

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI
FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH VĚD

DIPLOMOVÁ PRÁCE

2025

Bc. Kristýna Reli

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH VĚD

Ústav radiologických metod

Bc. Kristýna Reli

DIAGNOSTIKA CÉVNÍ MOZKOVÉ PŘÍHODY NA CT

Diplomová práce

Vedoucí práce: Mgr. Jiří Kozel

Olomouc 2025

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

V Olomouci dne 17.7.2025

.....

Ráda bych vyjádřila své poděkování panu Mgr. Jiřímu Kozlovi za jeho vstřícnost, ochotu, trpělivost a užitečné rady, které mi poskytl při vedení této diplomové práce. Dále bych ráda poděkovala MUDr. Kateřině Sukopové, za konzultace a konstruktivní připomínky k provedení mé teoretické části.

Anotace

Typ závěrečné práce:	Diplomová práce
Téma práce:	Diagnostika cévní mozkové příhody na CT
Název práce:	Diagnostika cévní mozkové příhody na CT
Název práce v AJ:	Diagnosis of Stroke Using Computed Tomography
Datum zadání:	1. 11. 2022
Datum odevzdání:	19.7.2025
Vysoká škola, fakulta, ústav:	Univerzita Palackého v Olomouci Fakulta zdravotnických věd Ústav radiologických metod
Autor práce:	Bc. Reli Kristýna
Vedoucí práce:	Mgr. Jiří Kozel
Oponent práce:	
Abstrakt v ČJ:	

Tato diplomová práce se věnuje diagnostice cévní mozkové příhody prostřednictvím výpočetní tomografie. Detailně jsou popsány metody nativního CT mozku, CT perfuze a CT angiografie mozkových a krčních tepen. Teoretická část podává přehled o cévní mozkové příhodě, jejích typech, možnostech diagnostiky pomocí zobrazovacích metod – zejména CT a magnetické rezonance – a současně také přibližuje dostupné terapeutické přístupy. Výzkumná část popisuje realizovaný výzkum zaměřený na hodnocení přínosu jednotlivých zobrazovacích metod pro rozhodování o zahájení trombolytické léčby, a to výhradně u ischemického typu CMP. Hlavní pozornost je věnována významu časového okna a roli výpočetní tomografie při detekci ischemie a výběru optimální terapie. Primárním cílem bylo posoudit diagnostickou výtěžnost nativního CT, CT angiografie a CT perfuze v závislosti na délce časového intervalu od vzniku příznaků. Současně se hodnotil vliv výsledků zobrazovacích metod na indikaci intravenózní trombolýzy a význam klinického obrazu v

případech s nejednoznačnými či negativními nálezy. Výzkum měl charakter kvantitativní retrospektivní analýzy dat, která byla zaznamenána a zpracována v programu Excel. Pro statistické vyhodnocení byly použity údaje z neurologických a radiologických zpráv. Celkem bylo analyzováno 57 pacientů vyšetřených všemi třemi CT modalitami. Výsledky ukázaly vyšší senzitivitu CTP napříč všemi časovými okny a zároveň lepší výkonnost této metody v hyperakutním časovém okně. Dále se ukázalo, že intravenózní trombolýza byla podána nejen pacientům s pozitivním nálezem ischemie na některé z CT modalit, ale v některých případech i při negativním zobrazovacím výsledku – rozhodnutí bylo založeno na klinickém obrazu a časové tísni. Zároveň bylo potvrzeno, že metoda CTP dokáže detekovat ischemii i tam, kde ji nativní CT ani CTA neprokázaly. Pro budoucí výzkum by bylo přínosné pracovat s větším souborem pacientů, což by umožnilo přesnější a statisticky spolehlivější zhodnocení sledovaných proměnných.

Abstrakt v AJ:

This diploma thesis focuses on the diagnosis of stroke using computed tomography (CT). There are minutely described methods of native CT of the brain, CT perfusion, and CT angiography of cerebral and cervical arteries. The theoretical part provides an overview of stroke, its types, diagnostic options using imaging methods—particularly CT and magnetic resonance imaging—and also gives better view of current available therapeutic approaches. The practical part describes a realised research aimed at evaluating the contribution of individual imaging methods to decision-making regarding the initiation of thrombolytic therapy, exclusively in cases of ischemic stroke. The main focus is placed on the importance of the time window and the role of computed tomography in detecting ischemia and selecting the optimal therapy. The primary goal was to assess the diagnostic yield of native CT, CT angiography, and CT perfusion depending on the time interval from symptom onset. At the same time, the impact of imaging results on the indication for intravenous thrombolysis and the importance of the clinical picture in cases with inconclusive or negative findings were evaluated. The research was conducted as a quantitative retrospective data analysis, recorded and processed in Excel. Data from neurological and radiological reports were used for statistical

evaluation. A total of 57 patients who underwent all three CT modalities were analyzed. The results showed higher sensitivity of CT perfusion across all time windows, with better performance of this method in the early time window. It was also found that intravenous thrombolysis was administered not only to patients with a positive ischemia finding on one of the CT modalities but in some cases even with a negative imaging result—based on the clinical picture and time pressure. Furthermore, it was confirmed that CT perfusion is capable of detecting ischemia even in cases where non-contrast CT and CTA failed to demonstrate it. For future research, working with a larger patient sample would be beneficial, as it would allow for more accurate and statistically reliable evaluation of the observed variables.

Klíčové slova v ČJ:

CMP, mozek, CT, CTP,
CTA, trombolýza

Klíčové slova v AJ:

stroke, brain, CT, CTP,
CTA, thrombolysis

Rozsah:

90 stran i včetně 8 příloh

Obsah

Úvod	11
Popis rešeršní činnosti	13
1. Cévní mozková příhoda (CMP)	15
1.1 CMP epidemiologie	16
1.2 Tranzitorní ischemická ataka (TIA).....	16
1.3 Klasifikace CMP	17
1.4 Prevence CMP	21
1.5 Rizikové faktory CMP	25
1.6 Diagnostika CMP	28
1.7 Terapie ischemické CMP pomocí IVT.....	29
1.8 Terapie ischemické CMP pomocí mechanické trombektomie.....	32
1.9 Terapie hemoragické CMP pomocí snižování tlaku.....	32
1.10 Terapie hemoragické CMP pomocí hemostatické terapie	33
1.11 Terapie hemoragické CMP pomocí chirurgické terapie	34
2. Nativní CT mozku v diagnostice CMP	35
2.1 ASPECT skóre	35
2.2 Protokol CT mozku.....	38
3. CT perfuze mozku v diagnostice CMP	39
3.1 Princip	39
3.2 Hodnocení.....	40
3.3 Pozitiva CTP	43
3.4 Optimalizace dávky	43
3.5 Protokol CT perfúze mozku.....	44
4. CTA mozkových a krčních tepen v diagnostice CMP	46
4.1 Protokol CT angiografie mozkových a krčních tepen	48
4.2 CTP v porovnání s CTA.....	49

5. Magnetická rezonance mozku při CMP	50
5.1 MR mozku a zobrazení krvácení	50
5.2 MR mozku a zobrazení ischemie	51
5.3 MR angiografie	53
5.4 Výhody MR oproti CT u CMP	53
6. Radiační ochrana u lékařského ozáření	55
6.1 Deterministické a stochastické účinky IZ	55
6.2 Principy radiační ochrany	55
6.3 Stanovení radiační zátěže pro CT	56
7. Metodika výzkumu	58
7.1 Výzkumné cíle a hypotézy	58
7.2 Charakteristika výzkumného souboru	59
7.3 Metoda sběru dat	59
7.3.1 Sběr dat v systému NIS a PACS MNOF	59
7.4 Realizace výzkumu	60
7.5 Metoda zpracovávání dat – statistická analýza	63
8. Výsledky výzkumu	64
8.1 Rozložení pacientů podle fáze od vzniku příznaků CMP do vyšetření CT	64
8.2 Diagnostická výtěžnost CT modalit na časovém okně	65
8.3 Vliv zobrazovacích metod na indikaci IVT	66
9. Diskuze	68
9.1 Limity výzkumu	70
Závěr	71
Referenční seznam	73
Seznam zkratk	79
Seznam použitých obrázků	82

Seznam tabulek.....	83
Přílohy	84

Úvod

Cévní mozková příhoda (CMP) je akutní neurologický stav charakterizovaný náhlým ložiskovým postižením mozkových funkcí v důsledku poruchy cévního zásobení centrálního nervového systému. Může mít podobu buď ischemie, nebo krvácení. Přibližně 85 % všech případů CMP je způsobeno ischemií, kdy v důsledku kritického snížení průtoku krve dochází k nevratnému poškození mozkové tkáně – tzv. infarktovému jádru. Toto jádro je často obklopeno zónou ischemické penumbry, která je potenciálně zachránítelem terapeutickým zásahem. Její osud závisí na funkčnosti kolaterálního oběhu a aktuálním prokrvení. Naopak intracerebrální hemoragie, která se může objevit například v oblasti mozečku, mozkového kmene, bazálních ganglií nebo mozkových laloků, tvoří přibližně 15 % všech případů CMP na celém světě. (Murphy et al., 2020; Puiq et al., 2020)

Nativní CT mozku umožňuje nejen vyloučit jiné patologické stavy, například krvácení či nádor, které by znemožnily podání reperfuční léčby, ale zároveň poskytuje cenné informace o stádiu a rozsahu ischemického postižení. U pacientů s podezřením na akutní CMP představuje toto vyšetření zásadní diagnostickou metodu. V úvodních dvou hodinách mohou být změny na mozkové tkáni jen minimální, postupně se ale objevují časné známky ischemie, které se později rozvinou do dobře ohraničené hypodenzní oblasti odpovídající infarktové lézi. (Vinklárek et al., 2018)

Vyšetření CTP poskytuje přehled o aktuálním stavu funkce mozkové tkáně a zároveň umožňuje posoudit její perfuzi. Jeho hlavním úkolem je rozlišit tři formy ischemie. První představuje ischemické jádro, tedy tkáň, která je již nevratně poškozená. Druhou je ischemická penumbra, tedy hypoperfundovaná, avšak stále životaschopná oblast. Třetí typ, benigní oligémie, označuje hypoperfundovanou tkáň, která zůstává bez známek ischemie i bez terapeutické reperfúze. (Vinklárek et al., 2018)

CTA představuje optimální neinvazivní metodu pro posouzení integrity mozkového cévního řečiště v rozsahu od aortálního oblouku až po vertex. U jednofázových, dvoufázových i dynamických CTA protokolů se doporučuje zobrazit tepny v celém tomto úseku. Takto získané zobrazení poskytuje kompletní přehled o mozkové cirkulaci, detailní anatomii intrakraniálních i extrakraniálních tepen i kolaterálního oběhu. Na základě CTA nálezů dokáže radiolog odlišit akutní

neurologický deficit způsobený skutečnou CMP od tzv. stroke mimics. (Cimflová et al., 2019)

Nálezy radiologa při CMP na CT skenech se vyvíjí v závislosti na stádiu ischemické léze. Podle časového průběhu se CMP rozděluje do čtyř fází: hyperakutní fáze (0–4,5 hodiny), akutní fáze (4,5–6 hodin), pozdní fáze (6–24 hodin) a subakutní fáze (nad 24 hodin). (Nowinski W., 2024)

Při podezření na hyperakutní CMP zůstává základní diagnostickou metodou nativní CT vyšetření. Slouží především k vyloučení intracerebrálního krvácení či přítomnosti mozkových nádorů a v některých případech umožňuje odhalit i časně známky ischemie. Doplněním o CTA a CTP lze navíc získat cenné informace o případné cévní okluzi, její přesné lokalizaci a rozsahu. (Soren Ch., Lansberg M., 2018)

U pacientů s akutní CMP bývá nativní CT rozšířeno o CTA. Hlavním cílem je co nejrychleji a nejpřesněji odhalit okluzi velkých intrakraniálních tepen v povodí přední mozkové cirkulace právě pomocí CTA. Pro přesnější posouzení rozsahu ischemického jádra a penumbry se k CTA obvykle přidává také CTP. (Amukotuwa S. et al., 2019; Lui YW. et al., 2010)

Aktuální výzkumy prokazují, že kombinace nativního CT, kontrastní CTP a CTA je efektivním nástrojem pro výběr pacientů k endovaskulární léčbě i v pozdním časovém okně po vzniku CMP. Díky těmto zobrazovacím metodám lze rychle posoudit rozsah ischemického jádra, přítomnost cévní okluze a kvalitu kolaterální cirkulace, což umožňuje správně indikovat rekanalizační terapii i mimo standardní časové limity. (Almekhlafi M. et al. 2019; Rehani B. et al., 2019)

V subakutní fázi ischemického infarktu lze na nativním CT pozorovat rozvoj mozkového edému, který vyvíjí výrazný tlak na okolní mozkovou tkáň, přičemž hypodenzní léze mají již zřetelnější kontury. V této fázi je nezbytné pečlivě sledovat riziko progresivního otoku mozku, jenž může vést k poruše vědomí a dalším závažným, potenciálně fatálním komplikacím. (Shafaat O., 2023, Kumar A. et al., 2023)

Tato práce si klade za cíl zhodnotit význam jednotlivých zobrazovacích metod – nativního CT, CT angiografie (CTA) a CT perfuze (CTP) – při diagnostice akutní ischemické cévní mozkové příhody (iCMP) a při rozhodování o indikaci intravenózní trombolytické terapie (IVT). Důraz je kladen na posouzení přínosu těchto metod v

závislosti na časovém okně od nástupu symptomů a na jejich roli v detekci ischemie a určování vhodného léčebného postupu.

Popis rešeršní činnosti

VYHLEDÁVACÍ KRITÉRIA

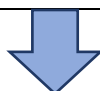
Klíčová slova v ČJ: CMP, mozek, CT, CTP, CTA, kontrastní látka

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

Jazyk: český, anglický

Období: 2014–2025

Další kritéria: přehledové a odborné články týkající se tematiky, text v českém či anglickém jazyce

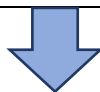


DATABÁZE

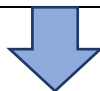
EBSCO, MEDLINE

Complete, Bookport, Google

Scholar



Nalezeno 371 článků



VYŘAZUJÍCÍ KRITÉRIA

Články neodpovídající tématu

Duplicitní články

Kvalifikační práce



**SUMARIZACE POUŽITÝCH DATABÁZÍ A
DOHLEDANÝCH DOKUMENTŮ**

EBSCO - 16

Google Scholar - 14

Bookport - 4

Standardy - 1

MEDLINE Complete - 8



Pro tvorbu teoretických
východisek bylo použito
43 článků.

1. 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 se stala druhou nejčastější příčinou 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 ischemickými příčinami, primárně způsobenými embolem nasedajícím na aterosklerotický plát velkých tepen, tromboembolismem či arterosklerózou malých cév. Ischémii vzniká infarktové jádro, to představuje region mozkové tkáně, který je v důsledku kritického snížení perfuze nevratně poškozen. Avšak jádro bývá obklopeno ischemickou penumbrou, kterou lze pomocí terapie zachránit. Osud této penumbry se odvíjí od funkčnosti kolaterálního oběhu i perfuzi v okolí. Penumbraální tkáň tvoří buňky, jejichž funkce byla narušena v důsledku hypoxie způsobené sníženým průtokem krve. Reperfuze může vést k obnovení buněčné funkce v oblasti penumbry – tedy návratu průtoku krve do ischemické oblasti. Zvládne zachránit tuto ještě životaschopnou, avšak ohroženou mozkovou tkáň.

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 faktory jsou zvláště významné u osob mladších padesáti let. Detekce lézí je možná díky pochopení anatomie cévního zásobení mozku i jeho nervových drah. Díky těmto znalostem je pro radiologa snadné interpretovat zobrazení mozku a následně porozumět funkčnímu deficitu. Díky zobrazovacím metodám (ZM) je schopen předpovědět prognózu a určit příčinu CMP. ZM jsou dále nezbytné k rozlišení ischemické CMP od ICH. (Murphy et al., 2020; Puiq et al., 2020)

1.1 CMP epidemiologie

Epidemiologie CMP představuje významnou a narůstající výzvu pro celosvětové zdraví. CMP je druhou nejčastější příčinou úmrtnosti v zemích s vysokými až středními příjmy a zároveň hlavní příčinou 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 tato diagnóza je příčinou až 85 % všech úmrtí. Cerebrální cévní onemocnění je druhou nejčastější příčinou pozdní demence a primární příčinou epilepsie u starších osob. (Murphy et al., 2020)

1.2 Tranzitorní ischemická ataka (TIA)

Je nezbytné uznat, že tranzitorní ischemická ataka (TIA) a CMP jsou klinická onemocnění s různými možnými 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 do 24 hodin vede ke 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 faktory je činí nevhodnými pro léčbu mrtvice, jelikož tato terapie je silně provázána 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 zobrazovacích metodách díky rostoucí dostupnosti MRI. (Murphy et al., 2020)

1.3 Klasifikace CMP

Na základě mechanických faktorů, jako jsou 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 v rámci novější klasifikace A-S-C-O. V současné době však není známo, jaký vliv bude mít tato klasifikace na klinický dopad. (Murphy et al., 2020)

Krvácení a ischemie, dvě hlavní formy CMP, jsou způsobeny různými příčinami. První kategorie krvácení je způsobeno nahromaděním krve uvnitř lebky, zatímco ischemie vzniká v důsledku nedostatečného průtoku krve do části mozku, která není dostatečně zásobena kyslíkem a živinami. 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. Asi pouhých 20 % pacientů má hemoragický typ CMP, který je většinou způsoben intracerebrálním krvácením (ICH). Mezi akutními formami CMP představuje značné nebezpečí netraumatické intracerebrální krvácení.

