

**Jihočeská Univerzita v Českých Budějovicích**  
**Zdravotně sociální fakulta**

**Využití CT a MR k diagnostice a kontrole terapie fraktur os  
scaphoideum**

**Bakalářská práce**

**Vypracovala: Jindřiška Hegerová**

**Vedoucí práce: MUDr. Jiří Tesař, Ph.D.**

**V Českých Budějovicích 15. května 2007**

**Prohlášení:**

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci jsem vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

V Českých Budějovicích 15. května 2007

.....

**Poděkování:**

Děkuji MUDr. Jiřímu Tesáři, Ph.D., za odborné a laskavé vedení, trpělivost a čas, který mi poskytl v průběhu vypracování mé bakalářské práce.

## **Abstract**

### **CT and MR using for diagnostics and therapy controle of scaphoid fracture**

In the opening part of this thesis I focused on the description of wrist anatomy and os scaphoideum, carpo kinetics, mechanism of injury origin, types of fractures and their classification.

Next part contains the description of particular examination techniques that are ordered from the most basic to those that are technically more demanding. These techniques are ordered according to present examination algorithm.

Following part deals with therapeutic processes. There is a list of therapeutic processes. Type of treatment depends on the type of fracture and influences the length of wrist fixation and physiotherapy.

I mention the basic principle of a particular technique in all diagnostic methods and I advert to elaborate examination protocols used in our department. I also mention advantages and disadvantages of the most modern display methods (CT and MR).

In the closing part I introduce results that I obtained by data gathering during the particular time period (form of retrospective study). From these data I have an impression that although the X-ray is the basis, it is no longer the golden standard because of various reasons such as longer time spent on acquiring a quality X-ray picture, problems with cooperation with patients and deletion or summation of body structure details in an X-ray picture.

CT contribution consists in a definite fracture confirmation or exclusion. It has a crucial importance when determining the type of treatment and assessing fracture consol

MR is used especially for diagnosis of soft tissues and it is also recommended for diagnosis of subsequent consequences. But for its financial expensiveness it is not used in our department for urgent diagnosis of fractures os scaphodeum.

# Obsah

<b>Úvod</b> .....	<b>6</b>
<b>1 Současný stav dané problematiky</b> .....	<b>8</b>
1.1 Anatomie ruky .....	8
1.1.1 Anatomie zápěstí kostěný podklad zápěstí .....	8
1.1.2 Anatomie os scaphoideum .....	10
1.1.3 Cévní zásobení os scaphoideum .....	10
1.2 Kinetika ruky .....	11
1.2.1 Historie .....	11
1.2.2 Kinetika zápěstí .....	12
1.2.3 Kinetika scaphoidea .....	12
1.2.4 Změny v kinetice zápěstí .....	13
1.3 Mechanismus poranění .....	14
1.3.1 Fraktury os scaphoideum .....	14
1.3.2 Klasifikace fraktur os scaphoideum .....	15
1.4 Vyšetření zápěstí .....	18
1.4.1 Anamnéza .....	18
1.4.2 Fyzikální vyšetření zápěstí .....	18
1.4.3 Zobrazovací vyšetření fraktur .....	19
1.4.4 Algoritmus vyšetření úrazů zápěstí .....	20
1.4.5 Přehled zobrazovacích vyšetřovacích metod a jejich principů .....	20
1.4.5.1 Rtg vyšetření – základní princip .....	20
1.4.5.2 CT vyšetření – základní princip .....	21
1.4.5.3 MR vyšetření – základní princip .....	23
1.4.5.4 Nukleární medicína - scintigrafie .....	25
1.4.5.5 Arthrografie .....	25
1.5 Terapie fraktur os scaphoideum .....	26
1.5.1 Léčba akutních fraktur střední třetiny scaphoidea .....	26
1.5.1.1 Konzervativní léčba .....	27
1.5.1.2 Operační léčba akutních zlomenin scaphoidea .....	28
1.5.2 Léčba akutních fraktur proximální třetiny scaphoidea .....	29
1.5.3 Léčba akutních fraktur distálního třetiny scaphoidea .....	30
<b>2 Cíl práce a hypotézy</b> .....	<b>31</b>
2.1 Cíl práce .....	31
2.1.1 Vytvoření neoptimálnějšího algoritmu vyšetření os scaphoideum .....	31
2.2 Hypotézy .....	31
2.2.1 MDCT je metodou volby při diagnostice fraktur os scaphoideum .....	31
2.2.2 Využití MR při diagnostice fraktur os scaphoideum je přínosným vyšetřením a je nutné ho zařadit do vyšetřovacího algoritmu .....	32
<b>3 Metodika</b> .....	<b>33</b>
3.1 Rtg snímky os scaphoideum .....	33
3.1.1 Základní projekce zápěstí a os scaphoideum .....	33
3.1.2 Přehled rtg projekcí karpu a os scaphoideum .....	33
3.1.3 Parametry vyšetření .....	35

3.1.4	<i>Filmový materiál, formát</i> .....	36
3.2	Spirální multidetektorové CT (MDCT)-----	37
3.2.1	<i>Vyšetřovací protokol</i> .....	37
3.2.2	<i>Skenovací a zobrazovací parametry</i> .....	40
3.2.2.1	Skenovací parametry / akviziční parametry .....	40
3.2.2.2	Obrazové parametry .....	41
3.2.3	<i>Postup CT vyšetření</i> .....	42
3.3	Magnetická rezonance -----	43
3.3.1	<i>Vyšetřovací protokol</i> .....	43
3.3.2	<i>Skenovací parametry</i> .....	43
3.4	Výhody rtg, MDCT a MR v diagnostice fraktur os scaphoideum-----	45
3.4.1	<i>Výhody rtg</i> .....	45
3.4.2	<i>Výhody MDCT</i> .....	45
3.4.3	<i>Výhody MR</i> .....	45
3.5	Nevýhody rtg, MDCT a MR v diagnostice fraktur os scaphoideum-----	46
3.5.1	<i>Nevýhody rtg</i> .....	46
3.5.2	<i>Nevýhody MDCT</i> .....	46
3.5.3	<i>Nevýhody MR</i> .....	46
3.6	Vyšetřovaný soubor pacientů -----	47
<b>4</b>	<b>Výsledky</b> -----	<b>49</b>
<b>5</b>	<b>Diskuze – využití nejnovějších vyšetřovacích metod MDCT a MR při diagnostice a kontrole terapie fraktur os scaphoideum</b> -----	<b>53</b>
<b>6</b>	<b>Závěr</b> -----	<b>57</b>
<b>7</b>	<b>Seznam použité literatury</b> -----	<b>58</b>
<b>8</b>	<b>Klíčová slova</b> -----	<b>61</b>
<b>9</b>	<b>Použité zkratky</b> -----	<b>62</b>
<b>10</b>	<b>Přílohy</b> -----	<b>64</b>
10.1	Tabulka – ceník jednotlivých vyšetření	
10.2	Rtg snímky os scaphoideum v PA a laterální projekci (kontrola pozice Herbertova šroubu)	
10.3	Rtg snímek a CT sken (fraktura střední třetiny scaphoidea)	
10.4	CT skeny os scaphoideum	
10.5	CT skeny os scaphoideum, VRT rekonstrukce	
10.6	MR snímky os scaphoideum	

## Úvod

Problematice zápěstí, konkrétně fraktur os scaphoideum, se věnuje minimální množství článků odborné literatury. Pokud se nějaké objevily, týkaly se zejména fraktur distálního konce radia. Zlomeniny os scaphoideum (os naviculare, kosti člunkové) reprezentují 60-70 % všech fraktur karpu [6]. Jedná se o nejčastější frakturu karpálních kůstek. Tento typ zlomeniny musí být brán v úvahu při každém poranění zápěstí, neboť 2-5 % těchto zlomenin není na prvním rentgenovém snímku patrné [19].

Většina zlomenin os scaphoideum se při adekvátní léčbě hojí bez komplikací, komplikacemi je provázeno asi 10 % fraktur. Jedná se o fraktury, které mají souvislost se specifickým anatomickým uspořádáním a morfogenezí této kosti. Může dojít ke změnám, které následně handicapují postižené, jimiž jsou zejména mladí lidé v produktivním věku [14].

Do praxe jsou proto stále zaváděny nové diagnostické a terapeutické postupy ve snaze zkvalitnit léčbu těchto poranění.

Os scaphoideum a její patologii je možno zobrazit nejen pomocí rentgenových snímků v různých projekcích, ale i pomocí dalších vyšetřovacích metod – počítačovou tomografií, magnetickou rezonancí, ultrazvukem či kostní scintigrafií. CT obraz zásadním způsobem ovlivní rozhodování o typu léčby, délku imobilizace zápěstí, následnou rehabilitaci a výsledný stav.

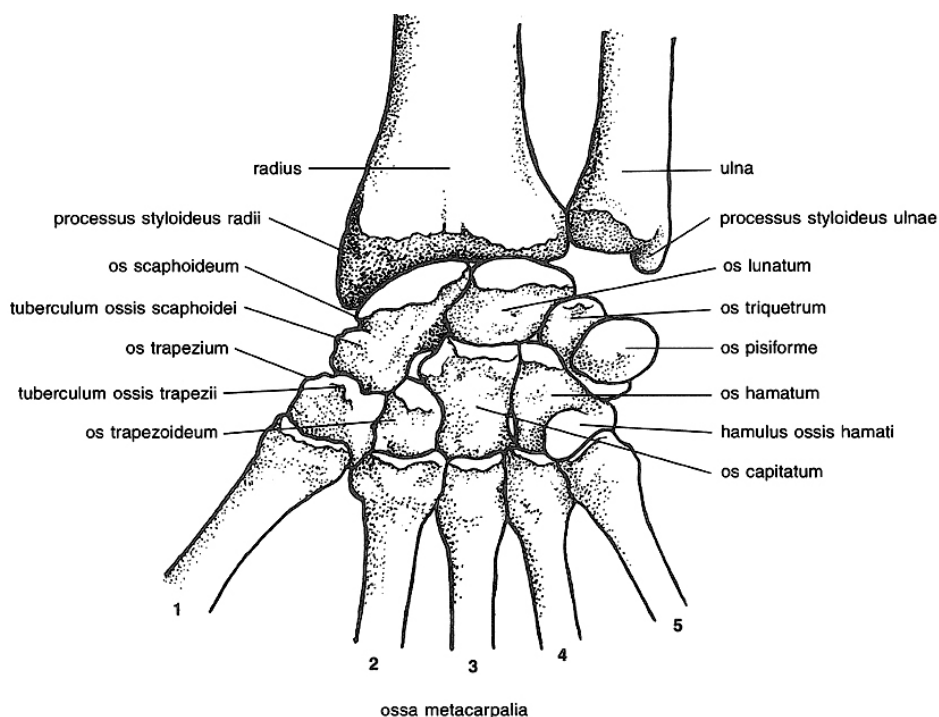
Ve své práci se proto snažím o shrnutí a porovnání posledních poznatků a nejmodernějších postupů, zejména přínos MDCT a MR vyšetření, které vedou k co nejefektivnější diagnostice a následně i terapii fraktur os scaphoideum. Všechny podklady k této problematice jsem získala v Krajské nemocnici Tomáše Bati ve Zlíně.

# 1 Současný stav dané problematiky

## 1.1 Anatomie ruky

### 1.1.1 Anatomie zápěstí kostěný podklad zápěstí

Kostěný podklad zápěstí tvoří distální části kostí předloktí (radius a ulna) a obě řady kůstek zápěstních (obr. 1).



**Obr. 1. Anatomie kostí zápěstí**

Distální konec kosti vřetenní, radia, je rozšířený a z jeho laterálního okraje vystupuje distálně dobře hmatný bodcovitý výběžek, processus styloideus. Radius je na distálním konci opatřen plochou pro spojení s kostmi zápěstními, fascies articularis carpalis, a zářezem obráceným proti ulně, incisura ulnaris, kde je kloubní plocha pro spojení s hlavicí ulny. Karpální kloubní plocha je rozdělena na mediální oddíl pro spojení s os lunatum, a laterální oddíl, který artikuluje s os scaphoideum a vybíhá až na processus styloideus. Obě jamky jsou konkávní ve směru dorzopalmárním i radioulnárním a palmárně jsou odděleny zářezem ve kterém začíná lig.



radioscaphoideolunatum. Celá karpální kloubní plocha je skloněna 5-10° palmárně a 15-20° ulnárně. Na přední ploše je silná hrana, hmatná přes probíhající šlachy flexorů 2 cm proximálně od thenaru. Těsně nad hranou jsou drobné otvory pro cévy. Na dorzální straně distálního konce radia jsou otisky šlach extenzorů zápěstí a prstů. Dorzální plocha nese hmatný hrbolek, na jehož laterální straně probíhají šlachy m. extenzor carpi radialis longus a brevis a mediálně se kolem hrboleku v úhlu asi 45° otáčí šlacha m. extenzor pollicis longus. Na dorzální straně jsou otvory pro cévy v hranách oddělujících žlábků pro šlachy nebo na dně těchto žlábků. Distální epifýza rádia je zásobena z a. interossea anterior a z a. radialis prostřednictvím palmárního a dorzálního radiokarpálního oblouku. Do baze processus styloideus vstupuje přímá céva z a. radialis. Distální konec radia se šlachami na dorzální straně je přes kůži hmatný včetně processus styloideus, který slouží jako hmatný měrný bod [19].

Distální konec kosti loketní, ulny, je zúžen do hlavičky, caput ulnae. Kolem obvodu hlavičky je kloubní ploška pro spojení s distálním koncem radia, circumferentia articularis, a distálně je druhá ploška, na kterou naléhá discus articularis. Z dorzálního okraje hlavičky vystupuje distální výběžek, processus styloideus ulnae. Na dorzální straně je mezi výběžkem a hlavičkou žlábek pro šlachu m. extenzor carpi ulnaris. Distální epifýza ulny je zásobena z a. interossea anterior a z a. ulnaris přes palmární a dorzální radiokarpální oblouk. Jemné větvičky vstupují do kosti při obvodu circumferentia articularis ulnae a po stranách processus styloideus v oblasti jeho baze. Processus styloideus ulnae je spolu s caput ulnae hmatný a viditelný na hřbetní straně dolního okraje předloktí [4].

Distálně od radia a ulny je osm kostí zápěstních, ossa carpi, uspořádaných ve dvou řadách po čtyřech. Proximální řadu tvoří z radiální strany k ulnární tyto kosti: kost člunková (os scaphoideum), kost poloměsíčitá (os lunatum), kost trojhranná (os triquetrum), kost hrášková (os pisiforme), která je připojena palmárně k os triquetrum. Proximální řada (s výjimkou os pisiforme) má směrem k předloktí konvexní kloubní plošky, které tvoří jako celek eliptickou hlavici zapadající do vyhloubené plochy distálního konce radia.

Distální řadu tvoří ze strany radiální: kost mnohohranná větší (os trapezium), kost mnohohranná menší (os trapezoideum), kost hlavatá (os capitatum) a kost hákovitá (os hamatum) [1,2,4].

### 1.1.2 Anatomie os scaphoideum

Os scaphoideum je proximálním směrem vyklenutá konvexně a artikuluje s distální ploškou radia, diastální plocha je rozdělena na dvě nestejně velké plošky. Větší z nich se spojuje s os trapezium, menší s os trapezoideum. Ulnární plocha je opět rozdělena na dva oddíly: horní pro os lunatum a dolní, konkávní, pro os capitatum. Palmární plocha je přibližně trojúhelníkovitého tvaru a bez ostré hranice přechází v tuberculum ossis scaphoidei. Na hrbolku začínají některé krátké svaly palce a upíná se zde retinaculum flexorum. Tuberculum je hmatné a někdy i viditelné v proximálním okraji thenaru. Dorzální plocha je velmi úzká a po celé její délce probíhá mělký žlábek. Kost má omezené množství nutritivních cév, proto se její zlomeniny velice špatně hojí. Zdrojem cévního zásobení je většinou a. radialis, větévky vstupují do kosti ve žlábků na dorzální ploše a palmárně na tuberculum ossis scaphoidei [19].

