

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI  
FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH VĚD

Ústav radiologických metod



MVDr. Michaela Hejlková

**Zobrazovací metody v diagnostice  
syndromu karpálního tunelu**

Bakalářská práce

Vedoucí práce: prof. MUDr. David Škouloudík, Ph. D.

Olomouc 2018

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

V Prostějově 15. dubna 2018

MVDr. Michaela Hejlková

Děkuji prof. MUDr. Davidu Školoudíkovi, Ph. D. za inspiraci, odborné vedení a cenné připomínky k tvorbě bakalářské práce. Poděkování patří i MUDr. Borisovi Paučkovi, PhD. za odborné poradenství.

## **Anotace bakalářské práce**

<b>Typ závěrečné práce:</b>	bakalářská práce
<b>Název práce:</b>	Zobrazovací metody v diagnostice syndromu karpálního tunelu
<b>Název práce v AJ:</b>	Carpal Tunnel Syndrome Diagnostic Imaging
<b>Datum zadání:</b>	2017-09-20
<b>Datum odevzdání:</b>	2018-05-04
<b>Vysoká škola, fakulta, ústav:</b>	Univerzita Palackého v Olomouci Fakulta zdravotnických věd Ústav radiologických metod
<b>Autor práce:</b>	MVDr. Michaela Hejlková
<b>Vedoucí práce:</b>	prof. MUDr. David Školoudík, Ph. D.
<b>Oponent práce:</b>	MUDr. Jan Hrbek
<b>Abstrakt v ČJ:</b>	Bakalářská práce se zabývá využitím vybraných zobrazovacích metod v diagnostice syndromu karpálního tunelu a úlohou radiologického asistenta u každé z nich. V úvodní části je popsána anatomie karpálního tunelu, následuje etiologie a patofyziologie a diagnostika syndromu karpálního tunelu. Největší prostor je věnován popisu zobrazovacích metod. Na závěr jsou na základě hodnocení získaných údajů jednotlivé metody přehledně porovnány podle vybraných kritérií.
<b>Abstrakt v AJ:</b>	This bachelor thesis deals with the usage of selected imaging methods in carpal tunnel syndrome diagnostics and the role which a radiology assistant is supposed to have in each of these methods. The thesis contains a description of carpal tunnel anatomy, etiology, pathophysiology and diagnostic options. The largest part of the thesis is dedicated to different types of imaging methods. Finally, there is a comparison of these methods, which is based on the obtained data according to selected criteria.

**Klíčová slova v ČJ:**

syndrom karpálního tunelu, nervus medianus, úžinové syndromy, neurografie, neuromuskulární ultrasonografie, periferní neuropatie

**Klíčová slova v AJ:**

carpal tunnel, syndrome, median nerve, entrapment syndrome, neurography, neuromuscular ultrasonography, peripheral neuropathy

**Rozsah:**

55 stran

## Obsah

Úvod.....	8
1 Anatomie .....	11
2 Etiologie a patofyziologie .....	12
3 Diagnostika syndromu karpálního tunelu .....	14
3.1 Klinické příznaky .....	14
3.2 Klinické vyšetřovací metody.....	14
3.3 Elektromyografie.....	15
3.4 Zobrazovací metody využívané v diagnostice syndromu karpálního tunelu: .....	16
4 Rentgenové vyšetření .....	17
4.1 Projekce zobrazující zápěstí .....	17
4.1.1 Dorzopalmární projekce .....	18
4.1.2 Boční radioulnární projekce .....	18
4.1.3 Radioulnární projekce zápěstí v palmární flexi dle Burmana .....	19
4.1.4 Poloaxiální dorzopalmární projekce dle Stechera .....	19
4.1.5 Dorzopalmární radioulnární šikmá projekce (špetka).....	20
4.1.6 Zadopřední projekce v radiální dukci dle Bendinga I.....	20
4.1.7 Zadopřední projekce v ulnární dukci dle Bendinga II.....	21
4.1.8 Šikmá palmodorzální radioulnární projekce .....	21
4.1.8. Šikmá dorzopalmární ulnoradiální projekce .....	22
4.2 Projekce zobrazující karpální tunel .....	22
4.2.1 Axiální distoproximální projekce dle Gaynor - Harta.....	23
4.2.2 Axiální proximodistální projekce (superioinferiorní) .....	23
4.3 RTG neurografie .....	24
4.4 Výpočetní tomografie.....	24
5 Ultrasonografické vyšetření karpálního tunelu .....	26
5.1 Sonografie v reálném čase - B-mód .....	26

5.2 Dynamická sonografie.....	29
5.3 Kontrastní ultrasonografie.....	30
5.4 3D ultrasonografie.....	30
5.5 Dopplerovská sonografie.....	30
5.5.1 Barevná dopplerovská ultrasonografie.....	31
5.5.2 Power Doppler ultrasonografie = Barevný energetický Doppler.....	31
5.6 Superb microvascular imaging.....	31
5.7 Sonoelastografie.....	32
6 Zobrazení karpálního tunelu magnetickou rezonancí.....	33
6.1 Konvenční magnetická rezonance.....	34
6.2 Difúzně vážené MR zobrazení.....	34
6.3 Zobrazení tensorů difúze.....	35
6.4 MR traktografie.....	36
6.5 3D MR neurografie.....	36
6.6 Magnetická rezonance v reálném čase.....	36
7 Endoskopie.....	38
8 Porovnání jednotlivých diagnostických metod u syndromu karpálního tunelu.....	39
Závěr.....	41
Referenční seznam.....	42
Seznam zkratk.....	53
Seznam tabulek.....	54
Seznam obrázků.....	55

## Úvod

Syndrom karpálního tunelu (dále SKT) je úžinový syndrom, při kterém dochází ke kompresi nervus medianus v oblasti jeho průchodu karpálním tunelem v dekompresi nervu provedl v roce 1913 sir James Learmonth (Smrčka et al., 2007, s. 243). SKT je vůbec nejčastější periferní mononeuropatie (Minks, 2014, s. 234) a zároveň nejčteněji hlášená nemoc z povolání (Fenclová, 2017). Postižena bývá zpravidla dominantní končetina, často jsou však postiženy obě dvě (Smrčka et al., 2007, s. 243). V populaci se s ním setkáme zhruba u 200 pacientů na 100 000 obyvatel za rok, častěji postihuje ženy než muže. Průměrný věk pacientů se pohybuje mezi 40 až 60 lety (Chammas et al., 2014, s. 430). Průběh onemocnění bývá chronického rázu, vzácněji vzniká akutně (Jančíková et al., 2015, s. 245; Kaiser et Haninec, 2012, s. 112-113).

Podle údajů v Národním registru nemocí z povolání z roku 2016 byl syndrom karpálního tunelu v důsledku práce s vibračními nástroji hlášen 142krát. SKT v důsledku jednostranného dlouhodobého přetěžování byl hlášen 267krát. V mezinárodní klasifikaci nemocí (MKN) se SKT označuje kódem G 560. Ministerstvo zdravotnictví České republiky vydalo v roce 2003 Metodické opatření, jehož cílem je pomocí objektivních elektrofyziologických parametrů stanovit nejméně střední stupeň závažnosti izolovaného SKT jako podmínku odškodnitelnosti za nemoc z povolání. Z toho vyplývá, že v tomto ohledu momentálně nejsou zobrazovací metody chápány jako plnohodnotná, nebo alespoň pomocná diagnostická metoda.

Pro zpracování tématu bakalářské práce byly položeny tyto otázky:

1. Jaká jsou diagnostická kritéria syndromu karpálního tunelu?
2. Jaké zobrazovací metody lze použít v diagnostice syndromu karpálního tunelu?
3. Jaké jsou výhody a nevýhody jednotlivých zobrazovacích metod?
4. Jaká je role radiologického asistenta v diagnostice syndromu karpálního tunelu?

Na základě těchto otázek byly stanoveny cíle práce:

- Popsat problematiku diagnostiky syndromu karpálního tunelu,
- popsat zobrazovací metody, které jsou vhodné pro diagnostiku syndromu karpálního tunelu,
- porovnat vybrané diagnostické metody a zhodnotit jejich výhody a nevýhody,



- popsat roli radiologického asistenta v jejich provedení.

Jako vstupní literatura byly nastudovány tyto odborné publikace:

KAISER, Radek. Chirurgie hlavových a periferních nervů s atlasem přístupů. Praha: Grada Publishing, 2016. ISBN 978-80-247-5808-4.

KAŇOVSKÝ, Petr a Roman HERZIG. Obecná neurologie. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2007. ISBN 978-80-244-1663-2.

KAŇOVSKÝ, Petr a Roman HERZIG. Speciální neurologie. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2007. ISBN 978-80-244-1664-9.

PILNÝ, Jaroslav a Roman SLODIČKA. Chirurgie ruky. 2. aktualizované a doplněné vydání. Praha: Grada Publishing, 2017. ISBN 978-80-271-0180-1.

SEIDL, Zdeněk. Radiologie pro studium i praxi. Praha: Grada, 2012. ISBN 978-80-247-4108-6.

VOMÁČKA, Jaroslav. Zobrazovací metody pro radiologické asistenty. Druhé, doplněné vydání. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2015. ISBN 978-80-244-4508-3.

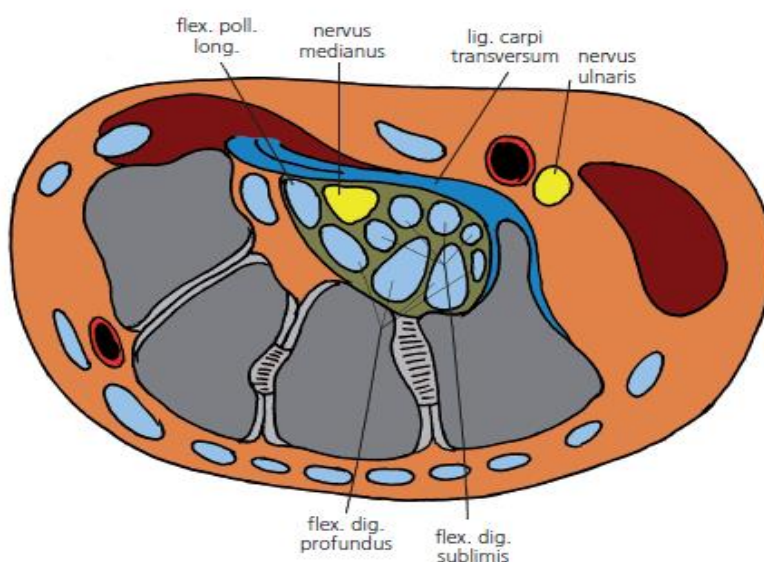
ŽIŽKA, Jan, Jaroslav TINTĚRA a Marek MECHL. Protokoly MR zobrazování: pokročilé techniky. Praha: Galén, 2015. ISBN 978-80-7492-179-7.

Přehled publikovaných poznatků byl vytvořen na základě rešerší české i zahraniční odborné literatury. Pro její dohledání byly použity odborné databáze EBSCO a PubMed. Řada odborných článků byla získána z elektronických časopisů edice Neurologie pro praxi, Česká radiologie a dalších recenzovaných periodik. Pro vyhledávání byla použita klíčová slova: syndrom karpálního tunelu, nervus medianus, neurografie, CSA, EMG, mononeuropatie, úžinové syndromy, periferní neuropatie, úrazy ruky, zobrazení periferních nervů. Většina použitých elektronických článků byla v anglickém jazyce, dále v jazyce českém, jeden v německém a jeden ve slovenském jazyce. Všechny články a publikace byly prostudovány, zvážena jejich validita pro sledované téma a aktuálnost, a citační odkazy v nich byly použity

k získání dalších zdrojů informací. Celkem bylo prostudováno 78 knižních a elektronických zdrojů, z toho bylo citováno 64 publikací a článků.

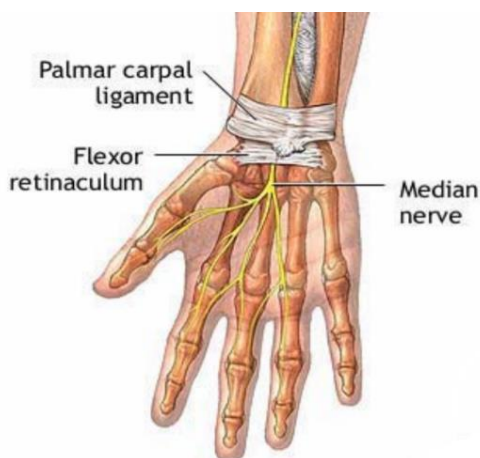
# 1 Anatomie

Karpální tunel je fibrososeální struktura, jejíž dno tvoří zápěstní kůstky a strop vazivový pruh. Z mediální strany je ohraničen eminentia carpi ulnaris (os pisiforme a hamulus ossis hamati) a z laterální strany eminentia carpi radialis (tuberculum ossis scaphoidei a tuberculum ossis trapezii). Z palmární strany jej ohraničuje ligamentum carpi transversum. Distálně na něj navazuje superficiální palmární arteriální oblouk obklopený podkožní tukovou tkání. Proximální hranice je v místě, kde přechází antebrachiální fascie v ligamentum carpi transversum (retinaculum flexorum). Karpálním tunelem probíhá n. medianus a 9 šlach flexorů prstů. Průběh nervus medianus vykazuje v této oblasti poměrně velkou variabilitu.