Hemoragickou CMP lze rozdělit 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 náhlým nástupem konkrétních neurologických deficitů, často se symptomy způsobenými zvýšeným intrakraniálním tlakem uvnitř lebky. Symptomy mohou být cefalea, nauzea, vomitus, závratě až snížená úroveň vědomí. (Caplan., 2019; Montano et al., 2021)

Ischemická forma CMP vzniká nejčastěji v důsledku embolie, která představuje hlavní příčinu jejího vzniku. Obvykle se jedná o krevní sraženiny související se srdcem, známé jako kardioembolie, které se vyvíjejí v důsledku srdečního onemocnění. Fibrilace síní, abnormality chlopní a kardiomyopatie způsobené infarktem myokardu nebo hypertenzí jsou nejčastějšími srdečními onemocněními, která vedou k CMP.

Ateroskleróza velkých tepen je další důležitou příčinou CMP. Embolie, která obvykle nasedá na aterosklerotický plát nebo se tvoří v místě arteriální disekce, nastává, když se trombus odlomí a putuje po proudu krevního řečiště do menších distálních tepen, kde se usadí. Protože arteriální krev zásobuje mozkovou tkáň kyslíkem a cukrem, je snížený průtok krve primární příčinou 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 také způsobuje hromadění tekutin a edém mozku. (Caplan, 2019; Feske, 2021)

1.3.1 Fáze CMP

Při diagnostice pacientů s CMP a při rozhodování o léčbě jsou zobrazovací metody nezbytným nástrojem. Radiologické nálezy CMP na CT skenech se dynamicky mění v závislosti na stádiu ischemické léze. Následující kategorie obvykle popisují chronologické rozdělení na základě vzniku změn spojené s CMP. (Nowinski, 2024)

- a) hyperakutní fáze (0–4,5 hodin),
- b) akutní fáze (4,5-6 hodin),
- c) pozdní fáze (6-24 hodin),
- d) subakutní fáze (24 hodin a více).

Hyperakutní fáze CMP

Nativní CT je stále preferovanou technikou při podezření na hyperakutní cévní mozkovou příhodu. Umožňuje nám vyloučit krvácení do mozku nebo mozkové nádory a v určitých situacích identifikovat časné ischemické příznaky. Kombinací CTA s CTP můžeme získat mimořádně užitečné informace o jakékoli cévní okluzi, včetně její lokalizace a rozsahu. Můžeme kvantifikovat velikost infarktu a současně vyhodnotit kolaterální oběh. Prognóza pacienta je těmito informacemi výrazně ovlivněna a je nezbytná pro volbu dalších terapeutických operací. Zejména indikace mechanické trombektomie nebo podání intravenózní trombolytické terapie s použitím rekombinantního aktivátoru tkáňového plazminogenu (rtPA). (Soren a Lansberg, 2018)

Akutní fáze CMP

U pacientů s akutní CMP se nativní CT doplňuje i CTA. Klíčové je co nejrychleji a co nejpresněji právě pomocí CTA identifikovat okluzi velkých intrakraniálních tepen v

oblasti přední cirkulace. Tyto okluze totiž představují vysoké riziko rychlé progresse infarktu mozkové tkáně, která je stále životaschopná, ale ohrožená. Včasná detekce má přímý dopad na indikaci endovaskulární terapie, která je časově limitována, a tedy hraje zásadní roli v prognóze a funkčním výsledku pacienta. Při hodnocení akutní CMP doplňujeme k CTA i CTP pro kvantifikaci ischemického jádra a penumbry. Tyto doplňující metody nám umožňují přesněji vybrat pacienty, kteří budou nejvíce profitovat z rekanalizační léčby, a zároveň mohou rozšířit časové okno pro endovaskulární zákrok, jako je mechanická trombektomie. (Amukotuwa et al., 2019; Lui et al., 2010)

Pozdní fáze CMP

Současné studie potvrzují, že při výběru pacientů k endovaskulární léčbě v pozdní fázi po vzniku CMP může být účinně využita kombinace nativního CT, kontrastní CTP a CTA. Tyto modalitty nám umožňují rychle zhodnotit přítomnost ischemického jádra, cévní okluzi a stav kolaterálního oběhu, čímž napomáhají správné indikaci k rekanalizační terapii i mimo klasické časové limity. V současné době není intravenózní trombolytická léčba možností pro pacienty s CMP, kteří jsou vyšetřeni za více než čtyři hodiny po nástupu příznaků.

Na druhou stranu se endovaskulární trombektomie v klinických studiích ukázala jako slibná u pacientů až do šesti hodin od začátku příznaků. Toto časové okno bylo prodlouženo na 24 hodin v novějších studiích DEFUSE 3 a DAWN. Studie DEFUSE 3 se zabývá endovaskulární terapií ischemické CMP vyšetřené zobrazovacími metodami. Studie DAWN se zabývá nesouladem mezi CTP a DWI, rozdíly v klinických výsledcích spolu s výsledky ze zobrazovacích metod, stejně jako jejich následnou interpretací v rámci zařízení Trevo. Zjištění těchto studií ukázala, že endovaskulární trombektomie je prospěšná i u pacientů, kteří dorazí později po začátku prvních příznaků.

Studie provedené na MR zkoumaly podávání intravenózní trombolýzy (alteplázy) pod kontrolou MR u pacientů s neznámou dobou nástupu příznaků CMP a ukázaly, že u pečlivě vybraných pacientů může být intravenózní trombolýza účinná i do 24 hodin od nástupu příznaků. Kvalita kolaterálního průtoku krve do postižené ischemické oblasti má zásadní vliv na záchranu mozkové tkáně. Výsledek sofistikované zobrazovací metody, jako je CTP, umožňuje vytvoření individuální strategie terapie. Vzhledem k těmto novým poznatkům by radiologové spolu s neurology měli být schopni na základě

výsledků CTP doporučit endovaskulární nebo trombolytickou léčbu i do 24 hodin po vzniku CMP. CTP umožňuje identifikovat pacienty, kteří mají stále zachovaný polostín v pozdním časovém okně a zároveň mají potenciál pro rekanalizační terapii. Čas je pouze hrubým ukazatelem životaschopnosti mozkové tkáně. (Almekhlafi et al. 2019; Rehani et al., 2019)

Subakutní fáze CMP

Na nativním CT lze v subakutní fázi ischemického infarktu vyhodnotit přítomnost mozkového edému se značným tlakem na mozkovou tkáň a jasněji definovanými konturami hypodenzních lézí. V tomto případě je třeba věnovat zvýšenou pozornost riziku zvýraznění mozkového edému, který může vést ke zhoršení vědomí a vzniku dalších fatálních následků.

V případě intracerebrálního krvácení v subakutní fázi na nativním CT vyšetření lze pozorovat hyperdenzní hematom vzhledem k okolní fyziologické mozkové tkáni. V těchto situacích lze využít i zobrazení MR. Pro zjištění objemu hematomu je možno využít vzorec $A \times B \times C / 2$, kde A je maximální průměr léze v axiální rovině, B je její průměr kolmý k bodu A a C je výška hematomu ve vertikální rovině. Vysoká úmrtnost je obvykle spojena s intracerebrálním krvácením, jehož objem je větší než 60 mililitrů.

Na CT je třeba porovnat případné zvětšení hematomu, intraventrikulární šíření, infratentoriální lokalizaci a extravazaci kontrastní látky, která se obvykle projevuje tzv. „skvrnitým znakem“. (Shafaat, 2023; Kumar et al., 2023) Existuje více verzí dělení, ale v této diplomové práci vycházíme z této konkrétní nové studie.

Terapie	Časové okno (hod)	CT nativní	CT angiografie	CT perfuze	Důvod provedení vyšetření
Intravenózní trombolýza	< 4,5	nutná	přínosná	není nutná	Nativní CT: vyloučení „nevaskulární“ patologie např. krvácení či tumor, vykreslený subakutní infarkt (hypodenzita)
Mechanická trombektomie	< 6	nutná	nutná	přínosná	Nativní CT: vyloučení „nevaskulární“ patologie, ASPECTS < 6 CT angiografie: odhalení uzávěru velké mozkové tepny
Mechanická trombektomie	> 6	nutná	nutná	velmi přínosná až nezbytná	CT nativní: vyloučení jiné patologie CT angiografie: odhalení uzávěru velké mozkové tepny CT perfuze: objektivizace objemu penumbry

Tabulka 1. Význam jednotlivých modalit CT (nativní CT mozku, CT angiografie a CT perfuze) a důležitost jejich provedení v rámci různých časových oken pro provedení systémové trombolýzy a mechanické trombektomie (Vinklárěk et al., 2018)

1.4 Prevence CMP

1.4.1 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), pokud je současně přítomno srdeční selhání, infarkt myokardu, diabetes nebo chronické selhání ledvin. Pro snížení rizika by měli diabetici upravit svůj životní styl a v některých případech také užívat medikaci.

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 spadajících 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 maximální doporučená denní dávka alkoholu – pro muže je stanovená hranice 20 g a u žen je hranice poloviční. (Škoda, 2020)

Terapie v primární prevenci

Jednou z konkrétních forem primární prevence je antitrombotická léčba. Antitrombotická léčba zahrnuje léčbu antiagregační a antikoagulační. Nízké dávky kyseliny acetylsalicylové v hranici mezi 50–100 mg lze naordinovat u osob starších 45 let, které mají potvrzenou kombinaci přítomnosti jistých rizikových faktorů CMP.

Dále jejich gastrointestinální trakt toleruje léky či látky obsahující kyselinu acetylsalicylovou, a především 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; u asymptomatické stenózy 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. (Škod., 2020)

1.4.2 Prevence sekundární

Příčin ischemické CMP je mnoho a mohou se výrazně lišit, což ovlivňuje volbu sekundární prevence. Mezi časté příčiny patří 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. (Škoda., 2020)

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 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 lékařstvím 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. (Škoda, 2020)

Terapie v sekundární prevenci

Taktiky sekundární prevence ischemické CMP jsou velmi podobné jako prevence primární. Pacient by se měl začít zajímat o možnosti úpravy životního stylu a omezit rizikové faktory na možné minimum. V některých případech lze diskutovat i o využití intervenčních výkonů. Pod odborným dohledem lze využít možnosti cílené medikamentózní terapie, především antiagregační či antikoagulační léčby. (Škoda, 2020)

Antiagregační léčba, která účinně snižuje riziko celkové mortality, jiných cévních příhod a recidivy ischemických CMP nekardioembolického původu blokádu 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 touto kombinací 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. (Škoda, 2020)

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 nemají žádnou kontraindikaci k této léčbě. Pro zvolení warfarinu 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. Přímou antikoagulancii omezuje řada faktorů, které mohou bránit jejímu 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 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. (Škoda, 2020)

1.4.3 Režimová opatření

Při důsledném provádění se režimová opatření a úprava stravy opět podobají těm v primární prevenci. Navíc lze přidat léčba spánkové apnoe dýchacích cest řadících se do poruch dýchání ve spánku. Důrazně se doporučuje přestat kouřit, omezit konzumaci alkoholu a jíst stravu s vysokým obsahem ovoce, zeleniny a vlákniny a nízkým obsahem sodíku a nasycených tuků. U osob s obezitou se doporučuje redukční dieta. Naopak se nedoporučuje u žen hormonální substituční léčba a pro obě pohlaví se nedoporučuje užívání antioxidantů ani vitamínových doplňků jako náhrada pestré stravy. (Škoda, 2020)

1.5 Rizikové faktory CMP

1.5. Neovlivitelné rizikové faktory

Rizikové faktory (RF) vzniku CMP lze rozdělit na neovlivitelné a ovlivnitelné. Mezi neovlivitelné rizikové faktory spadá především vyšší věk, se kterým narůstá riziko vzniku CMP. Po pětapadesátém roce věku se riziko CMP každých deset let zdvojnásobí. Vyšší riziko je navíc spojeno převážně s ženským pohlavím. Před menopauzou mají ženy stejné nebo zvýšené riziko CMP ve srovnání s muži, a to z důvodů rizik spojených s 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 neovlivitelné rizikové faktory.

Kromě poruch pojivové tkáně a jednogenových onemocnění spojených s CMP, jako jsou homocystinurie a srpkovitá anémie, výzkum Megastroke identifikoval 32 významných pozic na chromozomu v celém genomu, z nichž 22 bylo dosud 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. (Murphy et al., 2020)

1.5.2 Ovlivnitelné rizikové faktory

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 života 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 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 zdatelně 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 prodělali ICH. Naopak kouření riziko CMP zdvojnásobuje. Toto riziko lze rychle snížit po vysazení – během dvou až čtyř let dodatečné nadměrné riziko téměř úplně zmizí. Samozřejmě mimo kouření má i užívání alkoholu a zneužívání návykových látek jistý dopad na možný výskyt CMP. Méně, než čtyři jednotky alkoholu konzumované denně jsou spojeny s nižším rizikem ischemické CMP, zatímco 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 aterosklerózy 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 onemocněním COVID-19 kvůli vzniku hyperkoagulace i hyperzánětlivých stavů.

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)

1.5.3 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. (Škoda, 2020)

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. Betablokátory 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. (Škoda, 2020)

Korekce glykémie

Po prodělané CMP by si měli jedinci pravidelně kontrolovat hladinu glukózy v krvi (glykémii). 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 inzulín, 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. (Škoda, 2020)

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)

1.6 Diagnostika CMP

V diagnostice CMP hraje klíčovou úlohu zobrazovací metody (ZM). Výpočetní 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 ionizujícího záření (IZ) a také nutnost podání KL u CTP i 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 k vyloučení jiných patologií, jako je krvácení nebo tumor, a k posouzení celkového rozsahu ischemie. Nativní CT mozku je základní zobrazovací metodou, lze však využít i MRI, obojí slouží především k vyloučení intracerebrálního krvácení (ICH) před podáním trombolytické léčby. Efektivita intravenózní alteplázy je časově závislá – čím dříve je léčba zahájena v rámci terapeutického okna, tím větší je přínos pro pacienta. (Cimflová et al., 2019)

Mezi začátkem příznaků CMP a i.v. terapií alteplázou by nemělo uplynout více než 4,5 hodiny. U vybraných pacientů je vhodná CTA v kombinaci s CTP nebo alternativně MR angiografie (MRA) s difuzně váženým zobrazením (DWI) a případně MR perfuzí, které umožňují přesnější hodnocení ischemického jádra a penumbry. CT vyšetření je u akutní CMP zásadní a má vysokou diagnostickou hodnotu. MRI je při použití

gradientních echo sekvencí stejně spolehlivé jako CT v detekci hyperakutního intraparenchymálního krvácení, a to u pacientů do 6 hodin od začátku symptomů.

U pacientů s nejasným časem nástupu (např. probuzení s příznaky CMP), kdy odhadovaný začátek přesahuje 4,5 hodiny, může být MRI s DWI/FLAIR mismatch (pozitivní difuze, negativní FLAIR) nápomocná při výběru pacientů vhodných k intravenózní trombolýze. CTA s CTP nebo MRA s DWI ± MR perfuzí jsou cennými nástroji v časovém okně 6–24 hodin, a pomáhají při výběru pacientů, kteří mohou být indikováni k mechanické trombektomii. (Cimflová et al., 2019; Powers et al., 2019; AHA/ASA, 2019)

Pro správné hodnocení zjištěných změn na CT spočívá důležitost ve správném nastavení postprocesingu. Jsou k dispozici softwarové nástroje pro automatickou analýzu ASPECT, tu lékaři využívají k vyhodnocení CTP a také k zhodnocení kolaterálního oběhu. Snížení variability hodnocení vede k urychlení triáže pacientů indikovaných k MT, což je hlavním přínosem softwarového zpracování. (Cimflová et al., 2019)

1.7 Terapie ischemické CMP pomocí IVT

V současné klinické praxi je standardním intravenózním trombolitikem používaným v léčbě akutní ischemické cévní mozkové příhody (iCMP) v České republice i v evropském prostoru rekombinantní tkáňový aktivátor plazminogenu – altepláza (rt-PA). Tento lék se podává intravenózně a jeho cílem je rozpustit trombus uzavírající mozkovou cévu, čímž dojde k obnovení perfuze v ischemické oblasti mozku.

Použití alteplázy vychází z platných doporučených postupů České neurologické společnosti ČLS JEP i mezinárodních odborných doporučení. Podání má být zahájeno u pacienta co nejdříve po příjezdu do nemocnice. Pro nejlepší možný výsledek IVT musí být splněna 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. 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 (poruchy porozumění) nebo možnosti tvorby řeči, dále neočekávané, nevysvětlitelné závratě až pády.

Mezi dodatečné neurologické symptomy lze řadit náhlé změny zrakové ostrosti, či dvojitě vidění nebo jednostrannou slepotu. Do dodatečných kritérií lze zařadit věk pacienta. Pacient by měl být starší 18 let. Dále také posouzení nálezu velikosti ložiska díky provedenému nativnímu CT mozku, díky ASPECT skóre. U malých až středních ložisek, tedy dle ASPECT skóre jsou to hodnoty větší než 7, což odpovídá maximálnímu rozsahu 1/3 povodí ACM.

Na nativních skenech mozku lze u CMP rozeznat známky časně ischemie 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 skóre na hodnotu menší než 7, tedy při rozsahu postižení větším 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 prokazaného nálezu ischemie odvíjí terapie IVT dle CTP.

