

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI  
FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH VĚD

# **DIPLOMOVÁ PRÁCE**

2024

Bc. Kristýna Reli

**UNIVERZITA PALACKÉHO V OLMOUCI**

**FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH VĚD**

Ústav radiologických metod

Bc. Kristýna Reli

# **DIAGNOSTIKA CÉVNÍ MOZKOVÉ PŘÍHODY NA CT**

Diplomová práce

Vedoucí práce: Mgr. Daniela Mrozková

Olomouc 2024

Prohlašuji, že diplomovou práci jsem vypracovala samostatně pouze s použitím uvedených elektronických a bibliografických zdrojů.

V Olomouci dne 3.5.2024

.....

Podpis

Ráda bych vyjádřila své poděkování paní Mgr. Daniele Mrozkové za její laskavost, trpělivost a cenné rady, které mi poskytla při vedení této diplomové práce. Rovněž bych ráda poděkovala paní Mgr. Radmile Krkoškové, Ph.D., za konzultace týkající se statistického zpracování dat výzkumné části diplomové práce. Na závěr bych ráda poděkovala mé kolegyni Bc. Veronice Pavlové za její pomoc při shromažďování dat pro výzkum.



## Anotace

<b>Typ závěrečné práce:</b>	Diplomová práce
<b>Téma práce:</b>	Diagnostika cévní mozkové příhody na CT
<b>Název práce:</b>	Diagnostika cévní mozkové příhody na CT
<b>Název práce v AJ:</b>	Diagnostics of stroke on CT
<b>Datum zadání:</b>	1.11.2022
<b>Datum odevzdání:</b>	3.5.2024
<b>Vysoká škola, fakulta, ústav:</b>	Univerzita Palackého v Olomouci Fakulta zdravotnických věd Ústav radiologických metod
<b>Autor práce:</b>	Bc. Reli Kristýna
<b>Vedoucí práce:</b>	Mgr. Daniela Mozková
<b>Oponent práce:</b>	Mgr. Jiří Kozel
<b>Abstrakt v ČJ:</b>	

V rámci diplomové práce byly přehledně vyloženy aktuální poznatky týkající se cévní mozkové příhody a metod jejího diagnostikování s využitím výpočetní tomografie. Zdroje informací pro tuto práci byly získány z elektronických databází s vědeckou autoritou, mezi které spadá EBSCO a Google Scholar. V teoretické části jsou shrnuty aktuální poznatky o CMP a o CT vyšetřeních jako je nativní CT mozku, CTP mozku a CTA mozkových a krčních tepen. Dále jsou předloženy poznatky o kontrastních látkách a jejich nežádoucích reakcích i o radiační ochraně. Cílem výzkumné části práce bylo provést retrospektivní srovnání diagnostických nálezů z CTP a CTA u totožných pacientů a určit efektivitu těchto zobrazovacích modalit. Toto šetření bylo provedeno na oddělení radiodiagnostiky Karvinské hornické nemocnice, kde byla analyzována data 125 účastníků studie. Tito respondenti výzkumu podstoupili všechny tři již zmíněné CT vyšetření na přístroji Siemens Somatom Perspective CT VC40 na základě lékařské indikace při podezření na CMP. Ze statistického zpracování

byla zjištěna procentuální neshoda mezi nálezy na CTP a CTA. U mužů se jednalo o 70,37 % a u žen se jednalo o 29,63 %.

**Abstrakt v AJ:**

Current findings about stroke and its diagnostic methods using computed tomography were clearly explained within this diploma thesis. Resources for this work were gotten from electronic databases with scientific authority, including EBSCO and Google Scholar. In theoretical part are summarised actual findings about stroke and about Computed Tomography examination such as native brain CT, brain CTP and brain and carotid arteries CT angiography. Further, there are findings about contrast agents and its side effects, and also about radiological protection. The main aim of analytical part was to provide retrospective comparison of diagnostic reports from CTP and CTA at one and the same patient and decide the effectivity of these diagnostic modalities. This research was made at the Radio-diagnostic Department at Karvina Coalminer Hospital, where datas of 125 patients were analysed. These respondents underwent all three already mentioned CT examinations on the Siemens Somatomedin Perspective CT VC40, based on the evidence of medical indication for suspected stroke. Statistically it was discovered, that percentual variance between CTP and CTA reports at men was 70,37 % and 29,63 % at women.

**Klíčové slova v ČJ:** CMP, mozek, CT, CTP, CTA, kontrastní látka

**Klíčové slova v AJ:** stroke, brain, CT, CTP, CTA, contrast agent

**Rozsah:** 81 stran i včetně příloh

## Obsah

ÚVOD .....	10
1. POPIS REŠERŠNÍ ČINNOSTI .....	12
2. CÉVNÍ MOZKOVÁ PŘÍHODA (CMP) .....	14
2.1. CMP epidemiologie .....	14
2.2. Tranzitorní ischemická ataka (TIA).....	15
2.3. Klasifikace CMP .....	15
2.4. Prevence .....	16
2.5. Rizikové faktory .....	20
2.6. Diagnostika CMP.....	22
2.7. Terapie ischemické CMP pomocí IVT .....	24
2.8. Terapie ischemické CMP pomocí mechanické trombektomie .....	26
2.9. Terapie hemoragické CMP pomocí snižování tlaku .....	27
2.10. Terapie hemoragické CMP pomocí hemostatické terapie.....	27
2.11. Terapie hemoragické CMP pomocí chirurgické terapie .....	28
3. NATIVNÍ CT MOZKU.....	29
3.1. ASPECT skóre .....	29
3.2. Protokol CT mozku .....	31
4. CT PERFUZE MOZKU .....	33
4.3. Pozitiva CTP.....	36
4.5. Protokol CTP mozku .....	37
5. CTA MOZKOVÝCH A KRČNÍCH TEPEN.....	40
5.1. Anatomie .....	42
5.2. Protokol CTA mozkových a krčních tepen.....	44
6. KONTRASTNÍ LÁTKY A NEŽÁDOUCÍ REAKCE .....	46
6.1. Pokyny pro i.v. aplikaci KL.....	46
6.2. Nežádoucí reakce KL .....	46



6.3.	Prevence vzniku nežádoucí reakce či KIN .....	48
7.	RADIAČNÍ OCHRANA U LÉKAŘSKÉHO OZÁŘENÍ.....	49
7.3.	Stanovení radiační zátěže pro CT .....	50
8.	METODIKA VÝZKUMU .....	51
8.1.	Výzkumné cíle a hypotézy.....	51
8.2.	Charakteristika výzkumného souboru .....	52
8.3.	Metoda sběru dat .....	53
8.4.	Realizace výzkumu .....	54
9.	VÝSLEDKY VÝZKUMU .....	56
9.1.	Vyhodnocení demografických údajů výzkumu.....	56
9.2.	Vyhodnocení zkoumaných parametrů CTA a CTP.....	58
9.3.	Ověření platnosti hypotéz.....	62
	DISKUSE .....	66
	ZÁVĚR.....	69
	REFERENČNÍ SEZNAM.....	71
	SEZNAM ZKRATEK .....	74
	SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ .....	76
	SEZNAM TABULEK.....	78
	PŘÍLOHY .....	79

## ÚVOD

Cévní mozková příhoda (CMP) je stav charakterizovaný náhlým, lokalizovaným omezením neurologického postižení. Jedná se o poruchu spojenou s poškozením cévního zásobení mozku, která se může projevit jako krvácení nebo infarkt. CMP je druhou nejčastější příčinou úmrtí a trvalé invalidity na světě. (Murphy et al., 2020., s. 561-566) Je evidentní, že v posledních 30–40 letech došlo ve vyspělých zemích k významnému poklesu úmrtnosti způsobené CMP. V České republice byl zaznamenán pokles úmrtnosti na CMP o více než 70 %. Dále lze pozorovat významný pokles počtu hospitalizací kvůli CMP, průměrné doby hospitalizace a míry úmrtí během hospitalizace. (Danyi, P., (2016). s. 1)

Diplomová práce je strukturována do dvou hlavních částí. První část je teoretická, která je detailně rozdělena na jednotlivé kapitoly. V těchto kapitolách jsou přehledně shrnuty současné poznatky o CMP i o CT vyšetření, jako je nativní CT mozku, CTP mozku a CTA mozkových a krčních tepen. Dále jsou prezentovány informace o kontrastních látkách, jejich nežádoucích účincích i o radiační ochraně. Druhá část diplomové práce se zaměřuje na výzkum, který je rozdělen na analýzu demografických údajů a parametrů CTP a CTA. Demografická část zkoumá rozložení pohlaví, věku a BMI respondentů výzkumu. V části zabývající se vyhodnocením parametrů CTP a CTA jsou především porovnávány nálezy mezi oběma metodami u identických pacientů. Také je zkoumána dávka záření při CTA vyšetření u jednotlivých pacientů, jelikož hodnota dávky při CTP má konstantní hodnotu (1506,05 mGy\*cm) u všech pacientů.

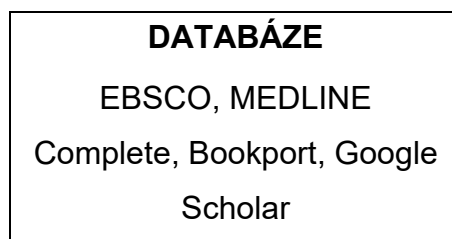
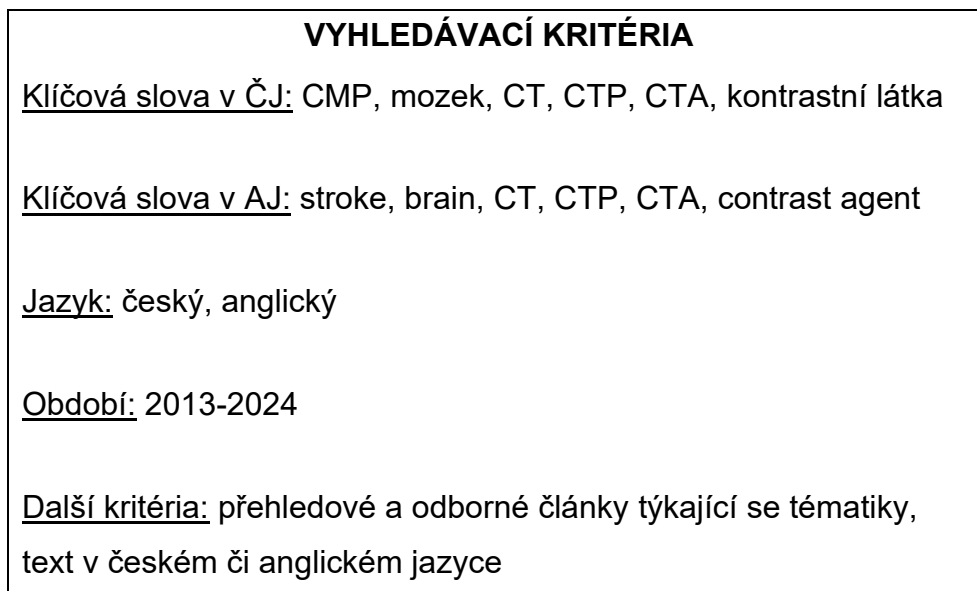
V rámci teoretické části diplomové práce byl stanoven hlavní cíl shrnout aktuální poznatky o CMP a o CT vyšetřeních jako je nativní CT mozku, CTP mozku a CTA mozkových a krčních tepen. Dále předložit poznatky o kontrastních látkách a jejich nežádoucích reakcích i o radiační ochraně. Cílem výzkumné části práce bylo provést retrospektivní srovnání diagnostických nálezů z CTP a CTA u totožných pacientů a určit efektivitu těchto zobrazovacích modalit.

K tvorbě této diplomové práce byla použita tato vstupní literatura:

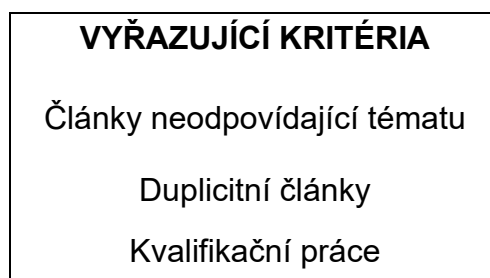
- Cimfová, Petra, et al. (2019). **Diagnostika ischemických CMP-přehled zobrazovacích metod a jejich využití v praxi.** Česká Radiologie, 2019, 73.3: s. 150-159.
- MIKŠOVÁ, Zdeňka. (2019). **Závěrečná diplomová práce – praktická příručka pro tvorbu diplomové práce na Fakultě zdravotnických věd.** Univerzita Palackého v Olomouci, 2019, s. 1-105, ISBN 978-80–244-5629-4.
- Ministerstvo zdravotnictví ČR. (2016). **Národní radiologické standardy – Výpočetní tomografie.** Ministerstvo zdravotnictví ČR, 2016, dostupné z: <https://www.mzcr.cz/vypocetni-tomografie/>.
- Mirka Hynek a Ferda Jiří. (2015). **Multidetektorová výpočetní tomografie Perfuzní vyšetření.** Nakladatelství Galén, 2015, s. 1-214, ISBN 978-80-7492-185-8
- Súpupová L., (2018)., **Radiační ochrana při rentgenových výkonech – to nejdůležitější pro praxi.** Grada, 2018, s. 23-26)

# 1. POPIS REŠERŠNÍ ČINNOSTI

Následující tabulky shrnují rešeršní činnost, který jsem provedla k nalezení objektivních zdrojů použitých při psaní této diplomové práce.



Nalezeno 289 článků



**SUMARIZACE POUŽITÝCH DATABÁZÍ A  
DOHLEDANÝCH DOKUMENTŮ**

EBSCO -

Google Scholar -

Bookport -

Standardy -

MEDLINE Complete -



Pro tvorbu teoretických  
východisek bylo použito  
článků.

# TEORETICKÁ ČÁST

## 2. CÉVNÍ MOZKOVÁ PŘÍHODA (CMP)

Cévní mozková příhoda (CMP) je lékařsky uznávaný stav náhlého lokalizovaného neurologického poškození. Je spojeno s poškozením cévního zásobení centrálního nervového systému, může se projevit jako krvácení nebo infarkt. CMP obsadilo druhou nejčastější příčinu úmrtí a invalidity na světě. Nemoc není snadno definovatelná, k jejímu rozvoji může přispívat celá řada mechanismů, rizikových faktorů i chorobných procesů. Vysoká hladina krevního tlaku je hlavním ovlivnitelným rizikovým faktorem pro CMP. Až 85 % případů CMP je způsobeno z ischemických příčin, primárně způsobených embolem nasedající na aterosklerotický plát velkých tepen, trombo embolismem či arterosklerózou malých cév. Intracerebrální krvácení (ICH), které se může objevit v mozečku, mozkovém kmeni, bazálních gangliích nebo lobárních oblastech mozku, představuje 15 % všech případů mrtvice na celém světě. Zatímco krvácení v lobárních oblastech mozku je často spojeno s arterosklerózou, hluboké krvácení je typicky důsledkem hypertenzní arteropatie. Asi 20 % ICH je způsobeno trombózou žilního sinu, vaskulárními lézemi nebo jinými neobvyklými příčinami, tyto důvody jsou zvláště významné u lidí do padesáti let věku. Detekce lézí je možná díky pochopení anatomie cévního zásobení mozku i jeho nervových drah. Díky těmto znalostem radiologa je pro něj snadné interpretovat zobrazení mozku a následně pochopit funkční deficit. Díky zobrazovacích metod (ZM) je schopen předpovědět prognózu a zjistit příčinu CMP. ZM jsou dále nezbytné k rozlišení ischemické CMP od intracerebrálním krvácením (ICH).

### 2.1. CMP epidemiologie

Epidemiologie CMP odráží významnou a rozšiřující se výzvu pro celosvětové zdraví. CMP je druhá hlavní příčina úmrtnosti v zemích s vysokými až středními příjmy a dále je hlavní důvod invalidity mezi dospělými na celém světě. V těchto zemích se za posledních deset let výskyt ischemické a hemoragické CMP zvýšil na 85–94 případů na 100 000 lidí. U osob starších 75 let však incidence stoupá na 1151–1216 případů na 100 000 osob. Kromě toho země s nízkými příjmy představují 87 % let života s postižením spojeným s touto diagnózou a až 85 % všech úmrtí tato diagnóza

zapříčiní. Cerebrální cévní onemocnění je druhou nejčastější příčinou pozdní demence a primární příčinou epilepsie u starších osob.

## **2.2. Tranzitorní ischemická ataka (TIA)**

Je nezbytně nutné uznat, že tranzitorní ischemická ataka (TIA) a CMP jsou klinická onemocnění s možnými různými příčinami poškození mozkových cév. Přechodné neurologické postižení bez trvajících mozkového infarktu, které trvá méně než 24 hodin, se označuje jako TIA. Naopak CMP je charakterizována lokalizovaným neurologickým deficitem, který se rychle rozvíjí, trvá déle než 24 hodin nebo vede do 24 hodin k smrti jedince. Limit 24 hodin není vždy dodržen a mnoho pacientů s TIA skutečně vykazuje příznaky infarktu nebo mozkové ischemie. Což činí tyto definice v klinické praxi problematickými a snadno zaměnitelnými. Tyto a další faktory je činí nevhodnými pro léčbu mrtvice, jelikož tato terapie je silně vázána s časem a musí být zahájena bezodkladně. Zobrazování mozku, zejména pomocí MRI, je nezbytné v atypických případech, které jsou charakterizovány opakovanými stereotypními paresteziemi a necitlivostí v pažích a obličeji. Tyto případy jsou spojeny s konvexním subarachnoidálním krvácením. Očekává se, že v budoucnu budou upřednostňovány definice CMP a TIA založené na zobrazování vzhledem k rostoucí dostupnosti MRI. (Murphy et al., 2020., s. 561-566)

## **2.3. Klasifikace CMP**

Na základě mechanických faktorů, jako je ateroskleróza velkých tepen, kardioembolický původ, okluze malých cév, CMP jiné určené příčiny a CMP příčiny. Rozděluje široce používaný klasifikační systém Trial of Org 10172 in Acute Stroke Treatment (TOAST) pacienty s cerebrální ischemií do již vyjmenovaných pěti podtypů. Na druhé straně jsou pacienti kategorizováni podle stupně aterosklerózy, onemocnění malých cév, srdečního zdroje a dalších faktorů podle novější klasifikace A-S-C-O. V současné době však není známo, jakou hodnotou působící na klinický dopad bude tato klasifikace mít. (Murphy et al., 2020., s. 561-566)

Krvácení a ischemie, dvě hlavní formy CMP, jsou způsobeny různými okolnostmi. Krvácení je způsobeno přebytkem krve uvnitř lebky, zatímco ischemie je způsobena nedostatečným průtokem krve do části mozku, která nedostává dostatek kyslíku a výživy. V každé z těchto skupin existují podtypy s různými příčinami, klinickými projevy, průběhy, výsledky a způsoby léčby. Například intrakraniální

krvácení může být důsledkem subarachnoidálního krvácení (SAH), které zahrnuje krvácení do mozkomíšního moku, nebo ICH, které zahrnuje krvácení přímo do mozkové tkáně. (Caplan., 2019., s. 1-12) Asi pouhých 20 % pacientů má hemoragický typ CMP, která je většinou způsobena intracerebrálním krvácením (ICH). Mezi akutní CMP představuje značné nebezpečí netraumatické intracerebrální krvácení. Lze rozdělit hemoragickou CMP na typ primárního intraparenchymálního hematomu, intraventrikulárního krvácení či SAH Hemoragie u CMP může být důsledkem různých primárních nebo sekundárních příčin, jako je ruptura vrozené cévní malformace nebo mozková žilní trombóza. Neléčená hypertenze zvyšuje riziko jak předčasného úmrtí, tak dlouhodobé invalidity, protože výskyt ICH v těchto situacích výrazně stoupá. Intrakraniální krvácení se typicky projevuje jako náhlý nástup konkrétních neurologických deficitů, často se symptomy způsobených zvýšeného intrakraniálního tlaku uvnitř lebky. Symptomy mohou být cefalea, nauzea, vomitus, závratě až snížená úroveň vědomí. (Montano A., et al., 2021., s. 229-248)

Klasifikaci CMP lze primárně rozdělit na dvě hlavní kategorie. První kategorie CMP je způsobena trombózou, embolií zkrátka způsobuje ischemii mozku související se systémovou hypoperfuzí. Kdežto krvácení do mozku způsobené SAH nebo ICH se řadí do kategorie druhé. Nejprve se musí určit, zda příznaky CMP ukazují na krvácení nebo ischemii. Protože arteriální krev zásobuje mozkovou tkáň kyslíkem a cukrem, je snížený průtok krve primární příčinou většiny ischemických CMP. Okluze žil, které odvádějí krev z mozku, je další obtížně identifikovatelnou příčinou mrtvice. Žilní blokáda může mít za následek ischemii mozku a krvácení kromě toho, že způsobuje hromadění tekutin a edém mozku. (Caplan., 2019., s. 1-12)

## **2.4. Prevence**

### **2.4.1. Prevence primární**

Prevenci lze rozdělit na primární a sekundární. Do primární prevence CMP spadají kroky k odstranění rizikových faktorů vyvolávající vznik CMP. Primárním cílem je kontrolovat krevní tlak tak, aby bylo dosaženo ideálních, fyziologických hodnot, nejlépe 120/80 mm Hg. Medikamentózní terapie se doporučuje, pokud má pacient středně zvýšený krevní tlak (120–139/80–90 mm Hg) spojený se současným srdečním selháním, infarktem myokardu, diabetem nebo chronickým selháním ledvin. Aby se snížilo riziko, diabetici by měli upravit svůj životní styl a možná budou muset užívat léky. Dále se kontroluje koncentrace LDL cholesterolu (nízkodenzitní), její fyziologická



hodnota je stanovená do 3,9 mmol/l. Pokud je příliš vysoká, doporučuje se úprava životosprávy a případně užívání léků spadající do lékové skupiny statinů. Statiny jsou předepisovány ihned nově diagnostikovaným pacientům s bezpříznakovou karotickou stenózou. Jedinci, kteří jsou ohroženi CMP, by měli omezit konzumaci alkoholu a tabáku a místo toho se zaměřit na zvýšení fyzické aktivity a osvojení si zdravých stravovacích návyků, které jim pomohou zhubnout. Existuje doporučená denní dávka alkoholu, pro muže je stanovená hranice 20 g a u žen je hranice poloviční.