Obrázek 1 Průřez karpálním tunelem

Zdroj: archiv autora



Obrázek 2 Schématické znázornění průběhu n. medianus karpálním tunelem

Zdroj: archiv autora

## 2 Etiologie a patofyziologie

Karpálním tunelem probíhají šlachy flexorů prstů a nervus medianus. Při nárůstu tlaku v kanálu dochází k útlaku nervu, poruše jeho krvení a rozvoji příznaků syndromu karpálního tunelu. Příčin vzniku SKT je v odborné literatuře popsáno mnoho, nicméně se zhruba v polovině případů nepodaří konkrétní příčinu nalézt, a onemocnění se označuje jako idiopatické. Etiologicky se uplatňují se tyto faktory:

- morfologické změny kanálu: fraktury zápěstních kostí a následná tvorba kostěného svalku, osteofyty, kongenitální zúžení, hypertrofický karpální vaz, degenerativní změny vaziva synovie, otok měkkých tkání v důsledku chronického mechanického přetěžování, tendovaginitida, abnormální odstupy šlach, ganglion, nádory, cévní anomálie, hematoma, akromegalie, obezita, amyloidóza, revmatoidní artritida atd. (Kaňovský et Herzig, 2007, s. 272; Smrčka et al., 2007, s. 243).
- metabolické a hormonální změny: těhotenství, klimaktérium, hypotyreóza, diabetes mellitus, (Mazanec et al., 2012, s. 24; Smrčka et al., 2007, s. 245)
- procesy zvyšující vulnerabilitu nervu: neuropatie na podkladě diabetes mellitus, alkoholizmu, výživové karence - deficit vitamínů B1, B6, B12 (Smrčka et al., 2007, s. 243; Thurston, 2013, s. 336) nebo vitamínu D (Tanik et al., 2016, s. 835-839)
- infekce – akutní hnisavá tenosynovitida (Pilný, Slodička et al., 2011, s. 352)
- chronické namáhání zápěstí, opakované mikrotraumatizace. Sem patří činnosti jako práce s kleštěmi, šroubováky, zahradními nůžkami (vinaři), vibračními nástroji (motorová pila, pneumatické kladivo), hudebními nástroji (zejména strunovými) nebo práce s počítačovou klávesnicí a myší (práce v nevhodné poloze) (Minks et al., 2014, s. 235), řízení auta, pádlování, truhlářské práce (Pilný, Slodička et al., 2011, s. 352).

Vůči kompresi jsou citlivější silně myelinizovaná vlákna (povrchové cití, motorická vlákna) než vlákna slabě myelinizovaná (vedoucí bolest či vlákna vegetativní) (Kanta et al., 2006, s. 153). Při útlaku v karpálním tunelu zpočátku dochází k poruše krvení nervu následkem komprese vasa nervorum, která se klinicky projevuje parestéziemi. Dlouhotrvající komprese a ischémie nervu pak indukuje jeho strukturální změny. Nejprve dochází k lézi myelinové pochvy, později se přidává postižení jednotlivých axonů, následuje ztráta funkce

senzitivních a motorických vláken. V některých případech může dojít až ke vzniku intraneurální fibrózy (Smrčka et al., 2007, s. 243). Po terapeutickém přetnutí ligamentum carpi transversum se rychle upravuje prokrvení nervu a klinické příznaky mizí, ovšem za předpokladu, že nebyla vážně narušena regenerační schopnost nervu. Při dlouhodobém útlaku nervu může být regenerace podstatně omezena a následky pak mohou být trvalé. Z toho vyplývá, že časná diagnostika syndromu karpálního tunelu je zásadní pro stanovení prognózy onemocnění. Časný a správně provedený chirurgický zákrok umožní pacientům plnohodnotný život bez jakýchkoli omezení.

### **3 Diagnostika syndromu karpálního tunelu**

Diagnostika syndromu karpálního tunelu se opírá o anamnézu, celkové klinické vyšetření, neurologické vyšetření, elektromyografické vyšetření a zobrazovací metody.

#### **3.1 Klinické příznaky**

Klinický obraz se projevuje typicky parestéziemi prvního až třetího prstu a přilehlé části čtvrtého prstu na volární straně ruky a dorsálně v okolí nehtů prstů v rozsahu senzitivní inervace n. medianus, nebo i bolestmi, které bývají palčivého rázu. Symptomy mohou postihovat všechny prsty. Typická bývají noční maxima parestézií, která budí pacienta ze spánku a nutí jej svésit ruku a protřepávat ji. Potíže se rovněž mohou objevovat či stupňovat při různých denních činnostech (psaní na klávesnici, držení drobných předmětů delší dobu atd.). Ruka je oslabená, především stisk či úchop (Kaňovský, Herzig et. al., 2007, s. 272-273). Při přetrvávajícím tlaku v karpálním tunelu dochází postupně k progresi postižení nervu ve smyslu pozvolné ztráty citlivosti a oslabení svalové síly projevující se hypotrofií až atrofií svalů thenaru. Někdy se objevují vegetativní příznaky. Klinický obraz může být ovlivněn anastomózami mezi nervus medianus a nervus ulnaris. (Smrčka et al., 2007, s. 243-244). Průběh onemocnění bývá většinou chronického rázu, ale může vzniknout i akutně, obvykle v důsledku úrazu horní končetiny (Kaiser et Haninec, 2012, s. 112-113).

#### **3.2 Klinické vyšetřovací metody**

Používá se několika provokačních testů. Jedním z nich je tzv. Tinelův příznak, kdy se bolesti či parestézie objeví při poklepu nad průběhem n. medianus v oblasti zápěstí. Pozitivní bývá asi u 60% postižených. Pokud se iritační příznaky objevují v distálním předloktí a pokračují i směrem proximálním, označuje se to jako tzv. obrácený Tinelův příznak. Při Phalenově zápěstním testu se objeví či zhorší potíže při flexi v zápěstí trvající 60 sekund. Test bývá pozitivní u 80% pacientů. Při obráceném Phalenově testu se potíže objeví při extenzi v zápěstí trvající minimálně 2 minuty. Podle tíže klinického nálezu lze syndrom karpálního tunelu rozdělit do 3 stupňů: lehký stupeň (intermitentní symptomy, fyzikálně lze vybavit jen pozitivní provokační testy, event. hypersenzitivní odpověď na vibrační stimul, je jen iritace n. medianus bez přítomnosti zánikových příznaků), středně těžký stupeň (pozitivní provokační testy, svalové oslabení, možná hypotrofie svaloviny thenaru, snížená vibrační percepce v distribuci n. medianus) a těžký stupeň (svalová atrofie, senzitivní symptomy jsou trvalé) (Smrčka et al., 2007, s. 244).

### 3.3 Elektromyografie

Elektromyografie (dále EMG) je metoda, která slouží především k diagnostice funkčních poruch nervosvalového aparátu. Podstatou je měření elektrických potenciálů vzniklých v důsledku činnosti kosterní svaloviny. Používají se povrchové elektrody, které snímají akční potenciál velkého počtu motorických jednotek a jehlové elektrody, které snímají malý počet motorických jednotek. Elektromyografie stále hraje v diagnostice SKT klíčovou roli a je považována za zlatý standard. Pomocí EMG se tedy diagnostikuje porucha vedení vzruchu, nikoli však její příčina.

Česká neurologická společnost vydala v roce 2005 dokument Standard elektrofyzilogického vyšetření syndromu karpálního tunelu pro potřeby hlášení choroby z povolání. Elektrofyzilogické vyšetření se skládá z těchto částí:

1. Měření rychlosti vedení nervem v m/s, případně měření latence začátku nebo vrcholu akčního potenciálu v ms. Fyziologické hodnoty se pohybují do 2 SD.
2. Srovnání hodnot n. medianus s hodnotami ostatních nervů stejné končetiny.
3. Srovnání naměřených parametrů s hodnotami na druhé ruce.
4. Porovnání výsledků vedení v proximálním a distálním úseku n. medianus.
5. Vyšetření svalů thenaru, případně i dalších svalů jehlovou EMG doplňuje výše jmenované kondukční studie a slouží k diferenciální diagnostice onemocnění periferních nervů s podobnými klinickými příznaky (radikulopatie, polyneuropatie, plexopatie a další). (Kadaňka, Dufek, Hromada, 2005, s. 1-8)

U pacientů se SKT nacházíme při EMG vyšetření známky demyelinizace – při měření přes karpální tunel nalézáme sníženou rychlost senzitivního vedení a prodlouženou distální motorickou latenci (DML). Senzitivní vlákna jsou v elektrokondukčních studiích obvykle postižena dříve než vlákna motorická. EMG slouží k ověření postižení senzitivních a motorických vláken n. medianus a vypovídá o tom, jestli je proces chronického, akutního, nebo subakutního rázu. Podle naměřených hodnot kvantifikujeme postižení.

Pacienti s deficitem na EMG nemusí mít nutně SKT. Může se jednat např. o generalizovanou demyelinizační neuropatii (Mazanec et al., 2015, s. 95). Kauzální terapie generalizované neuropatie a SKT se samozřejmě liší. Na druhou stranu, přesto, že má EMG vysokou specifitu, v 10-20% případů vychází falešně negativní (Koyuncuoğlu et al., 2005, s. 365-368). Podle Eisena (1993, s. 787-796) neexistuje dokonalý elektrofyzilogický test, který

by správně určil všechny nemocné s klinickým SKT, a zároveň vyloučil každého asymptomatického. Zde je tedy prostor pro zobrazovací diagnostiku, která potvrdí či vyvrátí útlak nervu v prostoru karpálního tunelu.

### **3.4 Zobrazovací metody využívané v diagnostice syndromu karpálního tunelu:**

- Rentgenologické vyšetření, počítačová tomografie
- Ultrasonografie a z ní vycházející metody
- Magnetická rezonance a její modifikace
- Endoskopie



## 4 Rentgenové vyšetření

Rentgenové vyšetření (dále RTG) umožňuje zobrazení patologií kostních struktur. Vyšetřením můžeme prokázat fraktury kostí, revmatologické onemocnění, kalózní útvary, osteofyty, vývojové anomálie nebo nádorové onemocnění kostí. Jedná se o rychlé, levné a dostupné vyšetření. Rentgenové vyšetření je indikováno zejména u pacientů s akutním úrazem v oblasti zápěstí. Dále se provádí během chirurgického řešení fraktur a následně po osteosyntéze, kdy se sleduje hojení. Statisticky tvoří zlomeniny ruky šestinu všech fraktur ošetřených v chirurgické ambulanci (Žvák et. al., 2006, s. 134).

RTG vyšetření je založené na různé absorpci rentgenového záření v tkáních. Při snímkování trojrozměrného objektu však dostáváme dvourozměrný obraz. Kostní struktury, které absorbují mnoho RTG záření, na snímku zakrývají měkké tkáně, které pohlcují záření méně. Obecně efekt sumace absorpce tkání omezuje možnosti využití rentgenového zobrazení pro diagnostiku syndromu karpálního tunelu. Ke zpracování obrazu se dnes využívá převážně techniky přímé nebo nepřímé digitalizace obrazu, která umožňuje úpravy snímku v post-processingu. Lze měnit kontrast, zviditelnit jednotlivé druhy tkání, zvýraznit obrysy kostí atd.

Rentgenová diagnostika představuje pro pacienta radiační zátěž, proto od něj musí aplikující odborník získat informovaný souhlas. Úkolem radiologického asistenta je poskytnout pacientovi ochranné pomůcky - olověnou zástěru a límec na štítnou žlázu. U žen v reprodukčním věku je třeba se dotázat na případnou graviditu. Obecně platí pravidlo, že přínos musí převýšit riziko. Samozřejmostí je označit na kazetě vyšetřovanou stranu (např. olověnými písmeny L/R).

Veškerá obrazová dokumentace se odesílá do PACS ve formátu DICOM.

### 4.1 Projekce zobrazující zápěstí

Používá se malá kazeta o rozměrech 13 x 18 cm. Vzdálenost kazety od ohniska se doporučuje 100 cm. Na snímku musí být celé zápěstí, baze metakarpů a distální část předloktí. Většinou se snímky zápěstí zhotovují jako série projekcí. (Franek et Třetinová, 2009, s. 72-87).