IVT lze aplikovat při maximálním objemu ischemického jádra do 70 ml 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. (Neumann, 2021; Neumann, 2007)

1.7.1 Absolutní kontraindikace

Mezi absolutní kontraindikace podání IVT patří především nález krvácení do intrakraniální i subarachnoidální oblasti potvrzený CT vyšetřením a nemožnost srovnat tlak do hodnot menších než 185/110 mmHg ani přes účinek antihypertenzní terapie. 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. (Neumann, 2021)

1.7.2 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 sem patří prodělaný akutní infarkt myokardu (AIM) v posledních třech měsících. 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 podat však pouze současně s aplikací inzulínu. V neposlední řadě lze mezi relativní kontraindikace zařadit i tumor vyskytující se v intrakraniální oblasti nebo mimo ni. (Neumann, 2021)

1.7.3 Dávkování IVT

Doporučená dávka alteplázy se váže k hmotnosti pacienta postihnutému ischemickou formou CMP. Vztah doporučeného dávkování je 0,9 mg/kg hmotnosti pacienta. Také je stanovena maximální doporučená dávka alteplázy, a to 90 mg. Aplikace alteplázy probíhá z 10 % formou i.v. bolusu během minuty a zbylých 90 % se aplikuje během 60 min formou 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. (Neumann, 2021)

1.7.4 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 fungujícího pod kontrolou odborné společnosti. (Neumann, 2021)

1.8 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. Dále je zásadní posouzení morfologie karotických tepen, včetně jejich stavu vinutí při odstupu z aortálního oblouku, které mohou ztížit MT. V časovém rozmezí 6–24 hodin může být u pacientů zvaženo provedení MT, pokud dosáhnou alespoň šesti bodů v ASPECT skóre. 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 ASPECT skóre pro indikaci MT je v současné praxi klíčové. Rozdíl mezi 5 a 6 body je rozhodujícím prvkem. Nedávné publikace zkoumaly výhody MT u pacientů s nízkým skóre ASPECT 3–5. Hranice skóre ASPECT 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 ASPECT. (Cihlář et al., 2023)

1.9 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. (Unnithan et al., 2023)

1.9.1 Snižování tlaku krve

Doporučuje se postupně snižovat tlak krve (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. Podle studie INTERACT může včasné a agresivní snížení TK zabránit expanzi hematomu do 72 hodin.

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

pomocí znovu obnovit funkční stav. Pokud je však TK pacienta vyšší než 220 mmHg, je nutné naordinovat agresivní terapii pro snížení TK pomocí kontinuální intravenózní infuze. (Unnithan et al., 2023)

1.9.2 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 (GCS) do hodnoty 8 by se měl intrakraniální tlak kontrolovat ventrikulárním nebo parenchymálním katétrem. Jednou z výhod katetrizace je zároveň možnost drenáže mozkomíšního moku například u pacientů s hydrocefalem. Cílem je udržení mozkového perfuzního tlaku mezi 50 a 70 mmHg. GCS byla v roce 1974 vyvinuta pro hodnocení kómatu a stavu vědomí. Jejím cílem bylo vyvinout objektivní systém založený na třech oblastech reaktivity – verbální, motorické a oční – pro charakterizaci stavu vědomí. Skóre GCS, které se pohybuje v rozmezí od 3 do 15, bylo obzvláště užitečné ve výzkumu. Lepší reakce pacienta jsou indikovány vyšším skóre, zatímco horší reakce jsou indikovány nižším hodnocením. (Manley a Mass; Unnithan et al., 2023)

1.10 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 zmražené 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, jeho použití se nedoporučuje pro všechny pacienty. (Unnithan et al., 2023)

1.11 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 et al., 2023)

2. Nativní CT mozku v diagnostice CMP

Nativní CT mozku dokáže nejen pomoci s vyloučením jiných patologií, jako je krvácení nebo nádor, které by mohly vylučovat reperfuzní terapii, ale zároveň je užitečné i pro 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 3540 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. (Vinklárek et al., 2018)

Často pozorovaný předběžný projev ischemických změn ve střední mozkové tepně (ACM) se označuje jako příznak insuly. Vzhledem k omezené kolaterálního oběhu 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. (Cimflová et al., 2019)

2.1 ASPECT skóre

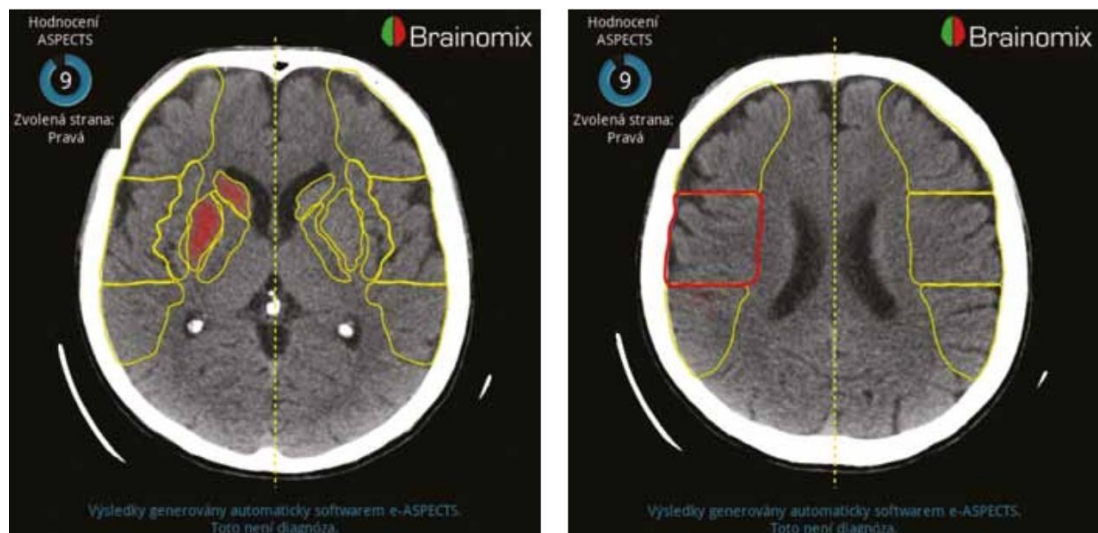
Povodí ACM lze rozdělit na deset anatomických regionů a hodnotí se dle kvantitativní škály Alberta Stroke Program Early CT skóre (ASPECT). Tato desetimístná škála hodnotí stupně časných ischemických změn mozku. Skóre ASPECT se hodnotí v oblasti bazálních ganglií. ASPECT má maximální hodnotu deseti bodů. 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.

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 etáž obsahuje přesnou polovinu, tedy celkově tři oblasti k hodnocení. (Cihlář et al., 2023; Cimflová et al., 2019)

Nevýhody ASPECT spočívají v obtížnosti vyhodnocení skenů se špatnou kvalitou obrazu způsobenou například pohybovými artefakty. 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 lumenu 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 lumenu cévy mozku. (Cimflová et al., 2019)

Navzdory tomu, že je ASPECT 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 ASPECT vytvořen software e-ASPECT Brainomix. E-ASPECT je schopen automatizovaného hodnocení časných změn ischemie na nativních skenech CT mozku. Tento program má vysoký stupeň spolehlivosti a může pomoci urychlit diagnostiku, a rozhodnout i o pacientech, u kterých je následně doporučena mechanická trombektomie.

Hlavní výhodou zpracování pomocí programu je téměř okamžitá dostupnost výsledků softwarové analýzy. Tyto výsledky lze uložit do systému PACS, přičemž dochází ke standardizaci hodnocení. Snižuje se variabilita 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 podpoře klinické praxe. (Cimflová et al., 2019)



Obrázek 1: ASPECT skóre programu Brainomics – nativní CT mozku (Cihlář et al., 2023)

CT mozku zůstává klíčovou složkou péče o CMP a poskytuje jasné výhody při volbě vhodného druhu terapie a při hodnocení prognózy pacienta. V praxi však bývá tento význam zaměňován. Rekanalizační terapie jsou obecně výhodnější pro jedince s nálezy, které reprezentují negativní prognózu než pro pacienty s nálezy, které značí prognózu pozitivní. Nativní CT mozku je rychlá diagnostická technika používaná v klinické praxi k detekci patologií vyskytujících se v mozku, jako je krvácení nebo časně projevy ischemie. (Cimflová et al., 2019)

2.2 Protokol CT mozku

CT mozku	
Strategie vyšetření	nativně
Uložení	Vleže na zádech v ose stolu, fixování hlavy
Instrukce nemocnému	Předklonit hlavu a přiblížit bradu k hrudi, nehýbat se
Rozsah vyšetření	Oblast od vertexu až po bázi lebni
Topogram	Boční
kV	120 (max. 130)
mAS (doporučené FBP)	300–350
CTDI _{vol} typický	45–55 mGy
Kolimace	Závisí na konstrukci detektorů, u MDCT v rozmezí 0,5–1,2 mm
Pitch	Závisí na konstrukci přístroje, u MDCT mezi 0,6–1,0
Tloušťka rekonstruované vrstvy	4–6 mm

Tabulka 2. Protokol nativního CT mozku. Zdroj: Věstník Ministerstva zdravotnictví ČR., 2016.

3. CT perfuze mozku v diagnostice CMP

CTP vyšetření poskytuje informace o aktuální funkčnosti mozkové tkáně a zároveň 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. (Vinklárek et al., 2018)

3.1 Princip

Technika CTP zkoumá změny v denzitě tkáně, ke kterým dochází po i.v. aplikaci KL. Princip CTP funguje na základě dynamického skenování, tedy procesu opakovaného skenování konkrétního řezu nebo řady řezů za účelem sledování změn v průběhu času. CTP registrují změny v objemu, tvaru, v úpravě vlastností. CTP zobrazování hodnotí celkovou hustotu tkáně obsahující mikrocévy, které nejsou jednotlivě viditelné na CT snímcích, na rozdíl od tradiční CTA zaměřené na makrocirkulaci, 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.

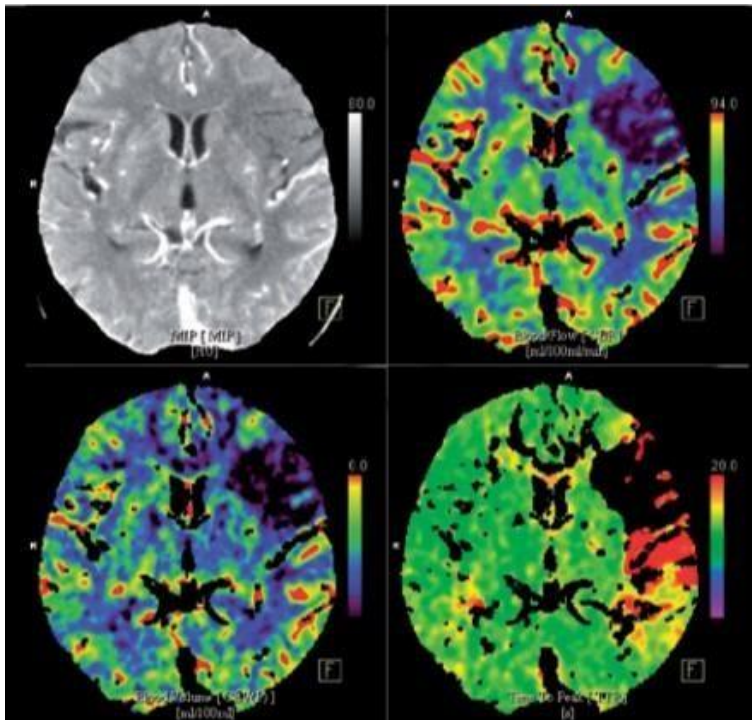
Zatímco objem KL je během perfuzního zobrazování většinou konstantní, naším hlavním zájmem je rychlost a koncentrace KL. Mnoho faktorů, včetně těch souvisejících s KL a způsobem jejího podání, stejně jako biologických faktorů, ovlivňuje

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 a Ferda, 2015)

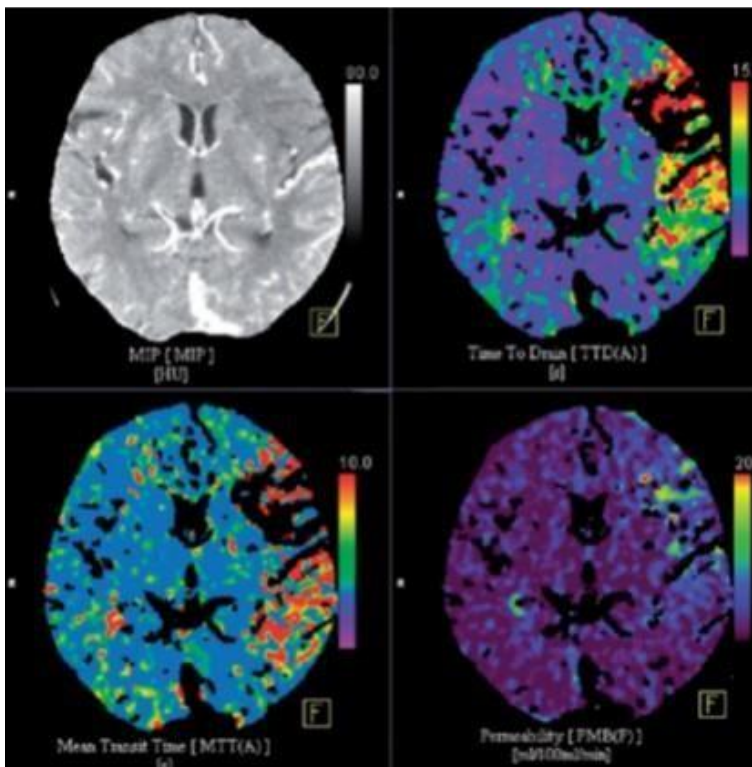
3.2 Hodnocení

U CTP jsou základními hodnocenými parametry cerebrální krevní průtok (CBF) a 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. Pomocí matematických modelů, které napomáhají k správnému zobrazení vlastnosti tkáňové cirkulace, jsou farmakokinetické parametry generovány ze saturačních křivek.

CTP 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 sycení. Objem krve (BV) je plocha pod křivkou sycení, která představuje objem krve procházející tkání. Avšak krev, která je stagnuje v extracelulárním prostoru, není v BF registrovaná. Jednotky používané pro měření BF i BV jsou 100 ml nebo ml/100 g. (Cimflová et al., 2019; Mirka a Ferda, 2015)



Obrázek 2: Základní typ parametrické mapy, pro hodnocení ischemické CMP (Mirka a Ferda, 2015)



Obrázek 3: Doplňující typ parametrické mapy, pro hodnocení ischemické CMP (Mirka a Ferda., 2015)

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 studiemi jako EXTEND-IA a SWIFT-PRIME. V těchto endovaskulárních studiích byla u vybraných pacientů prováděna mechanická trombektomie. Pacienti byli vybráni dle výsledků CTP a studie sklídila úspěch. Aktuální definice penumbry je oblast charakterizovaná 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. (Cimflová et al., 2019)

Kvůli vysoké přesnosti a spolehlivosti v predikci velikosti ischemie se pro analýzu CTP často používají automatizovaná softwarová řešení, jako je RAPID (iSchemiaView). Další významný software, Olea Medical (Brainomix), má odlišnou metodiku výpočtu. Definuje totiž penumbry 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 %. (Cimflová et al., 2019)

Na rozdíl od zhodnocení radiologem zabere automatické softwarové zpracování CTP menší 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. (Cimflová et al., 2019)

3.3 Pozitiva CTP

Největší prospěch z CTP vyšetření mají pacienti, kteří jsou vyšetřováni 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, pokud existují pouze malá neurologická poškození, nebo i při pouhých projevech stroke mimics. (Cimflová et al., 2019)

U pacientů, kteří prodělali akutní CMP s uzávěrem lumenu mozkové cévy před více než 6 hodinami 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)

3.4 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.