#### *Terapie v primární prevenci*

Jednou konkrétní léčbou používanou v primární prevenci je antitrombotická léčba. Antitrombotická léčba zahrnuje léčbu antiagregační a antikoagulační. Nízké dávky kyseliny acetylsalicylové v hranici mezi 50-100 mg, lze naordinovat u osob nad 45 let, které mají potvrzenou kombinaci přítomnosti jistých rizikových faktorů CMP. Dále jejich gastrointestinální trakt toleruje léky či látky obsahující kyselinu acetylsalicylovou, a hlavně se u nich vyskytuje vysoké riziko vzniku jakéhokoliv druhu ICH. U jedinců s ischemickou chorobou dolních končetin (ICHDK) lze podávat jako prevenci vzniku CMP citostazol. a asymptomatickou stenózou karotidy je další alternativou medikace. Kyselina acetylsalicylová i citostazol spadají do lékové skupiny antiagregancií. Jiné léky z agregancií se jako prevence vzniku CMP nepoužívá, jelikož doteď neexistuje důkaz o dostavení totožného účinku.

#### **2.4.2. Prevence sekundární**

K sekundární prevenci a příčin ischemické CMP je mnoho a mohou se velmi lišit. Častými přispěvateli je ateroskleróza, která postihuje krční nebo mozkové tepny, další příčinou vzniku CMP je mikroangiopatie, která postihuje perforující arterioly, které vedou k lakunárním infarktům (LACI), či embolizaci ze srdečních nebo jiných centrálních zdrojů. Mezi méně často se vyskytující příčiny se řadí disekce karotické tepny, trombofilní poruchy, mozková žilní trombóza, paradoxní embolizace přes foramen ovale, infekce, dědičné poruchy a další onemocnění. V pár případech se i přes využití nejmodernější diagnostiky nezjistí příčina vzniku CMP.

Když je pacient přijat s TIA nebo CMP, lze provést standardní i další pomocná vyšetření. Tato vyšetření zahrnují odběry krve na koagulaci, biochemický screening, elektrokardiografii (EKG), dále lze využít ZM. Ze ZM využíváme magnetickou rezonanci (MR) či výpočetní tomografii (CT) a k zobrazení cév hlavy existují CT angiografie (CTA), MR angiografie (MRA) nebo digitální subtrakční angiografie (DSA),

či málo využívaný ultrazvuk (UZ) intrakraniálních a extrakraniálních tepen. K určení přesné příčiny vzniku CMP mohou pomoci další vyšetření zahrnující spolupráci s interním lékařství nebo kardiologií, echokardiografií, monitorování krevního tlaku (TK) a EKG, vyšetření mozkové perfuze na CT, odborné laboratorní vyšetření a genetické vyšetření na vaskulitidu nebo vrozené trombofilní poruchy. Léčebný přístup je díky těmto novým doplňujícím informacím nápomocen k optimalizaci spojeným se zvláštním důrazem na sekundární prevenci.

#### *Terapie v sekundární prevenci*

K taktikám sekundární prevence ischemické CMP je dost podobná jako prevence primární. Jistě by se pacient tedy měl začít zajímat o možnostech úpravy životního stylu, omezení rizikových faktorů na možné minimum. V některých případech lze diskutovat i o využití intervenčních výkonů. Pod odborným dohledem využít možnosti cílené medikamentózní terapie, především antiagregační či antikoagulační léčba.

Antiagregační léčba, která účinně snižuje riziko celkové mortality jiných cévních příhod a recidivy ischemických CMP nekardioembolického původu bloádou koagulace krevních destiček. Nejvíce ovlivňuje riziko CMP při poruchách velkých a vedlejších tepen. V důsledku toho se tato léčba podává všem pacientům, kteří nevyžadují antikoagulační léčbu po ischemické CMP nebo TIA. Antiagregační léčba by měla být zahájena, jakmile CT vyšetření vyloučí hemoragickou etiologii CMP. U pacientů s intravenózní trombolytickou léčbou je antiagregační léčba zahájena až 24 hodin poté, co kontrolní CT nebo MR vyšetření mozku vyloučí hemoragickou transformaci. Doporučením první volby je samotný klopidogrel, protože jeho podávání je cenově výhodnější než podávání kyseliny acetylsalicylové (ASA), i když je o něco málo účinnější. Jako alternativu lze použít triflusal nebo tikagrelor; žádný lék však není pro tento účel v naší zemi schválen a ani jeden není účinnější v prevenci mrtvice než ASA nebo klopidogrel. Od roku 2016 již není k dispozici kombinace dipyridamolu a ASA s prodlouženým uvolňováním a většina pacientů užívajících tuto kombinaci byla převedena na klopidogrel. U vysoce rizikových nebo minimálně symptomatických pacientů prokázala kombinace ASA s klopidogrelem v časném období po CMP vyšší účinnost. S výjimkou některých okolností se dlouhodobá léčba této kombinace po ischemické CMP nedoporučuje. Přehodnocení patofyziologie a rizikových faktorů je zásadní pro pacienty, kteří prodělají recidivující CMP během antiagregační léčby.

Dávka současné antiagregační léčby se nezvyšuje, pokud není nalezena nová příčina vyžadující antikoagulaci a místo toho, pokud je to možné, se terapie převede na látku s jiným mechanismem účinku.

V rámci sekundární prevence je antikoagulační medikace užitečná u jedinců s nevalvulární fibrilací síní, kteří prodělali (TIA) nebo ischemickou (CMP). Perorální antikoagulace je jim indikována dlouhodobě, pokud tedy nemají jakoukoliv kontraindikaci k této léčbě. Pro zvolení warfarin by mělo být INR naměřeno v hodnotách 2,0–3,0. Existují nová nebo přímá antikoagulancia, která jsou přinejmenším stejně účinná jako warfarin a není u nich potřeba kontrolovat krevní koagulační faktory. Za určitých okolností mohou být dokonce bezpečnější a účinnější. Přímá antikoagulancia omezuje řada faktorů, které mohou bránit jeho užití. Mezi tyto faktory se řadí potíže s rovnováhou, epileptické záchvaty spojené s pády nebo nedostatečná spolupráce pacienta. Před zahájením antikoagulační léčby je třeba u každého pacienta zvážit rizika a přínosy. Stupeň příhody určuje, kdy by měla být po CMP zahájena antikoagulace. Další klíčovou složkou je sledování EKG po dobu několika týdnů až měsíců po incidentu u pacientů, jejichž etiologie ischemie CMP není známa. Antikoagulační léčbu lze vzít v úvahu u určitých konkrétních podskupin pacientů s ischemickou CMP, jako jsou pacienti se srdečními zkraty, či s aneurysmatem bazilární tepny. U pacientů s fibrilací síní nebo u pacientů s nízkým rizikem se již nedoporučuje používat dříve užívanou alternativní antikoagulační medikaci, protože nebyla prokázána její prospěšnost při snižování recidivy CMP, avšak zvyšuje riziko krvácivých problémů.

#### **2.4.3. Režimová opatření**

Se zaměřením na přísnější provádění se režimová opatření a úpravy stravy opět podobají primární prevenci. Navíc lze přidat léčba spánkové apnoe dýchacích cest řadících se do poruch dýchání ve spánku. Důrazně se doporučuje přestat kouřit, pít méně alkoholu a jíst stravu s vysokým obsahem ovoce, zeleniny a vlákniny a nízkým obsahem sodíku a nasycených tuků. Když je někdo obézní, doporučuje se redukční dieta. Naopak se nedoporučuje u žen hormonální substituční léčba a pro obě pohlaví se nedoporučuje užívání antioxidantů ani vitamínových doplňků jako náhradu pestré stravy. (Škoda., 2020., s. 2-5).

## **2.5. Rizikové faktory**

### **2.5.1. Neovlivnitelné rizikové faktory**

Rizikové faktory (RF) vzniku CMP lze rozdělit na neovlivnitelné a ovlivnitelné. Mezi neovlivnitelné rizikové faktory hlavně spadá hlavně vyšší věk, se kterým se zvyšuje riziko vzniku CMP. Po pětapadesátém roce věku se riziko CMP každých deset let zdvojnásobí. Dále také je vyšší riziko spojeno převážně s ženským pohlavím. Před menopauzou mají ženy stejné nebo zvýšené riziko CMP ve srovnání s muži. Z důvodů rizikům spojených se užíváním perorální antikoncepce a těhotenství. Zdá se však, že muži mají v pozdějším věku o něco vyšší míru výskytu CMP. I genetické predispozice a vady se řadí mezi neovlivnitelné rizikové faktory. Kromě poruch pojivové tkáně a jedno genových onemocnění spojených s CMP, jako je homocystinurie a srpkovitá anémie, výzkum Megastroke našel 32 významných pozic na chromozomu v celém genomu, z nichž 22 bylo dříve neznámých. Polovina těchto pozic vykazuje společné genetické asociace s jinými vaskulárními stavy, přičemž nejsilnější korelaci vykazuje krevní tlak. Další pozice vykazují silné asociace se specifickými mechanismy mrtvice, jako je onemocnění velkých i malých tepen a srdeční embolie.

### **2.5.2. Ovlivnitelné rizikové faktory**

Ovšem nejlépe ovlivnitelným rizikovým faktorem CMP je právě vysoká hladina krevního tlaku. Hypertenze v anamnéze je přítomna u více než poloviny pacientů s CMP, zejména u pacientů s ICH. Zvýšené hodnoty krevního tlaku jsou spojeny se zvýšeným rizikem CMP, a to i u lidí, kteří nemají oficiálně diagnostikovanou hypertenzi. Prevence primární i sekundární CMP vyžaduje pravidelnou kontrolu a s tím spojenou účinnou léčbu hypertenze. Po 60. roce se vliv hypertenze na riziko CMP snižuje a do 80. roku věku je její relativní riziko zanedbatelné. I diabetes mellitus (DM) sám o sobě zdvojnásobuje riziko CMP a představuje 20 % všech úmrtí u pacientů s touto nemocí. Z kardiovaskulárních faktorů má největší podíl kardioembolický infarkt. Způsobuje nejzávažnější podtyp ischemické CMP s vyšší mírou invalidity a úmrtí a je významně ovlivněn fibrilací síní (FS). Prevalence FS se zvyšuje s věkem a u lidí nad 80 let a zodpovídá za 20–25 % výskytu CMP. Antikoagulační léčba snižuje relativní riziko CMP u lidí s FS přibližně o dvě třetiny. I mezi dyslipidemií a CMP existuje komplexní spojení. Vyšší hladiny cholesterolu s vysokou hustotou lipoproteinů korelují s nižším rizikem ischemické CMP. Ovšem zvýšený celkový cholesterol je spojen se zvýšeným

rizikem ischemické CMP. Na druhé straně existuje negativní korelace mezi rizikem ICH a celkovou hladinou cholesterolu v krvi. Při použití v sekundární prevenci se zdá, že statiny snižují riziko ischemické CMP. Zároveň zlepšují funkční výsledky a snižují úmrtnost, aniž by znatelně zvyšovaly riziko ICH. V případech, kdy existují závažné důvody pro použití statinů, jako je klinicky významná ischemická choroba srdeční, se doporučuje uvažovat o jejich poskytnutí pacientům, kteří přežili ICH. Dále kouření ale naopak zdvojnásobuje riziko CMP. To však lze rychle snížit vysazením a po dvou až čtyřech letech dodatečné nadměrné riziko téměř úplně zmizí. Samozřejmě mimo kouření i užívání alkoholu a zneužívání návykových látek má jistý dopad na možný výskyt CMP. Méně, než čtyři jednotky alkoholu konzumované denně jsou spojeny s nižším rizikem ischemické CMP, ale více než čtyři jednotky toto riziko zvyšují. Pravidelné užívání alkoholu zvyšuje riziko ICH. Kokain, heroin, amfetaminy, konopí a extáze spadají do skupiny rekreačních drog. Tyto drogy jsou spojeny se zvýšeným rizikem vzniku CMP, a to zahrnuje jak CMP ischemické, tak i ICH. Zvýšené zánětlivé markery mohou mírně zodpovídat za vznik ateroskleróza a CMP. CMP může být způsobena infekcemi a údaje naznačují, že jedinci naočkovaní proti chřipce, mají snížené riziko CMP. Naopak uzávěry velkých tepen jsou spojovány s COVID-19 kvůli vzniku hyperkoagulace i hyperzánětlivých stavů s ním spojeným. Celkově sedavý způsob života a s tím spojená obezita, hladina krevního tlaku, cholesterolu a glukózy hrají hlavní roli ve vztahu mezi indexem tělesné hmotnosti a rizikem vzniku CMP. Ve srovnání s vysoce aktivním životním stylem je právě fyzická aktivita spojená se sníženým rizikem vzniku i celkovou úmrtností na CMP. (Murphy et al., 2020., s. 561-566)

### **2.5.3. Korekce hlavních rizikových faktorů**

Ke korekci hlavních rizikových faktorů se řadí opatření ke zmírnění jejich účinků, jako je monitorování krevního tlaku, kontrola diabetu a glykémie a podávání statinů všem pacientům s nekardioembolickou CMP.

#### *Korekce krevního tlaku*

Kontrola krevního tlaku je nezbytná a každý, kdo prodělal TIA nebo CMP, by měl být pravidelně monitorován. Ve fázi po akutní mrtvici se doporučuje snížit krevní tlak. Pacienti, kteří právě prodělali CMP, by se měli zaměřit na ještě nižší cílové hodnoty krevního tlaku, s cílem 140/90 mm Hg. Ideální hodnoty jsou v rozsahu 120/80 mm Hg, jsou však nutné specifické úpravy. Při chronickém ucpání hlavních tepen je

třeba postupovat opatrně. Antihypertenzní medikace výrazně snižuje možnost recidivy CMP, zejména při poklesu systolického krevního tlaku o 10 mm Hg a diastolického krevního tlaku o 5 mm Hg. Výběr antihypertenziv by měl být přizpůsoben stavu pacienta a vlastnostem léku. Betablokátoři jsou z hlediska účinnosti méně účinné než blokátory kalciových kanálů. Zatímco ACE inhibitory jsou často považovány za základní a mohou být použity ve spojení s diuretiky. Sartany a další inhibitory angiotenzinových receptorů mají srovnatelný potenciál.

#### *Korekce glykémie*

Po CMP musí jedinci pravidelně kontrolovat hladinu glukózy v krvi = glykémie. V případě zjištění zvýšení je první linií léčby úprava životního stylu, poté individualizovaná medikace k dosažení hladiny glykémie nalačno nižší než 7,5 mmol/l. Pioglitazon se v těchto případech doporučuje u pacientů s diabetem 2. typu, kteří nepotřebují inzulin, protože studie prokázaly snížení výskytu recidivujícího CMP o 47 %. Bez ohledu na přítomnost nebo nepřítomnost podstatné dyslipoproteinémie se všem pacientům, kteří prodělali nekardioembolickou CMP, doporučuje pokračovat v léčbě pomocí statinů. Studie ukázaly, že pacienti dobře reagují na atorvastatin, simvastatin nebo rosuvastatin.

#### *Korekce LDL cholesterolu*

Dalším hlavním cílem této terapie je snížit LDL cholesterol na hodnotu menší než 1,8 mmol/l. Statiny mohou mít také nelipidové výhody, jako jsou antioxidační, antitrombotické a protizánětlivé vlastnosti. Ezetimib může být zvažován jako doplněk ke statinům, zejména u diabetických a vysoce rizikových pacientů. Případně u pacientů, kteří i přes agresivní léčbu statiny stále vykazují zvýšené hladiny LDL cholesterolu, nebo mají projevy nežádoucích účinků spojených s užíváním statinů. (Škoda., 2020., s. 2-5).

## **2.6. Diagnostika CMP**

Pro diagnostiku CMP mají klíčovou úlohu zobrazovací techniky. Počítačová tomografie (CT) mozku je nejčastější používanou metodou v současnosti. Výhoda CT spočívá v rychlosti, také je snáze dostupné i levné. Je s ním spojeno méně obecných kontraindikací. Vzniká méně pohybových artefaktů, angiografie má lepší rozlišení. Limitace spočívá ve výtěžnosti v zadní jámě i v detekci malých lézí. Hlavní nevýhodou je využití ionizující záření (IZ), a také nutnost podání KL u CT perfuze mozku (CTP)

i CT angiografie mozkových a krčních tepen (CTA). Existuje i menší specifita u stroke mimics. Stroke mimics je nenadálý fokální neurologický deficit, jehož symptomatologie připomíná CMP, avšak ve skutečnosti se o CMP nejedná. V těchto případech se většinou jedná o migrénu, epileptické záchvaty a podobně. U všech pacientů s podezřením na akutní CMP je CT nezbytné pro vyloučení jiných patologií jako je krvácení nebo tumor a k posouzení celkového rozsahu ischemie. Důležitost CTA je spojena se zjištěním přesné lokalizace uzávěru lumen cévy u pacientů, kterým tím pádem může být indikována mechanická trombektomie (MT). Cílem perfuzní analýzy je zjištění rozsahu ischemické penumbry a rozlišení jádra ischemie (core). Důležitost spočívá ve správném nastavení postprocesingu, která je zásadní pro správné hodnocení zjištěných změn na CT. Jsou k dispozici softwarové nástroje pro automatickou analýzu ASPECTS, tu lékaři využívají k vyhodnocení CTP a také k zhodnocení kolaterálního toku. Snížení variability hodnocení vede k urychlení triáže pacientů indikovaných k MT, což je hlavním přínosem softwarového zpracování.

Pokud jde o diagnostiku a léčbu akutního CMP, ZM jsou nedocenitelné. Tyto techniky zahrnují mechanickou trombektomii i intravenózní trombolýzu, které jsou v klinické praxi indikovány na základě pacientovy anamnézy, fyzikálního vyšetření a předběžných výsledků CT mozku a CTA mozkových cév. Pokud jde o ZM pro akutní CMP, CT mozku je stále nejpoužívanějším standardním postupem. Od samého startu je CT hlavní ZM používanou k diagnostice akutní CMP. Původně se používal pouze k vyloučení intrakraniálního krvácení a k zobrazení edému mozkové tkáně na nativních CT snímcích. S rozvojem ZM a možností použití kontrastních látek (KL) se cerebrální CTP a CTA staly standardními postupy. Zatímco tyto modality CT před zhruba deseti lety teprve začínaly nabízet zobrazovací schopnosti pro diagnostiku CMP, pokroky v nativním a angiografickém postprocesingu CT, stejně jako využití automatických softwarových analýz, práci radiologům mnohem usnadnily a urychlily. Seznam akutních případů CMP, u kterých je indikována mechanická trombektomie, se ve světle současného množství využití rozrostl.

Kromě kvalifikovaného radiologa a adekvátních dat je pro komplexní posouzení změn na CT klíčové mít správné parametry následného zpracování= postprocesingu. V závislosti na tom, jak dlouho uplynulo od začátku symptomů CMP, mají různé CT modality různé indikace. Musí být provedeno nativní CT mozku, aby mohla být podána intravenózní (i.v.) trombolýza (IVT) a to do 4,5 hodiny od začátku příznaků. Toto CT

dokáže vyloučit nevaskulární onemocnění, jako jsou již zmíněné nádory a dále i dokáže vyloučit vaskulární krvácení. U pacientů, u kterých je doporučena mechanická trombektomie, je rozhodující CTA, protože pomáhá při identifikaci místa arteriální blokády a s tím spojené ischemie a také se hodnotí extrakraniální anatomické abnormality. (Cimflová et al., 2019., s. 150-159) Zvláště v prvních 90 minutách je nalezení časných ischemických změn poměrně nemožné. (Cihlář et al., 2023., s. 103-109) Avšak při zvažování mechanické trombektomie za více než šest hodin od začátku příznaků je nezbytné další posouzení ischemické penumbry – hypoperfundované, ale životaschopné tkáně, a to vše díky CTP. Stále je možné, že trombolytické okno bude v budoucnu rozšířeno na základě pozitivní perfuzní analýzy. Přestože očekávané výsledky studie ECASS IV neprokázaly statisticky významný přínos pro pacienty léčené trombolýzou aplikovanou i.v. po uplynutí 4,5 hodin podle důkazů penumbry ve srovnání s kontrolní skupinou. (Cimflová et al., 2019., s. 150-159)

## **2.7. Terapie ischemické CMP pomocí IVT**

U akutní ischemické formy CMP se v standardní terapii používá intravenózní trombolýza neboli rekombinantní tkáňový aktivátor plazminogenu Altepláza. Forma podání, jak vyplývá z názvu, je i.v. a podání má být zahájeno u pacienta co nejdříve po příjezdu do nemocnice. Pro nejlepší možný výsledek IVT musí být splněné jistá kritéria. Absolutně základním kritériem je stanovení diagnózy CMP, dalším základním kritériem je délka časového okna, tedy doby od prvního projevu příznaků CMP. Nejpozitivnější výsledek efektu IVT je při podání do 4,5 hodin od vzniku prvních příznaků. (Neumann., 2021., s. 291-299) Zjistit délku časového okna lze od příbuzných či svědků. Hemiparéza, která může vést k hemiplegii, je nejběžnější příklad náhlého nástupu neurologických symptomů. Tyto symptomy klinického obrazu právě často doprovázejí CMP centrálního nervového systému (CNS). Mohou se také objevit poruchy symbolických funkcí, včetně afázie neboli poruchy porozumění nebo možnosti tvorby řeči, dále neočekávané, nevysvětlitelné závratě až pády. Mezi dodatečné neurologické symptomy lze řadit náhlé změny zrakové ostrosti, či dvojité vidění nebo jednostrannou slepotu. (Neumann., 2007., s. 30-31) Do dodatečných kritérií lze zařadit věk pacienta. Pacient by měl být starší 18ti let. Dále také posouzení nálezu velikosti ložiska díky provedeném nativním CT mozku, díky ASPECTS score. U malých až středních velikostech ložiska, tedy dle ASPECTS score jsou to hodnoty větší než hodnota 7 tedy maximální rozsah 1/3 povodí ACM. Na nativních skenech mozku



známky časné ischemie u CMP lze rozeznat díky snížení rozdílu v kontrastu mezi bílou a šedou hmotou mozkovou. Dále nejsou detailně zobrazené hranice jader bazálních ganglií. Nálezy na skenech často mívají edém okolo ložiska ischemie. Naopak u nálezu ložiska velikosti hodnoceného dle ASPECT score na hodnotu menší než 7, či jinak řečeno u větší rozsahu postiženého povodí, tedy než 1/3 ACM, se aplikace IVT nedoporučuje. Důvodem je vyšší riziko vzniku krvácení do intrakraniální oblasti, či zhoršení celkového klinického stavu pacienta. U časového okna delšího než 4,5 hodiny lze IVT aplikovat dle totožných vstupních kritérií. U ještě delšího časového úseku od projevení prvních příznaků, tedy v úseku do 9 hodin, se dle prokázaném nálezu ischemie odvíjí terapie IVT dle CTP. IVT lze aplikovat při nálezu maximálním objemu 70 ml jádra ischemie a objemu penumbry do 10 ml. Při nemožnosti zjištění délky časového okna jsou doporučení k podání stanovena totožně, jako u úseku do 9 hodin. U pacientů, u kterých nebylo možné zjistit objem jádra ischemie ani objem penumbry, se terapie pomocí IVT nedoporučuje.