Při každém zranění v oblasti zápěstí je třeba myslet na možnost následného rozvoje akutního SKT v důsledku edému měkkých tkání, zlomeniny kosti nebo útlaku hematodem (Kaiser et Haninec, 2012, s. 113).

#### 4.1.1 Dorzopalmární projekce

Pacient sedí při vyšetření vedle stolu, vyšetřovanou končetinu má ohnutou v lokti pod úhlem 90°, prsty má natažené (Pilný, Slodička et al., 2012, s. 71). Centrální paprsek je namířen na střed zápěstí. Kostí předloktí se nesmí překrývat. Používá se napětí 50 kV a expoziční čas 10 mAs.



Obrázek 3 Dorzopalmární projekce zápěstí

Zdroj: Franek et Třetinová, 2009, s. 73

#### 4.1.2 Boční radioulnární projekce

Pacient se posadí vedle vyšetřovacího stolu, ruku má ohnutou v lokti. Předloktí a zápěstí se nachází v jedné ose a leží ulnární stranou na kazetě. Centrální paprsek směřuje kolmo na střed zápěstí (Pilný, Slodička et al., 2012, s. 72). Na správně zhotoveném snímku se radius a ulna překrývají. Snímkuje se při napětí 50 kV a expozičním čase 10 mAs<sup>1</sup>.



Obrázek 4 Boční radioulnární projekce zápěstí

---

<sup>1</sup> Expoziční parametry se mohou u jednotlivých pracovišť lišit, zejména v závislosti na technickém vybavení

Zdroj: Franek et Třetinová, 2009, s. 75

#### 4.1.3 Radioulnární projekce zápěstí v palmární flexi dle Burmana

Slouží ke zobrazení os pisiforme a os scaphoideum. Končetina leží na kazetě obdobně jako v předchozí projekci, pacient ohne zápěstí maximálně palmálně (Franek et Třetinová, 2009, s. 74). Expoziční parametry zůstávají stejné.



Obrázek 5 Radioulnární projekce zápěstí v palmární flexi

Zdroj: Franek et Třetinová, 2009, s. 75

#### 4.1.4 Poloaxiální dorzopalmární projekce dle Stechera

RTG kazeta je podložena 20° klínem. Pacient položí zápěstí na kazetu palmární stranou, prsty má nataženy. Centrální paprsek míří na os scaphoideum. Expoziční parametry jsou obdobné jako u předchozích projekcí. Projekce slouží k posouzení fraktur a pseudoartróz skafoidea (Pilný, Slodička et al., 2012, s. 73).



Obrázek 6 Stecherova projekce s 20° podložním klínem

Zdroj: Franek et Třetinová, 2009, s. 77

#### 4.1.5 Dorzopalmární radioulnární šikmá projekce (špetka)

Pacient položí zápěstí ulnární stranou na kazetu. Palec a ukazovák se dotýkají. Ruka je v mírné ulnární dukci tak, aby palec ležel v dlouhé ose radia. Ostatní prsty jsou ve flexi. Distální články prstů se dotýkají kazety. Centrální paprsek míří kolmo na os scaphoideum. Expoziční parametry jsou 40-50 kV a 8 mAs.



Obrázek 7 Dorzopalmární radioulnární šikmá projekce zápěstí

Zdroj: Franek et Třetinová, 2009, s. 79

#### 4.1.6 Zadopřední projekce v radiální dukci dle Bendiga I

Ruka leží palmární stranou na kazetě, prsty jsou nataženy, zápěstí je ohnuto v maximální radiální dukci. Centrální paprsek míří na střed zápěstí. V případě potřeby si pacient přidržuje prsty druhou rukou.



Obrázek 8 Projekce dle Bendiga I

Zdroj: Franek et Třetinová, 2009, s. 81

#### 4.1.7 Zadopřední projekce v ulnární dukci dle Bendinga II

Ruka leží na kazetě palmárně, prsty jsou nataženy, zápěstí je ohnuto v maximální ulnární dukci. V případě potřeby si pacient může přidržovat prsty druhou rukou tak, jak je to znázorněno na obrázku. Nastavuje se napětí 40-45 kV a expoziční čas 8 mAs.



Obrázek 9 Projekce dle Bendinga II

Zdroj: Franek et Třetinová, 2009, s. 83

Os scaphoideum zobrazujeme v tzv. navikulárním kvartetu (projekce boční radioulnární, Stecherova, šikmá dorzopalmární radioulnární a dle Bendinga II) (Franek et Třetinová, 2009, s. 74-82). Fraktura os scaphoideum je vůbec nejčastější zlomenina skeletu zápěstí (Seidl, 2012, s. 106). Zlomeniny této kosti mohou být vzácně příčinou akutního syndromu karpálního tunelu, kdy dojde k útlaku nervu medianu v důsledku krvácení a rychlé progresse otoku. Tento stav vyžaduje urgentní chirurgický zákrok (Kaiser et Haninec, 2012, s. 112-113).

#### 4.1.8 Šikmá palmodorzální radioulnární projekce

Zápěstí leží na kazetě ulnární stranou. Prsty jsou nataženy. Ruka je skloněna pod úhlem 45° tak, že dlaň směřuje nahoru. Centrální paprsek je namířen na střed zápěstí. Projekce umožňuje posouzení os pisiforme a hamulus ossis hamati.

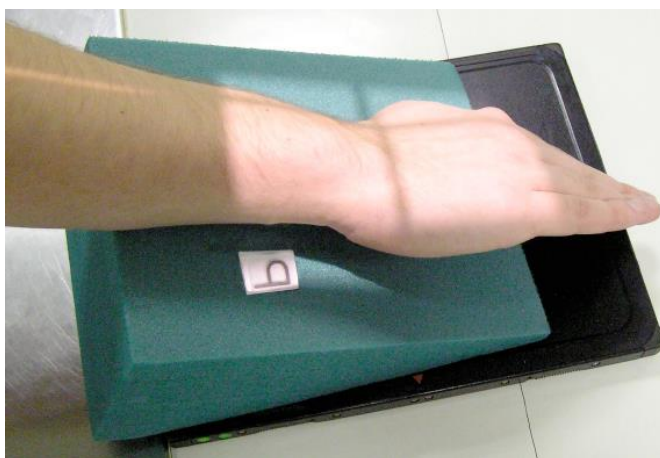


Obrázek 10 Šikmá palmodorzální radioulnární projekce zápěstí

Zdroj: Franek et Třetinová, 2009, s. 85

#### 4.1.8. Šikmá dorzopalmární ulnoradiální projekce

Zápěstí spočívá svou radiální stranou 30° RTG transparentním klínu, který se svažuje směrem k prstům. Končetina svírá s klínem úhel 30° otevřený ulnárně – viz obrázek. Papek je centrován na střed zápěstí. Projekce se používá ke zobrazení os trapezium a os trapezoideum.



Obrázek 11 Šikmá dorzopalmární ulnoradiální projekce zápěstí

Zdroj: Franek et Třetinová, 2009, s. 87

#### 4.2 Projekce zobrazující karpální tunel

Indikací k tomuto vyšetření jsou traumata, abnormality kostí a podezření na revmatologické onemocnění (Minks, 2014, s. 237).

#### 4.2.1 Axiální distoproximální projekce dle Gaynor - Harta

Při této projekci předloktí spočívá na kazetě, ruka je v hyperextenzi a pacient drží v nevyšetřované ruce škrtidlo, které je otočeno kolem prstů rentgenované končetiny a táhne ji směrem k sobě. Centrální paprsek je skloněn k ose ruky v úhlu  $20^{\circ}$ - $35^{\circ}$  a míří na distální řadu karpálních kůstek (Franek et Třetinová, 2009, s. 74; Pechan et Kříž, 1975, s. 98-99).



Obrázek 12 Axiální distoproximální projekce

Zdroj: Franek et Třetinová, 2009, s. 89

#### 4.2.2 Axiální proximodistální projekce (superioinferiorní)

Pacient má ruku položenou celou dlaní i prsty na kazetě, opírá se o kazetu tak, aby zápěstí bylo v maximální extenzi. Paprsek je skloněn pod úhlem  $20^{\circ}$  k dlouhé ose předloktí. Na snímku musí být vidět proximální řada karpálních kůstek (Franek et Třetinová, 2009, s. 90-91).



Obrázek 13 Axiální proximodistální projekce

Zdroj: Franek et Třetinová, 2009, s. 91

### 4.3 RTG neurografie

Metoda rentgenové neurografie (dále RNG) byla poprvé popsána ve dvacátých letech dvacátého století, kdy Nikolajev a Rubinstein provedli první pokusy na zvířatech (Pechan et Kříž, 1975, s. 46). O padesát let později se k RNG začaly používat olejové jodové kontrastní látky a metoda byla uvedena do praxe. Technické provedení spočívá v intraneurální aplikaci 1-2 ml kontrastní látky. Ihned poté se rentgenuje. Další snímky se zhotoví 5 a 24 hodin od aplikace. Kontrastní látka proniká v nervu prostorem mezi perineuriem a epineuriem. RNG umožňuje znázornit amputační pseudoneurom a expanzivní procesy v nervu a okolí (Pechan et Kříž, 1975, s. 99). U axonotmeze (axony jsou přerušeny, nerv jako celek je kontinuální) kontrastní látka prochází poškozeným místem, u neurotmésie (kompletní přerušeni nervu) však nikoli (Pechan et Kříž, 1975, s. 48). Vyšetření je kontraindikováno u pacientů s alergií na jód nebo hyperfunkcí štítné žlázy.

Dnes je tato metoda nahrazena MR neurografií, která není invazivní a nezatěžuje pacienta ionizujícím zářením.

### 4.4 Výpočetní tomografie

Výpočetní tomografie (dále CT) je neinvazivní zobrazovací metoda využívající ionizujícího záření. Vyšetření je technicky snazší než zhotovení série rentgenových projekcí, avšak finančně náročnější a radiační zátěž pacienta je taktéž vyšší. Přesto je metoda velice přínosná v diagnostice zlomenin zápěstních kostí. Jde o preferovanou metodu v diagnostice fraktur skafoidea (Pilný, Slodička et al., 2011, s. 58). Vyšetření je proveditelné i u pacientů, kteří z důvodu vysoké bolestivosti nejsou schopni vydržet speciální RTG projekce. CT vyšetření ukáže přesnou linii lomu a stabilitu zlomeniny a pomůže určit prognózu a směr terapie (Pilný, Slodička et al., 2011, s. 192).

Princip CT vyšetření je měření absorpce rentgenového záření tkáněmi lidského těla. V gantry přístroje je uložena rentgenka a sada protilehlých detektorů RTG záření. Rentgenka emituje úzce kolimovaný svazek záření ve tvaru vějíře, který prochází lidským tělem a je registrován detektory, které převádí kvanta záření na elektrický signál, jenž je počítačově zpracováván. Současně dochází k posunu lehátka s pacientem. Výsledkem je velké množství řezů, které lze zpracovat v 3D obraz vyšetřované části těla.

Příprava pacienta je obdobná jako na klasické RTG vyšetření. Vyšetření se neprovádí u těhotných a kojících žen, vyjma případů, kdy by byl přínos vyšší než riziko. Radiologický asistent musí od pacienta obdržet podepsaný informovaný souhlas. Asistent instruuje



pacienta, aby se uložil na posuvné lůžko na břicho, případně na záda (dle preferencí diagnostického pracoviště) s vyšetřovanou končetinou nataženou za hlavou (tzv. pozice na Supermana). Prsty jsou v semiflexi. Druhá končetina leží podél těla. Pacient se při vyšetření nesmí hýbat. Zhotoví se předozadní a bočný topogram. Vyšetřuje se v axiální rovině v kraniokaudálním směru při tloušťce řezů 1 mm.

## 5 Ultrasonografické vyšetření karpálního tunelu

Ultrasonografické (dále US) vyšetření je relativně jednoduché, rychlé, neinvazivní, bezbolestné a levné vyšetření. Pacient není zatěžován ionizujícím zářením a nejsou známy ani žádné kontraindikace. Běžně se využívá černobílé zobrazení pomocí B-módu doplněné o barevné dopplerovské zobrazení. Moderní metoda sonoelastografie našla uplatnění i zde. Díky dostupnosti kvalitního přístrojového vyšetření už není ultrasonografie doménou pouze radiologů, ale využití nachází i v ambulancích ortopedů, rehabilitačních lékařů a neurologů (Kuliha, 2017, s. 248). V České republice se však ultrasonografie v diagnostice SKT používá oproti zahraničí poměrně málo (Minks, 2014, s. 237). Metoda umožňuje odlišit lézi nervu od patologie okolních tkání, které se klinicky projevují podobně, jako je třeba ganglion nebo tenosynovitida (Abdel Ghaffar et al., 2012, s. 582). U pacientů, kteří podstoupili chirurgické přerušování ligamentum carpi transversum, aniž by u nich došlo k ústupu klinických symptomů, může sonografie odhalit příčinu, jako například neúplně přerušované ligamentum (Minks, 2014, s. 237, Smrčka, 2007, s. 246), zhojení vazů hypertrofickou jizvou (Smrčka, 2007, s. 246), nebo vznik neuromu (Weise, 2017, s. 36). U pacientů s polyneuropatií ultrasonografie umožňuje zhodnotit případnou koincidenci v podobě SKT (Kurča, 2009, s. 505).