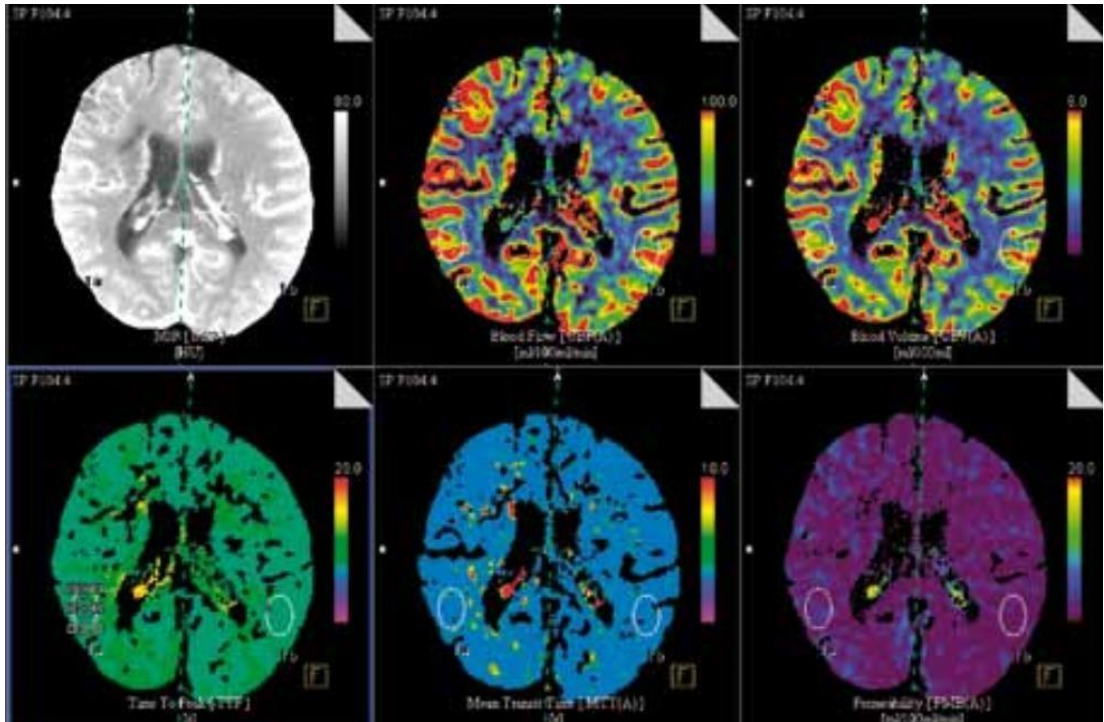
Parametry pro skenování jsou upraveny tak, aby hodnocení změn denzit mělo přednost před získáváním komplexních anatomických dat. Pro CTP by měla být maxima hodnot nastavena pro napětí do 100 kV a hodnota proudu by neměla přesáhnout 150 mAs. Tyto hodnoty jsou personalizovány v souladu s konkrétní vyšetřovanou 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 oblast, která ji bezprostředně obklopuje. (Mirka a Ferda, 2015)

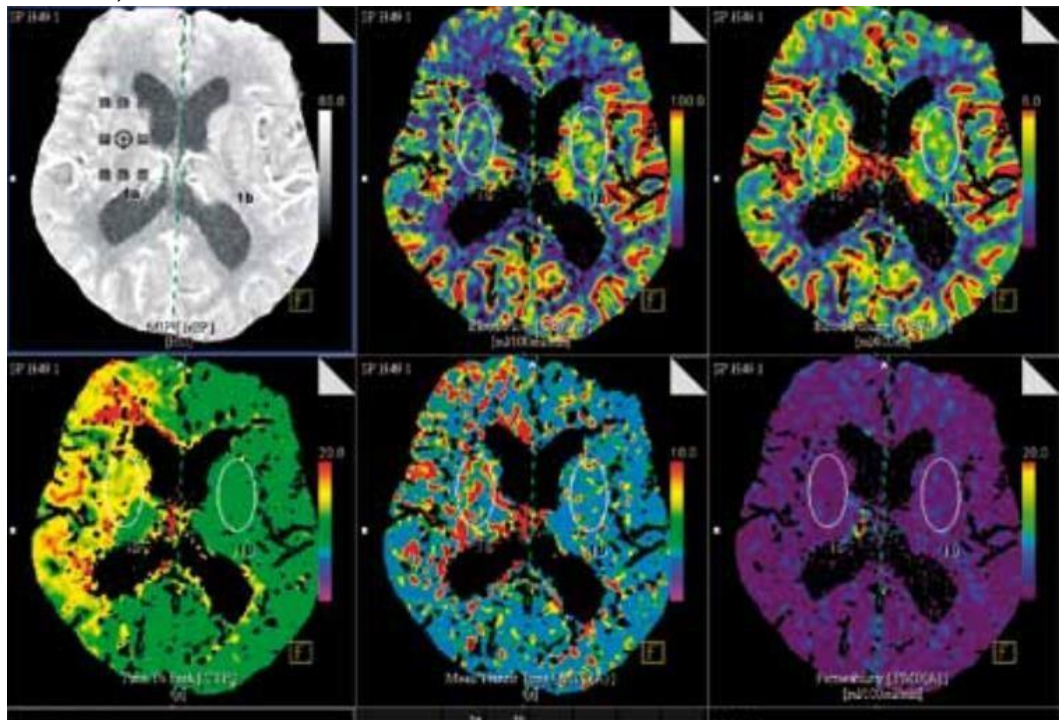
3.5 Protokol CT perfúze mozku

CT perfúze mozku	
Strategie vyšetření	S KL i.v.
Příprava nemocného	Lačnost, standartní příprava před podáním KL i.v.
Uložení	Vleže na zádech, ruce podél těla
Instrukce nemocnému	Nehýbat se a nepolykat
Rozsah vyšetření	Objemové vyšetření v rozsahu celého mozku nebo Limitované vyšetření v oblasti Bazálních ganglií
Topogram	Boční
kV	80
mAS (doporučené FBP)	150–200, u všech 20–30 cyklů po 1–2 s
CTDIvol typický	300 mGy
Kolimace	Závisí na konstrukci detektorů, u MDCT 0,5–2,5 mm
Pitch	Sekvenční vyšetření, v případě objemového vyšetření je automaticky nastavován pitch s posunem stolu závisle na periodě skenování
Tloušťka rekonstruované vrstvy	od 3 do 10 mm
Objem KL	40–50 ml KL i.v., proplach FR minimálně 30 ml
Rychlost aplikace KL	5–6 ml/s
Zpoždění	Maximálně 5 s

Tabulka 3. Protokol CT perfúze. Zdroj: Věstník Ministerstva zdravotnictví ČR., 2016



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



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

4. CTA mozkových a krčních tepen v diagnostice CMP

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 jednofázových i dvoufázových, či dynamických protokolech CTA se doporučuje zobrazení tepen od oblouku aorty k vertexu. Tímto důkladným zobrazením je pokryta celá mozková cirkulace, zachycena detailní anatomie intrakraniálních i extrakraniálních tepen a rovněž kolaterálního oběhu. Radiolog dokáže na základě dat z CTA mozkových tepen odlišit akutní neurologické deficity a určit, zda se jedná o stroke mimics, nebo skutečnou CMP.

CTA může být také využito k indikaci a plánování mechanické trombektomie. Její provedení však může být limitováno aterosklerotickými změnami v aortě, přítomností stenóz v extrakraniálních či intrakraniálních tepnách nebo abnormalitami v extrakraniálních tepnách. (Cimflová et al., 2019)

CTA poskytuje důležité informace týkající se tvorby leptomeningeálních kolaterálních oběhů 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. Jedinci s neadekvátním nebo neexistujícím kolaterálním oběhem defacto zažívají znatelně rozsáhlejší mozkové infarkty. (Cimflová et al., 2019)

Potenciál podcenění způsobený rychlým sběrem dat moderními CT systémy představuje bariéru při hodnocení leptomeningeálních kolaterálních oběhů z rutinní CTA. Tkáň se totiž přes kolaterální oběh nedostatečně naplní KL, což vede k podprůměrné kvalitě obrazu. Tyto CT skeny jsou poté hůře 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 kolaterálního oběhu z CTA je k dispozici několik klasifikačních systémů, včetně Miteffova skóre. To hodnotí procentuální náplň kolaterálního oběhu ve vztahu ke kontralaterální hemisféře i stupeň zpětného sycení tepen v postižené oblasti ACM.

Pro klinickou praxi a zhodnocení je však u kolaterálního oběhu nezbytná jednoduchost. Například ve studii ESCAPE dle zhodnocení postavení kolaterálního oběhu ACM byli pacienti indikováni k mechanické trombektomii. Indikování byli v případě, kdy jejich kolaterální oběh svým rozsahem přesahovalo víc než 50 % rozsahu ACM. Nedostatečný stav kolaterálního oběhu byl naopak v případě, kdy nedosahoval 50 % rozsahu povodí ACM. (Cimflová et al., 2019)

Technologie softwarové analýzy jsou v současné době dostupné i pro hodnocení kolaterálního oběhu. Totožně jako u možnosti softwarového hodnocení nativních skenů CT mozku i zde lze využít Brainomix e-CTA. Rovněž vyhodnotí kvalitu kolaterálního oběhu zasažené a nepoškozené hemisféry, poté přiřadí číselné skóre, použije barevné značení a vytvoří barevnou mapu. Číselné skóre má škálu 0–3, přičemž hodnota 0 značí absenci kolaterální cévy v zasažené oblasti, souvisí to s plněním kolaterálního laterálního oběhu, které je méně patrné o maximálně 10 % ve srovnání s opačnou stranou. Naopak hodnota 3 na škále znamená, že jsou přítomny vynikající kolaterální oběh a kolaterální perfuze je fakticky patrnější o 90 % v porovnání s opačnou stranou.

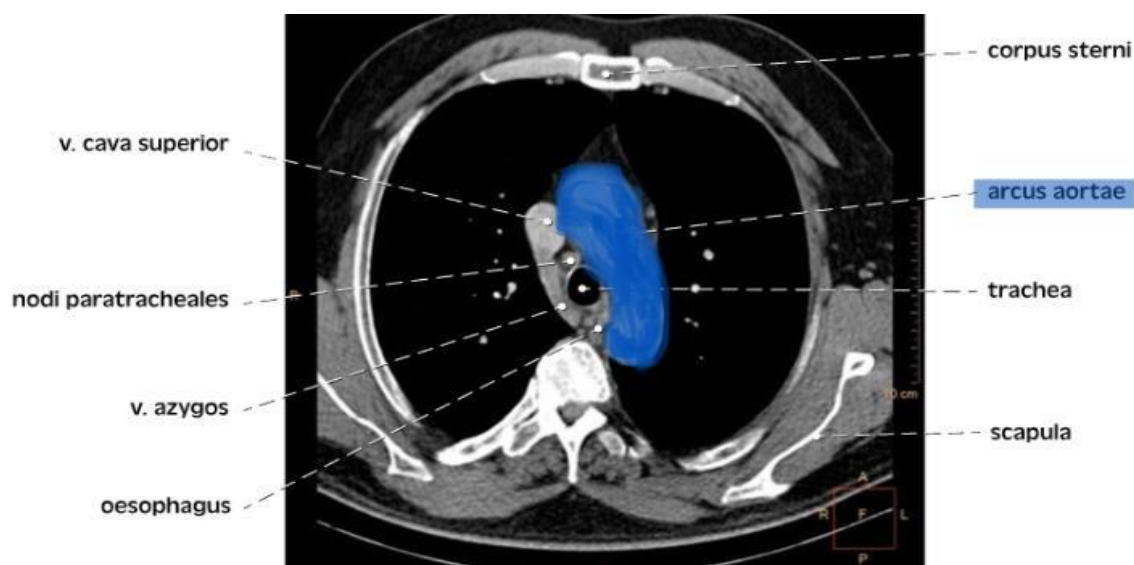
RAPID e-CTA na základě procentuálních rozdílů přiděluje barevné značky na základě hodnocení celkové hustoty vaskularizace mezi hemisférami. U denzit nižších než 45 % RAPID e-CTA přiřadí barvu červenou, u denzit nad 45 % přiřadí barvu žlutou. Rychlost identifikace, s jakou software CTA zpracovává informace, je výhodná pro usnadnění orientace, rozsahu okluze a pro vyhodnocování možnosti klinického výsledku v závislosti na stavu kolaterálního oběhu. V opačném případě dochází při absenci kolaterálního oběhu k rychlému rozvíjení ischemie. (Cimflová et al., 2019)

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)

4.1 Protokol CT angiografie mozkových a krčních tepen

CTA mozkových a krčních tepen	
Strategie vyšetření	S KL i.v.
Příprava nemocného	Lačnost, standartní příprava před podáním KL i.v.
Uložení	Na zádech, ruce podél těla
Instrukce nemocnému	Nehýbat se a nepolykat
Rozsah vyšetření	Vrchol vertexu kalvy až po dolní okraj aortálního oblouku
Topogram	Boční
kV	100–200 kV (ideální 100)
mAS (doporučené FBP)	Rozsah 120–200 (160–250 mAs při 100 kV)
CTDIvol typický	8–15 mGy
Kolimace	Závisí na konstrukci detektorů, u MDCT 0,5–1,2 mm
Pitch	Závisí na konstrukci detektorů, standartně 1,0–1,4
Tloušťka rekonstruované vrstvy	0,6 do 0,8 mm i 1,5–2 mm
Objem KL	50–80 ml dle doby trvání skenu, proplach FR minimálně 30 ml
Rychlost aplikace KL	4ml/s u koncentrace 400 mg/ml 5 ml/s u koncentrace 300 mg/ml
Zpoždění	Arteriální fáze, monitorace bolu KL

Tabulka 4. Protokol CTA mozkových a krčních tepen. Zdroj: Věstník Ministerstva zdravotnictví ČR., 2016.



Obrázek 6: CT transverzální řez hrudníkem v oblasti TH4, místo monitorace bolusu (Grim et al., 2017)

4.2 CTP v porovnání s CTA

Pokud jde o predikci přítomnosti a objemu infarktové tkáně na následném zobrazování během akutní fáze CMP, jsou CTA a CTP cennější než nativní CT. Pro pacienty trpící akutní ischemickou CMP nabízí CTA a CTP klíčová diagnostická a prognostická data. CTA umožňuje vizualizovat přístupové cesty karotid pro endovaskulární terapii, diagnostikovat intrakraniální blokádu a vyhodnotit kolaterální oběh. CTP se používá ke kvantifikaci mozkové perfuze a rozlišení ireverzibilně poškozeného jádra infarktu od reverzibilní ischemie tedy penumbry. Přesné a včasné zahájení léčby je možné díky včasné a správné diagnostice. (Haggenmüller et al., 2023)

5. Magnetická rezonance mozku při CMP

Zejména na specializovaných CMP centrech v posledních letech upevňuje MR status zásadní ZM. MRI je užitečná ZM v neuroradiologii, protože poskytuje komplexnější zobrazení měkkých tkání než CT. Každá modalita má konkrétní indikace, avšak klinická situace i diagnostické potřeby určují, která modalita je nejvhodnější. Přesnější identifikaci časných ischemických změn umožňuje zvýšená citlivost MRI, zejména díky difúzně váženému zobrazení (DWI). Avšak pro delší dobu vyšetření, nižší citlivost na akutní krvácení, vyšší náchylnost k artefaktům u neklidných pacientů a vyšší provozní náklady byla MR kdysi méně preferovanou technikou než standartně volené CT.

Tyto nedostatky však postupně odstraňuje současný technologický pokrok. Nejideálnější ZM pro hodnocení akutní CMP je stále předmětem diskuse. Zatímco MR poskytuje u některých jedinců vynikající diagnostickou přesnost, CT se vzhledem k rychlosti a dostupnosti doporučuje v naléhavých případech. (Singh a Kaushik, 2019; Reif et al., 2013)

5.1 MR mozku a zobrazení krvácení

Donedávna bylo zobrazování akutního krvácení nedostatkem magnetické rezonance v diagnostice akutní cévní mozkové příhody. Přítomnost oxyhemoglobinu, jeho produkty rozkladu a integrita membrány erytrocytů ovlivňují to, jak viditelné krvácení se objeví na MRI. Standardní sekvence T1 a T2 spolehlivě detekují zejména subakutní a chronické krvácení.

Zatímco hyperakutní krvácení, krvácení zobrazené do první hodiny od vzniku může být na T2 vážených obrazech viditelné slabě. Charakteristické je zobrazení hypointenzivního lemu v okolí periferie hematomu, což je důsledek přítomnosti deoxyhemoglobinu. Pro citlivější detekci se tedy používají speciální varianty T2 sekvencí, akutní ischemické změny lze účinně detekovat pomocí DWI. Tyto sekvence umožňují detekci krvácení již po 20 minutách od vzniku iCMP. (Reif et al., 2013; Tedyanto et al., 2022)

5.2 MR mozku a zobrazení ischemie

Vzhledem k tomu, že sekvence fluid-attenuated inversion recovery (FLAIR) a široce používané T1 a T2 vážené obrazy jsou v časných stádiích ischemie nedostatečně citlivé, je nutné vybrat konkrétní sekvence. Podobně jako u CT jsou změny v těchto sekvencích patrné až 2–4 hodiny po nástupu příznaků, kdy počínající cytotoxický edém způsobuje zřetelné rozmazání nebo vyhlazení gyrifikace na obrázcích T1. Po 8 až 24 hodinách, jak se edém vyvíjí, obraz T2 stále více ukazuje hyperintenzitu, po níž následuje obraz T1 ukazující hypointenzitu. Tyto změny jsou méně patrné s odstupujícím edémem, ale přetrvávají pouze v oblastech tkáně trvale poškozené ischemií. (Reif et al., 2013)

Z diagnostického hlediska je důležité poznamenat, že MR by měla být preferovanou technikou v případech podezření na ischemii mozkového kmene nebo u TIA, kdy je neurologická ztráta minimální a lokalizace léze je náročná, což je charakteristické u vestibulárních syndromů. Identifikací a vyloučením drobných ischemických lézí, které by se na CT neobjevily, MR výrazně napomáhá k přesnější diagnóze. Lékař tak získá užitečné informace pro další diagnostické i terapeutické procesy. (Reif et al., 2013)

5.2.1 MR a difuzně vážené obrazy

Nejcitlivější metodou pro identifikaci hyperakutní ischemie je difuzně vážený obraz (DWI). Principem DWI je vizualizovat sníženou difúzi molekul vody způsobenou energetickým selháním sodíkovo-draslíkových membránových pump, ke kterému dochází, když mozková tkáň trpí ischemií.

Na rozdíl od tradičních spin-echo sekvencí se difuzně vážené zobrazování (DWI) rychle získá pomocí echo-planární sekvence (EPI), která je méně náchylná k pohybovým artefaktům. Díky své vysoké citlivosti dokáže tato technika během několika minut od začátku příznaků identifikovat akutní mozkový infarkt, který se zobrazí hyperintenzivní lézí na snímku DWI. Signál se v průběhu následujících sedmi až deseti dnů postupně normalizuje a později se může dokonce invertovat a zdát se hypointenzivní.