### 1.1.3 Cévní zásobení os scaphoideum

Větve a. radialis: nutritivní cévy vstupují z 75 % do kosti z dorzální plochy, 25 % cév je z palmární strany, jinak je prakticky celá kost kryta kloubní chrupavkou. Os scaphoideum proximale nemá u cca 33 % kostí žádné nebo jen velmi slabé nutritivní cévy. Mezi cirkulací scaphoideum proximale, isthmu a distale nejsou žádné významnější interosseální anastomosisy, z toho plyne omezení průtoku až na 100 % u zlomenin proximální části, 30 % isthmu, zatímco distální část není avaskulární nekrosou bezprostředně ohrožena [4,14,].

Shrnutí:

- Os scaphoideum je klinicky nejvýznamnější a největší kostí proximální řady karpů, je basí laterálního pilíře kostí zápěstních
- S podélnou osou karpů svírá dlouhá osa kosti úhel 45°

- Tvar přesýpacích hodin se střední zúženou partií (isthmus). Jde o tři morfologicky odlišné oddíly: scaphoideum proximale, isthmus a scaphoideum distale
- Spongiosa je hlavní stavební komponentou kosti, stabilnější trámce jen v oblasti zúžení
- Za klasickou polohu ruky, při které dochází k fraktuře kosti, je považována 97° dorzální flexe a 7-10° radiální dukce. Přetížení distálního scaphoidea a anatomicky méně pevného isthmus střížnými silami se odráží i v četnosti a lokalizaci zlomenin: scaphoideum distale 10 %, isthmus 70 %
- Od ostatních kostí karpu se liší způsobem cévního zásobení. Os scaphoideum je zásobena pouze větví přímo z a. radialis

## **1.2 Kinetika ruky**

### *1.2.1 Historie*

Jako u většiny jiných kloubů je milníkem ve studiu pohybů v oblasti karpu objevení rentgenu. Již v roce 1896 Bryce popsal 8 karpálních kostí, při sledování vlastního zápěstí pod rentgenem. Rozvoj dalších zobrazovacích metod, ať přímých, či nepřímých, postupně vedlo k přesnějšímu pochopení jednotlivých pohybů. Dlouho byl sledován pohyb zápěstí pouze ve smyslu extenze a flexe. Až v sedmdesátých letech dvacátého století implantovali Andrews a Youm kovovou značku do jednotlivých kostí a použitím projekce ve dvou rovinách sledovali pod skiaskopickou kontrolou pohyb karpu [19]. Prokázal se tak dvouosý charakter pohybů jednotlivých kostí zápěstí, tzn. pohyb zápěstí je sumace pohybů flexně-extenčních a pohyb mezi radiální a ulnární dukcí, přičemž oba pohyby mají osu rotace kolem hlavičky kapitáta.

K popisu postavení karpu jsou používány dvě základní hodnoty (karpální výška a ulnokarpální vzdálenost), které jsou základem popisu kinetiky zápěstí a prvními veličinami popisujícími patologii zápěstí.

Dle současných poznatků je nutné chápat kloubní plochy jednotlivých kostí jako samostatné klouby a jejich interoseální vazy jako kolaterální vazy těchto kloubů, které se významně podílejí na jejich stabilitě [14,22].

Z pohledu na anatomii zápěstí a svalů, které se podílejí na jeho funkci, je nutné si uvědomit, že *musculus flexor carpi ulnaris* je jediný sval, který se alespoň částečně upíná na karpus. Ostatní svaly pohybující zápěstím se upínají na baze metakarpů. Proximální řada je kompletně zbavena šlachových úponů, proto se mluví o vmezeřeném nestabilním segmentu, který se pohybuje až přeneseně při pohybu segmentů distálních. To znamená, že pohyb začíná působením svalů u baze metakarpů. Jednotlivé pohyby karpu jsou tedy sumací dílčích pohybů, které vznikají pomocí tahu jednotlivých svalů [4, 8].

### *1.2.2 Kinetika zápěstí*

Pohyb zápěstí je třeba chápat jako souhrn pohybů jednotlivých kostí karpu mezi sebou. To znamená pohyb mezi jejich kloubními plochami a kloubní plochou distálního radiu. Pohyb mezi jednotlivými kostmi distální řady karpu a metakarpy je malý, i když existuje. Mnoho obtíží v oblasti zápěstí vzniká primárně nebo sekundárně z poruchy kinetiky. Studium kostní mechaniky, jak fyziologické, tak patologické lze lépe pochopit složité pohyby v oblasti karpu a umožní modelování patologických procesů a mohou pomoci terapii poškození zápěstí [19].

### *1.2.3 Kinetika scaphoidea*

Os scaphoideum se nachází v proximální řadě zápěstních kůstek, která svojí volností umožňuje kostem pohyby ve všech třech rovinách. Během extenze os scaphoideum extenduje, ale také supinuje o 6° a duktuje radiálním směrem o 4°. Naopak při flexi zápěstí dochází nejen k flexi scaphoidea o 58°, ale i k ulnární dukci o 18° a pronaci o 10°. Tento soubor pohybů se vysvětluje funkcí radioscaphoideocapitátního vazy, který brání čisté flexi os scaphoideum. Sférický (konvexokonkávní) tvar scaphoideocapitátního kloubu zde má také značný vliv. Osa rotace scaphoidea během flexe a extenze je téměř paralelní s radioscaphoideocapitátním vazem a není umístěna přesně ve středu jeho konvexity, ale několik milimetrů distálně. V důsledku toho dochází nejen ke „kolébání“ scaphoidea, ale i ke klouzavému pohybu mezi proximálním pólem scaphoidea a radiem. To pak vysvětluje, proč se kontakt mezi scaphoideem a

radiem mění z radiálního postavení do více palmárního a ulnárního při pohybu z flexe do extenze. Během radiální dukce je pohyb os scaphoideum kombinací radiální dukce (5°), palmární flexe (13°) a malé proximální rotace. Při ulnární dukci dochází k opačnému pohybu scaphoidea, při radiální dukci se přesune kontakt mezi scaphoideem a radiem radiálně od centra a naopak při ulnární dukci ulnárněji [19, 21].

#### 1.2.4 Změny v kinetice zápěstí

Není-li narušena kinetika karpu, je proximální a i distální řada schopna se podílet na činnosti zápěstí a nedochází k patologickému pohybu. Dojde-li však ke ztrátě tohoto mechanismu, může dojít poškození interkarpálních vazů, což se projeví vznikem nestability, abnormální kinetikou karpu a následek toho je pak inkongruence kloubní s poškozením chrupavek [19]. Změna v kinetice zápěstí doprovází tři nejvyskytovanější se patologické stavy v oblasti karpu:

- Nestabilní zlomenina scaphoidea, která vede k významné celkové změně kinetiky karpu. Může dojít k vytvoření dorzální a radiální angulace v místě fraktury a to je základem vzniku pakloubu. Pokud není pakloub následně vyřešen, dochází k rozvoji artrotických změn zvaných SNAC (scaphoid nonunion advanced collapse).
- Disociaci mezi scaphoideem a lunatem, ale také vznik patologického pohybu vzniká při porušení scaphoideolunárního interoseálního vazů. Na stabilitu scaphoideolunárního (SL) vazů má největší vliv dorzální část tohoto vazů. Při poranění SL vazů bylo prokázáno, že dochází ke kolapsu scaphoidea do flexe a pronace ve vztahu k radiu. Porušením synchronního pohybu mezi scaphoideem a lunatem dojde ke vzniku patologických pohybů mezi jednotlivými kostmi a k rozvoji artrotických změn zvaných SLAC (scapholunate advanced collapse).
- Poškození radiotriquetrálního a scaphoideotriquetrálního vazů vede k rotaci triquetra do extenze a supinace, což vede k výrazné změně kinetiky zápěstí. Dochází k poškození lunatotriquetrálního vazů a ztrátě koordinace mezi kostmi dochází sekundárně k poškození TFCC (triangulární fibroartilaginózní komplex) [19,21].

### 1.3 Mechanismus poranění

Poranění zápěstí je jedno z nejčastějších poranění ve všech věkových skupinách. Typickým mechanismem vzniku úrazů je pád na nataženou horní končetinu, která je nejčastěji v hyperextenzi. Různý stupeň a charakter souběžných deformujících sil určuje výsledný typ specifických poranění [33]. S ohledem na kinematiku karpálních kostí rozlišujeme tři obecné formy poranění: perilunární, axiální a místní.

Perilunární formy poranění zahrnují nejběžnější zlomeninu karpu – tedy zlomeninu os scaphoideum dále pak frakturu os kapitátum a os triquetrum. Tyto zlomeniny se vyskytují v oblouku kolem lunata, jsou nestabilní.

Axiální formy poranění jsou typickým následkem předozadní kompresivní síly. Tyto formy jsou nestabilní, často vyžadují chirurgický zákrok.

Poranění následkem lokálně působící síly. Zde jsou zařazeny abrupte dorzální hrany triquetra, zlomeniny trapezia. Tyto zlomeniny jsou typicky izolované a obvykle nejsou doprovázeny poraněním jiných karpálních kostí [19].

#### 1.3.1 Fraktury os scaphoideum

Mezi všemi poraněními zaujímají fraktury os scaphoideum hned druhé místo za zlomeninami distálního radia. Zlomeniny člunkové kosti tvoří přibližně asi 60-80 % fraktur zápěstních kostí. Incidenci zlomení scaphoidea odhaduje Cooney na 38/100 000 obyvatel za rok [5]. Zlomenina je typická pro mladé aktivní pacienty, zejména se vyskytuje u mladých mužů a nejčastěji postihuje střední třetinu scaphoidea. S postupujícím věkem je v této oblasti více zranitelnější radius než os scaphoideum. U dětí je toto poranění vzácné, zde je nejobvyklejší možností zlomenina distální třetiny. Jak již bylo řečeno výše, mechanismem úrazu je obvykle pád na natažené zápěstí [7].

Tato zlomenina musí být v podezření při každém poranění zápěstí, i když příznaky ukazují spíše na jiný typ poranění. 2-5 % těchto fraktur není patrné na prvním rtg snímku. Pokud je přítomna palpační bolestivost na radiální ploše zápěstí a fraktura není zřejmá, úvodní terapii je vhodné provádět jako při její přítomnosti alespoň po dobu 14 dnů. Další rtg po dvou týdnech může původně skrytou zlomeninu již ukázat [15].

Rozlišujeme 3 druhy zlomenin os scaphoideum:

- **Zlomenina hrbolu os scaphoideum** - kde nedochází k dislokaci a hojení je většinou rychlé, je-li přiložen sádrový obvaz na dobu 3-4 týdnů [15].
- **Příčná zlomenina těla os scaphoideum** - příčné zlomeniny v nejužší části kosti patří k nejčastějším. Krevní zásobení většinou není porušené a hojení nastane, daří-li se repozice a léčba je zahájena včas. Pokud je poraněna arteria nutritia pro proximální třetinu, může nastat avaskulární nekróza této části kosti. Rtg se musí provést ve více projekcích, aby se zobrazila dislokace fragmentů. Je-li dislokován proximální fragment, lze provést jeho repozici v celkové anestezii radiální ducí zápěstí. Následně je nutná imobilizace v sádrovém obvazu v neutrálním postavení. Fixace by měla sahat po palmární ohybovou rýhu a na palpaci až k bazi nehtu. Ke zhojení dochází po 10-12 týdnech, pokud byla reponována dislokace a nedošlo k poruše cévního zásobení. Pro dokonalé zhojení svědčí až vymizení linie lomu a obnovení trabekulární struktury mezi dvěma hlavními fragmenty. Rtg snímek je vhodné opakovat ještě 3 týdny po sejmutí sádry [15,19].
- **Zlomenina proximální třetiny os scaphoideum** – zde se vyskytuje vždy suspektní cévní zásobení drobnějšího fragmentu. Je-li poranění zjištěno časně, lze repozicí a fixací dosáhnout zhojení zlomeniny. Sádrovou fixací je nutno přikládat pečlivě a při jejím narušení ji upravit. Rtg by se mělo provádět každých 4-6 týdnů a sledovat průběh hojení - někdy je třeba prodloužit délku fixace na 4-6 měsíců. Kritéria zhojení jsou stejná jako u předchozího typu. Rovněž po sejmutí dlahy je vhodná kontrola za 3-4 týdny [15].

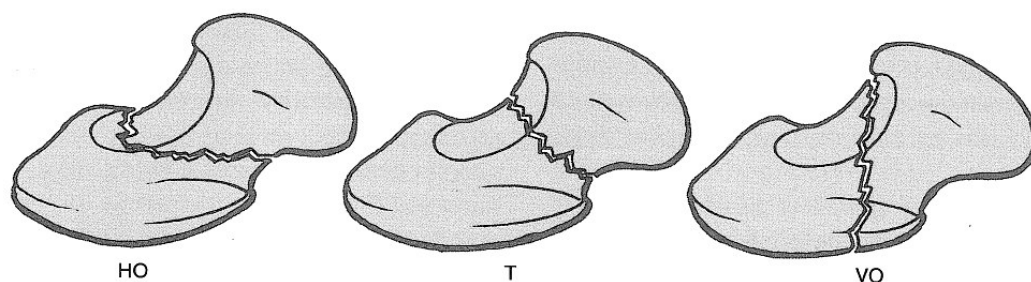
### 1.3.2 *Klasifikace fraktur os scaphoideum*

Klasifikace je úzce spojena s metodikou ošetření jednotlivých typů zlomenin. Zlomeniny mohou být klasifikovány podle mnoha hledisek: podle směru lomné linie, stupně stability fragmentů, anatomické lokalizace lomné linie, atd.

**Klasifikace dle Russea:** fraktury mohou být rozděleny do tří typů dle vztahu line lomu k dlouhé ose kosti [19].

- Typ I. – horizontální šikmá zlomenina HO (horizontální ve vztahu k zápěstí, šikmá k dlouhé ose)
- Typ II. – příčná (transverzální) zlomenina T
- Typ III. – vertikálně šikmá zlomenina VO

Zlomeniny mohou být klasifikovány dle porce poranění kosti: proximální, střed a distální (obr. 2).



**Obr. 2. Klasifikace zlomenin scaphoidea dle Russea**

**Klasifikace dle Schernberga:** zahrnuje šest typů zlomenin a analyzuje zlomeniny ve vztahu k funkci a linii lomu [14,19].

- Typ I. jsou lokalizovány na vrcholu proximálního pólu
- Typ II. v oblasti těla
- Typ III. na okraji těla
- Typ IV. probíhají skrze tuberositu a jsou často kombinací s kominucí vpředu s nebo bez přítomnosti třetího úlomku
- Typ V. na basi kosti
- Typ VI. extraartikulárně distálně od tubercula

**Klasifikace dle Herberta:** všeobecně užívaná je založena na schopnosti zhojení a stability zlomeniny na stabilní a nestabilní, u kterých je předpoklad spojení s nestabilitou karpu. Herbert postavil svou klasifikaci na radiografických nálezech.

**Typ A:** stabilní zlomeniny dle Herberta: radiografický nález zlomeniny se jeví jako nekompletní, zasahující jen jednu kortiku



- typ A1 zasahuje tuberculum
- typ A2 nekompletní zlomenina skrz isthmus

Tyto typy není třeba operovat, zhojí se rychle bez delší imobilizace.

**Typ B:** nestabilní akutní zlomeniny dle Herberta: tyto zlomeniny se často v sádrové dlaze dislokují a nejefektivnější léčbou je vnitřní osteosyntesa

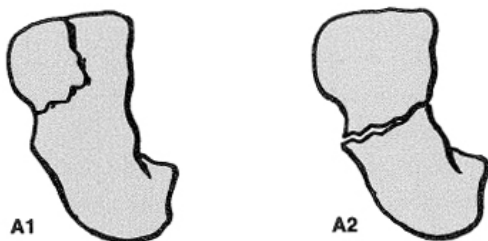
- typ B1 jsou distálně šikmé zlomeniny, rtg v šikmé projekci 45°, jasně zobrazí dislokaci
- typ B2 jsou charakterizovány jako kompletní zlomeniny isthmusu, ačkoliv dislokace nemusí být zřejmá. Zlomeniny s linií lomu procházející oběma kortikami jsou potenciačně nestabilní
- typ B3 jsou zlomeniny proximálního polu
- typ B4 zlomeniny jsou spojeny s trasscaphoideální perilunární luxací karpu a jsou již svým vznikem nestabilní. Tato závažná poranění jsou často spojena se zlomeninou os triquetrum. Nejprínosnější je zde boční snímek [14].

