

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI
FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH VĚD
Ústav radiologických metod

Veronika Faltysová

**Zobrazování magnetickou rezonancí v diagnostice a léčbě
v oblasti hlavy a krku**

Diplomová práce

Vedoucí práce: MUDr. Tomáš Bakaj, Ph.D.

Olomouc 2021

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

V Olomouci, 16. 7. 2021

podpis

Tímto bych především chtěla poděkovat svému vedoucímu práce panu MUDr. Tomáši Bakajovi, Ph.D. za odbornou pomoc a vedení při psaní této diplomové práce. Dále bych chtěla poděkovat Fakultní nemocnici Olomouc za umožnění výzkumného šetření na Radiologické klinice a Klinice otorhinolaryngologie a chirurgie hlavy a krku. Zvláštní poděkování patří mé rodině a přátelům za podporu, kterou mi poskytovali po celou dobu mých studií a při psaní této práce.

ANOTACE

Typ závěrečné práce: Diplomová práce

Téma práce: Zobrazování magnetickou rezonancí v diagnostice a léčbě v oblasti hlavy a krku

Název práce: Zobrazování magnetickou rezonancí v diagnostice a léčbě v oblasti hlavy a krku

Název práce v AJ: Magnetic resonance imaging in the diagnosis and treatment of head and neck diseases

Datum zadání: 2020-01-28

Datum odevzdání: 2021-07-16

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

Autor práce: Faltysová Veronika

Vedoucí práce: MUDr. Tomáš Bakaj, Ph.D.

Oponent práce:

Abstrakt v ČJ: Diplomová práce se zabývá magnetickou rezonancí v diagnostice a léčbě onemocnění v oblasti hlavy a krku. Cílem práce je zjistit, jaký rozdíl je ve vyšetření magnetickou rezonancí a klinickým vyšetřením u recidivujícího cholesteatomu a nádoru hrtanu. Teoretická část seznamuje s problematikou magnetické rezonance, anatomii, protokoly využívanými na magnetické rezonanci v oblasti hlavy a krku a nakonec s patologií nádorů hrtanu a cholesteatomu. Výzkumná část pracuje se 2 skupinami pacientů s diagnózou cholesteatomu a nádoru hrtanu. Porovnává šířku nálezu na magnetické rezonanci s nálezem při klinickém vyšetření. Výsledky ukázaly, že se jednotlivé nálezy u stejných pacientů výrazně neliší.

Abstrakt v AJ: The diploma thesis focuses on magnetic resonance imaging in the diagnosis and treatment of head and neck diseases. The purpose of this thesis was to find out what is the difference in magnetic resonance imaging and clinical examination in recidivism of cholesteatoma and laryngeal cancer. The theoretical part introduces the issue of magnetic resonance imaging, anatomy, protocols for magnetic resonance imaging in the head and neck and finally with the pathology of laryngeal tumors and cholesteatoma. The research part works with 2 groups of patients with cholesteatoma and laryngeal cancer. It compares the width of the finding on magnetic resonance with the finding in clinical examination. The results showed that the individual findings does not differ significantly of the same patients.

Klíčová slova v ČJ: magnetická rezonance, hlava, krk, uši, rakovina, hrtan, zánět

Klíčová slova v AJ: magnetic resonance imaging, head, neck, ears, cancer, larynx, inflammation

Rozsah: 81 stran včetně příloh

OBSAH

Úvod	8
1. CÍL PRÁCE.....	11
1.1. Cíl teoretické části diplomové práce	11
1.2. Cíl výzkumné části diplomové práce.....	11
2. TEORETICKÁ ČÁST.....	12
2.1. FYZIKÁLNÍ ZÁKLAD	12
2.1.1. Magnetické pole, magnetický moment a magnetismus.....	13
2.1.2. Magnetické indukce a intenzita magnetického pole.....	15
2.1.3. Frekvence, Larmorova frekvence (precese)	16
2.1.4. Vlnová délka, rezonance.....	17
2.2. MAGNETICKÁ REZONANCE	18
2.2.1. Princip MR	18
2.2.2. Typy elektromagnetických pulzů.....	20
2.2.3. Poziční kódování a rekonstrukce obrazu	21
2.2.4. MR sekvence	24
2.2.4. Přístroj - složení.....	27
2.2.5. Kontraindikace.....	29
2.2.6. Kontrastní látky	30
2.2.7. Biologické účinky MR	33
2.2.8. Indikace k MR.....	34
2.2.9. PET/MR.....	34
2.3. ANATOMIE HLAVY A KRKU	35
2.3.1. Lebka	35
2.3.2. C páteř	35

2.3.3. Svaly hlavy	36
2.3.4. Svaly krku.....	37
2.3.5. Cévy hlavy a krku.....	38
2.3.6. Nervy hlavy a krku	39
2.3.7. Ostatní orgány v oblasti hlavy a krku.....	40
2.4. MR VYŠETŘENÍ Z OBLASTI HLAVY A KRKU	42
2.4.1. MR hrtanu (krku).....	42
2.4.2. MR zobrazování cholesteatomu	42
2.4.3. MR spánkové kosti	43
2.4.4. MR vedlejších dutin nosních	44
2.4.5. MR temporomandibulárního kloub	44
2.4.6. MR orbity a oka.....	45
2.4.7. MR báze lebni.....	45
2.4.8. MR ústní dutiny a oropharyngu.....	45
2.4.9. MR nasopharyngu a slinných žláz.....	46
2.5. VYBRANÉ PATOLOGIE HLAVY A KRKU	47
2.5.1. Nádorové onemocnění laryngu.....	47
2.5.2. Patologie zevního, středního a vnitřního ucha.....	50
2.5.3. Cholesteatom	51
3. VÝZKUMNÁ ČÁST	52
3.1. CÍL VÝZKUMU	52
3.2. CHARAKTERISTIKA SOUBORU.....	52
3.3. METODIKA VÝZKUMU.....	53
3.4. FORMULACE PROBLÉMU.....	54
3.5. VÝZKUMNÉ OTÁZKY A HYPOTÉZY	54
3.6. REALIZACE VÝZKUMU A METODY SBĚRU DAT	54

3.7. METODY ZPRACOVÁNÍ DAT.....	55
4. VÝSLEDKY VÝZKUMU	56
4.1. HYPOTÉZA 1	58
4.2. HYPOTÉZA 2	59
4.3. HYPOTÉZA 3 A 4.....	62
5. DISKUZE.....	65
ZÁVĚR.....	68
REFERENČNÍ SEZNAM.....	69

ÚVOD

Zobrazování magnetickou rezonancí (MRI) je už v dnešní době nedílnou součástí diagnostiky mnoha onemocnění. Je natolik rozšířená, že ji nalezneme již i v menších nemocnicích, nejen ve velkých městech (jako např. před 20 lety). Mnoho radiologických asistentů se s ní setkává denně. Využívá fenoménu, který nazýváme nukleární magnetická rezonance. Nejdříve se aplikovala zejména v chemii. Zobrazování touto metodou se objevuje více po roce 1970. Jelikož laická veřejnost neměla důvěru v přístroj v jehož názvu bylo slovo nukleární, bylo toto slovo postupem času vypuštěno. (Nukleární magnetická rezonance, 2019)

Výsledný obraz vzniká z naměřených odpovědí na RF pulsy. Výsledný stupeň šedi nelze považovat za absolutní číslo jako u CT, ale pouze ho jde relativně porovnat ve vztahu k stupňům šedi z okolí vyšetřovaného místa. Dobře zobrazuje měkké tkáně, a jelikož nevyužívá ionizujícího záření, je považován za bezpečnější a méně zatěžující než výpočetní tomografie. (Nukleární magnetická rezonance, 2019)

ORL (otorhinolaryngologie) je lékařský chirurgický obor, který se specializuje na diagnózu, rehabilitaci, prevenci a terapii nemocí ušních, nosních a krčních, a také na onemocnění hlavy a krku (splanchnokrania, báze lebni a měkkých orgánů krku). Zabývá se problematikou horních cest dýchacích i polykacích, zevního, středního i vnitřního ucha, smyslových orgánů sluchu, rovnováhy, čichu a chuti, lymfatických a vnitřně sekreторických orgánů krku, a v neposlední řadě nervstva a obalových tkání krku. (Otorhinolaryngologie, 2020)

Tato diplomová práce si klade za cíl popsat a porovnat jedny z nejčastějších indikací v ORL (nádorové onemocnění hrtanu a cholesteatom) a porovnat jejich vyšetření na MR s klinickým vyšetřením. Výsledně by měla zjistit, která metoda vyšetření má výhody v lepším zobrazování měkkých tkání hlavy a krku.

Použitá literatura:

1. CHARVÁT, František a Bohumil MARKALOUS. *Zobrazení hlavy: metodika vyšetřování, anatomie, patologie, klinika : CT, MR, RTG, PET, PET/CT, sonografie, endoskopie, angiografie, intervenční neuroradiologie, navigovaná chirurgie*. Praha: Triton, c2006, 658 s. ISBN 80-7254-904-9.
2. MAFEE, Mahmood F., Galdino E. VALVASSORI a Minerva BECKER. *Imaging of the head and neck*. 2nd ed., rev. and enl. Stuttgart: Georg Thieme, c2005, xiv, 866 s. ISBN 313100942X.
3. FERDA, Jiří, Hynek MÍRKA, Jan BAXA a Alexander MALÁN. *Základy zobrazovacích metod*. Praha: Galén, [2015], 148 s. ISBN 978-80-7492-164-3.
4. MECHL, Marek, Jaroslav TINTĚRA a Jan ŽIŽKA. *Protokoly MR zobrazování*. Praha: Galén, c2014, 103 s. ISBN 978-80-7492-109-4.
5. NAŇKA, Ondřej a Miloslava ELIŠKOVÁ. *Přehled anatomie*. Třetí, doplněné a přepracované vydání. Praha: Galén, [2015], xii, 416 s. ISBN 978-80-7492-206-0.

Rešeršní strategie



Vyhledávací kritéria

Klíčová slova v ČJ: magnetická rezonance, hlava, uši, krk, rakovina, hrtan, zánět

Klíčová slova v AJ: magnetic resonance imaging, head, neck, ears, cancer, larynx, inflammation

Jazyk: čeština, angličtina, němčina

Období: 2000 - 2020



Databáze

EBSCO, Scopus, Science Direct Google Scholar, Medvik, PubMed



Kombinací klíčových slov nalezeno 32 článků



Vyřazovací kritéria

- Články, které nesplňovaly kritéria (neodpovídaly klíčovým slovům, zadání práce, neobsahovaly potřebné informace, ...)
- Kvalifikační práce
- Duplicitní články



Použité publikace

- Na základě vyřazujících kritérií bylo nalezeno 17 článků

1. CÍL PRÁCE

Magnetická rezonance je účinná zobrazovací metoda nemocí (hlavně) měkkých tkání těla pacienta. Cílem této práce bude zkoumat přínos této modality u diagnostiky onemocnění hlavy a krku a její následné terapie. Práce je rozdělena na 2 části a tudíž má 2 cíle - cíl teoretické části a cíl výzkumné části.

1.1. Cíl teoretické části diplomové práce

V teoretické části bude objasněn princip magnetické rezonance, její fyzikální základ a možnosti využití při diagnostice a terapii v oblasti hlavy a krku v rámci otorhinolaryngologie. Bude popsána také anatomie hlavy a krku v souvislosti s patologií v této oblasti a jejich nejčastějšími onemocněními, včetně základních indikací. Zaměříme se na vyšetření těchto problémů magnetickou rezonancí ve 2 oblastech - uši a hrtan.

1.2. Cíl výzkumné části diplomové práce

Cílem výzkumné části mé diplomové práce bude porovnání klinického vyšetření a MR ve 2 oblastech v rámci diagnostiky a terapie hlavy a krku - hrtan, vnitřní, střední a vnější ucho. Nadále analýza dostupné nalezené literatury, srovnání těchto vybraných metod a vyhodnocení získaných výsledků. Nakonec bude zjištěn přínos MR ve srovnání s klasickým klinickým vyšetřením.

2. TEORETICKÁ ČÁST

Magnetická rezonance je stále více rozvíjející se metodou v možnostech podrobnějšího zobrazování nejenom měkkých tkání. I přes několik kontraindikací, mezi které se dá zahrnout i fobie z uzavřených prostor (klaustrofobie), je jeho největší výhodou absence ionizujícího záření. I díky této skutečnosti se stále více rozšiřuje síť pokrytí tímto přístrojem po naší republice. Magnetickou rezonanci bychom mohli považovat za nejsložitější a nejdražší vyšetření využívající se v zobrazovacích metodách, avšak nejužitečnější.

Teoretická část se zabývá popisem teoretických poznatků okolo magnetické rezonance - od fyzikálních základů, přes popis samotného přístroje a sekvencí až po anatomii, nejčastější indikace a nejpoužívanější vyšetření v oblasti diagnostiky a léčby onemocnění hlavy a krku.

2.1. FYZIKÁLNÍ ZÁKLAD

V roce 1946 dva fyzikové, F. Bloch a E. M. Purcell, objevili a experimentálně ověřili jev tzv. jaderné magnetické rezonance, za což roku 1952 obdrželi Nobelovu cenu za fyziku. První myšlenka využití tohoto jevu jako zobrazovací metody k získání tomografického obrazu vznikla roku 1973, kdy vědci Lauterburg a Damadian poprvé použili gradientní magnetická pole k pozičnímu kódování obrazu. Magnetická rezonance, tak jak ji známe dnes, je komerčně dostupná od roku 1982. (Drastich, 2004, s. 105)



Obrázek 1 - F. Bloch a E. M. Purcell (Questions and answers in MRI, 2021)

2.1.1. Magnetické pole, magnetický moment a magnetismus

Elektromagnetické pole je fyzikální pole, kde se spojuje působení elektrické a magnetické síly dohromady. Skládá se dohromady z elektrického a magnetického pole. Elektromagnetismus je jev, kdy se prolínají elektřina a magnetismus dohromady. Elektromagnetické pole se charakterizuje vlnovou délkou, frekvencí a intenzitou. Má charakter i vlastnosti vlny i částice. Pole má jako záření elektrickou i magnetickou složku, jejichž vektory jsou na sebe kolmé. (Rozman, 2006, s. 231; Chasák a Šlitrová, 2017, s. 99)

Magnetismus je fyzikální jev, který vzniká v magnetickém poli. Takové pole se generuje pohybující se elektricky nabitou částicí a projevuje se silovým působením na takovouto částici (včetně elementárních částic, jako jsou např. elektrony v obalu atomu). Avšak v případě, že je pohyb takovýchto částic neuspořádaný, jejich pole se vzájemně vyruší a neprojeví se vůbec vně materiálu. Jinými slovy, magnetismus je síla a magnetické pole je takové pole, ve kterém tato síla působí. (Rozman, 2006, s. 231; Chasák a Šlitrová, 2017, s. 99)

V jádru atomu se nachází protony a neutrony. Ty neustále rotují kolem své osy. Tento pohyb nazýváme spinem. Protony, jelikož jsou pohybující se nabitou částicí, vytváří slabé magnetické pole, které vykazuje určitý magnetický moment. Je to vektorová fyzikální veličina, která charakterizuje zdroj magnetického pole. Značí se m a jeho jednotkou je *ampérmetr čtverečný* ($A.m^2$). Výslednicí všech magnetických momentů vzniká magnetizace. Jde o makroskopický projev magnetických momentů. (Drastich, 2004, s. 110; Chasák a Šlitrová, 2017, s. 137)



Obrázek 2 - Spin (Questions and answers in MRI, 2021)

Známe několik druhů magnetických polí, a rozdělujeme je podle toho, kde obecně působí a jak vznikly. Základní dělení je podle účinků na: (Rozman, 2006, s. 232-233)

- a) biomagnetická pole - od 10^{-14} do 10^{-8} T
- b) geomagnetická pole - od 10^{-10} do 10^{-4} T
- c) technická pole - od 10^{-6} do 10^{-2} T

Další dělení je z hlediska prostorového rozložení: (Rozman, 2006, s. 232-233)

- a) pole homogenní
- b) pole nehomogenní

Podle závislosti na čase se dělí na: (Rozman, 2006, s. 232-233)

- a) pole stejnosměrná
- b) pole střídavá
- c) pole impulsní

Podle velikosti frekvence na pole: (Rozman, 2006, s. 232-233)

- a) nízkofrekvenční
- b) vysokofrekvenční

Podle velikosti indukce (intenzity) rozlišujeme: (Rozman, 2006, s. 232-233)

- a) slabá pole
- b) střední pole
- c) silná pole

V neposlední řadě máme poslední dělení podle vzniku na ty, co vznikají přirozeně a na ty, co jsou stvořeny uměle. Každé magnetické pole je charakterizováno určitými veličinami. Dvěma hlavními jsou magnetická indukce a s ní provázaná intenzita. (Rozman, 2006, s. 232-233)

2.1.2. Magnetické indukce a intenzita magnetického pole

Magnetická indukce je vektorová veličina vyjadřující silové účinky magnetického pole na částici s nábojem, která se dokáže pohybovat, nebo na částici s magnetickým dipólovým momentem. S indukcí souvisí i druhá vektorová veličina - intenzita magnetického pole. Skrz obě můžeme kvantitativně popsat dané magnetické pole. (Rozman, 2006, s. 231; Chasák a Šlitrová, 2017, s. 100)

Jako fyzikální veličina má indukce značku B a její jednotkou v základní soustavě SI je *tesla* (T), neboli $kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-1}$ v základních jednotkách. Znamená to, že homogenní magnetické pole má indukci, která se rovná 1 T, pakliže vodič má délku 1 m, je kolmý k indukčním čarám a protéká jím stálý proud o velikosti 1 A silou 1 N. Bodový náboj Q se pohybuje rychlostí v . V daném místě r magnetického pole na něj působí magnetická síla F a její velikost je závislá na směru pohybu náboje. Velikost indukce v daném bodě můžeme považovat jako maximální sílu, která může působit na náboj. (Rozman, 2006, s. 231; Chasák a Šlitrová, 2017, s. 100)

$$B = \frac{F_{max}}{Qv}$$

Definiční vztah magnetické indukce (Chasák, 2017, s. 100)

Intenzita je fyzikální veličina, která popisuje míru silových účinků v magnetickém poli. Značí se H a jeho jednotkou je *ampér na metr* - A/m . Je to starší jednotka, která je obdobou intenzity elektrického pole. Souvislost intenzity a indukce můžeme vyjádřit vztahem: (Rozman, 2006, s. 231; Chasák a Šlitrová, 2017, s. 100)

$$B = \mu_0(H + M)$$

Vztah mezi indukcí a intenzitou (Chasák a Šlitrová, 2017, s. 100)

Ve vakuu jsou obě veličiny z hlediska velikosti a rozměru stejné. Liší se pouze permeabilitou vakua. V normálním látkovém prostředí na Zemi je mezi nimi velký rozdíl. Intenzita popisuje takové magnetické pole, které by bylo vytvářeno pouze volnými proudy. U pole, kde je permanentní magnetizace (nejsou volné proudy), mohou mít veličiny opačný směr i charakter.

