištění, že diagnostická angiografie v rutinní praxi už není aktuální, neboť byla nahrazena dostupnější, rychlejší a neinvazivní CTA.

Referenční seznam

- ATAR, Eli. Vascular Imaging in the Setting of Trauma. *Endovascular Today* [online]. 2011, vol. 10, issue 7, s. 25-28 [cit. 2015-02-11]. ISSN 1551-1944. Dostupné z: <http://evtoday.com/2011/07/vascular-imaging-in-the-setting-of-trauma/>
- BIANCHI, S. et al. Shoulder radiography. In: *Imaging of the Shoulder: Techniques and Applications*. Berlin: Springer, 2004, s. 3-13. ISBN 3-540-67293-1.
- BOZLAR, Ugur et al. CT Angiography of the Upper Extremity Arterial System: Part 1 – Anatomy, Technique, and Use in Trauma Patients. *American Journal Of Roentgenology* [online]. 2013, vol. 201, issue 4, s. 745-752 [cit. 2015-02-11]. ISSN 1546-3141. Dostupné z: doi: 10.2214/AJR.13.11207
- BRAVMAN, Jonathan T. et al. Vascular injuries after minor blunt upper extremity trauma: pitfalls in the recognition and diagnosis of potential "near miss" injuries. *Scandinavian Journal of Trauma, Resuscitation and Emergency Medicine* [online]. 2008, vol. 16, issue 16 [cit. 2015-02-15]. ISSN 1757-7241. Dostupné z: doi: 10.1186/1757-7241-16-16
- BRTKOVÁ, Jindra et al. Zobrazovací metody při úrazech loketního kloubu. *Acta chirurgiae orthopaedicae et traumatologiae Čechoslovaca*, 2005. roč. 72, č. 4, s. 254-258. ISSN 0001-5415.
- DECORDEIRO, José et al. Prospektivní srovnání zobrazovacích vyšetření RTG, UZ a CT arthrografie s artroskopií při detekci ruptury rotátorové manžety. *Úrazová chirurgie*. 2008, roč. 16, č. 1, s. 7-11. ISSN 1211-7080.
- DE FILIPPO, Massimo et al. MDCT arthrography of the wrist: Diagnostic accuracy and indications. *European Journal of Radiology* [online]. 2010, vol. 74, issue 1, s. 221-225 [cit. 2015-01-24]. ISSN 0720-048X. Dostupné z: doi: 10.1016/j.ejrad.2009.01.023
- DOODY, O., M. F. GIVEN a S. M. LYON. Extremities—Indications and techniques for treatment of extremity vascular injuries. *Injury* [online]. 2008, vol. 39, issue 11, s. 1295–1303 [cit. 2015-02-15]. ISSN 0020-1383. Dostupné z: doi: 10.1016/j.injury.2008.02.043

DRÁČ, Pavel, Pavel MAŇÁK a Igor ČIŽMÁŘ. Současné trendy diagnostiky a léčby zlomenin člunkové kosti. *Praktický lékař*. 2007, roč. 87, č. 4, s. 203-209. ISSN: 0032-6739.

DUECK, Andrew D. a KUCEY, Daryl S. The Management of Vascular Injuries in Extremity Trauma. *Current Orthopaedics* [online]. 2003, vol. 17, issue 4, s. 287–291 [cit. 2015-02-15]. ISSN 0268-0890. Dostupné z: doi:10.1016/S0268-0890(03)00104-X

DUMONT, Guillaume D., Robert D. RUSSELL a William J. ROBERTSON. Anterior shoulder instability: a review of pathoanatomy, diagnosis and treatment. *Current Reviews in Musculoskeletal Medicine* [online]. 2011, vol. 4, issue 4, s. 200-207 [cit. 2015-03-04]. ISSN: 1935-973X. Dostupné z: doi: 10.1007/s12178-011-9092-9

EDWARDS, Rose a JONES, Helen. Reporting on... shoulder trauma. *Synergy* [online]. 2012, issue 4, s. 10-16 [cit. 2015-03-01]. ISSN 1360-5518. Dostupné z: <http://search.proquest.com/docview/1324428113?accountid=16730>

EHLER, Edvard. Traumata periferních nervů. *Neurologie pro praxi*. 2008, roč. 9, č. 1, s. 7-8. ISSN: 1213-1814.