**Typ C:** Opožděný stav hojení dle Herberta

**Typ D:** Trvalé kostní zhojení dle Herberta

- typ D1 zhojení vazivem
- typ D2 pseudoarttróza

typ A stabilní zlomeniny

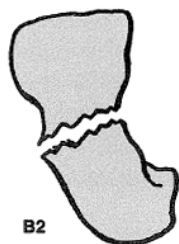


#### typ B nestabilní zlomeniny



B1

distální horizontálně  
šikmá zlomenina



B2

zlomenina těla



B3

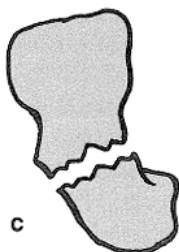
zlomenina  
proximálního pólu



B4

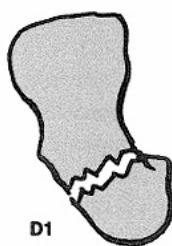
transcaphoideální perilunární  
dislokace karpu

#### typ C opožděné hojení



C

#### typ D trvalé kostní nezhojení



D1

zhojení vazivem



D2

pseudoartróza

**Obr. 3. Klasifikace zlomenin scaphoidea dle Herberta**

### 1.4 Vyšetření zápěstí

#### 1.4.1 Anamnéza

Nezbytnou součástí vyšetření zápěstí je podrobná anamnéza potíží. Cíleně se zjišťují informace o věku pacienta, o dominantní končetině, stupni aktivity a fyzické zátěži zápěstí, předchozím poranění karpu, popřípadě předchozím chirurgickém zákroku. Dále se zjišťuje podrobný charakter obtíží a jejich projevy při zátěži, faktory, které stav zlepšují nebo zhoršují, frekvence a trvání pozátěžových bolestí a otoků, subjektivní a objektivní ztráta motoriky zápěstí, současný stupeň sportovní a pracovní zátěže [19,33].

#### 1.4.2 Fyzikální vyšetření zápěstí

Součástí fyzikálního vyšetření je určení rozsahu aktivního a pasivního pohybu obou zápěstí. Na pohybu zápěstí se podílí v součinnosti radiokarpální, mediokarpální a distální radioulnární klouby. Pacient sedí při vyšetření naproti vyšetřujícímu, paže má

plně addukované k tělu, lokty jsou opřeny o vyšetřovací stůl. Zaznamená se každá porucha pohybu proti druhému zdravému zápěstí. Podle klinických zkušeností je každé omezení pohybu spojeno s objektivní patologií v oblasti karpu. Vyšetřuje se rozsah flexe a extenze zápěstí, rozsah radiální a ulnární dukce zápěstí a také rozsah pronace a supinace předloktí [19]. Při klinickém vyšetření se prokáže specifická palpační bolestivost při tlaku na „fossa tabatiere“, která se stupňuje radiální dukcí ruky. Sevření dlaně je bez síly, poklep na natažený palec bývá s bolestivou odezvou [33].

Naprostá většina karpálních poruch je lokalizována na radiální straně zápěstí. Je prokázáno, že až 95 % všech degenerativních změn karpu je spojeno s periscaphoideální patologií (poškození SL kloubu nebo paklob scaphoidea), jejímž důsledkem je artróza [15].

#### *1.4.3 Zobrazovací vyšetření fraktur*

Problematika diagnostiky zlomenin scaphoidea je stále předmětem odborných diskusí. V poslední době je zdůrazňována nutnost předoperačního CT vyšetření pro co nejpřesnější diagnostiku a klasifikaci zlomenin.

První rtg vyšetření os scaphoideum musí zahrnovat čtyři základní snímky: jeden zadopřední, jeden laterální a dva šikmé snímky. Tyto čtyři projekce (tzv. navikulární kvarteto) mohou odhalit až 97 % zlomenin scaphoidea [14,19].

Je-li první rtg vyšetření negativní a jsou přítomny klinické symptomy, je doporučeno znehybnit zápěstí do dlahy a opakovat rtg vyšetření po 2-3 týdnech (některé fisury jsou patrné až po dekalcinaci lomné linie) [33]. Resorpce s následkem rozšíření linie zlomeniny může přispět k verifikaci nálezu. Ostatní diagnostické metody a testy mohou přispět k tomu, že období znehybnění není nezbytné.

Pokud existuje podezření na zlomeninu, mohou být využity i jiné zobrazovací metody včetně USG, scintigrafie, počítačové tomografie (CT), magnetické rezonance (MR). Negativní scintigrafie vyloučí zlomeninu. Zvýšená fokální aktivita těsně po úrazu pouze ukazuje na poranění scaphoidea nebo případné natržení scaphoideolunárního vazy. Jednoznačný diagnostický přínos má CT vyšetření, které zhodnotí i přesný charakter lomu, tím i stabilitu zlomeniny a předpokládanou prognózu [7].

Standardně se provádí rtg snímek, CT popřípadě MR. Méně často je indikována scintigrafie nebo artrografie [19, 33].

#### *1.4.4 Algoritmus vyšetření úrazů zápěstí*

- Přesná klinická anamnéza
- Určení místa maximální palpační bolestivosti a na základě zjištěných informací stanovit vyšetřovací algoritmus
- První volbou je rtg vyšetření ve dvou základních projekcích. Je-li zachycena zlomenina nebo luxace, pacient je dále léčen bez dalšího vyšetření
- Je-li na snímku abnormalita nebo diskrétní fisura, je potřeba bližší diagnostiky pomocí speciálních, cílených rtg projekcí
- V případě pozitivního klinického nálezu a negativního rtg nálezu lze doplnit scintigrafií, CT, MR, dynamické vyšetření pod zesilovačem nebo artrografií

Mnoho druhů nestabilit karpu nemusí být provázeno jasným klinickým nálezem.

#### *1.4.5 Přehled zobrazovacích vyšetřovacích metod a jejich principů*

##### *1.4.5.1 Rtg vyšetření – základní princip*

Rentgenové záření vzniká ve vakuové trubici – rentgence, při dopadu prudce letících elektronů z katody na anodu. Vzniklé záření má schopnost proniknout snímkanou oblastí těla a způsobit zčernání fotografické emulze. Těchto vlastností rtg záření se využívá při zobrazení skeletu a měkkých částí [17].

Konvenční rtg patří stále k základním vyšetřovacím metodám v oblasti karpu při traumatickém postižení os scaphoideum. Rtg snímky musí být provedeny vždy přesně jak projekčně, tak i expozičně (příloha 10.2). V určitých případech totiž klasické snímky v kombinaci s klinickým nálezem stačí k rozhodnutí o léčebné strategii.

Rentgenové snímky se provádějí ve dvou na sebe kolmých projekcích, ve většině případů se dále doplní dvěma projekcemi šikmými. Zlomenina se projevuje jako porušení celistvosti kompaktní a spongiózní kosti. V případě, že jsou kostní fragmenty oddáleny, je patrné dobře hodnotitelné projasnění lomné linie. Jsou-li ale fragmenty

vpáčené, je linie lomu často nezřetelná nebo je její linie sytější. Ke zvýraznění lomné linie dochází přibližně za týden po částečné resorbci kosti v místě lomu [17, 29, 33]. Při frakturách na rtg snímku hodnotíme: tvar a velikost, změnu hustoty tkáně (většina zlomenin se projeví projasněním). Dále se hodnotí posuny fragmentů a jejich dislokace, posuzujeme měkké tkáně, hlavně otok a drobné kostní fragmenty. U dislokovaných zlomenin posuzujeme: posuny do strany, posun do délky, osovou odchylku [15].

Na rtg snímcích v klasických projekcích posteroanteriorní (PA) má kost člunková jedinečný tvar a uložení, na rtg snímku v bočné projekci je zcela překryta a sumuje se s ostatním skeletem zápěstí. Spolehlivě zobrazit a tedy i správně vyhodnotit linii lomu této kosti při skiografii je obtížné. Tuto skutečnost potvrzuje i fakt, že existuje neobvykle mnoho (až 24) skiografických projekcí kosti člunkové i mnoho doprovodných technik (zvětšení). Pro ozřejmení karpální kinematiky a při diagnostice nestabilit zápěstí je možno použít skiaskopické techniky nebo vyšetření pod rtg zesilovačem. Provádí se sledování flexe - extenze v laterální projekci a vyšetření ulnární a radiální dukce v předozadní projekci [6, 30].

První rtg snímek pro hodnocení poranění zápěstí byl proveden v roce 1897 a od té doby se technika snímkování značně zdokonalila, rozvinula a také se výrazně vylepšila diagnostická přesnost [11].

#### 1.4.5.2 CT vyšetření – základní princip

Výpočetní tomografie se stále více prosazuje v diagnostice poruch zápěstí. Je schopná zachytit patologie, které bychom jinak obtížně posoudili na klasických rtg snímcích. Jedná se o identifikaci jemných traumatických fisur, kostních cyst, volných tělísek, zhodnocení kloubního povrchu a rozestupu kloubních ploch, patologie a další.

Následné zpracování CT obrazů dvojrozměrnou a trojrozměrnou rekonstrukcí umožňuje prostorové zobrazení dislokovaných kostních fragmentů. Oproti klasickému rtg a MR obvykle lépe zachytí změny především v oblasti kostní kortikalis [14,17,33].

Zdrojem záření, stejně jako u konvenčního CT přístroje, je rentgenka, která produkuje záření o různých vlnových délkách, nízkenergetická složka záření je odfiltrována. Rentgenka pracuje s tvrdým zářením o napětí (120-140 kV).

Jde o denzitometrickou metodu, při níž je detekována denzita jednotlivých bodů zobrazované vrstvy tkáně během rotace systému rentgenka – detektor. Denzita je dána úbytkem procházejícího rentgenového záření. Náročnými matematickými výpočty na základě Fourierovy transformace počítač vytvoří matici bodů, tzv. pixelů (picture element), respektive voxelu (volume element), jelikož zde nejde o denzitu v ploše, ale v prostoru, kde osa Z je dána kolimací vrstvy [6, 9, 32].

Každý voxel je pak definován souřadnicemi X, Y, tloušťkou vrstvy Z a denzitou. Nejmodernější multidetektorové systémy pracují již s tzv. izotropními voxely, jejichž rozměry jsou ve všech osách stejné. Této výhody lze využít u postprocessingové rekonstrukce ve všech rovinách bez ztráty informace [9]. Denzita jednotlivých elementů je definována pomocí Hounsfieldovy stupnice, která sestává z 4096 stupňů Hounsfieldových jednotek (HJ). V celé této škále jsou definovány dva pevné body, denzita vzduchu (−1000 HJ) a denzita vody (0 HJ). Pro zobrazení jednotlivých tkání používáme pouze výsek z celé škály, tzv. okénko, ve kterém se denzity vyšetřované tkáně vyskytují. Vše, co se nachází mimo tento výsek směrem k záporným hodnotám, je černé, vše co se nachází směrem ke kladným hodnotám je bílé. Okénko je charakterizováno dvěma parametry: středem okénka C a šíří okénka W [32].

Způsob skenování u multidetektorového CT je zcela jiný než u konvenčního CT. Konvenční CT přístroj pracuje na principu rotačně – rotačním, kdy detektory (může jich být až 1000) jsou rozmístěny v kruhové výseči, která rotuje kolem pacienta synchronně s rentgenkou v plném kruhu. Během jedné otáčky rentgenky je proveden jeden sken, vyšetřovací stůl se posunuje mezi jednotlivými expozicemi na úroveň další vrstvy. Vzdálenost mezi jednotlivými vrstvami je volitelná, stejně jako i doba mezi skeny.

Stálou jednosměrnou rotací umožnilo až zavedení nového způsobu přenosu signálu z detektorů k rentgence, jedná se o tzv. slip-ring technologii. Pevné kabely jsou nahrazeny systémem po sobě klouzajících prstenců z vodivého materiálu. Tento technický pokrok umožnil na začátku 90. let nástup a rychlé rozšíření helikálního způsobu snímání. Vyšetřovanou oblast, celý její rozsah je skenován za jedné expozice, při které celý komplex rentgenky s detektory provádí více kontinuálních rotací kolem vyšetřovaného stolu na němž je uložen pacient za kontinuálního posunu stolu. Stůl je

rovnoměrně zasouván do gantry CT přístroje. Doba jedné otáčky rentgenky se pohybuje od 0,5 – 2s. Největší výhodou multidetektorového CT je objemové (tzv. volumové) nabírání dat a značné zkrácení doby vyšetření (skenovacího času). Z toho důvodu je možné vyšetřit velký kraniokaudální tělesný rozsah. Dnešní CT přístroje mají několik řad detektorů. Což umožňuje současné zobrazení několika vrstev (2, 4, 16, 32, 64...) za jednu otáčku rentgenky, tím se opět značně zkrátí expoziční čas. Jedná se o tzv. multislice CT, v dnešní době je vybavení rtg pracovišť tímto přístrojem nezbytností [6].

Technologie multislice CT představuje značný posun k možnosti izotropního geometrického rozlišení ve všech třech rovinách. Je zásadní u tvorby diagnosticky rovnocenných multiplanárních obrazových rekonstrukcí (koronární a sagitální) [9, 23, 32].

#### 1.4.5.3 MR vyšetření – základní princip

Zobrazování magnetickou rezonancí je založeno na principu zjišťování změn magnetických momentů souborů jader prvků s lichým protonovým číslem uložených v silném statickém magnetickém poli po aplikaci radiofrekvenčních pulzů [33].

V důsledku rotace protonů kolem své osy (spin) vzniká kolem jader s lichým protonovým číslem magnetické pole (magnetický moment). V MR diagnostice se využívá atom vodíku, protože má jediný (lichý) proton a tvoří významnou část biologických tkání. Vložíme-li vyšetřovanou tkáň do silného magnetického pole, dojde k uspořádání spinů protonů do jednoho směru, a to buď paralelně, nebo antiparalelně vzhledem ke statickému magnetickému poli. Vzhledem tomu, že antiparalelní postavení je o něco energeticky náročnější, existuje vždy o něco více protonů v energeticky méně náročném, paralelním postavení. Tento poměr je velmi malý – na jeden milion antiparalelních protonů připadá přibližně milion + 9 protonů paralelních. Tento poměr platí pro sílu statického magnetického pole 1,5 Tesla a je přímo úměrný této jeho síle. Tímto nepoměrem vznikne po umístění vyšetřované tkáně do statického magnetického pole nepatrný, ale přesto měřitelný magnetický moment. Na něm můžeme pozorovat dva druhy pohybu – jednak rotuje kolem své osy (spin), jednak po plášti pomyslného kužele, což se označuje jako precese. Aplikuje-li se radiofrekvenční pulz

(elektromagnetické vlnění) v pásmu krátkých rozhlasových vln o frekvenci, jež je shodná s frekvencí precese protonu, dojde k vychýlení magnetického momentu z původního směru o určitý úhel a také k synchronizaci precese všech protonů. Po ukončení pulzu dochází postupně k návratu do původního stavu. Čas nutný k návratu vektoru magnetického momentu do původního stavu je označován jako T1 relaxační čas, doba potřebná na opětovnou resynchronizaci precese jako relaxační čas T2. Oba jsou závislé zejména na složení hmoty v okolí zkoumaných protonů. Signál, který získáváme po sérii různých radiofrekvenčních pulzů, má stejný charakter – jde o elektromagnetické vlnění, které je registrováno pomocí přijímacích cívek a měří se jeho velikost. Tato série RF pulzů nutná k získání měřitelného signálu je označována jako sekvence. K vysílání a přijímání signálů se používá buď stejná, nebo různé cívky. Pro vytvoření co nejkvalitnějšího obrazu musí být především přijímací cívka uložena co nejbližší k vyšetřované oblasti [9, 17, 31].

Rezonanční frekvence protonů je závislá na intenzitě zevního magnetického pole. Jestliže toto pole vhodně upravíme pomocí gradientních cívek, lze získat informaci o místě, ze kterého signál pochází.