DWI může nadhodnocovat velikost trvale ischemického jádra v časných stadiích iktu. I když v určitých situacích, např. při časně rekanalizaci, může dojít k její částečné regresi, velikost akutní léze na DWI však může často odpovídat rozsahu ireverzibilně ischemicky postižené mozkové tkáně. Vzhledem k tomu, že identické změny se mohou vyskytnout i u jiných klinických procesů, jako jsou zánětlivá onemocnění, lymfomy, hemiplegická migréna či status epilepticus, je specifická vyšetření omezená. Diagnostickou přesnost DWI snímků může zhoršit i takzvaný „shine-through“ fenomén, při kterém se hyperintenzita z T2 vážených sekvencí promítá do DWI mapy. Tento jev se může objevit například u starších lézí. (Nandakumar 2021; Reif et al., 2013)

5.2.2 MR a perfuzně vážené obrazy

Oblasti mozku s rizikem progresu infarktu lze identifikovat pomocí MR perfuze (MRP), stejně jako u CTP. Perfuzně vážené obrazy (PWI) nabízí zásadní podrobnosti týkající se průtoku krve do mozkové tkáně v daném okamžiku. Bolus gadoliniové kontrastní látky prochází mozkovými kapilárami během MR perfuze, které skenuje celý mozek v intervalech 1–2 sekund. Perfuzní mapy vytvořené CTP a MRI jsou srovnatelné. Objem mozkové krve (CBV), průtok krve mozkem (CBF), střední doba průchodu (MTT) a doba do dosažení maximální koncentrace kontrastu (TTP) jsou parametry perfuze, které lze hodnotit podobně jako perfuzi CT po intravenózní bolusové injekci kontrastní látky pro MR.

Nejčastěji využívanými režimy v MRP jsou MTT a TTP. Penumbra i oblast nevratně poškozené tkáně mozku jsou příklady oblastí mozku spojené se sníženou perfuzí či prodloužením MTT. Difuzně vážené obrazy (DWI) s určitými prahovými hodnotami jsou nejcitlivější technikou pro stanovení objemu jádra infarktu. Existenci ischemického polostínu pak ukazuje rozdíl mezi difúzním a perfuzním deficitem.

Mezi limity MRI patří kontraindikace u jedinců s kovovými implantáty a náročnějším výkonem u kriticky nestabilních pacientů. Primární nevýhodou MRP v akutním prostředí je její omezená dostupnost a delší doba akvizice ve srovnání s CTP. (Khalili et al., 2022; Reif et al., 2013)

5.3 MR angiografie

Zobrazováním tepenných i žilních cév umožňuje MR identifikovat stenózy nebo uzávěry tepen. MR angiografie (MRA) může být provedena pomocí paramagnetické kontrastní látky gadolinia nebo nativně díky dvou- či trojrozměrnému zobrazení času letu (TOF). Bylo prokázáno, že MRA s gadoliniem je přesnější než nekontrastní TOF MRA zejména při zobrazování extrakraniálních tepen. Jeho senzitivita a specificita může dosahovat až 97 %, což je srovnatelné s přesností digitální subtrakční angiografie (DSA) a CTA. (Reif et al., 2013)

Jelikož je TOF MRA citlivý na změny turbulentního průtoku a rychlosti průtoku krve, může nadhodnocovat stupeň stenózy a způsobovat artefakty, zejména při hodnocení stenóz větších než 70 %. V klinické praxi CTA často vykazuje vyšší přesnost, zejména u stenóz, které je obtížné posoudit ultrazvukem, a protože MRA má tendenci nadhodnocovat stupeň stenózy i při použití gadoliniové KL, i když publikované hodnoty senzitivity a specificity obou metod MRA se typicky pohybují mezi 85 a 95 %.

Ve srovnání s CTA nebo DSA nabízí intrakraniální MR TOF senzitivitu asi 60–85 % pro detekci stenózy a 80–90 % pro identifikaci arteriální okluze. V situacích, kdy je intrakraniální MRA podezřelá z patologie, je nutné ji pro přesnější diagnostiku rozšířit o další angiografické zobrazení, jako je CTA nebo DSA. (Reif et al., 2013)

5.4 Výhody MR oproti CT u CMP

Velký důraz se klade na zkrácení času diagnostiky, protože výhody rekanalizace u akutní ischemické CMP jsou velmi časově závislé. Díky své dostupnosti a rychlé době snímání je CT nejrozšířenější diagnostickou technikou. Avšak významnou nevýhodou CT je vysoká radiační dávka. Ve srovnání s CT má MRI řadu výhod.

Nejspolehlivější technikou MR pro identifikaci akutní ischemie a symptomů podobných CMP je difuzně vážené zobrazování (DWI). Je to také standardní technika pro zjištění velikosti jádra infarktu, což je nezbytné pro výběr pacientů pro endovaskulární terapii v pozdější fázi. MR dokáže identifikovat CMP, ke kterým došlo do 4,5 hodiny. V těchto případech by mohla být trombolytická terapie prospěšná u jedinců, jejichž čas prvních příznaků je neznámý.

Mezi nevýhody MR teoreticky patří doba potřebná pro zjištění možných kontraindikací, uložení pacienta na vyšetřovací stůl a delší doba skenování. (Provost et al., 2019; Vymazal et al., 2012)

6. Radiační ochrana u lékařského ozáření

6.1 Deterministické a stochastické účinky IZ

Vystavení záření, jak je dobře známo, má jak deterministické, tak i stochastické účinky, které je třeba 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 jsou stanoveny čtyři základní principy RO. Dva nejdůležitější principy jsou zdůvodnění a optimalizace, v tomto pořadí. Principy limitů dávek a bezpečnosti zdrojů jsou zahrnuty v posledních dvou koncepcích. (Súkupová L., 2018)

6.2 Principy radiační ochrany

Podle principu zdůvodnění musí každý lékařský postup využívající IZ prospívat pacientovi nebo společnosti natolik, aby vyvážil rizika spojená s ozářením. Aby bylo možné zhodnotit celkový přínos vyšetření s využitím IZ, je nezbytné poskytnout opodstatněné odůvodnění pro jejich nezbytnost. Zjednodušeně řečeno to znamená, že před volbou diagnostického postupu založeného na IZ je třeba zvážit, zda lze potřebná diagnostická data shromáždit způsobem, který pacienta 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. (Súkupová , 2018)

Princip limitace dávek sice neplatí pro pacienty, kteří dostávají lékařské záření, a obvykle nejsou kladena omezení o dávce plynoucí z IZ. Naopak platí pro zdravotnický personál a jiné osoby vystavené 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. (Súkupová, 2018)

Dle principu o bezpečnosti zdroje musejí všechny zdroje ionizujícího záření, zejména rentgenové systémy, 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 prováděny průběžné zkoušky provozní a dlouhodobé stability. Státní úřad pro jadernou bezpečnost (SÚJB) vydal pokyny a aktuální předpisy upřesňují rozsah, četnost a metodiku těchto zkoušek. (Súkupová, 2018)

6.3 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 průměrné riziko úmrtí na malignitu v důsledku ozáření činí přibližně 25 %. 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. 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_w, 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_{vol} (objemový dávkový index), která vystihuje hodnotu pitch usměrňující CTDI_w hodnotu. DLP se vyjadřuje v mGy*cm, což je součin CTDI_{vol} 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 a Ferda, 2015)

7. Metodika výzkumu

7.1 Výzkumné cíle a hypotézy

Hlavním cílem výzkumu bylo zhodnotit diagnostickou výtěžnost nativní CT, CT angiografie a CT perfuze při detekci iCMP v závislosti na časovém okně od vzniku příznaků. Současně bylo cílem analyzovat vliv výsledků zobrazovacích metod na rozhodování o podání intravenózní trombolýzy a posoudit roli klinického obrazu v případech s nejednoznačnými nebo negativními nálezy.

Dílčí cíle a hypotézy:

1. Dílčí cíl:

Porovnat senzitivitu, specificitu, pozitivní a negativní prediktivní hodnotu a přesnost jednotlivých CT modalit v diagnostice iCMP.

Hypotéza 1: CTP vykazuje vyšší senzitivitu a přesnost než nativní CT a CTA napříč časovými okny.

2. Dílčí cíl:

Vyhodnotit vliv časového okna ($\leq 4,5$ h vs. $>4,5$ h) na výkonnost jednotlivých zobrazovacích metod.

Hypotéza 2: Výkonnost všech zobrazovacích metod je vyšší v časném časovém okně do 4,5 hodin od vzniku příznaků než ve fázi pozdější.

3. Dílčí cíl:

Zhodnotit soulad mezi zobrazovacím nálezem a rozhodnutím o podání IVT.

Hypotéza 3: Většina pacientů, kterým byla podána IVT, měla diagnózu iCMP potvrzenou alespoň jednou zobrazovací metodou.

4. Dílčí cíl:

Analyzovat případy, ve kterých byla IVT podána na základě klinického obrazu navzdory negativním zobrazovacím nálezům.

Hypotéza 4: IVT byla v některých případech podána i bez pozitivního zobrazovacího nálezu, přičemž rozhodnutí vycházelo z výrazného klinického obrazu a časového tlaku.

5. Dílčí cíl:

Zhodnotit přínos CTP v rozhodovacím procesu při indikaci IVT u pacientů s negativním nálezem na nativním CT a CTA.

Hypotéza 5: CTP umožňuje detekci ischemických změn i v případech, kdy nativní CT a CTA neprokazují CMP, a má významný vliv na indikaci IVT.

7.2 Charakteristika výzkumného souboru

Soubor obsahoval 57 vyšetření CT u pacientů s podezřením na CMP. Původně bylo k dispozici 93 záznamů pacientů, avšak jejich počet musel být snížen, protože neobsahovaly všechny potřebné údaje využívané ve výzkumu. Všech 57 vyšetřených pacientů podstoupilo trojkombinaci vyšetření na CT, konkrétně se jednalo o nativní CT vyšetření mozku, CT perfuzi mozku a CT angiografii mozku a krčních tepen. Vyšetřovanou skupinu tvořily z 45,6 % žen (26 pacientek) a 54,4 % mužů (31 pacientů). Věkové rozmezí souboru se pohybovalo od 27 do 94 let s věkovým průměrem 71,3 let. Průměrný věk žen činil 73,5 %, zatímco u mužů to bylo 69,5 % (Tabulka 5).

	Počet	%	Průměrný věk (Roky)
Ženy	26	45.6	73.5
Muži	31	54.4	69.4
Celkem	57	100	71.3 (27-94)

Tabulka 5. Demografická data pacientů

7.3 Metoda sběru dat

7.3.1 Sběr dat v systému NIS a PACS MNOF

Pro vytvoření výzkumné části byl využit kvantitativní typ výzkumu, probíhala retrospektivní analýza dat. Data k výzkumu byla získána se souhlasem Oddělení naboru a vzdělávání Městské nemocnice Ostrava – viz příloha č. 1., 2., 3. i 4.

Data byla anonymizovaná a analyzována ze systému NIS (Nemocniční informační systém) a PACS (Picture archiving and communication) u pacientů, kteří podstoupili nativní CT vyšetření mozku, kontrastní CT vyšetření perfuze mozku a CT angiografii mozkových a krčních tepen. Vyšetření pacienti podstoupili v období od

začátku ledna do konce března roku 2025. Z těchto systému bylo možné dohledat věk, pohlaví, nálezy neurologů i radiologů i samotného nastavení protokolu CT i injektoru. Parametry tří protokolů nativní CT mozku, kontrastní CT perfuze mozku i CT angiografie mozku a krčních tepen. CT protokoly MNOF viz. příloha č. 6., 7. a 8.

Všechna CT vyšetření byla provedena na CT Somatom Definition AS 128 nebo na CT Somatom Force. Městské nemocnici Ostrava jsou oba tyto CT přístroje značky Siemens AG. CT SOMATOM Force je kombinována specifická řada technologií duální energie, jako například virtuální monoenergetická, virtuální bez kontrastní látky (VNC), jodové mapy, zobrazování kostní dřene a rychlý sběr duální energie, které umožňují rychlé a vysoce kvalitní rozhodování. (SOMATOM Force Get two steps ahead with Dual Source CT, s.6) Kontrastní látka byla podána i.v. formou pomocí injektoru Ulrich CT Motion dle přednastaveného protokolu.

7.4 Realizace výzkumu

Klinická data byla vyhodnocena na základě neurologických a radiologických lékařských zpráv, a následně zapsána do excelovské tabulky pro další statistickou analýzy (Tabulka 6).

7.4.1 Radiologické a neurologické lékařské zprávy

Z jednotlivých radiologických lékařských zpráv lze zjistit věk a pohlaví pacientů, známky časných ischemických změn a jejich popis, potvrzení ischemické CMP na základě nativního CT mozku. Přítomnost ischemie i objem ischemického jádra a penumbry, hodnoty Mismatch volume a Mismatch ratio se posuzuje na základě CTP vyšetření. CTA zjišťuje uzávěr velké mozkové tepny, hodnotí se kolaterální krevní oběh a přítomnost ischemie. Z lékařských zpráv radiologů lze zjistit i informaci, zda byla podána trombolýza.

Ischemická CMP byla na základě neurologické lékařské zprávy a radiologického nálezu znázorněná dle výsledků údajů uvedených ve sloupci Prokázána CMP.

ICMP byla stanovena na základě provedení nativního CT mozku a na něm popisovaných ischemických změn znázorněných ve sloupci iCMP CT nativ.

CTP radiolog hodnotil přítomnost ischemie, objemu ischemického jádra a penumbry, stejně jako z parametrů Mismatch volume a ratio, výsledky vstupních dat je znázorněné ve sloupci iCMP CTP.

Výsledky popisu uzávěru velké mozkové cévy, či okluze spolu s hodnocením kolaterálního oběhu díky CTA, je zobrazen ve sloupci iCMP CTA

Součástí hodnocení bylo také rozdělení pacientů podle časových oken (čas od vzniku příznaků do provedení CT) do čtyř kategorií, dle vstupních dat znázorněných ve sloupci Časové okno.

Z neurologických lékařských zpráv byly získány údaje o době vzniku příznaků iCMP u pacienta, kompletní neurologické vyšetření, způsob léčby a závěrečné shrnutí pacientova stavu. (Tabulka 6)

ID	IVT	Časové okno	Prokázána CMP	iCMP CT NATIV	iCMP CTP	iCMP CTA
1	1	2	1	1	1	1
2	1	0	0	0	0	0
3	1	0	1	1	1	1
4	0	N/A	0	0	0	0
5	1	0	1	1	1	1
6	1	N/A	0	1	0	1
7	1	0	1	1	1	1
8	1	2	0	0	0	0
9	1	0	1	1	1	1
10	1	0	0	0	0	1
11	0	N/A	0	1	0	1
12	1	3	0	1	0	1
13	1	0	1	1	1	1
14		0	1	1	1	1
15	0	0	0	0	0	1
16	1	2	1	1	1	1
17	1	2	1	1	1	1
18	0	2	1	1	1	1
19	1	2	1	1	1	1
20	1	2	1	1	1	1
21	1	2	1	1	1	1
22	1	0	0	1	0	1
23	1	0	1	1	1	1
24	1	0	1	1	1	1
25	1	0	1	1	1	1
26	0	0	1	1	1	1
27	1	0	1	0	1	1
28	1	N/A	0	0	0	0

29	1	0	1	1	1	1
30	0	0	1	0	1	1
31	1	2	0	0	0	0
32	1	3	1	0	1	1
33	0	0	1	1	1	1
34	1	N/A	1	1	1	1
35	1	0	1	1	1	1
36	0	0	0	1	0	0
37	1	2	1	1	1	1
38	1	1	0	0	0	1
39	0	0	1	1	1	1
40	1	0	0	0	0	0
41	1	0	1	1	1	1
42	1	2	0	0	1	0
43	1	1	1	1	1	1
44	1	0	0	1	0	0
45	0	0	1	1	1	1
46	1	0	1	1	1	1
47	1	0	1	0	1	1
48	1	2	1	1	1	1
49	0	0	1	1	1	1
50	1	0	1	1	1	1
51	1	0	1	1	1	1
52	0	0	0	1	0	1
53	1	0	1	1	1	1
54	1	0	1	1	1	1
55	1	2	1	1	1	1
56	0	0	0	1	0	1
57	0	0	0	1	0	0

Tabulka 6. Klinické údaje

IVT: 0 znamená, že intravenózní trombolýza byla podána, 1 znamená, že trombolýza podána nebyla. Časové okno: 0 označuje hyperakutní fázi (0–4,5 hodiny od začátku příznaků), 1 znamená akutní fázi (4,5–6 hodin), 2 označuje pozdní fázi (6–24 hodin) a 3 představuje subakutní fázi (24 a více hodin). N/A znamená, že údaj nebyl dostupný. Prokázána CMP, iCMP CT Nativ, iCMP CTA a iCMP CTP: 0 znamená, že CMP (nebo její zobrazovací průkaz) byla prokázána, 1 znamená, že prokázána nebyla.

7.5 Metoda zpracování dat – statistická analýza

Pro statistickou analýzu dat byl použit programovací jazyk Python a tabulkový procesor Microsoft Excel. Výsledky byly analyzovány jak pro celý soubor pacientů, tak ve dvou podskupinách dle časového okna od vzniku příznaků: do 4,5 hodiny a nad 4,5 hodiny.

Pro každou zobrazovací modalitu – CT nativní, CTA a CTP – byla stanovena základní diagnostická výkonnost, konkrétně:

Senzitivita – schopnost modality detekovat přítomnou ischemii; Specificita – schopnost modality vyloučit ischemii, pokud není přítomna; Pozitivní prediktivní hodnota (PPV) – pravděpodobnost, že pozitivní nález skutečně odpovídá iCMP; Negativní prediktivní hodnota (NPV) – pravděpodobnost, že negativní nález odpovídá absenci iCMP; Přesnost (accuracy) – celkové procento správných rozhodnutí modality ve vztahu ke konečné klinické diagnóze.

Diagnóza iCMP byla stanovena na základě kombinace klinického průběhu, obrazové dokumentace a závěrečného lékařského posouzení a sloužila jako referenční standard.