### **2.7.1. Absolutní kontraindikace**

Mezi absolutní kontraindikace podání IVT se na prvním místě řadí nález krvácení do intrakraniální i subarachnoidální oblasti díky CT skenů. Nemožnost ani přes účinek antihypertenzní terapie srovnat tak do hodnot menších než 185/110 mmHg. Dále nelze IVT terapii aplikovat při zjištění disekce aorty, či terapie pacienta nefrakcionovanou či nízkomolekulární formou heparinu. Ohledně možnosti aplikace IVT při pravidelném užívání warfarinu se lze řídit hodnotou 1,7 INR. Pokud je tato naměřená hodnota menší než tato hranice, lze pacienta s ischemickou formou CMP léčit pomocí IVT.

### **2.7.2. Relativní kontraindikace**

Terapie pomocí IVT lze aplikovat u pacienta i přes přítomnost jedné či dvou relativních kontraindikací. Mezi relativní kontraindikace lze zařadit přítomnost epileptického záchvatu spojeného se začátkem projevu prvního příznaku CMP. Dále zde spadá prodělaný akutní infarkt myokardu (AIM) za poslední tři měsíce. I hodnota glykemie spadá do relativních kontraindikací, avšak jen hypoglykemie a extrémní hyperglykemie. Tedy hodnota glykemie do 2,7 mmol/l, či hodnota vyšší, než je hranice 22,2 mmol/l, v tomto případě lze IVT aplikovat však pouze zároveň s aplikací inzulínu. V neposlední řadě zde lze zařadit i tumor vyskytující se v či mimo intrakraniální oblast.

### **2.7.3. Dávkování IVT**

Doporučená dávka alteplázy se váže k hmotnosti pacienta postihnutým ischemickou formou CMP. Vztah doporučeného dávkování je 0,9mg/kg hmotnosti pacienta. Také je stanovena maximální doporučená dávka alteplázy a to 90 mg. Aplikace alteplázy probíhá z 10 % formou i.v. bolusu a zbylých 90 % se během minuty aplikuje během 60 minut z infuze. Altepláza však nemůže být podána stejným i.v. přístupem jako ostatní léčiva. Nemá být smíchávána s ostatními léky v lineárních dávkovačích ani v totožných láhvích s infuzemi.

### **2.7.4. Doporučení k IVT terapii**

Po aplikaci se doporučuje sledovat možnost nově vytvořených zdrojů krvácení. U alteplázy se hodnotí časový interval od zahájení aplikace a následně její účinnost a bezpečnost. Terapii IVT je nutno zaznamenat do národního registru fungující pod kontrolou odborné společnosti. (Neumann., 2021., s. 291-299)

## **2.8. Terapie ischemické CMP pomocí mechanické trombektomie**

Pro terapii pomocí mechanické trombektomie (MT) je nutné posoudit stav extrakraniálních tepen, tedy zjistit přítomnost okluzí a stenóz tepen. Také posouzení morfologie karotických tepen, včetně jejich stavu vinutí při odstupu z aortálního oblouku, které mohou ztížit MT, je zásadní. V časovém intervalu během 6-24 hodin mohou být pacienti zvažováni pro výkon MT, avšak za podmínky že získají alespoň šest bodů v ACPECTS score. Přítomnost krvácení v intrakraniální oblasti na CT vyšetření, stejně jako jiný neurologický stav než ischemická CMP, který byl potvrzen jako příčina akutního neurologického deficitu, jsou kontraindikací pro provedení MT.

Rozhodnutí vyřadit pacienta z intervenční léčby by mělo být provedeno s velkým rozmyslem. Stanovení hodnoty z ASPECTS score pro indikaci MT je nyní v praxi klíčové. Rozdíl mezi 5 a 6 body je rozhodujícím prvkem. Nedávné publikace zkoumaly výhody MT u pacientů s nízkým skóre ASPECTS 3–5. Hranice skóre ASPECTS bude pravděpodobně dále snížena až o tři body, což naznačuje indikaci MT. Vzhledem k tomu, že většina pacientů bude k léčbě doporučena, tato úprava srovnatelně omezí význam skóre ASPECTS. (Cihlář et al., 2023., s. 103-109)

## **2.9. Terapie hemoragické CMP pomocí snižování tlaku**

Nejlepší metody pro léčbu hemoragické mrtvice jsou předmětem četných výzkumných studií. Řadí se mezi ně zkoumání vlivu prudkého snížení TK a podávání antihypertenziv během akutní fáze mozkového krvácení. Místo chirurgie v léčbě hemoragické mrtvice je však stále předmětem diskuse.

### **2.9.1. Snižování TK**

Doporučuje se postupně snižovat TK pomocí léků, jako jsou beta-blokátory, ACE inhibitory nebo blokátory kalciových kanálů na cílovou hodnotu 150/90 mmHg. TK by se měl kontrolovat v intervalech každých 10 až 15 minut. Včasné a agresivní snížení TK může zabránit expanzi hematomu do 72 hodin, podle studie INTERACT. Hypertenze je spojována s neurodegenerativními onemocněními, která mohou být až smrtelná. U jedinců s hypertenzí mezi 150 a 220 mmHg se doporučuje, aby byl akutní krevní tlak snížen na 140 mmHg. Jedná se o bezpečnou terapii, která jim může pomoci znovu získat funkční funkci. Pokud je však TK pacienta vyšší než 220 mmHg, je nutné naordinovat agresivní terapii pro snížení TK pomocí kontinuální intravenózní infuze.

### **2.9.2. Snižování intrakraniálního tlaku**

Nejjednodušší terapií vysokého intrakraniálního tlaku je zvednout čelo lůžka na třicet stupňů a podat osmotické léky, včetně mannitolu nebo hypertonického fyziologického roztoku. Obvykle lze podávat dávku 1,0 až 1,5 g/kg mannitolu 20 %. Sedace a hyperventilace po intubaci je nutná, pokud intrakraniální tlak neustále stoupá. U pacientů s potvrzenou přítomností hydrocefalu nebo u skóre na Glasgow Coma Scale do hodnoty 8 by se měl intrakraniální tlak kontrolovat ventrikulárním nebo parenchymálním katétre. Jednou z výhod katetrizace je zároveň možnost drenáže mozkomíšní mok například u pacientů s hydrocefalem. Cílem je udržení mozkového perfuzního tlaku mezi 50 a 70 mmHg.

## **2.10. Terapie hemoragické CMP pomocí hemostatické terapie**

Hemostatická léčba má zastavit šíření hematomu a je zvláště důležité řešit problémy s koagulací, které se vyskytují u pacientů na antikoagulační léčbě. Vitamin K, koncentráty protrombinového komplexu, rekombinantní aktivovaný faktor VII a čerstvě zmražená plazma jsou některé z léčebných technik. Jedinci, kteří mají zvýšený protrombinový čas INR, by měli dostat intravenózně vitamin K kromě čerstvě

zmrazené plazmy nebo koncentrátu protrombinového komplexu. Pacienti s trombocytopenií potřebují koncentráty krevních destiček. Alergické reakce související s transfuzí jsou nicméně možné. Rekombinantní aktivovaný faktor VII snižuje expanzi hematomu, ale nezlepšuje přežití ani funkční výsledky. Jelikož nemůže nahradit všechny srážecí faktory, tak se jeho použití nedoporučuje pro všechny pacienty.

## **2.11. Terapie hemoragické CMP pomocí chirurgické terapie**

Existuje několik chirurgických způsobů terapie hemoragické CMP, jako je dekompresivní kraniektomie a prostá kraniotomie. Časná chirurgická operace může být přínosná pro pacienty, jejichž lobární krvácení je méně než 1 centimetr od povrchu mozku a kteří mají méně závažné klinické příznaky hodnocené dle skóre Glasgow Coma Scale. V případech cerebelárních krvácení v kombinaci s hydrocefalem nebo kompresí mozkového kmene je nutná nouzová chirurgická evakuace. Po operaci mají pacienti s cerebelárním krvácením do průměru 3 cm obvykle lepší výsledky. Cerebelární hematomy jsou obvykle evakuovány subokcipitální kraniektomií. Je však důležité mít na paměti, že odstranění krve z mozkového kmene může být škodlivé a nedoporučuje se. (UNNITHAN, Ajaya Kumar A., et al., 2023., s. 1-18)

### 3. NATIVNÍ CT MOZKU

Nativní CT mozku dokáže nejen pomoci s vyloučením jiných patologií jako je krvácení nebo nádor, které by mohly vyloučit reperfuční terapii. Zároveň je nativní CT mozku nápomocná k posouzení stádia a rozsahu ischemie. Nativní CT vyšetření je klíčovým diagnostickým nástrojem u pacientů s podezřením na akutní CMP. Změny na mozku mohou být v prvních dvou hodinách nepatrné, ale postupně se vyvinou časné ischemické změny, a nakonec se vykreslí ohraničená hypodenzní oblast, která odpovídá mozku postiženému infarktem. Pro efektivní identifikaci těchto relativně běžných ischemických změn je nutné získat úzké řezy z mozkového okna CT skenu pro rozlišení nejmenších denzitních odchylek. Zde používáme mozkové okno WW 35-40 HU a WL 35-40 HU, místo klasického okna WW 80 HU, WL 40 HU. Hranice mezi šedou kůrou mozkovou a bílou hmotou mozkovou v důsledku cytotoxického edému vymizí.

Často pozorovaný předběžný projev ischemických změn ve střední mozkové tepně (ACM), se označuje jako příznak insuly. Vzhledem k omezené kolaterální cirkulaci v této oblasti je oblast insuly při okluzi ACM jedna z prvních mezi postiženými. Stejně tak k časnému postižení bazálních ganglií dochází v případě proximálního uzávěru ACM.

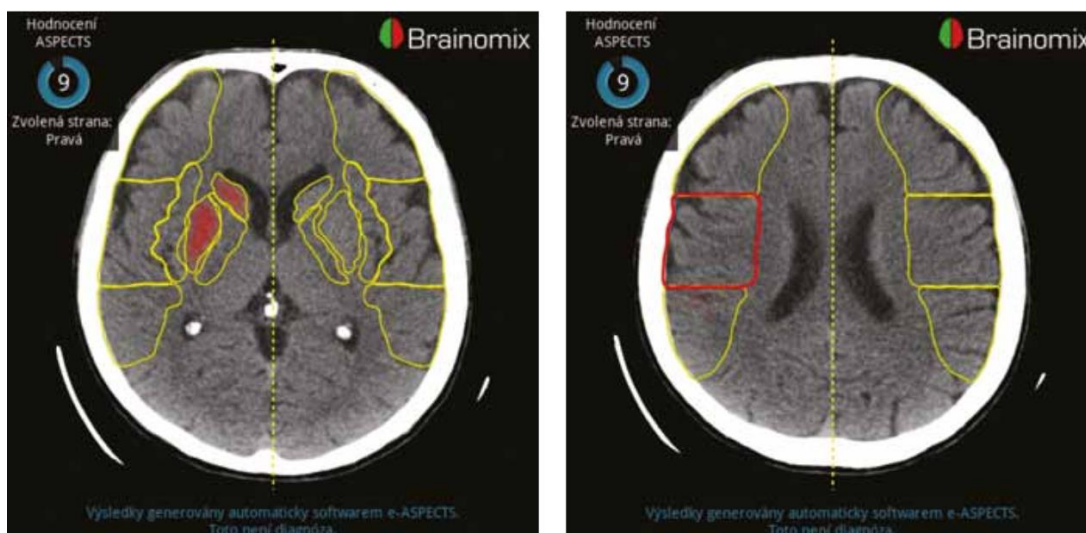
#### 3.1. ASPECT skóre

Povodí ACM lze rozdělit na deset anatomických regionů a hodnotí se dle kvantitativní škály Alberta Stroke Program Early CT Score (ASPECTS). Tato desetimístná škála hodnotí stupně časných ischemických změn mozku. Skóre ASPECT se hodnotí v oblasti bazálních ganglií. ASPECTS má maximální hodnotu deseti bodů. Za každou poškozenou oblast se z celkového skóre odečte jeden bod. Hodnota 10 představuje žádné postižení v oblasti teritoria ACM, avšak hodnota 0 naopak představuje celkové postižení ACM teritoria. (Cimflová et al., 2019., s. 150-159) ACM je rozdělena do deseti oblastí, z nichž čtyři jsou umístěny centrálně a zbývajících šest se nachází v kortikální oblasti. Každá z těchto šesti částí je rozdělena do dvou etáží, přičemž každá tato etáž obsahuje přesnou polovinu, tedy celkově tři oblasti k hodnocení. (Cihlář et al., 2023., s. 103-109)

Nevýhody ASPECTS spočívají v obtížnosti vyhodnocení skenů se špatnou kvalitou obrazu způsobenou například díky pohybovým artefaktům. Je zde složitější

zhodnotit přítomnost akutní ischemie při současné existenci přetrvávajících chronických změn na ACM. Ve vertebrobazilárním povodí je akutní ischemie lépe hodnotitelná ze skenů CTP a CTA. Takzvaný příznak denzní arterie může sloužit jako pomocná reference pro diferenciální diagnostiku náhlého neurologického deficitu. Může značit fakt, že lumen cévy je uzavřen trombem. Na nativních skenech CT mozku je pozorována zvýšená denzita (60-90HU) v lumen cévy. Vyšší hodnota naměřené denzity je způsobena vyšším obsahem erytrocytů v trombu. Avšak absence tohoto příznaku nezaručuje reálnou existenci trombu. Proto je nezbytné provést následné CTA k přesnější identifikaci defektu v lumen cévy mozku.

Navzdory tomu, že je ASPECTS spolehlivější než dřívější techniky, subjektivita radiologů stále ovlivňuje hodnocení. Mezi dvěma radiology může být rozdíl až o tři body na kvantitativní škále. Převážně se to týká časných příznaků, kdy ischemie není ještě výrazně vykreslena. Pro zamezení ovlivnění hodnocení ze strany radiologů byl kromě ASPECTS vytvořen software e-ASPECTS Brainomix. E-ASPECTS je schopen automatizovaného hodnocení časných změn ischemie na nativních skenech CT mozku. Tento program má vysoký stupeň spolehlivosti a může pomoci urychlit diagnostiku, a i rozhodnout o pacientech, u kterých je následně doporučena mechanická trombektomie. Hlavní výhodou zpracování přes program zahrnuje téměř okamžitou dostupnost výsledků softwarové analýzy. Výsledky lze tedy uložit do systému PACS, hlavně lze standardizovat hodnocení. Poklesne rozmanitost v posuzování časných ischemických změn ve srovnání s hodnocením radiologů s různou úrovní zkušeností. Hlavním cílem využití softwarového zpracování snímků není nahrazení ručního posouzení snímků zkušeným radiologem, ale spíše by mohl své využití najít v pomoci v klinické praxi.



Obrázek 1: ASPECTS skóre programu Brainomics – nativní CT mozku (Cihlár et al., 2023., s. 103-109)

CT mozku zůstávají klíčovou složkou péče o CMP a poskytují jasné výhody z hlediska přidělení druhu terapie a zhodnocení prognózy pacienta. V praxi je často tento smysl zaměňován. Rekanalizační terapie jsou obecně výhodnější pro jedince s nálezy, které reprezentují negativní prognózu než pro pacienty s nálezy, které značí pozitivní prognózu. Nativní CT mozku je rychlá diagnostická technika používaná v klinické praxi k detekci patologií vyskytujících se v mozku, jako je krvácení nebo časný projev ischemie. (Cimflová et al., 2019., s. 150-159)

### 3.2. Protokol CT mozku

Důležitá část přípravy je poskytnutí jasných pokynů pacientovi ze strany radiologického asistenta (RA) a fixování jeho hlavy. Aby se předešlo pohybu během skenování a zabránilo se tak znehodnocení CT skenů. RA pacientovi přikáže předklonit hlavu a přiblížit tak bradu k hrudi. Případně RA sklápí gantry po nastavení rozsahu vyšetření na topogramu do úhlu, kdy se paprsky IZ vyhnou oční čočce a nepoškodí jí tak. Práce RA dále spočívá ve správném nacentrování pacienta vleže na zádech v ose stolu, tak aby CT skeny pokryly oblast od vertexu až po bázi lebni. Na základě správného nacentrování si díky bočního topogramu RA nastaví tento požadovaný rozsah vyšetření. Ideální kvalita CT skenů je dosažitelná se správně nastavenými parametry CT, tím je myšlena hodnota kilovoltů (kV) a miliampér sekund (mAs). Maximální nastavená hodnota kilovoltů 130 kV, ideálně však pouhých 120 kV a mAs by měly být nastaveny v rozmezí 300-350. Hodnota CTDIvol by měla být na hranici 45-55 mGy. U kolimace existuje závislost na druhu konstrukce detektorů, u MDCT by měla být kolimace nastavena v rozmezí 0,5-1,2 mm. I pitch faktor podléhá

totožným okolnostem. Hodnota pitch faktoru by se měla pohybovat u MDCT mezi 0,6-1,0. Tloušťka vrstvy po rekonstrukci je 4-6 milimetrů (mm). (Ministerstvo zdravotnictví ČR., 2016., s. 16)



## 4. CT PERFUZE MOZKU

CTP vyšetření poskytuje informace o současné funkčnosti mozkové tkáně i popisuje stav prokrvení mozku. Jeho primárním cílem je odlišit tři typy ischemie. První je ischemické jádro, což je nezvratně nefunkční tkáň. Druhým typem ischemie je ischemická penumbra, což je životaschopná, ale hypoperfundovaná tkáň. A poslední benigní oligémie je hypoperfundovaná tkáň, která i bez provedení reperfuze setrvává bez ischemie. (Cimflová et al., 2019., s. 150-159)

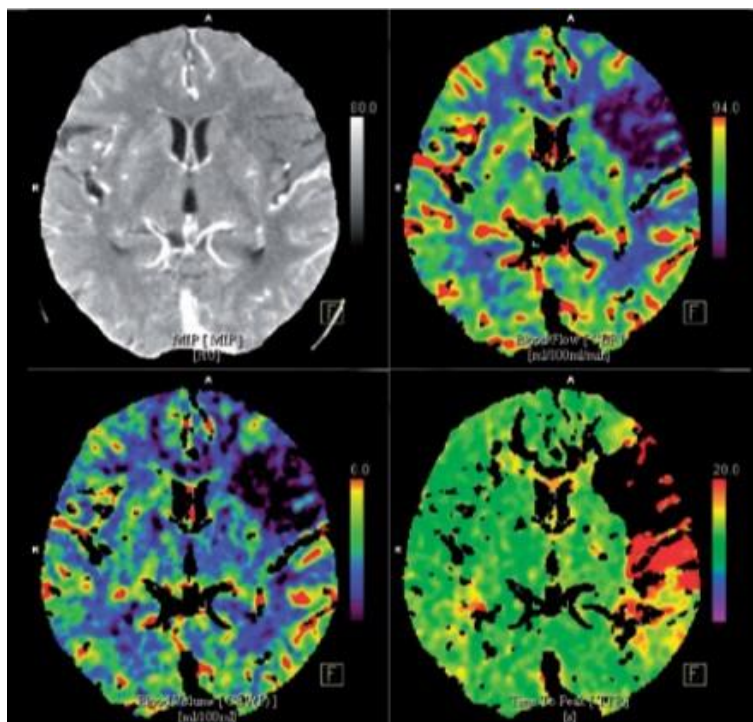
### 4.1. Princip

Technika CTP zkoumá změny v denzitě tkáně, ke kterým dochází po i.v. aplikaci KL. Princip CTP funguje na základě dynamického skenování, což se označuje jako proces opakovaného skenování konkrétního řezu nebo řady řezů za účelem sledování změn v průběhu času. CTP registrují změny v objemu, tvaru, ve úpravě vlastností. CTP zobrazování hodnotí celkovou hustotu tkáně obsahující mikrocévy, které nejsou jednotlivě viditelné na CT snímcích, na rozdíl od tradiční CT angiografie, která se naopak zabývá makrocirkulací. Jelikož u mnohých patologických procesů dochází k poruše perfuze i krevního průtoku. Přímá závislost mezi denzitou tkáně a koncentrací jódu v KL, která usnadňuje stanovení parametrů perfuze, je jednou z výhod CTP oproti jiným zobrazovacím modalitám pro hodnocení CMP. Časové křivky jednotlivých tkáňových voxelů a hlavních cév, které jsou vytvořeny z dat shromážděných opakovaným skenováním oblasti zájmu během aplikace KL do krevního řečiště, se používají k výpočtu parametrů perfuze. Rychlé dynamické skenování s časovým rozlišením v sekundách je pro perfuze zásadní. Délka skenů a doba mezi nimi závisí na rychlosti cirkulace v zájmové oblasti, s využitím možností hardwaru a matematických modelů. Rychlost proudění krve v krevním oběhu určuje, jak dlouhé se mají nastavit intervaly skenování, které se běžně pohybují od 1 do 2,5 sekundy. Skenování obvykle trvá 40 až 60 sekund. Ve vybraných situacích mohou být skenování provedena také v pozdní fázi, zejména pro hodnocení permeability. Zatímco objem KL je během perfuzního zobrazování většinou konstantní, naším hlavním zájmem je rychlost a koncentrace KL. Mnoho faktorů, včetně těch, které souvisejí s KL a způsobem jejího podání a biologickými faktory ovlivňují distribuci KL v krevních cévách a tkáních. Do způsobu podání lze zařadit místo a rychlost aplikace, objem, koncentraci KL i její viskozitu. Z biologických faktorů distribuci KL dokáže ovlivnit