ELENTRUCK, Dmitry a PALMER, William E. Direct magnetic resonance arthrography. *European Radiology* [online]. 2004, vol. 14, issue 11, s. 1956-1967 [cit. 2015-02-07]. ISSN 1432-1084. Dostupné z: doi: 10.1007/s00330-004-2449-3

ELSAYES, Khaled L. et al. Value of Magnetic Resonance Imaging in Muscle Trauma. *Current Problems in Diagnostic Radiology* [online]. 2006, vol. 35, issue 5, s. 206-212 [cit. 2015-02-05]. ISSN 0363-0188. Dostupné z: doi:10.1067/j.cpradiol.2006.06.003.

FISHMAN Elliot K., Karen M. HORTON a Pamela T. JOHNSON. Multidetector CT and Three-dimensional CT Angiography for Suspected Vascular Trauma of the Extremities. *Radiographics* [online]. 2008, vol. 28, issue 3, s. 653-667 [cit. 2015-02-16]. ISSN 0271-5333. Dostupné z: doi: 10.1148/rg.283075050

FLEITER, Thorsten R. a MERVIS, Stuart. The role of 3D-CTA in the assessment of peripheral vascular lesions in trauma patients. *European Journal of Radiology* [online]. 2007, vol. 64, issue 1, s. 92-102 [cit. 2015-02-11]. ISSN 0720-048X. Dostupné z: doi: 10.1016/j.ejrad.2007.07.018 2352-0477

FOSTER, Bryan R., Stephan W. ANDERSON a Jorge A. SOTO. CT Angiography of Extremity Trauma. *Techniques in Vascular and Interventional Radiology* [online]. 2006, vol. 9, issue 4, s. 156–166 [cit. 2015-02-11]. ISSN 1089-2516. Dostupné z: doi:10.1053/j.tvir.2007.02.009

FRITZ, Jan et al. MDCT arthrography of the shoulder with datasets of isotropic resolution: indications, technique, and applications. *American Journal of Roentgenology* [online]. 2012, vol. 198, issue 3, s. 635-646 [cit. 2015-01-19]. ISSN 1546-3141. Dostupné z: doi: 10.2214/AJR.11.7078.

GAITINI, Diana et al. Sonographic evaluation of vascular injuries. *Journal of Ultrasound in Medicine* [online]. 2008, vol. 27, issue 1, s. 95-107 [cit. 2015-02-19]. ISSN 0278-4297. Dostupné z: <http://www.jultrasoundmed.org/content/27/1/95.full.pdf+html>

GIELEN, Jan M. L. A. Musculoskeletal ultrasound imaging in sports. *International SportMed Journal* [online]. 2012, vol. 13, issue 4, s. 141-152 [cit. 2015-28-01]. ISSN 1528-3356. Dostupné z: <http://web.a.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=70e6aab2-62f7-4c9780b1-61ddec6aed58%40sessionmgr4001&vid=21&hid=4201>

GEIJER, Mats a Y. EL-KHOURY, Georges. MDCT in the evaluation of skeletal trauma: principles, protocols, and clinical applications. *Emergency Radiology* [online]. 2006, vol. 13, issue 1, s. 7-18 [cit. 2015-01-18]. ISSN 1070-3004. Dostupné z: doi: 10.1007/s10140-006-0509-5.

GOUD, Ajay et al. Radiographic evaluation of the shoulder. *European Journal of Radiology* [online]. 2008, vol. 68, issue 1, s. 2-15 [cit. 2015-03-01]. ISSN 0720-048X. Dostupné z: doi:10.1016/j.ejrad.2008.02.023

GOULD, Jennifer E. a VEDANTHAM, Suresh. The Role of Interventional Radiology in Trauma. *Seminars in Interventional Radiology* [online]. 2006, vol. 23, issue 3, s. 270–278 [cit. 2015-02-11]. ISSN 0739-9529. Dostupné z: doi:10.1055/s-2006-948766

HAAPAMAKI, V. V. et al. Multidetector Computed Tomography in Acute Joint Fractures. *Acta Radiologica* [online]. 2005, vol. 46, issue 6, s. 587-598 [cit. 2015-01-18]. ISSN 0284-1851. Dostupné z: doi: 10.1080/02841850510021634

HAAPAMAKI, V. V., M. J. KIURU a S. K. KOSKINEN. Multidetector Computed Tomography Diagnosis of Adult Elbow Fractures. *Acta Radiologica* [online]. 2004,

vol. 45, issue 1, s. 65-70 [cit. 2012-01-20]. ISSN 0284-1851. Dostupné z: doi: 10.1080/02841850410003310