Pro porovnání rozdílů v senzitivitě a specificitě mezi jednotlivými modalitami a mezi časovými okny byl použit Fisherův exaktní test, který je vhodný pro malé vzorky a nízké četnosti v kontingenčních tabulkách. Tato metoda umožnila posoudit, zda rozdíly v diagnostickém výkonu jsou statisticky významné ($p < 0,05$).

Statistická analýza dále zahrnovala ověření několika předem stanovených hypotéz, které se týkaly přínosu jednotlivých modalit pro rozhodování o léčbě pomocí IVT, schopnosti CTP detekovat ischemii v případech s negativním CT/CTA nálezem a vlivu časového okna na diagnostickou výtěžnost jednotlivých metod.

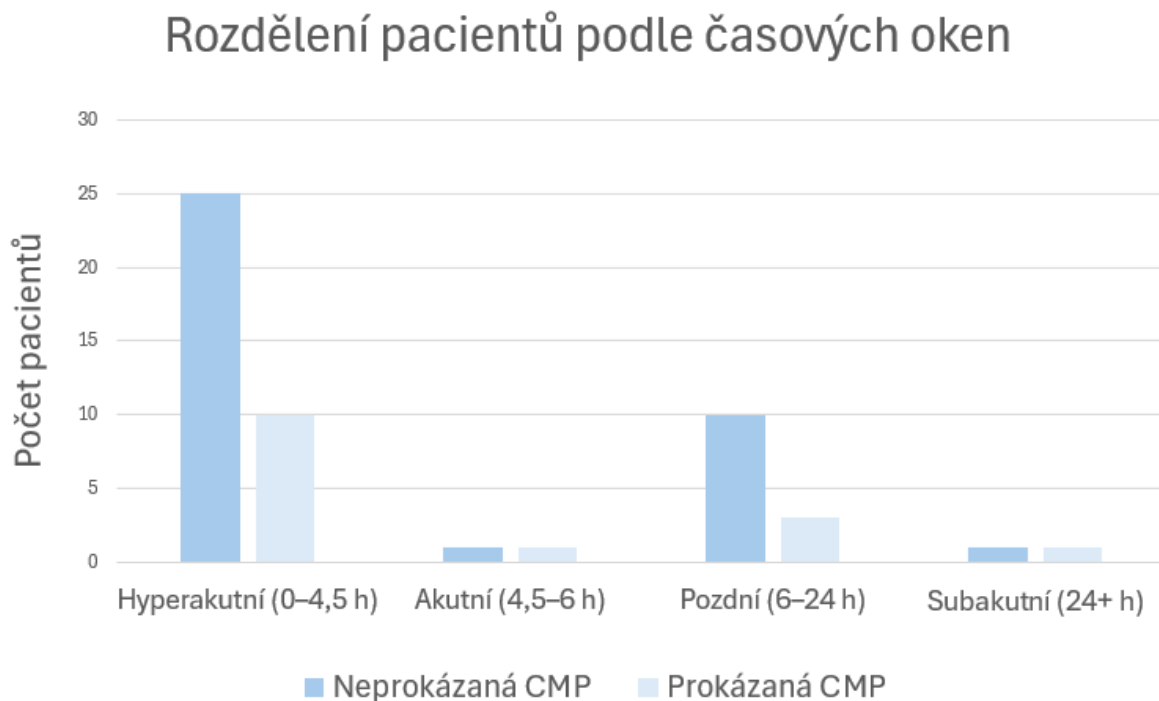
8. Výsledky výzkumu

8.1 Rozložení pacientů podle fáze od vzniku příznaků CMP do vyšetření CT

V rámci sledovaného souboru bylo analyzováno rozdělení pacientů podle časových oken od vzniku příznaků CMP. Nejvyšší počet pacientů byl zaznamenán v hyperakutním časovém okně (0–4,5 hodiny), kam spadalo celkem 35 osob. CMP byla prokázána u 25 z nich, zatímco u 10 pacientů se diagnóza nepotvrdila.

V akutním časovém okně (4,5–6 hodin) byli evidováni 2 pacienti – u jednoho byla CMP potvrzena, u druhého nikoliv. Do pozdního časového okna (6–24 hodin) bylo zařazeno 13 pacientů, z toho 10 s prokázanou CMP a 3 bez prokázané CMP. Nejmenší počet pacientů byl sledován ve subakutní fázi (24 a více hodin), kde byly evidovány 2 osoby – jedna s prokázanou CMP, druhá bez ní. U pěti pacientů nebylo možné časové okno s jistotou určit, a proto nebyli do výše uvedených kategorií zařazeni.

Obecně převažoval počet pacientů s prokázanou CMP nad těmi, u kterých se diagnóza nepotvrdila, přičemž největší výskyt CMP byl zaznamenán v časném období po vzniku příznaků (Graf 8).



Obrázek grafu 7: Rozložení pacientů podle fáze od vzniku příznaků CMP do vyšetření CT

8.2 Diagnostická výtěžnost CT modalit na časovém okně

Ve všech časových oknech dosahuje CTP vyšší senzitivity, až 1,00. Stejně tak specifita se pohybuje na úrovni 1,00 a v oblasti accuracy neboli přesnosti dosahuje hodnot mezi 0,98 a 1,00, čímž převyšuje výsledky CT i CTA.

V časném časovém okně $\leq 4,5$ hodiny prokázalo CTP maximální přesnost. CTP mělo dokonalé parametry výsledků v oblastech senzitivity, specifity i v oblasti accuracy neboli přesnosti shodně až na úrovni 1,00. CTP vyhodnocuje nálezy bez výskytu falešně pozitivních či negativních výsledků. Avšak při vyšetření nad 4,5 hodiny dochází k mírnému poklesu výkonnosti v oblasti senzitivity 0,89 i NPV 0,93, nicméně stále zůstává nejspolehlivější ze všech hodnocených CT zobrazovacích metod.

Naopak CT i CTA vykazovaly v obou časových intervalech nižší senzitivitu, přibližně v rozmezí 0,5–0,67. Limity nativního CT spolu s CTA spočívají v nižší senzitivě v rozmezí cca 0,5–0,67 v obou zkoumaných časových oknech. o může vést k riziku, že dojde k přehlédnutí probíhající iCMP. Specifita je sice vysoká, u CTA dokonce v úrovni 1,00, proto jsou pozitivní nálezy spolehlivé, avšak pravděpodobnost falešně negativního výsledku zůstává značná.

Modalita	Časové okno	Senzitivita (%)	Specifita (%)	PPV (%)	NPV (%)	Přesnost (%)
CT NAT	vše	53	90	71	79	77
	$\leq 4,5$ h	60	88	67	85	80
	$>4,5$ h	67	92	86	80	84
CTA	vše	53	100	100	81	84
	$\leq 4,5$ h	50	100	100	83	86
	$>4,5$ h	56	100	100	77	82
CTP	vše	95	100	100	97	98
	$\leq 4,5$ h	100	100	100	100	100
	$>4,5$ h	89	100	100	93	96

Tabulka. 7 – Diagnostická výtěžnost CT modalit v závislosti na časovém okně – vlastní tvorba

CT NAT označuje nativní CT vyšetření, CTA znamená CT angiografii a CTP představuje CT perfuzi. Zkratka PPV označuje pozitivní prediktivní hodnotu, NPV negativní prediktivní hodnotu, senzitivita vyjadřuje citlivost a specifita specifitnost dané modality. Přesnost vyjadřuje celkovou diagnostickou správnost. Všechny uvedené hodnoty jsou vedeny v procentech. Označení „vše“ zahrnuje celý soubor pacientů bez ohledu na časové okno. Časová označení $\leq 4,5$ h a $>4,5$ h se vztahují k časovému intervalu od vzniku příznaků cévní mozkové příhody.

Při porovnání výkonnosti jednotlivých CT zobrazovacích modalit v závislosti na časovém okně do 4,5 hodiny a nad 4,5 hodiny nebyl zjištěn žádný statisticky významný rozdíl v senzitivitu ani specifitě u modality CT nativ ($p > 0,05$). Podobně ani modality CTA a CTP se ve specifitě mezi těmito časovými okny nelišily.

Statisticky významný rozdíl se však objevil při přímém srovnání senzitivity CTA a CTP v časném (hyperakutním) okně do 4,5 hodiny. Zatímco senzitivita CTA v této skupině dosáhla pouze 50 %, CTP vykázala 100 % senzitivitu. Tento rozdíl byl statisticky významný ($p = 0,033$). Naopak v pozdějším časovém okně nad 4,5 hodiny se rozdíl v senzitivitu mezi CTA a CTP (56 % vs. 89 %) jako statisticky významný již neprokázal ($p = 0,294$), což lze částečně přičíst menší velikosti vzorku.

Tato zjištění potvrzují vyšší diagnostickou výtěžnost CTP v časném období CMP, a to zejména v porovnání s CTA, jejíž senzitivita může být v hyperakutní fázi omezená.

8.3 Vliv zobrazovacích metod na indikaci IVT

V další části analýzy jsme se zaměřili na vztah mezi potvrzením CMP díky CT modalit a podáním IVT. Cílem bylo posoudit, do jaké míry rozhodnutí o zahájení IVT vycházelo z výsledků nativního CT, CTA, CTP a nakolik hrály roli další faktory, zejména klinický obraz a časové okno. Naše data ukazují, že IVT byla podána nejen pacientům s jednoznačně prokázanou CMP, ale také v případech, kdy diagnóza na základě žádné z CT modalit potvrzena nebyla.

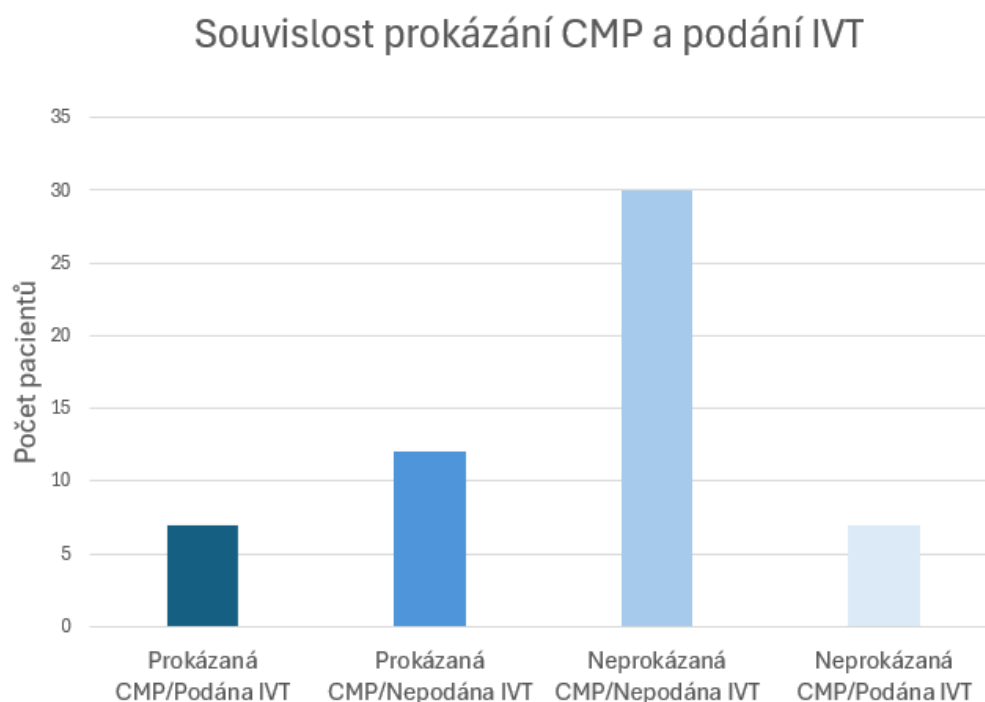
Konkrétně bylo identifikováno sedm pacientů, u nichž nebyla CMP prokázána žádnou ze zobrazovacích metod, přesto jim byla IVT podána. V těchto případech sehrál klíčovou roli klinický obraz a rozhodnutí lékařů reflektovalo urgentnost stavu i nutnost jednat v časovém tlaku. Z těchto sedmi pacientů se navíc šest nacházelo v hyperakutním časovém okně (0–4,5 h), kdy je časový faktor zásadní pro záchranu ischemické penumbry a zlepšení klinického výsledku.

Tento přínos CTP potvrzuje i podrobnější analýza našeho souboru. Byli identifikováni tři pacienti, u nichž nativní CT ani CTA nedokázaly stanovit diagnózu iCMP, zatímco CTP ji spolehlivě diagnostikovalo. Na základě nálezu z CTP byla ve všech těchto případech indikována a následně podána IVT. Lze předpokládat, že bez dostupnosti CTP by těmto pacientům IVT pravděpodobně podána nebyla. CTP se v těchto situacích ukázala jako klíčová ZM, která umožňuje zachytit i jemné ischemické změny, jež mohou být jinými modalitami přehlédnuty. Tímto způsobem CTP významně

rozšiřuje možnosti indikace trombolýzy, zvyšuje šanci na záchranu ischemické penumbry a přispívá ke zlepšení prognózy pacienta.

Výše uvedené poznatky shrnuje následující graf, který znázorňuje rozdělení pacientů podle kombinace výsledků ZM a podání IVT. Pacienti byli rozděleni do čtyř skupin podle toho, zda byla CMP pomocí CT ZM prokázána a zda jim byla IVT skutečně podána. Nejpočetnější skupinu tvořili pacienti s prokázanou CMP, kterým byla IVT podána, což odpovídá běžné klinické praxi. Zároveň je však patrné, že IVT byla aplikována i u části pacientů s negativním zobrazovacím nálezem, což potvrzuje výše popsaný vliv klinického obrazu a časového tlaku při rozhodování.

Součástí grafu jsou také případy, kdy byla CMP CT ZM potvrzena, ale IVT podána nebyla. V několika těchto situacích byl pacient rovnou indikován k mechanické trombektomii, a to na základě nálezu velké intrakraniální okluze v kombinaci s nevhodným časovým oknem nebo přítomností kontraindikace k trombolýze. Tyto případy odrážejí individuální klinický přístup a důraz na rychlou rekanalizaci pomocí intervenční léčby v indikovaných situacích (Obrázek grafu 9).



Obrázek grafu 8: Souvislost mezi prokázanou CMP pomocí CT modalit a podáním IVT

9. Diskuze

Výsledky našeho šetření ukázaly, že nejvíce pacientů bylo vyšetřeno v hyperakutním časovém okně do 4,5 hodiny od začátku příznaků. V tomto intervalu byla diagnóza CMP nejčastěji potvrzena pomocí všech tří CT zobrazovacích metod. Při přímém porovnání senzitivity CTA a CTP v hyperakutním časovém okně do 4,5 hodiny se však prokázal statisticky významný rozdíl. Zatímco CTA v této skupině dosáhla senzitivity pouze 50 %, CTP vykázala senzitivitu 100 %. Tento rozdíl byl statisticky signifikantní.

Tento závěr koresponduje se závěry studie (Cviková et. al., 2024).

Naše výsledky prokazují, že CTP má v časném stadiu CMP vyšší diagnostickou výtěžnost, zejména ve srovnání s CTA, jejíž senzitivita může být v hyperakutní fázi snižena.

Případný nesouhlas může být způsoben specifikem organizace akutní péče a dostupnosti diagnostiky v našem zařízení, což mohlo vést k dřívějšímu zachytu pacientů s CMP.

V našem souboru dosahovala CTP nejvyšší diagnostické výtěžnosti ve všech časových oknech, přičemž nejvýraznější byla v časném období do 4,5 hodiny od vzniku příznaků. V tomto intervalu vykázala CTP 100 % senzitivitu i specifitu, zatímco CT a CTA měly nižší senzitivitu. Konkrétně senzitivita CTA v této skupině činila pouze 50 %, zatímco CTP dosáhla plných 100 %.

Tento výsledek je v souladu se závěry studie (Shen, J., et. al. 2017).

Na souboru čítajícím 2168 patientských záznamů byla zjištěna celková senzitivita CTP pro diagnostiku akutní ischemické cévní mozkové příhody 82 % a specifita 96 %. Vyšetření CTP prokázalo vyšší senzitivitu než nativní CT a obdobnou přesnost jako CTA. Mezi skupinami pacientů vyšetřených do 6 hodin od začátku příznaků a po 6 hodinách nebyly zaznamenány statisticky významné rozdíly v senzitivě ani specifitě. Celkově tedy CTP vykazuje vyšší přesnost než nativní CT, přičemž její výsledky jsou srovnatelné s CTA při detekci akutní ischemické cévní mozkové příhody. (Shen, J., et. al. 2017).

Naše data potvrzují, že CTP má v časném období CMP vyšší diagnostickou výtěžnost, zejména ve srovnání s CTA, jejíž senzitivita může být v hyperakutní fázi omezená.

Některé publikace však naopak uvádějí nižší výpovědní hodnotu CTP v porovnání s CTA (Sabarudin, A., et.al. (2014)

Případný rozpor může být vysvětlen rozdílnou technickou kvalitou vyšetření, rozdílné množství dat pacientů, interpretací nálezů a zkušenostmi radiologů v jednotlivých centrech.

Naše výsledky ukazují, že IVT byla podána i pacientům, u nichž nebyla CMP potvrzena žádnou ze tří použitých CT modalit – nativním CT, CTA ani CTP. Identifikovali jsme sedm takových případů, přičemž u šesti z nich se pacient nacházel v hyperakutním časovém okně do 4,5 hodiny od vzniku příznaků. To naznačuje, že v rozhodovacím procesu hrála zásadní roli klinická prezentace a časový tlak, a nikoliv jen přítomnost pozitivního zobrazovacího nálezu.