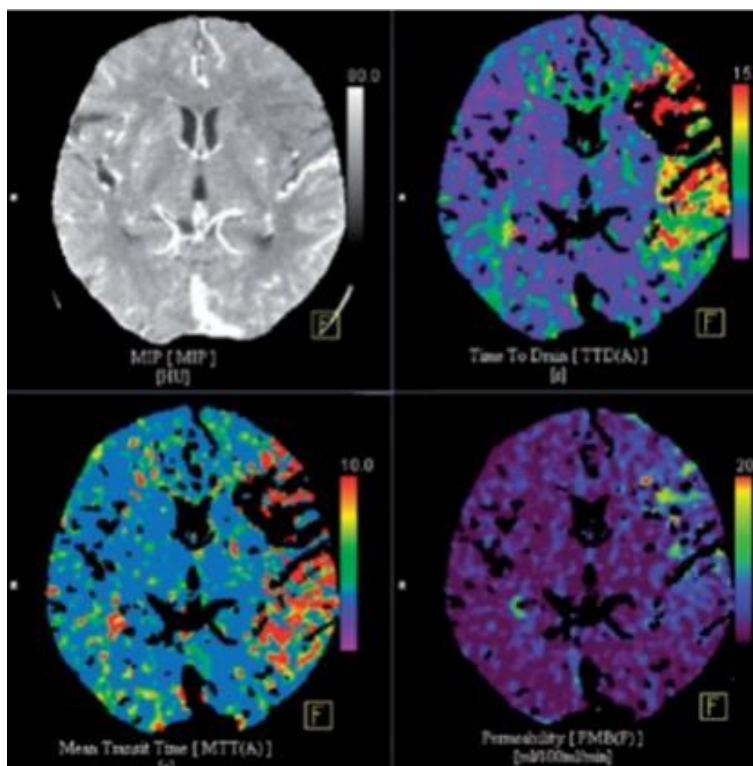
tělesná hmotnost, hodnota centrálního žilního tlaku a výdej srdce pacienta. Biologické faktory mají obvykle malý vliv na farmakokinetické parametry, pokud se drasticky neodlišují od normálních hodnot, protože výpočet těchto měření úzce souvisí s vaskulární oxygenací. Na druhou stranu podstatné odchylky v těchto parametrech ve dvou zobrazovacích relacích mohou nakonec zkreslit hodnocení výsledků. (Mirka Hynek a Ferda Jiří., 2015., s. 1-214)

## **4.2. Hodnocení**

U CTP jsou základními hodnocenými parametry cerebrální krevní průtok (CBF), mozkový krevní objem (CBV). CBV vyjadřuje celkový objem krve v pozorovaném objemu mozkové tkáně CBF. Další parametr je Mean transit time (MTT) a definuje délku fáze, kdy KL proudí monitorovanou oblastí. Time to peak (TTP) definuje délku fáze k dosažení maximální hodnoty denzity KL v monitorované oblasti. Dále se do popředí dostal parametr Tmax, což je celková doba mezi podáním KL a jejím dotečením do monitorované oblasti a polovina doby trvání MTT. (Cimflová et al., 2019., s. 150-159) Pomocí matematických modelů, které napomáhají k správnému zobrazení vlastností tkáňové cirkulace, jsou farmakokinetické parametry generovány ze saturačních křivek. PCT pomáhá identifikovat nepravidelnosti v místním krevním zásobení tím, že poskytuje barevně kódované parametrické mapy a číselné hodnoty, které indikují parametry perfuze. Vyšší hodnoty jsou obvykle zobrazeny v odstínech žluté až červené, zatímco nižší hodnoty jsou obvykle zobrazeny v odstínech modré a fialové. Krevní průtok (BF), často známý jako perfuze (P), je měřítkem průtoku krve tkání. Lze jej vypočítat jako objem krve ke střednímu tranzitnímu času nebo jej lze odvodit jako funkci strmosti vzestupného segmentu křivky syčení. Objem krve (BV) je plocha pod křivkou syčení, která představuje objem krve procházející tkání. Avšak krev, která je stagnuje v extracelulárním prostoru, není v BF registrována. Jednotky používané pro měření BF i BV jsou 100 ml nebo ml/100 g. (Mirka Hynek a Ferda Jiří., 2015., s. 1-214)



Obrázek 2: Základní typ parametrické mapy, pro hodnocení ischemické CMP (Mirka Hynek a Ferda Jiří., 2015., s. 1-214)



Obrázek 3: Doplnující typ parametrické mapy, pro hodnocení ischemické CMP (Mirka Hynek a Ferda Jiří., 2015., s. 1-214)

Při hodnocení CTP je řada obtíží. Jedním takovým problémem jsou různé softwarové platformy používající rozdílné kombinace parametrů CTP a matematických modelů, což může vést k rozdílům v definicích ischemického jádra a penumbry. Tato odchylka v hodnocení jádra i penumbry může být nesprávná, zejména při kontrastu a interpretaci dat CTP v klinickém kontextu. V klinické praxi je pro analýzu CTP proto klíčové používat standardy ověřené postupy. Současné definice ischemického jádra a penumbry byly objasněny nedávnými endovaskulárními studii jako EXTEND-IA a SWIFT-PRIME. V těchto endovaskulárních studiích bylo u vybraných pacientů prováděna mechanická trombektomie. Pacienti byli vybráni dle výsledků CTP a studie sklídila úspěch. Aktuální definice penumbry je oblast charakterizována zpožděním  $T_{max}$  větším než 6 sekund ve vztahu ke kontralaterální hemisféře, zatímco jádro je nyní definováno jako CBF menší než 30 % hodnot v kontralaterální hemisféře. Hraniční hodnota CBF pro jádro byla zvolena, aby se předešlo nadhodnocení, které může mít za následek výběr nesprávných pacientů. Na druhou stranu podcenění jádra může zvýšit možnost hemoragické transformace a snížit šanci, že účinná revaskularizace povede k pozitivnímu klinickému výsledku. Může být prospěšné použít přísnější hodnotu CBF nižší než 20 %, zejména u pacientů, kteří jsou hodnoceni během prvních 60 minut od nástupu příznaků.

Kvůli velké přesnosti a spolehlivosti v predikci velikosti ischemie se pro analýzu CTP často používá automatizovaná softwarová řešení, jako je RAPID (iSchemiaView). Olea Medical (Brainomix), další významný software, má odlišnou metodiku výpočtu. Definuje totiž penumbru jako zpoždění  $T_{max} > 6$  sekund a pro jádro je stanoven  $CBF < 40$  % se zpožděním  $> 2$  sekund  $T_{max}$ . Olea má také výhodu možnosti Bayesiánského algoritmu, který snižuje dávku KL o 50 %.

Na rozdíl od zhodnocení radiologem zabere automatické softwarové zpracování CTP velké množství času, přičemž výsledky jsou obvykle k dispozici 3–4 minuty po shromáždění dat. Nicméně znalost radiologa a jeho zhodnocení je stále nezbytná, zejména pokud jde o přesnou identifikaci oblastí zájmu v dané cévě i odvozném splavu i následné dešifrování výsledků perfuzních analýz.

### **4.3. Pozitiva CTP**

Největší prospěch z CTP vyšetření mají pacienti, kteří v časovém úseku od 6 až do 24 hodin po nástupu příznaků nebo u kterých není znám čas nástupu příznaků CMP. V této nejasné situaci není pacientova péče řízena podle časového okna, ale

spíše podle okna tkáňového. Další výhodou je využití CTP k potvrzení diagnózy CMP již v raných stádiích. Zejména pokud se jedná o znovu vzniklou CMP, či existují pouze malá neurologická poškození případně i při pouhých projevech stroke mimics.

U pacientů, kteří prodělali akutní CMP s uzávěrem lumen mozkové cévy před více než 6 hodin od nástupu příznaků, by mělo být indikováno provedení vyšetření CTP. CTP pomáhá stanovit životaschopnost postižené mozkové tkáně. CTP doplňuje již získané informace z nativních skenů CT mozku a CTA mozkových tepen. Výsledky této kombinace ZM pomáhají indikovat následnou léčbu, včetně možnosti mechanické trombektomie. (Cimflová et al., 2019., s. 150-159)

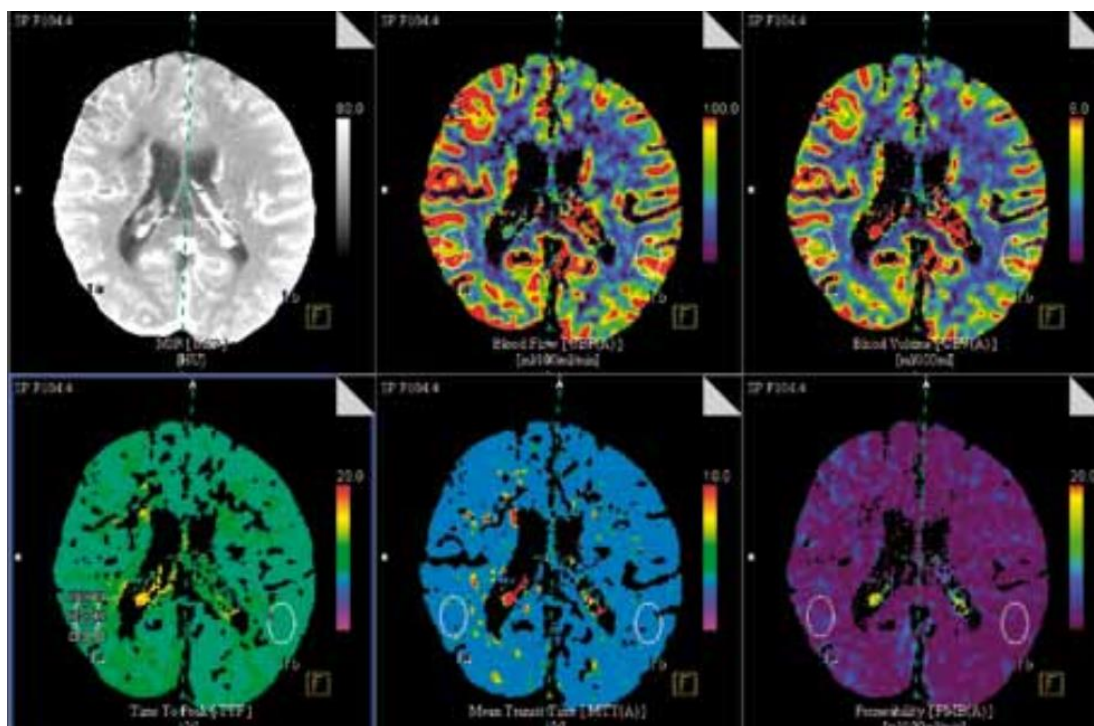
#### **4.4. Optimalizace dávky**

Ve srovnání s typickými CT skeny vyžadují CTP opakované skenování po delší dobu, což má za následek mnohem vyšší dávku záření. Proto je klíčové optimalizovat parametry skenování. Existuje několik způsobů, jak snížit vystavení záření: zmenšení oblasti zájmu, prodloužení intervalů mezi skeny a správná úprava parametrů skenování. Parametry pro skenování jsou upraveny tak, aby hodnocení změn denzit mělo přednost před získáváním komplexních anatomických dat. Pro CTP by měla být maxima hodnot nastavena pro napětí do 100 kV a hodnota proudu by neměla přesáhnout 150 mAs. Tyto hodnoty jsou personalizovány v souladu s konkrétní vyšetřovanou oblastí a vlastnostmi pacienta. Časový interval mezi každou fází určuje automatické úpravy hodnot pitch a periody rotace. Pokud není vyžadováno vyšetření celého objemu orgánu, mělo by být vyšetření navrženo tak, aby se soustředilo pouze na konkrétní lézi patologie a i oblast, která ji bezprostředně obklopuje. (Mirka Hynek a Ferda Jiří., 2015., s. 1-214)

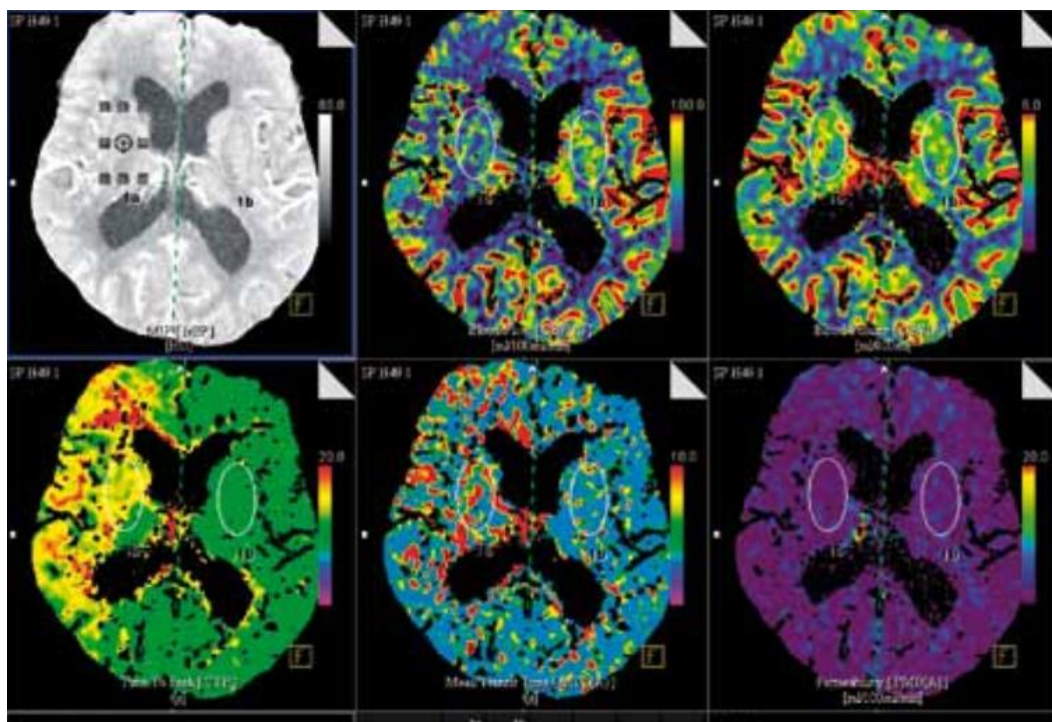
#### **4.5. Protokol CTP mozku**

Při vyšetření CTP mozku RA je uložení pacienta na zádech s rukami podél těla. Pacient je vleže na zádech s rukami podél těla a pacient se opět nehýbe ani nepolyká. RA si pacienta musí nově nacentrovat pomocí laseru CT. Vyšetření lze provádět v limitovaném rozsahu vyšetřené oblasti, a to na oblast bazálních ganglií, ale i v celém rozsahu mozku. Na bočním topogramu ovšem musí být zachycen rozsah vrchol vertexu kalvy až po distální konec lebky, tudíž je zachycen celý rozsah mozkové části. Při CTP se aplikuje 40–50 ml KL a poté se aplikuje minimálně 30 ml proplachu FR. Aplikace KL probíhá při rychlosti 5-6 ml/s se zpožděním 5 s. Ideální kvalitu CT skenů

je dosažitelná při nastavených v rozmezí 150-200 mAs spolu s doporučenou hodnotou 80 kV. Hodnota mAs je využívána u všech 20-30 cyklů po 1-2 s. Hodnota CTDIvol by měla být do 300 mGy a kolimace i pitch faktor jsou závislé na samotném konstrukci přístroje CT. U MDCT by kolimace měla být nastavena v rozmezí 0,5-2,5 mm. Pitch faktor se nemění při sekvenčním vyšetření v oblasti bazálních ganglií. Ovšem při vyšetřování celého rozsahu mozku je pitch faktor nastavován automaticky, dle periody skenované vrstvy. Tyto rekonstruované vrstvy mají nastavenou šíři od 3 do 10 mm. (Ministerstvo zdravotnictví ČR., 2016., s. 39) Plánování CTP je obvykle založeno na již provedených normálních nativních nebo postkontrastních CT skenech. Zobrazovací software a matematické modely jsou vyladěny pro určité časové rozlišení a nepřetržitou dobu skenování. Celý proces skenování sice obvykle trvá minimálně 40 sekund. Avšak časové intervaly mohou být prodlouženy na více než dvojnásobek typické délky během příslušných fází, které se vyznačují stálými hustotami bez náhlých změn. Tato expanze je zvláště významná v poslední polovině vyšetření, během žilní fáze. K posouzení propustnosti v pozdní fázi lze v některých situacích použít i 30 s intervaly. (Mirka Hynek a Ferda Jiří., 2015., s. 1-214)



Obrázek 4: Perfuzní mapa se zachycenou s okluzí karotidy se zachovalou cerebrovaskulární rezervou. (Ferda et al., 2013., s. 181-187)



Obrázek 5:Perfuzní mapa se zachycenou okluzí karotidy s vyčerpanou cerebrovaskulární rezervou. (Ferda et al., 2013., s. 181-187)

## 5. CTA MOZKOVÝCH A KRČNÍCH TEPEN

Určení, zda jsou po náhlém neurologickém deficitu nezbytná neurointervenční terapie, jako je mechanická trombektomie, závisí na identifikaci přítomnosti podstatné stenózy velkých mozkových tepen. Nicméně rozhodnutí poskytnout intravenózní trombolýzu (IVT) není ovlivněno výskytem či lokalizací akutního uzávěru cévy v mozku. Při vysokém stupni podezření na mozkový infarkt by měla být IVT provedena ihned po nativním CT vyšetření mozku, a to v případě, kdy k podání neexistují žádné kontraindikace. V jedno i dvoufázových, či dynamických protokolech CTA se doporučuje zobrazení tepen od oblouku aorty k vertexu. Tímto důkladným zobrazením je pokryta celá mozková cirkulace. Zachytí se tak detailní anatomie intrakraniálních i extrakraniálních tepen a také kolaterální cirkulace. Odlišit akutní neurologické deficity, zjistit tedy jestli se jedná o stroke mimics či CMP dokáže radiolog pomocí nasbíraných dat z CTA mozkových tepen. Může být také použit k indikaci a samotného plánování mechanické trombektomie. Ji může limitovat aterosklerotické změny v aortě, přítomnost stenóz v extrakraniálních či intrakraniálních tepnách i abnormality v tepnách extrakraniálních.

CTA poskytuje důležité informace týkající se tvorby leptomeningeálních kolaterálů nebo arteriálních spojení mezi hlavními mozkovými tepnami, které zásobují krví dvě kortikální teritoria. Poskytuje i informaci o přesném místě blokády. Délka trombu byla nedávno identifikována jako další klíčová charakteristika hodnocená v CTA, ideálně s využitím 4D-CTA. To platí zejména při posuzování kolaterálního oběhu v ACM povodí. Výzkum prokázal silnou korelaci mezi nepatrným ischemickým jádrem a drobným rozšířením ischemické léze s funkčním kolaterálním oběhem. Výsledkem výzkumu je prokázání pozitivních klinických výsledků. Na druhé straně jedinci s neadekvátním nebo neexistujícím kolaterálním oběhem defacto zažívají znatelně rozsáhlejší mozkové infarkty.

Potenciál podcenění v důsledku rychlého sběru dat moderními CT systémy představuje bariéru při hodnocení leptomeningeálních kolaterál z rutinní CTA. Jelikož tkáň se přes kolaterální řečiště nedostatečně naplní KL, což vede k podprůměrné kvalitě obrazu. Tyto CT skeny jsou poté nsnáze hodnotitelné. Ke zmírnění tohoto problému a usnadnění práce radiologům lze použít dynamickou CTA nebo vícefázovou CTA. Ta shromažďuje data ve třech fázích. První fáze je časná arteriální, následuje arteriovenózní a poslední je fáze pozdně venózní. Pro hodnocení kolaterálu



z CTA je k dispozici několik klasifikačních systémů, včetně Miteffova skóre. To hodnotí procentuální náplň kolaterálu ve vztahu ke kontralaterální hemisféře i stupeň zpětného sycení tepen v postižené oblasti ACM. Pro klinickou praxi a zhodnocení je však u kolaterál nezbytná jednoduchost. Například ve studii ESCAPE dle zhodnocení postavení kolaterálního řečiště ACM byli pacienti indikováni k mechanické trombektomii. Indikováni byli v případě, kdy jejich kolaterální řečiště svým rozsahem přesahovalo víc než 50 % rozsah ACM. Nedostatečný stav kolaterál byl naopak v případě, kdy nedosahoval 50 % rozsahu povodí ACM.

Technologie softwarové analýzy jsou v současné době dostupné i pro hodnocení kolaterálu. Totožně jako u možnosti softwarového hodnocení nativních skenů CT mozku i zde lze využít Brainomix e-CTA. Rovněž vyhodnotí kvalitu kolaterálu zasažené a nepoškozené hemisféry, poté přiřadí číselné skóre a použije barevné značení neboli ztvární barevnou mapu. Číselné skóre má škálu 0-3. Zde 0 znamená absenci kolaterální cévy v zasažené oblasti, souvisí to s plněním kolaterál laterálního řečiště, je totiž méně patrná o maximálně 10 % ve srovnání s opačnou stranou. Naopak hodnota 3 na škále znamená, že jsou přítomny vynikající kolaterální cévy a kolaterální perfuze je fakticky patrnější o 90 % v porovnání s opačnou stranou. RAPID e-CTA na základě procentuálních rozdílů přiděluje barevné značky na základě hodnocení celkové hustoty vaskularizace mezi hemisférami. U denzit nepatrnějších než 45 % RAPID e-CTA přiřadí barvu červenou, u denzit nad 45 % přiřadí barvu žlutou. Rychlost identifikace, s jakou software CTA zpracovává informace, je výhodná pro usnadnění orientace, rozsahu okluze a vyhodnocování možnosti klinického výsledku v závislosti na stavu kolaterálu. V opačném případě s absencí kolaterál dochází k rychlému rozvíjení ischemie.