HARVEY J. J. a WEST, A. T. H. The role of computed tomography in musculoskeletal trauma. *Trauma* [online]. 2012, vol. 14, issue 4, s. 275-286 [cit. 2015-01-18]. ISSN 1460-4086. Dostupné z: doi: 10.1177/1460408612436528

HRAZDIRA, Luboš a SKOTÁKOVÁ, Jarmila. Muskuloskeletální ultrazvuk – vývoj, možnosti a význam v oborech zabývajících se pohybovým aparátem. *Medicina Sportiva Bohemica et Slovaca*. 2004a, roč. 13, č. 4, s. 179-186. ISSN 1210-5481.

HRAZDIRA, Luboš a SKOTÁKOVÁ, Jarmila. Indikace k CT a MR vyšetřování při poranění pohybového aparátu. *Medicina Sportiva Bohemica et Slovaca*. 2004b, roč. 13, č. 4, s. 187-193. ISSN 1210-5481.

CHMELOVÁ, Jana et al. Zobrazení fraktury os scaphoideum pomocí výpočetní tomografie. *Česká radiologie*. 2005, roč. 59, č. 1, s. 32-35. ISSN 1210-7883.

JANA, Manisha a GAMANAGATTI, Shivanand. Magnetic resonance imaging in glenohumeral instability. *World Journal of Radiology* [online]. 2011, vol. 3, issue 9, s. 224-232 [cit. 2015-30-01]. ISSN 1949-8470. Dostupné z: doi: 10.4329/wjr.v3.i9.224.

KALRA, Naveen et al. MDCT arteriographic spectrum in acute blunt peripheral trauma – a pictorial review. *Emergency Radiology* [online]. 2008, vol. 15, issue 2, s. 91-97 [cit. 2015-02-11]. ISSN 1070-3004. Dostupné z: doi: 10.1007/s10140-007-0687-9.

KANTARCI, Fatih et al. Acute arterial emergencies: evaluation by Doppler ultrasound. *Emergency Radiology* [online]. 2005, vol. 11, issue 6, s. 315-321 [cit. 2015-02-19]. ISSN 1070-3004. Dostupné z: doi: 10.1007/s10140-005-0429-9

KASTNER, Jan et al. Role magnetické rezonance ve vyšetřování sportovních úrazů. *Česká radiologie*. 2012, roč. 66, č. 4, s. 359-368. ISSN 1210-7883.

KEŘKOVSKÝ, Miloš et al. Význam UZ vyšetření v diagnostice poranění ramenního kloubu. *Acta chirurgiae orthopaedicae et traumatologiae Čechoslovaca*. 2008, roč. 75, č. 3, s. 167-172. ISSN 0001-5415.

KLAUSER, Andrea S. et al. Clinical indications for musculoskeletal ultrasound: a Delphi-based consensus paper of the European Society of Musculoskeletal Radiology.

European Radiology [online]. 2012, vol. 22, issue 5, s. 1140-1148 [cit. 2015-30-01]. ISSN 1432-1084. Dostupné z: doi: 10.1007/s00330-011-2356-3

KONIN, Gabrielle P., Levon N. NAZARIN a Daniel M. WALZ. US of the Elbow: Indications, Technique, Normal Anatomy, and Pathologic Conditions. *Radiographics* [online]. 2013, vol. 33, issue 4, s. E125-147 [cit. 2015-28-01]. ISSN 1527-1323. Dostupné z: doi: 10.1148/rg.334125059.

LEVY, Bruce A. et al. Screening for extremity arterial injury with the arterial injury with the arterial pressure index. *The American Journal of Emergency Medicine* [online]. 2005, vol. 23, issue 5, s. 689–695 [cit. 2015-02-11]. ISSN 0735-6757. Dostupné z: doi:10.1016/j.ajem.2004.12.013

LEW, Henry L. et al. Introduction to Musculoskeletal Diagnostic Ultrasound Examination of the Upper Limb. *American Journal Of Physical Medicine & Rehabilitation* [online]. 2007, vol. 86, issue 4, s. 310-321 [cit. 2015-28-01]. ISSN 0894-9115. Dostupné z: doi: 10.1097/PHM.0b013e31803839ac.