Samostatnou kapitolou je pak intervenční neuromuskulární ultrasonografie, která napomáhá bezpečnějšímu provádění zákroků jako je biopsie, obštrik, regionální anestézie nebo usnadňuje přesnou aplikaci léčivých látek (Mezian, 2016, s. 657-659).

### 5.1 Sonografie v reálném čase - B-mód

Ultrasonografie zobrazuje měkké tkáně diferencovaně podle jejich echogenity. Používá se ke kvalitativnímu i kvantitativnímu hodnocení svalů, šlach, cév nervů a chrupavek. Nevýhodou jsou omezené možnosti vyšetření tkání ležících v akustickém stínu kostních struktur. Výhodou je naopak výborná rozlišovací schopnost, kterou nabízejí moderní přístroje. V hloubce 1,5 cm od kožního povrchu se udává rozlišovací schopnost 0,1 mm, tedy vyšší než u magnetické rezonance o intenzitě 3T (Mezian, 2016, s. 657). Vyšetření se uskutečňuje v reálném čase a umožňuje nejen statické, ale i dynamické zobrazení při pohybech ruky. Některé kompresivní neuropatie se projevují jen při určitém pohybu končetiny. U těchto pacientů může být elektromyografické vyšetření negativní, stejně jako statické zobrazovací metody (MRI, CT) (Bíla, 2013, s. 357). Další benefit je možnost vyhledání nejbolestivějšího místa sondou, tzv. sonopalpace. Mimo to ultrasonografie pomáhá odhalit etiologii neuropatie, například intraneurální lipom (Holsbeeck, 2015, s. 939; Okubo et al., 2012, s. 407-411),

strukturu, která nerv utlačuje nebo abnormální pohyb, při kterém dochází k iritaci nervu. Vzhledem k množství variací anatomie karpálního tunelu v populaci, je sonografie přínosná k plánování chirurgických zákroků (Chammas, 2014, s. 430-431; Petrover et Richette, 2017, s. 1-7).

K vyšetření se používá vysokofrekvenční lineární sonda (12–22 MHz) s vynikající rozlišovací schopností (Yu et al., 2016, s. 2559; Mezian, 2016, s. 657). Dle preferencí lékaře se dá použít i malá angulární sonda zvaná „hokejka“, která umožňuje vyšetřujícímu pohodlnější manipulaci (Mezian, 2016, s. 657).

Kůže na vnitřní straně zápěstí se pacientovi očistí a aplikuje se sonografický gel. Sonda se přikládá kolmo k zápěstí a vyšetření probíhá v příčné i podélné ose. Vyšetření se provádí na natažené končetině. Končetina je v supinaci, předloktí a ruka leží na podložce dlaní nahoru, prsty jsou lehce pokrčené. Poté pacient na pokyny lékaře pohybuje prsty či zápěstím. Vždy se vyšetřují obě končetiny, a to i v případě, kdy druhá končetina je zdravá (Mallouhi et al., 2006, s. 1240-1244).

Karpální tunel se vyšetřuje v příčných rovinách v úrovni radiokarpálního kloubu až do úrovně distální řady zápěstních kůstek. Poté se sonda pootočí o 90° a vyšetřuje se v podélném směru (Kurča, 2009, s. 505).

Zdravý periferní nerv se zobrazuje jako echogenní struktura obdaná mnohočetnými longitudinálními hypoechogenními pruhy, což jsou fascikulární svazky. Tyto jsou od sebe odděleny pruhy vyšší echogenity, které představují epineurium. Příčný obraz v krátké ose lze přirovnat k pláštvi s hypoechogenními body fascikulárních svazků s echogenním epineuriem.

Hodnotí se celistvost a struktura nervu i přilehlých měkkých tkání (svaly, cévy, šlachy). U NM se konkrétně posuzuje jeho struktura, tvar, rozměry, echogenita a vaskularita.

Pro posouzení rozměrů středového nervu v příčném zobrazení se hodnotí plocha průřezu nervu - Cross-Sectional Area (CSA) v místě vstupu n. medianus do karpálního tunelu (v úrovni os pisiforme). K tomu se používá metoda tzv. trasování (Ng et al., 2018, s. 3). Vychází se z toho, že se objem nervu zvětšuje proximálně od místa komprese. CSA se poté měří v polovině předloktí, kde je nerv fyziologicky nejsilnější. Následně se spočítá poměr CSA v oblasti zápěstí ku CSA v oblasti poloviny předloktí a vyjde hodnota WFR (wrist-to-forearm median nerve ratio) (Abrishamchi, 2014, s. 1113).

$$WFR = \frac{CSA \text{ zápěstí}}{CSA \text{ předloktí}}$$

Pro ultrasonografickou diagnostiku syndromu karpálního tunelu lze použít i porovnání CSA nervus ulnaris (u-CSA) a nervus medianus (m-CSA).

Pro SKT je příznačné:

- zvětšení hodnot CSA nad 11 m<sup>2</sup> (Abdel Ghaffar 2012, s. 583; Weise 2016, s. 36)
- WFR vyšší než 1,4 (Hobson-Webb, 2008, s. 1353-1357; Weise, 2016, s. 36)
- poměr m-CSA/u-CSA  $\geq 2,95$
- edém nervu - snížení echogenity nervu, rozšíření fascikulů, úbytek echogenního epineuria (Bíla, 2013, s. 357; Abdel Ghaffar, 2012, s. 583)
- změna tvaru nervu – v místě útlaku oploštění a proximálně od něj vřetenovité ztluštění (Bíla, 2013, s. 357)
- snížení pohybu nervu při pohybech prstů (Kang, 2016, s. 738-742)
- svalová atrofie a tuková infiltrace (Bíla 2013, s. 357-358)
- zakřivení retinaculum flexorum o více jak 2 mm nad linií vedenou mezi tuberculum trapesium a os hamate (Abdel Ghaffar, 2012, s. 583; Mallouhi, 2006, s. 1241).

Dále se posuzuje echostruktura svalové tkáně. Zdravá svalová tkáň je echolucenční a homogenní. Při poruše inervace svalové tkáně dochází k její atrofii a kolagenové a tukové přestavbě, následkem čehož se echostruktura mění na heterogenní (Lee et al., 2016, s. 1049).

Na ultrazvuku je možné nalézt patologický proces, který zapříčiňuje SKT:

- Tenosynovitida se zobrazuje jako malé množství tekutiny podél šlachových pochev. Tekutina vynikne zejména v dynamickém zobrazení, když pacient opakovaně ohýbá prsty (Draghi, 2013, s. 49).
- Ganglion, neboli synoviální cysta, je nezhoubný útvar, který se často vyskytuje v oblasti zápěstí (Dufek, 2006. s. 255).
- Intranerální lipom je vzácný tumor, který může při určité velikosti vyvolat kompresní neuropatii (Okubo et al., 2012, s. 407). Zobrazuje se jako opouzdřená ostře ohraničená struktura uvnitř nervu.
- Fibrolipomatózní hamartom je rovněž vzácný tumor, který má na snímku vzhled koaxiálního kabelu (Okubo et al., 2012, s. 410).

Sonografické vyšetření může odhalit anatomické abnormality s klinickým dopadem, jako je například akcesorní sval či šlacha, nebo bez klinického významu, jako je perzistující mediální artérie nebo zdvojený NM (Holsbeeck, 2015, s. 887).

Na význam sonografie v diagnostice SKT bylo provedeno několik studií. Lee et al. (2016, s. 1048-1056) provedli studii, při níž zjistil pozitivní korelaci mezi echointenzitou a latencí distálního motorického nervu a poruchou vodivosti senzitivního nervu. Aseem et al. (2016, s. 913-915) hledali pomocí ultrazvuku patologie v karpálním tunelu u pacientů, kteří vykazovali symptomy SKT, ale EMG vyšetření nevykazovalo patologie. U každého pacienta byla na ultrazvuku nalezena alespoň jedna abnormalita potvrzující SKT (zvýšená hodnota CSA, snížená mobilita, snížená echogenita, zvýšená vaskularita). Hobson-Webb et al. (2008, s. 1356) popsali u metody sonografického stanovení WFR 100% sensitivitu pro detekci SKT.

Jako každá metoda, i ultrasonografie periferních nervů má své slabiny. Například u pacientů s hereditární demyelinizující senzomotorickou neuropatií jsou všechny periferní nervy difúzně ztlustělé (Martinoli et al., 2002, s. 1554-1555). Samotné měření CSA v oblasti zápěstí by u nich přineslo falešně pozitivní sonografickou diagnostiku SKT. Proto je vhodné provést měření CSA i na předloktí a vypočítat WFR. WFR se u těchto pacientů pohybuje kolem hodnoty 1,0 (Hobson-Webb, et al., 2008, s. 1354). Ultrasonografie sama o sobě taktéž není vhodná pro stanovení stupně závažnosti SKT, protože sonografický nález nekoreluje přesně se stupněm postižení (Abrishamchi, et al., 2014, s. 1113-1116).

## **5.2 Dynamická sonografie**

Vyšetření při pohybech končetiny umožňuje odhalit patologie v oblasti karpálního tunelu i u pacientů, jejichž sonografický nález či elektromyografická studie v klidu je negativní.

Používá se ultrasonografický přístroj s vysokofrekvenční sondou (9-15 MHz). Vyšetření se odehrává v černobílém B-módu.

Pacient při vyšetření sedí na židli a vyšetřovanou paži má položenou na stole. Loket s předloktím svírají 120°, končetina je v supinaci, zápěstí je v neutrální pozici. Poté na pokyn lékaře pacient ohne prsty tak, aby se špičky dotýkaly dlaně. Drží je tak po dobu 8 vteřin.

U pacientů se SKT byla v podélném i příčném zobrazení zjištěna snížená pohyblivost středového nervu. (Filius, 2015, s. 1332)

### **5.3 Kontrastní ultrasonografie**

Kontrastní ultrasonografie je oproti konvenční sonografii unikátní v tom, že umožňuje zobrazení i tak drobných cév, jako jsou vasa nervorum vyživující nerv. Kontrastní látky jsou tvořeny plynovými mikrobublinami, které rezonují s dopadajícím ultrazvukovým vlněním, a tím zvyšují počet odrazů, které jsou detekovány sondou. Velikost mikrobublin se pohybuje v rozmezích 1–10 mikrometrů, takže jsou schopny pronikat kapilárním řečištěm. V zahraničí se osvědčil přípravek s účinnou látkou perfluten (Qureshi et al., 2017, s. 583-587).

Příprava pacienta je obdobná jako u klasického sonografického vyšetření karpálního tunelu. Radiologický asistent navíc zavede intravenózní kanylu a provede proplach injekční vodou nebo fyziologickým roztokem. K vyšetření se používá 9 MHz lineární sonda. Zobrazení probíhá v B-módu. Lékař vyhledá nerv v podélném zobrazení. Radiologický asistent pak pomalu aplikuje bolus ředěné kontrastní látky (1,3 ml perflutrenu + 8,7 ml aqua pro injectione nebo fyziologického roztoku). Zvýraznění cév pak přetrvává po dobu přibližně pěti minut (Qureshi et al., 2017, s. 584).

Vasa nervorum se při vyšetření v longitudinálním směru zobrazují jako struktury přiléhající k nervu, jejichž intenzita se mění v důsledku pulzace krve (Qureshi et al., 2017, s. 584).

Přestože se jedná o zajímavou možnost využití kontrastní ultrasonografie, v současnosti se praktikuje spíše jen na experimentální úrovni. Širšímu využití brání aktuální cenová náročnost ultrasonografických kontrastních látek.

### **5.4 3D ultrasonografie**

Trojrozměrný obraz vzniká počítačovou rekonstrukcí série dvojrozměrných B-obrazů, nebo pomocí speciálních 3D sond, což je modernější a rychlejší metoda (Kwon et al., 2014, s. 348-353). 3D zobrazení se běžně používá v porodnictví, kardiologii a cévní ultrasonografii. Oproti 2D ultrasonografii, která poskytuje projekci axiální a transversální, 3D umožňuje ještě projekci koronální. K účelům diagnostiky SKT se používá se 8-15 MHz 3D sonda (Kwon et al., 2014, s. 351-352).