Při vyšetření jsou zhotovovány vrstevné obrazy pomocí různých typů sekvencí, které nás informují o rozdílech v relaxačních časech T1 nebo T2 (T1 a T2 vážené sekvence) nebo o množství protonů (sekvence vážená podle protonové denzity). Pro získání úplné informace je třeba porovnat intenzitu signálu stejného místa při různých sekvencích. Proto se vždy zhotovuje větší počet různých typů sekvencí a využívá se možnosti získat obrazy v libovolné rovině.

Kromě základních typů sekvencí jsou k dispozici i speciální sekvence, kde obrazy jednotlivých tkání mohou být odlišné. Například sekvenci se saturací tukové tkáně, jejichž použitím se například mnohonásobně zvýší citlivost detekce edému kostní dřevě.

Emitované relaxační signály jsou následně analyzovány systémem a na obrazovce monitoru se zobrazuje vypočítaný rekonstruovaný obraz [31].

Ve srovnání s rtg snímky se při vyšetření MR detailně zobrazí nejen skelet, ale také chrupavčité části kloubů, šlachy, vazy a měkké tkáně. Při vyšetření lze zachytit prodloužení a nepravidelnosti v průběhu vazů nebo jejich plnou absenci. Vysokou



citlivost má MR také pro diagnostiku synoviálních procesů a znázornění kolekce tekutin. Užitečná je také k posouzení vitality kostní tkáně nebo k diagnostice chronických tendinitid a tendosynovitid. MR je také určeno k vyhodnocení podezření na avaskulární nekrózu, okultní fraktury a neoplazie (pozdní následky) [17].

#### 1.4.5.4 Nukleární medicína - scintigrafie

Scitigrafie vychází z poznatku, že kostní metabolismus závisí na osteoblastické aktivitě a lokálním cévním zásobení. Vyšetření je prováděno radioaktivním agens, distribuce radionuklidu je detekována gamakamerou. Metoda je výtěžná především pro zachycení metastatických procesů, kloubní degenerace, avaskulární nekrózy karpálních kůstek. Radioulnární artritidy, septické artritidy, ulnokarpálního nebo radiokarpálního impingementu a reflexní sympatické neurodystrofie. Abnormální scan ukáže „horkou“ lokalitu v případě tumoru, osteomyelitidy, traumatu a „studenou“ oblast např. při avaskulární nekróze.

Avaskulární nekróze jako následku zlomeniny nejnáze podlehne proximální část scaphoidea, popisovány jsou posttraumatické avaskulární nekrózy os capitatum nebo os hamatum. Ideopatická avaskulární nekróza nejčastěji postihuje os lunatum nebo os scaphoideum [14, 16].

#### 1.4.5.5 Artrografie

Artrografie se provádí pomocí instilace kontrastní látky do oblasti synoviálního kloubu. Vyplnění kloubu se poté sleduje skiaskopicky. Artrografie je schopna zachytit abnormality na kloubní chrupavce, synoviální a kapsulární trhliny, ruptury interoseálních ligament, volná tělíška, defekty a další.

Jako nejpřesnější metodu je možno použít tříkompartmentovou artrografii. Při vyšetření je sledováno zatékání kontrastní látky mezi jednotlivé kompartmenty. Tato metoda ozřejmí akutní léze interoseálních vazů, její citlivost klesá s odstupem od úrazu, kdy dochází k formování jizvy, která brání prostupu kontrastu.

Význam artoografie klesá, nález musí být vždy v korelaci s klinickými potížemi [19]. V praxi se však do popředí čím dál tím víc dostává MR artrografie, která v sobě

kombinuje možnost přímého zobrazení náplně kloubního pouzdra a vynikající tkáňové rozlišení MR.

### ***1.5 Terapie fraktur os scapuloideum***

Asi 95 % zlomenin scapuloidea se zhojí běžnými léčebnými postupy. Pokud tomu tak není po šesti a více měsících, další pokračování v konzervativní léčbě je zbytečné. Špatnými prognostickými ukazateli jsou vznik dislokace během léčby, narůstající obraz linie lomu, přítomnost cystických změn. Je-li interval mezi úrazem a stanovením diagnózy větší než tři měsíce, můžeme se pokusit o konzervativní terapii imobilizací na 2-3 měsíce. Jestliže vymizí na rtg linie lomu a jsou známky přestavby po této době, musíme zvolit některý z operačních postupů léčby. K nejúspěšnějším patří aplikace spongioplastiky s následnou imobilizací do obnovení kostní struktury [15, 19,].

Dojde-li k avaskulární nekróze proximálního fragmentu (nárůst denzity na rtg), je menší šance dobrého výsledku po aplikaci spongiózního štěpu. Ačkoliv odstranění nekrotického fragmentu způsobí dočasnou úlevu obtíží, pacient uvádí oslabení úchopu a bolesti po delší námaze. Později dochází k rozvoji posttraumatické artrózy.

Přítomnost pakloubu je predispozicí k rozvoji artrózy. Spongioplastiky či jiné zákroky podporující kostní hojení mohou být úspěšné, rozvoj artrózy však vždy vede k postižení funkce. Artrodéza zápěstí zajistí úlevu od obtíže a obnovu funkce ruky v těchto případech [18].

#### ***1.5.1 Léčba akutních fraktur střední třetiny scapuloidea***

Z hlediska lokalizace lomné linie se zlomeniny scapuloidea nejčastěji vyskytují ve střední třetině – 75 %, méně často v proximální třetině – 20 %, a nejméně v distální třetině [33]. Fraktury scapuloidea jsou obecně známé vysokou četností opožděného hojení a vznikem pseudoartróz. Tyto špatné výsledky bývají vysvětlovány opožděním počátečního znehybnění, a to buď proto, že sám pacient nevyhledal lékařské ošetření hned po zdánlivě triviálním poranění, nebo kvůli špatné diagnostice. Zápěstí je tedy poté léčeno jako samostatné poranění scapuloidea spíše než poranění s rozsáhlým karpálním postižením. Ztráta podpory scapuloidea způsobuje nestabilitu karpu a

deformuje nosné vlastnosti. Lunatum přechází do extenze a dochází k porušení osového uspořádání radius-lunatum-capitatum. Karpus dostává klikatý vzhled, který bývá pojmenován různými názvy (harmonika) Dislokace a rozšíření úlomků zlomeniny a směr linie zlomeniny mohou rovněž naznačit potenciální nestabilitu. Zlomeniny scaphoidea mohou být také spojeny se scaphoideolunární disociací. U chybného karpálního uspořádání by měla být zvážena indikace podrobnější analýzy, která omezí výskyt nerozpoznané pseudoartrozy nebo malpozičního zhojení [19].

#### 1.5.1.1 Konzervativní léčba

V konzervativní léčbě akutních zlomenin scaphoidea existují tři hlavní sporné oblasti: postavení zápěstí v sádře, nutnost umístit do sádry i jiné klouby než jen zápěstí a doba nutné imobilizace [19, 33].

Nedislokované, akutní fraktury os scaphoideum, které jsou pravděpodobně stabilní, mají výbornou prognózu, pokud jsou časně diagnostikovány. Takovéto fraktury vyžadují spíše zpevnění než repozici, a to vysvětluje, proč má v praxi postavení zápěstí jen malý vliv na míru úspěšného zhojení těchto zlomenin.

Znehybnění jiných kloubů patří mezi další sporné body konzervativní léčby. Nejčastěji se provádí fixace palce v opozici, scaphoideum je funkčně spojeno s prstovým paprskem palce. Dále se provádí znehybnění prstů v tříprstové sádře, které se doporučuje pro udržení potencionálně nestabilních zlomenin scaphoidea ve správné pozici a také v rámci pooperační péče v období počátečního vaskulárního období hojení zlomeniny. Udává se, že delší doba imobilizace přináší vyšší pravděpodobnost úspěšného zhojení.

V dnešní době platí, že převážná většina nedislokovaných zlomenin scaphoidea se zhojí při správném znehybnění a dostatečně dlouhé době imobilizace [7].

Při nejistotě zda jde či ne o zlomeninu stabilní či nestabilní, je možné diagnózu potvrdit pomocí CT vyšetření (příloha 10.3). Stabilní zlomeniny, tedy zlomeniny bez dislokace, angulace, mohou být léčeny pomocí palcového sádrového obvazu po loket. Nestabilní zlomeniny jsou takové, které buď vykazují dislokaci větší než 1mm, nebo angulaci úlomků spojenou s abnormálním karpálním uspořádáním. Pokud se

u nestabilních fraktur přistoupí na konzervativní léčbu, musí být zajištěno správné karpální uspořádání. Zavřená repozice bývá velmi složitá a často nevede k uspokojivému výsledku. Naprosto nezbytné je akceptovat pouze a jedině anatomické uspořádání. Pokud nelze dosáhnout a udržet anatomické uspořádání karpu, měla by být nestabilní fraktura léčena otevřenou repozicí a vnitřní fixací. Zlomeniny starší než 3 týdny jsou vystaveny zvýšenému riziku pseudoartrózy. U takových zlomenin považujeme za vhodné počáteční znehybnění po dobu 2-3 týdnů v sádře nad loket [19, 33].

#### 1.5.1.2 Operační léčba akutních zlomenin scaphoidea

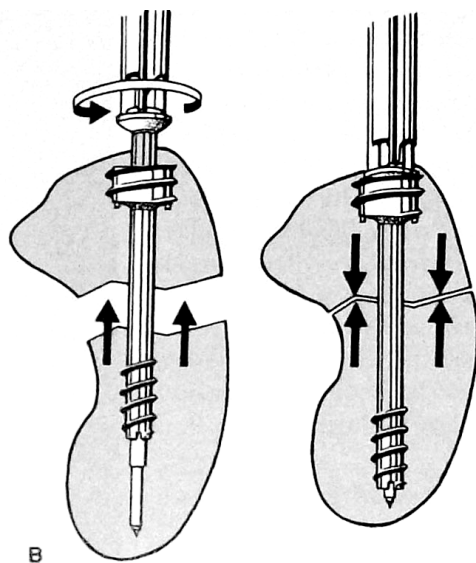
U dislokovaných nestabilních zlomenin nebo zlomenin s angulací je vyžadována ke zhojení nejlépe otevřená repozice s vnitřní fixací. U těchto typů fraktur dochází ke ztrátě karpálního uspořádání, které nemůže být dostatečně napraveno a udrženo repozicí v sádře. Fixační metoda může zahrnovat K-dráty (Kirschnerovy dráty), šrouby nebo paměťové svorky v závislosti na preferencích a dovednostech operátora. Mnohá pracoviště preferují v dnešní době perkutánní osteosynthesez tahovým Herbertovým šroubem (obr.4.), zanořeným pod niveau kosti, který nevyžaduje extrakci [6, 7].

Operace se provádí za skiaskopické kontroly. Po operaci se imobilizuje dlahou, ortezou do zhojení rány. Cvičení a rehabilitace jsou zahájeny již první pooperační den, silové cvičení je doporučováno až po zhojení (kolem 6-8 týdne od operace při dokonalé konsolidaci zlomeniny). Jak uvádí Whipple, včasná mobilizace je důležitá pro lepší nutrici chrupavky, prevenci vzniku fibrózních srůstů, kontraktur a demineralizaci z dlouhé imobilizace. Nemanuálně pracující se vracejí do zaměstnání časně, manuálně pracující jsou poučeni vyhnout se pracovní zátěži po dobu 3 měsíců. Protože povrch os scaphoideum je až na malé okrsky chrupavčitý, je hojení těchto fraktur intraosseální proces. Nepozorujeme tedy typickou tvorbu svalku a hodnocení postupu hojení konvenčním rtg vyšetřením je tedy velmi obtížné [19].

Proto se v některých případech provádí i CT vyšetření. Za zhojení je považován stav, kdy vymizela palpační bolestivost ve foveola radialis a kdy je na rtg snímku

sledovatelná konsolidace v oblasti původní lomné linie. Doba potřebná k takto definovanému zhojení je udávána průměrně od 7 do 13 týdnů [5, 6].

Poukazuje se však na skutečnost, že dokonce ani po období 6 měsíců, kdy na rtg snímcích nenalézáme žádné nepříznivé známky pro hojení (přetrvává lomná linie, migrace implantátu) nelze s určitostí hovořit o tom, že by se fraktura zhojila. [6].



**Obr.4. Herbertův šroub – možnost stabilizace fraktury scaphoidea**

#### *1.5.2 Léčba akutních fraktur proximální třetiny scaphoidea*

Léčba zlomenin proximální třetiny závisí na rozsahu a vaskularitě úlomku a stáří zlomeniny. Čerstvá poranění se mohou zhojit po dlouhodobém znehybnění. Jedná-li se však o zlomeninu celé třetiny je metodou volby retrogradní fixace fragmentu krátkým Herbertovým šroubem. Lze také použít Kirschnerovy dráty, nebo Russeovu techniku kostního štěpu. U zlomenin, jež nesrostou ani po šesti týdnech, jsou-li fragmenty menší než 30 % scaphoidea, lze aplikovat vaskularizovaný kostní štěp. Prioritní je ovšem metoda fixace Herbertovým šroubem. Pokud nelze stav řešit operací nebo pokud není možné pro velikost fragmentu užít tyto techniky fixace, dává se sádrová palcová spika

nad a pod loket na dostatečně dlouhou dobu (3-5 týdnů). Další konzervativní alternativou je elektrická stimulace [19].

### *1.5.3 Léčba akutních fraktur distální třetiny scaphoidea*

Zlomeniny této oblasti jsou vzácné. Mohou se týkat pouze tuberkulu nebo celé distální třetiny kosti. Zlomeniny hrbole scaphoidea jsou extraartikuární, obvykle stabilní s vydatným přísunem krve. Obvykle se hojí rychle, nejlépe v krátké sádrové dlaze po dobu 3 až 6 týdnů. Někdy je však obtížné tuto zlomeninu odhalit, proto je nezbytné doplnit CT vyšetření. Znehybnění v sádře se jeví u distálních zlomenin úspěšným. Jsou-li úlomky zlomenin dislokovány, uvažuje se o otevřené repozici a vnitřní fixaci [7, 19, 33].

## **2 Cíl práce a hypotézy**

### **2.1 Cíl práce**

#### *2.1.1 Vytvoření neoptimálnějšího algoritmu vyšetření os scaphoideum*

Cílem mé práce je vytvořit optimální vyšetřovací protokol pro diagnostiku fraktur os scaphoideum. Vypracovala jsem ucelený přehled jednotlivých vyšetřovacích alternativ od nejjednodušších až po ty nejnovější a technicky náročnější. Každá z vyšetřovacích metod má své specifikum a každá má své výhody i nevýhody. Základem, a to platí neustále, je postupovat od nezákladnějších, diagnostických postupů, tzn. klinické vyšetření (palpační manévry) a rtg (4 základní projekce na os scaphoideum), k postupům složitějším - CT popřípadě MR.

Pokusila jsem se zjistit pomocí retrospektivní studie využití a přínos již zmíněných vyšetřovacích metod a posoudit, zda jsou výhodné či nevýhodné a zda je stávající vyšetřovací algoritmus pro tuto problematiku optimální.

Úkolem práce je dále shrnutí a popis jednotlivých diagnostických technik.

Předpokládám, že tato problematika bude i nadále aktuální. Poranění a úrazů zápěstních kůstek, konkrétně kosti člunkové přibývá. Jelikož definitivní stanovení diagnózy (potvrzení či vyloučení fraktury) je v této oblasti dosti obtížné, jeví se mi tato problematika zajímavou.

### **2.2 Hypotézy**

#### *2.2.1 MDCT je metodou volby při diagnostice fraktur os scaphoideum*

Předpokládám, že CT vyšetření při diagnostice fraktur os scaphoideum je metodou volby. I když se domnívám, že prvotním a základním vyšetřením by měl být rtg snímek, který je levnější, rychlejší a dostupnější. Ne ve všech případech je však rtg vyšetření dostačující, zvláště při nejednoznačné diagnóze. CT vyšetření je cenově nákladnější, radiační zátěž pro pacienta je větší, ale senzitivita vyšetření je oproti rtg zobrazení vyšší. Diagnostický přínos CT zobrazení vyváží jak vyšší cenu, tak větší radiační zátěž. Tabulka v příloze 10.1 obsahuje ceník jednotlivých vyšetření.