CTA je ideální neinvazivní technikou pro hodnocení integrity mozkové vaskulatury v celkovém rozsahu od oblouku aorty do vertexu. U pacientů s podezřením na CMP včetně TIA by mělo být indikováno nativní CT vyšetření mozku spolu s doplňujícím vyšetřením CTA mozkových tepen. (Cimflová et al., 2019., s. 150-159)

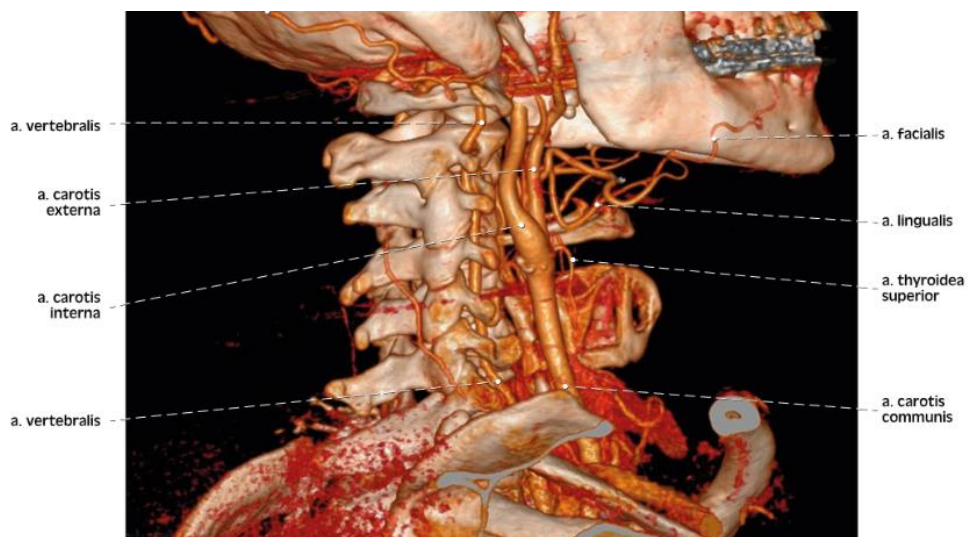
## 5.1. Anatomie



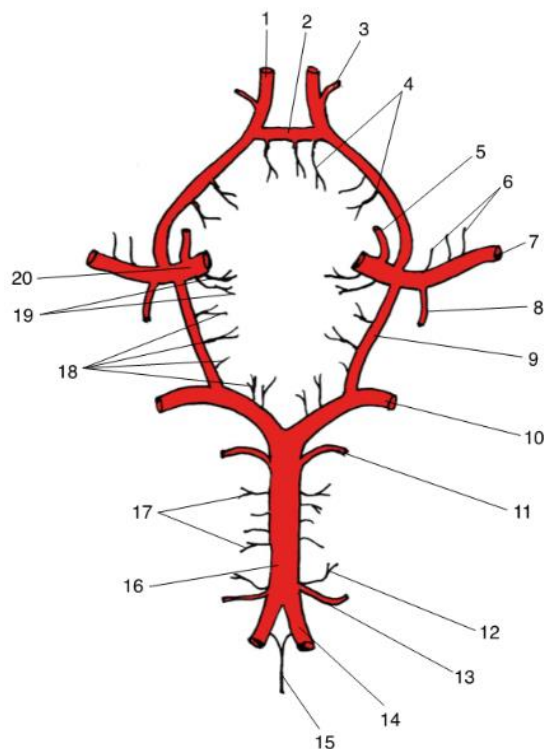
Obrázek 6 :CT rekonstrukce zobrazující tepny odstupující z arcus aorte, vztah ke skeletu, pohled zepředu (Grim et al., 2017., s. 103)



Obrázek 7: CT rekonstrukce zobrazující tepny odstupující z arcus aorte, vztah ke skeletu, pohled z boku (Grim et al., 2017., s. 105)



Obrázek 8: CT 3D rekonstrukce zobrazující tepny hlavy a krku, vztah ke skeletu, pohled z boku (Grim et al., 2017., s. 48)



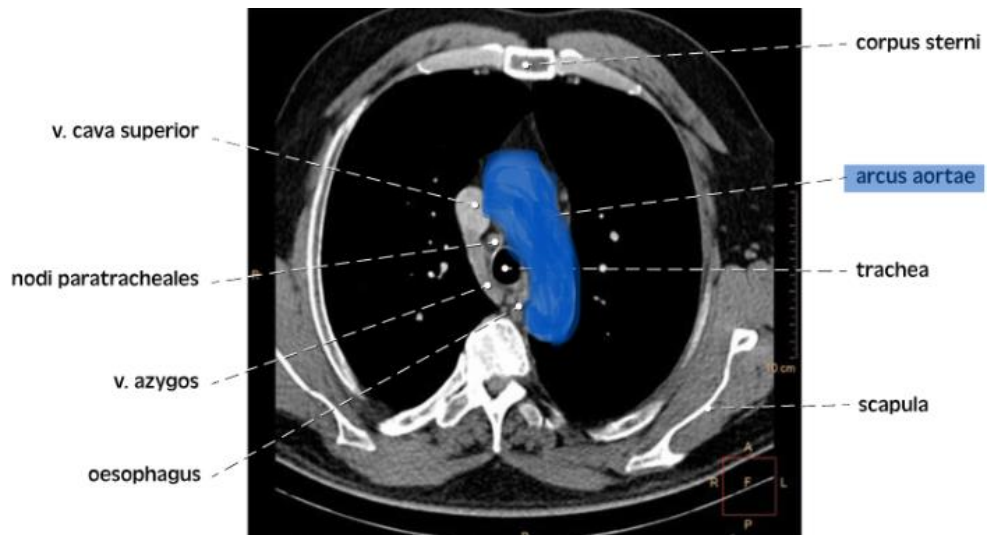
Obr. 11.4 Willisův okruh. Pohled zdola

1 – a. cerebri anterior, 2 – a. communicans anterior, 3 – a. striata medialis distalis, 4 – aa. centrales anteromediales, 5 – a. ophthalmica, 6 – aa. centrales anterolaterales, 7 – a. cerebri media, 8 – a. choroidea anterior, 9 – a. communicans posterior, 10 – a. cerebri posterior, 11 – a. superior cerebelli, 12 – a. labyrinthi, 13 – a. inferior anterior cerebelli, 14 – a. vertebralis, 15 – a. spinalis anterior, 16 – a. basilaris, 17 – aa. pontis, 18 – aa. centrales posteromediales, 19 – aa. hypophysiales, 20 – a. carotis interna

Obrázek 9: Anatomie Willisova okruhu (Fiala a Valenta., 2020., s. 135)

## 5.2. Protokol CTA mozkových a krčních tepen

V případě neakutního stavu, do přípravy pacienta před vyšetřením jistě spadá lačnost a to nejméně 4 hodiny před vyšetřením. Lačnost je důležitá pro následné možné použití KL intravenózně (i.v). Výjimkou je akutní stav pacienta, kdy se na lačnost nebere absolutně zřetel. Při vyšetření CTA mozkových a krčních tepen RA instrukce zůstávají po CTP mozku stejné. RA dává instrukce pacientovi, ať se nehýbe a nepolyká. RA si dále pacienta nacentruje pomocí laseru CT. V rozsahu vyšetřené oblasti musí být zachycen vrchol vertexu kalvy až po dolní okraj aortálního oblouku. Tento rozsah je zachycen díky bočního topogramu. V případě neakutního stavu tedy plánovaného vyšetření do přípravy pacienta před vyšetřením jistě spadá lačnost a to nejméně 4 hodiny před vyšetřením. Lačnost je důležitá pro následné možné použití KL intravenózně (i.v). na žádost lékaře. Naopak v případě akutního stavu pacienta, kde diagnóza CMP spadá, se na lačnosti netrvá. Při podání KL se aplikuje 50-80 mililitrů (ml) KL s následným proplachem minimálně 30 ml fyziologického roztoku (FR). Minimální rychlost podávání KL by se měla pohybovat okolo 4ml/s u KL u koncentrace 400mg/ml a u 300 mg/ml by měla být minimální rychlost 5 ml/s. Pro potřebné nasycení se monitoruje hodnota Hounsfieldovy jednotky (HU) pomocí bolusu. Ideální kvalitu CT skenů je dosažitelná při nastavených v rozmezí 100-200 kV. Pro ideální rozlišení KL je většinou nastavena hodnota 100 kV spolu s 160-250 mAs. Doporučená hodnota mAs se může pohybovat i mezi 120-200. Neideální kvalita vyšetření může být ovlivněna maximální hodnotou proudu, která je na dané rentgence dosažitelná a také tělesnou konstitucí pacienta. Hodnota CTDIvol by měla být v rozmezí 8-15 mGy a kolimace i pitch faktor jsou závislé na samotném konstrukci CT přístroje. I zde u MDCT by měla být nastavena kolimace v rozmezí 0,5-1,2 mm. Rozmezí pitch faktoru by měla být nastavena od 1,0 do 1,4. Zde mají rekonstruované vrstvy tloušťku od 0,6 do 0,8 mm. (Ministerstvo zdravotnictví ČR., 2016., s. 24)



Obrázek 10: CT transverzální řez hrudníkem v oblasti TH4, místo monitorace bolusu (Grim et al., 2017., s. 101)

## 6. KONTRASTNÍ LÁTKY A NEŽÁDOUCÍ REAKCE

Kontrastní látky (KL) se používají ke zlepšení viditelnosti orgánů a ostatních anatomických tkání. Mohou být aplikovány přímo do tělních dutin nebo tkání, avšak nejčastěji jsou aplikovány i.v. do oběhového systému. V současné době se při RTG vyšetření používají pozitivní KL na bázi jódu. Jodové KL se dělí na tři typy: izoosmolální, nízkoosmolální a vysokoosmolální, Poslední vysokoosmolální má sedmkrát vyšší hodnotu osmoality, než je hodnota osmolality krve. Když KL aplikována intravenózně, mohou pacienti zaznamenat alergické reakce. Také se u těchto pacientů můžou projevit chemotoxické vedlejší účinky, jako je nefrotoxicita, neurotoxicita a kardiotoxicita. Diabetes, renální insuficience, závažné srdeční nebo plicní onemocnění, alergie na samotnou KL jsou RF pro nežádoucí účinky. Pokud jde o nízkoosmolální KL, míra nežádoucích alergických reakcí je v rozmezí 0,2–0,7 %, zatímco celkové rozmezí u vysokoosmolálních KL je až 6–8 %. Nízkoosmolální kontrastní látky se obvykle používají u vysoce rizikových pacientů, protože mají méně vedlejších účinků.

### 6.1. Pokyny pro i.v. aplikaci KL

KL se podávají pouze v zařízeních vybavených lékařskými prostředky pro zvládnání nežádoucích reakcí a poskytování kardiopulmonální resuscitace. Podávající lékař musí být vyškolen v řešení těchto situací. Účinná premedikace vysoce rizikových pacientů kortikosteroidy vyžaduje jejich podání alespoň 6-12 hodin před aplikací KL. Odpovědnost za premedikaci vysoce rizikových pacientů nese indikující lékař. V případech, kdy je klinicky podezření na poruchu funkce ledvin, musí indikující lékař uvést na žádance aktuální hladinu sérového kreatininu, v ideálním případě také glomerulární filtraci (eGFR), což je nejspolehlivější ukazatel renální funkce.

### 6.2. Nežádoucí reakce KL

Nežádoucí reakce lze rozdělit na reakce akutní a pozdní a velmi pozdní. Ty akutní reakce, ke kterým dochází do hodiny po podání KL, se mohou lišit z hlediska subjektivního vnímání a závažnosti projevů symptomů. Pokud jsou příznaky klinicky bezvýznamné, zvýšený lékařský dohled bude dostačující. Avšak pokud by příznaky klinicky nabývaly na intenzitě projevů, byla by nutná okamžitá lékařská pomoc. Ta může za extrémních okolností končit i srdeční resuscitací. Bez ohledu na to, jaké

množství KL bylo pacientovi aplikováno, může dojít k alergoidní reakci, která se podobá alergické reakci. V průběhu této reakce dochází k uvolňování serotoninu a histaminu. U mírného stupně reakce se projevují příznaky mírného bronchospasmu a hypotenze a na kůži se může projevit urtikárie (kopřivka) či začervenáním. Při těžkém stupni reakce se u pacienta může projevit laryngeální nebo plicní edém, ten může být spojen s bronchospasmem. Pacient může mít opět hypotenzí, avšak spolu s tachykardií, a dokonce se u něj můžou projevit křeče. Chemotoxická reakce zahrnuje přímé ovlivnění orgánů, včetně kontrastní nefropatie (KIN) a kardiotoxicity. Tyto reakce jsou většinou spojeny s jodovými KL (JKL) a jsou přímo úměrné aplikovanému objemu JKL. Pacienti, kteří jsou klinicky nestabilní, jsou vystaveni vyššímu riziku vzniku těchto reakcí. Avšak pocit tepla, nevolnost či případné zvracení jsou běžné příznaky doprovázející aplikaci KL. Minimalizace dávkování JKL a zajištění dostatečné hydratace pacienta před a po testu jsou klíčové složky zmírnění chemotoxicity. (Ministerstvo zdravotnictví ČR., 2016., s. 50-54) Nefrektomie, transplantace ledvin nebo ageneze ledvin, to vše může vést ke ztrátě ledviny. Při hodnocení klinického rizika pacienta pro KIN je důležité vzít v úvahu celkovou funkci ledviny. Při terapii by se s nimi mělo zacházet stejně jako s lidmi, kteří mají fyziologický počet ledvin. Dále Metformin obsažený v perorálních antidiabeticích (PAD) zvyšuje se riziko vzniku laktátové acidózy, avšak nezvyšuje riziko vzniku KIN. Doporučení o vysazení by mělo přijít ze strany indikujícího lékaře. (Matthew S. Davenport et al., 2020., s. 660-668) KIN je definováno jako náhlé snížení funkce ledvin po aplikaci JKL. Je identifikován zvýšením hodnot kreatininu v krvi oproti hodnot před aplikací JKL. Změna hladiny se projevuje zvýšením o 25 %, neboli zvýšením o hodnotu 44  $\mu\text{mol/l}$ , za časový úsek kratší než 48 hodin. Vyskytuje se v 0–10 % případů u lidí s fyziologickými hodnotami kreatininu. Avšak u pacientů spojených se zvýšenými hodnotami kreatininu v krvi se zvyšuje riziko vzniku KIN až o 25 %. Ani indikace hemodialýzy brzy po aplikaci JKL je při odvrácení vzniku KIN neúčinná. Navíc v současné době není známa žádná prevence, u které by bylo prokázáno, že snižuje riziko vzniku KIN. V prevenci vzniku se tedy spíše spoléhá na dostatečnou hydrataci pacienta před samotným podáním JKL.

Pozdní reakce mohou vzniknout jedné hodině po aplikaci JKL. Příznaky mírné až závažné urtikárie, edém kůže nebo pruritus se může projevit v rozmezí jedné hodiny až jednoho týdne od aplikace. Je možné, že se na těchto reakcích podílejí T-lymfocyty,

které mohou být senzibilizovány předchozími reakcemi po aplikaci JKL. Tyto pozdní reakce jsou méně časté a při jejich terapii se volí obvykle symptomatická léčba.

Velmi pozdní reakce vznikají více jak jeden týden po aplikaci JKL. V případě pacientů léčících se s manifestní hypertyreózou se jedná o tyreotoxikózu.

### **6.3. Prevence vzniku nežádoucí reakce či KIN**

Před užíváním JKL je důležité vyhodnotit renální funkce zjištěním aktuální hladiny sérového kreatininu. Je důležité zajistit, aby byl pacient dostatečně hydratován, ať už perorální nebo i.v. cestou. Nejméně 6 hodin před aplikací JKL by vhodným režimem i.v. hydratace fyziologickým roztokem bylo v dávce 1,0 až 1,5 ml na kilogram (kg) pacienta za hodinu. Nejméně 4 hodiny před užitím JKL by se měl pacient lačnit a vyhnout se jakékoliv pevné stravě. Měl by pouze konzumovat tekutinu per os v malých dávkách, tedy například by měl vypít 100 ml každou hodinu před vyšetřením. Navíc 48 hodin před vyšetřením by pacienti, nefrotoxické léky, měli vysadit. Nefrotoxické léky mohou ovlivnit funkci ledvin, do této lékové skupiny se řadí PAD, biguanidy i nesteroidní antirevmatika. Pro podání KL a zvládnutí případné alergické reakce pomocí medikace je rovněž nezbytné zajistit periferní i.v. přístup. Je dále vhodné posoudit alergickou anamnézu pacienta, přičemž je třeba věnovat zvláštní pozornost případnému předchozímu prodělání alergické reakce na KL. Doporučuje se použít co nejmenší množství KL, které však poskytne plně hodnotitelné CT skeny. U pacienta s rizikem vzniku KIN v ideálním případě bude nízkoosmolární až isoosmolární KL se sníženou viskozitou. Nefroprotektivní léky mají přesně opačný účinek oproti lékům nefrotoxickým. Acetylcystein a hydrogenuhličitan sodný jsou právě příklady nefroprotektivních léků, které mohou být u těchto pacientů preventivně podány. Při katetrizačních výkonech lze místo KL použít CO<sub>2</sub> jako možnou alternativu. Po podání JKL musí být pacient sledován minimálně půl hodiny. Po dobu nejméně 6 hodin po aplikaci KL je pro pacienta opět důležitá již zmiňovaná dostatečná hydratace. (Ministerstvo zdravotnictví ČR., 2016., s. 50-54)



## 7. RADIAČNÍ OCHRANA U LÉKAŘSKÉHO OZÁŘENÍ

### 7.1. Deterministické a stochastické účinky IZ

Vystavení záření, jak je dobře známo, má jak deterministické, tak i stochastické účinky, které je třeba poněkud minimalizovat. Cílem radiační ochrany (RO) je úplná prevence deterministických vlivů a snížení nebezpečí stochastických vlivů na úroveň přijatelnou pro jednotlivce i společnost. K splnění cílů RO čtyři jsou stanoveny základní čtyři principy RO. Dva nejdůležitější principy jsou zdůvodnění a optimalizace, v tomto pořadí. Principy limit dávek a bezpečnosti zdroje jsou zahrnuty v posledních dvou koncepcích.

### 7.2. Principy radiační ochrany

Podle principu zdůvodnění musí každý lékařský postup využívající IZ prospívat pacientovi nebo společnosti natolik, aby vyvážil rizika spojená s ozáření. Aby bylo možné zhodnotit celkový přínos vyšetření s využitím IZ, je nezbytné poskytnout opodstatněné odůvodnění pro jejich nezbytnost. Zjednodušeně řečeno to znamená, že před vyhledáním diagnostického postupu založeného na IZ je třeba se zamyslet nad tím, zda lze potřebná diagnostická data shromáždit způsobem, který nevystavuje záření. Možnost využití UZ či MR zobrazení. S přihlédnutím k socioekonomickým úvahám a současným znalostem je cílem optimalizačního principu minimalizovat rizika ozáření, jednotlivé dávky a počet osob vystavených záření. Běžná zkratka pro tento pojem je ALARA, což znamená As Low As Reasonably Achievable. Cílem je vytvořit rentgenové snímky s ideální kvalitou za použití co nejnižších možných dávek. Proces optimalizace zahrnuje nastavení, implementaci a pravidelnou kontrolu diagnostických referenčních úrovní (DRL). DRL pomáhají řídit lékařské postupy tím, že fungují jako směrnice pro lékařské ozáření, avšak nemají stejnou právní sílu jako závazné ukazatele. V procesu optimalizace fungují jako první aproximace. Pravidelné překračování DRL zahajuje vyšetřování základních důvodů neúměrně vysoké expozice pacientů a iniciuje nápravná opatření, která obvykle zahrnují změnu ZM.

Princip o limitaci dávek sice neplatí pro pacienty, kteří dostávají lékařské záření, obvykle nejsou kladena omezení o dávce plynoucí z IZ. Avšak na rozdíl od zdravotnického personálu a jiných osob vystavených záření. Je tomu tak proto, že zavedení takových limitů by mohlo vážně narušit možné zdravotní výhody pro

konkrétní pacienty. Pro snížení expozice pacienta a přímé optimalizační úsilí jsou však nastaveny diagnostické referenční úrovně.

Dle principu o bezpečnosti zdroje musejí všechny zdroje ionizujícího záření, zejména rentgenové systémy, musí procházet běžnými kontrolami v souladu se zásadou bezpečnosti zdroje, aby byla zaručena stabilita a spolehlivost. Před prvotním zahájením používání se provádějí přijímací zkoušky. Poté jsou prováděna průběžné zkoušky provozní a dlouhodobé stability. Státní úřad pro jadernou bezpečnost (SÚJB) vydal pokyny a aktuální předpisy upřesňující rozsah, četnost a metodiku těchto zkoušek. (Súkupová L., 2018., s. 23-26)

### **7.3. Stanovení radiační zátěže pro CT**

CT je i nadále hlavním zdrojem lékařského radiačního ozáření populace, a to i po zavedení strategií pro snížení dávky, jako je automatická modulace dávky a protokoly low dose s využitím interaktivní rekonstrukce. Mezinárodní komise pro radiační ochranu odhaduje, že existuje průměrně 25 % riziko spojení úmrtí na malignitu v důsledku ozáření. Toto riziko se zvyšuje o 5 % za každý 1 Sv plynoucí z expozice radiací. Riziko se tedy zvyšuje o 0,05 % při CT vyšetření, během kterého se využije dávka hodnoty 10 mSv. Je důležité zvážit výhody a nevýhody plynoucí z CT vyšetření. Výhody CT vyšetření musí převažovat nad nevýhodami tedy riziky. A radiační dávka z vyšetření, které se u některých pacientů může v průběhu života opakovat, by tak měla být limitována na možném minimu. K označení radiační zátěže plynoucí z CT se používají tři veličiny: efektivní dávka (E), délka vyšetřované oblasti (DLP) a index dávky CT (CTDI). CTDI se udává v mGy a efektivní dávka je stanovena v Sv. Index CTDI<sub>w</sub>, což je vážený dávkový index CT, který bere v úvahu dávky v rámci řezu i mimo řez, se používá pro inkrementální skenování. U spirálové (helikální) metody náběru dat se používá upravená veličina zvaná CTDI<sub>vol</sub> (objemový dávkový index), která vystihuje hodnotu pitch usměrňující CTDI<sub>w</sub> hodnotu. DLP se vyjadřuje v mGy\*cm, což je součin CTDI<sub>vol</sub> a délky skenu vyjádřené v centimetrech. Celkové dávky do všech orgánů vynásobené tkáňovým váhovým faktorem se rovnají hodnotě efektivní dávky E. Je to neobjektivnější měřítko radiační zátěže, ale lze jej získat pouze s použitím matematických modelů, jako je technika Monte Carlo nebo dle specializovaného celotělového Aldersonova fantomu. (Mirka Hynek a Ferda Jiří., 2015., s. 1-214)

# VÝZKUMNÁ ČÁST

## 8. METODIKA VÝZKUMU

Výzkum k diplomové práci má kvantitativní design metodického přístupu, jedná se o deskriptivní studii s využitím retrospektivní analýzy dokumentace pacientů. Sběr dat k výzkumu probíhal od roku 2019 do roku 2023. Data k výzkumu z dokumentace pacientů jsem dohledávala v Picture archiving and communication system (PACS) a také v radiologickém informačním systému (RIS) Karvinské hornické nemocnice. Vedení nemocnice se sběrem dat k výzkumu souhlasilo formou podepsání Informovaného souhlasu (viz. příloha č. 1). Při práci na výzkumu byla dodržena ochrana osobních dat pacientů a také byla zajištěna jejich anonymita díky přidělení identifikačních čísel. Nedošlo tak k ohrožení opravdových identifikačních údajů pacientů. Pro možnost uskutečnění výzkumu bylo nutné podat Žádost k vyjádření Etické komise k výzkumné části. A výzkum na základě této žádosti Etická komise Fakulty zdravotnických věd Univerzity Palackého v Olomouci schválila (viz. příloha č. 2).

### 8.1. Výzkumné cíle a hypotézy

Ve výzkumné části probíhá retrospektivní analýza dat s následným porovnáním. Hlavním cílem výzkumné části této diplomové práce je srovnat nálezy CTP s nálezy CTA u identických pacientů a zjistit výtěžnost těchto vyšetřovacích modalit. Díky sběru dat nálezů z archivačního systému PACS je následně možné jejich hodnocení.