### **5.5 Dopplerovská sonografie**

Dopplerovská sonografie slouží k mapování krevního průtoku. Dají se použít celkem tyto tři techniky: barevný, power a spektrální Doppler.

### **5.5.1 Barevná dopplerovská ultrasonografie**

Principem metody je barevné kódování toku krve. Krev proudící směrem k sondě se zobrazuje červeně, zatímco krev proudící opačným směrem, se zobrazuje modře. Turbulentní proudění se zobrazuje zeleně. Čím je vyšší rychlost proudění, tím je odstín dané barvy jasnější. V diagnostice SKT slouží k mapování patologické vaskularizace oblastí. Obvykle navazuje na klasické sonografické vyšetření. Přístroj se nastavuje na zobrazení cév s nízkým průtokem na frekvenci pulzů 500 Hz (László et Baracchini, 2016, s. 307) nebo 800 Hz (Mallouhi, 2006, s. 1241). Band-pass filtr se nastaví na 50 Hz (László et Baracchini, 2016, s. 307). Snímky z vyšetření se ukládají do PACS.

Při SKT se zvyrazňuje intraneurální vaskulatura (Abdel Ghaffar, 2012, s. 583-586). Toto zobrazení umožňuje posoudit funkční postižení, zatímco černobílá sonografie ukazuje pouze změny morfologické. Podle Mallouhiho (2006, s. 1242) má barevná dopplerovská sonografie šestnáctkrát vyšší výtěžnost než prosté černobílé ultrasonografické zobrazení.

### **5.5.2 Power Doppler ultrasonografie = Barevný energetický Doppler**

Tato metoda zobrazuje energii, která vzniká na pohybujících se strukturách. Barevný odstín jedné barvy (nejčastěji oranžové) v každém pixelu odpovídá intenzitě odražené zvukové vlny, tedy hustotě červených krvinek. Vyšší hustota pohybujících se částic se zobrazuje světlejším odstínem, menší hustota tmavším odstínem.

## **5.6 Superb microvascular imaging**

Superb microvascular imaging (SMI) je nejnovější ultrasonografická technologie k vyšetření krevního průtoku v reálném čase, kterou vyvinula japonská firma Toshiba v roce 2015. Tradiční barevné a energetické Dopplerovské technologie odstraňují šum potlačením komponent s nízkou rychlostí. Toto potlačení má však za následek ztrátu dat a následně ztrátu viditelnosti průtoku v menších cévách. SMI dokáže rozlišit pomalý průtok krve v cévách od artefaktů v podobě pohybů okolních tkání. SMI má pro hodnocení průtoku krve vyšší senzitivitu než barevná dopplerovská ultrasonografie či power Doppler ultrasonografie (Chen et al., 2017, s. 2).

## 5.7 Sonoelastografie

Ultrazvukové elastografické vyšetření patří mezi neinvazivní diagnostické metody bez použití zdroje ionizujícího záření. Vyšetření je nebolestivé a nejsou známy žádné kontraindikace. Elastografie měří elasticitu, což je schopnost tkáně zaujmout svůj původní tvar po odeznění působení deformující síly. U lidí se syndromem karpálního tunelu je tuhost nervus medianus významně vyšší než u zdravé populace (Kantarci, 2013, s. 434-440).

Výstupem ultrazvukové elastografie je identická dvojice obrazů černobílého B-zobrazení, kdy jeden z nich je překrytý barevnou mapou. Tuhost tkání se tak zobrazuje v chromatickém měřítku od červené barvy (nejvyšší elasticita), přes oranžovou, žlutou, zelenou až po tmavě modrou, která značí nejvyšší tuhost (Vomáčka, 2015, s. 40-41). Software umožňuje vybrat oblasti zájmu označování jako ROI (region of interest). Přístroj pak ukazuje hodnoty v jednotkách kPa.

Pro diagnostiku SKT se nejvíce osvědčila Shear Waves elastografie (SWE) (Kantarci, 2013, s. 434-440) která umožňuje měřit tuhost nervů. Je založena na hodnocení rychlosti šíření střížných vln (shear waves), které vznikají ve tkáni jako odezva elastického odporu tkáně na tlakové pulzy nebo mechanické vibrace o malé frekvenci (řádově desítek Hz). Střížné vlny se šíří tkání v příčném směru.

Příprava pacienta je stejná jako u běžného ultrasonografického vyšetření. Pacient sedí čelem k diagnostikovi, vyšetřovaná končetina je v supinaci, prsty jsou v semiflexi, předloktí leží na rovné podložce. Pacient nesmí během vyšetření pohybovat zápěstím ani prsty. Na kůži se aplikuje sonografický gel. Vyšetřující odborník přikládá sondu zlehka, aby nedošlo ke kompresi nervu a zkreslení výsledků.

Nejprve se provede měření CSA v úrovni proximálního okraje retinaculum flexorum. K tomu se používá 15-4 MHz lineární sonda. Poté se sonda pootočí o 90° a provede SWE měření v sagitální rovině. Na úrovni proximální řady karpálních kůstek se vykoná elastografické měření. Po identifikaci nervu na černobílém snímku se vyznačí v místě nervu kulatá oblast o průměru 2 mm (ROI) a software automaticky zobrazí hodnoty elasticity v kPa.



## 6 Zobrazení karpálního tunelu magnetickou rezonancí

Zobrazení magnetickou rezonancí (Magnetic Resonance Imaging – dále MRI) je metoda s nejvyšším rozlišením měkkých tkání. Používá se i k objasnění etiologie syndromu karpálního tunelu nebo k odhalení příčiny přetrvávajících příznaků SKT u pacientů, kteří podstoupili chirurgické přetěti ligamentum carpi transversum. Tam může MRI odhalit například nedostatečně přerušené ligamentum carpi transversum (Minks et al., 2014, s. 237). Magnetická rezonance (dále MR) je metoda nebolestivá, neinvazivní, nezatěžuje pacienta ionizujícím zářením, protože využívá elektromagnetického pole. Na druhou stranu je poměrně nákladná a časově náročná a má své známé kontraindikace. Absolutní kontraindikace pro MR vyšetření pacienta jsou jakékoli MR nekompatibilní kovové implantáty, osteosyntetický materiál, cévní svorky, kardiostimulátor, kochleární implantát, insulinová pumpa a jiný feromagnetický materiál. U kovových implantátů může dojít k poškození pacienta v důsledku jejich pohybu nebo zahřátí (Mechl et al., 2010, s. 70). U elektronických přístrojů, jako je například kardiostimulátor, může dojít během vyšetření nejen k poškození až smrti pacienta, ale i k poškození funkce přístroje. Novější typy kardiostimulátorů umožňují MR vyšetření za určitých podmínek (v MR kompatibilním módu), avšak vždy za přítomnosti kardiologa (Seidl et al., 2012, s. 54). Relativní kontraindikace MR vyšetření je těhotenství v prvním trimestru gravidity a klaustrofobie (Sedlář, 2014, s. 103; Vomáčka, 2015, s. 56). MR kompatibilní materiály sice pacienta neohrožují na životě, ale způsobují artefakty v obraze a mohou být zdrojem pocitu pálení (Vomáčka, 2015, s. 56). K poškození pacienta může dojít rovněž z méně pravděpodobné příčiny nedodržení zásad bezpečnosti ze strany personálu, kdy se v blízkosti magnetického pole nacházejí feromagnetické předměty – chirurgické nástroje, kyslíková bomba atd. Bezpečnost pacienta musí být a je vždy na prvním místě.

Před vyšetřením vyplňuje pacient dotazník a informovaný souhlas. I přesto musí radiologický asistent ověřit identitu pacienta, zkontrolovat žádanku, vyptat se na přítomnost kovového materiálu v těle, těhotenství a strach z uzavřených prostor. V kabině si pacient odloží veškeré šperky, hodinky, naslouchátka, sponky do vlasů a oblečení, které obsahuje kovové součásti. Od personálu obdrží oděv určený k MR vyšetření a sluchátka nebo špunty do uší a signalizační zařízení pro případ náhlé nevolnosti. Pacient se položí na záda, paže podél těla, předloktí v supinaci. Poté asistent přiloží zápěstní cívku na vyšetřovanou končetinu tak, aby její střed byl v oblasti zápěstí. Někteří autoři doporučují polohu s končetinou nataženou v pronaci za hlavou (Guggenberger et al., 2012, s. 776; Koh et al., 2014, s. 2066). Využívaná je také poloha pacienta vleže na břiše s nataženou končetinou vpřed, kdy zápěstí je

uloženo v zápětní cívce, která je lokalizovaná ve středu magnetického pole gantry. Poté asistent zaveze pacienta do gantry. Postupně se vyšetří obě zápěstí.

## 6.1 Konvenční magnetická rezonance

Prosté zobrazení magnetickou rezonancí lze využít k detekci patologií měkkých a tvrdých tkání v oblasti zápěstí a ke zjištění přítomnosti komprese nervu. Končetina je fixována v zápětní cívce. Během vyšetření s ní nesmí pacient pohybovat. Provede vyšetření v se koronární, axiální a sagitální rovině.

Dnes jsou dostupné 1,5 T a 3 T přístroje. Výhodou 3 T zařízení je lepší obraz za kratší čas, což oceníme právě při vyšetření malé oblasti zájmu (Seidl et al., 2012, s. 54).

Na 1,5 T přístroji se pro T1 zobrazení nastavují parametry TR/TE 500/38 ms a pro T2 vážené TR/TE 2000/70 ms. Výsledkem je doba měření T1 6,26 min a čas měření T2 4,18 min (Mäurer et al., 2000, s. 78-79).

Zobrazení 3 T MRI a nastavují se parametry: TE/TR 5,67/15 msec, velikost okna 150 mm a tloušťka řezů 0,6 mm (Dilokhuttakarn et al., 2017, s. 2025).

Podobně jako při sonografickém vyšetření se při MR měří plocha příčného řezu n. medianus (CSA-cross sectional area). Hodnota CSA je u končetiny postižené SKT významně vyšší než u končetiny zdravé – více než 10 mm<sup>2</sup> v úrovni os pisiforme (Allam et al., 2016, s. 202). Dále se zjišťuje intenzita signálu nervus medianus. U lidí postižených SKT může být intenzita zvýšená (Karabulut et al., 2009, s. 792-794). Na postižené končetině je rovněž zřetelná atrofie svalů thenaru, jejíž stupeň odpovídá závažnosti postižení nervus medianus měřeného pomocí EMG (Dilokhuttakarn, 2017, s. 2025).

## 6.2 Difúzně vážené MR zobrazení

Běžná magnetická rezonance nezobrazuje strukturální a funkční změny v bílé hmotě. V osmdesátých letech dvacátého století byla vyvinuta metoda difúzně váženého zobrazení (diffusion weighted imaging, DWI), která dokáže detekovat drobné strukturální abnormality bílé hmoty na základě difúze molekul vody (Yildirim, 2014, s. 950). Sekvence DWI umožňují zachytit pohyb molekul v místech s velkým stupněm difúze pomocí zvláštních přídatných magnetických gradientů, které konvenční MR sekvence neobsahují. Difúze je mnohem rychlejší (větší) ve směru průběhu axonů, než ve směru kolmém na podélnou osu axonů, protože přestup přes biologické membrány tento proces zpomaluje (Seidl et al., 2012, s. 67). Dominantní směr difúze molekul tedy odpovídá průběhu nervových drah (Keřkovský, et al.,

2010, s. 136-139). V místech difúze dochází k poklesu signálu. Čím vyšší je v dané tkáni difúze, tím nižší je intenzita signálu DWI (Keřkovský, et al., 2010, s. 137). Pro úžinové syndromy je typické snížení difúze v místě útlaku nervu-zvýšení signálu v DWI (Kaiser, 2016, s. 32). Z tohoto principu pak vycházejí 2 metody zpracování DWI dat, a sice zobrazení tensorů difúze a MR traktografie.

Nejprve se získá T2 obraz s vypnutým difúzním gradientem ( $b=0$ ). Druhý obraz (trace image) se provede se zapnutými difúzními gradienty ve směru kolmém na rovinu řezu. Třetím typem obrazu je počítačově vypočítaná ADC (apparent diffusion coefficient) mapa. V ADC mapě je každému pixelu přiřazena hodnota vypočítaného difúzního koeficientu z této oblasti. Tkáně s nízkou difúzí se zobrazují tmavě (Seidl et al., 2012, s. 67).