### *2.2.2 Využití MR při diagnostice fraktur os scaphoideum je přínosným vyšetřením a je nutné ho zařadit do vyšetřovacího algoritmu*

Domnívám se, že vyšetření magnetickou rezonancí je v diagnostice a kontrole terapie fraktur os scaphoideum velmi přínosným vyšetřením. Jeho senzitivita a specifita jsou vysoké. Je ovšem velmi nákladné, časově náročné a na mnoha pracovištích nedostupné. I když není magnetická rezonance příliš vhodná na detekci skeletu jako takového, lze určitými sekvencemi některé patologie ve struktuře skeletu zobrazit (př. aseptickou nekrózu).



### 3 Metodika

#### 3.1 Rtg snímky os scaphoideum

##### 3.1.1 Základní projekce zápěstí a os scaphoideum

Existuje mnoho variant provedení snímků, ale za zlatý standard jsou považovány dvě projekce:

- PA projekce – posteroanteriorní
- Laterální projekce

Tyto dvě projekce dávají základní přehled o zápěstí. Umožňují měřit sklon kloubních ploch distálního radia. Na laterální projekci je kontrolováno sousední postavení radia, lunata, capitata a metacarpů [19].

Mimo tyto dvě základní projekce lze doplnit další cílené snímky, které zachytí některé specifické patologie:

- 45° pronační šikmá projekce jediná ozřejmí trapeziotrapezoideální kloub. Tato projekce umožní šikmý pohled na scaphoideum (diagnostika fraktur scaphoidea)
- posteroanteriorní projekce v ulnární dukci zápěstí zachytí podélnou osu scaphoidea a snáze odhalí scaphoideolunární disociaci, zlomeninu scaphoidea, ulnární translaci carpu, poškození radiokarpálních vazů a radiální axiální nestability
- posteroanteriorní (zadopřední, dorzovolární) projekce v radiální dukci zápěstí je schopna upozornit na poranění ulnárních postranních vazů
- laterální projekce (bočná, radioulnární) v maximální flexi a maximální extenzi
- karpální tunelová projekce (axiální, distoproximální)
- posteriorní projekce s rukou sevřenou v pěst, popř. se závažím 2 kg odpovídá nejvíce funkčnímu postavení zápěstí při zátěži [19, 29, 30].

##### 3.1.2 Přehled rtg projekcí karpu a os scaphoideum

- Zadopřední, dorzovolární projekce

Snímkovací stůl, kazeta 13/18 s ostře kreslícími fóliemi nebo formát 18/24 půlený. Fixační pomůcky, klínky.

Pacient sedí pohodlně bokem ke stolu, ruku má položenou dlaní na kazetě. Prsty lehce pokrčíme a opřeme o stůl, případně podložíme klínkem, buničinou nebo pěnovou hmotou k dokonalému přitisknutí volární strany zápěstí ke kazetě. Centrální paprsek (CP) míří kolmo do středu zápěstí a středu kazety s filmem. Nutné je dokonalé vyclonění primárního svazku záření, při použití kazety formátu 18/24 vykrytí nesnímkované poloviny olověnou gumou. Stranová značka P, L dle vyšetřované strany distálním rohu filmu [28,29].

- Boční, radioulnární projekce

Technické předpoklady jsou zde tytéž jako u zadopřední projekce

Pacient sedí bokem ke stolu, zápěstí nataženo, ruka spočívá malíkovou stranou na kazetě. CP směřuje do středu zápěstí a kazety. Opět nutné dokonalé vyclonění svazku záření, při použití formátu 18/24 vykrytí nesnímkované části kazety olověnou gumou. Ruka by měla být při nastavování pacienta v přesné boční projekci. Palec v abdukci. Dokonalá fixace předloktí fixačním pásem nebo pytlíky s pískem. Při kontrolách bezprostředně po sejmutí sádry je vhodné fixovat ruku opřením o polštář či pytlík s pískem [28].

- Projekce šikmá, dorzovolární

Snímkovací stůl, kazeta s ostře kreslicími fóliemi formátu 15/40 nebo 20/40 dělená na 4 snímky, případně 13/18 na jednotlivé snímky, dle zvyklostí oddělení. Fixační pomůcky, klíny.

Pacient sedí bokem ke stolu, ruku položíme malíkovou hranou na kazetu tak, aby střed zápěstí ležel na středu kazety. Do dlaně vyšetřované končetiny vsuneme hrudku z pevné hmoty a ruku smírně pokrčenými a roztaženými prsty opřeme pevně o hrudku a kazetu. CP je kolmo do středu zápěstí a snímkované části kazety. Opět nutné dokonalé vyclonění primárního svazku záření, dokonalé vykrytí nesnímkované části kazety olověnou gumou, stranová značka P, L dle snímkované strany v distálním rohu filmu [28].

- Projekce v ulnární dukci

Technické předpoklady stejné jako u předešlé projekce. Pacient sedí bokem ke stolu, ruka položená volární stranou na kazetě a maximálně přitažena malíkovou stranou

k předloktí. CP míří kolmo do středu zápěstí a snímkovaného pole kazety. Dokonalé vyclonění primárního svazku záření, při snímkování celé série snímků na kazetu formátu 15/40 nebo 20/40 musíme zakrývat osnímkované i neosnímkované pole dvěma pláty olověné gumy. Tato projekce je u čerstvých poranění bolestivá, proto je nutné rychlé provedení a dokonalá fixace

- Projekce v radiální dukci

Technické předpoklady totéž jako u předešlé projekce.

Pacient sedí bokem ke stolu, ruka je uložena volární plochou na kazetě, palcová strana je maximálně přitažena k předloktí. CP míří kolmo do středu zápěstí a snímkovaného pole kazety.

Připomínky tytéž jako u snímku v ulnární dukci

- Projekce volodorzální, šikmá

Provádíme jako čtvrtý snímek série na kazetu formátu 15/40 nebo 20/40 nebo jednotlivý snímek na kazetu 13/18 s ostře kreslícími fóliemi.

Pacient sedí bokem ke stolu v mírném předklonu, ruka vytočena dlaní vzhůru směrem k rentgence, palec doléhá hřbetem na kazetu. Zvednutá malíková hrana ruky svírá s úložnou deskou úhel 45°. Předloktí dotýká vyšetřovacího stolu. CP míří kolmo do středu zápěstí a snímkované části kazety. Nutno dokonale clonit primární svazek záření, při snímkování formátu 15/40 nebo 20/40 vykrytí tří snímkových polí olověnou gumou. Tato projekce přináší překvapivě dobré výsledky, nehodí se však pro staré lidi s porušenou stabilitou [28, 29, 30].

### 3.1.3 Parametry vyšetření

Snímkování zápěstí (os scaphoideum) nevyžaduje žádné speciální nářadí, je možné je provádět s jakýmkoliv zařízením, jež je k dispozici pro běžné snímkování. Také běžné vybavení vyšetřovny fixačními a ochrannými pomůckami je dostačující. Příprava pacienta spočívá v řádném obnažení snímované oblasti a odstranění veškerých kontrastních předmětů, které by mohly narušit posuzování snímku (prsteny, náramky, hodinky,...).

Zápěstí se snímkuje dle výše zmíněných projekcí, často v sádrové dlaze. Při volbě expozičních hodnot je důležitá skutečnost, zda jde o sádro suchou nebo mokrou (čerstvou). Dle tloušťky zobrazované končetiny přidáváme na suchou sádro o 5-8 kV vyšší hodnoty a u čerstvé sádry o 10-15 kV více. Stranové značky umísťujeme tak, aby byly čitelné při vyvěšení snímků na negatoskop [28, 29].

- Přístroj: bez/s usměrněním
- Rentgenka – ohnisko: s pevnou i rotační anodou, menší z ohnisek
- Nářadí: snímkovací stůl, eventuelně obyčejný stůl
- Vzdálenost ohnisko – film: zpravidla 100cm
- Film: fóliový s ostře kreslícími zesilujícími fóliemi, 13/18 na každou projekci nebo 18/24 dělený
- Clony primární: dokonalé vyclonění, event. úzký tubus
- Clony sekundární: žádné
- Pomůcky: fixační pás, Pb guma
- Stranová značka: P, L (standartně nebo zrcadlově dle projekce) v distálním rohu filmu
- Expoziční hodnoty: 50 – 60 kV, 40 – 60 mAs

#### 3.1.4 *Filmový materiál, formát filmu*

Pro rtg diagnostiku je prioritou citlivost filmu z důvodů co nejkratších expozic. Při snímkování zápěstí a os scaphoideum se standardně používají tyto formáty filmů, 13/18 pro jednotlivé projekce, 18/24 půlený nebo 18/43 nebo 20/40 dělený pomocí olověné gumy na tři až čtyři snímkové pole. Filmy jsou fóliové s ostře kreslícími zesilujícími fóliemi. Film je vložen mezi zesilující fólie a je senzibilizován na světlo, které je emitované těmito fóliemi. Díky zesilujícím fóliím je redukována dávka nejen pro pacienta, ale i pro personál, dosahuje se kratších expozičních časů, snižuje se tepelná zátěž rentgenky, zvětšuje se rozsah volby kV (kontrast) a používá se menší ohnisko (větší ostrost).

Na rtg filmy je dáno pět základních požadavků: stálost obrazu, vysoká rozlišovací schopnost, mechanická pevnost, chemická odolnost a nehořlavost [29].

## 3.2 *Spirální multidetektorové CT (MDCT)*

### 3.2.1 *Vyšetřovací protokol*

Cílem je dosažení dvou sad obrazů, a to koronární a sagitální, obě paralelní s dlouhou osou kůstky (příloha 10.4). Zatímco u konvenčních skenerů bylo nutno zápěstí přesně polohovat k dosažení co nejpřesnější projekce (pro pacienta to ve většině případů bylo velmi dyskomfortní), objemové izotropní volumetrické skenování MDCT umožňuje zdrojové řezy sejmout v jakékoliv rovině a požadované dvě sady zhotovit pomocí techniky multiplanárních rekonstrukcí (MPR).

CT vyšetření se na našem pracovišti provádí na přístroji MX 8000 firmy Philips se čtyřmi řadami detektorů. Pacient leží na vyšetřovacím stole v pronační poloze (na břicho). Vyšetřovanou horní končetinu má vzpaženou a v lokti flektovanou, dlaň ruky se celou plochou dotýká podložky v mírné či plné ulnární dukci tak, že osa I. metakarpu a radia je rovnoběžná s dlouhou osou stolu (šikmá sagitální projekce kosti člunkové). Následuje helikální akvizice dat v modu vysokého rozlišení (HR) s následujícími parametry (tabulka č. 1.). Data získaná v šíři vrstvy 0,6mm slouží jako sekundární data pro MPR a 3D rekonstrukce.

Na našem pracovišti (KNTB Zlín) je vyšetřovací algoritmus helikální, kolimace vrstvy 0,6mm, pitch 0,875, rekonstrukční inkrement 0,3mm. Parametry na rentgence jsou 35mAs, voltáž je 90kV. Rozsah rotace rentgenky je 360°, rotační perioda 0,75s. Rekonstrukční algoritmus používáme vysokofrekvenční, se zvýrazněním přechodů densit.

Kromě podrobné analýzy zdrojových skenů provádíme standardně sérii rekonstrukcí v koronární rovině, odstup a šíře rekonstruovaných skenů je 1mm, množství koronárních rekonstrukcí bývá okolo dvaceti. Koronární rovina je vhodná k posouzení linie lomu v axiální a koronární rovině. Další standardně rekonstruovanou rovinou je sagitální šikmá rovina, zachycující os scaphoideum v podélné ose, což je vhodné pro transverzální a koronární linie lomu, včetně šikmých fraktur. Sagitálních rekonstrukcí zhotovujeme 16-20 podle šíře a tvaru člunkové kosti.

Někdy bývá velmi vhodným doplňkem rekonstrukce v 3D algoritmu, na našem přístroji je vhodná předdefinovaná stínovaná VRT rekonstrukce (příloha 10.5).

Ve zvláštní případech je možno provést definici tkáně a případné barevné odlišení patologických nálezů. V 3D algoritmu je též možno použít subvrstvy procházející středem člunkové kosti v jakékoliv rovině. 3D rekonstrukce jsou vhodné zejména ve složitějších případech, kdy je přítomno poranění i ostatních kůstek zápěstí, event. luxace.

Pro CT zobrazení zápěstí byly popsány mnohé způsoby skenování v rovině axiální, koronární, sagitální a šikmé sagitální, tj. podél dlouhé osy kosti člunkové. Každá z uvedených možností má svoji specifiku, závisí na klinické problematice a odlišnosti jednotlivých anatomických struktur zápěstí.

Rekonstrukce musí mít vysokou kvalitu, ke stanovení diagnózy je zcela vyhovující obraz v koronární a šikmé sagitální projekci kosti člunkové dosažitelný na každém helicálním CT přístroji. Důležité je dobře pacienta polohovat a vyšetřovat tenkými řezy při použití modu vysokého rozlišení (HR). Poloha pacienta musí být dostatečně komfortní, aby byla zaručena jeho spolupráce. Někteří pacienti mohou mít problém s pronační polohou na břiše (nemohoucí, obézní, těžce ranění, staří), je-li však CT tým obeznámen a zručný s polohováním jednotlivých variant projekcí, je čas, který pacient stráví na vyšetřovacím stole, velmi krátký, přibližně 3-5 minut.

Přínos CT tkví v definitivním potvrzení či vyloučení zlomeniny kosti člunkové a stanoví typ zlomeniny. Má rozhodující význam při stanovení typu léčby a v posouzení konsolidace fraktur.

**Tabulka č.1. CT vyšetřovací protokol na CT pracovišti KNTB Zlín.**

<b>Skenovací parametry (akviziční)</b>	
FOV (mm)	180
Tilt	0
Lenght (mm)	20,1
Scan time (s)	18,23
Increment (mm)	0,3
Thicknes (mm)	0,6
Pitch	0,875
Voltage (Kv)	90
MAs/slice	35
Ror. Time (s)	0,75
Resolution	standart
Voice	none
CTDI vol (mGy)	2.0
<b>Rekonstrukční parametry</b>	
Recon	Concurrent
No of slice	66
Center x (mm)	0
Center y (mm)	0
Windov center	500
Windov Width	2000
Recon Angle	360
Filter	D
Matrix	512

### 3.2.2 Skenovací a zobrazovací parametry

#### 3.2.2.1 Skenovací parametry / akviziční parametry

Do skupiny těchto parametrů řadíme napětí (kV), proud (mAs), rychlost posunu stolu během expozice, doba jedné rotace komplexu rentgenka – detektory, pitch faktor, kolimace, rotační perioda. Skenovací parametry musí být vhodně nastaveny před samotným vyšetřením, neboť mají přímý vliv na výslednou podobu hrubých dat (raw data). Tato data až na výjimky nelze měnit dodatečně po ukončení skenování při následném zpracování obrazových dat [7, 25].

Napětí rentgenky se ve většině indikací pohybuje mezi 120-140 kV. Vysoké napětí zajišťuje dobrou penetraci i u vysokodenzních struktur. Dále klesá podíl nízkoenergetické složky záření, která je plně absorbována tělem a zvyšuje jeho radiační zátěž. Nastavení vyššího napětí snižuje maximální přípustnou hodnotu nastavení proudu. Velikost proudu na rentgence je jednou ze zásadních proměnných ovlivňujících charakter a kvalitu jak hrubých dat tak i výsledného obrazu. Nastavením proudu lze bezprostředně ovlivnit míru kvantového šumu. Hlavní úlohu zde má tepelná kapacita rentgenky, která nedovoluje libovolné nastavení mAs. U spirálního CT se volí hodnoty proudu kolem 35 mAs. Rotační perioda je doba, za kterou se soustava rentgenky a detektorů otočí o 360°. **Kolimaci** (šíří vrstvy) volíme s ohledem na rozměry vyšetřovaného objemu, čím menší objekt chceme vyšetřit, tím menší kolimaci vrstvy lze použít. **Rychlost posunu stolu (table speed)** v průběhu kontinuálního skenování (nahrazuje posun stolu mezi skeny, jež se používal u konvenčního CT). Je určena vzdáleností, kterou urazí stůl v době jedné kruhové rotace rentgenky, nejběžněji tedy za 1s. Na rozdíl od konvenčního CT, lze u spirálního CT z objemových dat rekonstruovat výsledné obrazy s libovolným krokem, včetně překryvu vrstev, přičemž nižší hodnoty zvýší kvalitu 2D i 3D rekonstrukcí. **Pitch** – je poměr mezi hodnotou posunu stolu za jednu rotaci vůči kolimaci vrstvi (anglický výraz = stoupání vrtule). Jde o bezrozměrné číslo, nabývající nejčastěji hodnot 1,0-2,0. Jestliže tedy nastavíme tloušťku vrstvy 5mm, a rychlost posunu stolu za jednu rotaci 5mm, skenujeme s hodnotou stoupání (pitch) = 1,0. Zvýšíme-li rychlost posunu na 7,5mm/rot., hodnota stoupání vzroste na 1,5; při rychlosti 10mm/rot. Nabývá hodnotu 2,0. Jinými slovy,



při nastavení stoupání 1,0 jsme schopni ve výše uvedeném případě během 30s expozice vyšetřit kraniokaudální tělesný rozsah 15 cm, při stoupání 3,0 bude již tento rozsah 30 cm [22].