#### Hypotézy:

**Hypotéza 1:** Existuje statisticky významný rozdíl mezi počtem mužů a žen s potvrzenou diagnózou CMP díky vyšetření CTP?

**Hypotéza 2:** Existuje statisticky významný rozdíl mezi počtem mužů a žen s potvrzenou diagnózou CMP díky vyšetření CTA?

**Hypotéza 3:** Existuje statisticky významný rozdíl v nálezech CTA ve srovnání s nálezy CTP, jež by mohl vystihnout výtěžnost těchto dvou vyšetřovacích metod?

**Hypotéza 4:** Existuje statisticky významná souvislost výskytu CMP diagnostikované díky vyšetření CTP u mužů od 50 let věku.

**Hypotéza 5:** Existuje statisticky významná souvislost výskytu CMP diagnostikované díky vyšetření CTA u mužů od 50 let věku

**Hypotéza 6:** Existuje statisticky významná souvislost výskytu CMP diagnostikované díky vyšetření CTP u žen do 50 let věku (menopauza).

**Hypotéza 7:** Existuje statisticky významná souvislost výskytu CMP diagnostikované díky vyšetření CTA u žen do 50 let věku (menopauza).

**Hypotéza 8:** Existuje statistická významná souvislost hodnoty dávky z CTA na hodnotě BMI daného pacienta.

## 8.2. Charakteristika výzkumného souboru

Hlavní podmínkou pro zařazení pacienta do výzkumu bylo podstoupení CT vyšetření v Karvinské hornické nemocnici (KHN), při podezření na CMP. Pacient tedy musel podstoupit CT vyšetření mozku, CTP mozku a následně CTA mozkových i krčních tepen. Tato vyšetření byla provedena na CT značky Siemens typu Somatom Perspective CT VC40 pomocí injektoru značky Ulrich. Náběr dat na CT probíhal dle přednastavených protokolů CT mozku, CTP mozku a CTA mozkových a krčních tepen. Při vyšetření nativním CT mozku byla přednastavená hodnota napětí na rentgence 130 kV s maximální možnou hodnotou proudu 220 mAs. Při vyšetření CTP pracuje s předem nastavenými 80 kV napětí na rentgence spolu s maximální možnou hodnotou 150 mAs. V posledním protokolu CTA mozkových a krčních tepen bylo automaticky nastaveno napětí 110 kV a hodnota mAs byla individuálně stanovena pomocí systému CARE Dose4D pro každého jednotlivého pacienta. Protokol CTP ani CTA však není spojen s injektorem natolik, aby byl schopen fungovat automaticky a synchronně. RA tedy musí spustit zároveň předem zvolený program injektoru spolu s CT akvizicí. Pro CT perfuze mozku bylo použito celkem 30 ml KL opět s 21 ml FR před aplikací KL a 40 ml proplachu FR po aplikaci KL. Rychlost nastavené aplikace zde ale vyšší, zde byla pro program Perfuze mozku nastavena rychlost 6 ml/s.

Při CTA mozkových a krčních tepen bylo použito 60 ml KL, spolu s 21 ml proplachu FR před a 50 ml FR po aplikaci KL. Rychlost aplikace u celého programu Angio karotid byla 4,5 ml/s.

Předpokládaný počet pacientů ve výzkumu bylo 100. Avšak reálný celkový počet pacientů zařazených do výzkumu nakonec bylo trochu víc, tedy 125. Konkrétní zjištěné informace o pacientech se týkaly jejich pohlaví, věku, výšky i váhy, ze kterých

jsem si následně vypočetla hodnotu BMI. Do výzkumu byli zařazeni pacienti obou pohlaví, prvotně limitace věkové skupiny nebyla stanovena, avšak nepodařilo se mi dohledat nikoho mladšího 18 let a staršího 100 let. Věková skupina pacientů se tedy pohybovala od 18 do 100 let a při zpracovávání výzkumu byla rozdělena do osmi věkových kategorií.

### **8.3. Metoda sběru dat**

Pro vytvoření výzkumné části probíhala retrospektivní analýza dat dokumentace jednotlivých pacientů. Data byla analyzována ze systému NIS a PACS u pacientů, kteří podstoupili nativní vyšetření CT mozku, kontrastního vyšetření CTP mozku a CTA mozkových a krčních tepen. Vyšetření pacienti podstoupili v období od začátku roku 2019 do konce roku 2023. Vyšetření byla prováděna na CT značky Siemens Somatom Perspective CT VC40.

#### **8.3.1. Sběr dat v systému RIS a PACS v KHN**

Data byla analyzována, z již zmíněném systému pro archivaci údajů o pacientech. Systém spadající pod nemocniční informační systém (NIS) Karvinské hornické nemocnice (KHN) je RIS. Ze systému RIS a PACS byly získány informace o všech 125 pacientech, kteří podstoupili nativní vyšetření CT mozku, kontrastního vyšetření CTA mozkových a krčních tepen a CTP mozku.

V systému NIS díky rodného čísla byl dohledatelný věk, váha i výška pacienta, spolu i s jeho pohlavím. Dále z NISu bylo možné dohledat žádanku k CT vyšetření a také bylo možné ověřit indikaci požadavku.

V systému PACS opět dle rodného čísla pacienta byla příležitost nahlédnout do jednotlivých CT skenů, popisu nálezu a také do protokolu o dávce plynoucí z jednotlivých CT vyšetření. Jednotlivé nálezy byly prozkoumány kvůli potvrzení, či naopak vyvrácení diagnózy CMP. Ale nejvíce dat bylo dohledáno z již zmíněného datového protokolu. Odtud byla ve výzkumu použita data pojednávající o dávce související z CTA mozkových a krčních tepen i CTP mozku.

Scan	KV	mAs / ref.	CTDIvol mGy	DLP mGy*cm	TI s	cSL mm
Patient Applications Transfer Edit View Image Tools Scroll Evaluation Options System Help						
Karvinska hornicka nemocnice a.s. Ref.: Neurologicka JIP SOMATOM Perspective CT VC40						
Ward: Physician: Operator:						
Total mAs 9240 Total DLP 2481 mGy*cm						
Patient Position H-SP						
Topogram	1	130	0.20(S)	5.12	3.4	0.6
Mozek	2	130 182 / 220	39.26(S)	745.08	1.5	0.6
DynMulti	3	80 150	392.20(S)	1506.05	1.0	1.2
Topogram	4	110	0.30(L)	15.41	5.9	0.6
PreMonitoring	5	110 20	1.42(L)	1.42	0.6	10.0
I.V. Bolus						
Monitoring	6	110 20	7.09(L)	7.09	0.6	10.0
CarotidAngio	11	110 61 / 85	4.55(L)	200.34	0.6	0.6

Obrázek 11 : Protokol o dávce CTA a CTP vyšetření provedených na přístroji CT Siemens Somatom CT VC40 (PACS KHN)

## 8.4. Realizace výzkumu

Po výběru tématu diagnostiky CMP díky CT zobrazovacích metod byla realizována rešerše nejnovějších odborných článků a výzkumů tohoto tématu v odborné literatuře. Následně byl vymezen cíl spolu s otázkami a hypotézami týkajícími se výzkumné části této diplomové práce. Dle těchto počínajících východisek byla stanovena kritéria a limitace pro výběr jednotlivých pacientů do výzkumu.

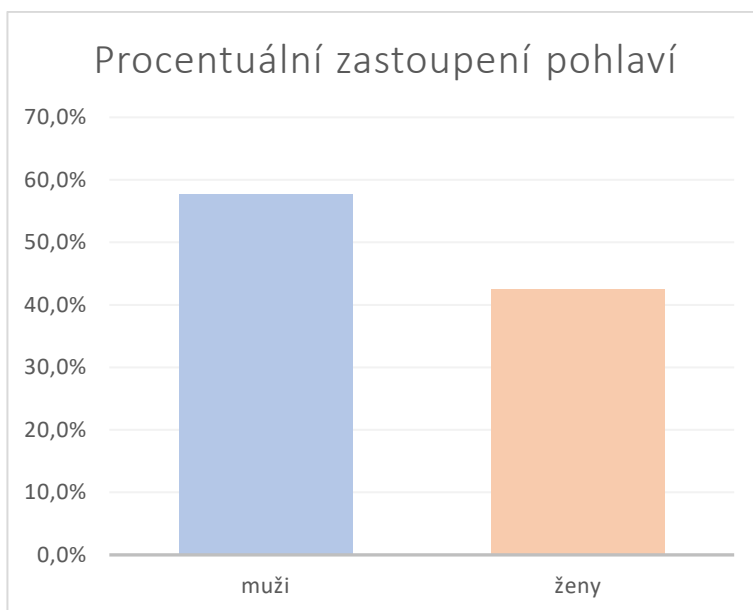
Pro realizaci výzkumu bylo vybráno Radiodiagnostické oddělení KHN. Pro možnost uskutečnění realizace bylo podán Informovaný souhlas k vedení nemocnice. To se sběrem dat k výzkumu souhlasilo formou podepsání Informovaného souhlasu (viz. příloha č. 1). Další podmínkou pro možnost uskutečnění výzkumu bylo nutné podat Žádost k vyjádření Etické komise k výzkumné části. A výzkum na základě této žádosti Etická komise Fakulty zdravotnických věd Univerzity Palackého v Olomouci schválila (viz. příloha č. 2).

## 8.5. Metoda zpracování dat

Ve výzkumné fázi byla použita primárně numerická data, získaná retrospektivně bytá sepsána do programu Excel od Microsoft Office. Následně byla tato data anonymizována. Pro statistickou analýzu byl využit software IBM SPSS Statistics. Statistické zpracování demografických informací, jako je pohlaví, BMI a věk byly zpracovány pomocí tabulek četností. BMI bylo vypočteno z dané váhy a výšky pacienta dle vzorce kdy se hmotnost těla v kg vydělila druhou mocninou výšky těla uvedené v metrech (m). Avšak pro statistické zpracování zkoumaných parametrů CTP a CTA bylo vhodné zpracování odborným statistikem. Pro zpracování druhé poloviny výzkumné části jsem tedy oslovila paní Mgr. Radmilu Krkoškovou, Ph.D. Pro hypotézy H1 a H2 porovnávající statistický významný rozdíl mezi počtem respondentů s potvrzenou diagnózou CMP díky CTP, CTA byl zvolen Chi-kvadrátův test. U hypotézy H3 porovnávající statistický významný rozdíl mezi nálezy CTA a CTP byl zvolen test McNemarův. U hypotéz H4 a H5 pojednávající o statistické významné souvislosti mezi výskytem pozitivně diagnostikované CMP díky CTA u mužů nad 50 let věku u i hypotézy pojednávající nad totožnou myšlenkou akorát s rozdílem využití CTP, byl použit opět již zmíněný Chi-kvadrátův test. Ovšem u hypotéz H6 a H7 pojednávajících o statistické významné souvislosti mezi výskytem pozitivně diagnostikované CMP díky CTP u žen do 50 let věku i hypotézy pojednávající nad totožnou myšlenkou akorát s rozdílem využití CTA, byl použit Fisherův exaktní test. U poslední z hypotéz H8 zkoumající statisticky významnou souvislost mezi dávkou z CTA a hodnotě BMI daného pacienta byla použita korelační analýza. Chi-kvadrátový test se používá k ověření nezávislosti mezi dvěma kategoriálními proměnnými a je ideální pro porovnání dvou korelovaných výběrů. McNemarův test posuzuje, zda se poměr počtu případů v různých kategoriích významně mění v důsledku daného experimentu. Fisherův exaktní test je parametrický test, který testuje hypotézy v populačním rozptylu. Korelační analýza určuje stupeň vztahu mezi proměnnými a hodnotí jeho statistickou významnost. (Reiterová E., 2016, s. 45-72)

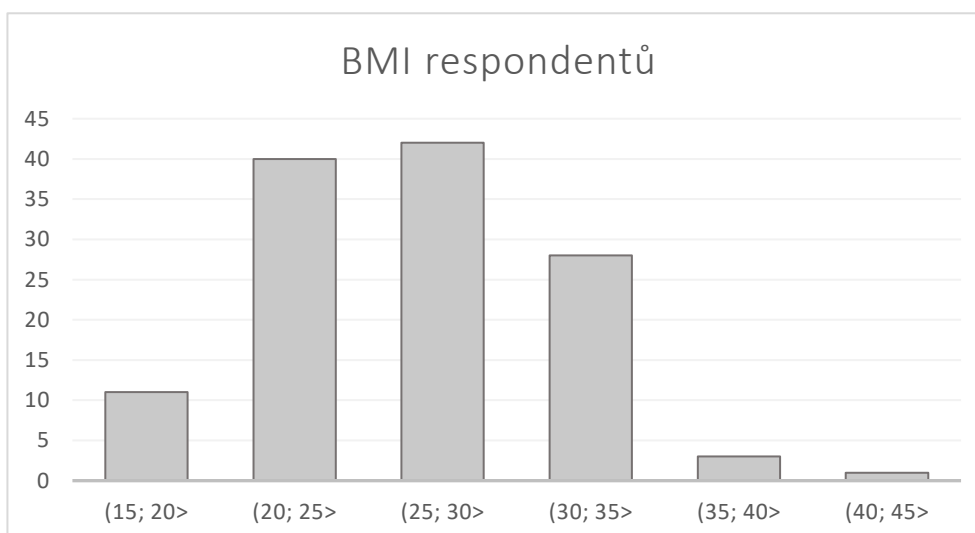
## 9. VÝSLEDKY VÝZKUMU

### 9.1. Vyhodnocení demografických údajů výzkumu



Obrázek 12 Procentuální zastoupení mužů a žen, kteří podstoupili vyšetření CT vyšetření dle indikace podezření na CMP

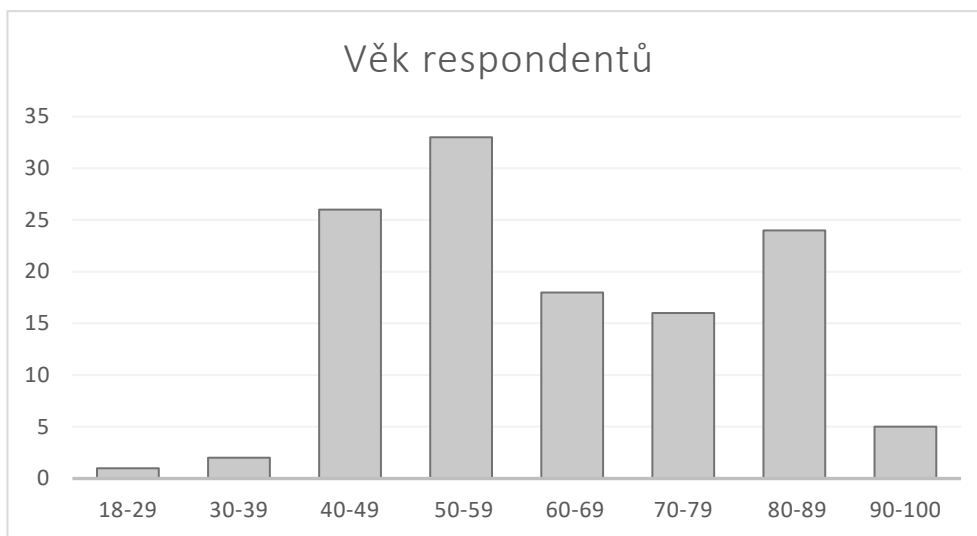
Procentuální zastoupení mužského pohlaví ve výzkumu bylo 57,6 % a u ženského pohlaví to bylo zbylých 42,4 %. Z celkových 125 respondentů se na výzkumu podílelo 72 mužů a 53 žen.



Obrázek 13 Zastoupení jednotlivých kategorií BMI respondentů výzkumu



BMI neboli index tělesné hmotnosti, je ukazatel, který vyjadřuje poměr váhy k výšce člověka. (Bray G., 2023., s 1-11) Průměrná hodnota BMI respondentů je 26,46.



Obrázek 14 Zastoupení jednotlivých věkových kategorií respondentů výzkumu

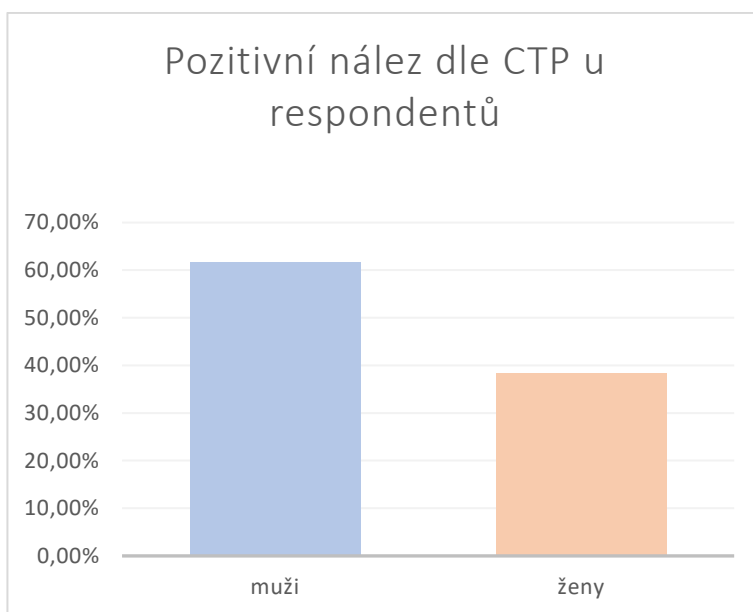
Nejpočetněji je zastoupená věková kategorie 40-49 let. Naopak nejméně zastoupená věková skupina je v rozmezí 18-29 let.

Tabulka č. 1 Rozložení věkového průměru respondentů ve výzkumu.

	Muži	Ženy
<b>Střední hodnota</b>	4,65	5,17
<b>Medián</b>	4	5
<b>Modus</b>	4	4

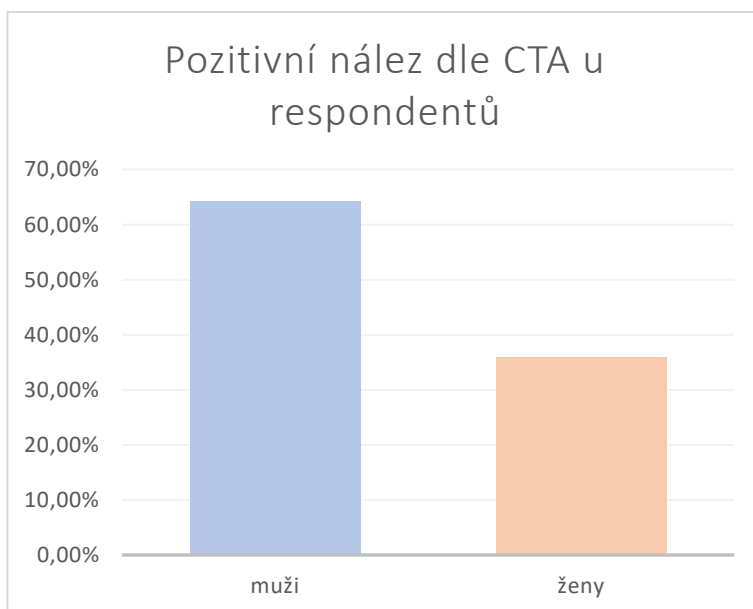
Ve výzkumu je průměrný věk mužů 56,5 let a průměrný věk žen odpovídá 61,7 let.

## 9.2. Vyhodnocení zkoumaných parametrů CTA a CTP



Obrázek 15 Procentuální rozložení pozitivně diagnostikovaných CMP u respondentů výzkumu na základě CTP

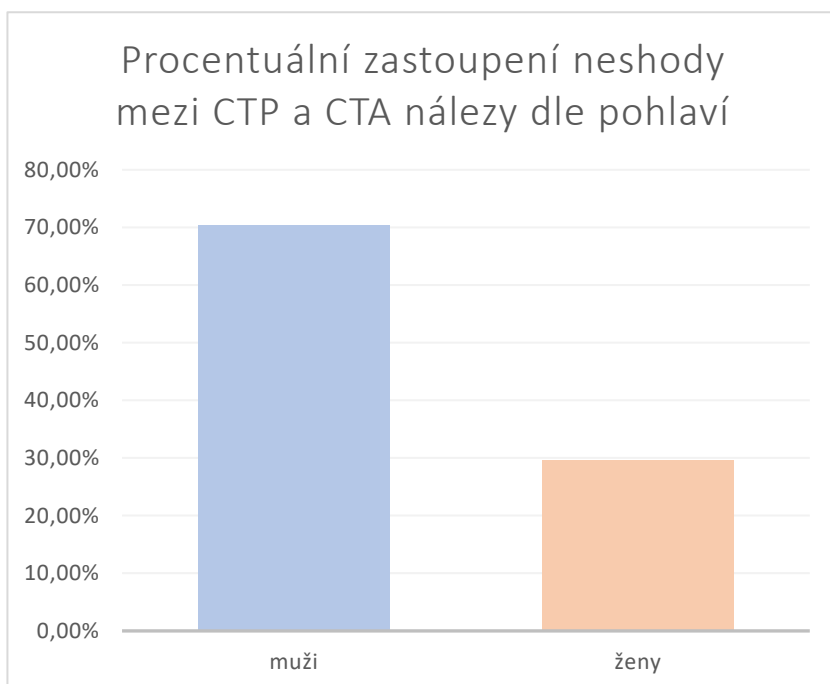
Procentuálně bylo pozitivně diagnostikovaných 61,67 % mužů a 38,33 % žen na CMP na základě CTP. Z celkových 125 respondentů se bylo dle CTP pozitivně diagnostikováno 37 mužů a 23 žen. Zbylých 55 respondentů mělo dle CTP negativní nález.



Obrázek 16 Procentuální rozložení pozitivně diagnostikovaných CMP u respondentů výzkumu na základě CTA

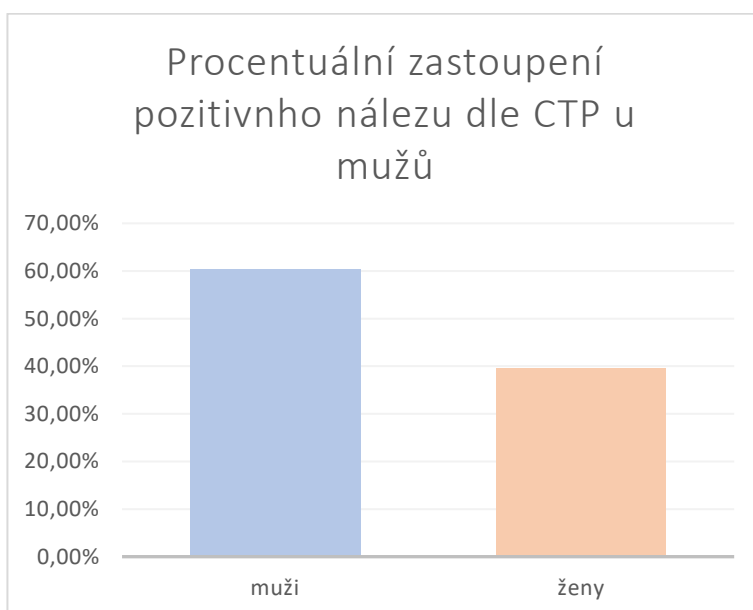
Procentuálně bylo pozitivně diagnostikovaných 64,18 % mužů a 35,82 % žen na CMP na základě CTA. Z celkových 125 respondentů se bylo dle CTA pozitivně

diagnostikováno 43 mužů a 24 žen. Zbýlých 58 respondentů mělo dle CTA negativní nález.