Pomocí těchto 2 fyzikálních veličin můžeme popsat elektromagnetické pole. (Rozman, 2006, s. 231; Chasák a Šlitrová, 2017, s. 100)

2.1.3. Frekvence, Larmorova frekvence (precese)

Další veličinou související s principem magnetické rezonance je frekvence. Udává počet period za daný časový úsek nebo počet kmitů za jednotku času. Značí se f a její jednotkou je hertz se značkou Hz (s^{-1}). Ve spoustě případů používáme jejich násobky jako jsou kilo, mega, či gigahertz. Mezi frekvencí a periodou T platí definice: (Chasák a Šlitrová, 2017, s. 60-61)

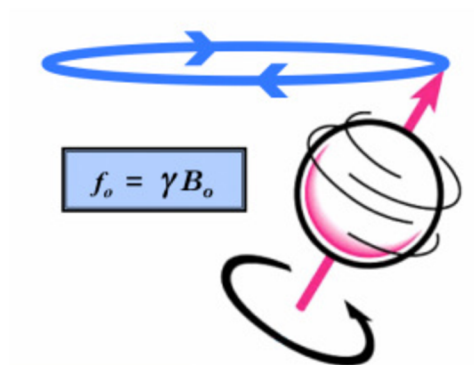
$$f = \frac{1}{T}$$

*Vztah frekvence a periody
(Chasák a Šlitrová, 2017, s.
60-61)*

Od toho se odvíjí tzv. Larmorova frekvence. Je to frekvence precesního pohybu magnetického momentu částice. Je závislá na intenzitě magnetického pole a typu atomového jádra. Předpokladem pro vznik precese je elektrický náboj částice a od ní odvíjející se magnetický moment, který svírá nenulový úhel s vektorem vnějšího pole. Díky působení vnějšího magnetického pole opisuje magnetický moment částice kuželovou plochu, kterou si můžeme představit jako točící se dětskou káču. (Drastich, 2004, s. 113)

$$\omega = -\gamma \cdot B$$

*Larmorova frekvence
(Drastich, 2004, s. 113)*



Obrázek 3 - Precesní pohyb (*Questions and answers in MRI, 2021*)

2.1.4. Vlnová délka, rezonance

Vlnová délka je veličina, která charakterizuje prostorovou periodicitu. Představuje nejmenší vzdálenost mezi 2 korespondujícími body na šířící se vlně (např. mezi 2 minimy nebo maximy). Jeho značka je λ (*lambda*) a jeho jednotkou je *metr* (*m*). Společně s frekvencí a rychlostí světla tvoří následující vztah: (Chasák a Šlitrová, 2017, s. 59-60)

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

Vlnová délka (Chasák a Šlitrová, 2017, s. 59-60)

Rezonance je jev, kdy dochází ke shodě kmitočtu protonů v lidském těle s kmitočtem zdroje (přístroj MR). Z toho vyplývá, aby mohlo dojít k absorpci elektromagnetického vlnění protony, musí být Larmorova frekvence částic shodná s frekvencí vyslaného radiofrekvenčního impulsu. (Chasák a Šlitrová, 2017, s. 59-60; Drastich, 2004, s. 114)

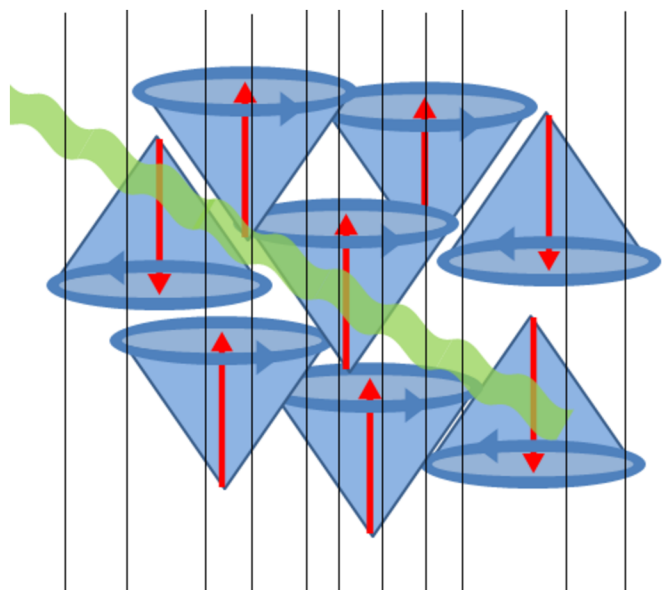
2.2. MAGNETICKÁ REZONANCE

Je to princip zobrazování, kde na rozdíl od výpočetní tomografie (CT) nevyužíváme ionizujícího záření, ale silného magnetického pole. Její hlavní předností před CT je detailní zobrazení měkkých tkání v těle pacienta. Řadíme ji principem mezi nejsložitější zobrazovací modalitu v radiologii. (Vomáčka, 2015, s. 47)

2.2.1. Princip MR

Stručně řečeno, radiologický asistent nebo sestra umístí pacienta do silného homogenního magnetického pole. Objekt vyšetření ozáříme radiofrekvenčními vlnami, čímž vyvoláme rezonanci jader. Magnetickými gradienty zakódujeme pozici a přijímacími cívkami detekujeme signály, které vyzáří ozařovaný objekt. Naměřené signály počítač matematicky zpracuje a vytvoří výsledný obraz, který vyhodnocujeme. (Ferda a spol., 2015, s. 22-23, Heřman, 2014, s. 26)

V následujících odstavcích popíšu princip MR trochu složitějším způsobem. Lidské tělo je tvořeno z cca 70% vodou (H_2O), což jsou 2 atomy vodíku (H) a atom kyslíku (O). Proto pro zjednodušení popisu principu si můžeme představit, že do magnetického pole vkládáme pouze atomy vodíku. Vložíme-li takové jádro do silného magnetického pole, tak se rotační osy protonů v něm uspořádají rovnoběžně se siločárami vnějšího magnetického pole. O něco trochu víc než polovina takovýchto protonů je v poloze, kdy jejich magnetický moment je orientován paralelně s vektorem vnějšího magnetického pole. Naopak druhá část protonů, kterých je o trochu méně než zmíněná polovina, je uspořádána antiparalelně, což je energeticky náročnější. Ty rotují kolem směru působícího magnetického pole B_0 . K tomuto pohybu a srovnání os rotací dochází při každé změně působícího magnetického pole do doby, než se takové jádro v poloze neustálí. (Heřman, 2014, s. 25-28; Charvát a Markalous, 2006, s. 32-33)



Obrázek 4 - Magnetické momenty natočené paralelně a antiparalelně (Nukleární magnetická rezonance, 2019)

Pakliže toto pole přestává na jádro a protony působit, vrací se do své původní klidové polohy. Když k B_0 přidáme transversální pole B_T (které je kolmé na B_0), jádro s protony v něm začnou opět rotovat. Aby se stále pohybovala, využíváme vysokofrekvenčního magnetického pole rotujícího v rovině XY. (Heřman, 2014, s. 25-28; Charvát a Markalous, 2006, s. 32-33)

Velikost magnetického momentu ve tkáni změříme tak, že změňme již zmíněné uspořádání protonů, kdy jejich moment bude mít jiný (detekovatelný) směr. Pakliže je podélná osa protonu rovnoběžná se siločarami, je jeho velikost malá, nezjistitelná. To se nám podaří dodáním energie protonu pomocí radiofrekvenčního (RF) pulsu, kdy díky němu dochází k excitaci - proton s větší energií zvyšuje svoji oscilaci a osa protonu se vychýlí o 90° až 180° , což považujeme za zdroj podélné magnetizace. Frekvence impulsu musí odpovídat Larmorově frekvenci, jinak by protony vodíku dodanou energii nepřijaly. Tomu se jinak říká rezonance. Vlivem RF impulsu protony provádějí precesi synchronně - ve fázi. Transverzální precesní pohyb se zvětšuje a tím i příčná magnetizace. Naopak podélná se utlumuje. (Heřman, 2014, s. 25-28; Charvát a Markalous, 2006, s. 32-33)

Když RF impuls přestane působit, excitovaný proton se vrací do normálního stavu - relaxace. Při tomto návratu proton vydává postupně energii, kterou okolní tkáň pohlcují. Intenzita signálu (FID) se plynule snižuje. Měříme dobu, za jakou se elektromagnetická (EM) energie

přemění na tu elektrickou (ms, μ s). (Heřman, 2014, s. 25-28; Charvát a Markalous, 2006, s. 32-33)

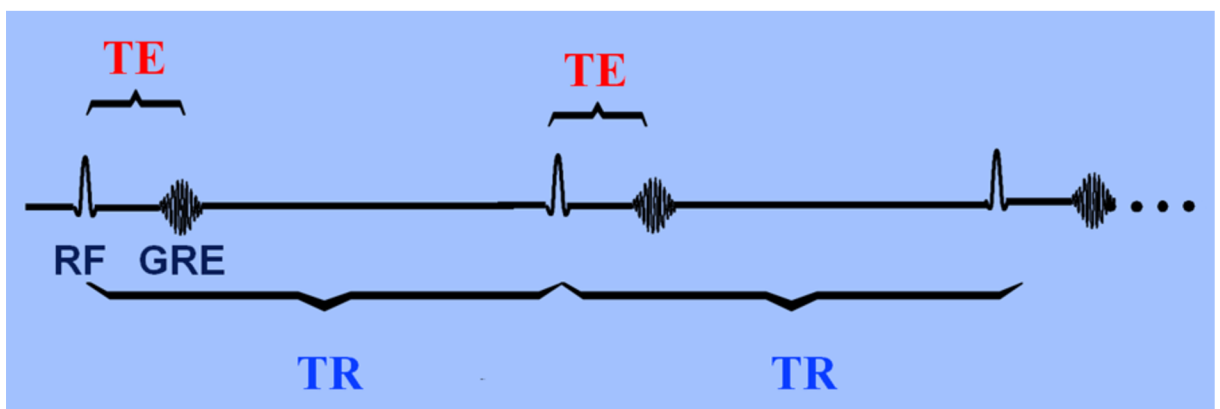
V tuto chvíli se podélná magnetizace, která byla utlumena, vrací do normálu. Doba, než se tak stane, se nazývá čas T1. Čas T1 je doba, za který podélná magnetizace dosáhne 63% své původní velikosti. Když zaniká transversální rotace, dochází k desynchronizaci pohybu a jeho rozfázování. Takový návrat se nazývá čas T2. To je doba, za kterou příčná relaxace klesne na 37% své původní hodnoty. Oba časy, T1 i T2, jsou dlouhé ve vodě, ale krátké v tuku. (Heřman, 2014, s. 25-28; Charvát a Markalous, 2006, s. 32-33)

Polohu jednotlivých protonů v 3D prostoru (při diagnostice) jsme schopni lokalizovat pomocí přídavného gradientního magnetického pole. To je vloženo do hlavního magnetického pole ve tři na sebe kolmých rovinách. Tzv. gradientní echa určují rovinu řezu a šířku výsledné vrstvy. (Heřman, 2014, s. 25-28; Charvát a Markalous, 2006, s. 32-33)

2.2.2. Typy elektromagnetických pulzů

Při vyšetření MR používáme 2 základní druhy EM pulsů - 90° pulsy a kombinaci 90° a 180° pulsů. (Mechl a spol., 2014, s. 7-9, Charvát a Markalous, 2006, s. 35)

U 90° pulsu je otáčející se vektor tkáňové (podélné) magnetizace překlopen o 90° a vzniká příčný vektor. Doba mezi jednotlivými pulsy se označuje jako TR - time to repeat (čas opakování). TR se zkracuje tak, aby tkáň ve chvíli, kdy skončí, se nestačily vrátit opět do původní hodnoty podélné magnetizace. Signál, který přijmeme z tkáň se liší v tom, jak velký je vektor jejich podélné magnetizace v čase vyslání dalšího nového impulsu. (Mechl a spol., 2014, s. 7-9, Charvát a Markalous, 2006, s. 35)



Obrázek 5 - Grafické znázornění TR a TE (Questions and answers in MRI, 2021)

Při kombinaci 90° a 180° pulsů způsobí 90° puls nárůst vektoru příčné magnetizace a když skončí, začne vektor znovu klesat. Při čase, který se nazývá $TE/2$, je však vyslán 180° puls, který o stejnou hodnotu změní orientaci precesního pohybu protonů. Příčný vektor, který se doteď zmenšoval, se naopak začíná zvětšovat. Za další $TE/2$ dochází k synchronizaci pohybu protonů a signál se nám znovu zmaximalizuje. Když sečteme časy $TE/2$, vzniká nám TE , což znamená time to echo - čas ozvěny. (Mechl a spol., 2014, s. 7-9, Charvát a Markalous, 2006, s. 35)

2.2.3. Poziční kódování a rekonstrukce obrazu

Abychom mohli zvolit rovinu a šířku řezu, musíme k homogennímu magnetickému poli přidat další pole, jehož intenzita roste s osou těla - magnetický gradient. Ten s podélnou osou nám umožňuje zvolit rovinu řezu a vysláním vhodné frekvence vybíráme ten řez, který potřebujeme. Tloušťku řezu lze regulovat 2 způsoby: (Drastich, 2004, s. 107-108)

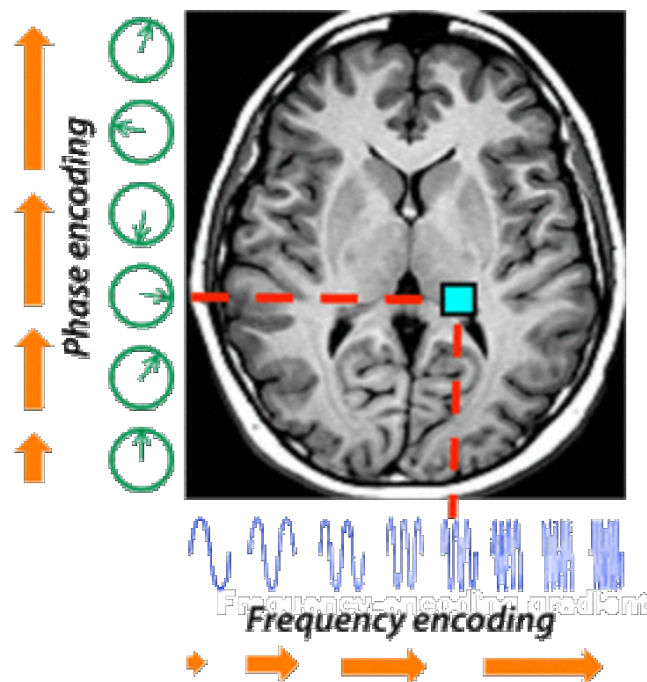
- a) různými rozsahy frekvencí impulsu (čím větší rozsah pulsu, tím širší řez)
- b) sklonem gradientu (čím strmější, tím užší řez)

Jak ovšem poznáme odkud signál detekujeme? Jelikož jedna souřadnice k prostorovému určení nestačí, musí být přidáno další pole. Musíme do signálu informaci o poloze zdroje zahrnout uměle. K tomu využíváme tři gradientní cívky. Tyto gradientní cívky umístíme tak, aby produkovaly v prostoru proměnné, ale časově konstantní magnetické pole. Magnetická indukce tohoto pole je výrazně menší než vnějšího pole B_0 . Proměnlivost (gradient) těchto polí určíme přesně pro potřeby daného experimentu (znalost gradientu v osách x , y , z je zásadní). (Drastich, 2004, s. 139-140)

Gradientní cívka v ose z nám úmyslně, ale řízeně naruší homogenitu vnějšího magnetického pole B_0 . Toto narušení způsobí, že jádra na různých pozicích mají mírně odlišnou Larmorovu frekvenci. Podle toho, jakou frekvenci RF pulzu použijeme, víme souřadnici z jader, na které RF pulz působí. Velikost gradientního pulzu v ose z nám udává šířku roviny a tudíž i rozlišení v ose z . Celkově můžeme říci, že gradient v ose z nám určuje rovinu xy , ze které detekujeme signál. Larmorova frekvence je shodná pro všechna jádra se stejnou hodnotou souřadnice z . (Drastich, 2004, s. 139-140)

Zapůsobíme-li gradientním pulzem v ose y, dojde ke změně Larmorovy frekvence jader o různých pozicích v ose y. Některá jádra budou mít větší úhlovou rychlost než ostatní. Po skončení pulzu se opět Larmorova frekvence všech jader vrátí na původní hodnotu (ale v ose z je stále různá). Larmorova frekvence bude opět pro všechny jádra v dané rovině xy stejná. Ovšem jejich fáze bude posunutá. Některá jádra měla větší frekvenci, takže jsou napřed oproti sousedům s jinou pozicí v ose y. Protože dojde ke změně fáze, říká se tomuto kroku fázové kódování. (Drastich, 2004, s. 139-140)

Zbývá zapůsobit gradientním pulzem v ose x. Při něm dochází ke změně Larmorovy frekvence v různých částech osy x. Mluvíme o frekvenčním kódování. Detekce signálu probíhá během působení gradientního pole x. (Drastich, 2004, s. 139-140)



Obrázek 6 - Fázové a frekvenční kódování (*Questions and answers in MRI, 2021*)

Díky předem definovaným změnám lokálního magnetického pole jsme schopni určit souřadnice prostoru, odkud detekujeme signál. Výsledek je ukládán po 2D řezech o různých hodnotách souřadnice z - tzv. tomovrstvy. Tyto řezy se nacházejí v tzv. k-prostoru (plocha shromažďující všechny signály z vyšetření). V matici k-prostoru mají řádky shodnou fázi (fázové kódování, osa y) a sloupce mají stejnou frekvenci (frekvenční kódování, osa x).

Kódování můžeme provádět buď v horizontálním směru nebo ve spirále. (Drastich, 2004, s. 139-140; Vomáčka, 2015, s. 50)

Vlastní rekonstrukce obrazu je velice složitá matematická záležitost. Používá se pro ni Fourierova transformace, která jednoduše řečeno převádí signál z 3D prostoru (lidské tělo) do 2D obrazu. Dá se říct, že geometrickým vyjádřením je to sinusoida. V k-prostoru se shromažďují všechny signály z vyšetření, které získáme. V jeho centru je signál silnější a výraznější oproti periférii. Slabší a méně výraznější signály z periferie se vynulují, čímž rapidně zkrátíme dobu rekonstrukce a tvorby obrazu. MR obraz hodnotíme z informací z prostorového rozlišení detailů a kontrastu. Výsledný snímek závisí na několika vnitřních a vnějších podmínkách. (Vomáčka, 2015, s. 50)

Mezi vnitřní podmínky se zařazuje obecně: (Vomáčka, 2015, s. 50)

- a) počet protonů vodíku v jednotce objemu
- b) magnetická susceptibilita (schopnost tkáně stát se magnetickou)
- c) relaxační časy různých tkání (jejich odlišná délka)

Do vnějších podmínek spadá: (Vomáčka, 2015, s. 51)

- a) úprava hodnot TR a TE
- b) velikost statického magnetického pole
- c) velikost matice a šířky vrstvy (z toho plynoucí velikost voxelu a pixelu)
- d) počet excitací

Pakliže chceme detailnější obraz, zmenšíme voxely a ztenčíme vrstvu, ale tím hrozí riziko velkého šumu, který snižuje kvalitu výsledného obrazu. Vzniká nahodilými elektrickými mikroproudy z celého těla mimo oblast zájmu (dané vrstvy). Zhoršuje se poměr signál/šum. Taktéž má vliv na šum velikost B_0 , kvalita a stáří cívek. Čím větší B_0 je, tím větší je i šum. (Vomáčka, 2015, s. 51)

Někdy se ve výsledném snímku objevují i tzv. artefakty obrazu. Ty jsou způsobeny falešnými změnami intenzity signálu, tvaru a polohy objektu (pacienta). Vznikají až v průběhu zobrazování. Jejich zdrojem může být problém v přístroji, pohyb pacienta, cizí těleso, změnou

frekvence v okolí vyšetřované roviny nebo nehomogenitou magnetického pole. (Vomáčka, 2015, s. 51)



Obrázek 7 - Artefakt MR obrazu
(*Questions and answers in MRI,*
2021)

2.2.4. MR sekvence

Pro zobrazování magnetickou rezonancí existuje mnoho sekvencí. Mezi ty základní řadíme tzv. spin-echo (SE) sekvence, které jsou používány na všech přístrojích: (Vomáčka, 2015, s. 51; Mechl a spol., 2014, s. 7-9)

- a) T1 vážený obraz – má krátké TR i TE
- b) T2 vážený obraz – má dlouhé TR i TE
- c) PD (proton denzitní) – má dlouhé TR a krátké TE
- d) Inversion recovery (IR) - STIR a FLAIR

Liší se hlavně hodnotami TR a TE. TR, jinými slovy time to repeat, popisuje čas mezi jednotlivými pulzy a TE, neboli time to echo, nám přibližuje čas ozvěny. Dají se různě upravovat pro potřeby lékaře. (Vomáčka, 2015, s. 51)

1. T1 vážený obraz

Tato sekvence je jedna ze základních, která se na pracovištích magnetické rezonance dá použít a podobá se velice CT. Má krátké TE i TR, proto se jí říká krátká SE sekvence. Když zkrátíme čas TR, bude signál intenzivnější a kontrastnější, čehož se taky využívá u kontrastních látek pro MR. V této sekvenci je tekutina, jako je například likvor, moč nebo žluč, tmavší (hyposignální), než třeba mozek. Tuk v této sekvenci vidíme na obrázku jako jasně bílý (hypersignální). Mozek je na finálním snímku o něco tmavší než tuk, ale ne tak tmavý jako tělní tekutiny. Kalcifikace nebo proudící krev při tomto snímkování nevytváří žádný signál, jsou tudíž asignální. Využívá se k přesnému posuzování anatomických struktur. Její nevýhodou může být ne příliš viditelný rozdíl fyziologické tekutiny od například edému a častá záměna hypersignálního tuku za kost ve výsledných obrázcích. (Vomáčka, 2015, s. 51; Mechl a spol., 2014, s. 7-9; Charvát a Markalous, 2006, s. 34)

2. T2 vážený obraz

Této sekvenci se říká dlouhá SE sekvence. Tekutiny bývají oproti T1 v.o. hypersignální a tudíž bílé na obrázku. Solidní tkáně jsou naopak tmavé - hyposignální. Tuk je někde mezi tím, takže výsledek je šedý. Kdybychom chtěli zvýšit výsledný signál vody pro lepší zobrazení močových nebo třeba žlučových cest, může prodloužit čas TR. Oproti T1 v.o. je tato sekvence lepší pro zobrazování edému a celkově patologických tekutin v těle, nebo k posuzování rozhraní mezi jednotlivými rozdílnými tkáněmi (vazy a likvor). (Vomáčka, 2015, s. 52; Mechl a spol., 2014, s. 7-9; Charvát a Markalous, 2006, s. 34)