MANKAD, Kshitij et al. Trauma musculoskeletal ultrasound. *Emergency Radiology* [online]. 2008, vol. 15, issue 2, s. 83-89 [cit. 2015-28-01]. ISSN 1070-3004. Dostupné z: doi: 10.1007/s10140-007-0691-0.

MIKŠOVÁ, Markéta a SLADKÁ, Jana. Zobrazovací metody v medicíně. *Zdravotnické noviny*. 2010, roč. 59, č. 45, s. 14-16. ISSN 1805-2355.

MILLER-THOMAS, Michelle M., O. Clark WEST a Alan M. COHEN. Diagnosing Traumatic Arterial Injury in the Extremities with CT Angiography: Pearls and Pitfalls. *Radiographics* [online]. 2005, vol. 25, suppl. 1, S133–S142 [cit. 2015-02-15]. ISSN 0271-5333. Dostupné z: doi: 10.1148/rg.25si055511

MÜLLER, K. A., S. WILDERMUTH a K. BONHNDORF. Traumatic Injuries: Imaging of Peripheral Musculoskeletal Injuries. In: *Emergency Radiology: Imaging and Interventions*. Berlin: Springer, 2007, s. 251-288. ISBN 978-3-540-26227-5.

NEKULA, Josef a VOMÁČKA, Jaroslav. Magnetická rezonance. In: *Zobrazovací metody pro radiologické asistenty*. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2012, s. 47-57. ISBN 978-80-244-3126-0.

NEORAL, Petr, Jiří GALLO a Radim KALINA. Přední nestabilita ramene. *Ortopedie*. 2012, roč. 6, č. 3, s. 115-122. ISSN 1802-1727.

ORT, Jaroslav a STRNAD, Sláva. *Radiodiagnostika II část: Radiodiagnostika kostí – projekční část*. 1. vyd. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví v Brně, 1997, 124 s. ISBN 80-7013-240X.

RESTREPO, C. S. et al. Imaging appearances of the sternum and sternoclavicular joints. *Radiographics* [online]. 2009, vol. 29, issue 3, s. 839-859 [cit. 2015-01-20]. ISSN 1527-1323. Dostupné z: doi: 10.1148/rg.293055136

ROBINSON, Phillip. Sonography of Common Tendon Injuries. *American Journal of Roentgenology* [online]. 2009, vol. 153, issue 3, s. 607-617 [cit. 2015-30-01]. ISSN 1546-3141. Dostupné z: doi: 10.2214/AJR.09.2808.

SANDERS, Anthony G. a JERSEY, Sean L. Conventional Radiography of the Shoulder. *Seminars in Roentgenology* [online]. 2005, vol. 40, issue. 3, s. 207-222 [cit. 2015-03-01]. ISSN 0037-198X. Dostupné z: doi:10.1053/j.ro.2005.01.012

SCHAEFFELER, Christoph, Simone WALDT a Klaus WOERTLER. Traumatic instability of the elbow - anatomy, pathomechanisms and presentation on imaging. *European Radiology* [online]. 2013, vol. 23, issue 9, s. 2582-2593 [cit. 2015-02-07]. ISSN 1432-1084. Dostupné z: doi: 10.1007/s00330-013-2855-5.

SCHREIBMAN, Ken L. *University of Wisconsin Protocol Sheet: Elbow* [online]. Madison: University of Wisconsin – Madison. Revised 2011-08-31 [cit. 2015 -01-20]. Dostupné z: https://www.radiology.wisc.edu/fileShelf/protocols/CT/MSK_CTProtocol_Elbow.pdf

SCHREIBMAN, Ken L. *University of Wisconsin Protocol Sheet: Wrist* [online]. Madison: University of Wisconsin – Madison. Revised 2009-01-04 [cit. 2015 -01-20]. Dostupné z: https://www.radiology.wisc.edu/fileShelf/protocols/CT/MSK_CTProtocol_Wrist.pdf

SCHREIBMAN, Ken L. *University of Wisconsin Protocol Sheet: Shoulder* [online]. Madison: University of Wisconsin – Madison. Revised 2008-03-31 [cit. 2015 -01-20]. Dostupné z: https://www.radiology.wisc.edu/fileShelf/protocols/CT/MSK_CTProtocol_Shoulder.pdf

STEINBACH, Lynne S. MRI of shoulder instability. *European Journal of Radiology* [online]. 2008, vol. 68, issue 1, s. 57-71 [cit. 2015-02-07]. ISSN 0720-048X. Dostupné z: doi: 10.1016/j.ejrad.2008.02.027

STRUDWICK, Mark V. et al. Pearls and Pitfalls of Magnetic Resonance Imaging of the Upper Extremity. *The Journal Of Orthopaedic And Sports Physical Therapy* [online]. 2011, vol. 41, issue 11, s. 861-872 [cit. 2015-02-06]. ISSN 1938-1344. Dostupné z: doi:10.2519/jospt.2011.3833

SÜDKAMP, N. P. et al. Fractures of the scapula. *Acta chirurgiae orthopaedicae et traumatologiae Čechoslovaca*. 2011, roč. 78, č. 4, s. 297-304. ISSN 0001-5415.