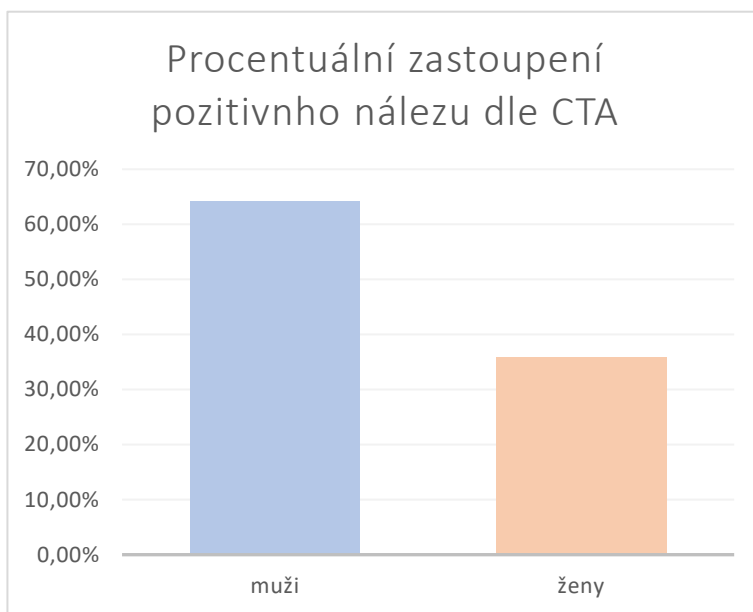
Obrázek 17 Procentuální rozložení neshody mezi nálezy na CTA u CTP u vyšetření respondentů výzkumu

Mezi nálezy na CTP a CTA byla u mužů procentuální neshoda 70,37 % a u žen se jednalo o 29,63 %. U mužů se jednalo o četnost 19 a u žen o byla četnost 8.



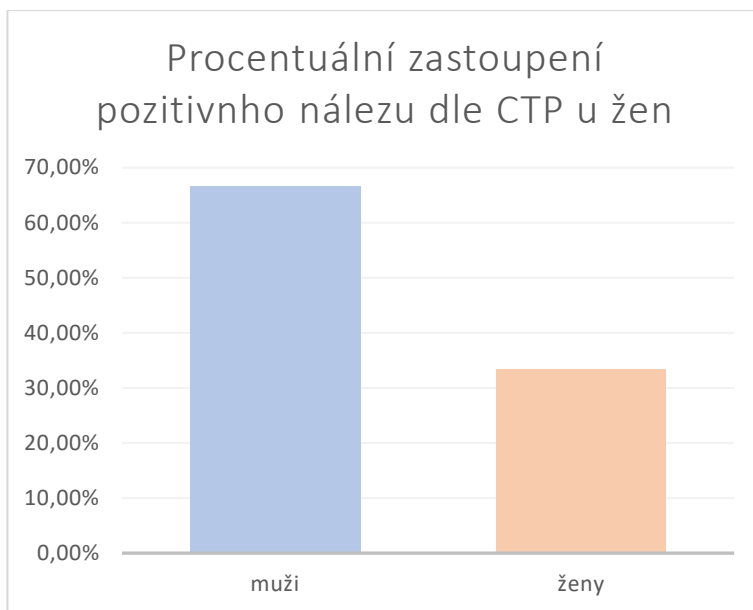
Obrázek 18 Procentuální znázornění počtu mužů nad 50 let s pozitivním nálezem CMP dle CTP

Z celkového počtu 52 mužů ve věkové kategorii nad 50 let, bylo pouze 29 mužů s pozitivním nálezem CMP dle CTP. Procentuálně se tedy jedná o 55,77 % mužů s pozitivním nálezem. Graf také zobrazuje procentuální zastoupení žen starších 50 let s pozitivními nálezy CMP podle CTP.



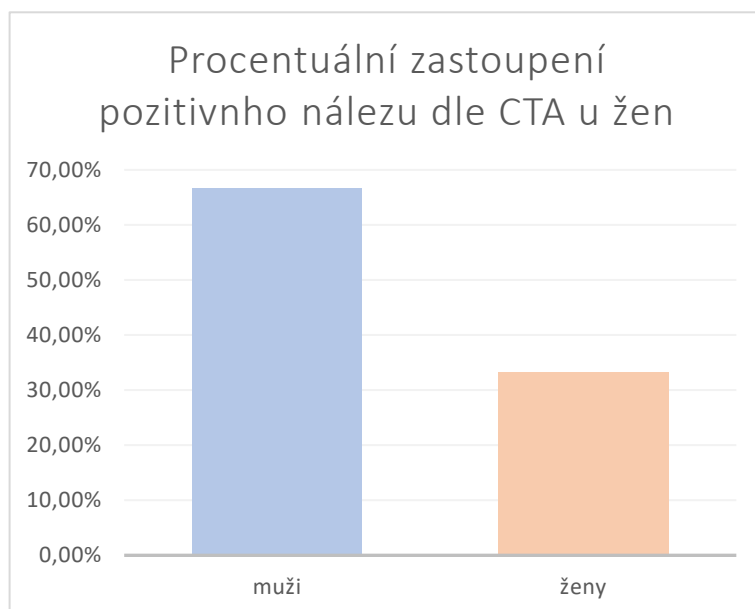
Obrázek 19 Procentuální znázornění počtu mužů nad 50 let s pozitivním nálezem CMP dle CTA

Z celkového počtu 52 mužů ve věkové kategorii nad 50 let, bylo pouze 35 mužů s pozitivním nálezem CMP dle CTA. Procentuálně se tedy jedná o 67,3 % mužů s pozitivním nálezem. Graf také zobrazuje procentuální zastoupení žen starších 50 let s pozitivními nálezy CMP podle CTA.



Obrázek 20 Procentuální znázornění počtu žen do 50 let s pozitivním nálezem CMP dle CTP

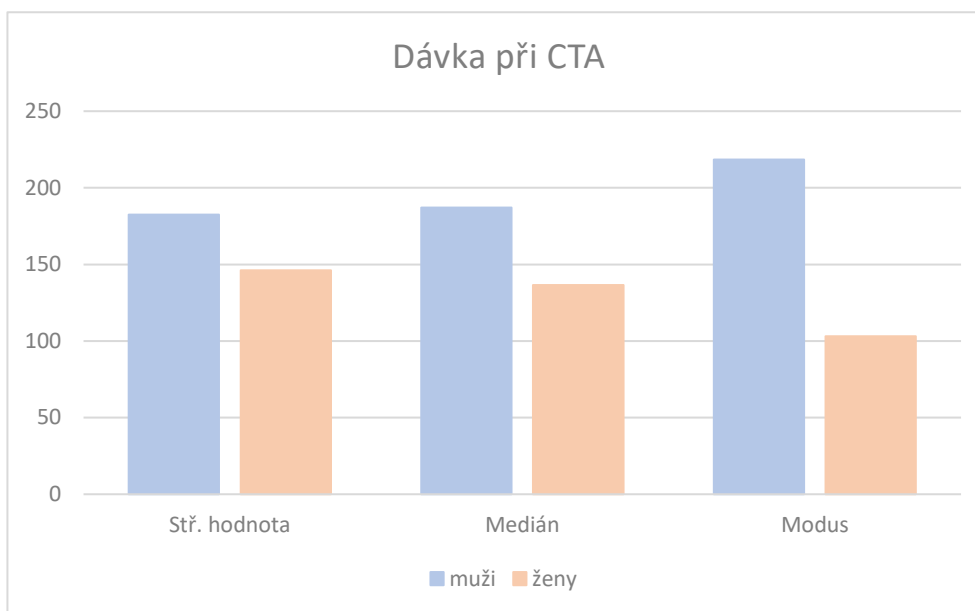
Z celkového počtu 9 žen ve věkové kategorii do 50 let, měly pouze 4 ženy pozitivní nález CMP dle CTP. Procentuálně se tedy jedná o 44,44 s pozitivním nálezem. Graf také zobrazuje procentuální zastoupení mužů mladších 50 let s pozitivními nálezy CMP podle CTP.



Obrázek 21 Procentuální znázornění počtu žen do 50 let s pozitivním nálezem CMP dle CTA

Z celkového počtu 9 žen ve věkové kategorii do 50 let, měly pouze 4 ženy pozitivní nález CMP dle CTA. Procentuálně se tedy jedná o 44,44 % žen

s pozitivním nálezem. Graf také zobrazuje procentuální zastoupení mužů mladších 50 let s pozitivními nálezy CMP podle CTA.



Obrázek 22 Průměrné znázornění hodnot dávky u respondentů výzkumu při CTA

Průměrná dávka plynoucí z CTA mozkových a krčních tepen je u střední hodnoty u mužů 182,5 mGy\*cm a u žen je 146,1 mGy\*cm. Dle mediánu je u mužů hodnota 187,1 mGy\*cm a u žen je hodnota 136,5 mGy\*cm. Dle posledního znázornění je dle modusu u mužů hodnota 218,4 mGy\*cm a u žen je 103,2 mGy\*cm.

### 9.3. Ověření platnosti hypotéz

**Hypotéza 1:** Existuje statisticky významný rozdíl mezi počtem mužů a žen s potvrzenou diagnózou CMP díky vyšetření CTP?

**Nulová hypotéza (H0):** Neexistuje statisticky významný rozdíl mezi počtem mužů a žen s potvrzenou diagnózou CMP díky vyšetření CTP.

**Alternativní hypotéza (H1):** Existuje statisticky významný rozdíl mezi počtem mužů a žen s potvrzenou diagnózou CMP díky vyšetření CTP.

Pro zjištění statistické významnosti rozdílu mezi počtem mužů a žen s potvrzenou diagnózou CMP díky vyšetření CTP byl zvolen Chi-kvadrátův test. Chi-kvadrát test se používá k testování nezávislosti mezi dvěma kategoriálními proměnnými. Hladina signifikance testu byla nastavena na hodnotu 0,05, jelikož

testujeme s 5 % chybou. Nepodařilo se prokázat, že by existoval statisticky významný rozdíl mezi počtem mužů a žen s potvrzenou diagnózou CMP díky vyšetření CTP. Jelikož signifikance tohoto testu byla 0,109. Na základě tohoto zjištění nelze H<sub>0</sub> zamítnout.

**Hypotéza 2:** Existuje statisticky významný rozdíl mezi počtem mužů a žen s potvrzenou diagnózou CMP díky vyšetření CTA?

**Nulová hypotéza (H<sub>0</sub>):** Neexistuje statisticky významný rozdíl mezi počtem mužů a žen s potvrzenou diagnózou CMP díky vyšetření CTA.

**Alternativní hypotéza (H<sub>1</sub>):** Existuje statisticky významný rozdíl mezi počtem mužů a žen s potvrzenou diagnózou CMP díky vyšetření CTA

Pro zjištění statistické významnosti rozdílu mezi počtem mužů a žen s potvrzenou diagnózou CMP díky vyšetření CTA byl zvolen Chi-kvadrátův test. Hladina signifikance testu byla nastavena na hodnotu 0,05, jelikož testujeme s 5 % chybou. Nepodařilo se prokázat, že by existoval statisticky významný rozdíl mezi počtem mužů a žen s potvrzenou diagnózou CMP díky vyšetření CTA. Jelikož signifikance tohoto testu byla 0,376. Na základě tohoto zjištění nelze H<sub>0</sub> zamítnout.

**Hypotéza 3:** Existuje statisticky významný rozdíl v nálezech CTA ve srovnání s nálezy CTP, jež by mohl vystihnout výtěžnost těchto dvou vyšetřovacích metod?

**Nulová hypotéza (H<sub>0</sub>):** Neexistuje statisticky významný rozdíl v nálezech CTA ve srovnání s nálezy CTP.

**Alternativní hypotéza (H<sub>1</sub>):** Existuje statisticky významný rozdíl v nálezech CTA ve srovnání s nálezy CTP.

Pro zjištění statistické významnosti rozdílu mezi nálezy CTA ve srovnání s nálezy CTP, jež by mohl vystihnout výtěžnost těchto dvou vyšetřovacích metod byl zvolen McNemarův test. McNemarův test se používá k porovnání dvou spojených kategoriálních proměnných získaných z párových dat. V tomto případě jsou nálezy CTA a CTP párovými proměnnými, protože se týkají identických pacientů. Nepodařilo se prokázat, že by na hladině významnosti 0,05 existoval statisticky významný rozdíl mezi nálezy CTA ve srovnání s nálezy CTP, jež by mohl vystihnout výtěžnost těchto

dvou vyšetřovacích metod. Jelikož signifikance tohoto testu byla 0,381. Na základě tohoto zjištění nelze  $H_0$  zamítnout.

**Hypotéza 4:** Existuje statisticky významná souvislost výskytu CMP diagnostikované díky vyšetření CTP u mužů od 50 let věku.

**Nulová hypotéza ( $H_0$ ):** Neexistuje statisticky významná souvislost mezi výskytem CMP diagnostikované díky vyšetření CTP a mužským pohlavím respondentů ve věku od 50 let.

**Alternativní hypotéza ( $H_1$ ):** Existuje statisticky významná souvislost mezi výskytem CMP diagnostikované díky vyšetření CTP a mužským pohlavím respondentů ve věku od 50 let.

Pro zjištění statisticky významné souvislosti výskytu CMP diagnostikované díky vyšetření CTP u mužů od 50 let věku byl zvolen Chi-kvadrátův test. Hladina signifikance testu byla nastavena na hodnotu 0,05, jelikož testujeme s 5 % chybou. Nepodařilo se prokázat, že existuje statisticky významná souvislost mezi výskytem CMP diagnostikované díky vyšetření CTP a mužským pohlavím respondentů ve věku od 50 let. Jelikož signifikance tohoto testu byla 0,219. Na základě tohoto zjištění  $H_0$  nelze zamítnout.

**Hypotéza 5:** Existuje statisticky významná souvislost výskytu CMP diagnostikované díky vyšetření CTA u mužů od 50 let věku

**Nulová hypotéza ( $H_0$ ):** Neexistuje statisticky významná souvislost mezi výskytem CMP diagnostikované díky vyšetření CTA a mužským pohlavím respondentů ve věku od 50 let.

**Alternativní hypotéza ( $H_1$ ):** Existuje statisticky významná souvislost mezi výskytem CMP diagnostikované díky vyšetření CTA a mužským pohlavím respondentů ve věku od 50 let.

Pro zjištění statisticky významné souvislosti výskytu CMP diagnostikované díky vyšetření CTA u mužů od 50 let věku byl zvolen Chi-kvadrátův test. Hladina signifikance testu byla nastavena na hodnotu 0,05, jelikož testujeme s 5 % chybou. Podařilo se prokázat, že existuje statisticky významná souvislost mezi výskytem CMP diagnostikované díky vyšetření CTA a mužským pohlavím respondentů ve věku od 50



let. Jelikož signifikance tohoto testu byla 0,031. Na základě tohoto zjištění  $H_0$  na hladině spolehlivosti 0,95 je zamítnuta. Existuje tedy statistická významnost mezi výskytem CMP diagnostikované díky vyšetření CTA u mužů od 50 let věku.

**Hypotéza 6:** Existuje statisticky významná souvislost výskytu CMP diagnostikované díky vyšetření CTP u žen do 50 let věku (menopauza).

**Nulová hypotéza ( $H_0$ ):** Neexistuje statisticky významná souvislost mezi výskytem CMP diagnostikované díky vyšetření CTP a ženským pohlavím respondentů ve věku do 50 let.

**Alternativní hypotéza ( $H_1$ ):** Existuje statisticky významná souvislost mezi výskytem CMP diagnostikované díky vyšetření CTP a ženským pohlavím respondentů ve věku do 50 let.

Pro zjištění statisticky významné souvislosti výskytu CMP diagnostikované díky vyšetření CTP u žen do 50 let věku (menopauza) byl zvolen Fisherův exaktní test. Fisherův exaktní test je alternativou, která poskytuje přesnější výsledky pro malé vzorky nebo když jsou splněny určité podmínky, které nejsou splněny pro Chi-kvadrát test. Hladina signifikance testu byla nastavena na hodnotu 0,05, jelikož testujeme s 5 % chybou. Nepodařilo se prokázat, že existuje statisticky významná souvislost mezi výskytem CMP diagnostikované díky vyšetření CTP a ženským pohlavím respondentů ve věku do 50 let. Jelikož signifikance tohoto testu byla 0,822. Na základě tohoto zjištění  $H_0$  není zamítnuta.

**Hypotéza 7:** Existuje statisticky významná souvislost výskytu CMP diagnostikované díky vyšetření CTA u žen do 50 let věku (menopauza).

**Nulová hypotéza ( $H_0$ ):** Neexistuje statisticky významná souvislost mezi výskytem CMP diagnostikované díky vyšetření CTA a ženským pohlavím respondentů ve věku do 50 let.

**Alternativní hypotéza ( $H_1$ ):** Existuje statisticky významná souvislost mezi výskytem CMP diagnostikované díky vyšetření CTA a ženským pohlavím respondentů ve věku do 50 let.

Pro zjištění statisticky významné souvislosti výskytu CMP diagnostikované díky vyšetření CTA u žen do 50 let věku (menopauza) byl zvolen Fisherův exaktní test. Hladina signifikance testu byla nastavena na hodnotu 0,05, jelikož testujeme s 5 % chybou. Nepodařilo se prokázat, že existuje statisticky významná souvislost mezi výskytem CMP diagnostikované díky vyšetření CTA a ženským pohlavím respondentů ve věku do 50 let. Jelikož signifikance tohoto testu byla 0,822. Na základě tohoto zjištění  $H_0$  není zamítnuta. Výsledky existence statisticky významné souvislosti mezi výskytem CMP diagnostikované díky vyšetření CTP a CTA ženského pohlaví ve věku do 50 let jsou identické.

**Hypotéza 8:** Existuje statistická významná souvislost hodnoty dávky z CTA na hodnotě BMI daného pacienta.

**Nulová hypotéza ( $H_0$ ):** Neexistuje statisticky významná lineární souvislost mezi hodnotami dávky z CTA a hodnotami BMI.

**Alternativní hypotéza ( $H_1$ ):** Existuje statisticky významná lineární souvislost mezi hodnotami dávky z CTA a hodnotami BMI.

Pro zjištění statisticky významné lineární souvislosti mezi hodnotami dávky z CTA a hodnotami BMI byl zvolena korelační analýza. Korelační analýza je statistická metoda, která se používá k posouzení síly a směru lineárního vztahu mezi dvěma kontinuálními proměnnými. Signifikance testu byla 0,001 a nulová hypotéza byla zamítnuta. Podařilo se prokázat, že existuje statisticky významná lineární závislost mezi hodnotami dávky z CTA a hodnotami BMI.

## DISKUSE

Převážným cílem teoretické části této diplomové práce bylo shrnout přehledně aktuální poznatky týkající se CMP a zobrazovacích metod pro její diagnostikování s využitím výpočetní tomografie. Druhá část diplomové práce se zabývala výzkumem. Dle stanoveného hlavního cíle výzkumné části došlo ke srovnání nálezů na CTP mozku s nálezů CTA mozkových a krčních tepen u identických pacientů. Další data potřebná ve výzkumu jako údaje o pohlaví, věku, BMI ale i o dávce plynoucí z obou

vyšetření byla získaná z archivačních systémů RIS a PACS. Již zmíněné nálezy i data byly sbírané retrospektivně. Ve výzkumu byla pouze srovnávaná dávka spojená s CTA vyšetřením. Porovnával se parametr DLP v jednotce mGy\*cm. Dávka vyplývající z provedené CTP mozku v oblasti bazálních ganglií měla totiž u všech jednotlivých pacientů konstantní hodnotu a to 1506,05 mGy\*cm.

Dle hlavního cíle této diplomové práce bylo pozorovat nálezy z vyšetření CTP a CTA z různých perspektiv. Prvním předpokladem bylo zjistit, zda existuje statisticky významný rozdíl mezi počtem mužů a žen s pozitivními nálezy CMP při vyšetření CTP mozku. Tento předpoklad však nebyl potvrzen, protože nebylo možné pozorovat statisticky významný rozdíl mezi počtem mužů a žen s pozitivními nálezy CMP při vyšetření CTP mozku. Avšak dle studie zabývající se také porovnáním nálezů se citlivost pro detekci CMP pomocí nekontrastní CT a kontrastní CTA se díky CTP se zvýšila o 12,4 % ve srovnání s použitím pouze nekontrastní CT a CTA. Citlivost CTP byla o 18,2 % vyšší ve srovnání s pouze nekontrastní CT. Přídavný protokol s využitím CTP a KL umožnil spolehlivější potvrzení diagnózy CMP než použití pouze nekontrastní CT a kontrastní CTA nebo jen nekontrastní CT. Postupný protokol pro diagnostiku CMP, který zahrnuje CT perfuzi, zvyšuje diagnostickou účinnost a shodu mezi různými pozorovateli. (Hopyanová J., et al., 2010., s. 1-3) Také dle výsledku další studie se díky CTA i CTP výrazně zlepšuje zobrazení přesné lokalizace a rozsahu dané formy CMP. (Mustapha A. E., et al., 2002, s. 958-966) Druhým předpokladem bylo ověřit, zda existuje statisticky významný rozdíl mezi počtem mužů a žen s diagnózou CMP ovšem při vyšetření CTA mozku a krčních tepen. Avšak ani při tomto srovnání nebyl nalezen statisticky významný rozdíl. Třetím předpokladem bylo zjistit, zda existuje statisticky významný rozdíl v nálezech CTA ve srovnání s nálezy CTP. Avšak ani zde se nepodařilo zjistit statisticky významný rozdíl. Čtvrtým předpokladem bylo zjistit, zda existuje statisticky významná souvislost výskytu CMP diagnostikovaného při vyšetření CTP u mužů ve věku 50 let a více, ale tato souvislost nebyla prokázána. Pátým předpokladem bylo zjistit, jestli existuje statisticky významná souvislost výskytu CMP u mužů ve věku 50 let a více při vyšetření CTA. Tento předpoklad se podařilo prokázat, tudíž existuje statisticky významná souvislost mezi výskytem CMP diagnostikované díky vyšetření CTA a mužským pohlavím respondentů ve věku od 50 let. Šestý předpoklad se zabýval statisticky významnou souvislostí výskytu CMP a ženským pohlavím respondentů do 50 let věku při vyšetření CTP, ale

tato souvislost nebyla prokázána. Sedmým předpokladem bylo zjistit statisticky významnou souvislost výskytu CMP a ženským pohlavím respondentů do 50 let věku při vyšetření CTA, ale ani zde nebyl předpoklad statisticky prokázán. Nálezy u mužského pohlaví respondentů jak díky CTA, tak i CTP se ve srovnání s uvedenou teorií článku nepotvrdily. Avšak u ženského pohlaví respondentů se tato teorie související s menopauzou potvrdila. (Murphy et al., 2020., s. 561-566) Posledním předpokladem bylo zkoumání existence statisticky významné souvislosti mezi hodnotami dávky z CTA a hodnotami BMI, což se podařilo. Existuje tedy statisticky významná lineární závislost mezi hodnotami dávky z CTA a hodnotami BMI. Pro zkoumání radiační expozice při CTA mozkových a krčních tepen a CTP mozku byla provedena studie. Ta byla prováděna na antropomorfním fantomu s cílem odhadnout množství dávky plynoucí z CT ozáření. Výsledkem této studie je názor, že se nedoporučuje kombinaci obou těchto CT vyšetření pro hodnocení CMP. Kombinace není doporučována kvůli zjištěné vysoké hodnotě expozice záření. (Sabarudin A., et al., 2014, s. 316-321)

## ZÁVĚR

Cílem teoretické části této diplomové práce bylo analyzovat poznatky týkající se CMP a vyšetření provedených pomocí CT. Jednalo se o nativní CT vyšetření mozku a kontrastní vyšetření, jako jsou CTP mozku a CTA mozkových a krčních tepen. V teoretické části také byly rozebrány současné poznatky o KL používaných, při již zmíněných kontrastních CT vyšetřeních. Na závěr teoretické části byly analyzovány základní principy radiační ochrany při lékařském ozáření spolu se stanovením radiační zátěže spojené s již provedeným CT.