3. PD (proton denzitní)

Jsou speciální odnoží T2 vážených obrazů, ale výsledný signál vyslaný z těla závisí na počtu protonů v dané tkáni. Mají dlouhé TR, ale krátké TE. Když použijeme zároveň sekvenci pro potlačení tuku, je výbornou alternativou k posuzování muskuloskeletárního systému. Tekutina bývá spíše tmavě šedá, takže tkáně s touto barvou (tmavší než ostatní) obsahují větší množství vody. (Vomáčka, 2015, s. 52; Mechl a spol., 2014, s. 7-9)

4. Inversion recovery (IR)

Mezi tyto sekvence řadíme prvořadě STIR (Short Tau Inversion Recovery) a FLAIR (Fluid Attenuated Inversion Recovery), které podle potřeby potlačí tuk anebo vodu, ty jsou poté asignální. Jako je PD speciální odnož T2 v.o., tak IR je extrémně zvýrazněný T1 v.o. Dosáhneme toho tak, že zvýšíme podélnou magnetizaci a obráceným postupem excitaci pulsů. (Vomáčka, 2015, s. 52; Mechl a spol., 2014, s. 7-9)

Pokud potřebujeme potlačit tuk na snímcích velkých kloubů (kolena, ramena apod.) nebo páteře, využijeme sekvenci STIR. Tuk se nám zobrazí jako černý, asignální, a do popředí nám tak vystoupí patologická ložiska s velkým množstvím vody, která jsou vysoce hypersignální. (Vomáčka, 2015, s. 52)

Pro potlačení vody můžeme vybrat sekvenci FLAIR. Na snímku se projevuje tak, že fyziologické tekutiny v těle se zobrazí černě, jsou tedy hyposignální až signální. Kdežto na druhou stranu patologické tekutiny a ložiska se zobrazí bíle, jsou hypersignální. Využíváme ji především při diagnostice roztroušené sklerózy. (Vomáčka, 2015, s. 52)

Mezi méně obvyklé protokoly v praxi patří: (Charvát a Markalous, 2006, s. 35-36)

a) FS - fat suppressed

Používá se při selektivním potlačení signálu tukové tkáně pro lepší diferenciaci patologických projevů vznikajících v této tkáni. Při tomto protokolu se hypersignální světlá patologie zobrazí na hyposignálním tmavém pozadí T2 v.o. nebo na T1 v.o. po podání KL.

b) HRMR - high resolution MR

Je to zobrazení pomocí magnetické rezonance s vysokým rozlišením. Používají se velmi tenké vrstvy pro podrobnější zobrazování, např. mozečku nebo trigeminu.

c) 3D MR

Trojrozměrná MR je typ rekonstrukce výsledného obrazu, kdy se jeví jako 3D. Používá se hlavně u zobrazení cév nebo blanitých struktur vnitřního ucha.

d) FIESTA

Toto je firemní název pro T2 v.o., která se zobrazuje ve velmi tenkých vrstvách. Její nejčastější použití je v zobrazování struktur vnitřního ucha a zvukovodu.

e) funkční zobrazení MR - fMR

Je to diagnostická metoda pro neurovědecké studie a pro předoperační mapování funkčních kortikálních oblastí.

f) MR spektroskopie - MRS

Tu užíváme při měření koncentrace metabolitů v patologicky změněných tkáních, hlavně v mozku. Méně často ji uvidíme u srdce, kosterního svalstva a parenchymových orgánů.

2.2.4. Přístroj - složení

Magnetická rezonance se dělí podle síly B_0 homogenního stacionárního magnetu, který je hlavní součástí magnetické rezonance. Do 0,2 T jsou to velmi slabé magnety, do 0,3 T slabé magnety, od 0,5 do 1,0 T střední magnety a od 1,0 do 7,0 T (a více) silné magnety. Nejčastěji objevující se magnetickou rezonancí je ta o síle 1,5 T, která představuje kompromis mezi pořizovacími náklady přístroje a kvalitou obrazu. Její výhodou je také kratší gantry, které je výhodnější pro vyšetřování lidí s klaustrofobií. Taková přístroj se skládá z několika základních částí. Jsou jimi: (Vomáčka, 2015, s. 52; Tintěra, 2017)

- Homogenní stacionární magnet B_0 s napájením a chlazením
- Gradientní cívky se samostatnými zdroji
- Vysokofrekvenční vysílač a cívka B_1
- Vysokofrekvenční přijímač a cívky
- Počítačová konzole
- Vysokofrekvenční magnetické stínění
- Vyšetřovací stůl
- Doplnky k magnetické rezonanci - monitoruje dechu nebo EKG, aj.

Stacionární magnet B0 obsahuje 3 gradientní cívky, které vydávají nechvalně známý a zároveň pro tuto techniku typicky doprovodný hluk. Každá jednotlivá gradientní cívka má svůj vlastní proudový zdroj a chlazení. (Vomáčka, 2015, s. 52-53; Tintěra, 2017)

Jelikož tento magnet je velice silný, vytváří také velice silné magnetické pole, které přetrvává i po vypnutí přístroje. To dokáže negativně ovlivnit elektronické přístroje v okolí pracoviště. Z tohoto důvodu musí být magnetická rezonance správně a účinně odstíněna. Takového stínění dělíme na aktivní a pasivní. Pasivní tvoří silné pláty z ocele a měděných plechů a říkáme mu Faradayova klec. Aktivním stíněním myslíme cívky, které v okolí gantry vytváří opačné magnetické pole a tím tlumí účinnost stacionárního magnetu. (Vomáčka, 2015, s. 54; Tintěra, 2017)



Obrázek 8 - Magnetická rezonance - přístroj (RDG centrum s.r.o.)

Kromě gradientních cívek u magnetické rezonance nalezneme i další cívky - permanentní a povrchové. Permanentní jsou zabudované v gantry a nejsou viditelné. Jednou takovou je tzv. volumová cívka, která funguje jako vysílač B0 a přijímač navráceného signálu z těla. Další je vyrovnávací cívka fungující pro vyrovnávání nehomogenit magnetického pole. Povrchové cívky jsou cívky, které se co nejbližší přikládají k vyšetřované oblasti pacienta a v systému fungují jako přijímací cívky. Jsou složeny z měděných nebo stříbrných drátěných závitů, které jsou schopny indukovat dostatečně velký proud, a tím pádem i dostatečně silný signál. Ten je

potom zesilován a digitalizován analogo-digitálním převaděčem a výsledek je poté přenesen do počítače. Povrchové cívky rozdělujeme podle jejich umístění na vyšetřované části těla. Máme cívky hlavové, pro krční páteř, pro hlavu a krk současně, páteřní, kolenní, ramenní, zápěstní, bímamární na prsa, speciální cívka pro vyšetření břicha a hrudníku, endorektální a univerzální flexibilní cívky. (Vomáčka, 2015, s. 53; Tintěra, 2017)

Ovládací konzole nese mnoho podobností s konzolí na CT a je připojena k řídicímu počítači. Radiologický asistent nejprve zadá pacienta do počítače. Poté spustí lokalizér, pilotní skeny a zvolí jednotlivé sekvence a časy, které bude na danou část potřebovat. Nakonec zbývá závěrečný postprocessing a odesílání obrázků do PACSu. (Vomáčka, 2015, s. 54)

Jednou z podstatných částí magnetické rezonance je vyšetřovací stůl. Je z neferomagnetických prvků, aby ho nemohlo magnetické pole ovlivnit. Jeho nosnost bývá maximálně 150 kg. Podobá se stolu na CT. Má i spoustu doplňků, jako je např. monitorace dechu nebo EKG, které taky musí být z neferomagnetického materiálu. (Vomáčka, 2015, s. 54)

2.2.5. Kontraindikace

Jako každá vyšetřovací metoda v medicíně, má i magnetická rezonance svoje kontraindikace. Podle razantnosti následků je dělíme na absolutní, kvůli kterým pacient vyšetření podstoupit nesmí, a relativní, kdy za určitých podmínek a pod dohledem vyšetření podstoupit může. (Vomáčka, 2015, s. 56)

a) Absolutní kontraindikace

Mezi absolutní kontraindikace zahrnujeme ty, kvůli kterým u pacienta nelze provést vyšetření na MR. Takovým důvodem bývá kardiostimulátor, který se po vložení do silného magnetického pole zkratuje a tím způsobí smrt pacienta. Elektronicky řízené implantáty (kochleární implantát, neuromodulační aparáty) kromě inzulinových pump, které lze před vyšetřením odpojit, sice neohrožují život pacienta přímo, ale MR dokáže změnit jejich funkci nebo zničit jejich drahou mikroelektroniku a tím přístroj znehodnotit. Cévní svorky z feromagnetického (železo, nikl, kobalt) či neznámého materiálu nebo kovová tělesa v oku se zase naopak dokáží v magnetickém poli rozehrát či pohnout a popálit (poškodit) pacientovy měkké tkáně zevnitř. (Vomáčka, 2015, s. 56; Heřman, 2014, s. 25-29)

b) Relativní kontraindikace

U relativních kontraindikací je vyloučeno vyšetření jen na určitou dobu nebo se může provést za přísných podmínek. Pakliže člověk trpí klaustrofobií, dá se vyšetření absolvovat v částečné sedaci nebo v úplné anestezii, čehož se využívá hlavně u dětí, které nevydrží dlouho ležet a vadí jim hluk. Pro těhotné v prvním trimestru je vyšetření také vyloučeno (kromě ohrožení života matky) přesto, že nebyly prokázány žádné vývojové změny na plodu. Kovová tělesa implantovaná do těla ze zdravotních důvodů (TEP, stenty, kava filtry nebo svorky do 6 týdnů po implantaci, srdeční chlopně, nitrolební svorky) jsou v dnešní době vyrobeny z materiálu kompatibilních s MR, jsou tzv. diamagnetické. (Vomáčka, 2015, s. 56; Heřman, 2014, s. 25-29)

2.2.6. Kontrastní látky

Kontrastní látky (KL) jsou látky, pomocí kterých dokážeme zvýšit kontrast mezi rozdílnými tkáněmi, odlišit anatomické struktury či zvýraznit patologie. Rozdílné jsou kontrastní látky pro rentgenová vyšetření (RTG, CT), ultrazvuk a pro magnetickou rezonanci. (Kontrastní látky, 2018)

Na magnetické rezonanci využíváme hlavně KL na bázi sloučenin chelátů gadolinia (GdKL) - Gd DTPA (diethylentriaminpentaacetát). Označují se také jako paramagnetické KL. Využíváme jeho velkých makromolekul, které nemohou pronikat kvůli své velikosti do buněk, a tím pádem kolují a cestují po těle jen krví. Mají různé chemické složení obsahující chelátové komplexy s volným iontem gadolinia (ze skupiny lanthanoidů), který je ale vysoce toxický a může se uvolňovat do těla. (Vomáčka, 2015, s. 54; Heřman, 2014, s. 36)

Gadolinium má vlastnost zvyšovat intenzitu signálu vyšetřovaných tkání, zejména těch nádorových. Mění magnetické poměry ve svém okolí a dokáže zkrátit oba relaxační časy, což je nazýváno relaxivitou. Když zkrátíme čas T1, na výsledném snímku při T1 váženém obrazu bude nasycená tkáň hyperintenzivnější - bělejší. Na T2 vážených obrazech nemá jejich aplikace prakticky žádný vliv. (Vomáčka, 2015, s. 70-71; Heřman, 2014, s. 36)

Dávka KL se udává v mmolech (milimolech). Běžná dávka kontrastní látky je cca 0,1 - 0,2 mmol/kg váhy pacienta, což je zhruba 10 - 15 ml na jedno klasické vyšetření. U modernějších

KL stačí dokonce i 7 ml pro dostačující diagnostiku. (Vomáčka, 2015, s. 70-71; Mechl a spol., 2014, s. 15-16)

GdKL jsou stejně jako jodové kontrastní látky na CT vylučovány ledvinami. Vedlejší a nežádoucí reakce jsou u GdKL celkem vzácné. V posledních 10 letech se však čím dál častěji objevuje závažná komplikace - nefrogenní systémová fibróza, o které se více rozepíšu níže. Je prakticky neléčitelná a ve výjimečných případech může dojít až ke smrti pacienta v důsledku tohoto onemocnění. U starších pacientů se doporučuje podávat jen makrocyclické cheláty s velmi nízkým rizikem, jako je např. Gadovist. U těhotných a kojících žen se použití KL vylučuje, neboť se akumuluje v plodové vodě a vyplavuje se v mateřském mléce. (Vomáčka, 2015, s. 70-71; Mechl a spol., 2010)

Nejznámějšími základními preparáty s obsahem gadolinia jsou Gadovist (nejběžnější KL pro MR), Omniscan, MultiHance, Primovist či Dotarem. (Vomáčka, 2015, s. 54; Mechl a spol., 2014, s. 15-16)

Existují také tkáňově specifické KL. Jejich hlavní složkou bývá gadolinium, oxidy železa nebo mangan a začínají se uplatňovat při diagnostice nemocí jater, lymfatických uzlin, sleziny či třeba i kostní dřeně. (Vomáčka, 2015, s. 70-71)

Když bychom chtěli zobrazovat jaterní léze, byly pro tento účel vyvinuty nové KL, které parciálně pronikají do buněk (narozdíl od klasických GdKL, které cestují krevním řečištěm, protože kvůli makromolekulám do buněk neprojdou). Kupferovy buňky retikuloendoteliárního systému částečně absorbují retikuloendoteliární KL. Jejich základ jsou SPIO-supermagnetické KL, které jsou na bázi malých částic oxidu železitého. Preparátem, který tyto částičky obsahuje, je Resovist. (Vomáčka, 2015, s. 70-71)

Hepatocelulární KL (pod obchodním názvem Teslascan) obsahují z velké části mangan a částečně pronikají do vlastních jaterních buněk, kde zkracují T1 relaxační časy. Jelikož jeho diagnostické výsledky nejsou stoprocentní a jejich cena je vysoká, zatím nedošlo k masovému rozšíření těchto KL. (Vomáčka, 2015, s. 70-71; Heřman, 2014, s. 36)

Přestože rizika (alergie, kontrastní nefropatie) při podání gadoliniových kontrastních látek (GdKL) jsou velmi nízká, musí se dbát při aplikaci pravidel bezpečného použití a brát zřetel na rozvoj nefrogenní systémové fibrózy. (Mechl, 2010; Vymazal, 2017)

Nefrogenní systémová fibróza (NSF) je vzácné, potenciálně smrtelné onemocnění s velmi závažnou prognózou, které se může vyskytnout po podání GdKL u osob s významnou poruchou renálních funkcí. Onemocnění se projevuje fibrotizací kůže, pojiva, svalstva, srdce, jater a plic. Důvodem, proč NSF vzniká, je výrazně prodloužený poločas eliminace GdKL z organismu. Bohužel, kauzální léčba není zatím známa. (Vomáčka, 2015, s. 70-71; Mechl, 2010; Vymazal, 2017)

Primární rizikovou skupinou jsou osoby s významnou renální insuficiencí. U osob s normální či mírně sníženou renální funkcí nebyla NSF zatím zaznamenána. Velice pravděpodobné je, že se uplatňuje nestabilita GdKL společně s uvolňováním gadolinia, které je toxické, z molekuly detoxikujícího chelátu, který váže z organismu důležité kovové ionty transmetalací, jako jsou např. zinkové nebo měděné ionty. (Mechl, 2010)

Pro ověření chronického onemocnění ledvin se dělají krevní testy, ze kterých zjišťujeme hodnotu glomerulární filtrace. Ta se stanoví z hodnot sérového kreatininu, věku a pohlaví. Čím je pacient starší, tím má kreatininu méně. U mladých lidí (20-30 let) se pohybuje hodnota od 250 do 190 $\mu\text{mol/l}$, kdežto u starších (70-80 let) je to od 200 do 145 $\mu\text{mol/l}$. Pakliže je glomerulární filtrace větší než 90, jsou ledviny pravděpodobně jen lehce poškozeny (proteinurie) a filtrace je zachována. Mírná renální insuficience vzniká při hodnotě 60-90. Středně těžká renální insuficience se objevuje při hodnotě 30-60. Při 15-30 dochází k těžké renální insuficienci, a když jsou hodnoty nižší než 15, dochází k selhání ledvin a je potřeba hemodialýza. (Mechl, 2010; Vymazal, 2017)

S ohledem na riziko vzniku NSF u lidí s výraznou renální insuficiencí (podle glomerulární filtrace a kreatininu v krvi) dělíme GdKL do několika skupin: (Mechl, 2010)

a) Vysoce rizikové

Po aplikaci těchto KL byl ve většině případů zaznamenán NSF. Jsou to KL, které obsahují gadodiamid (Omniscan), gadoversetamid (OptiMARK) či kyselinu gadopentetovou (Magnevist, Magnebita, Gado-MRT-ratiopharm). Mají nižší stabilitu kvůli jejich lineární struktuře chelátu, nižší termodynamické stabilitě molekuly a vyšší koncentraci volného chelátu v roztoku. Ve více než 80% případů výskytu NSF byla aplikována GdKL Omniscan. (Mechl, 2010)

b) Středně rizikové

U těchto KL nebyla zatím zaznamenána reakce na aplikaci v podobě NSF, ale dbáme zvýšené opatrnosti. Zařazujeme sem KL obsahující gadofosveset (Vasovist), kyselinu gadoxetovou (Primovist) nebo kyselinu gadobenovou (MultiHance). Doporučuje se zvýšená opatrnost při aplikaci u lidí s výraznou renální insuficiencí, neboť má specifické farmakokinetické rysy. (Mechl, 2010)

c) Nízce rizikové

U nízce rizikových nebyla dosud zaznamenána žádná reakce týkající se NSF díky jejich makrocyclické struktuře molekuly chelátu a in vivo stabilitě. Patří sem KL s gadobutrolem (Gadovist), gadoteridolem (ProHance) anebo kyselinou gadoterovou (Dotarem). (Mechl, 2010)

Při podávání GdKL se řídíme principem zvaným ALARA (as low as reasonably achievable), tzn. podat nejmenší množství nezbytné k dosažení diagnostické informace. Vždy je nutné individuálně zvážit, zda podání GdKL je nezbytně nutné k získání nové diagnostické informace, případně zda ji není možné získat jiným způsobem, bez použití KL (např. ultrazvukovým vyšetřením). Důležité je dbát na hydrataci pacienta, korekci acidózy, zjistit případné kontraindikace (laktace, věk, potíže s ledvinami aj.), dbát informací v příbalovém letáku a u rizikových pacientů či složitějších vyšetření vyžadujících více KL (než je doporučené dávkování) zjistit hodnotu glomerulární filtrace. (Vymazal, 2017; Mechl a spol., 2014, s. 15-16)

Výskyt nefrogenní systémové fibrózy podléhá ohlašovací povinnosti národnímu centru pro farmakovigilanci, který spadá pod SÚKL (Státní úřad pro kontrolu léčiv). (Vymazal, 2017)

2.2.7. Biologické účinky MR

Stejně jako jiná fyzikální pole, tak i elektromagnetické pole určitým způsobem působí na lidský organismus. Při magnetické rezonanci to jsou statické, gradientní a vysokofrekvenční pole. Při působení na lidské tělo se může v místě aplikace objevit zvýšená teplota místa, změna vedení nervových vzruchů, kinetiky buněčných enzymů anebo mutace genů. *“Opakované rychlé excitace v krátkém časovém sledu by mohly vyvolat srdeční arytmie nebo svalové křeče.”* (Vomáčka, 2015, s. 56) Běžně dostupný přístroj a počet rutinních vyšetření pacienta

nevyvolávají prokazatelné nežádoucí biologické změny. Takovéto nežádoucí biologické účinky jsou pouze teoretické. (Vomáčka, 2015, s. 56; Heřman, 2014, s. 25-29)

2.2.8. Indikace k MR

Nejčastější indikace je při onemocnění v neuroradiologii. Jako další skupinou indikací jsou poruchy muskuloskeletárního systému, jelikož na MR jsou velice dobře vidět měkkotkáňové struktury. Méně často se používá k zobrazení i jiných oblastí těla - pánev, břicho, hrudník, krk aj. Při synchronizaci s EKG dokážeme provést i vyšetření srdce. (Heřman, 2014, s. 28-29)

Magnetická rezonance je v ORL indikována velice často při diagnostice patologií vnitřního ucha, a to včetně expanzí ve vnitřním zvukovodu. Nativně se taky často provádí MR sialografie na slinné žlázy, která často nahrazuje klasickou sialografii. MR se pomáhá dokreslit obraz diagnózy patologických procesů na krku nebo šířících se z krku do mediastina. (Vomáčka, 2015, s. 101)

2.2.9. PET/MR

Jedna z nejmodernějších vyšetřovacích technik je hybridní zobrazení PET/MR, což je obdoba známějšího PET/CT. Spojuje dohromady kvality metabolického indikátorového principu využívajícího podání radiofarmaka (PET) s principem morfologického zobrazení měkkých tkání magnetickou rezonancí. PET/CT se začala používat teprve v prvním desetiletí 21. století. A následně vznikla i potřeba spojit PET s MR, což bylo technicky mnohem obtížnější kvůli obtížné koexistenci silného magnetického systému s PET subsystémem. (Ferda, 2017)

“Akvizice dat z PET probíhá s několika pozicích, kdy je využíváno postupného zobrazení celého vyšetřovaného objemu technikou step-and shoot, tedy postupné kompletace dat v různých úrovních. Simultánně s PET akvizicí probíhá akvizice dat MR, která je prováděna jednak za účelem získávání map pro následnou korekci atenuace a/nebo pro diagnostické účely jako plnohodnotné MR obrázky.” (Ferda, 2017)

2.3. ANATOMIE HLAVY A KRKU

Tato kapitola popisuje základní a stručnou anatomii hlavy a krku, kterou můžeme rozpoznat na snímcích magnetické rezonance. Popisuje kosti, svaly, cévy, nervy a jiné tkáňové struktury, které do této skupiny patří.