### **6.3 Zobrazení tensorů difúze**

Metoda zobrazení tensorů difúze (diffusion tensor imaging – DTI) vychází z principů difúzně váženého zobrazení. DTI spočívá v opakované aplikaci přídatných gradientů, tentokrát v různých směrech (6-64). Počítačové zpracování dat určí směr, kterým difúze probíhá nejsnadněji. Výsledky DTI lze nechat zpracovat číselně i graficky, konkrétně se jedná o hodnoty ADC a FA (Keřkovský et al., 2010, s. 137).

ADC (apparent diffusion coefficient) vyjadřuje celkovou difúzi vody ve tkáni (v každém voxelu) bez ohledu na její směr (Keřkovský et al., 2010, s. 137). Hodnoty ADC u zdravých jedinců jsou v bílé a šedé hmotě podobné, ADC se používá k detekci otoků a hodnocení celularity (Ibrahim et al., s. 346).

FA (frakční anizotropie) vyjadřuje míru směrové závislosti difúze. Jedná se o relativní veličinu, která může nabývat hodnot od 0 do 1. Čím je FA vyšší, tím je vyšší anizotropie a směrové uspořádání zobrazování tkáně (Keřkovský et al., 2010, s. 137-138). FA pomáhá odhalit mikrostrukturální změny periferních nervů, takže umožňuje pozorovat proces regenerace nebo naopak degenerace axonů (Ibrahim et al., 2017, s. 346).

Ideální je použití 3-T MR přístroje a speciální čtyř až osmi kanálové končetinové cívky (Barcelo et al., 2013, s. 3124, Bao et al., 2017, s. 166). B-hodnota se nastavuje na 1000-1400  $s/mm^2$  (Guggenberger, 2012, s. 775-782). Využívá se echo-planárního zobrazování (EPI) (Ulug et al., 2012, s. 60-66).

U lidí postižených SKT jsou hodnoty FA signifikantně nižší než u zdravé populace, (Barcelo et al., 2013, s. 3124, Yildirim, 2014, s.). Pokud jde o srovnání hodnot ADC u zdravých a nemocných jedinců, zde se výsledky výzkumů liší. Barcelo (2013, s. 3127) a

Khalil (2008, s. 2287) shledávali hodnoty ADC v obou skupinách srovnatelné, Bao (2016, s. 169) a Wang et al. (2012, s. 3378-3383) však popisují signifikantně vyšší hodnoty ADC ve skupině se SKT oproti skupině kontrolní bez SKT.

## **6.4 MR traktografie**

Metoda slouží ke zobrazení nervových drah v centrálním i periferním nervovém systému. Vychází z difúzně váženého zobrazení a její podstatou je 3D rekonstrukce, tedy traktografie (fiber-tracking), převládajícího směru difúze. Převažující směr difúze odpovídá průběhu nervových drah. Traktografie zobrazuje 3D uspořádání nervových drah, nebo jejich projekci do standardních projekcí konvenční MR (Keřkovský et al., 2010, s. 138).

Oblast zájmu (ROI) se nastaví o něco větší, než je plocha průřezu nervus medianus v úrovni os pisiforme. Využívá se fúze barevného mapování s PDFS váženým obrazem o vysokém rozlišení (Barcelo et al, 2013, s. 3125-3126).

## **6.5 3D MR neurografie**

MR neurografie (dále MRN) využívá magnetického pole o intenzitě 3 T a umožňuje detailní trojrozměrné zobrazení nervů až na fascikulární úrovni, takže je schopna exaktně lokalizovat poškození nervu. Uplatňuje se tedy v diagnostice onemocnění centrálního i periferního nervového systému, a umožňuje neurochirurgovi odlišit stavy vhodné k chirurgickému řešení od stavů inoperabilních (Dungl et al., 2014 s. 349; Ibrahim et al., 2017, s. 347). Mimo to se používá k odlišení mononeuropatie od polyneuropatie. Posledně zmiňované onemocnění vykazuje roztroušené uspořádání lézí (Bäumer et al., 2012, s. 11).

Pro vyšetření se používá vysokofrekvenční končetinová cívka, obvykle osmi kanálová.

MRN protokol se sestává převážně z T2 sekvencí se saturací tuku, které poskytují dobrý kontrast lézí nervové tkáně vůči okolním tkáním. Ty mohou být doplněny T1 sekvencemi a T1-VIBE nebo TrueFISP pro 3D rekonstrukci, nebo u jiných výrobců sekvencí označenou jako LAVA resp. 3D FIESTA (Bäumer et al., 2012, s. 12).

Při neuropatii vykazují periferní nervy zvýšený T2 signál a jejich průměr na řezu je větší než u zdravého nervu (Bäumer et al., 2012, s. 12).

## **6.6 Magnetická rezonance v reálném čase**

V anglickém jazyce se metoda nazývá Real-time magnetic resonance imaging, nebo také Active MRI. Umožňuje zobrazení zápěstí během aktivních pohybů ruky. Úspěšně se

tedy používá k diagnostice dynamické instability zápěstí (Boutin et al., 2013, s. 1-7). Metoda se v současné době používá spíše na experimentální úrovni.

## 7 Endoskopie

Endoskopické zobrazení je invazivní zobrazovací technika v reálném čase, která poskytuje informaci o přesném uspořádání tkání ve vyšetřované oblasti.

V případě syndromu karpálního tunelu se však nepoužívá k diagnostice jako takové, ale stává se součástí chirurgické léčby. Endoskopickou techniku operace SKT vyvinul koncem osmdesátých let dvacátého století japonský ortoped Okutsu (Kanta et al., 2006, s. 154). Z pohledu laické veřejnosti je endoskopie metoda moderní a šetrná. V praxi se oba chirurgické postupy ukázaly jako stejně efektivní (Pilný, Slodička et al., 2011 s. 353), a tak záleží na individuální preferenci vykonávajícího neurochirurga nebo přímo pacienta.

Při endoskopicky vedené operaci SKT lze použít přístup uniportální či biportální (Vaverka, 2011, s. 47). V prvním případě se provádí jedna incize, přes kterou se zavede kanyla ve tvaru písmene C a endoskop. Vaz se protne za zrakové kontroly. Biportální přístup spočívá v provedení dvou řezů. První se vede příčně v distální části předloktí a zavádí se do něj endoskop. Druhý řez se provede v podélném směru v dlani, distálně od ligamenta a zavede se do něj instrumentárium. Retinaculum flexorum se přerušuje v planém rozsahu (Pilný, Slodička et al., 2011 s. 356; Kanta et al., 2006, s. 154). Metodě se připisuje přínos v podobě kratší rekonvalescence, ale oproti otevřené technice nabízí menší přehled v operačním poli. Další nevýhodou je riziko přerušování anastomózy mezi nervus ulnaris a nervus medianus, která může být lokalizována právě v místě druhého řezu (Vaverka, 2011, s. 45-46). Podle anatomického malíře se nazývá ramus Berrettini.

## 8 Porovnání jednotlivých diagnostických metod u syndromu karpálního tunelu

Jednotlivé paraklinické diagnostické metody můžeme rozdělit z různých hledisek. V následující tabulce se nalézá stručné shrnutí. Za základní přístrojovou vyšetřovací metodu se v České republice stále ještě považuje elektromyografie. Zobrazovací techniky se aktuálně používají spíše ve specifických indikacích, jako jsou traumata ruky a zápěstí, nebo degenerativní onemocnění. Limitací použití jednotlivých zobrazovacích postupů je zkušenost vyšetřujícího lékaře.

*Tabulka 1 Srovnání diagnostických metod podle vybraných kritérií*

	Invazivita	Ionizující záření	Vyšetření v reálném čase	Bodová hodnota vyšetření	Dynamické vyšetření	Komfort pro pacienta
US+/- Doppler	ne	ne	ano	155	ano	ano
RTG	ne	ano	ne	155-260	ne	ano
MRI	ne	ne	ano	5158	ne	ano
CT	ne	ano	ne	664	ne	ano
Endoskopie	ano	ne	ano	nelze stanovit	ano	ne
EMG	ano/ne	ne	ano	128	ne	ne

Zdroj: vlastní zpracování

Samostatnou kapitolou je senzitivita a specifita jednotlivých diagnostických metod. U elektromyografie se udává senzitivita 80,2% a specifita 78,8% (Goldberg et al., 2016, s. 465).

Ultrasonografické měření CSA má pro hodnotu CSA nad 10,5 mm 89% senzitivitu a 97% specifitu (Yesildag et al., 2004, s. 910-915)

U hodnot WFR  $\geq 1,4$  udává Hobson-Webb (2008, s. 1356) 100% senzitivitu pro diagnostiku SKT. Specifitu s ohledem na metodiku studie nebylo možné hodnotit.

Pro hodnotu poměru m-CSA/u-CSA  $\geq 2,95$  uvádějí autoři studie Atan a Günendi (2018, s. 113) senzitivitu 86% a specifitu 72%.

Pro MR vyšetření udává studie Allam et al. (2016, s. 204) senzitivitu 80% a specificitu 100%.



## **Závěr**

Cílem této práce bylo, mimo jiné, nastínit potenciál radiologických metod v problematice syndromu karpálního tunelu. Bakalářská práce představila řadu zobrazovacích metod využitelných pro diagnostiku tohoto onemocnění. Z uvedených informací vyplývá jejich význam pro stanovení etiologie, diagnózy, prognózy a léčebné strategie. Výběr konkrétní zobrazovací metody záleží na indikujícím odborném lékaři, většinou neurologovi nebo neurochirurgovi. Radiologický asistent je zodpovědný za edukaci a bezpečnost pacienta, za nastavení přístrojů a za precizní práci s dokumentací. Vyhodnocení nálezů je opět úkolem odborného lékaře, většinou radiologa.

V době tvorby bakalářské práce nejsou v České republice zobrazovací metody brány jako relevantní diagnostická metoda pro uznání SKT jako nemoci z povolání. Protože se jedná o nejčastější nemoc z povolání, dá se očekávat zvýšený tlak ze strany pacientů i odborné veřejnosti na uznání i těchto diagnostických postupů.

Ve srovnání se zahraničím jsou u nás radiologické metody v diagnostice syndromu karpálního tunelu využívány méně. Příčinou může být konzervativní postoj odborných lékařů preferujících starší ověřené metody, případně nedostatek specialistů ovládajících tento interdisciplinární obor. Vzhledem k dostupnosti kvalitní přístrojové techniky, odborné literatury a tuzemských i zahraničních vzdělávacích kurzů se domnívám, že v budoucnu využití radiologických zobrazovacích metod v diagnostice syndromu karpálního tunelu vzroste.

## Referenční seznam

ABDEL GHAFAR, Maha K., Maha A. EL-SHINNAWY, Hazem FAWZY a Soha Eldessouki IBRAHIM. Gray scale and color Doppler sonography in the diagnosis of carpal tunnel syndrome. *The Egyptian Journal of Radiology and Nuclear Medicine* [online]. 2012, 43(4), 581-587 [cit. 2017-12-21]. DOI: 10.1016/j.ejrn.2012.08.002. ISSN 0378603X. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0378603X12000812>

ALLAM, Mohammad Fouad Abdel Baki, Mohamed Ahmed IBRAHIEM a Ahmad Fouad Abdel Baki ALLAM. The value of quantitative MRI using 1.5 T magnet in diagnosis of carpal tunnel syndrome. *The Egyptian Journal of Radiology and Nuclear Medicine* [online]. 2017, 48(1), 201-206 [cit. 2018-01-02]. DOI: 10.1016/j.ejrn.2016.11.008. ISSN 0378603X. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0378603X1630225X>

ATAN, Tuğba a Zafer GÜNENDİ. Diagnostic utility of the sonographic median to ulnar nerve cross-sectional area ratio in carpal tunnel syndrome. *TURKISH JOURNAL OF MEDICAL SCIENCES* [online]. 2018, 48(1), 110-116 [cit. 2018-02-21]. DOI: 10.3906/sag-1707-124. ISSN 13000144. Dostupné z: <http://online.journals.tubitak.gov.tr/openDoiPdf.htm?mKodu=sag-1707-124>

BAO, H., C. WU, S. WANG, G. WANG, X. ZHANG a L. WU. Diffusion-weighted magnetic resonance neurography for the diagnosis of carpal tunnel syndrome: a pilot study. *Clinical Radiology* [online]. 2017, 72(2), 165-169 [cit. 2017-12-09]. DOI: 10.1016/j.crad.2016.09.016. ISSN 00099260. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0009926016303762>

BARCELO, Céline, Marie FARUCH, Franck LAPÈGUE, Marie-Aurélié BAYOL a Nicolas SANS. 3-T MRI with diffusion tensor imaging and tractography of the median nerve. *European Radiology* [online]. 2013, 23(11), 3124-3130 [cit. 2017-06-05]. DOI: 10.1007/s00330-013-2955-2. ISSN 0938-7994. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s00330-013-2955-2>

BÍLA, Martin. Sonografie u syndromu karpálního tunelu – kazuistika. ACTA CHIRURGIAE ORTHOPAEDICAE ET TRAUMATOLOGIAE ČECHOSLOVACA [online]. 2013, 80(5), 356-359 [cit. 2017-10-30]. Dostupné z: <http://www.achot.cz/detail.php?stat=646>

BOUTIN RD, BUONOCORE MH, IMMERMANN I, ASHWELL Z, SONICO GJ, SZABO RM a CHAUDHARI AJ. Real-time magnetic resonance imaging (MRI) during active wrist motion--initial observations. Plos One [online]. 2013, 8(12), e84004 [cit. 2017-12-09]. DOI: 10.1371/journal.pone.0084004. ISSN 19326203.