### 3.2.2.2 Obrazové parametry

Mezi obrazové parametry patří matrice, FOV (field of view – velikost zobrazovaného pole), inkrement, typ výpočetního algoritmu použitého k rekonstrukci obrazu z hrubých dat a v případě spirální akvizice i stanovení vzdálenosti intervalu mezi rekonstruovanými vrstvami.

Matrice udává počet bodů matice, kterou je tvořen axiální obraz. Čím jemnější matrice je použita, tím má axiální obraz za použití expozice větší geometrické rozlišení, nevýhodou je však stoupající objem těchto dat.

FOV je významným prvkem, jež ovlivňuje rozlišovací schopnost obrazu. Velikost pole a jeho střed nastavujeme na již zhotoveném topogramu. Zmenšení FOV vede ke zvětšení geometrického rozlišení obrazu. Například změna FOV z 35-50cm při zobrazení celého hrudníku na 20-25cm při cílení na jednu plíci vede ke zmenšení velikosti pixelu z 1,0mm na 0,4mm při použití matice 512x512. Snaha o použití co nejmenší možné velikosti zobrazovaného pole je základním pravidlem CT zobrazování. Nevhodně zvolená velikost FOV je častou chybou vyšetřujících obsluhy a způsobí horší zobrazení anatomických detailů. Následné zvětšení (magnification) už nemůže velikost pixelů změnit, a proto nemá vliv na prostorovou rozlišovací schopnost CT obrazu [25, 32].

Nastavení vzdálenosti mezi rekonstruovanými topogramy (rekonstrukční interval, inkrement) je parametr, který udává o kolik se jednotlivé obrazy budou překrývat. Jedná se o specifickou výhodu spirálního CT. Rekonstrukční interval nesouvisí s virtuální tloušťkou rekonstruovaných vrstev, ta je neměnná, definovaná výchozí kolimací a hodnotou pitch. Běžně platí, že pokud neplánujeme zhotovení 2D a 3D rekonstrukcí, volíme inkrement shodný s výchozí kolimací vrstev. Zhotovení 2D a 3D rekonstrukci vyžaduje výpočet zdrojových vrstev v těsnějších vzdálenostech, nejčastěji odpovídajících polovině hodnoty výchozí kolimace vrstev. Z toho vyplývá, že

při helikálnímu způsobu CT vyšetření lze získat téměř neomezené množství obrazů, omezením je přitom kapacita obrazové paměti a rychlost počítače [9].

Vhodnou volbou výpočetního algoritmu pro zpracování naměřených hrubých dat významně ovlivňuje kvalitu konečného zobrazení vyšetřovaných tkání. Jestliže chceme obraz vyhladit a tím snížit množství viditelného šumu pro lepší rozlišení různých měkkých tkání, volíme měkký (soft) rekonstrukční algoritmus. Tento postup zajistí optimální tkáňový kontrast, takže ve výsledném obraze bude možné rozlišit od sebe dvě struktury, jejichž denzity se liší pouze minimálně. Volbou rekonstrukčního algoritmu s vysokým geometrickým rozlišením (high resolution) naopak vede ke zvýraznění tkáňových rozhraní, zvýšení ostrosti a rozlišení CT obrazu a tím i možnost zobrazení velmi drobných struktur. Použití takového algoritmu však zvyšuje i množství obrazového šumu, což snižuje tkáňový kontrast. Tento algoritmus se užívá zejména při vyšetřování kostí. Kompromisem mezi oběma krajními alternativami jsou tzv. standardní algoritmy s vyváženým geometrickým a vysokým kontrastním rozlišením. Některé další úpravy obrazu (př. redukce pohybových, objemových a utvrzovacích artefaktů) lze provést díky softwarovému vybavení [9, 32].

### 3.2.3 Postup CT vyšetření

Diagnostická výtěžnost CT vyšetření dané tělesné oblasti závisí na optimální volbě celé řady technicko – metodických prvků. Důležitá je správná příprava a instruktáž pacienta před vyšetřením a jeho spolupráci v době vyšetření. Mezi základní technicko metodické aspekty CT vyšetření patří:

- Určení rozsahu vyšetřované oblasti a nastavení orientace vrstev
- Nastavení skenovacích parametrů
- Nastavení obrazových parametrů
- Následné zpracování obrazů a zhotovení definitivní obrazové dokumentace ve správném nastavení šíře a středu okénka

### **3.3 Magnetická rezonance**

#### **3.3.1 Vyšetřovací protokol**

Na našem pracovišti vyšetřujeme na přístroji Intera Firmy Philips, s velikostí statického magnetického pole 1,5 Tesla. Pacient leží na vyšetřovacím stole na zádech, ruce fixované podél těla. Během vyšetření je zobrazovaná část těla umístěna uprostřed vysílací cívky, tato cívka vysílá RF impulsy do pacienta.

MR relaxační signály následně emitované pacientem jsou detekovány flexibilní přijímací cívkou (C3) – tato cívka musí být umístěna blízko zobrazované části těla. RF vysílač generuje RF signály, RF přijímač analyzuje signály z pacienta [31].

Vyšetřovaná končetina je fixována v povrchové cívce (C3). MR signály následně emitovány pacientem jsou detekovány danou přijímací cívkou. Poloha musí být pro pacienta pohodlná, nutno zabránit pohybovým artefaktům, vyšetření je dlouhé 20-45 minut. Možno uložit pacienta i na břicho s vyšetřovanou končetinou vzpaženou a v lokti flektovanou, dlaň ruky se dotýká celou plochou podložky. Uložení je individuální, záleží na schopnostech pacienta a jeho komfortu.

Následuje akvizice dat. Vyšetřuje se v rovině koronární, transverzální a sagitální, tloušťka vrstvy 3mm, FOV +/-100mm, vhodné 3D [3].

Protokol pro vyšetření os scaphoideum používaný na našem MR pracovišti sestává z těchto sekvencí: T1 ve všech rovinách (transverzální, koronární, sagitální), T2; STIR; PD se saturací tukové tkáně v koronární rovině, v určitých případech se doplní sekvence 3D WATS v koronární rovině (příloha 10.6).

#### **3.3.2 Skenovací parametry**

Následující sekvence uvedené v tabulce č. 2. jsou používány na našem radiodiagnostickém oddělení jako standard. Existují ovšem i výjimky jako např. nespolupracující pacient nebo jiná klinická indikace. V takovém případě si typ sekvencí a jejich pořadí určuje vyšetřující lékař.

**Tabulka č.2. MR vyšetřovací protokol na MR pracovišti KNTB Zlín**

<b>Parametry /sekvence</b>	<b>T1/TSE</b>	<b>PDW/TSE + SPIR</b>	<b>T2/TSE</b>	<b>STIR/TSE</b>
Coil selection	C3	C3	C3	C3
FOV (mm)	100	100	100	120
RFOV (%)	100	100	100	80
Stacks	1	1	1	1
Slice Thicknes (mm)	2,50	2,50	2,50	3,00
Foldover direction	RL	RL	RL	RL
TE ( ms)	17	35	100	20
TR ( ms)	500	1800	shorttest	1500
Matrix scan	240	208	256	208
Matrix reconstruction	512	512	512	256
Slice orientation	coronar, sagital transverzal	coronar	coronar	coronar
Patient pozition	Head first	Head first	Head first	Head first
Patient orientation	supine	supine	supine	supine
Type	parallel	parallel	parallel	parallel
Slices	24	14	14	12
Technique	SE	SE	SE	IR
Flip	90	90	90	90
Scan time	4:03	5:00	5:32	4:30

### **3.4 Výhody rtg, MDCT a MR v diagnostice fraktur os scapuloideum**

#### **3.4.1 Výhody rtg**

- Nižší náklady na vyšetření
- Dostupnost
- Přehlednost
- Nižší radiační dávka oproti MDCT
- Objasní i jiné traumatické změny mimo os scapuloideum

#### **3.4.2 Výhody MDCT**

- Krátká doba skenování vyšetřovaného objemu
- Větší pravděpodobnost detekce i malé léze
- Větší komfort pro pacienta
- Vyšetření většího počtu pacientů v daném čase
- Rekonstrukce obrazu v libovolné pozici
- Generace obrazů s minimálním vzájemným posunem rekonstruovaných vrstev
- Objemový náběh dat
- Zlepšení kvality 3D a MPR rekonstrukcí
- Flexibilní postprocesing
- Ekonomický přínos, nižší náklady na vyšetření
- Široká indikační šíře

#### **3.4.3 Výhody MR**

- Větší citlivost při zobrazování měkkých tkání
- Možnost zobrazení v libovolné rovině
- Nepoužívá se zde ionizující záření – není radiační zátěž pacienta
- Nejsou známa žádná rizika tohoto vyšetření – kontraindikace!!!
- Neinvazivní vyšetření
- Není potřeba příprava

### **3.5 Nevýhody rtg, MDCT a MR v diagnostice fraktur os scaphoideum**

#### **3.5.1 Nevýhody rtg**

- Radiační zátěž oproti MR
- Sumační zobrazení (není spolehlivě odlišitelná drobná line lomu os scaphoideum)
- Dvourozměrné zobrazení

#### **3.5.2 Nevýhody MDCT**

- Radiační zátěž
- Vyšší nároky na zpracování výsledků vyšetření (postprocessingové techniky)
- Není vhodné pro diagnostiku měkkých částí kloubů a akutní fáze některých patologií (aseptická nekróza)
- Vyšetření pouze v transverzální rovině

#### **3.5.3 Nevýhody MR**

- MR nedovoluje v základních typech sekvencí odlišení čerstvé krve od jiné tekutiny
- Nelze vyšetřit všechny pacienty (kontraindikace: klaustrofobie, kov v těle, kardiostimulátor...)
- Dlouhá vyšetřovací doba 20-45 minut – pohybové artefakty
- Vysoká cena vyšetření
- Dlouhé objednací doby
- Úzká indikační šíře

### **3.6 Vyšetřovaný soubor pacientů**

Spolehlivé stanovení diagnózy fraktury os scaphoideum je velmi důležité a zásadní, protože při neadekvátním terapeutickém postupu se zvyšuje riziko špatného zhojení, nezhojení nebo vzniku pakloubu.

Diagnostiku fraktur drobných kůstek karpu na našem oddělení provádíme již od roku 1997 na konvenčním CT přístroji Sytec firmy GE. Po instalaci helikálního skeneru Mx8000, Philips v roce 2002 plně využíváme výhody volumetrického izotropního zobrazování.

Jedná se o retrospektivní formu studie, tudíž její výsledky nemusí být zcela přesné. Tato studie obsahuje soubor pacientů sledovaných v časovém období od 15.8.2005 až do 15.12.2006 (15 měsíců).

Na radiodiagnostickém oddělení KNTB Zlín bylo v období těchto 15 měsíců vyšetřeno na CT přístroji 93 pacientů, u nichž bylo podezření na frakturu os scaphoideum. Tento soubor zahrnuje 74 mužů a 19 žen ve věkovém rozmezí 8-69 let. Průměrný věk pacientů byl 37,6 let. Ve všech případech CT vyšetření předcházelo vyšetření klinické a rtg.

Rozčlenění a charakteristika vyšetřovaného souboru jsou uvedeny na následující straně v tabulce číslo 3.

*Tabulka č.3. Charakteristika vyšetřovaného souboru*

	<b>počet</b>	<b>%</b>
<b>Pohlaví</b>		
Muži	74	80
Ženy	19	20
<b>Postižená končetina</b>		
Levá	42	45,2
Pravá	48	51,6
Obě	3	3,2
<b>Charakter obtíží</b>		
Akutní trauma	87	93,5
Obtíže chronického rázu	6	6.5
<b>Příčina poranění</b>		
Sport (hokej, fotbal. kolo, brusle, lyže...)	42	45.1
Pád z výšky na nataženou končetinu (strom, schody)	32	34,4
Pracovní úraz	3	3.2
Jiný důvod (autonehoda, úder, napadení)	16	17.2
<b>Pracovní anamnéza</b>		
Student	26	28
Pracující	59	63,4
Nezaměstnaný	8	8.6



## 4 Výsledky

Ke spirálnímu CT byli indikováni pacienti s akutním traumatem zápěstí, pacienti u nichž byla doporučena kontrola po terapeutickém zákroku a také pacienti s přetrvávajícími bolestmi při negativním nálezu.

Před CT vyšetřením měli všichni pacienti provedeno klinické vyšetření (palpační manévr na os scaphoideum) na traumatologické ambulanci a následně pak rtg snímek zápěstí (os scaphoideum) v klasických i cílených projekcích. Ze sledovaného souboru 93 pacientů bylo 86 pacientů (92,5 %) snímkováno na našem rtg oddělení KNTB Zlín a 7 pacientů (7,5 %) přišlo s rtg snímky z jiného pracoviště.

Následující tabulka číslo 4. je přehledem jednotlivých vyšetřovacích kroků, které byly provedeny na traumatologickém a radiodiagnostickém oddělení v KNTB Zlín při diagnostikování fraktury os scaphoideum u souboru 93 pacientů za období 15 měsíců. V této tabulce je zahrnuto vyšetření klinické (pomocí palpačního manévru), rtg (základní a cílené projekce na člunkovou kost) a vyšetření CT. MR vyšetření v této tabulce zmíněno není, jelikož MR vyšetření na našem oddělení pro tuto problematiku standardně nevyužíváme. Jedná se pouze o vyšetření doplňkové při přetrvávajících bolestech zápěstí či komplikacích po terapii fraktury kosti člunkové. Této metodě bude věnována pozornost v další části kapitoly.

**Tabulka č.4. Přehled vyšetřovacích kroků prováděných v KNTB Zlín**

<i>Typ vyšetření / nález</i>	<i>Pozitivní (+)</i>		<i>Negativní (-)</i>		<i>Nejasný nález (+/-)</i>	
	<i>počet</i>	<i>%</i>	<i>počet</i>	<i>%</i>	<i>počet</i>	<i>%</i>
Klinika (palpační manévr)	65	69,9	5	5,4	23	24,7
rtg	55	59,1	23	24,7	15	16,1
CT	70	75,3	20	21,5	3	3,2

Dle indikací k CT vyšetření jsem soubor pacientů rozdělila do pěti skupin (tabulka č.5.). Pacienti jsou rozděleni podle toho, zda bylo trauma akutní, zda jde o kontrolu po předchozí terapii (konzervativní, chirurgické) nebo se jedná o negativní

nález se stále přetrvávajícími bolestmi. Ze sledovaného souboru mělo 20 pacientů CT opakované 2x a to z důvodu vyhodnocení konsolidace zlomeniny. Výsledky CT vyšetření ukazuje tabulka číslo 6.