2.3.1. Lebka

Lebku (cranium) dělíme na část obličejovou - splanchnocranium, a část mozkovou - neurocranium. (Naňka a Elišková, 2015, s. 11)

Mozkovnu dělíme na 2 části – na klenbu a bázi lební, které jsou tvořeny kostmi párovými i nepárovými. Jejich hlavní funkcí je ochrana mozku. Ty se dohromady skládají z kostí čelní (os frontale), kostí temenních (ossa parietalia), kostí týlní (os occipitale), kostí spánkových (ossa temporalia), kde se nám skrývá i prostor pro střední ucho a tzv. Eustachova trubice, která se otevírá do nosohltanu, kosti čichové (os ethmoidale) a kosti klínové (os sphenoidale). Báze lební je bohatě inervována. Na spánkové kosti nalezneme také 2 velké bradavčité výběžky - processus styloideus a mastoideus. (Naňka a Elišková, 2015, s. 11-17)

Obličejovou část spojují opět kosti párové i nepárové – kůstky nosní (ossa nasalia), kosti slzní (ossa lacrimalia), kosti lící (ossa zygomatica), kosti patrové (ossa palatina), horní čelist (maxila), dolní čelist (mandibula), na které jsou processus coronoideus a condylaris, kost radličná (vomer) a jazylka (os hyoideum). (Naňka a Elišková, 2015, s. 17-18)

V lebce nalezneme také několik dutin - dutina nosní (cavum nasi), dutina ústní (cavum oris), očníce (orbita) a zvukovody (meatus acusticus). Nos je rozdělen nosní přepážkou - (septum nasi). V těle kostí čelní, čichové, klínové a maxille najdeme vedlejší dutiny nosní (sinusy). Ty se otevírají do samotné dutiny nosní. Tři jsou párové - sinus frontales, ethmoidales a maxillares, a poslední je nepárová - sinus sphenoidales. Jsou vystlány sliznicí a mohou být často postiženy zánětem. (Naňka a Elišková, 2015, s. 17)

2.3.2. C páteř

Krční páteř se skládá ze 7 obratlů (vertebrae). Kromě prvních dvou obratlů (atlas, axis), které jsou atypické, má obratel obratlové tělo (corpus vertebrae) a obratlový oblouk (arcus vertebrae), které dohromady tvoří obratlový otvor (foramen vertebrae) pro průchod míchy (medulla spinalis). Na oblouk nasedá několik obratlových výběžků, trnový výběžek

(processus spinosus) a 2 příčné výběžky (processus transversi), které jsou proděravěny otvory (foramen transversarium) pro průchod tepen (arteria vertebralis). Výběžky taktéž slouží pro úpon svalů a vazů. Dalšími výběžky po obou stranách obratle jsou dva páry kloubních výběžků (processus articulares superiores et inferiores), které umožňují pohyb obratlů mezi sebou. Mezi zadní stěnou obratle a výběžky vznikají meziobratlové otvory (foramen intervertebrale), kterými prochází míšní nervy a žíly z páteřního kanálu (canalis vertebrae). (Naňka a Elišková, 2015, s. 20-21)

První dva krční obratle se však tomuto popisu lehce vymykají. Atlas nemá tělo, které je nahrazeno předním obloukem a vpředu přechází do silné kostěné ploténky (massa lateralis atlantis) odpovídající transverzálním výběžkům. Vzadu taktéž chybí výběžek a je nahrazen obloukem s malým hrbolem (tuberculum posterius atlantis). Axis má na horní části svého těla velký zub (dens axis), který zapadá přesně do otvoru atlasu. Druhý krční obratel už má trnové i příčné výběžky. Mezi těmito dvěma obratli není ploténka a poskytují velkou pohyblivost krku. U sedmého krčního obratle nalezneme nápadně velký a dlouhý trnový výběžek a tím vizuální oddělení krku od hrudníku. (Naňka a Elišková, 2015, s. 21)

2.3.3. Svaly hlavy

Svaly hlavy můžeme rozdělit do 3 skupin - svaly mimické, žvýkácké a svaly trávicího ústrojí. (Naňka a Elišková, 2015, s. 48-50; Čihák, 2011, s. 371)

Mimické svaly (musculi faciei) můžeme rozdělit na mimické svaly skalpu a obličeje. Měkká pokrývka lebky kryjící kalvu se nazývá skalp. Je ze silné kůže s vlasovými folikuly, vlasy a mazovými žlázami. Pod ní je uložena galea aponeurotica (aponeuróza), která je s kůží spojena silnými kolagenními vlákny. K lebce je naopak připojena řídkým vazivem, které umožňuje její možnou posunlivost. Vepředu se na aponeurózu upíná m. frontalis, který je zodpovědný za vrásky. Naopak vzadu je m. occipitalis. Oba svaly jsou tenké, ploché a pohybují kůží hlavy. (Naňka a Elišková, 2015, s. 48-50)

Mimické svaly obličeje tvoří výraz tváře a je nejpočetnější skupinou svalů hlavy. Upínají se do kůže a začínají na kostech obličeje. Jejich zvláštností je to, že nemají fascii. Inervace je zajištěna z lícního nervu. Jednoduše řečeno jsou to dilatátory a sfinktery kolem obličejových otvorů. Kolem štěrbin oční je m. orbicularis oculi, který ji uzavírá, zapříčiňuje mrkání a zamračený výraz obličeje. M. corrugator supercilií posunuje kůži nad obočím a tvoří silnou

vrásku na kořeni nosu. U nosu a horní čelisti nalezneme m. procerus a m. nasalis, který zužuje nosní dírky. Kolem dutiny ústní je m. orbicularis oris, který ji uzavírá a tlačí rty k zubům nebo zajistí jejich špulení. Do koutku úst se upíná vícero drobných svalů - např. m. zygomaticus minor et major, m. levator nebo třeba m. risorius. Všechny zmíněné se podílejí na výrazu smutku nebo smíchu. Dolní ret stahují m. depressor anguli oris a m. depressor labii inferioris. Na bradě najdeme polokruhovitý m. mentalis, díky němuž vzniká rýha na bradě. Tváře tvoří m. buccinator, který má na starosti přitlačení tváří k zubům, posunutí potravy ke stoličkám nebo nafouknutí tváří (trubačský sval). (Naňka a Elišková, 2015, s. 48-50; Čihák, 2011, s. 371)

Žvýkácí svaly (mm. masticatorii) najdeme kolem čelistního kloubu, se kterým taktéž hýbají a zajišťují žvýkání. Jsou to svaly - m. masseter, m. temporalis, m. pterygoideus medialis et lateralis. Jsou inervovány třetí větví nervus trigeminus. (Naňka a Elišková, 2015, s. 48-50)

2.3.4. Svaly krku

Svaly krku dělíme do tří skupin - povrchové svaly, svaly vázané na jazylku a hluboké krční svaly a na jejich povrchu je fascie - fasciae colli. (Naňka a Elišková, 2015, s. 51; Čihák, 2011, s. 382)

Do svalů povrchových řadíme platysmu, což je jediný podkožní sval krku. Začíná v podkoží na ventrální straně hrudníku a končí v kůži obličeje. Druhý povrchový sval krku je musculus sternocleidomastoideus, který začíná od manubrium sterni a upíná se na processus mastoideus spánkové kosti. (Naňka a Elišková, 2015, s. 51)

Mezi svaly jazylky se řadí dvě skupiny svalů - suprahyoidní a infrahyoidní. Ve skupině suprahyoidních můžeme hledat svaly začínající na boční vnitřní straně mandibuly (mylohyoideus), na processus styloideus (stylohyoideus), na přední straně mandibuly (geniohyoideus) a na zadní straně processus mastoideus (digastricus). Mezi infrahyoidními jsou svaly, které počínají na jazylce a upínají se na sternum (sternohyoideus), na štítnou chrupavku (thyrohyoideus) a na incisura scapulae (omohyoideus). (Naňka a Elišková, 2015, s. 52)

Do hlubokých krčních svalů zařazujeme musculus scalenus anterior, medius et posterior, které začínají na transverzálních výběžích krčních obratlů a upínají se na první dvě žebra. Jako

další svaly nacházející se hluboko v krku jsou prevertebrální svaly. Mezi ně patří *musculus longus colli et capitis*, které probíhají po celé délce krční páteře. (Naňka a Elišková, 2015, s. 52)

2.3.5. Cévy hlavy a krku

Cévy zprostředkovávají výživu tkání nejen v oblasti hlavy a krku. Přivádí do nich okysličenou krev (tepny) a z nich odvádí odkysličenou (žíly) zpět do plic a takto stále dokola.

Z levé srdeční komory vystupuje aorta ascendens a přechází v arcus aortae (oblouk aorty). Z něho odstupuje několik větví - *truncus brachiocephalicus*, *arteria carotis communis sinistra* a *arteria subclavia sinistra*. *Truncus* se na úrovni *articulatio sternoclavicularis* dělí na *arteria carotis communis dextra* a *arteria subclavia dextra*. Obě karotidy se poté ve výši jazyčky a chrupavky štítné dělí na *a. carotis interna* a *externa*. *Externa* se pak dělí na jednotlivé malé tepny zásobující kromě oka a mozku horní část oblasti hlavy a krku - např. *arteria thyroidea superior*, *lingualis* nebo *facialis*. *Interna* přivádí krev do mozku a oka. Dělí se na *arteria cerebri anterior* a *cerebri media* a nakonec odstupuje do očníce jako *arteria ophthalmica*. Obě subclavie zásobují částečně krk, mozek, hrudník i horní končetiny. Během svého průběhu vydává několik hlavních větví - *arteriae vertebrales* pro krční páteř (a ve výsledku i mozek po jejich spojení v *arteria basilaris*); *arteria thoracica interna dextra et sinistra* pro thymus, sternum, perikard, bránici a mezižebří; *truncus thyrocervicalis*, která se dělí na menší tepny pro štítnou žlázu, pro boční oblast krku, svaly lopatky a svaly zad; a *truncus costocervicalis* pro šíjové svaly a první dvě mezižebří. (Naňka a Elišková, 2015, s. 105-109)

Do pravé srdeční síně nám vstupuje horní dutá žíla (společně s dolní dutou žilou) - *vena cava superior*, do které se mimo jiné vlévá silná vena *azygos*. Horní dutá žíla vzniká soutokem *vena brachiocephalica dextra et sinistra*, které sbírají primárně krev z oblasti hlavy, krku a horních končetin. Vlévá se do ní i *vena thyroidea inferior* a *vena vertebralis*. Obě vény (levá i pravá) vzniknou po soutoku *vena jugularis interna* a *vena subclavia* na obou stranách (*dextra et sinistra*). První zmíněná je pokračováním velkých lebečních žil - lební sinusy. Mezi ně zařazujeme *sinus sagitalis*, *sinus transversus*, *sinus sigmoideum* nebo *sinus cavernosus*., do které ústí hlavní žíly z očníce (*vena ophthalmica superior et inferior*). *Vena jugularis interna* také přijímá žíly z obličejové části - z tváře a jazyka, ze štítné žlázy, spánkové oblasti, týlní oblasti a ucha. Mezi ně patří např. *vena lingualis*, *facialis*, *maxillaris* nebo *plexus*

pterygoideus. Vena subclavia je vlastně pokračováním pažní žíly - vena axillaris - a ta vzniká soutokem venae brachiales. (Naňka a Elišková, 2015, s. 119-120)

2.3.6. Nervy hlavy a krku

Kůži hlavy a krku inervuje plexus cervicalis, který patří mezi míšní nervy (nn. spinales). Mezi ně můžeme zařadit např. n. occipitalis minor, n. auricularis magnus, n. transversus coli nebo nn. supraclaviculares. Hluboké krční svaly inervuje n. phrenicus dextra et sinistra. (Naňka a Elišková, 2015, s. 231-232; Hudák, 2013, s. 339-341)

Na hlavě také nalezneme 12 párů nervů, které nazýváme hlavové (nn. craniales). Odstupují z mozkového kmene kromě I. a II. nervu, a opouští lebku skrz basis cranii. Jejich výčet můžeme vidět v tabulce: (Naňka a Elišková, 2015, s. 231-232; Hudák, 2013, s. 339-341)

Hlavový nerv	Název	Inervace
I.	n. olfactorius	čichový nerv
II.	n. opticus	zrakový nerv
III.	n. oculomotorius	okohybný nerv (okohybné svaly)
IV.	n. trochlearis	kladkový nerv (m. obliquus bulbi sup. aj.)
V.	n. trigeminus	trojklaný nerv
V.a.	n. ophthalmicus	očnice, oční bulbus, nos
V.b.	n. maxillaris	oblast maxilly a nosu
V.c.	n. mandibularis	žvýkáci s., d. čelist, spán. kost
VI.	n. abducens	odtahovací nerv (m. rectus bulbi lateralis aj.)
VII.	n. facialis	lícní nerv (mimické svaly aj. svaly)
VIII.	n. vestibulocochlearis	sluchově rovnovážný nerv
IX.	n. glossopharyngeus	jazykohltanový nerv (svaly patra aj.)
X.	n. vagus	bloudivý nerv (hltan, hrtan, jazyk)
XI.	n. accessorius	přídavný nerv (sv. měk. patra, hrtanu aj.)
XII.	n. hypoglossus	podjazykový nerv (infrahyoidní svaly)

Tabulka 1 - Výčet hlavových nervů (Naňka a Elišková, 2015, s. 247-257)

2.3.7. Ostatní orgány v oblasti hlavy a krku

V rámci topografické anatomie hlavy a krku nalezneme v oblasti hlavy a krku orgány, které jsou součástí lymfatického systému - mandle a lymfatické uzliny. Mandle máme dvojce - párové a nepárové. Nepárové dělíme na nosní (*tonsilla pharyngealis*) a jazykové (*tonsilla lingualis*). Párové mandle máme v těle krční/patrové (*tonsilla palatina*) a trubicové (*tonsilla tubaria*). (Hudák, 2013, s. 322)

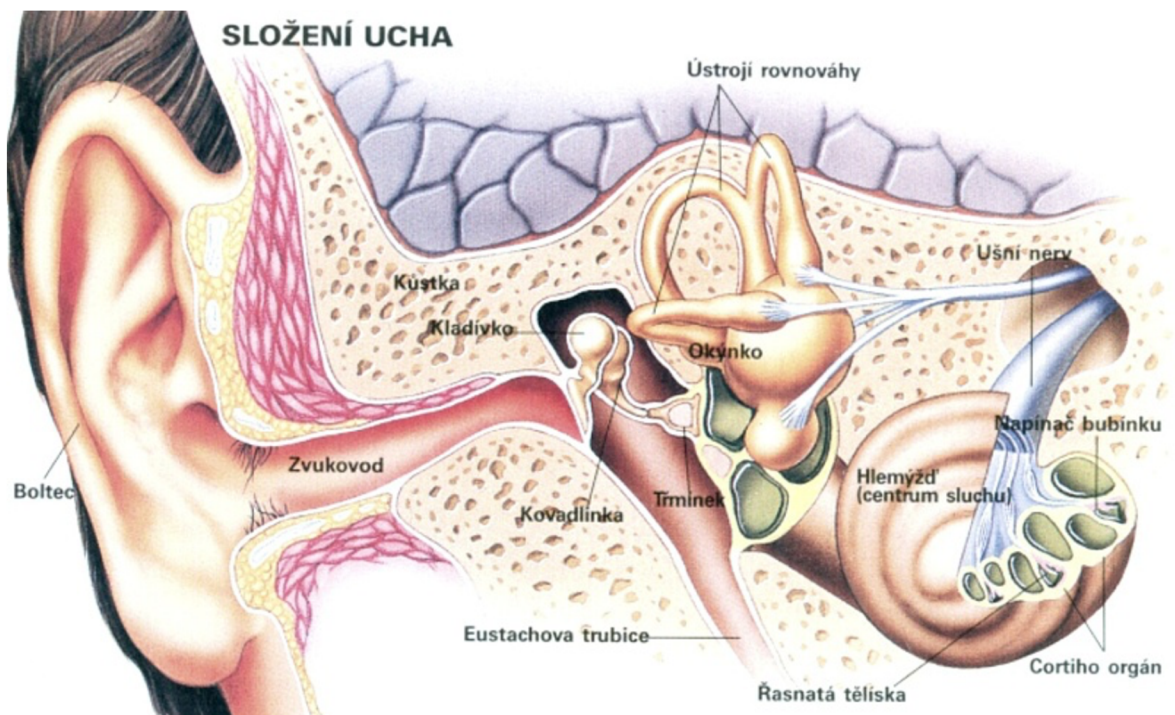
Jako další skupinou jsou lymfatické uzliny. Na hlavě jich moc nenajdeme, nanejvýš jen menší skupinky pár uzlin hlavně okolo ušních boltců a v záhlaví. Jsou jimi *noduli lymphoidei occipitales*, *mastoidei*, *parotidei* a *faciales*. Naopak na krku už jde o velké shluky uzlin na povrchu i v hloubce. Jsou to *noduli lymphoidei cervicales anteriores et laterales*, *cervicales profundi et superficiales*, *submentales*, *submandibulares*, *pretracheales*, *paratracheales* a *retropharyngei*. Nadále taky menší skupinky - *nodulus lymphoideus jugulodigastricus* a *juguloomohyoideus*. (Hudák, 2013, s. 324)

V oblasti hlavy a krku nacházíme hltan (*pharynx*) a hrtan (*larynx*), které navazují na dutinu ústní a nosní a pokračují dále do hrudníku a břicha jako jícen (*oesophagus*) a průdušnice (*trachea*). Hrtan se skládá z jednotlivých chrupavek, které tvoří jeho skelet. Hlavní a největší je chrupavka štítná (*cartilago thyroidea*) a na ní navazující v přední části štítná žláza. Je to endokrinní orgán tvarem připomínající motýla, který má 2 laloky. Na hrtanu máme epiglottis (příklopku hrtanovou) a také chrupavkou hlasivkovou (*cartilago arytaenoidea*), na které je připojený stejnojmenný orgán. (Hudák, 2013, s. 209-210)

Hltan je trubice kraniálně zakončená klenbou. V oblasti C6 z ní vychází jícen. Dělíme ho na nosohltan, ústní část hltanu a hrtanovou část. Ve stěně hltanu se také táhne lymfatická tkáň - výše zmíněné mandle (*tonsilla*). Pro posun potravy má hltan spoustu svalů - zejména svěrače a zdvihače hltanu. (Hudák, 2013, s. 182-183)

Dutina ústní (kromě jazyka, měkkého patra a zubů) obsahuje také malé slinné žlázy a kolem dutiny velké slinné žlázy (*glandulae salivariae*). Do velkých řadíme příušní žlázu (*glandula parotis*), podčelistní (*glandula submandibularis*) a podjazykovou (*glandula sublingualis*). Malé jsou rozeté po ústech - *glandulae labiales*, *buccales*, *molares*, *palatinae* nebo *linguales*. (Hudák, 2013, s. 180-181)

Poslední orgán, který tady ve stručnosti zmíním, je ucho. To se skládá ze zevního (auris externa), středního (auris media) a vnitřního ucha (auris interna). Je to smyslový orgán, který kombinuje sídla sluchu a rovnováhy. Má za úkol zachytit zvukový signál a dovést ho k bubínku. Tvoří ho boltec (auricula), zevní zvukovod (meatus acusticus externus) a bubínek (membrana tympani), který tvoří hranici mezi zevním a středním uchem. Střední ucho je vlastně prostor ve spánkové kosti, kde najdeme i 3 kůstky - kladívko, kovádlínku a třmínek. Vnitřní ucho se skládá ze 2 složek - kostěného a blanitého labyrintu. (Hudák, 2013, s. 505-507)



Obrázek 9 - Složení ucha (Otorhinolaryngologie, 2020)

2.4. MR VYŠETŘENÍ Z OBLASTI HLAVY A KRKU

V této kapitole budou popsána základní vyšetření magnetickou rezonancí, se kterými se dá v praxi setkat, když pacient přijde s žádankou z otorhinolaryngologie. Jedná se o vyšetření MR v oblasti hlavy a krku, která však nezahrnují MR mozku a krční páteře, které patří do oblasti neuroradiologie. MR hrtanu a zobrazování cholesteatomu bude popsáno podrobněji, neboť jsou tato vyšetření předmětem výzkumné části práce.