CSIBA, László a Claudio BARACCHINI. Manual of neurosonology. New York: Cambridge University Press, 2016. ISBN 9781107659155.

DILOKHUTTAKARN, Thitinut, Kiyohito NAITO, Mayuko KINOSHITA, Yoichi SUGIYAMA, Kenji GOTO, Yoshiyuki IWASE a Kazuo KANEKO. Evaluation of thenar muscles by MRI in carpal tunnel syndrome. Experimental and Therapeutic Medicine [online]. 2017, 14(3), 2025-2030 [cit. 2018-01-29]. DOI: 10.3892/etm.2017.4743. ISSN 1792-0981. Dostupné z: <https://www.spandidos-publications.com/10.3892/etm.2017.4743>

DRAGHI, Ferdinando. Carpal Tunnel Syndrome. DRAGHI, Ferdinando. Ultrasonography of the Upper Extremity[online]. 1. Cham: Springer International Publishing, 2014, 2014-11-19, s. 49-53 [cit. 2018-05-01]. DOI: 10.1007/978-3-319-02162-1\_9. ISBN 978-3-319-02161-4. Dostupné z: [http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-02162-1\\_9](http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-02162-1_9)

DUFEK, Jaroslav. Profesionální syndrom karpálního tunelu. Neurologia pre prax. 2006, 7(5), 262. ISSN 1335-9592.

DUNGL, Pavel. Ortopedie. 2., přeprac. a dopl. vyd. Praha: Grada, 2014. ISBN 978-80-247-4357-8.

EISEN, Andrew, Michael SCHULZER, Bhanu PANT, Maureen MACNEIL, Heather STEWART, Sandra TRUEMAN a Edwin MAK. Receiver operating characteristic curve

analysis in the prediction of carpal tunnel syndrome: Receiver operating characteristic analysis in the prediction of carpal tunnel syndrome. *Muscle* [online]. 1993, 16(7), 787-96 [cit. 2018-04-22]. DOI: 10.1002/mus.880160715. ISBN 10.1002/mus.880160715. ISSN 0148639X. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1002/mus.880160715>

FATEMEH ABRISHAMCHI, BAGHER ZAKI, KEYVAN BASIRI, MAJID GHASEMI a MOHAMMADREZA MOHAGHEGH. A comparison of the ultrasonographic median nerve cross-sectional area at the wrist and the wrist-to-forearm ratio in carpal tunnel syndrome. *Journal of Research in Medical Sciences*, Vol 19, Iss 12, Pp 1113-1117 (2014) [online]. 2014, 19(12), 1113-1117 [cit. 2017-10-21]. ISSN 17351995. Dostupné z: <http://eds.b.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=4&sid=76599199-147e-48a2-8e08-eee2ca58d1b6%40pdc-v-sessmgr01>

FENCLOVÁ, Zdenka, Pavel URBAN a Jan ŽOFKA. *Nemoci z povolání v České republice*. Praha, 2017.

FILIUS, Anika, Marjan SCHELTENS, Hans G. BOSCH, Pieter A. VAN DOORN, Henk J. STAM, Steven E. R. HOVIUS, Peter C. AMADIO a Ruud W. SELLES. Multidimensional ultrasound imaging of the wrist: Changes of shape and displacement of the median nerve and tendons in carpal tunnel syndrome. *Journal of Orthopaedic Research*[online]. 2015, 33(9), 1332-1340 [cit. 2017-12-31]. DOI: 10.1002/jor.22909. ISSN 07360266. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1002/jor.22909>

FRANEK, Martin a Daniela TŘETINOVÁ. *Praktická skiografie I: (skiografické zobrazení skeletu horní a dolní končetiny)*. Ostrava: Ostravská univerzita, 2009. ISBN 978-80-7368-667-3.

GOLDBERG, Gary, Jeffrey M. ZECKER, Revati MUMMANENI a Jason D. TUCKER. Electrosonodiagnosis in Carpal Tunnel Syndrome: A Proposed Diagnostic Algorithm Based on an Analytic Literature Review. *PM&R* [online]. 2016, 8(5), 463-474 [cit. 2017-12-22]. DOI: 10.1016/j.pmrj.2015.11.016. ISSN 19341482. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1934148216000307>

GUGGENBERGER, Roman, Patrick EPPENBERGER, Daniel MARKOVIC, Daniel NANZ, Avneesh CHHABRA, Klaas P. PRUESSMANN a Gustav ANDREISEK. MR neurography of the median nerve at 3.0T: Optimization of diffusion tensor imaging and fiber tractography. *European Journal of Radiology* [online]. 2012, 81(7), e775-e782 [cit. 2017-10-07]. DOI: 10.1016/j.ejrad.2012.03.017. ISSN 0720048x. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0720048X12001143>

HOBSON-WEBB, Lisa D., Janice M. MASSEY, Vern C. JUEL a Donald B. SANDERS. The ultrasonographic wrist-to-forearm median nerve area ratio in carpal tunnel syndrome. *Clinical Neurophysiology* [online]. 2008, 119(6), 1353-1357 [cit. 2017-12-31]. DOI: 10.1016/j.clinph.2008.01.101. ISSN 13882457. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1388245708001430>

HOLSBEECK, Marnix T., ed. *Musculoskeletal ultrasound*. 1. Philadelphia: Saunders, 1999. ISBN 9351529339.

CHAMMAS, Michel, Jorge BORETTO, Lauren Marquardt BURMANN, Renato Matta RAMOS, Francisco Carlos DOS SANTOS NETO a Jefferson Braga SILVA. Carpal tunnel syndrome – Part I (anatomy, physiology, etiology and diagnosis): Occupational carpal tunnel syndrome. *Neurologia pre prax*. Bratislava: SOLEN, 2014, 15(5), 224-229. DOI: 10.1016/j.rboe.2014.08.001. ISBN 10.1016/j.rboe.2014.08.001. ISSN 1335-9592. Dostupné také z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2255497114001281>

CHEN, Jie, Li CHEN, Lei WU, Rui WANG, Ji-Bin LIU, Bing HU a Li-Xin JIANG. Value of superb microvascular imaging ultrasonography in the diagnosis of carpal tunnel syndrome. *Medicine* [online]. 2017, 96(21), e6862- [cit. 2017-12-09]. DOI: 10.1097/MD.0000000000006862. ISSN 0025-7974. Dostupné z: <http://Insights.ovid.com/crossref?an=00005792-201705260-00017>

IBRAHIM, Ibrahim, Jaroslav TINTĚRA, Antonín ŠKOCH a Filip JÍRŮ. MR traktografie mozku a MR neurografie periferních nervů. *Česká radiologie* [online]. 2017, 15.11.2017, 71(4), 345-352 [cit. 2018-01-02]. Dostupné z: [http://www.cesradiol.cz/dwnld/CesRad\\_1704\\_345\\_352.pdf](http://www.cesradiol.cz/dwnld/CesRad_1704_345_352.pdf)

JANČÍKOVÁ, Věra, Pavel DRÁČ a Jaroslav OPAVSKÝ. Klinické projevy postižení motoriky u zlomenin distálního radia. *Medicína pro praxi* [online]. 2015, 5(12), 244-246 [cit. 2017-11-26]. Dostupné z: <https://www.medicinapropraxi.cz/pdfs/med/2015/05/08.pdf>

KADAŇKA, Zdeněk, Jaroslav DUFEK a Jiří HROMADA. Standard elektrofyzilogického vyšetření syndromu karpálního tunelu pro potřeby hlášení choroby z povolání. *Česká neurologická společnost*: <http://www.czech-neuro.cz/clanek/4-Sy-karpalniho-tunelu/index.htm>

KAISER, Radek a Pavel HANINEC. Akutní syndrom karpálního tunelu při zlomenině člunkové kosti: Acute carpal tunnel syndrome in navicular bone fracture. *Neurologia pre prax.* Bratislava: SOLEN, 2012, 13(2), 117-118. ISSN 1335-9592.

KANG, Hyo Jung a Joon Shik YOON. Effect of finger motion on transverse median nerve movement in the carpal tunnel. *Muscle & Nerve* [online]. 2016, 54(4), 738-742 [cit. 2017-12-15]. DOI: 10.1002/mus.25101. ISSN 0148639X. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1002/mus.25101>

KAŇOVSKÝ, Petr a Roman HERZIG. *Speciální neurologie*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2007. ISBN 978-80-244-1664-9.

KANTA, Martin, Edvard EHLER, David LAŠTOVIČKA, Carmen DAŇKOVÁ, Jaroslav ADAMKOV a Svatopluk ŘEHÁK. Možnosti chirurgické léčby syndromu karpálního tunelu. *Neurologia pre prax.* Bratislava: MEDUCA, 2006, 7(3), 164-167. ISSN 1335-9592.

KANTARCI, Fatih, Fethi Emre USTABASIOGLU, Sakir DELIL, et al. Median nerve stiffness measurement by shear wave elastography: a potential sonographic method in the diagnosis of carpal tunnel syndrome. *European Radiology*[online]. 2014, 24(2), 434-440 [cit. 2017-12-06]. DOI: 10.1007/s00330-013-3023-7. ISSN 0938-7994. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s00330-013-3023-7>

KARABULUT, Özlen, Mehmet Cudi TUNCER, Zülfü KARABULUT a Ebru GÜZEL. Analysis of MR Imaging of Wrists in Female Patients with Carpal Tunnel Syndrome and Healthy Controls. International Journal of Morphology [online]. 2009, 27(3), 791-800 [cit. 2017-10-01]. ISSN 07179367. Dostupné z: <http://eds.b.ebscohost.com/eds/results?vid=0&sid=3b5f947a-33ae-4fe5-aaa7-15fff6f7f3a8%40sessionmgr101&bquery=56643248&bdata=JnR5cGU9MCZzaXRIPWVkey1saXZI>

KHALIL, C., C. HANCART, V. LE THUC, C. CHANTELOT, D. CHECHIN a A. COTTEN. Diffusion tensor imaging and tractography of the median nerve in carpal tunnel syndrome: preliminary results. European Radiology[online]. 2008, 18(10), 2283-2291 [cit. 2017-09-02]. DOI: 10.1007/s00330-008-0971-4. ISSN 0938-7994. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s00330-008-0971-4>

KOH, Sung Hye, Bong Cheol KWON, Chanyeong PARK, Su Yeon HWANG, Joon Woo LEE a Sam Soo KIM. A comparison of the performance of anatomical MRI and DTI in diagnosing carpal tunnel syndrome. European Journal of Radiology [online]. 2014, 83(11), 2065-2073 [cit. 2017-11-29]. DOI: 10.1016/j.ejrad.2014.08.007. ISSN 0720048X. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0720048X14003994>

KOYUNCUOGLU, Hasan Rifat, Suleyman KUTLUHAN, Ahmet YESILDAG, Orhan OYAR, Kezban GULER a Ahmet OZDEN. The value of ultrasonographic measurement in carpal tunnel syndrome in patients with negative electrodiagnostic tests. European Journal of Radiology[online]. 2005, 56(3), 365-369 [cit. 2018-04-30]. DOI: 10.1016/j.ejrad.2005.05.013. ISSN 0720048X. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0720048X05002159>

KULIHA, Martin. Muskuloskeletální ultrazvuk v neurologii: Musculoskeletal ultrasound in neurology. Neurológia pre prax. Bratislava: SOLEN, 2017, 18(4), 212-216. ISSN 1335-9592.

KURČA, Egon. Syndróm karpálneho tunela: Carpal Tunnel Syndrome. Česká a slovenská neurologie a neurochirurgie: časopis českých a slovenských neurologů a neurochirurgů. Brno: Medica Healthworld, 2009, 72(6), 499-509. ISSN 1210-7859.