ŠPRLÁKOVÁ-PUKOVÁ, Andrea et al. Přímá MR arthrografie. *Česká radiologie*. 2007, roč. 61, č. 1, s. 54-62. ISSN 1210-7883.

ŠPRLÁKOVÁ-PUKOVÁ, Andrea et al. Triangulární fibroartilaginózní komplex – možnosti jeho zobrazení. *Česká radiologie*. 2008, roč. 62, č. 3, s. 309-312. ISSN 1210-7883.

ŠPRLÁKOVÁ-PUKOVÁ, Andrea, T. ROTH a Martin REPKO. Parciální ruptura manžety rotátorů v UZ a MR obraze s následnou přímou MR arthrografií. *Česká radiologie*. 2004, roč. 58, č. 1, s. 20-23. ISSN 1210-7883.

TALJANOVIC, Mihra S. et al. US of the Intrinsic and Extrinsic Wrist Ligaments and Triangular Fibrocartilage Complex – Normal Anatomy and Imaging Technique. *Radiographics* [online]. 2011, vol. 31, issue 1: e44, s. 1-26 [cit. 2015-01-30]. ISSN 0271-5333. Dostupné z: doi: 10.1148/rg.e44

TŘETINOVÁ, D. a MRÁZKOVÁ, K. Snímkování traumat zápěstí. *Praktická radiologie*. 2002, roč. 7, č. 3, s. 4-6. ISSN 1211-5053.

VOMÁČKA, Jaroslav. Muskuloskeletální systém. In: *Zobrazovací metody pro radiologické asistenty*. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2012, s. 78-82. ISBN 978-80-244-3126-0.

WONG, D. C. M., G. K. L. WANSAICHEONG a I. Y. Y. TSOU. Ultrasonography of the hand and wrist. *Singapore Medical Journal* [online]. 2009, vol. 50, issue 2, s. 219-226 [cit. 2015-30-01]. ISSN 0037-5675. Dostupné z: <http://smj.sma.org.sg/5002/5002pe1.pdf>

ŽIŽKOVSKÁ, K. Artrografie - CT ramenního kloubu. *Referátový výběr z radiodiagnostiky*. 2005, roč. 51, č. 3, nestr. ISSN 1214-5068.

ŽVÁK, Ivo et al. *Traumatologie ve schématech a RTG obrazech*. 1. vyd. Praha: Grada, 2006. 207 s. ISBN 80-247-1347-0.

Seznam zkratek

3D	trojrozměrný
ABER	abduction and external rotation
ADIR	adduction and internal rotation
ALPSA	anterior labroligamentous periostal sleeve avulsion
AP	předožadní
API	arterial pressure index
CP	centrální paprsek
CT	výpočetní tomografie
CTA	CT angiografie
ESSR	European Society of Musculoskeletal Radiology
m.	musculus
MDCT	multidetektorová výpočetní tomografie
MHz	megahertz
MIP	maximum intensity projection
ml	mililitr
mm	milimetr
mmol/l	milimol na litr
MPR	multiplanární rekonstrukce
MR	magnetická rezonance
MRI	zobrazování magnetickou rezonancí
PA	zadopřední
RTG	rentgenový
SE	spin-echo sekvence
SLAP	superior labrum anterior posterior
STIR	short tau inversion recovery
TFCC	triangulární fibrokartilaginózní komplex
tj.	to je
v.o.	vážené obrazy
VRT	volume rendering technique