Při všech vyšetřeních bude pacient ležet na zádech hlavou do gantry. Každá studie začíná lokalizérem a kalibrací, poté následují plánovací sagitální skeny - T1 v.o. a T2 v.o. Sekvence se mohou lišit podle zvyklostí pracoviště.

2.4.1. MR hrtanu (krku)

Hlavní indikací pro toto vyšetření je rakovina (tumor) v oblasti laryngu a hypopharyngu. Preepiglotický a paraglotický prostor jsou kritické oblasti hrtanu, které musejí být pečlivě zhodnoceny, zda do nich primární nádor neprorůstá (v 90 % spinocelulární karcinom). Pacienta položíme na stůl a použijeme povrchovou cívku pro snímkování krku a krční páteře. Lasery centrujeme na vrchol chrupavky štítné. (Maffee a spol., 2005, s. 203-204; Tupý, 2017; Becker a spol., 2008)

Studii začínáme tak, jak bylo popsáno na začátku. Dále děláme axiální a semiaxiální SE T1 v.o. a TSE T2 v.o. paralelně s hlasivkami, případně i TSE T1 v.o. a to od báze lebni po vstup do hrudníku. Řezy jsou po 3-4 mm. Podá se GdKL a udělají se SE T1 v.o. v axiální a koronární rovině, kdy nejlépe můžeme hodnotit různé anatomické struktury, jako jsou právě preepiglotické a paraglotické prostory. Můžou se dodělat i sagitální snímky pro lepší identifikaci růstu tumoru do hloubky (buď místo koronárních snímků nebo navíc). Nakonec se mohou dodělat STIR sekvence v axiální rovině (T1 i T2 v.o.) pro potlačení tuku a lepšímu zobrazení tumoru a lézí v parafaryngeální tukové tkáni. (Maffee a spol., 2005, s. 203-204; Questions and answers in MRI, 2021; Becker a spol., 2008)

2.4.2. MR zobrazování cholesteatomu

Za normálních okolností je pacient při podezření na cholesteatom odeslán na otoskopii. Pro jeho odhalení se používá MR poměrně krátkou dobu, donedávna se používala hlavně při podezření na intrakraniální komplikace středoušních zánětů. (Cholesteatom, 2018; Valenta a spol., 2020; Bakaj a spol., 2016)

Když zkusíme klasické standardní sekvence T1 v.o. a T2 v.o., je zobrazování patologií středouší nespecifické. Tyto patologie, vč. cholesteatomu (neprokrvená cystická léze plná keratinu), mají variabilně nízký stupeň intenzity signálu na T1 v.o. a různě vysoký signál na T2 v.o. v závislosti na obsahu vody a proteinů. Této skutečnosti se využívá při zvolení vhodné sekvence pro jeho zobrazení pro rozlišení od jiných lézí. K jeho diagnostice se využívá difúzní zobrazování (diffusion-weighted imaging – DWI). (Zbrožková a spol., 2015; Bakaj a spol., 2016)

“Metoda je založena na detekci neuspořádaného pohybu molekul vody ve tkáních, vyvolaného působením silných gradientů magnetického pole. Tento difúzní pohyb je omezen u cholesteatomu. (Bakaj a spol., 2016)

Jelikož na DWI se cholesteatomu velice podobá i intrakraniální epidermoidní cysta, je lepší využít konvenční echo-planární (EPI) DWI nebo novější non-echo-planární (non-EPI) DWI techniku. DWI jsou sekvence využívající princip gradientního echa, ale mají jednu nevýhodu - na rozhraní vzduch/kost vznikají artefakty a nižší rozlišovací schopnost u lézí menší než 5 mm. (Zbrožková a spol., 2015; Bakaj a spol., 2016)

Non-EPI DWI pracují na principu spinového echa. Díky redukované šířce vrstvy a minimalizaci artefaktů mají mnohem lepší rozlišovací schopnost a umožňují zobrazení menších lézí. Je to vhodná metoda k detekci primárního i recidivujícího nálezu u dětí i dospělých. Největší přínos má právě u recidiv. (Zbrožková a spol., 2015; Bakaj a spol., 2016)

2.4.3. MR spánkové kosti

Ve spánkové kosti nalezneme statoakustické ústrojí, zejména vnější, střední a vnitřní ucho. První a druhé zmíněné jsou nejlépe zobrazeny pomocí CT. Vnitřní ucho (a někdy i střední ucho) pak pomocí MR. Indikuje se kvůli zánětům, poruchám rovnováhy či ztrátě sluchu. (Maffee a spol., 2005, s. 174)

Pacienta položíme a hlavu fixujeme hlavovou povrchovou cívkou. Axiální snímky centrujeme na horní vrchol vnějšího zvukovodu. Před započítím vyšetření si pacient musí vytáhnout naslouchátko, bohužel většina kochleárních implantátů je nekompatibilní s MR. Toto vyšetření se může provést v rámci vyšetření mozku (Maffee a spol., 2005, s. 174-175)

Uděláme axiální T2 v.o. od báze lebni po vertex. Pro odhalení hyperintenzivních lézí (granulom, lipou) nebo krve se používá axiální T1 v.o. S pomocí GdKL můžeme udělat vysoce senzitivní T1 v.o. pro odhalení patologií v labyrintu. Uděláme je v axiálním směru po 2-3 mm řezech před i po kontrastu. Dále můžeme udělat STIR sekvenci abychom potlačili tuk a lépe zobrazili patologie. TSE T2 v.o. sekvencí zobrazíme velmi malé struktury - nervy nebo tekutinu v labyrintu. Pro detekci vaskulárních a neurovaskulárních malformací děláme 1 mm řezy (high-resolution skeny). (Maffee a spol., 2005, s. 176-179; Doucek Abboudová, 2015)

2.4.4. MR vedlejších dutin nosních

V případě VDN je primárně indikováno CT kvůli zobrazení struktury kostí. MR se používá při komplikacích spojených se záněty a suspektními tumory v této oblasti vedlejších dutin nosních. Používáme při vyšetření opět hlavovou cívku. (Heřman, 2014, s. 219; Maffee a spol., 2005, s. 185)

Začíná se koronárními skeny SE T1 v.o. a TSE T2 v.o. Pomáhají nám odlišit od sebe měkkotkáňové struktury a tekutinou, co zde nemá co dělat. SE T1 v.o. v axiální a koronární rovině s vysokým rozlišením, případně obohacený o GdKL, zobrazuje měkkotkáňové struktury (sliznice, polypy), u které potřebujeme odlišit tumorózní tkáň od té normální. (Maffee a spol., 2005, s. 185)

2.4.5. MR temporomandibulárního kloub

Klinicky je dost obtížné rozeznat vnitřní poruchu temporomandibulárního kloubu od myofasciálního bolestivého syndromu. K tomu nám může dopomocť MR, která tento kloub dokáže detailně vizualizovat a ukázat jeho morfologii nebo případné abnormality. Používá se plochá povrchová cívka, kterou naaranžujeme symetricky po obou stranách hlavy v oblasti kloubů. Pacient při vyšetření nesmí žvýkat ani jinak pohybovat čelistí. (Maffee a spol., 2005, s. 204)

Standardně se temporomandibulární kloub snímkuje v sagitální a koronární rovině, oba klouby najednou a při zavřených i otevřených ústech. Základní vyšetření používané pro prvotní screening je sagitální a koronární SE T1 v.o. Směr sklonu kopíruje sklon ramene mandibuly. Další je TSE T2 v.o., který nám může ukázat výsevy a zánětlivé změny v kloubu. Může být aplikován i klasický T2 v.o., ale je náchylný na artefakty. (Maffee a spol., 2005, s. 205)

2.4.6. MR orbity a oka

U snímkování orbity dominuje hlavně CT vyšetření. K MR se uchyluje ve chvíli, kdy potřebujeme něco zjistit o měkkých tkáních, ne o kostech. S pomocí tohoto vyšetření nemusíme odhalit jenom léze v orbitě, ale i v intrakraniální oblasti. Používáme opět hlavovou cívku a pacient si musí sundat brýle, piercing a náušnice z této oblasti. Zároveň by měl personál upozornit na cizí těleso v oku. (Maffee a spol., 2005, s. 180)

Aby se předešlo pohybovým artefaktům, kvůli pohybu očí, měly by sekvence a skenování čas trvat co nejkratší možnou dobu. To uděláme zkrácením TR. Kombinací řezů po 3-5 mm a malého FOV jsme je schopni eliminovat. SE sekvence T1 v.o. s vysokým rozlišením v semiaxiálním nebo koronárním řezu jsou skeny vhodné pro zobrazení optického nervu a obou orbit. Dalšími dvěma sekvencemi jsou STIR a TSE T2 v.o., které nám mohou říct více o nalezených patologiích. SE T1 v.o. můžeme obohatit o GdKL a společně s potlačením tuku můžeme odhalit lépe tumory a podobné léze, krvácení, změny citlivosti, klasifikace apod. (Maffee a spol., 2005, s. 183)

2.4.7. MR báze lební

Jednodušší zobrazení báze lební a jejich struktur je při CT. K MR se přistupuje v případě, že potřebujeme lepší kontrast mezi kostěnými strukturami a patologiemi a když chceme zobrazit např. probíhající nervy. Hlavní indikací pro toto vyšetření je potvrzení nebo zjištění rozsahu/rozšíření tumoru v bázi. Opět se používá hlavová cívka a centrujeme do jejího středu. (Maffee a spol., 2005, s. 193)

Pomocí SE T1 v.o. s vysokým rozlišením nejlépe zobrazíme kortikální kost, měkké tkáně či nervy. Pomocí axiálních T2 v.o. můžeme v oblasti středu lební báze (která je bohatě onervena a nachází se zde i cerebrospinální tekutina) nejlépe zobrazit nervy a tumory, které jsou na obrázku oproti okolí hypointenzní. Pro zobrazení cév v tyto oblasti využíváme MR angiografii, kdy se odliší intenzitou signálu cévy (hyperintenzní) od nervů. Na screening a charakteristiku lézí využijeme axiální TSE T2 v.o. Někdy můžeme doplnit i sekvence pro potlačení tuku. (Maffee a spol., 2005, s. 193)

2.4.8. MR ústní dutiny a oropharyngu

Při zobrazování ústní dutiny se spíše využívá CT, MR vyjimečně pro dokreslení obrazu rozsahu tumoru a zasažení lymfatických uzlin. U tohoto vyšetření použijeme krční

povrchovou cívkou kvůli oropharyngu. Pacient nesmí polykat, mluvit ani jakkoliv hýbat ústy či jazykem v průběhu skenování, aby nevznikaly artefakty. Měl by dýchat pokud možno nosem. Dělají se spíše axiální a koronární snímky. (Maffee a spol., 2005, s. 200)

První pro zmapování oblasti zájmu uděláme axiální TSE T2 v.o., které jsou velice senzitivní v detekci nežádoucích lézí apod. Následuje axiální SE T1 v.o. s vysokým rozlišením pro včasnou detekci zasažení kostí. Můžeme doplnit sekvencí potlačující tuk. (Maffee a spol., 2005, s. 200)

2.4.9. MR nasopharyngu a slinných žláz

Nasopharyng je anatomická oblast, kterou je velice těžké kvalitně klinicky zobrazit. MR má možnost dostatečně kontrastně zobrazit detaily měkkotkáňových struktur a patologií. Používá se standardní hlavová cívka. Pacient nesmí mluvit, mrkat, polykat ani dělat grimasy, aby nevznikaly pohybové artefakty. (Maffee a spol., 2005, s. 196)

MR sialografie slouží k zobrazení slinných žláz bez použití ionizujícího záření a bez klasických KL. Toto vyšetření však nemá dostatečnou senzitivitu pro detekci nežádoucích konkrémentů ve vývodech. (Heřman, 2014, s. 219)

Většina projekcí v tomto případě bude v tranzverzálním směru. Po klasickém začátku následuje TSE T2 v.o. a SE T1 v.o. s vysokým rozlišením, kdy můžeme zobrazit kontrastně různé léze, záněty či cysty. Následuje koronární SE T1 v.o. a zakončíme sekvencí STIR v axiálním směru. (Maffee a spol., 2005, s. 197)

2.5. VYBRANÉ PATOLOGIE HLAVY A KRKU

Tato práce ve výzkumné části porovnává dvě vyšetření magnetickou rezonancí (MR krku - laryngu a MR spánkové kosti - ucha) se dvěma klinickými vyšetřeními v ORL. Proto se v této kapitole zaměřím na patologie ucha (zejména cholesteatomu) a nádorů hrtanu.

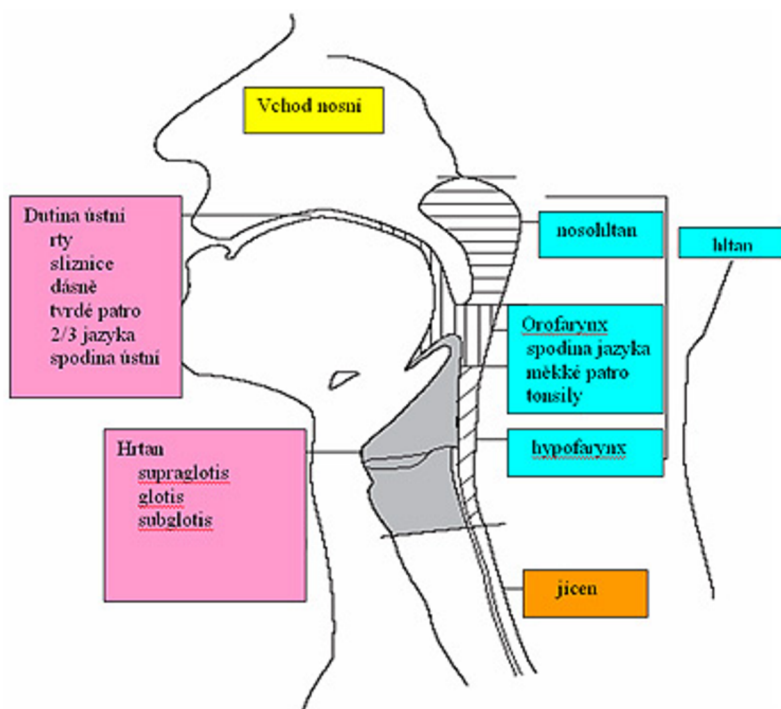
2.5.1. Nádorové onemocnění laryngu

Nádory ORL tvoří cca 6 % ze všech nově diagnostikovaných malignit. Jejich incidence v posledních letech stoupá, což má za příčinu spíše stále častěji se objevující novotvary orofaryngu a hypofaryngu, kdežto výskyt novotvarů laryngu je spíše ustálen. Hlavními etiologickými faktory nádorů laryngu (a celkově v oblasti zaměření ORL) je kouření nebo jakákoliv forma užívání tabáku, pití alkoholu a v poslední době i infekce papilomavirem (HPV virus). Ukázkovým pacientem, který tímto onemocní, je muž starší 50 let, silný kuřák a alkoholik, který často tráví svůj čas v uzavřeném zakouřených prostorech, stravující se nezdravě a s nízkou hygienou dutiny ústní. (Tomášek, 2015, s. 164-165; Šlampa a Petera, 2017, s. 102-104; Tupý, 2017)

Nebezpečností těchto nádorů je, že i přes jejich dobrou vyšetřitelnost bývají dlouho nenalezené. Proto jakýkoliv dlouhodoběji se nehojící defekt by měl být prověřen, zdali ho netvoří nádorové bujení. U karcinomu laryngu by se mělo dávat pozor na jakýkoliv kašel či chrapot trvající déle než měsíc, zvláště u kuřáka a alkoholiků. Nádory v pokročilém stádiu se již mohou projevat dysfagií, odynofagií, dysfonií, krví ve slinách a následnými bolestmi v krku, nebo i např. obstrukcí dýchacích cest. Častý symptom, který poukazuje na to, že není něco v pořádku, bývá nebolestivá zvětšující se rezistence nahmataná na krku pacienta, která ho dovede k návštěvě lékaře. (Tomášek, 2015, s. 165; Šlampa a Petera, 2017, s. 102-104)

Pokud má lékař podezření na maligní proces v hrtanu, ať už kvůli příznakům nebo zvětšeným krčním lymfatickým uzlinám, je pacient odeslán na ORL vyšetření. Laryng má 3 lokality, které rozlišujeme - supraglotickou oblast, subglotickou oblast a oblast hlasivek. Ty se dají vyšetřit endoskopicky v celkové anestezii a zároveň u toho odebrat vzorek pro histologii. Povrchově uložené karcinomy můžeme vyšetřit UZ a pomocí CT nebo MR dokážeme zjistit rozsah postižení a jejich vztah k okolním strukturám. Ve výjimečných případech a při nejjasnostech se dá použít PET, PET/CT nebo PET/MRI. Pro vyloučení vzdálené diseminace

se indikuje RTG plic či UZ jater, další laboratoře či stomatologické vyšetření. (Tomášek, 2015, s. 164-171; Šlampa a Petera, 2017, s. 102-104; Ferda, 2017; Heřman, 2014, s. 222)



Obrázek 10 - Schéma umístění hrtanu a jeho částí (O nádorech hlavy a krku, 2021)

Z hlediska histologie je většina nádorů v ORL z povrchového epitelu (spinocelulární karcinom). Charakteristický rys karcinomů (jakožto nejčastější nádor laryngu) je jejich invazivní až destruktivní růst a metastázování do uzlin. Podle rozlohy nádoru a jeho případné invazi do okolí se v léčbě přistupuje k chirurgickému odstranění, radioterapii, chemoterapii, biologické léčbě nebo ke kombinaci všech metod. Proto má léčba multidisciplinární charakter a vyžaduje kooperaci řady specialistů. (Tomášek, 2015, s. 164-171; Šlampa a Petera, 2017, s. 102-104)

TNM systém klasifikace nádorů slouží k jednoduchému popisu nádoru a určení stádia onemocnění. Každá lokalizace má vlastní systém popisu, tedy různé nádory se popisují pomocí TNM různě. Podle něho se přistupuje k určitým druhům léčby. T popisuje primární nádor, N zásah do regionálních mízních uzlin a M přítomnost metastáz. TX znamená, že primární nádor nelze hodnotit, při T0 nejsou známky primárního nádoru nalezeny a u Tis je karcinom in situ. U lymfatických uzlin NX znamená, že regionální mízní uzliny nelze hodnotit a u N0 jsou uzliny bez metastáz (nejsou jimi napadeny). U metastáz je hodnocení

stejně - MX znamená, že vzdálené metastázy nelze hodnotit, M0 jsou nádory bez vzdálených metastáz (nejsou vytvořeny) a M1 je opak M0 - metastázy jsou vytvořeny. V některých případech se můžeme setkat označením nádoru pomocí písmene G1-G4, což popisuje jeho histopatologický stupeň (grade). Níže sepsané typy nádorů a uzlin označujeme jako klinickou klasifikaci (c)TNM - určují se na základě klinického vyšetření. Existuje i patologická klasifikace (pT pN pM), kterou určuje patolog na základě vyšetření samotného nádoru a okolních tkání odebraných při operaci či pitvě. (Sobin a spol., 2011, s. 42-46)

TNM klasifikace pro nádory hrtanu je uvedena na obrázku (vztahuje se na karcinomy). (Sobin a spol., 2011, s. 42-46)