**Tabulka č.5. Indikace k CT vyšetření**

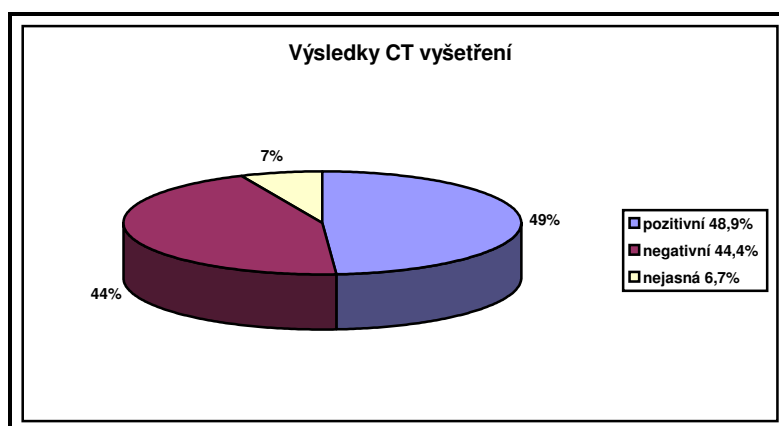
<b>Skupina</b>	<b>Popis skupiny</b>	<b>Počet</b>	<b>%</b>
1.	Akutní trauma bez předchozího traumatu os scaphoideum v anamnéze	39	41,9
2.	Akutní trauma s předchozím traumatem os scaphoideum v anamnéze	3	3,2
3.	Kontrola hojení po konzervativní léčbě fraktury os scaphoideum	25	26,9
4.	Kontrola hojení po operační léčbě fraktury os scaphoideum	23	24,7
5.	Jiné (bolesti při opakovaném negativním nálezu)	3	3,2

**Tabulka č.6. Výsledky CT vyšetření**

<b>Skupina</b>	<b>Nález</b>	<b>Počet</b>	<b>%</b>
1.	Negativní	15	38,5
	Potvrzení fraktury	21	53,9
	Nespecifický nález	3	7,7
2.	Negativní	2	66,7
	Refraktura	1	33,3
3.	Reparace vyznačeny	15	60
	Reparace nezobrazeny	10	40
4.	Reparace vyznačeny	18	78,3
	Reparace nezobrazeny	5	21,7
5.	Negativní	3	100

Celková doba CT vyšetření (tzn. délka pobytu pacienta ve vyšetřovně) bývá přibližně 5 minut. Ze získaných dat se na konzole pracovní stanice zhotovují rekonstrukce v koronární a sagitální šikmé rovině (příloha 10.5). Následuje vyhodnocování získaných obrazů, popřípadě konzultace s klinikem, stanovení diagnózy a rozhodnutí o následném léčebném postupu. To vše trvá na našem pracovišti 10-20 minut. Vše je otázkou spolupráce mezi klinikem a radiologem, v neposlední řadě má na délku vyšetření vliv schopnost a spolupráce pacienta jako i organizace na CT pracovišti.

Výsledkem mé retrospektivní studie je 93,3 % úspěšnost detekce, ať už negativní nebo pozitivní diagnózy u akutního traumatu. Přičemž pozitivní diagnóza byla stanovena v 48,9 %, negativní byla potvrzena ve 44,4 % a ve zbylých 6,7 % byl nález nejasný, tzn. nestanovil jasnou diagnózu.



Dalším vyšetřovacím postupem při diagnostice a kontrole terapie fraktur os scaphoideum je magnetická rezonance. Toto vyšetření je indikováno zejména při poranění měkkých tkání a doporučuje se především pro diagnostiku pozdních následků, například avaskulární nekrózy, přičemž jeho senzitivita i specifita jsou vysoké, v rozmezí 95-100 %. Magnetická rezonance však není na našem oddělení pro svojí finanční nákladnost a časovou náročnost využívána v akutní diagnostice zlomenin scaphoidea.

Ve sledovaném období 15-ti měsíců bylo indikováno MR vyšetření os scapuloideum u 14 pacientů. Z toho v pěti případech šlo o ženy (35,7 %) a v devíti o muže (64,3 %) ve věkovém rozmezí 16-56 let, což činí průměr 36,4 let.

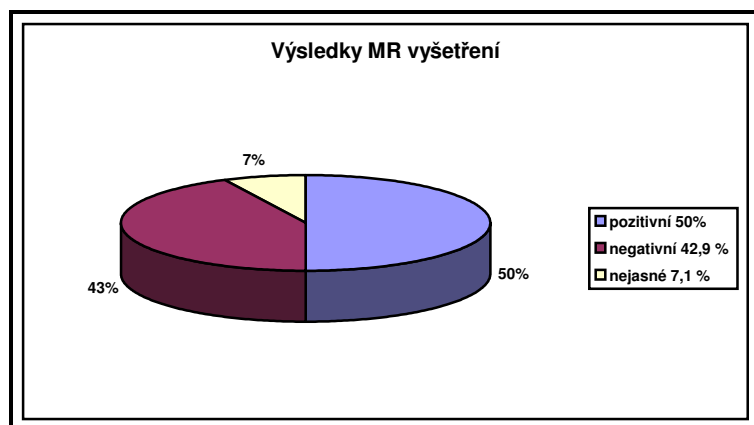
V 6-ti případech (42,9 %) se jednalo o zápěstí pravé, v 8-mi případech (57,1 %) o levé.

V tabulce číslo 7. jsou uvedeny výsledky MR vyšetření a procentuální vyjádření.

**Tabulka č.7. Přehled výsledků z MR vyšetření**

Nález na MR	Počet	%
Bez patologie	6	42,3
Aseptická nekróza	3	21,4
Degenerativní změny	2	14,3
Cysta	2	14,3
Nehodnotitelné vyšetření	1	7,1

Při své studii jsem zjistila, že senzitivita MR vyšetření je 92,9 %, přičemž pozitivní diagnóza byla potvrzena v 50 %, negativní diagnóza byla potvrzena ve 42,9 %. Zbýlých 7,1 % vyšetření bylo zcela nehodnotitelné způsobené pohybovými artefakty pacienta. Ač je tedy MR přínosnou zobrazovací alternativou zejména v oblasti vyšetřování pozdních následků, pro výše zmíněné nevýhody se pro akutní diagnostiku traumat os scapuloideum nevyužívá.



## **5 Diskuze – využití nejnovějších vyšetřovacích metod MDCT a MR při diagnostice a kontrole terapie fraktur os scaphoideum**

V této části práce se zcela přirozeně otevírá prostor pro diskusi na dané téma. Je naprosto jasné a zřejmé, že diskuse se může ubírat směrem kvality jednotlivých typů vyšetření a jejich vlastním významem v dané problematice, která je zaměřena především na využití MDCT a MR v diagnostice a terapii fraktur os scaphoideum.

Myslím si, a potvrzuje mi to i návštěva na jiných pracovištích, že uváděné vyšetřovací algoritmy jsou na všech pracovištích prováděny jednoznačně standardně. Také bychom mohli rozvinout diskusi na téma rozdílného vybavení některých pracovišť, modernější a kvalitnější (dražší) technikou, ale také mnohde problémem souvisejícím s nedostatkem financí na doplňování a obnovu (upgrade) vybavení potřebného pro kvalitní provedení daného vyšetření a tudíž i přesnou a spolehlivou diagnostiku.

Domnívám se, že důležitou úlohu zde má i zaškolený a erudovaný personál, stejně jako spolupráce mezi klinikem a radiologem a především pak spolupráce s pacientem, která závisí na dostatečné informovanosti pacienta. Toto vše pak může ovlivnit kvalitu indikovaného vyšetření a dále se projeví na diagnostickém přínosu.

Přes všechny možnosti, které nám moderní medicína poskytuje, je stále standardem zahájit vyšetření klasickým skiagrafickým zobrazením. V praxi prováděné v KNTB Zlín je ve velkém množství případů skiografie jedinou a konečnou metodou k vyšetření klinického problému po traumatu zápěstí. Pouze je-li rtg výsledek nejasný následují jiné vyšetřovací alternativy.

CT vyšetření patří mezi ně, může ve vybraných případech dodat signifikantní informace pro strategii léčby. Pro samotné hodnocení je důležité nejen kvalitně provedené vyšetření, ale také následné obrazové rekonstrukce. Domníváme se, že pro vyhodnocení fraktur člunkové kosti je rovina koronární vhodnější z důvodu větší kolmosti k rovinám fraktur než rovina axiální. Složitá oblast karpálních kůstek je v koronární rovině přehlednější, protože je kolmá na většinu karpálních skloubení. Další z výhod koronárního zobrazení je i skutečnost, že výsledný získaný obraz se blíží

zobrazení na rtg snímku v PA projekci. Usnadní nám tedy značně hodnocení. Na druhé straně šikmá sagitální rekonstrukce přehledněji zobrazí nejčastěji se vyskytující posun fragmentů fraktur, a to angulaci s konvexitou volárně nebo dorsálně.

Na našem CT přístroji se čtyřmi řadami detektorů má koronární rekonstrukce dobrou kvalitu, kterou nelze na všech typech CT přístrojů dosáhnout.

Během svého působení na CT oddělení jsem se setkala s řadou případů, kdy pacienti nebyli schopni absolvovat vyšetření ve standardní poloze na břiše. Jednalo se zejména o pacienty nemohoucí a obézní. Poloha pacienta musí zajistit dostatečný komfort, abychom dosáhli jeho maximální spolupráce a aby nedocházelo k pohybovým artefaktům. Náš CT tým má již s polohováním jednotlivých variant projekcí značnou praxi, a tak je čas, který pacient stráví na vyšetřovacím stole velmi krátký v našem případě přibližně 5 minut.

Dle mého názoru jednoznačný přínos MDCT tkví v definitivním potvrzení či vyloučení zlomeniny os scaphoideum a dále také ve stanovení typu fraktury. Myslím si, že má rozhodující význam při stanovení způsobu terapie a také při posuzování konsolidace zlomeniny. Náklady na toto vyšetření jsou sice vyšší než u klasického rtg vyšetření (cena jednoho CT vyšetření os scaphoideum je 2830 Kč), ovšem diagnostický přínos je oproti tomu značný. Vyšší cena za vyšetření je navíc relativní v porovnání s ekonomickou ztrátou pro pacienta i společnost při vynucené pracovní neschopnosti v případě, že frakturu nelze z konvenčního rtg spolehlivě vyloučit a je nutno naložit sádrovou dlahu.

Další vyšetřovací alternativou je magnetická rezonance, což je jedna z nejmodernějších vyšetřovacích technik nevyužívající rtg záření pro získání obrazu. Tuto metodu využíváme zejména pro zobrazení měkkých struktur zápěstí, především ji využíváme u pacientů s přetrvávajícími potížemi k vyhodnocení podezření na aseptickou nebo avaskulární nekrózu. MR vyšetření dokáže zobrazit i malé množství tekutiny v linii fraktury a také dokáže lépe zhodnotit stav hojení fraktur. V žádném případě však nejde o metodu volby při detekci akutního traumatického postižení karpu.

Na našem radiodiagnostickém oddělení byla magnetická rezonance uvedena do provozu v roce 2004, je využívána především v neurologii, neurochirurgii, chirurgii

a v ortopedii. Je finančně nákladná (jedno standardní nativní vyšetření je pojišťovnou oceněno na 6927 Kč). Dalším negativem tohoto vyšetření jsou dlouhé čekací doby. Z tohoto důvodu využíváme MR pro diagnostiku akutních fraktur velmi zřídka. V uplynulém období patnácti měsíců bylo u nás na MR přístroji vyšetřeno pouze 14 klientů s přetrvávajícími bolestmi po traumatu zápěstí.

Porovnáme-li tedy všechny vyšetřovací alternativy, z finančního hlediska je nejméně nákladné rtg zobrazení. Jedno rtg vyšetření, tzn. dvě základní projekce zápěstí ve dvou na sebe kolmých projekcích je finančně ohodnoceno na 302 Kč. Je to tedy nejlevnější metoda, která je dostupná na každém pracovišti a na niž není třeba pacienty objednávat. Nevýhodné je však tím, že ne vždy lze provést diagnosticky přínosné snímky a je závislé na více faktorech, jež mohou kvalitu snímku ovlivnit (spolupráce pacienta, expoziční hodnoty, vyvolávací proces, filmový materiál). Druhou metodou v pořadí z hlediska finanční nákladnosti je CT. Je to stále se technicky zdokonalující metoda, v dnešní době je také dostupná na každém nemocničním pracovišti zabývajícím se traumatologií. Na toto vyšetření je však třeba pacienta objednat. Výjimku tvoří akutní případy, kdy je nutné znát výsledek co nejdříve. Za standardních okolností jsou pacienti objednávaní a obeznámeni telefonicky.

Jako poslední je na řadě MR. Finančně je tato metoda nejdražší. Její senzitivita i specifita jsou sice vysoké, indikační spektrum je však jiné než u CT a vzhledem k situaci již výše zmíněné nevyužíváme tuto metodu často.

Při srovnávání dat uvedených v odborné literatuře a dat získaných z vlastní sledované skupiny jsem dospěla k následujícímu závěru. Sledované parametry, pohlaví a věk se shodují. Poranění os sacroideum i v naší studii postihuje zejména muže (78 %) v produktivním věku. Výjimkou jsou v naší sledované skupině pouze dva pacienti, chlapec ve věku 8 let a 69-ti letý muž, kteří se věkovému průměru uváděnému v odborných časopisech vymykají.

Dále mohu potvrdit teorii, že toto poranění vzniká nejčastěji při sportovních aktivitách. Dle našich výsledků je sport na prvním místě (45,1 %), na druhém místě je pád z výšky (34,4 %) a dále v pořadí jsou pracovní úrazy a poranění vzniklá jinými mechanismy (autonehoda, napadení atd.). Shoda je také v tom, že všichni pacienti byli

vyšetření na rtg. Bohužel jsem již zpětně nemohla statisticky zhodnotit podíl pacientů, u kterých bylo nutné pro nejednoznačný rtg nález využít jinou vyšetřovací alternativu, která nám patologii prokáže.

V souboru jsou uvedeni pacienti, z nichž každý měl provedeno CT. Rozdíl je však v tom, že někteří měli toto vyšetření provedeno primárně pro nejednoznačnost na rentgenovém snímku (45,2 %), další skupinu tvoří pacienti u nichž bylo nutné zhodnotit stav hojení po terapeutickém zákroku (51,6 %). Pouze minimum pacientů přišlo na CT pro stále přetrvávající bolestivost při negativním výsledku (3,2 %).

Dále jsme dospěli k závěru, že u celé vyšetřované skupiny CT vyšetření v 45,2 % potvrdilo nebo vyloučilo frakturu, tzn. podalo jednoznačnou diagnózu a pouze v 3,2 % ani tato metoda nepřispěla k závěru zda se jednalo o čerstvou zlomeninu nebo událost staršího data. Jako kontrolní jsme tuto metodu využily v 51,6 %.

Dle mého soudu je nejlepší a nejpřínosnější alternativou MDCT. Diagnostický přínos je značný a dostupnost tohoto vyšetření také. Pacienty tento způsob vyšetření nijak časově nezatíží ani se na ně nemusí speciálně připravovat. Jelikož se jedná o pacienty v produktivním věku, je pro nás samozřejmostí vykrytí gonád pacientů olovnatou zástěrou. Finančně je tato metoda „zlatým středem“ a její přínos vyváží cenu. Během krátké doby se pak traumatolog může přesvědčit o správnosti či nesprávnosti své domněnky a může u pacienta zahájit léčbu adekvátní CT nálezem. Tato spolupráce mezi traumatologickým a radiodiagnostickým oddělením funguje dle mého zjištění ve většině nemocnic, kde se terapii fraktur os scaphoideum zabývají. MDCT je také velmi často využíváno jako kontrolní vyšetření při sledování konsolidace fraktur.



## 6 Závěr

Tato práce by mohla být chronologicky i obsahově rozdělena do tří základních částí. První, úvodní část je věnována především teoretickým poznatkům, které jsem získala studiem odborných časopisů a knih. Je zde popsána anatomie zápěstí a os scaphoideum, dále se zmiňuji o kinetice zápěstí, mechanismu vzniku poranění až po typy a klasifikaci fraktur. Pozornost je věnována také terapeutickým postupům, které navazují a přímo souvisejí s konečným a přesným stanovením diagnózy.

Zhodnotit a tedy i správně diagnostikovat fraktury os scaphoideum je obtížné. Os scaphoideum a její patologie lze zobrazit pomocí celé řady vyšetřovacích metod od těch nejjednodušších až po ty nejmodernější, technicky náročnější, které jsou i nadále zdokonalovány.

V dalším oddíle práce popisuji vyšetřovací algoritmus, což je protokol sestaven dle požadavků klinika ve spolupráci s radiologem. Jedná se o postup vyšetření člunkové kosti od klinického vyšetření, rtg zobrazení až po vyšetření složitější CT, MR. Každé z uvedených diagnostických metod jsem věnovala zvláštní pozornost a popsala základní princip a metodiku vyšetření používanou na našem radiodiagnostickém oddělení KNTB Zlín.