Seznam příloh

Příloha 1 – Snímky ramenního kloubu v AP, axiální a Y projekci

Příloha 2 – Snímky předloktí v AP a boční projekci

Příloha 3 – CT loketního kloubu

Příloha 4 – CT ramenního kloubu

Příloha 5 – MRI ramenního kloubu

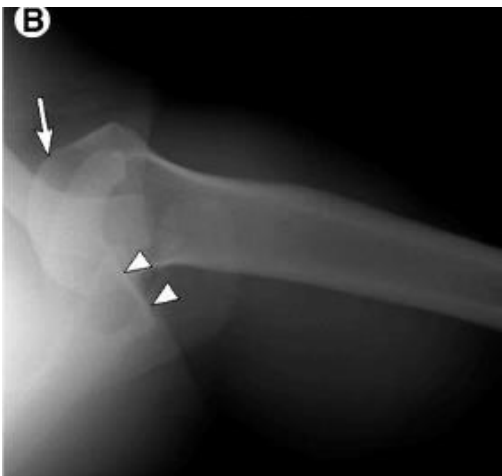
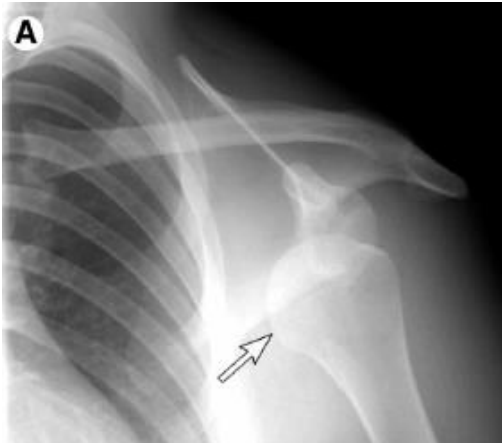
Příloha 6 – MR artrografie zápěstí

Příloha 7 – CTA tepen horní končetiny

Příloha 8 – CTA tepen horní končetiny

Přílohy

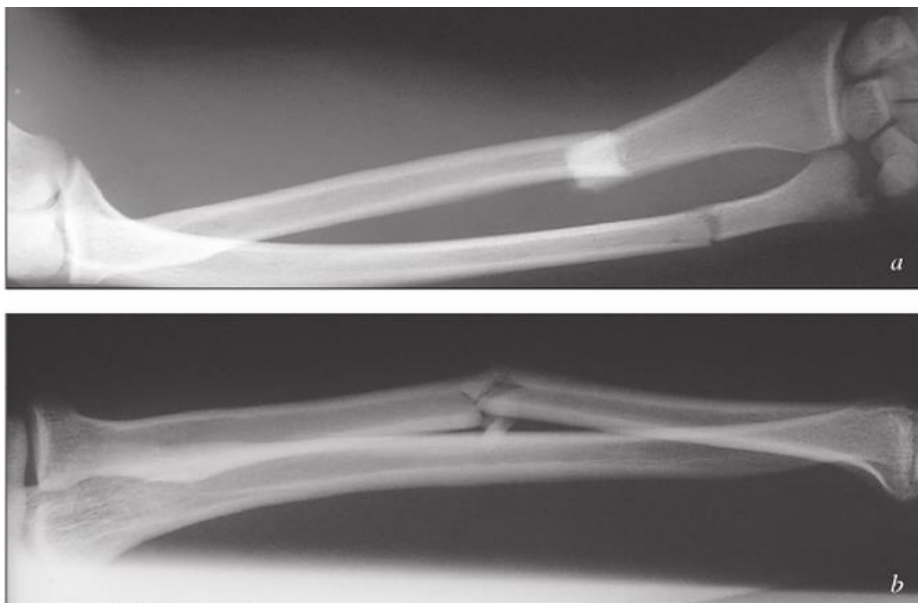
Příloha 1



Snímky ramenního kloubu v AP (A), axiální (B) a Y (C) projekci – přední luxace ramenního kloubu