Hrtan	
	Supraglottis
T1	jedna sublokalizace, normální pohyblivost
T2	postižení sliznice více než jedné přilehlé sublokalizace supraglottis nebo glottis nebo přilehlé oblasti mimo supraglottis; bez fixace
T3	fixace hlasivek nebo postižení postkrikoidní oblasti, preepiglottických tkání, paraglottického prostoru, eroze chrupavky štítné
T4a	skrze chrupavku štítnou; trachea, měkké tkáně krku; hluboké /
T4b	extraglossální svaly jazyka, páskové svaly, štítná žláza, jícen prevertebrální prostor, struktury mediastina, a. carotis
	Glottis
T1	omezen na hlasivku(y), normální pohyblivost a) jedna hlasivka b) obě hlasivky
T2	supraglottis, subglottis, narušena pohyblivost hlasivky
T3	fixace vazů, paraglottický prostor, eroze chrupavky štítné
T4a	skrze chrupavku štítnou; trachea, měkké tkáně krku; hluboké /
T4b	extraglossální svaly jazyka, páskové svaly, štítná žláza, jícen prevertebrální prostor, struktury mediastina, a. carotis
	Subglottis
T1	omezen na subglottis
T2	šíří se na hlasivku(y) s normální / narušenou pohyblivostí
T3	fixace hlasivky
T4a	skrze chrupavku štítnou či prstencovou; trachea, hluboké /
T4b	extraglossální svaly jazyka, páskové svaly, štítná žláza, jícen prevertebrální prostor, struktury mediastina, a. carotis
	Všechny lokalizace
N1	stejnostranná jediná ≤ 3 cm
N2	a) stejnostranná jediná > 3 a ≤ 6 cm b) stejnostranné vícečetné ≤ 6 cm c) oboustranné, druhostranné ≤ 6 cm
N3	> 6 cm

Obrázek 11 - TNM klasifikace nádoru hrtanu (Sobin a spol., 2011, s. 42-46)

2.5.2. Patologie zevního, středního a vnitřního ucha

Jedním z patologických stavů ucha jsou vývojové anomálie. Objevují se u jednoho jedince z 20000 porodů. Jedná se o píštěle, poruchy tvaru a velikosti, různé druhy aplazie - hypoplazie, dysplazie, aplazie, atrézie zvukovodu, různé druhy srůstů a fixací, asymetrie, zúžení a rozšíření zvukovodu apod. druhy deformací. (Charvát a Markalous, 2006, s. 470)

Existuje mnoho druhů zánětů zvukovodu - obecně nazýváno otitis. Nekrotizující externí otitida je pseudomonádová infekce, která nejčastěji vzniká u diabetiků a imunodeficitních pacientů. Vyznačuje se otalgii, výtokem z ucha, obrnou některých hlavových nervů (hlavně VII.), nedoslýchavostí, trombózou mozkových splavů nebo abscesem. Dále jsou záněty středního ucha, které můžeme dělit na hnisavé a nehnisavé. Ty se následně dělí na akutní a chronické. Další se endocelulitida, kde se jedná o zánětlivé prosáknutí sliznice celého pneumatického systému, které se objevuje zároveň se záněty středního ucha. Mastoiditida je hnisavý zánět sliznice a kosti processus mastoideus. Může dojít k dekalifikaci a rozpadu kosti. Dělíme ji na akutní, subakutní, latentní, maskovaná a recidivující. (Charvát a Markalous, 2006, s. 472-473; Heřman, 2014, s. 224-225)

Persistující recidivující infekce ve středouší je chronický zánět středouší. Projevuje se výtokem, perforací bubínku, cefaleou a nedoslýchavostí. V těchto místech se objevuje také cholesteatom. Je produkován bazální epiteliální vrstvou epidermis. Objevuje se u 1/4 chronických otitid. Ve většině případů je získaný, výjimečně vrozený. Jsou 4 druhy podle možnosti vzniku - sekundární, genuinní, kongenitální a epidurální. (Charvát a Markalous, 2006, s. 477; Heřman, 2014, s. 224-225)

V těchto místech se může také vytvořit cholesterolový cystický granulom nebo může dojít i k resorpci středoušních kůstek. Dochází zde v některých případech k otogenním zánětlivým komplikacím. Dělíme je na endotemporální, extrakraniální, intrakraniální a celkové komplikace. Patří k nim různé druhy zánětu a infekcí, obrny nervů, abscesy nebo sepse apod. (Charvát a Markalous, 2006, s. 478-482)

K patologiím lze počítat i vnějšími vlivy vzniklé úrazy všeho druhu v této oblasti. Od zlomenin, přes obrny až po komoce. Můžeme je rozdělit na přímé a nepřímé. Ve výjimečných případech sem můžeme zařadit i nemoci kostí - např. eroze, otoskleróza, léze, osifikace labyrintu apod. (Charvát a Markalous, 2006, s. 486-492)

Jako poslední patologií jsou nádory a jim podobné léze. Tumory těchto míst se objevují velmi zřídka. Může být maligní i benigní. Mezi benigními jsou to hemangiomy, adenomy, névusy, chemodektomy, meningeomy, lipomy, neuriomy nebo dermoidní cysta či neurofibromatóza. Z maligních jsou to hlavně karcinomy, sarkomy a lymfomy. (Charvát a Markalous, 2006, s. 485)

2.5.3. Cholesteatom

Tady se ještě zaměřím více na samotný cholesteatom, neboť je na něj zaměřená výzkumná část práce. Cholesteatom je onemocnění části středního ucha, které může skončit narušením sluchu a dalšími obtížemi. Je to nepravý nádor. Obsahuje tukové buňky, cholesterol a řadu okolních poškozujících enzymů. Může k němu dojít při opakovaných zánětech středního ucha, prasknutí bubínku apod. Projevuje se zhoršením sluchu až ohluchnutím, výtokem, bolestivostí a někdy narušením rovnováhy či motáním hlavy. Pokud ho dostatečně včas neléčíme, může zničit miniaturní ušní kůstky - kladívko, kovádlíku a třmínek a hluchota může být trvalá. Jeho nepříjemnou komplikací může být následně vytvořená ideální půda pro infekce středního ucha, a v horším případě až rozvinutí meningitidy. (Cholesteatom, 2018; Valenta a spol., 2020; Homoláč a spol., 2021)

Při podezření na tento problém je pacient odeslán na příslušné oddělení ORL a otoskopii. MR se v tomto případě používá hlavně k posouzení nitrolebních komplikací. Léčba je chirurgická, ale i přes odstranění může cholesteatom recidivovat. (Charvát a Markalous, 2006, s. 477; Valenta a spol., 2020; Bakaj a spol., 2016)

3. VÝZKUMNÁ ČÁST

Výzkumná část mé diplomové práce se zaměřuje na 2 vyšetření MR v oblasti hlavy a krku - MR hrtanu a MR zobrazování cholesteatomu, které jsou popsány výše v teoretické části (viz. kapitola 2.4.). Ty jsou porovnávány s klinickými vyšetřeními.

3.1. CÍL VÝZKUMU

Cílem výzkumné části mé diplomové práce bude:

- a) analýza dostupné literatury
- b) srovnání vybraných metod vyšetření
- c) vyhodnocení mnou získaných dat a výsledků
- d) zjištění přínosu MR oproti klinickému vyšetření

3.2. CHARAKTERISTIKA SOUBORU

Soubor subjektů se skládá z pacientů Kliniky otorinolaryngologie a chirurgie hlavy a krku Fakultní nemocnice Olomouc. Jsou vybíráni podle stanovených kritérií - správný protokol (cholesteatom, měkké tkáně - krk); období, kdy byli pacienti na vyšetření (mezi lety 2016 - 2020); věk (20 - 70 let); pohlaví (obě) a pozitivita hledaného nálezu (nádor a cholesteatom).

V letech 2016 - 2020 bylo oddělením Klinikou ORL indikováno 36 vyšetření pro podezření na nádor hrtanu a 89 vyšetření pro podezření na výskyt cholesteatomu. Z těchto čísel bylo 14 pozitivních nálezů na hrtanu (38,89 %) a 34 pozitivních nálezů cholesteatomu (37,78 %).

Rok	Absolutní četnost nálezů			Relativní četnost nálezů [%]		
	Pozitivní	Negativní	Celkem	Pozitivní	Negativní	Celkem
2016	4	6	10	11,11	16,67	27,78
2017	5	2	7	13,88	5,56	19,44
2018	3	3	6	8,335	8,335	16,67
2019	2	4	6	5,56	11,11	16,67
2020	0	7	7	0,00	19,44	19,44
Celkem	14	22	36	38,89	61,11	100,00

Tabulka 2 - Počet pozitivních a negativních nálezů u nádoru hrtanu (autor)

Jako pozitivní nález bereme, že je pozitivní buď při klinickém vyšetření nebo na MR nebo u obou vyšetřovacích variant.

Rok	Absolutní četnost nálezů			Relativní četnost nálezů [%]		
	Pozitivní	Negativní	Celkem	Pozitivní	Negativní	Celkem
2016	4	8	12	4,44	8,89	13,33
2017	8	9	17	8,89	10,00	18,89
2018	8	12	20	8,89	13,33	22,22
2019	8	10	18	8,89	11,11	20,00
2020	6	17	23	6,67	18,89	25,56
Celkem	34	56	90	37,78	62,22	100,00

Tabulka 3 - Počet pozitivních a negativních nálezů u cholesteatomu (autor)

3.3. METODIKA VÝZKUMU

V mé diplomové práci využiji možností kvantitativního výzkumu a retrospektivní analýzy. Výzkum byl zahájen se souhlasem vedení Kliniky ORL a Radiologické kliniky (v příloze, souhlas získán 8.9.2020), vč. povolení přístupu do PACSu kvůli datům.

Sběr dat bude probíhat procházením daných vyšetření v PACSu a vyhledáváním vhodných subjektů podle výše uvedených kritérií a podle kterých se budou dělit do 2 zmíněných skupin. Data budou důkladně anonymizována (bude zachováno pouze pohlaví a rok narození, ostatní informace porušující GDPR budou vymazána) a uchována jen pro potřeby výzkumu v zaheslované složce, po vyhodnocení budou řádně zničena, takže k datům se nedostane během a po výzkumu nikdo neoprávněný.

Jelikož jde o retrospektivní analýzu (zpětné získávání dat pacientů z nemocniční dokumentace), nehrozí účastníkům výzkumného šetření žádné riziko či zátěž, kromě těch, kterými si již prošli při samotném vyšetření v minulosti.

Výzkum bude realizován za respektování osobní svobody a GDPR a po odevzdání a obhajobě DP budou data zničena. Bude respektována rasová i etnická rozdílnost, rozdílnost pohlaví i věku. Bude dodržen Etický kodex akademických a odborných pracovníků UP.

3.4. FORMULACE PROBLÉMU

Jsou vybrány 2 skupiny pacientů - s nádorem hrtanu a cholesteatomem. V každé skupině bude cca 10 - 35 pacientů s pozitivním nálezem. Není jich mnoho, jelikož se vyšetření a tato onemocnění nevyskytují úplně často, zvláště nádory hrtanu. Záměrem této práce je porovnat:

1. nálezy z MR hrtanu s klinickým vyšetřením (TNM)
2. nález cholesteatomu na MR (DWI MR skalní kosti) s klinickým vyšetřením

3.5. VÝZKUMNÉ OTÁZKY A HYPOTÉZY

1) Je MR hrtanu efektivnější metodou než klinické vyšetření pro výslednou diagnostiku rozsahu nádoru hrtanu?

Hypotéza 1: MR hrtanu je efektivnější metodou pro diagnostiku rozsahu nádoru hrtanu než klinické vyšetření.

2) Je pro diagnostiku recidivujícího cholesteatomu vhodnější DWI MR skalní kosti (pyramidy) než klinické vyšetření?

Hypotéza 2: Pro diagnostiku rozsahu recidivujícího cholesteatomu je vhodnější DWI MR skalní kosti (pyramidy) než klinické vyšetření.

3) Je věk a pohlaví rozhodujícím faktorem pro výskyt nádoru hrtanu a cholesteatomu?

Hypotéza 3: Nádor hrtanu se vyskytuje hlavně u mužů starších 60 let.

Hypotéza 4: Cholesteatom se vyskytuje hlavně u žen mladších 39 let.

3.6. REALIZACE VÝZKUMU A METODY SBĚRU DAT

Výzkum byl proveden ve Fakultní nemocnici Olomouc (FNOL) na Klinice otorhinolaryngologie a chirurgie hlavy a krku a na Radiologické klinice. Je to jedna z 9 fakultních nemocnic v ČR, které jsou přímo řízené Ministerstvem zdravotnictví. Je největším zdravotnickým zařízením v Olomouckém kraji a 6. největší nemocnicí v České republice. Tvoří ji 68 pracovišť, které čítají dohromady přes 4200 zaměstnanců (údaje z webových stránek nemocnice z roku 2019).

Výzkum byl realizován jako retrospektivní analýza. Data potřebná pro výzkum byla získána zpětně pomocí prohledávání systému PACS Fakultní nemocnice. Byli hledáni pacienti z určitého období s nádorem hrtanu a cholesteatomem podle stanovených kritérií - správný protokol na MR (cholesteatom, měkké tkáně, krk apod.); období, kdy byli pacienti na vyšetření (procházení záznamů pacientů s podobnými vyšetřeními z let 2016 - 2020); věk (20 - 70 let) a pozitivita daného nálezu na MR.

Hledali jsme vyšetření MR z pracoviště ORL a daný protokol. Ve většině případů byly subjekty z příjmové ambulance ORL nebo onkologické poradny ORL a byli vyšetřeni pomocí protokolu, který je v PACSu pod interní zkratkou Neuroradiologie_krk/mozek nebo MR_krk/mozek.

Data budou rozdělena do tabulek a následně graficky a statisticky zpracována. Nakonec budou zodpovězeny výzkumné otázky a hypotézy.

3.7. METODY ZPRACOVÁNÍ DAT

Pro diagnostiku recidivujícího cholesteatomu s pomocí MR bylo vybráno 34 pacientů, pro diagnostiku nádoru hrtanu 14 pacientů z FNOL. Subjektů pro výzkum je méně z důvodu malého počtu vyšetření s pozitivním nálezem. Většina vyšetření a výsledných nálezů dopadne negativně, takže jsou z výzkumu odstraněna okamžitě.

Data byla statisticky zpracována za pomoci popisné (deskriptivní) statistiky (četnosti apod.) a testování statistických hypotéz - v našem případě pomocí neparametrického testu (test nezávislosti χ^2 a znaménkový test), jelikož výsledný výběr je malý a teoretické rozložení v populaci je neznámé.

4. VÝSLEDKY VÝZKUMU

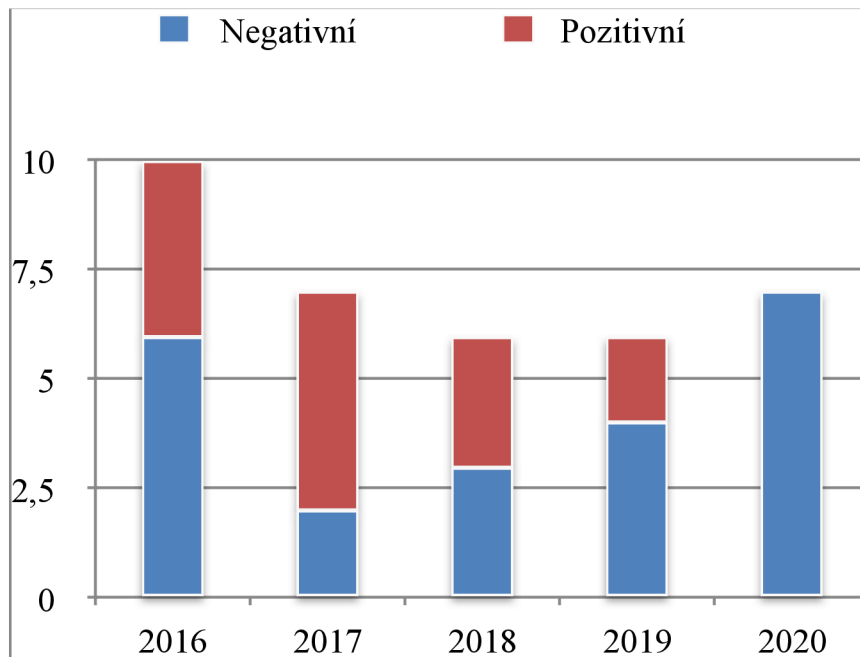
Výzkumná část se zaměřovala na porovnání klinického vyšetření a MR u nádoru hrtanu a cholesteatomu a jejich přínosu na efektivním určení rozsahu nálezů a diagnózy. MR bylo provedeno na přístrojích Magnetom SYMPHONY a Magnetom AVANTO Siemens, které mají oba sílu 1,5 T s použitím hlavové a krční cívky. Byla použita data od 14 (nádor hrtanu) a 34 pacientů (cholesteatom) s pozitivním nálezem.

V tabulce je vidět celkový počet vyšetření na MR, které indikovala Klinika ORL. Od roku 2016 do roku 2020 to bylo 804 vyšetření, převážně v oblasti hlavy (86,07 %). Do toho se zahrnuje MR mozku (nejvíce), očí, obličejového skeletu, cholesteatomu, slinných žláz, pyramid, angiografie v této oblasti apod. Mezi vyšetření v oblasti krku je zahrnuto MR krční páteře, měkkých částí krku, laryngu apod. Do ostatních jsou zahrnuty MR vyšetření muskuloskeletárního systému (např. koleno), jiné části páteře než krční apod.

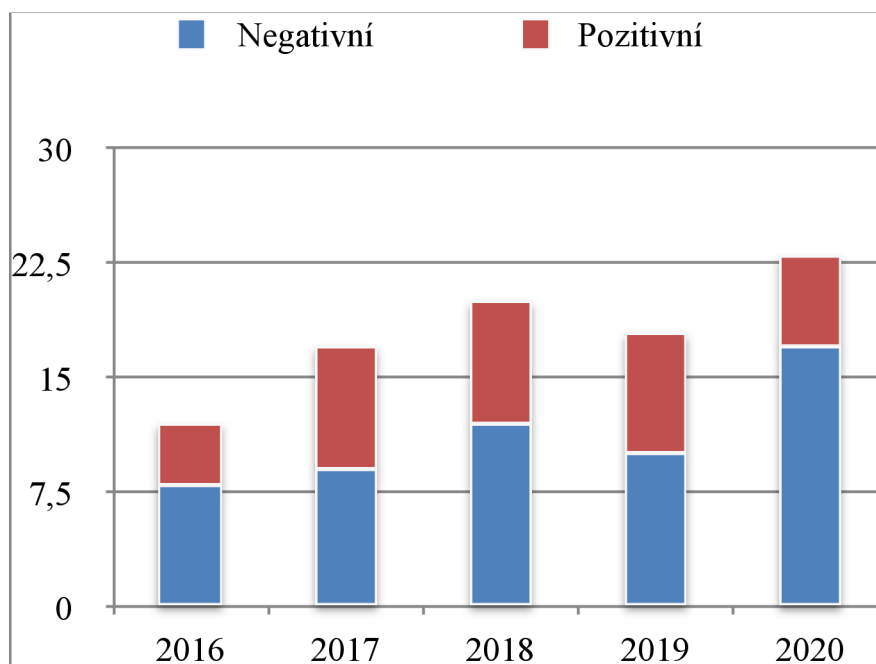
Rok	Absolutní četnost				Relativní četnost [%]			
	Hlava	Krk	Ostatní	Celkem	Hlava	Krk	Ostatní	Celkem
2016	126	17	4	147	15,67	2,11	0,50	18,28
2017	159	21	7	187	19,78	2,61	0,87	23,26
2018	117	9	3	129	14,55	1,12	0,37	16,04
2019	140	20	5	165	17,41	2,49	0,62	20,52
2020	150	24	2	176	18,66	2,99	0,25	21,90
Celkem	692	91	21	804	86,07	11,32	2,61	100,00

Tabulka 4 - Celkový počet vyšetření MR indikované ORL FNOL (autor)

V grafech níže je vidět rozložení pozitivity a negativity v jednotlivých letech.



Graf 1 - Pozitivita nálezů u nádoru hrtanu (autor)



Graf 2 - Pozitivita nálezů u cholesteatomu (autor)

4.1. HYPOTÉZA 1

Stanovili jsme si výzkumnou otázku: Je MR hrtanu efektivnější metodou než klinické vyšetření pro výslednou diagnostiku rozsahu nádoru hrtanu?

Hypotéza 1: MR hrtanu je efektivnější metodou pro diagnostiku rozsahu nádoru hrtanu než klinické vyšetření.

Data jsou shrnuta v tabulce:

Číslo pacienta	Rok narození	Rok vyšetření	Klinické vyšetření (T)	MR vyšetření (T)	Změna
1	1952	2016	T2	T3	+
2	1963	2016	Neznámý	P	0
3	1994	2016	Neznámý	P	0
4	1961	2016	T1	T4	+
5	1958	2017	T2b	T2	-
6	1994	2017	Neznámý	P	0
7	1960	2017	T1b	T2	+
8	1951	2017	T2	T2	0
9	1968	2017	T1b	T3	+
10	1994	2018	Neznámý	P	0
11	1975	2018	Neznámý	P	0
12	1960	2018	T2	T3	+
13	1958	2019	T2	T2	0
14	1953	2019	T3	T3	0

Tabulka 5 - Data pozitivních nálezů pro nádor hrtanu (autor)

Pro potvrzení či vyvrácení hypotézy využijeme znaménkový test. + je horší stádium (změna na vyšší stádium), - je lepší stádium (změna na nižší) a u 0 se výsledek na MR nezměnil oproti klinickému vyšetření. Určili jsme nulovou hypotézu H_0 :

H_0 : Nález na MR se neliší od nálezů klinického vyšetření.