Na závěr jsem se věnovala zpracování dat nashromážděných v časovém období patnácti měsíců. Tato data jsem vyhodnotila, procentuelně vyjádřila a zapsala do tabulek. Mou snahou bylo pomocí informací, jež jsem získala studiem odborné literatury a pomocí výsledků retrospektivní studie poukázat na význam a využití nejmodernějších diagnostických technik, konkrétně MDCT a MR pro diagnostiku a kontrolu terapie fraktur os scaphoideum.

Cílem bylo poukázat na stále se zdokonalující zobrazovací postupy sloužící k detekci čerstvého traumatu v dané lokalizaci, zdůraznit, jak je správné a přesné stanovení diagnózy nezbytné pro navazující terapeutický postup a s ním spjatý proces hojení. CT má nesporné výhody nejen při diagnostice zlomenin a v předoperačním plánování, ale i při hodnocení hojení a polohy osteosyntetického materiálu ve srovnání se standardním rtg vyšetřením. MR je v oblasti diagnostiky akutních poranění zápěstí využívána zřídka, vzhledem k finanční nákladnosti metody i samotného vyšetření.

## 7 Seznam použité literatury

1. **BARTONÍČEK, J.**, Doskočil, M., Heřt, J., Sosna, A.: Chirurgická anatomie velkých končetinových kloubů., Praha, Avicenum, 1982, s.124-148. ISBN 80-201-0151-9.
2. **BARTONÍČEK, J.**, Heřt, J.: Základy klinické anatomie pohybového aparátu.,Praha, Maxdorf, 2004, s. 256. ISBN 80-7345-017-8.
3. **BRUENING, R.**, Flohr, T.: Protocols for Multislice CT., Berlin, Springer, 2003, s. 80-81. ISBN 978-3-540-27271-7.
4. **ČIHÁK, R.:** Anatomie I., Druhé upravené vydání., Praha, Grada, 2001, s.228-232. ISBN 80-7169-970-5.
5. **DRÁČ, P.**, Maňák, P.: Současné možnosti diagnostiky zlomenin člunkové kosti., Úrazová. Chirurgie.,8, 1999 s.1-5. ISSN1211-7080.
6. **DRÁČ,P.**, Maňák, P., Labónek, I., Benýšek,V.: Perkutánní osteosyntéza zlomenin člunkové kosti – předběžné výsledky., Acta Chir Orthop Traum cech. 71, 2004, s. 165-170. ISSN 001-5415.
7. **DRÁČ, P.:** Osteosyntéza zlomeniny člunkové kosti z limitovaného dorzálního přístupu., Úrazová. Chirurgie. 2006, roč.14, s. 103-107. ISSN 1211-7080.
8. **DYLEVSKÝ, I.**, Mrzena, V.: Os scaphoideum – funkční a klinická anatomie., Acta. Chir. Ortop. Traum. Čech. 2001, roč.68, s. 327 – 330. ISSN 0001-5415.
9. **FERDA, J.**, Novák, M., Kreuzberg, B.: Výpočetní tomografie., Praha, Galén, 2002, s. 550-551. ISBN 80-7262-172-6.
10. **FIROOZANIA, H.**, Golimbu, C.N., Raffi, M.,rausching, W., Weinreb, J.C.: MRI and CT of the muskuloskeletal., st. Louis, Mosby, 1992, s. 247-277. ISBN 0-8151-3247-6.
11. **CHMELOVÁ, J.**, Pliska, L., Kodaj, M., Pleva, L.: Zobrazení fraktury os scaphoideum pomocí výpočetní tomografie., Česká Radiologie, Praha, 2005., roč.59, s.32 –35. ISSN 1210-7883.
12. **KAPLAN,** Helms, Anderson, Dussault, Major.: Muskuloskeletal MRI., W.B.Sannders Company, 2001, s. 247-274. ISBN 0-7216-9027-0.

13. **KOUDELA, K.:** Ortopedická traumatologie., Praha, Karolinum, 2002, s. 53-56. ISBN 80-246-0392-6.
14. **LAŠTOVKA, J.:** Zlomeniny a paklouby os naviculare., Atestační práce, Jihlava, 2006.
15. **LAWRENCE, W.W. et.al.:** Současná chirurgická diagnostika a léčba. Praha, Grada, 1998, s. 1264-1271. ISBN 80-7169-397-9.
16. **KORANDA, P.,** Dráč, P., Mysliveček, M., Kamínek, M., Hušák, V., Maňák, P.: Three- phase Bone Scintigraphy in the Diagnossis of Scaphoid Fracture., Europ. J. nucl. Med., 27, 2000, s. 1014. ISSN 0340-6997.
17. **NEKULA, J.,** Heřman, M., Vomáčka, J., Köcher, M.: Radiologie., UP Olomouc, 2003, s.9-63. ISBN 80244-0672-1.
18. **PECH, J.:** Artrodéza zápěstí., Praha, Alter,1994, s.7-37. ISBN 80-85775-22-0.
19. **PILNÝ, J.,** Čížmář, I. et al.: Chirurgie zápěstí., Praha, Galén, 2006, s. 35-145. ISBN 80-7262-376-1.
20. **PTÁČEK, J.:** Multislice CT. Praktická radiologie., Praha, 2007, roč. 12, č. 7, s. 8-13. ISSN 1211-5053.
21. **RUBY, L.K.,** Cooney, W.P., A.N., K.N.: Relative motion of selected carpal bones: kinematic analysis of the normal wrist., J Hand Surg Am, 1988, 13, s. 1-10. ISSN 0363-5023.
22. **RYCHLÍKOVÁ, E.:** Funkční poruchy kloubů a končetin., Diagnostika a léčba., Praha, Grada, 2002, s. 78-94. ISBN 80-247-0237-1.
23. **ŘEZNÍČKOVÁ, S.:** Přínos multidetektorového CT k diagnostice ureterolithiasy., Bakalářská práce., Zlín, 2005, s. 18-25.
24. **SAUBIER, M. et al.:** Treatment of Scaphoid Fractures., Europ. J. of Trauma., 2004, s. 78-92. ISSN 1439-0590.
25. **SINĚLNIKOV, R.D.:** Atlas anatomie člověka., II. Díl, Praha, Avicenum, 1981, s. 132-135.
26. **SLODIČKA, R.,** Masár, J., Petrisčák, Š.: Nové trendy léčby fraktur scaphoidea., Úrazová. Chirurgie.,10, 2002, s. 29-38. ISSN 1211-7080.

27. **STOLLER, D.W.:** MRI Arthroscopy and surgical anatomy of the joints., Lippincott Williams and Wilkins, 1998, s. 221-308. ISBN 0-7817-1666-7.
28. **STRNAD, S.,** Ort, J.: Radiodiagnostika II., Brno, Institut pro další vzdělávání ve zdravotnictví, 1997, s. 18-24. ISBN 80-7013-240-X.
29. **SVOBODA, M.:** Základy techniky vyšetřování rentgenem., Praha, Avicem, 1973, s.212-218.
30. **TŘETINOVÁ, D.,** Mrázková, K.: Snímkování traumat zápěstí., Praktická radiologie., roč. 7, 2002, s. 4-6. ISSN 1211-5053.
31. **VÁLEK, V.,** Žiška, J.: Moderní diagnostické metody, III. Díl Magnetická rezonance., 1. vyd., Brno, Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví v Brně, 1996, s. 5-34. ISBN 80-7013-225-6.
32. **VÁLEK,V.,** Eliáš, P., Máca, P., Neuwirth, J.: Moderní diagnostické metody, II. Díl Výpočetní tomografie., 1. vyd., Brno, Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví v Brně, 1998, s. 6-18. ISBN 80-7013-294-9.
33. **VIŠŇA, P.,** Hoch, J. a kol.: Traumatologie dospělých., Praha, Maxdorf, 2004, s. 24-59. ISBN 80-7345-034-8.

## **8 Klíčová slova**

MR vyšetření

CT vyšetření

Rtg vyšetření

Fraktury os scaphoideum

Perkutánní osteosyntéza

Terapie

## 9 Použité zkratky

a	arteria
AP	anteroposteriorní
C	střed okénka
cm	centimetr
CP	centrální paprsek
CT	výpočetní tomografie
FOV	field of view
HJ	Haunsfieldovy jednotky
HO	horizontální
HR	high resolution
K-drát	Kirschnerův drát
Kg	kilogram
KNTB	Krájská nemocnice Tomáše Bati
kV	kilovolyty
lig	ligamentum
m	musculus
mAs	miliampérsekunda
MDCT	multidetektorová výpočetní tomografie
mm	milimetr
MPR	multiplanární rekonstrukce
MR	magnetická rezonance
PA	posteroanteriorní
Pb	olovo
RF	radiofrekvenční
rot	rotace
Rtg	rentgen
s	sekunda
SC	scaphoideocapitální
SL	scaphoideolunární

SLAC	scapholunate advanced collapse
SNCA	scaphoid nonunion advanced collapse
T	transverzální
TFCC	triangulární fibroartilaginózní komplex
USG	ultrasonografie
VO	vertikální
VRT	objemové rekonstrukce
W	šíře okénka
2D	dvourozměrné rekonstrukce
3D	trojrozměrné rekonstrukce

## **10 Přílohy**



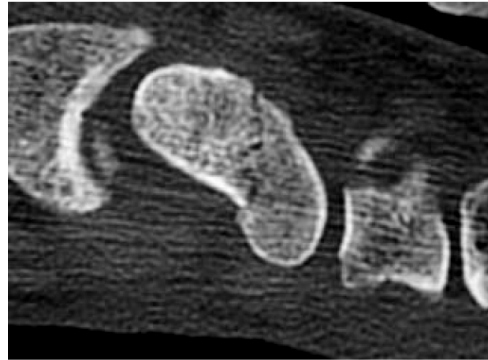
**10.1 Tabulka – ceník jednotlivých zobrazovacích vyšetření**

<i>Typ vyšetření</i>	<i>VZP Kód vyšetření</i>	<i>Bodová hodnota za výkon</i>	<i>Cena (v Kč)</i>
Rtg snímek	89127	211	302
CT vyšetření	89615	1035	2830
MR vyšetření	89713	4844	6927

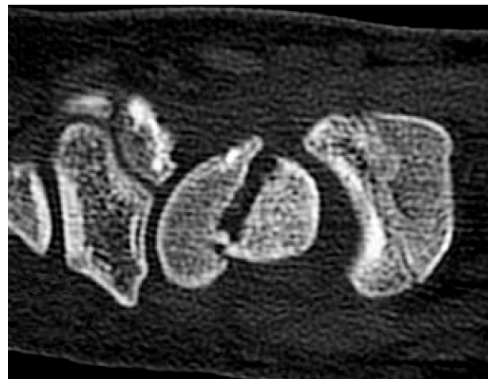
**10.2 Rtg snímky os scaphoideum v PA a laterální projekci (kontrola pozice Herbertova šrouba šroubu).**



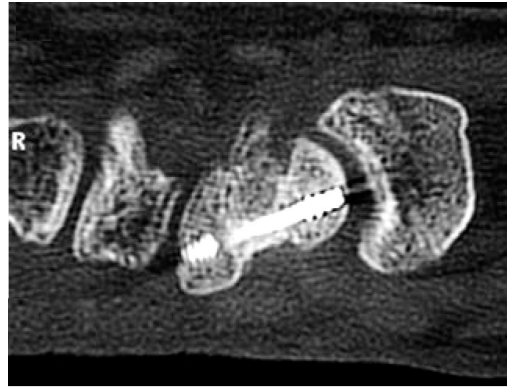
*10.3 Rtg snímek a CT sken (fraktura střední třetiny scaphoidea)*



- *bez dislokace*

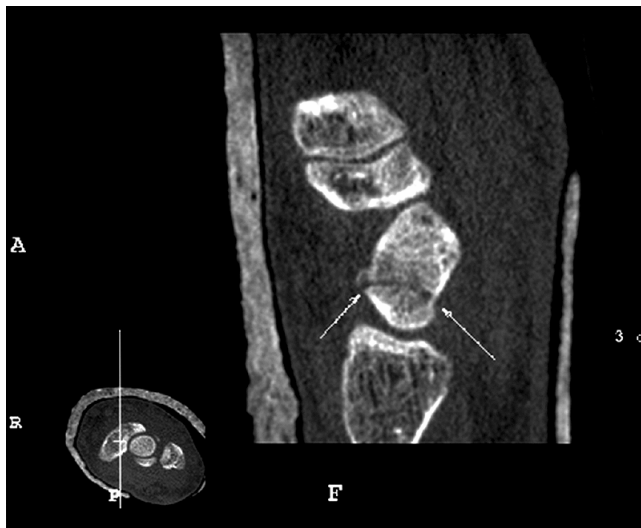


- *s lehkou dislokací*



- *stav po osteosyntéze*

#### 10.4 CT skeny os scaphoideum

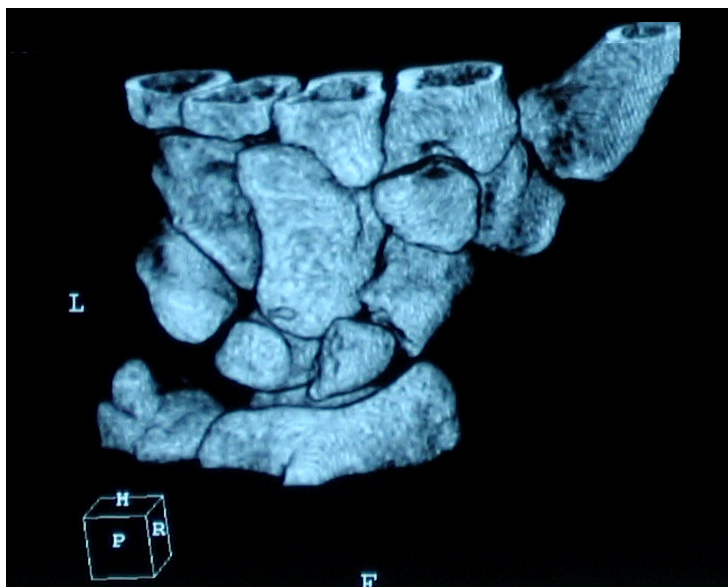


- *příčná fraktura střední třetiny scaphoidea bez dislokace v sagitální rovině*



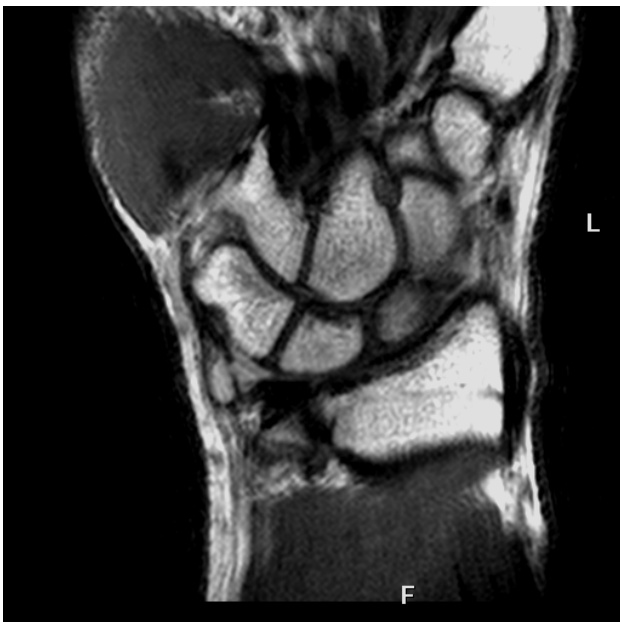
- *příčná fraktura střední třetiny scaphoidea bez dislokace v koronární rovině*

*10.5 CT skeny os scaphoideum, VRT rekonstrukce*



- *příčná fraktura os scaphoideum s rotací proximálního fragmentu o 180° a natočením lomné plochy směrem k os lunatum*

## 10.6 MR snímky os scaphoideum



- T1 / TSE sekvence v koronární rovině (vznik pakloubu)



- *3D / WATS sekvence v koronární rovině (fraktura střední třetiny scaphoidea bez průkazu aseptické nekrózy)*