KWON, Hee Kyu, Hyo Jung KANG, Chan Woo BYUN, Joon Shik YOON, Chang Ho KANG a Sung Bum PYUN. Correlation between Ultrasonography Findings and Electrodiagnostic Severity in Carpal Tunnel Syndrome: 3D Ultrasonography. Journal of Clinical Neurology [online]. 2014, 10(4), 348-353 [cit. 2017-11]. DOI: 10.3988/jcn.2014.10.4.348. ISSN 1738-6586. Dostupné z: <https://synapse.koreamed.org/DOIx.php?id=10.3988/jcn.2014.10.4.348>

KANG a Sung Bum PYUN. Correlation between Ultrasonography Findings and Electrodiagnostic Severity in Carpal Tunnel Syndrome: 3D Ultrasonography. Journal of Clinical Neurology [online]. 2014, 10(4), 348- [cit. 2017-11]. DOI: 10.3988/jcn.2014.10.4.348. ISSN 1738-6586. Dostupné z: <https://synapse.koreamed.org/DOIx.php?id=10.3988/jcn.2014.10.4.348>

LEE, Hyewon, Sungju JEE, Soo Ho PARK, Seung-Chan AHN, Juneho IM a Min Kyun SOHN. Quantitative Muscle Ultrasonography in Carpal Tunnel Syndrome. Annals of Rehabilitation Medicine [online]. 2016, 40(6), 1048- [cit. 2017-11-01]. DOI: 10.5535/arm.2016.40.6.1048. ISSN 2234-0645. Dostupné z: <https://synapse.koreamed.org/DOIx.php?id=10.5535/arm.2016.40.6.1048>

MALLOUHI, Ammar, Petra PÜLTZL, Thomas TRIEB, Hildgunde PIZA a Gerd BODNER. Predictors of Carpal Tunnel Syndrome: Accuracy of Gray-Scale and Color Doppler Sonography. American Journal of Roentgenology[online]. 2006, 186(5), 1240-1245 [cit. 2018-01-03]. DOI: 10.2214/AJR.04.1715. ISSN 0361-803x. Dostupné z: <http://www.ajronline.org/doi/10.2214/AJR.04.1715>

MARTINOLI, Carlo, Angelo SCHENONE, Stefano BIANCHI, Paola MANDICH, Claudia CAPONETTO, Michele ABBRUZZESE a Lorenzo E. DERCHI. Sonography of the Median Nerve in Charcot-Marie-Tooth Disease. American Journal of Roentgenology [online].



2002, 178(6), 1553-1556 [cit. 2017-12-01]. DOI: 10.2214/ajr.178.6.1781553. ISSN 0361-803X. Dostupné z: <http://www.ajronline.org/doi/10.2214/ajr.178.6.1781553>

MÄURER, J, A BLESCHKOWSKI, A TEMPKA a R FELIX. High-resolution MR imaging of the carpal tunnel and the wrist. Application of a 5-cm surface coil. *Acta Radiol* [online]. 2000, 16-01-2000, 41(1), 78-83 [cit. 2017-11-02]. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10665877>

MAZANEC, Radim, Tomáš NEDĚLKA a Martin BOJAR. Neuromuskulární poruchy u tyreopatie: Neuromuscular disorders in thyroid disease. *Neurológia pre prax*. Bratislava: SOLEN, 2012, 13(1), 23-25. ISSN 1335-9592.

MECHL, Marek, Jaroslav TINTĚRA, Josef VYMAZAL a Ludovít KLZO. Kontraindikace a rizika vyšetření pomocí magnetické rezonance. *Česká radiologie* [online]. 2010, 2010, 64(1), 69-75 [cit. 2018-01-02]. Dostupné z: <http://docplayer.cz/4528314-Metodicke-pokyny-kontraindikace-a-rizika-vysetreni-pomoci-magneticke-rezonance-1-metodicky-list-souhrn-summary.html>

MEZIAN, Kamal, Petra STEYEROVÁ, Jan VACEK a Leoš NAVRÁTIL. Úvod do neuromuskulární ultrasonografie. *Česká a slovenská neurologie a neurochirurgie: časopis českých a slovenských neurologů a neurochirurgů*. Brno: Ambit Media, 2016, 79(6), 656-661. ISSN 1210-7859.

MINKS, Eduard. Profesionální syndrom karpálního tunelu: Occupational carpal tunnel syndrome. *Neurológia pre prax*. Bratislava: SOLEN, 2014, 15(5), 224-229. ISSN 1335-9592.

NG, A.W.H., J.F. GRIFFITH, R.K.L. LEE, W.L. TSE, C.W.Y. WONG a P.C. HO. Ultrasound carpal tunnel syndrome: additional criteria for diagnosis. *Clinical Radiology* [online]. 2018, 73(2), 214.e11-214.e18 [cit. 2018-01-05]. DOI: 10.1016/j.crad.2017.07.025. ISSN 00099260. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0009926017304117>

OKUBO, Taketo, Tsuyoshi SAITO, Hiroyuki MITOMI, et al. Intra-neural lipomatous tumor of the median nerve: Three case reports with a review of literature. *International Journal of Surgery Case Reports* [online]. 2012, 3(9), 407-411 [cit. 2018-04-30]. DOI: 10.1016/j.ijscr.2012.05.007. ISSN 22102612. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2210261212001010>

PECHAN, Jiří a Kamil KŘÍŽ. Akroparestézie a komprese nervů na horních končetinách. Praha: Avicenum, 1975.

PETROVER, David a Pascal RICHETTE. Treatment of carpal tunnel syndrome: from ultrasonography to ultrasound guided carpal tunnel release. *Joint Bone Spine* [online]. 2017, 84, - [cit. 2017-12-12]. DOI: 10.1016/j.jbspin.2017.11.003. ISSN 1297319X. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1297319X17301926>

PILNÝ, Jaroslav a Roman SLODIČKA. Chirurgie ruky. 2. aktualizované a doplněné vydání. Praha: Grada Publishing, 2017. ISBN 978-80-271-0180-1.

QURESHI, Adnan I., Muhammad A. SALEEM, Asad AHRAR a Faisal RAJA. Imaging of the Vasa Nervorum Using Contrast-Enhanced Ultrasound. *Journal of Neuroimaging* [online]. 2017, 27(6), 583-588 [cit. 2017-12-31]. DOI: 10.1111/jon.12429. ISSN 10512284. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1111/jon.12429>

SEIDL, Zdeněk. Radiologie pro studium i praxi. Praha: Grada, 2012. ISBN 978-80-247-4108-6.

SMRČKA, Martin, Václav VYBÍHAL a Martin NĚMEC. Syndrom karpálního tunelu. *Neurologie pro praxi* [online]. 2007, 4(8), 243-246 [cit. 2017-11-26]. Dostupné z: [https://www.neurologiepropraxi.cz/artkey/neu-200704-0014\\_Syndrom\\_karpalniho\\_tunelu.php?back=%2Fsearch.php%3Fquery%3DSYNDROM%2BKARP%25C1LN%25CDHO%2BTUNELU%2Bin%253Aauth%2Bname%2Bkey%2Babstr%26sfrom%3D0%26spage%3D30](https://www.neurologiepropraxi.cz/artkey/neu-200704-0014_Syndrom_karpalniho_tunelu.php?back=%2Fsearch.php%3Fquery%3DSYNDROM%2BKARP%25C1LN%25CDHO%2BTUNELU%2Bin%253Aauth%2Bname%2Bkey%2Babstr%26sfrom%3D0%26spage%3D30)

TANIK, Nermin, Özlem BALBALOĞLU, Mehmet UCAR, Umit SARP, Tugay ATALAY, Asuman ÇELIKBILEK, Ayşe Yeşim GÖÇMEN a Levent Ertugrul INAN. Does vitamin D deficiency trigger carpal tunnel syndrome?. Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation [online]. 2016, 29(4), 835-839 [cit. 2017-09-27]. DOI: 10.3233/BMR-160696. ISSN 10538127. Dostupné z: <http://www.medra.org/servlet/aliasResolver?alias=iospress&doi=10.3233/BMR-160696>

THURSTON, Alan. Carpal tunnel syndrome. Orthopaedics and Trauma [online]. 2013, 27(5), 332-341 [cit. 2017-12-02]. DOI: 10.1016/j.mporth.2013.08.003. ISSN 18771327. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1877132713000936>

VAVERKA, Miroslav. Karpální tunel a neurochirurg - zkušenosti po 2 200 operacích: Carpal tunnel syndrome and neurosurgeon - experience after 2,200 surgeries. Česká a slovenská neurologie a neurochirurgie: časopis českých a slovenských neurologů a neurochirurgů. Brno: Ambit Media, 2012, 75(1), 44-50. ISSN 1210-7859.

VOMÁČKA, Jaroslav. Zobrazovací metody pro radiologické asistenty. Druhé, doplněné vydání. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2015. ISBN 978-80-244-4508-3.

WEISE, David. Wann Sonographie peripherer Nerven?. Neurophysiologie-Labor [online]. 2017, 39(1), 34-44 [cit. 2017-12-31]. DOI: 10.1016/j.neulab.2016.12.001. ISSN 14394847.

YESILDAG, A., S. KUTLUHAN, N. SENGUL, H.R. KOYUNCUOGLU, O. OYAR, K. GULER a U.K. GULSOY. The role of ultrasonographic measurements of the median nerve in the diagnosis of carpal tunnel syndrome. Clinical Radiology[online]. 2004, 59(10), 910-915 [cit. 2017-10-27]. DOI: 10.1016/j.crad.2004.03.020. ISSN 00099260. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S000992600400131X>

YILDIRIM, Adem, Hacı Taner BULUT, Burcu EKMEKCI, Gülseren Dost SURUCU a Mehmet KARABIBER. Use of diffusion tensor imaging for nonsurgical treatments of carpal tunnel syndrome. Muscle & Nerve [online]. 2014, 50(6), 950-955 [cit. 2018-04-26].

DOI: 10.1002/mus.24236. ISSN 0148639X. Dostupné z:  
<http://doi.wiley.com/10.1002/mus.24236>

YU, Guangxiang, Qinglong CHEN, Dan WANG, et al. Diagnosis of carpal tunnel syndrome assessed using high-frequency ultrasonography: cross-section areas of 8-site median nerve. *Clinical Rheumatology* [online]. 2016, 35(10), 2557-2564 [cit. 2018-05-01]. DOI: 10.1007/s10067-016-3214-0. ISSN 0770-3198. Dostupné z:  
<http://link.springer.com/10.1007/s10067-016-3214-0>

ŽVÁK, Ivo. *Traumatologie ve schématech a RTG obrazech*. Praha: Grada, 2006. ISBN 80-247-1347-0.

## Seznam zkratek

ADC	apparent diffusion coefficient
CSA	cross sectional area
CT	výpočetní tomografie
DICOM	Digital Imaging and Communications in Medicine
DML	distální motorická latence
DTI	diffusion tensor imaging
EMG	elektromyografie
EPI	echo planární zobrazení
FA	frakční anisotropie
FA	frakční anizotropie
FIESTA	Fast Imaging Employing Steady-state Acquisition
LAVA	Liver imaging with volume acceleration
MR	magnetická rezonance
MRI	zobrazení magnetickou rezonancí
n.	nervus – nerv
PACS	Picture Archiving and Communicating Systém
PDFS	Proton Density Fat Saturation
RNG	rentgenová neurografie
ROI	Region of Interest – oblast zájmu
RTG	rentgen
SKT	syndrom karpálního tunelu
SWE	Shear Waves (příčně vlnná) elastografie
TrueFISP	True Fast Imaging with Steady State Precession
US	ultrasonografie
VIBE	Volumetric interpolated breath-hold examination
WFR	Wrist to Forearm (median nerve) Ratio

## **Seznam tabulek**

Tabulka 1 Srovnání diagnostických metod podle vybraných kritérií .....	39
--	----

## Seznam obrázků

Obrázek 1 Průřez karpálním tunelem.....	11
Obrázek 2 Schématické znázornění průběhu n. medianus karpálním tunelem.....	11
Obrázek 3 Dorzopalmární projekce zápěstí .....	18
Obrázek 4 Boční radioulnární projekce zápěstí .....	18
Obrázek 5 Radioulnární projekce zápěstí v palmární flexi .....	19
Obrázek 6 Stecherova projekce s 20° podložním.....	19
Obrázek 7 Dorzopalmární radioulnární šikmá projekce zápěstí .....	20
Obrázek 8 Projekce dle Bendinga I.....	20
Obrázek 9 Projekce dle Bendinga II .....	21
Obrázek 10 Šikmá palmodorzální radioulnární projekce zápěstí.....	22
Obrázek 11 Šikmá dorzopalmární ulnoradiální projekce zápěstí.....	22
Obrázek 12 Axiální distoproximální projekce .....	23
Obrázek 13 Axiální proximodistální projekce .....	23