U 5 pacientů máme nejednoznačný výsledek o nádoru, víme jen že nález je pozitivní na MR. Posoudíme rozdíly mezi párovými jednotkami:

u 5 případů došlo po MR ke zpřísnění výsledné diagnózy (tzn. $KV < MR$)

u 1 případů došlo po MR ke zmírnění výsledné diagnózy (tzn. $KV > MR$)

u 8 případů nebylo možno rozhodnout (tzn. $KV = MR$)

Sečteme kladná a záporná znaménka:

$$m_+ = 5 \quad m_- = 1$$

Rozsah souboru máme díky nenulovým rozdílům $n = 6$. Jako testovací kritérium slouží menší z obou součtů m_+ a m_- :

$$\text{Testovací kritérium: } m = \min(5, 1) = 1$$

Kritická hodnota pro $\alpha = 0,05$ a $n = 6$ párů je 0. Protože $m > 0$, tak nezamítáme hypotézu H_0 . V našem vzorku pacientů z let 2016 - 2020 se výsledná diagnóza na MR neliší od klinického vyšetření. Nebyl prokázán statisticky významný rozdíl ($p < 0,05$) ve výsledku klinického vyšetření a MR.

4.2. HYPOTÉZA 2

U tohoto bodu byla stanovena výzkumná otázka: Je pro diagnostiku recidivujícího cholesteatomu vhodnější DWI MR skalní kosti (pyramidy) než klinické vyšetření?

Hypotéza 2: Pro diagnostika rozsahu recidivujícího cholesteatomu je vhodnější DWI MR skalní kosti (pyramidy) než klinické vyšetření.

Data jsou shrnuta v tabulce:

Číslo pacienta	Rok narození	Rok vyšetření	Potvrzení recidivy na MR A/N	Podezření na recidivu u klinického vyšetření A/N
1	1953	2016	N	A
2	1971	2016	N	A
3	1992	2016	N	A
4	1990	2016	A	N
5	1958	2017	A	A
6	1983	2017	A	N
7	1986	2017	A	N
8	2000	2017	N	A
9	1975	2017	A	N
10	2000	2017	A	A
11	1999	2017	N	A
12	1974	2017	A	N
13	1967	2018	N	A
14	1985	2018	A	N
15	1983	2018	A	N
16	1997	2018	A	A
17	1961	2018	A	N
18	1994	2018	A	A
19	1986	2018	A	A
20	1973	2018	A	A
21	1967	2019	A	A
22	1994	2019	A	N
23	1982	2019	A	A
24	2001	2019	A	N
25	1984	2019	A	N
26	1951	2019	A	N

27	1968	2019	A	N
28	1975	2019	A	N
29	1990	2020	N	A
30	1999	2020	A	A
31	1997	2020	A	A
32	1951	2020	A	A
33	1967	2020	A	N
34	1955	2020	A	A

Tabulka 6 - Data pozitivních nálezů pro recidivující cholesteatom (autor)

Pro potvrzení či vyvrácení hypotézy využijeme test nezávislosti χ^2 a vytvoříme kontingenční tabulku. Určili jsme nulovou hypotézu H_0 :

H_0 : Nález na MR se neliší od nálezů klinického vyšetření.

	Ano (MR)	Ne (MR)	Součet
Ano (KV)	12	7	19
Ne (KV)	15	0	15
Součet	27	7	34

Tabulka 7 - Kontingenční tabulka recidivujícího cholesteatomu (autor)

Na svislé ose je diagnóza recidivujícího cholesteatomu při klinickém vyšetření a na vodorovné ose potvrzení při MR. Vypočítáme testovací kritérium:

$$\chi^2 = \frac{n(ad - bc)^2}{(a + b)(a + c)(b + d)(c + d)} = 6,96$$

Počet stupňů volnosti je $\nu = 1$. Porovnáme vypočítané testovací kritérium s tabulkovou kritickou hodnotou pro $\chi^2_{0,95(1)}$.

$$\chi^2 > \chi^2_{0,95(1)} \Rightarrow 6,96 > 3,84$$

Zamítáme hypotézu nezávislosti jevů. H_0 je zamítnuta. Nález na klinickém vyšetření se liší od nálezů na MR recidivujícího cholesteatomu.

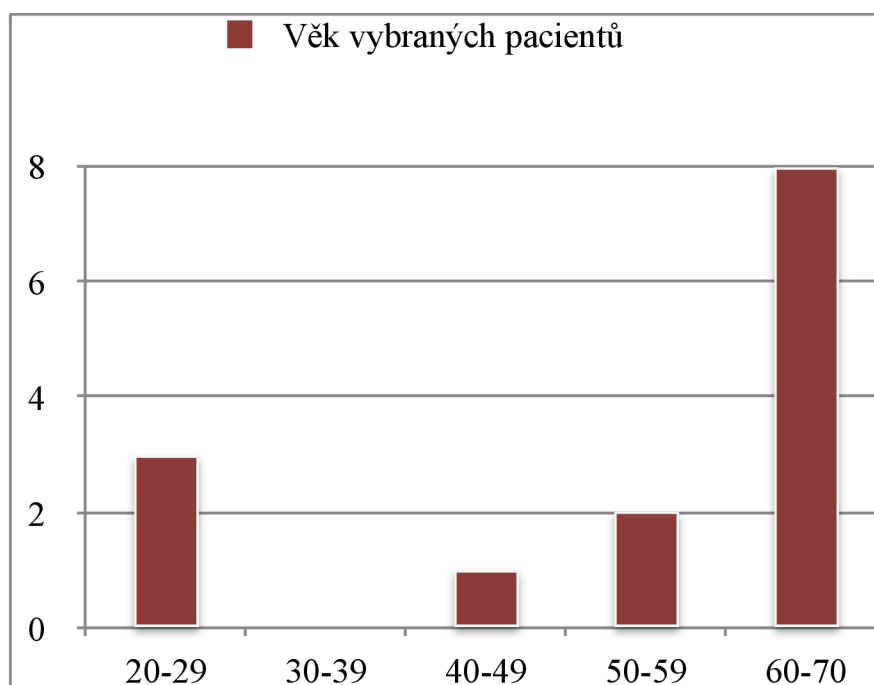
4.3. HYPOTÉZA 3 A 4

Bylo provedeno mezi lety 2016 - 2020 91 DWI MR skalní kosti kvůli podezření na cholesteatom, z nichž 22 bylo jednoznačně pozitivních a 36 vyšetření na podezření rakoviny hrtanu, z nichž bylo 14 potvrzeno. Na grafu je vidět rozložení pozitivních nálezů podle věku.

V tabulkách vidíme rozdělení pozitivních nálezů vůči věku a pohlaví.

Věk	Absolutní četnost			Relativní četnost [%]		
	Muž	Žena	Celkem	Muž	Žena	Celkem
20-29	3	0	3	21,43	0,00	21,43
30-39	0	0	0	0,00	0,00	0,00
40-49	1	0	1	7,14	0,00	7,14
50-59	1	1	2	7,14	7,14	14,28
60-70	6	2	8	42,86	14,28	57,14
Celkem	11	3	14	78,57	21,43	100,00

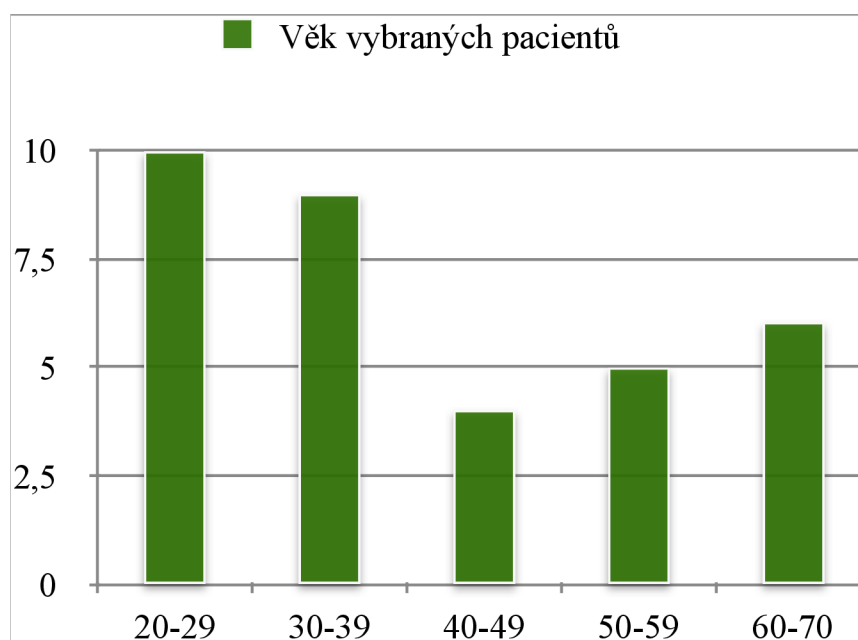
Tabulka 8 - Rozložení subjektů pro nádor hrtanu podle věku a pohlaví (autor)



Graf 3 - Věkové rozložení pacientů u nádoru hrtanu (autor)

Věk	Absolutní četnost			Relativní četnost [%]		
	Muž	Žena	Celkem	Muž	Žena	Celkem
20-29	7	3	10	20,59	8,82	29,41
30-39	6	3	9	17,65	8,82	26,47
40-49	4	0	4	11,76	0,00	11,76
50-59	3	2	5	8,82	5,88	14,71
60-70	6	0	6	17,65	0,00	17,65
Celkem	26	8	34	76,47	23,53	100,00

Tabulka 9 - Rozložení subjektů pro cholesteatom věku a pohlaví (autor)



Graf 4 - Věkové rozložení pacientů u cholesteatomu (autor)

Byla vznesená výzkumná otázka - Je věk a pohlaví rozhodujícím faktorem pro výskyt nádoru hrtanu a cholesteatomu?

Hypotéza 3: Nádor hrtanu se vyskytuje hlavně u mužů starších 60 let.

Podle četností v intervalu věku 20-59 let bylo diagnostikováno u mužů 5 onemocnění nádoru hrtanu, kdežto v intervalu 60-70 let jich bylo 6. Tudiž můžeme říci, že nádor hrtanu se objevuje hlavně u mužů starších 60 let. Hypotéza 3 je potvrzena.

Hypotéza 4: Cholesteatom se vyskytuje hlavně u žen mladších 39 let.

V intervalu věku 20-39 let byl diagnostikován u 6 žen recidivující cholesteatom. V tomto intervalu se však objevil také u 17 mužů. V intervalu 40-70 byl potvrzen u 13 mužů a 2 žen. Můžeme říct, že recidivující cholesteatom se objevuje hlavně u mužů mladších 39 let. Hypotéza 4 je vyvrácena.

5. DISKUZE

Předkládaná diplomová práce pojednává o magnetické rezonanci a jejím použití v oblasti hlavy a krku. Teoretická část se zaměřuje na seznámení s teoretickým základem ohledně této problematiky, kdežto výzkumná část má za úkol porovnat MR a klinické vyšetření u zobrazování krku a středního ucha. Nádory hrtanu z 35 % tvoří nádory supraglottis, z 60 % nádory glottis a zbylých 5 % jsou nádory subglottis. Cholesteatom je středouší zánět, který pakliže se neléčí, může způsobit i hluchotu pacienta.

Za použití retrospektivní studie a kvantitativní analýzy byli pacienti pro výzkum hledáni v PACSu FNOL, postupně v období 1. 1. 2016 - 31. 12. 2020. Takovýchto vyšetření bylo na MR dohromady indikováno za toto období 804, většina v oblasti hlavy. Dokumentace byla postupně procházena a po vyřazení nevhodných pacientů byly sestaveny 2 skupiny po 14 (nádor hrtanu) a 34 (cholesteatom) pacientech, které splňovaly všechna výše uvedená kritéria.

V grafu 1 a 2 vidíme rozložení pozitivních a negativních nálezů u obou podezření na toto onemocnění. Podle grafu 3 a 4 můžeme na první pohled vidět, že věkové rozložení pacientů s jednotlivými problémy není rovnoměrné. U nádoru hrtanu je nejvíce pacientů diagnostikováno v pozdějším věku (60+), což vyplývá i z teoretické části. Cholesteatom se zase častěji objevuje u pacientů ve středních letech.

Když se podíváme na rozmezí let, kdy došlo k vyšetření a potvrzení diagnózy u nádorů hrtanu, tak si můžeme všimnout mírně klesající nebo stagnující tendence tohoto vyšetření po roce 2019. Diagnóza nebyla např. během roku 2020 potvrzena (na Klinice ORL). To by mohlo být způsobeno nastalou situací okolo nemoci Covid-19, kdy se lidé bojí jít k lékaři s obtížemi a nechat se vyšetřit.

U cholesteatomu je to však naopak. Zde k žádné změně oproti letům minulým nedochází a počet vyšetření během let je stále konstantní nebo se mírně zvyšuje. Dá se odvodit, že mladší lidé nemají v dnešní době takový strach jít k lékaři oproti těm starším.

Dále podle tabulek 8 a 9 si můžeme všimnout rozdílu v rozložení nemoci mezi pohlavími. U obou problémů je větší procento vyšetření u mužů. To potvrzují i teoretické poznatky popsané výše v kapitole o nádorových onemocněních laryngu, kdy se tumor v této oblasti objevuje právě častěji u mužů díky kouření a pití alkoholu.

Při vyšetřování zánětu středouší byl u všech pacientů použit protokol cholesteatom, který využívá DWI obrazů pro jeho lepší zobrazení, kdy s přesností rozeznáme i nálezy velikosti okolo 4 mm. (Zbrožková a spol., 2015) Jelikož cholesteatom je neprokrvená cystická léze bohatá na keratin, při DWI zobrazování se nám ukáže jako hypersignální léze. (Bakaj a spol., 2016)

Při zobrazování nádorů laryngu byl použit buď standardní protokol nebo protokol larynx. Ty využívají sekvencí nativních a postkontrastních obrazů - STIR, SE T1 v.o. a SE T2 v.o. v základních rovinách.

Následně jsme využili možnosti deskriptivní statistiky a neparametrických testů - znaménkový test a test nezávislosti χ^2 pro testování hypotéz. Určili jsme nulovou hypotézu a tu posléze potvrdili nebo vyvrátili (popsáno s postupem ve výsledcích práce).

Byly položeny 3 výzkumné otázky a 4 hypotézy:

1) Je MR hrtanu efektivnější metodou než klinické vyšetření pro výslednou diagnostiku rozsahu nádoru hrtanu?

Hypotéza 1: MR hrtanu je efektivnější metodou pro diagnostiku rozsahu nádoru hrtanu než klinické vyšetření.

Tato hypotéza byla podle znaménkového testu vyvrácena. MR a klinické vyšetření se u nádoru hrtanu od sebe (až na výjimky) zásadně neliší. MR je sice dražší, ale v mnoha ohledech se k ní přistupuje primárně díky její neinvazivnosti.

2) Je pro diagnostiku recidivujícího cholesteatomu vhodnější DWI MR skalní kosti (pyramidy) než klinické vyšetření?

Hypotéza 2: Pro diagnostika rozsahu recidivujícího cholesteatomu je vhodnější DWI MR skalní kosti (pyramidy) než klinické vyšetření.

Tato hypotéza po aplikaci testu nezávislosti byla potvrzena. MR a klinické vyšetření se od sebe ve výsledcích v určení výsledné diagnózy recidivujícího cholesteatomu liší, což už je vidět při pohledu na nasbíraná data. MR je dobrý pomocník v odhalování nebo potvrzení tohoto druhu zánětu oproti jinému vyšetření.

3) Je věk a pohlaví rozhodujícím faktorem pro výskyt nádoru hrtanu a cholesteatomu?

Hypotéza 3: Nádor hrtanu se vyskytuje hlavně u mužů starších 60 let.

Hypotéza 4: Cholesteatom se vyskytuje hlavně u žen mladších 39 let.

Zde byla použita popisná statistika. Hypotéza 3 byla potvrzena, kdežto hypotéza 4 byla vyvrácena. Obě onemocnění se častěji objevují u mužů - nádor hrtanu nad 60 let a cholesteatom pod 39 let. U mužů se podle nasbíraných dat také indikují častěji.

Diplomová práce má své limitace. Výzkumný soubor je z důvodu malého počtu takto provedených vyšetření a následně potvrzených nálezů, malý (14 a 34 pacientů). Sběr dat probíhal jen ve Fakultní nemocnici Olomouc, proto výsledky nemůžou mít reprezentativní charakter, neboť se vztahují jen na 1 zdravotnickou instituci.

ZÁVĚR

Tato diplomová práce měla za cíl popsat a porovnat klinické vyšetření z oblasti ORL s jejich alternativou na MR. Vybrali jsme zobrazování středního ucha pro cholesteatom a krku pro nádory hrtanu. Bylo zjištěno, že MR je spolehlivým prostředkem v diagnostice za použití správného protokolu - u cholesteatomu např. non-EPI DWI. (Zbrožková a spol., 2015; Bakaj a spol., 2016)

Z výsledku testování hypotéz bylo zjištěno že nádory hrtanu se objevují hlavně u mužů 60+, kdežto cholesteatom u mužů pod 39 let. U nádoru hrtanu (podle našeho výzkumu) na výslednou diagnózu nemá tak velký vliv následné vyšetření na MR. Naopak u diagnostiky recidivujícího cholesteatomu má DWI MR velký vliv na odhalení recidivy tohoto onemocnění.

Přestože je MR nákladná, některými aspekty limitovaná a časově náročná vyšetřovací metoda, přistupuje se k ní v případech, kdy je potřeba přesně lokalizovat a popsat nález (např. před operací). Což bývá někdy oříšek třeba u cholesteatomu, který se skrývá v anatomicky složité spánkové kosti a proto by nemuselo stačit obyčejné klinické vyšetření a musí být doplněno a přesnější MR. Hrozí, že kdyby nějaká část nálezu později při operaci nebyla odstraněna, dojde brzy k recidivě (např. nádor hrtanu). (Zbrožková a spol., 2015; Bakaj a spol., 2016)

REFERENČNÍ SEZNAM

BAKAJ, Tomáš, Lenka BAKAJ ZBROŽKOVÁ, Richard SALZMAN, Miroslav HEŘMAN a Ivo STÁREK. Role zobrazovacích metod v diagnostickém a terapeutickém postupu u cholesteatomu spánkové kosti. *Otorhinolaryngology* [online]. 2016, **65**(3), 173-178 [cit. 2021-04-09]. ISSN 12107867.

BECKER, Minerva, Karim BURKHARDT, Pavel DULGUEROV a Abdelkarim ALLAL. Imaging of the larynx and hypopharynx. *European Journal of Radiology* [online]. 2008, **66**(3), 460-479 [cit. 2021-04-09]. ISSN 0720048X. Dostupné z: DOI:10.1016/j.ejrad.2008.03.027

ČIHÁK, Radomír, Miloš GRIM a Oldřich FEJFAR. *Anatomie*. 1. 3., upr. a dopl. vyd. Ilustroval Milan MED, ilustroval Ivan HELEKAL, ilustroval Jan KACVINSKÝ. Praha: Grada Publishing, 2011, 534 s. ISBN 978-80-247-3817-8.

DOUCEK ABOUODOVÁ, Hana, Jan VODIČKA a Oldřich VINCENT. První zkušenosti se zobrazením vnitřního ucha magnetickou rezonancí s využitím intratympanické aplikace kontrastní látky. *Otorinolaryngologie a foniatrie* [online]. 2015, **64**(1), 28-34 [cit. 2020-11-13]. ISSN 1210-7867. Dostupné z: <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&AuthType=ip,url,uid&db=asn&AN=103068343&lang=cs&site=eds-live&authtype=shib&custid=s7108593>

DRASTICH, Aleš. *Tomografické zobrazovací systémy*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a informatiky, Ústav biomedicínského inženýrství, 2004. ISBN 80-214-2788-4.

FERDA, Jiří. *Inovativní zobrazovací metody*. Praha: Galén, [2015], 140 s. ISBN 978-80-7492-186-5.

FERDA, Jiří, Eva FERDOVÁ a Jan BAXA. Hybridní zobrazení PET/MR. *Česká radiologie* [online]. Praha: Galén, 2017, 15. 11. 2017, **71**(4), 353-362 [cit. 2020-11-09]. ISSN 1210-7883. Dostupné z: http://www.cesradiol.cz/dwnld/CesRad_1704_353_362.pdf

FERDA, Jiří, Hynek MÍRKA, Jan BAXA a Alexander MALÁN. *Základy zobrazovacích metod*. Praha: Galén, [2015], 148 s. ISBN 978-80-7492-164-3.