Tento přístup odpovídá principu „treat-first“, který se v některých centrech uplatňuje při vysoké klinické pravděpodobnosti CMP. V těchto případech může být IVT indikována i bez obrazového potvrzení, aby se předešlo ztrátě léčebného okna.

Naše data tak potvrzují, že časové okno a klinický úsudek jsou v praxi mnohdy rozhodující, zejména pokud chybí zjevné kontraindikace trombolýzy.

Na druhé straně existují i studie, které doporučují větší opatrnost při podání IVT bez obrazového potvrzení CMP. Podání IVT doporučuje až po provedení vyšetření CT mozku. (Turc, G., et. al., 2014).

Autoři těchto studií poukazují zejména na riziko neopodstatněné trombolýzy u tzv. *stroke mimics*, tedy stavů, které klinicky napodobují CMP, ale nejsou ischemické etiologie (např. migréna, epileptický paroxysmus, funkční porucha).

Rozpor mezi těmito přístupy lze částečně vysvětlit odlišnou selekcí pacientů, dostupností pokročilých ZM zejména CTP, ale také rozdílnými klinickými algoritmy a zkušenostmi jednotlivých týmů. V našem souboru bylo rozhodnutí o podání IVT bez pozitivního zobrazovacího nálezu vždy podloženo závažnou klinickou symptomatikou a odehrálo se výhradně v časně zahájené péči.

9.1 Limity výzkumu

Tento výzkum je třeba interpretovat s vědomím několika podstatných limitací, které mohly ovlivnit jeho výsledky i možnosti zobecnění závěrů.

Za nejvýznamnější omezení lze považovat relativně nízký počet pacientů v některých časových oknech od vzniku příznaků CMP, což ovlivnilo možnost porovnat výtěžnost zobrazovacích metod v jednotlivých fázích akutnosti iCMP. Zatímco v hyperakutním okně ($\leq 4,5$ h) bylo zařazeno více pacientů, v akutním, pozdním a subakutním okně byl počet případů výrazně nižší. To omezilo statistickou sílu analýzy a snížilo průkaznost zjištěných rozdílů mezi modalitami.

Obdobný problém se projevil i při porovnávání výkonnosti jednotlivých CT modalit. Významný rozdíl byl zaznamenán pouze mezi CTP a CTA v časném okně, zatímco ostatní porovnání – zejména s nativním CT – zůstala statisticky neprůkazná, navzdory zjevné rozdílné výtěžnosti z pohledu klinické praxe.

Vzhledem k retrospektivnímu charakteru studie mohlo docházet k rozdílům v kvalitě dokumentace. Proto byly z analýzy vyloučeny případy s nedostatečnými či neúplnými daty, například chybějící neurologické hodnocení nebo nekompletní radiologický popis. Výsledná datová sada tak zahrnovala pouze pacienty s kompletními a srovnatelnými údaji, což zvýšilo spolehlivost následné analýzy.

Zároveň je třeba uvést, že navzdory retrospektivnímu designu byla studie provedena v rámci jednoho pracoviště, kde se používaly standardizované CT protokoly a jednotné technologické vybavení. Tím byla zajištěna konzistence zobrazovacích dat napříč celým souborem, což je oproti multicentrickým retrospektivním studiím výhodou.

Závěr

Role zobrazovacích metod sloužící k diagnostice CMP má své nenahraditelné místo. Konkrétně CT metody zahrnující nativní CT mozku, CTP a CTA mozkových a kčních tepen jsou nenahraditelné. Právem výsadní postavení v oblasti diagnostiky iCMP z výzkumu vyplývá že náleží právě CTP. Má významnou roli v přesnosti diagnostiky iCMP než ji má kombinace nativního CT mozku a CTA.

S postupem technického pokroku a rozšíření povědomí o preciznosti diagnostiky díky CTP mozku by v budoucnu mohlo využívat více nemocnic, než je tomu doposud.

Na základě dohledaných informací a dostupností dat pacientů bylo možné realizovat výzkum a dosáhnout stanovených cílů práce. Analýza získaných dat prokázala, že CTP dosahuje vyšší specifity, senzitivity i celkové přesnosti ve srovnání s CT a CTA. Potvrdilo se tedy, že CTP je v diagnostice iCMP spolehlivější než obě zmíněné metody, čímž byla ověřena první hypotéza.

Druhá hypotéza byla rovněž potvrzena, jelikož statisticky se významně nelišili modality v rámci ve výtěžnosti v rámci časových oken ($p > 0,05$), ale při porovnání sensitivity CTP a CTA jste objevila statistický významný rozdíl v hyperakutním okně ($p = 0033$), kdy CTP je pro detekci senzitivnější. V pozdějším okně již není významnost statický významná, avšak i přesto je z dat patrné, že CTP je až o 33% senzitivnější. Vliv na statistickou významnost má i nižší vzorek pacientů.

Třetí hypotéza se potvrdila díky zjištění, že největší část souboru tvořili pacienti s diagnostikovanou CMP, kterým byla podána IVT, což odpovídá běžné klinické praxi. Zároveň však byly identifikovány tři případy, kdy nativní CT ani CTA iCMP neprokázaly, zatímco CTP diagnózu stanovilo spolehlivě a umožnilo indikaci IVT.

Čtvrtá hypotéza byla ověřena zjištěním, že sedm pacientů podstoupilo IVT, přestože žádná ze zobrazovacích metod CMP nepotvrdila. V těchto případech sehrál zásadní roli klinický obraz, který vzhledem k urgentnosti stavu a časovému tlaku vedl lékaře k rozhodnutí léčbu zahájit. U šesti z těchto pacientů navíc šlo o hyperakutní časové okno (0–4,5 h), kdy je rychlost zásahu klíčová pro záchranu ischemické penumbry a lepší klinický výsledek.

Poslední, pátá hypotéza se potvrdila na základě tří pacientů, u nichž pouze CTP umožnila diagnostikovat iCMP a následně indikovat IVT. Je velmi pravděpodobné, že bez použití CTP by těmto pacientům trombolýza podána nebyla. CTP se tak ukázala jako zásadní zobrazovací metoda, která dokáže odhalit i jemné ischemické změny, přehlížené jinými technikami. Tím významně rozšiřuje možnosti indikace trombolýzy, zvyšuje šance na záchranu ohrožené mozkové tkáně a přispívá ke zlepšení prognózy pacientů.

Do budoucích výzkumů by bylo vhodné zahrnout větší soubor pacientů, což by umožnilo robustnější statistické zhodnocení rozdílů mezi skupinami a zvýšilo výpovědní hodnotu výsledků.

Referenční seznam

- **Association/American Stroke Association .** *Stroke* , 50 (12),E344-E418.
<https://doi.org/10.1161/STR.0000000000000211>
- Almekhlafi MA, Kunz WG, McTaggart RA, Jayaraman MV, Najm M, Ahn SH, Fainardi E, Rubiera M, Khaw AV, Zini A, Hill MD, Demchuk AM, Goyal M, Menon BK. (2019). **Zobrazovací triáž pacientů s akutní ischemickou cévní mozkovou příhodou v pozdním okně (6–24 hodin): Srovnávací studie s využitím multifázové CT angiografie versus CT perfuze.** *American Journal of Neuroradiology* prosinec, DOI:10.3174/ajnr.A6327
- Amalia, L., Qonitah, P. (2025). **Klinický a epidemiologický přehled pacientů s hyperakutní ischemickou cévní mozkovou příhodou léčených intravenózní trombolýzou.** *Egypt J Intern Med*, S. 37-40. <https://doi.org/10.1186/s43162-025-00419-8>
- Amutkotuwa A.S., Straka M., Dehkharghani S., Bammer R., (2019). **Rychlá automatická detekce okluzí velkých cév na CT angiografii.**, *Stroke.*, s. 3431-3438. <https://doi.org/10.1161/STROKEAHA.119.027076>
- Caplan, L. R. (2019). **Etiology, classification, and epidemiology of stroke.** Up To Date [database on the internet]., Waltham (MA): UpToDate, s. 1-12.
- Cihlář, F., Černá, M., Hustý, J., Charvát, F., Jonszta, T., Köcher, M., ... & Roček, M. (2023). **Zobrazení akutní ischemické cévní mozkové příhody: jak referovat nález pro intervenční radiologa.** *Česká radiologie/Česká radiologie* , 77 (2). <https://cesradiol.cz/pdfs/rad/2023/02/04.pdf>
- Cimflová, P., Vališ, K., Volný, O., Vinklárek, J., Haršány, M., & Mikulík, R. (2019). **Diagnostika ischemických CMP-přehled zobrazovacích metod a jejich využití v praxi.** *Česká Radiol*, 73(3), 150-159. <https://cesradiol.cz/pdfs/rad/2019/03/02.pdf>
- Ferda, J., Baxa, J., Mírka, H., Mraček, J., & Přibáň, V. (2013). **Zátěžová perfuzní výpočetní tomografie mozku s podáním acetazolamidu.** *Česká radiologie*, 67(3), 181-187. <https://cesradiol.cz/artkey/rad-201303-0001.php>

- Feske, SK (2021). **Ischemická cévní mozková příhoda**. *The American journal of medicine* , 134 (12), 1457-1464.
<https://doi.org/10.1016/j.amjmed.2021.07.027>.
- Miloš, G., Ondřej, N., & Ivan, H. (2014). *Atlas anatomie člověka I.: Končetiny, stěna trupu*. Grada Publishing, as. <https://www.bookport.cz/kniha/atlas-anatomie-cloveka-i-atlas-of-human-anatomy-i-4291/?clickSource=Suggestion>
- Grim Miloš et al. (2017). **Hlava a krk, vnitřní orgány, neuroanatomie**. Atlas anatomie člověka II., s.1-432. Grada Publishing, as. <https://www.bookport.cz/kniha/atlas-anatomie-cloveka-ii-atlas-of-human-anatomy-ii-4292/?clickSource=Suggestion>
- Haggemüller, B., Kreiser, K., Sollmann, N., Huber M., Vogele, D., Schmidt, S., Beer, M., Schmitz, B., Ozpeynirci, Y., Rosskopf, J., Kloth, Ch., (2023). **Pictorial Review on Imaging Findings in Cerebral CTP in Patients with Acute Stroke and Its Mimics: A Primer for General Radiologists**, 13(3), 447. s. 1-5.
<https://doi.org/10.3390/diagnostics13030447>
- Christensen, S., & Lansberg, MG (2019). **CT perfuze u akutní cévní mozkové příhody: praktické pokyny pro implementaci v klinické praxi**. *Journal of Cerebral Blood Flow & Metabolism* , 39 (9), 1664-1668. doi: 10.1177/0271678X18805590.
- Khalili, N., Wang, R., Garg, T., Ahmed, A., Hoseinyazdi, M., Sair, H. I., ... & Yedavalli, V. (2023). **Clinical application of brain perfusion imaging in detecting stroke mimics: A review**. *Journal of Neuroimaging*, 33(1), 44-57.
<https://doi.org/10.1111/jon.13061>.
- Manley, G.T., Maas, A., (2024) **Glasgowská stupnice kómatu v 50 letech: pohled zpět a vpřed**, *The Lancet*, Vol 404 August 24, s. 734-735,
[https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(24\)01596-4](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(24)01596-4)
- Ministerstvo zdravotnictví ČR. (2016). **Národní radiologické standardy – Výpočetní tomografie**. Ministerstvo zdravotnictví ČR, <https://www.mzcr.cz/vypocetni-tomografie/>.

- Mirka Hynek a Ferda Jiří. (2015). **Multidetektorová výpočetní tomografie Perfuzní vyšetření.** Nakladatelství Galén, 2015, s. 1-214, <https://www.bookport.cz/kniha/multidetektorova-vypocetni-tomografie-perfuzni-vysetreni-3579/?clickSource=Suggestion>
- Montaño, A., Hanley, DF a Hemphill III, JC (2021). **Hemoragická cévní mozková příhoda.** Handbook of clinical neurology , 176 , 229–248. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-64034-5.00019-5>
- Murphy S., WERRING, D. J., (2020)., **Stroke: causes and clinical features.** **Medicine**, 2020, s. 561-566. <https://doi.org/10.1016/j.mpmed.2020.06.002>
- Nagaraja, N. (2021). **Difuzně vážené zobrazování u akutní ischemické cévní mozkové příhody: přehled jeho interpretačních úskalí a pokročilé aplikace difuzního zobrazování.** Journal of the neurological sciences , 425 , 117-435. <https://doi.org/10.1016/j.jns.2021.117435>
- Neumann, J., Šaňák, D., Tomek, A., Bar, M., Herzig, R., Kovář, M., ... & Václavík, D. (2021). **Doporučení pro intravenózní trombolýzu v léčbě akutního mozkového infarktu-verze 2021.** *Cesk Slov Neurol*, 84. s. 291-299. doi: 10.48095/cccsnn2021291
- Neumann Jiří. (2007). **Současné možnosti péče o pacienta s akutní ischemickou cévní mozkovou příhodou.** *Medicína pro praxi*, 2007, s. 30-31. <https://solen.cz/pdfs/med/2007/01/08.pdf>
- Nowinski, W. L. (2024). Taxonomy of Acute Stroke: Imaging, Processing, and Treatment. *Diagnostics*, 14(10), 1057. s. 1-25. <https://doi.org/10.3390/diagnostics14101057>
- Provost, C., Soudantm S., Legrand, L., Hassen, W.B., Xie, Y., Soize, S., Bourcier, M., Oppenheim, C., Benzakoun, J., Edjlali, M., Boulouis, G., Raoult, H., Guillemin, F., Naggara, O., Bracard, S., (2019). **Zobrazování magnetickou rezonancí nebo počítačová tomografie před léčbou u akutní ischemické mrtvice: Vliv na pracovní tok a funkční výsledek.** American Heart Association, s. 659. <https://doi.org/10.1161/STROKEAHA.118.023882>

- Powers, J.W., Rabinstein, A.A., Ackerson, T., Adeoye, O.M., Bambakidis, N.C., Biller, J.B., Tischwell, D.L., Brown, M., Damaerschalk, B.M., Hoh, B., Jauch, E.C., Kidwell, Ch.S., Mazwic, T.M.L., Scott, P., Sheth, K.N., Southerland, A.M., Summers, D.V. (2019). **Pokyny pro včasnou léčbu pacientů s akutní ischemickou cévní mozkovou příhodou: Aktualizace Pokynů pro včasnou léčbu akutní ischemické cévní mozkové příhody z roku 2019: Pokyny pro zdravotnické pracovníky od Americké kardiologické asociace/Americké asociace pro cévní mozkové příhody.** AHA/ASA Journals, s. 357.
<https://doi.org/10.1161/STR.0000000000000211>
- Puig J, Shankar J, Liebeskind D, Terceño M, Nael K, Demchuk AM, Menon B, Dowlatshahi D, Leiva-Salinas C, Wintermark M, Thomalla G, Silva Y, Serena J, Pedraza S, Essig M. (2020) **From "Time is Brain" to "Imaging is Brain": A Paradigm Shift in the Management of Acute Ischemic Stroke.** J Neuroimaging. Sep;30(5):562-571. doi: 10.1111/jon.12693.
- Rehani, B., Ammanuel, S. G., Zhang, Y., Smith, W., Cooke, D. L., Hetts, S. W., ... & Dillon, W. (2020). **A new era of extended time window acute stroke interventions guided by imaging.** *The Neurohospitalist*, 10(1), 29-37.
doi: 10.1177/1941874419870701
- REIF, M., GOLDEMUND, D., & MIKULÍK, R. (2013). **Nejdůležitější metody v diagnostice akutní cévní mozkové příhody.** *Kardiologická revue—Interní medicína*, 15(1), 11-25. <https://www.kardiologickarevue.cz/pdf?id=40428>
- Sabarudin A, Subramaniam C, Sun Z. 2014. Cerebral CT angiography and CT perfusion in acute stroke detection: a systematic review of diagnostic value. *Quant Imaging Med Surg.* Aug;4(4):282-90. doi: 10.3978/j.issn.2223-4292.2014.07.10.
- Shafaat O., Sotoudeh H., (2023). **Zobrazování cévních mozkových příhod.** In: **StatPearls.** Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2023. s. 5-6.
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK546635/>
- Shen, J., Li, X., Li, Y., & Wu, B. (2017). **Comparative accuracy of CT perfusion in diagnosing acute ischemic stroke: A systematic review of 27 trials.** *PloS one*, 12(5), e0176622. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0176622>