Cílem výzkumné části práce bylo provést retrospektivní srovnání diagnostických nálezů z CTP a CTA u totožných pacientů a určit efektivitu těchto zobrazovacích modalit. Obě vyšetření byla provedena na totožném CT přístroji Somatom Perspective CT VC40 na základě požadavku indikujícího lékaře. Retrospektivní sběr dat probíhal od začátku roku 2019 do konce roku 2023 a celkem bylo do výzkumu začleněno 125 respondentů, kteří podstoupili zároveň oba tato CT vyšetření. Dle hypotézy č. 1, která předpokládala existenci statisticky významného rozdílu mezi počtem mužů a žen s potvrzenou diagnózou CMP díky vyšetření CTP nebyl statisticky významný rozdíl prokázán. Rovněž tak hypotéza č. 2, týkající se existence statisticky významného rozdílu mezi muži a ženami s potvrzenou diagnózou CMP díky CTA vyšetření, nebyla potvrzena. Hypotéza č. 3, která předpokládala existenci statisticky významného rozdílu v nálezech mezi CTA a CTP, jež by mohl vystihnout výtěžnost těchto dvou vyšetřovacích metod, také nedosáhla statistické významnosti. Tudíž ani výtěžnost těchto dvou CT modalit se nepovedlo vystihnout. Při zkoumání hypotézy č. 4 pojednávající o existenci statisticky významné souvislosti výskytu CMP diagnostikované pomocí CTP u mužů nad 50 let nebyla prokázána statisticky významná souvislost. Avšak u hypotézy č. 5 pojednávající o existenci statisticky významné souvislosti výskytu CMP diagnostikované pomocí CTA u mužů nad 50 let byla prokázána statisticky významná souvislost. Existuje tedy statistická významnost mezi výskytem CMP diagnostikované díky vyšetření CTA u mužů od 50 let věku. U hypotézy č. 6 pojednávající o existenci statisticky významné souvislosti výskytu CMP diagnostikované pomocí CTP u žen do 50 let (hranice menopauzy) ani u hypotézy č. 7, která se týkala existence statisticky významné souvislosti výskytu CMP diagnostikované pomocí CTA u této skupiny žen, nebyla prokázána. Výsledky existence statisticky významné souvislosti mezi výskytem CMP diagnostikované díky

vyšetření CTP a CTA ženského pohlaví ve věku do 50 let jsou tedy identické. Závěrečná hypotéza č. 8 zdali existuje statisticky významná souvislost mezi hodnotou dávky z CTA a hodnotou BMI byla potvrzena, ukázala se statisticky významná lineární závislost mezi těmito hodnotami.

Na základě zjištění z výzkumné části diplomové práce lze konstatovat, že efektivita obou kontrastních CT vyšetření je přibližně totožná. Hypotéza č. 5 pojednávající o existenci statisticky významné souvislosti výskytu CMP diagnostikované pomocí CTA u mužů nad 50 let, byla potvrzena. V tomto případě byla hypotéza potvrzena po statistickém vyhodnocení pomocí Chi-kvadrát testu. Druhá a poslední hypotéza, která byla potvrzena, je hypotéza č. 8, týkající se možné existence statisticky významné souvislosti mezi hodnotami dávky z CTA a hodnotami BMI jednotlivých pacientů. Tato hypotéza potvrdila, že existuje statisticky významná lineární závislost mezi těmito dvěma hodnotami.

Shrnutím jednotlivých přehledně strukturovaných kapitol byl hlavní cíl teoretické části splněn. Stejně tak byl splněn cíl výzkumné části díky retrospektivní studii dat jednotlivých 125 respondentů výzkumu. Demografické údaje a zkoumané parametry CTP i CTA byly po zpracování statisticky vyhodnoceny společně s osmi hypotézami. Další výzkum zaměřený na přesné nálezy na CT skenech CT mozku, CTP mozku i CTA mozkových a krčních tepen spolu s jeho následnou terapií by mohla být jedna z možností vhodného pokračování této diplomové práce.

## REFERENČNÍ SEZNAM

- Abbas, F.M., et al., (2020). **Statistical Hypothesis Testing**. Library of Congress Cataloging in publication data, 2020, s. 1-108.
- Aart J., et al. (2018). **Postkontrastní akutní poškození ledvin – Část 1: Definice, klinické rysy, incidence, úloha kontrastní látky a rizikové faktory**. European radiology, 2018, 28: 2845-2855. <https://doi.org/10.1007/s00330-017-5246->
- Karaszewski, B., et al. (2021). **Účinnost a bezpečnost intravenózní rtPA u ischemických mozkových příhod v důsledku okluze malých cév: Systematický přehled a metaanalýza**. Translational Stroke Research, 2021, s. 406-415.
- Bray, George, (2023). **Mimo BMI**. Nutrients, 2023, s. 1-11.
- Caplan, L. R. (2019). **Etiology, classification, and epidemiology of stroke**. Up To Date [database on the internet]., Waltham (MA): UpToDate, 2019, s. 1-12.
- Cihlář Filip, et al. (2023). **Zobrazení akutní ischemické cévní mozkové příhody: jak referovat nález pro intervenčního radiologa**. Česká Radiologie, 2023, s. 103-109.
- Cimfová, Petra, et al. (2019). **Diagnostika ischemických CMP-přehled zobrazovacích metod a jejich využití v praxi**. Česká Radiologie, 2019, 73.3: s. 150-159.
- Danyi, Pavel. (2016) **Stav léčby CMP v ČR: pohled epidemiologa**. Zdravotnictví a medicína, 2016, s. 1.
- Ferda Jiří, et al. (2013). **Zátěžová perfuzní výpočetní tomografie mozku s podáním acetazolamidu**. Česká Radiologie, 2013, 67(3) s. 181-187.
- Fiala Pavel a Valenta Jiří. (2020). **Přehled anatomie centrálního nervového systému**. Učební texty Univerzity Karlovy, 2020, s. 136.
- Grim Miloš et al. (2014). **Končetiným stěna trupu**. Atlas anatomie člověka I., 2014, s.1-336. ISBN 978-80-247-9538-6.
- Grim Miloš et al. (2017). **Hlava a krk, vnitřní orgány, neuroanatomie**. Atlas anatomie člověka II., 2017, s.1-432. ISBN 978-80-271-0904-3.
- Hazirolan T., et al. (2009). **The impact of warmed intravenous contrast material on the bolus geometry of coronary CT angiography applications**. Korean Radiol., 2009, s. 150-5. doi: 10.3348/kjr.2009.10.2.150.

- Hopyanová J., et al., (2010) **Jistota diagnostiky mrtvice: Inkrementální přínos CT perfuze oproti nekontrastní CT a CT angiografii.** Department of Diagnostic Imaging, Division of Neuroradiology, 2010, s. 1-3.
- Neumann Jiří, et al. (2021). **Doporučení pro intravenózní trombolýzu v léčbě akutního mozkového infarktu.** Cesk Slov Neurol, 2021, s. 291-299.
- Neumann Jiří. (2007). **Současné možnosti péče o pacienta s akutní ischemickou cévní mozkovou příhodou.** Medicína pro praxi, 2007, s. 30-31.
- Matthew S. Davenport et al. (2020). Použití intravenózních jodovaných kontrastních médií u pacientů s onemocněním ledvin. American College of Radiology a National Kidney Foundation, 2020, s. 660-668.
- MIKŠOVÁ, Zdeňka. (2019). **Závěrečná diplomová práce – praktická příručka pro tvorbu diplomové práce na Fakultě zdravotnických věd.** Univerzita Palackého v Olomouci, 2019, s. 1-105, ISBN 978-80- 244-5629-4.
- Ministerstvo zdravotnictví ČR. (2016). **Národní radiologické standardy – Výpočetní tomografie.** Ministerstvo zdravotnictví ČR, 2016, dostupné z: <https://www.mzcr.cz/vypocetni-tomografie/>.
- Mirka Hynek a Ferda Jiří. (2015). Multidetektorová výpočetní tomografie Perfuzní vyšetření. Nakladatelství Galén, 2015, s. 1-214, ISBN 978-80-7492-185-8.
- Montano A., et al., (2021). **Hemorrhagic stroke.** Handbook of clinical neurology, 2021, 176: 229-248.
- Murphy S., WERRING, D. J., (2020)., **Stroke: causes and clinical features.** Medicine, 2020, s. 561-566.
- Mustapha A.E., et al., (2002). **CT angiografie se zobrazením objemu krve prokrvené celým mozkem.** Clinical Value in the Assessment of Acute Stroke, 2002, s. 959-966, ISSN 0039-2499.
- Orel M., et al., (2017). **Vyšetření a výzkum mozku, pro psychology, pedagogy a další nelékařské obory.** Grada, 2017, s. 137-217.
- Reiterová Eva. (2016). **Statistika pro nelékařské obory.** Fakulta zdravotnických věd Univerzita Palackého v Olomouci, 2016, s. 45-72. ISBN 978-80-244-5082-7
- Sabarudin A., et al., (2014). **Radiační dávka spojená s cerebrální CT angiografií a CT perfuzí.** Radiation Protection Dosimetry, s. 316-321.
- Seeters T., et al. (2013). **Spolehlivost vizuálního hodnocení nekontrastní CT, CT angiografie a CT perfuze u pacientů s podezřením na ischemickou cévní**



**mozkovou příhodu.** Department of Radiology, University Medical Center Utrecht, Utrecht, The Netherlands, 2013, s. 1-6.

- Spokoiny V., Diskhaus T. (2015). **Testing a Statistical Hypothesis.** Základy moderní matematické statistiky, 2015, s.195-222.
- Stephen JX. Murphy, David J. Werring. (2023). **Cévní mozková příhoda: příčiny a klinické příznaky.** Medicine, 2020, s. 561-566, ISSN 1357-3039.
- SUJB. (2018). **Program zajištění radiační ochrany.** SUJB doporučení, 2018, s. 1-15.
- SUJB. (2019). **Osobní monitorování.** SÚJB, DOPORUČENÍ, 2019, s. 1-81.
- Súčupová L., (2018)., **Radiační ochrana při rentgenových výkonech – to nejdůležitější pro praxi.** Grada, 2018, s. 23-26
- Škoda, O. (2020). **Primární a sekundární prevence ischemické cévní mozkové příhody.** Medicina po Promoci, 2020, 21(4), s. 292-297. ISSN: 1212-9445.
- UNNITHAN, Ajaya Kumar A., et al. (2023). **Hemorrhagic stroke.** Treasure Island (FL): StatPearls Publishing, 2023, s. 1-18.
- Vinklárek Jan, et al., (2018). **Počítačová tomografie u akutní ischemické cévní mozkové příhody.** Neurologie pro praxi, 2018, s. 156-261.

## SEZNAM ZKRATEK

<b>ACM</b>	Arteria cerebri media
<b>ASCPECTS</b>	Alberta Stroke Program Early CT Score
<b>DM</b>	Diabetes mellitus
<b>DSA</b>	Digitální substrakční angiografie
<b>CBF</b>	cerebrální krevní průtok
<b>CBV</b>	mozkový krevní objem
<b>CMP</b>	Cévní mozková příhoda
<b>CNS</b>	Centrální nervový systém
<b>CTP</b>	CT perfuze
<b>CTA</b>	CT angiografie
<b>CT</b>	Výpočetní tomografie
<b>eGFR</b>	Glomerulární filtrace
<b>EKG</b>	Elektrokardiografie
<b>FR</b>	Fyziologický roztok
<b>FS</b>	Fibrilace síní
<b>HU</b>	Hounsfieldovy jednotky
<b>ICH</b>	Intrakraniální/intracerebrální krvácení
<b>ICHDK</b>	Ischemická choroba dolních končetin
<b>i.v.</b>	Intravenózní
<b>IVT</b>	Intravenózní trombolýza
<b>IZ</b>	Ionizující záření
<b>JKL</b>	Jodové kontrastní látky
<b>kg</b>	Kilogram
<b>KHN</b>	Karvinská hornická nemocnice
<b>KIN</b>	Kontrastní nefropatie
<b>KL</b>	Kontrastní látka
<b>kV</b>	Kilovolt
<b>LACI</b>	Lakunární infarkt

<b>LDL</b>	Nízkodenzitní cholesterol
<b>m</b>	Metr
<b>mAs</b>	Miliampér sekundy
<b>ml</b>	Mililitr
<b>mm</b>	Milimetr
<b>MN</b>	Mechanická trombektomie
<b>MTT</b>	Mean transit time
<b>MRA</b>	MR angiografie
<b>MR</b>	Magnetická rezonance
<b>NIS</b>	Nemocniční informační systém
<b>PACS</b>	Picture archiving and communication system
<b>PAD</b>	Perorální antidiabetika
<b>RA</b>	Radiologický asistent
<b>RF</b>	Rizikový faktor
<b>RIS</b>	Radiologický informační systém
<b>RTG</b>	Rentgen, rentgenové vyšetření
<b>S</b>	Sekunda
<b>SAH</b>	Subarachnoidální krvácení
<b>SÚJB</b>	Státní úřad pro jadernou bezpečnost
<b>TIA</b>	Tranzitorní ischemická ataka
<b>TK</b>	Krevní tlak
<b>TOAST</b>	The Trial of Org 10172 in Acute Stroke Treatment
<b>TTP</b>	Time to peak
<b>UZ</b>	Ultrazvuk
<b>ZM</b>	Zobrazovací metody

## SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ

Obrázek 1: ASPECTS skóre programu Brainomics – nativní CT mozku (Cihlár et al., 2023., s. 103-109) .....	31
Obrázek 2: Základní typ parametrické mapy, pro hodnocení ischemické CMP (Mirka Hynek a Ferda Jiří., 2015., s. 1-214) .....	35
Obrázek 3: Doplnující typ parametrické mapy, pro hodnocení ischemické CMP (Mirka Hynek a Ferda Jiří., 2015., s. 1-214) .....	35
Obrázek 4: Perfuzní mapa se zachycenou s okluzí karotidy se zachovalou cerebrovaskulární rezervou. (Ferda et al., 2013., s. 181-187).....	38
Obrázek 5: Perfuzní mapa se zachycenou okluzí karotidy s vyčerpanou cerebrovaskulární rezervou. (Ferda et al., 2013., s. 181-187).....	39
Obrázek 6 :CT rekonstrukce zobrazující tepny odstupující z arcus aorte, vztah ke skeletu, pohled zepředu (Grim et al., 2017., s. 103) .....	42
Obrázek 7: CT rekonstrukce zobrazující tepny odstupující z arcus aorte, vztah ke skeletu, pohled z boku (Grim et al., 2017., s. 105) .....	42
Obrázek 8: CT 3D rekonstrukce zobrazující tepny hlavy a krku, vztah ke skeletu, pohled z boku (Grim et al., 2017., s. 48) .....	43
Obrázek 9: Anatomie Willisova okruhu (Fiala a Valenta., 2020., s. 135) .....	43
Obrázek 10: CT transverzální řez hrudníkem v oblasti TH4, místo monitorace bolusu (Grim et al., 2017., s. 101) .....	45
Obrázek 11 : Protokol o dávce CTA a CTP vyšetření provedených na přístroji CT Siemens Somatom CT VC40 (PACS KHN) .....	54
Obrázek 12 Procentuální zastoupení mužů a žen, kteří podstoupili vyšetření CT vyšetření dle indikace podezření na CMP .....	56
Obrázek 13 Zastoupení jednotlivých kategoriích BMI respondentů výzkumu .	56
Obrázek 14 Zastoupení jednotlivých věkových kategorií respondentů výzkumu .....	57
Obrázek 15 Procentuální rozložení pozitivně diagnostikovaných CMP u respondentů výzkumu na základě CTP .....	58
Obrázek 16 Procentuální rozložení pozitivně diagnostikovaných CMP u respondentů výzkumu na základě CTA.....	58


Obrázek 17 Procentuální rozložení neshody mezi nálezy na CTA u CTP u vyšetření respondentů výzkumu.....	59
Obrázek 18 Procentuální znázornění počtu mužů nad 50 let s pozitivním nálezem CMP dle CTP.....	59
Obrázek 19 Procentuální znázornění počtu mužů nad 50 let s pozitivním nálezem CMP dle CTA.....	60
Obrázek 20 Procentuální znázornění počtu žen do 50 let s pozitivním nálezem CMP dle CTP .....	61
Obrázek 21 Procentuální znázornění počtu žen do 50 let s pozitivním nálezem CMP dle CTA .....	61
Obrázek 22 Průměrné znázornění hodnot dávky u respondentů výzkumu při CTA.....	62

## **SEZNAM TABULEK**

**Tabulka č. 1** Rozložení věkového průměru respondentů ve výzkumu.

# PŘÍLOHY

## Příloha č. 1 Informovaný souhlas se sběrem dat Karvinské hornické nemocnice



Fakulta  
zdravotnických věd

**Informovaný souhlas**

Pro výzkumný projekt: Diplomová práce  
Období realizace: 2019-2023  
Řešitelé projektu: Bc. Kristýna Reli

Vážená paní, vážený pane,

obracíme se na Vás se žádostí o spolupráci na výzkumném šetření, jehož cílem je srovnání hodnot dávky z angiografického vyšetření karotid s dávkou z perfúzi mozku. Jednalo by se o retrospektivní srovnávání dávek z databáze PACS od roku 2019 do roku 2023. Z účasti na výzkumu pro Vás nevyplyvají žádné rizika. Pokud s účastí na výzkumu souhlasíte, připojte podpis, kterým vyslovujete souhlas s níže uvedeným prohlášením.

**Prohlášení účastníka výzkumu**

Prohlašuji, že souhlasím s účastí na výše uvedeném výzkumu. Řešitel/ka projektu mne informoval/a o podstatě výzkumu a seznámil/a mne s cíli a metodami a postupy, které budou při výzkumu používány, podobně jako s výhodami a riziky, které pro mne z účasti na výzkumu vyplývají. Souhlasím s tím, že všechny získané údaje budou anonymně zpracovány, použity jen pro účely výzkumu a že výsledky výzkumu mohou být anonymně publikovány.

Měl/a jsem možnost vše si řádně, v klidu a v dostatečně poskytnutém čase zvážit, měl/a jsem možnost se řešitele/ky zeptat na vše, co jsem považoval/a za pro mne podstatné a potřebné vědět. Na tyto mé dotazy jsem dostal/a jasnou a srozumitelnou

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

odpověď. Jsem informován/a , že mám možnost kdykoliv od spolupráce na výzkumu odstoupit, a to i bez udání důvodu.

Osobní údaje (sociodemografická data) účastníka výzkumu budou v rámci výzkumného projektu zpracována v souladu s nařízením Evropského parlamentu a Rady EU 2016/679 ze dne 27. dubna 2016 o ochraně fyzických osob v souvislosti se zpracováním osobních údajů a o volném pohybu těchto údajů a o zrušení směrnice 95/46/ES (dále jen „nařízení“).

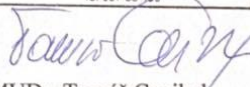
Prohlašuji, že beru na vědomí informace obsažené v tomto informovaném souhlasu a souhlasím se zpracováním osobních a citlivých údajů účastníka výzkumu v rozsahu a způsobem a za účelem specifikovaným v tomto informovaném souhlasu.

Tento informovaný souhlas je vyhotoven ve dvou stejnopisech, každý s platností originálu, z nichž jeden obdrží účastník výzkumu (nebo zákonný zástupce) a druhý řešitel projektu.

Jméno, příjmení a podpis účastníka výzkumu (zákonného zástupce):

V Karvině dne 15. 5. 2023

Karvinská hornická nemocnice a.s.  
ředitelství  
Zakladatelská 975/22  
735 06 Karviná - Nové Město  
IČ: 607 93 490

  
MUDr. Tomáš Canibal  
Ředitel nemocnice

Jméno, příjmení a podpis řešitele projektu:

  
Bc. Kristýna Reli



## Příloha č. 2 Souhlasné stanovisko Etické komise FZV UP



Fakulta  
zdravotnických věd

Genius loci ...

UPOL - 149707/FZV-2023

Vážená paní  
Bc. Kristýna Reli

2023-05-25

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 „**Diagnostika cévní mozkové příhody na CT**“, jehož jste hlavní řešitelkou, bylo uděleno

**souhlasné stanovisko Etické komise FZV UP .**

S pozdravem,

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

Mgr. Renáta Váverková  
předsedkyně  
Etické komise FZV UP

Fakulta zdravotnických věd Univerzity Palackého v Olomouci  
Hněvotínská 3 | 775 15 Olomouc | T: 585 632 880  
[www.fzv.upol.cz](http://www.fzv.upol.cz)