HEŘMAN, Miroslav. *Základy radiologie*. V Olomouci: Univerzita Palackého, 2014, 314 s. Učebnice. ISBN 978-80-244-2901-4.

HOMOLÁČ, Michal, Tomáš VALENTA, Lukáš ŠKOLOUDÍK, Jan MEJZLÍK a Viktor CHROBOK. Klasifikace středoušních operací pro cholesteatom dle nového systému SAMEO-ATO v praxi. *Otorhinolaryngology* [online]. 2021, **70**(1), 15-21 [cit. 2021-04-09]. ISSN 12107867.

HUDÁK, Radovan a David KACHLÍK. *Memorix anatomie*. Praha: Triton, c2013, xxi, 605 s. ISBN 978-80-7387-674-6.

CHASÁK, Jan a Tereza ŠLITROVÁ. *Fyzika bez nervů: přehled středoškolské fyziky*. Rychnov nad Kněžnou: vydali vlastním nákladem autoři, 2017. ISBN 978-80-270-2401-8.

CHARVÁT, František a Bohumil MARKALOUS. *Zobrazení hlavy: metodika vyšetřování, anatomie, patologie, klinika: CT, MR, RTG, PET, PET/CT, sonografie, endoskopie, angiografie, intervenční neuroradiologie, navigovaná chirurgie*. Praha: Triton, c2006, 658 s. ISBN 80-7254-904-9.

Cholesteatom. *Wikiskripta* [online]. 2018 [cit. 2020-04-08]. Dostupné z: <https://www.wikiskripta.eu/w/Cholesteatom>

Kontrastní látky. *Wikiskripta* [online]. 2018 [cit. 2020-12-23]. Dostupné z: https://www.wikiskripta.eu/w/Kontrastn%C3%AD_látky

LEMMERLING, M.M., B. DE FOER, V. VANDEVYVER, J.-P. VERCRUYSSSE a K.L. VERSTRAETE. Imaging of the opacified middle ear. *European Journal of Radiology* [online]. 2008, **66**(3), 363-371 [cit. 2021-04-09]. ISSN 0720048X. Dostupné z: doi:10.1016/j.ejrad.2008.01.020

MAFEE, F., Galdino E. VALVASSORI a Minerva BECKER. *Imaging of the head and neck*. 2nd ed., rev. and enl. Stuttgart: Georg Thieme, c2005, xiv, 866 s. ISBN 313100942X.

MECHL, Marek, Jaroslav TINTĚRA a Jan ŽIŽKA. *Protokoly MR zobrazování*. Praha: Galén, 2014, 103 s. ISBN 978-80-7492-109-4.

MECHL, Marek, Jan ŽIŽKA, Jaroslav TINTĚRA, Josef VYMAZAL a Ľudovít KLZO. Doporučení pro aplikaci gadoliniových kontrastní látek se zřetelem na minimalizaci rizika

vzniku nefrogenní systémové fibrózy. *Česká radiologie* [online]. 2010, **64**(1), 69-75 [cit. 2020-12-23]. ISSN 1210-7883. Dostupné z: <http://www.crs.cz/cs/dokumenty/doporuceni-prehled/doporuceni-pro-aplikaci-gadoliniovych-kontrastni-latek-se-zretelem-na-minimalizaci-rizika-vzniku-nefrogenni-systemove-fibrozy.html>

NAŇKA, Ondřej a Miloslava ELIŠKOVÁ. *Přehled anatomie*. Třetí, doplněné a přepracované vydání. Praha: Galén, [2015], xii, 416 s. ISBN 978-80-7492-206-0.

NEZAHAT, Karaca Erdoğan a spol. Magnetic Resonance Sialography Findings of Submandibular Ducts Imaging. *BioMed Research International* [online]. 2013 [cit. 2021-03-22]. Dostupné z: doi:10.1155/2013/417052

Nukleární magnetická rezonance. *Wikiskripta* [online]. 2019 [cit. 2020-03-08]. Dostupné z: https://www.wikiskripta.eu/w/Nukleárn%C3%AD_magnetická_rezonance

O nádorech hlavy a krku. *Linkos* [online]. ČOS ČLS JEP, 2021 [cit. 2021-03-09]. Dostupné z: <https://www.linkos.cz/pacient-a-rodina/onkologicke-diagnozy/nadory-hlavy-a-krku-c00-14-c30-32/o-nadorech-hlavy-a-krku/>

Otorhinolaryngologie. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2020 [cit. 2021-03-08]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Otorhinolaryngologie>

RDG centrum s.r.o. [online]. Rychnov nad Kněžnou, 2015 [cit. 2021-03-10]. Dostupné z: <https://rdgcentrum.eu>

REIMER, Peter, Paul M. PARIZEL a Falko-A. STICHNOTH. *Clinical MR Imaging: A Practical Approach*. 2nd edition. Heidelberg: Springer, c2005. ISBN 978-3-540-43467-4.

ROZMAN, Jiří. *Elektronické přístroje v lékařství*. Praha: Academia, 2006. Česká matice technická (Academia). ISBN 80-200-1308-3.

RUETZLER, K., A.R. SCHMIDT, S. IMACH, M. WEISS a T. HAAS. Comparison of five video laryngoscopes and conventional direct laryngoscopy: Investigations on simple and simulated difficult airways on the intubation trainer. *Anaesthetist* [online]. 2015, **64**(7), 513 - 519 [cit. 2021-04-08]. ISSN 1432055X. Dostupné z: doi:10.1007/s00101-015-0051-5

SALZMAN, Richard, Tomáš BAKAJ, Jan HEŘMAN a Ivo STÁREK. Endoskopická ušní chirurgie: shrnutí problematiky. *Otorhinolaryngology* [online]. 2016, **65**(3), 184-187 [cit. 2021-04-08]. ISSN 12107867.

SLÁMA, Karel, Daniel ADÁMEK a Milouš DERNER. Zkušenosti s magnetickou rezonancí a komputerovou tomografií u pacientů s T1-T2 karcinomem orofaryngu a supraglotické části hrtanu indikovaných k transorálnímu robotickému přístupu. *Otorinolaryngologie a foniatrie* [online]. 2017, **66**(3), 127-134 [cit. 2020-11-13]. ISSN 1210-7867. Dostupné z:

<https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&AuthType=ip,url,uid&db=asn&AN=127077555&lang=cs&site=eds-live&authtype=shib&custid=s7108593>

SOBIN, Leslie H., Mary K. GOSPODAROWICZ a Christian WITTEKIND. *TNM klasifikace zhoubných nádorů* [online]. 7. Praha: A John Wiley & Sons, 2011 [cit. 2021-6-15]. ISBN 978-80-904259-6-5. Dostupné z: https://www.wikiskripta.eu/images/c/ca/TNM_Klasifikace_zhoubných_novotvarů.pdf

STEVENS, S. M., E. A. JOHNSON, P. R. PFAU a S. H. DAILEY. Visual evaluation of the larynx and hypopharynx during esophagogastroduodenoscopy: a safety and feasibility study. *Surgical endoscopy* [online]. 2015, **29**(5), 1209-15 [cit. 2021-04-09]. ISSN 14322218. Dostupné z: DOI:10.1007/s00464-014-3796-z

ŠLAMPA, Pavel a Jiří PETERA. *Radiační onkologie*. Praha: Galén, c2007. ISBN 978-80-7262-469-0.

ŠLAPÁK, Ivo. Možnosti antibiotické léčby akutního středoušního zánětu. *Czecho-Slovak Pediatrics/Česko-Slovenská Pediatrie* [online]. 2018, **73**(7), 459-462 [cit. 2021-04-08]. ISSN 00692328.

TINTĚRA, Jaroslav. Klinické systémy magnetické rezonance: Vývoj za posledních 30 let a nové trendy. *Česká radiologie* [online]. Praha: Galén, 2017, 15. 11. 2017, **71**(4), 243-259 [cit. 2020-11-13]. ISSN 1210-7883. Dostupné z: http://www.cesradiol.cz/dwnld/CesRad_1704_243_259.pdf

TOMÁŠEK, Jiří. *Onkologie: minimum pro praxi*. Praha: Axonite CZ, 2015. Asclepius. ISBN 978-80-88046-01-1.

TUPÝ, Radek a Jiří FERDA. Multiparametrické zobrazení nádorů na 3T magnetické rezonanci. *Česká radiologie* [online]. Praha: Galén, 2017, 15. 11. 2017, 71(4), 272-278 [cit. 2020-11-13]. ISSN 1210-7883. Dostupné z: http://www.cesradiol.cz/dwnld/CesRad_1704_272_278.pdf

VALENTA, Tomáš, Michal HOMOLÁČ, Lukáš ŠKOLOUDÍK, Jan MEJZLÍK a Viktor CHROBOK. Současná klasifikace a staging cholesteatomu. *Otorhinolaryngology* [online]. 2020, 69(4), 172-176 [cit. 2021-04-09]. ISSN 12107867.

VOMÁČKA, Jaroslav. *Zobrazovací metody pro radiologické asistenty*. Druhé, doplněné vydání. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2015, 157 s. Odborná publikace. ISBN 978-80-244-4508-3.

VYMAZAL, Josef a Petr ŠUSTEK. Vyjádření k současné situaci s kontrastními látkami pro magnetickou rezonanci na bázi chelátů gadolinia. *Česká radiologie* [online]. Praha: Galén, 2017, 15. 11. 2017, 71(4), 272-278 [cit. 2020-11-13]. ISSN 1210-7883. Dostupné z: http://www.cesradiol.cz/dwnld/CesRad_1704_260_264.pdf

QUESTIONS AND ANSWERS IN MRI [online]. Elster: AD Elster, 2021 [cit. 2021-03-07]. Dostupné z: <http://mri-q.com/who-discovered-nmr.html>

ŽIŽKA, Jan, Jaroslav TINTĚRA a Marek MECHL. *Protokoly MR zobrazování: pokročilé techniky*. Praha: Galén, [2015], 163 s. ISBN 978-80-7492-179-7.

ZBROŽKOVÁ, Lenka Bakaj, Tomáš BAKAJ, Eva ČECHÁKOVÁ, Miroslav HEŘMAN a Ivo STÁREK. MR diagnostika cholesteatomu středouší pomocí non-echo-planárního difúzně váženého zobrazení (NON-EPI DWI). *Czech Radiology/Česka Radiologie* [online]. 2015, 69(3), 213-219 [cit. 2021-04-09]. ISSN 12107883.

SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK

2D	Dvojměrný prostor
3D	Trojměrný prostor
μs	mikrosekunda
a.	Arterie (tepna)
B_0	Vnější homogenní magnetické pole
B_T	Transverzální magnetické pole
CT	Výpočetní tomografie
ČR	Česká republika
DWI	Difúzní zobrazování
EKG	Elektrokardiograf
EPI	echo-planární
EM	Elektromagnetické pole
FID	Intenzita signálu
FLAIR	Sekvence potlačující vodu
FNOL	Fakultní nemocnice Olomouc
FOV	Field of view (oblast zájmu)
Gd	Gadolinium
GdKL	Gadoliniová kontrastní látka
Gd DTPA	Diethylentriaminpentaacetát gadolinia
H	Vodík
H_2O	Voda
KL	Kontrastní látka

MR	Magnetická rezonance
MRI	Zobrazování magnetickou rezonancí
ms	milisekunda
non-EPI	non-echo-planární
O	Kyslík
ORL	Otorhinolaryngologie
PD	Proton densitní obraz
PET	Pozitronová emisní tomografie
PET/CT	Pozitronová emisní tomografie s CT
PET/MR	Pozitronová emisní tomografie s MR
RF	Radiofrekvenční puls
RTG	Rentgen
SE	Spin-echo sekvence
STIR	Sekvence potlačující tuk
TE	Time to echo
TSE	Turbo-spin-echo sekvence
TR	Time to repeat
UZ	Ultrazvuk
v.	Vena (žíla)
v.o.	Vážený obraz

SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK

Obrázek 1 - F. Bloch a E. M. Purcell (Questions and answers in MRI, 2021).....	12
Obrázek 2 - Spin (Questions and answers in MRI, 2021).....	13
Obrázek 3 - Precesní pohyb (Questions and answers in MRI, 2021).....	16
Obrázek 4 - Magnetické momenty natočené paralelně a antiparalelně (Nukleární magnetická rezonance, 2019).....	19
Obrázek 5 - Grafické znázornění TR a TE (Questions and answers in MRI, 2021).....	20
Obrázek 6 - Fázové a frekvenční kódování (Questions and answers in MRI, 2021).....	22
Obrázek 7 - Artefakt MR obrazu (Questions and answers in MRI, 2021).....	24
Obrázek 8 - Magnetická rezonance - přístroj (RDG centrum s.r.o.).....	28
Obrázek 9 - Složení ucha (Otorhinolaryngologie, 2020).....	41
Obrázek 10 - Schéma umístění hrtanu a jeho částí (O nádorech hlavy a krku, 2021).....	48
Obrázek 11 - TNM klasifikace nádoru hrtanu (Sobin a spol., 2011, s. 42-46).....	49
Tabulka 1 - Výčet hlavových nervů (Naňka a Elišková, 2015, s. 247-257).....	39
Tabulka 2 - Počet pozitivních a negativních nálezů u nádoru hrtanu (autor).....	52
Tabulka 3 - Počet pozitivních a negativních nálezů u cholestatomu (autor).....	53
Tabulka 4 - Celkový počet vyšetření MR indikované ORL FNOL (autor).....	56
Tabulka 5 - Data pozitivních nálezů pro nádor hrtanu (autor).....	59
Tabulka 6 - Data pozitivních nálezů pro recidivující cholesteatom (autor).....	61
Tabulka 7 - Kontingenční tabulka recidivujícího cholesteatomu (autor).....	61
Tabulka 8 - Rozložení subjektů pro nádor hrtanu podle věku a pohlaví (autor).....	62
Tabulka 9 - Rozložení subjektů pro cholesteatom podle věku a pohlaví (autor).....	63


Graf 1 - Pozitivita nálezů u nádoru hrtanu (autor)	57
Graf 2 - Pozitivita nálezů u cholesteatomu (autor).....	57
Graf 3 - Věkové rozložení pacientů u nádoru hrtanu (autor).....	62
Graf 4 - Věkové rozložení pacientů u cholesteatomu (autor).....	63

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 - Souhlas Etické komise s výzkumem.....	79
Příloha 2a - Žádost o poskytnutí informace pro studijní účely.....	80
Příloha 2b - Žádost o poskytnutí informace pro studijní účely.....	81

PŘÍLOHY

Příloha 1 - Souhlas Etické komise s výzkumem



Fakulta
zdravotnických věd

UPOL-181241/1030S-2020

Vážená paní
Bc. Veronika Faltysová

2020-23-10


Vyjádření Etické komise FZV UP

Vážená paní bakalářko,

na základě Vaší Žádosti o stanovisko Etické komise FZV UP byla Vaše výzkumná část diplomové práce posouzena a po vyhodnocení všech zaslaných dokumentů Vám sdělujeme, že diplomové práci s názvem „**Zobrazování magnetickou rezonancí v diagnostice a léčbě onemocnění hlavy a krku**“, jehož jste hlavní řešitelkou, bylo uděleno

souhlasné stanovisko Etické komise FZV UP .

S pozdravem,



Mgr. Lenka Mazalová, Ph.D.
předsedkyně
Etické komise FZV UP

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI
Fakulta zdravotnických věd
Etická komise
Hněvotínská 3, 775 15 Olomouc

Fakulta zdravotnických věd Univerzity Palackého v Olomouci
Hněvotínská 3 | 775 15 Olomouc | T: 585 632 880
www.fzv.upol.cz

Genius loci™

Příloha 2a - Žádost o poskytnutí informace pro studijní účely



FAKULTNÍ NEMOCNICE
OLOMOUC

I. P. Pavlova 185/6, 779 00 Olomouc
Tel. 588 441 111, E-mail: info@fnol.cz
IČ: 00098892

Fm-MP-G015-05-ZADOST-001

ODBOR KVALITY

verze č. 1, str. 1/2

Žádost o poskytnutí informace pro studijní účely/sběr dat

Jméno a příjmení žadatele: Dr. VERONIKA FALTYSOVÁ VERONIKAFALTYS@SEZNAM.CZ
Datum narození: 29.7.1996 Telefon: 721 384 634 E-mail: fa1rve01@upol.cz
Kontaktní adresa: MÍROVÁ 1445, RYCHNOV NAD KNĚŽNOU, 516 01
Přesný název školy/fakulty: UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI, FAKULTA ZDRAVOTNÍCH VĚD
Obor studia: ZOBRAZOVACÍ TECHNOLOGIE V RADIODIAGNOSTICE
Forma studia: prezenční kombinovaná distanční

Téma závěrečné práce:

ZOBRAZOVÁNÍ MAGNETICKOU REZONANCÍ V DIAGNOSTICE A LÉČBĚ ONEHOCEMĚ HLAVY A KRKY

Žadatel ve FNOL koná odbornou praxi:

ANO na pracovišti: _____ v termínu od: _____ do: _____
 NE

Žadatel je zaměstnancem FNOL:

ANO na pracovišti: _____
 NE

Pracoviště FNOL dotčená průzkumem: KLINIKA OTORINOLARYNGOLOGIE ACHIRURGIE HLAVY A KRKY,
RADIOLOGICKÁ KLINIKA

Účel žádosti:

- sběr dat/zjišťování informací pro zpracování diplomové/bakalářské práce
 sběr dat/zjišťování informací pro zpracování seminární/odborné práce
 sběr dat/zjišťování informací pro jiný účel: (uveďte):

Požadavek na (zaškrtněte):

V případě, že žadatel potřebuje získat informaci o počtech vyšetření/ošetření a předem má souhlas konkrétního pracoviště, že tato data mu budou poskytnuta vedením tohoto pracoviště bez nutnosti jeho nahlášení do zdravotnické dokumentace pacientů, vyplní oddíl „Ostatní – statistická data“. Jinak vyplní oddíl „Nahlášení do zdr. dokumentace“.

Dotazníková akce pro pacienty FNOL pro zaměstnance FNOL

Počet respondentů, kteří budou vyplňovat dotazník: _____

Termín, kdy proběhne vyplnění dotazníků: od: _____ do: _____

K vyplněné žádosti je nutno doložit vzor vašeho dotazníku.

Nahlášení do zdravotnické dokumentace

Předpokládaný počet kusů zdravotnické dokumentace, do které bude žadatel nahlížet: 100

Termín, ve kterém bude žadatel nahlížet do zdravotnické dokumentace: od: 09/2020 do: 04/2021

Přesná specifikace co bude žadatel vyhledávat ve zdravotnické dokumentaci:

JMÉNO PACIENTA, RODNÉ ČÍSLO (ROK NAROZENÍ), POČLAVÍ, NÁLEZ Z MZ V OBLASTI HLAVY A KRKY (PŘÍP. NÁLEZ NA CT, UZ A BTG V PŘÍPADĚ POTŘEBY, CELOTĚLOVÉ PET/CT), POPISY NÁLEZŮ, JEDNOTLIVÉ SNÍMKY Z VYŠETŘOVACÍCH METOD

Při nahlášení do zdravotnické dokumentace bude do každé dokumentace vložen formulář Fm-MP-G015-05-NAHLED-001 Záznam o nahlédnutí do zdravotnické dokumentace pro účely výzkumu/studie.

Příloha 2b - Žádost o poskytnutí informace pro studijní účely

Ostatní

kazuistika – počet:

vedení rozhovoru s pacientem FNOL – počet pacientů: _____

vedení rozhovoru se zaměstnancem FNOL – počet zaměstnanců: _____ povolání: _____

K vyplněné žádosti je nutno doložit vzor rozhovoru (orientační okruh otázek).

statistická data – informace o počtech např. zdravotnických výkonů, vyšetření, určité agendy (např. porodnost), přístrojích

jiné (specifikujte):

Za které období budou data zjišťována: _____

Kdy proběhne sběr dat žadatelem: od: _____ do: _____

Přesná specifikace co bude žadatel zjišťovat:

Způsob zveřejnění závěrečné/seminární práce:

Budete FNOL uvádět jako „zdroj dat“ ve své práci? ANO NE

Poučení:

Žadatel souhlasí se zpracováním jeho osobních údajů dle zásad GDPR pro účely evidence této žádosti. Zavazuje se zachovat mlčenlivost o skutečnostech, o nichž se dozví v souvislosti s prováděným výzkumem a sběrem dat/informací.

Žadatel (datum podpis): 7.9.2020 *Falkysovec*

Schválil (datum podpis): 8.9.2020 *[Signature]*

Ing. Bc. Andrea Drobiličová
Nepřátelně lékařských oborů
Fakultní nemocnice Olomouc

Poznámky: VEDOUcí DP - MUDr. TOMÁŠ BAKAJ, Ph.D.