- Singh, D., & Kaushik, C. (2019). **Comparative analysis of CT and MRI in emergency assessment of stroke: a review.** *Journal of Multidisciplinary Research in Healthcare*, 5(2), 57-63. DOI: 10.15415/jmrh.2019.52007.
- SOMATOM Force. **SOMATOM Force Get two steps ahead with Dual Source CT.** SOMATOM Force, s. 6. <https://www.siemens-healthineers.com/cz/computed-tomography/dual-source-ct/somatom-force>.
- SUJB. (2018). **Program zajištění radiační ochrany.** SUJB doporučení, Státní úřad pro jadernou bezpečnost s. 1-15.
<https://sujb.gov.cz/fileadmin/sujb/docs/dokumenty/publikace/DR-RO-4-2-Rev-0-0.pdf>
- SUJB. (2019). **Osobní monitorování.** SÚJB, DOPORUČENÍ, Státní úřad pro jadernou bezpečnost s. 1-81.
https://sujb.gov.cz/fileadmin/sujb/docs/dokumenty/publikace/DR-RO-6D.1_REV._0.0_Doporuceni_Osobni_Monitorovani_cast_I.pdf
- Súkupová L., (2018)., **Radiační ochrana při rentgenových výkonech – to nejdůležitější pro praxi.** Grada, 2018, s. 23-26.
<https://www.bookport.cz/kniha/radiacni-ochrana-pri-rentgenovych-vykonech-to-nejdulezitejsi-pro-praxi-4628/?clickSource=Suggestion>
- Škoda, O. (2020). **Primární a sekundární prevence ischemické cévní mozkové příhody.** *Medicina po Promoci*, 21 (4). s. 292-297.
<https://research.ebsco.com/c/hlrac6/search/details/4opqnmgn3f?db=asn>
- Tedyanto, E. H., Tini, K., & Pramana, N. A. K. (2022). **Magnetic resonance imaging in acute ischemic stroke.** *Cureus*, 14(7). DOI: 10.7759/cureus.27224
- Unnithan A.K.A., Das JM, Mehta P. (2023) **Hemoragická mrtvice.** In: StatPearls. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; leden 2025. s. 1-18.
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK559173/>
- Turc, G., Isabel, C., Calvet, D., (2014) **Intravenous thrombolysis for acute ischemic stroke**, *Diagnostic and Interventional Imaging*, Volume 95, Issue 12, Pages 1129-1133, <https://doi.org/10.1016/j.diii.2014.10.002>.
- Vinklárek, J., Haršány, M., Cimflová, P., Mikulík, R., & Volný, O. (2018). **Výpočetní tomografie u akutního mozkového infarktu.** *Neurologie pro praxi*, 19(4), 256-261. DOI: 10.36290/neu.2018.043

- Vymazal, J., Rulseh, AM, Keller, J. et al. (2012). **Srovnání CT a MR zobrazení u ischemického iktu.** Insights Imaging 3, 2012, s. 619–627.
<https://doi.org/10.1007/s13244-012-0185-9>
- YW Lui. et al., (2010)., **Hodnocení perfuze na CT v kontextu mozkové ischemie: vzorce a úskalí.** American Journal of Neuroradiology., 31 (9) s. 1552-1563.
doi: 10.3174/ajnr.A2026

Seznam zkratek

ACM	Arteria cerebri media
AHA/ASA	Americká kardiologická asociace/Americká asociace pro cévní mozkové příhody (Stroke)
ASCPECT	Alberta Stroke Program Early CT Score
DM	Diabetes mellitus
DSA	Digitální substrakční angiografie
CBF	cerebrální krevní průtok
CBV	mozkový krevní objem
CMP	Cévní mozková příhoda
CNS	Centrální nervový systém
CTP	CT perfuze
CTA	CT angiografie
CT	Výpočetní tomografie
DSA	Digitální substrakční angiografie
DWI	Difúzně vážený obraz
eGFR	Glomerulární filtrace
EKG	Elektrokardiografie
EPI	Echo-planar imaging
FNOL	Fakultní nemocnice Olomouc
FR	Fyziologický roztok
FS	Fibrilace síní
GE	Gradientní echo
GCS	Glawglow Coma Scale
HU	Hounsfieldovy jednotky
ICH	Intrakraniální/intracerebrální krvácení
ICHDK	Ischemická choroba dolních končetin
i.v.	Intravenózní
IVT	Intravenózní trombolýza
IZ	Ionizující záření

JKL	Jodové kontrastní látky
kg	Kilogram
KIN	Kontrastní nefropatie
KL	Kontrastní látka
kV	Kilovolt
LACI	Lakunární infarkt
LDL	Nízkodenzitní cholesterol
m	Metr
mAs	Miliampér sekundy
ml	Mililitr
mm	Milimetr
MN	Mechanická trombektomie
MNOF	Městská nemocnice Ostrava Fifejdy
MTT	Mean transit time
MRA	MR angiografie
MRP	MR perfuze
MR	Magnetická rezonance
NPV	Negativní prediktivní hodnota
NIS	Nemocniční informační systém
PACS	Picture archiving and communication system
PAD	Perorální antidiabetika
PWI	Perfuzně vážené obrazy
PPV	Pozitivní prediktivní hodnota
RA	Radiologický asistent
RF	Rizikový faktor
RIS	Radiologický informační systém
RTG	Rentgen, rentgenové vyšetření
S	Sekunda
SAH	Subarachnoidální krvácení

SÚJB	Státní úřad pro jadernou bezpečnost
SWI	Susceptibility-weighted imaging
TIA	Tranzitorní ischemická ataka
TK	Krevní tlak
TOAST	The Trial of Org 10172 in Acute Stroke Treatment
TOF	Time of flight
TTP	Time to peak
UZ	Ultrazvuk
ZM	Zobrazovací metody

Seznam použitých obrázků

Obrázek 1: ASPECT skóre programu Brainomics – nativní CT mozku.....	37
Obrázek 2: Základní typ parametrické mapy, pro hodnocení ischemické CMP (Mirka Hynek a Ferda Jiří., 2015., s. 1-214).....	41
Obrázek 3: Doplnující typ parametrické mapy, pro hodnocení ischemické CMP	41
Obrázek 4: Perfuzní mapa se zachycenou s okluzí karotidy se zachovalou cerebrovaskulární rezervou.....	45
Obrázek 5: Perfuzní mapa se zachycenou okluzí karotidy s vyčerpanou cerebrovaskulární rezervou.....	45
Obrázek 6: CT transverzální řez hrudníkem v oblasti TH4, místo monitorace bolusu.....	48
Obrázek grafu 7: Rozložení pacientů podle fáze od vzniku příznaků CMP do vyšetření CT.....	64
Obrázek grafu 8: Souvislost mezi prokázanou CMP pomocí CT modalit a podáním IVT.....	67

Seznam tabulek

Tabulka 2. Význam jednotlivých modalit CT (nativní CT mozku, CT angiografie a CT perfuze) a důležitost jejich provedení v rámci různých časových oken pro provedení systémové trombolýzy a mechanické trombektomie.....	21
Tabulka 2. Protokol nativního CT mozku.....	38
Tabulka 3. Protokol CT perfuze.....	44
Tabulka 4. Protokol CTA mozkových a krčních tepen.....	48
Tabulka 5. Demografická data pacientů.....	59
Tabulka 6. Klinické údaje.....	62
Tabulka. 7 – Diagnostická výtěžnost CT modalit v závislosti na časovém okně.....	65
Tabulka x Zdroj 8. Radiologické standardy pro výkony prováděné v radiodiagnostice MNOF, 2016.....	89
Tabulka 9. (Protokol CTP dle zvyklostí oddělení Radiologie a zobrazovacích metod MNOF, pan primář MUDr. Jiří Kozák).....	89
Tabulka 10. (Radiologické standardy pro výkony prováděné v radiodiagnostice MNOF, 2016., s. 20-26).....	90

Přílohy

Příloha č. 1 Žádost o povolení výzkumného šetření na pracovišti Radiologie a zobrazovacích metod Městské nemocnice Ostrava

Městská nemocnice Ostrava
příspěvková organizace

Univerzita Palackého v Olomouci
Fakulta zdravotnických věd
Hněvotínská 976/3 Nová Ulice
775 15 Olomouc

Městská nemocnice Ostrava
příspěvková organizace
Náměstkyňe pro ošetrovatelskou péči
Nemocniční 898/20A
728 80 Ostrava - Moravská Ostrava


Žádost o povolení spolupráce/dotazníkového šetření/výzkumného šetření

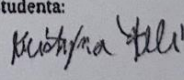
Vážená paní náměstkyně,

obracím se na Vás s žádostí o povolení spolupráce s vaší nemocnicí, konkrétně:
PRACOVIŠTĚ Radiologie a zobrazovací metody
ZA ÚČELEM sběru dat
PRO diplomovou práci
STUDENTA Bc. Kristýna Reli
POSLUCHAČ druhého ročníku kombinované formy studia.
Jmenovaný student zpracuje pod vedením Mgr. Jiřího Kozla diplomovou práci pod názvem Diagnostika Cévní mozkové příhody na CT.
Žádáme o povolení spolupráce v termínu od 9.4.2025 do 31.8.2025.

Prosíme o sdělení vašeho rozhodnutí.

S pozdravem

Podpis vedoucího práce: 


Podpis studenta: 

Vyjádření nemocnice:

souhlasím 24. 04. 2025

nesouhlasím

Městská nemocnice Ostrava, příspěvková organizace
Nemocniční 898/20A, 728 80 Ostrava
ODDĚLENÍ NÁBORU A VZDĚLÁVÁNÍ


Petra Indráková

Nemocniční 898/20A, 728 80 Ostrava - Moravská Ostrava
Registrace odborem zdravotnictví KÚ MSK
IČO: 00635162 DIČ: CZ00635162
T 596 191 111 F 596 618 781
Datová schránka ID: r45tzuz
www.mnof.cz

Číslo účtu 374027793/0300
Darovací účet 374028083/0300

NEMOCNICE!!!

1/2

Příloha č. 2 Souhlas se sběrem dat pracovišti Radiologie a zobrazovacích metod
Městské nemocnice Ostrava

**SOUHLAS SE SBĚREM DAT NE RADIOLOGII A ZOBRAZOVACÍ METODY MĚSTSKÁ
NEMOCNICE OSTRAVA**

Já, níže podepsaná,

Jméno a příjmení: Bc. Kristýna Reli

Datum narození: 17.1.2000

Adresa: Radějov 270, Radějov u Hodonína 696 67

Telefon: +420736712030

E-mail: relikr00@upol.cz

žádám Městkou nemocnici Ostrava, se sídlem Nemocniční 898/20a, 728 80
Moravská Ostrava a Přívoz (dále jen „Radiologie a zobrazovací metody“), souhlas se
sběrem dat okolo 100 pacientů za účelem vytvoření výzkumné části diplomové práce.

Poskytnuté údaje:

- Věk a pohlaví pacientů
- Radiologický nález na CT
- Parametry CT protokolu
- Parametry CT injektoru
- CT obrazová dokumentace

Podmínky souhlasu:

1. Poskytnuté údaje budou anonymizovány a využívány pouze k výše uvedeným účelům a budou chráněny v souladu s platnými právními předpisy o ochraně osobních údajů (např. GDPR, zákon o zdravotních službách).
2. Data budou dohledávaná retrospektivně.

Svým podpisem potvrzuji, že jsem byl(a) informován(a) o rozsahu a účelu sběru dat i o právech souvisejících se zpracováním osobních údajů.

Žadatel (datum a podpis): 7.4.2025

Bc. Kristýna Reli

Schválil (datum a podpis):

24. 04. 2025

Petra Indráková

Městská nemocnice Ostrava,
příspěvková organizace
Nemocniční 898/20a, 728 80 Ostrava
ODD. PRO VZDĚLÁVÁNÍ

Příloha č. 3 Žádost o povolení výzkumného šetření na pracovišti Neurologie Městské nemocnice Ostrava

Městská nemocnice Ostrava
příspěvková organizace

Univerzita Palackého v Olomouci
Fakulta zdravotnických věd
Hněvotínská 976/3 Nová Ulice
775 15 Olomouc

Městská nemocnice Ostrava
příspěvková organizace
Náměstkyně pro ošetrovatelskou péči
Nemocniční 898/20A
728 80 Ostrava – Moravská Ostrava

Žádost o povolení spolupráce/dotazníkového šetření/výzkumného šetření

Vážená paní náměstkyně,

obracím se na Vás s žádostí o povolení spolupráce s vaší nemocnicí, konkrétně:

PRACOVIŠTĚ *Neurologie*

ZA ÚČELEM sběru dat

PRO diplomovou práci

STUDENTA *Bc. Kristýna Reli*

POSLUCHAČ druhého ročníku kombinované formy studia.

Jmenovaný student zpracuje pod vedením Mgr. Jiřího Kozla diplomovou práci pod názvem *Diagnostika Cévní mozkové příhody na CT.*

Žádáme o povolení spolupráce v termínu od 9.4.2025 do 31.8.2025.

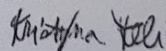
Prosíme o sdělení vašeho rozhodnutí.

S pozdravem

Podpis vedoucího práce:



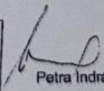
Podpis studenta:



Vyjádření nemocnice:

souhlasím 24. 04. 2025
 nesouhlasím

Městská nemocnice Ostrava, ①
příspěvková organizace
Nemocniční 898/20A, 728 80 Ostrava
ODDĚLENÍ NÁBORU A VZDĚLÁVÁNÍ


Petra Inđráková

Nemocniční 898/20A, 728 80 Ostrava - Moravská Ostrava
Registrace odborem zdravotnictví KÚ MSK
IČO: 00635162 DIČ: CZ00635162
T 596 191 111 F 596 618 781
Datová schránka ID: r45szu
www.mnof.cz

Číslo účtu 374027793/0300
Darovací účet 374028083/0300

NEMOCNICE!!!

Příloha č. 4 Souhlas se sběrem dat pracovišti Neurologie Městské nemocnice Ostrava

SOUHLAS SE SBĚREM DAT NA NEUROLOGII MĚSTSKÉ NEMOCNICE OSTRAVA

Já, níže podepsaná,

Jméno a příjmení: Bc. Kristýna Reli

Datum narození: 17.1.2000

Adresa: Radějov 270, Radějov u Hodonína 696 67

Telefon: +420736712030

E-mail: relikr00@upol.cz

Žádám Městskou nemocnici Ostrava, se sídlem Nemocniční 898/20a, 728 80 Moravská Ostrava a Přívoz (dále jen „Neurologie“), souhlas se sběrem dat okolo 100 pacientů za účelem vytvoření výzkumné části diplomové práce.

Poskytnuté údaje:

- Nález neurologa

Podmínky souhlasu:

1. Poskytnuté údaje budou anonymizovány a využívány pouze k výše uvedeným účelům a budou chráněny v souladu s platnými právními předpisy o ochraně osobních údajů (např. GDPR, zákon o zdravotních službách).
2. Data budou dohledávaná retrospektivně.

Svým podpisem potvrzuji, že jsem byl(a) informován(a) o rozsahu a účelu sběru dat i o právech souvisejících se zpracováním osobních údajů.

Žadatel (datum a podpis): 7.4.2025

Bc. Kristýna Reli

Schválil (datum a podpis):

24. 04. 2025

Petra Indráková

Městská nemocnice Ostrava, ①
příspěvková organizace
Nemocniční 898/20A, 728 80 Ostrava
ODDĚLENÍ MĚDROU A VZDĚLÁVÁNÍ

Příloha č. 5 Souhlasné stanovisko Etické komise



Fakulta
zdravotnických věd

UPOL-143023/1030S-2025

**Vážená paní
Bc. Kristýna Reli**

2025 - 04-24


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. Simona Dobešová Cakirpaloglu, Ph.D.
předsedkyně
Etické komise FZV UP

Fakulta zdravotnických věd Univerzity Palackého v Olomouci
Hněvotínská 3 | 775 15 Olomouc | T: 585 632 852
www.fzv.upol.cz

Příloha č. 6 Protokol CT nativ mozku

CT mozku nativ	
Uložení pacienta	Vleže na zádech hlavou směrem do gantry, ruce volně položeny podél těla
Směr skenování	Kaudokraniální
Sklon gantry	S bazí lební, vyhnout se očím
Centrace	Na bradu
Rozsah	Od báze lební po klenbu lební
Kolimace	0,5 x 40
Instrukce nemocnému	Nehýbat se

Tabulka x Zdroj 8: Radiologické standardy pro výkony prováděné v radiodiagnostice MNOF, 2016

Příloha č. 7 Protokol CTP dle zvyklostí oddělení Radiologie a zobrazovacích metod MNOF, pan primář MUDr. Jiří Kozák)

CT perfúze	
Indikace	Průkaz stenóz, aneurysmat, uzávěrů, disekcí a AVM
Uložení pacienta	Vleže na zádech hlavou směrem do gantry, ruce volně položeny podél těla
Příprava pacienta	Lačnost, alergologická anamnéza, výsledky urey a kreatininu
Topogram	Bočný
Směr skenování	Kaudokraniální
Centrace	Střed sternu
Šíře a střed okna	300 a 30
Rozsah	V oblasti bazálních ganglií
Tloušťka vrstvy	0,625 mm
Kolimace	0,5 x 80
kV	manuální 100
mAs	Smart mA 100-350
Koncentrace KL	Ultravist 370
Způsob podání	Tlakový injektor i.v.
Množství KL a F1/1	40 ml KL a proplach 50 ml F1/1
Rychlost podání	5,0 ml/s

Tabulka 9 (Protokol CTP dle zvyklostí oddělení Radiologie a zobrazovacích metod MNOF, pan primář MUDr. Jiří Kozák)

Příloha č. 8 Radiologické standardy pro výkony prováděné v radiodiagnostice MNOF, 2016., s. 20-26

CTA mozku a karotid	
Indikace	Průkaz stenóz, aneurysmat, uzávěrů, disekcí a AVM
Uložení pacienta	Vleže na zádech hlavou směrem do gantry, ruce volně položeny podél těla
Příprava pacienta	Lačnost, alergologická anamnéza, výsledky urey a kreatininu
Směr skenování	Kaudokraniální
Centrace	Střed sterny
Rozsah	Oblouk aorty po vertex
Kolimace	0,5 x 40
kV	manuální 120
mAs	Smart mA 100-350
Instrukce nemocnému	Nehýbat se, nadechnout a nedýchat, může dýchat
Způsob podání	Tlakový injektor i.v.
Množství KL a F1/1	60 ml KL a proplach 50 ml F1/1
Rychlost podání	4,0 ml/s
Místo uložení ROI	V ascendentní aortě
Zpoždění bolus tracking	SureStart

Tabulka 10 (Radiologické standardy pro výkony prováděné v radiodiagnostice MNOF, 2016., s. 20-26)