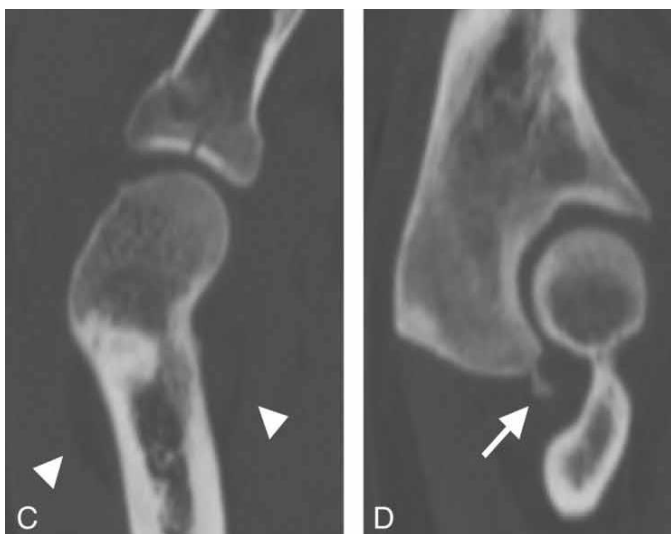
Zdroj: Sanders a Jersey, 2005, s. 214

Příloha 2



Snímky předloktí v AP (a) a boční (b) projekci – zlomenina diafýzy radia i ulny
Zdroj: Žvák a kol., 2006, s. 115

Příloha 3



CT loketního kloubu, MPR v sagitální rovině – okultní fraktura hlavičky radia a okovce (šipka), pozitivní znamení tukového polštáře (trojúhelníky)

Zdroj: Haapamaki, Kiuru a Koskinen, 2004, s. 67

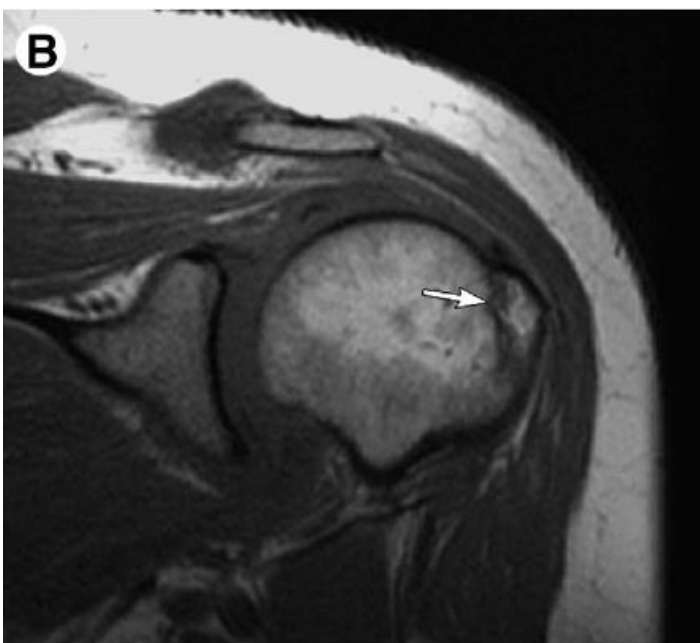
Příloha 4



CT ramenního kloubu, 3D rekonstrukce se subtrakcí hlavice humeru

Zdroj: Neoral, Gallo a Kalina, 2012, s. 118

Příloha 5



MRI ramenního kloubu, T1 v.o. v koronární rovině – radiologicky okultní nedislokovaná avulzní zlomenina velkého hrbolu kosti pažní (šipka)

Zdroj: Sanders a Jersey, 2005, s. 214

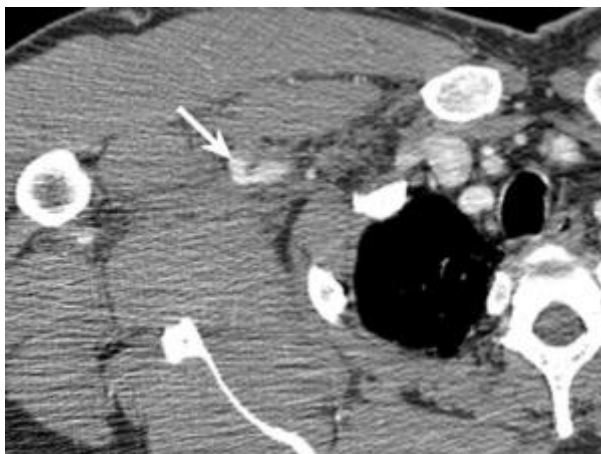
Příloha 6



MR arthrografie zápěstí, T1 v.o. s potlačením tuku v koronární rovině – ruptura scapholunárního vazu (šipka)

Zdroj: Elentruck a Palmer, 2004, s. 1964

Příloha 7



CTA tepen horní končetiny, axiální sken, aktivní krvácení z arterie axillaris (šipka)

Zdroj: Miller-Thomas, West a Cohen, 2005, s. 136

Příloha 8



CTA tepen horní končetiny, VRT rekonstrukce s artefakty z kovových cizích těles

Zdroj: Foster, Anderson a Soto, 2006, s. 161