

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH STUDIÍ

# BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2024

Ondřej Bleha

FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH STUDIÍ

Studijní program: Radiologická asistence B0914P360016

**Ondřej Bleha**

Studijní obor: Radiologická asistence

**PERFUZNÍ CT MOZKU**

**Bakalářská práce**

Vedoucí práce: MUDr. Filip Heidenreich

PLZEŇ 2024



## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně a všechny použité prameny jsem uvedl v seznamu použitých zdrojů.

V Plzni dne 26.03.2024

.....

vlastnoruční podpis

## **Abstrakt**

Příjmení a jméno: Ondřej Bleha

Katedra: Katedra záchranářství, diagnostických oborů a veřejného zdravotnictví

Název práce: Perfuzní CT mozku

Vedoucí práce: MUDr. Filip Heidenreich

Počet stran – číslované: 49

Počet stran – nečíslované: 19

Počet příloh: 1

Počet titulů použité literatury: 25

Klíčová slova: výpočetní tomografie, perfuze, CMP, mozek

### **Souhrn:**

Tato bakalářská práce se zabývá tématem „Perfuzní CT mozku“. Práce je rozdělena do dvou částí – teoretické a praktické. V teoretické se věnuje otázce anatomie, cévního zásobení mozku, výpočetní tomografii a protokolům vyšetření na ní prováděných, léčbě cévní mozkové příhody. V praktické části najdeme výzkum vlivu perfuzního vyšetření mozku na léčbu mozkového infarktu.

## **Abstract**

Surname and name: Ondřej Bleha

Department: Department of Rescue Services, Diagnostic Fields and Public Health

Title of thesis: Perfusion CT of the brain

Consultant: MUDr. Filip Heidenreich

Number of pages – numbered: 49

Number of pages – unnumbered: 19

Number of appendices: 1

Number of literature items used: 25

Keywords: computed tomography, perfusion, stroke, brain

### Summary:

This bachelor's thesis deals with the topic "Perfusion CT of the brain". The work is divided into two parts – theoretical and practical. In theory, it deals with anatomy and the vascular supply of the brain, computed tomography and the protocols performed on it, and the treatment of stroke. In the practical part, we will find research on the effect of brain perfusion examination on the treatment of cerebral infarction.

## **Předmluva**

Tato bakalářská práce s názvem Perfuzní CT mozku byla sepsána za účelem zjištění vlivu perfuzního vyšetření mozku pomocí CT na následnou indikaci či neindikaci endovaskulární léčby při klinické diagnóze CMP. Jedná se o vyšetření, které nám poskytuje nepostradatelné informace o stavu mozkové tkáně v ischemizované oblasti .

## **Poděkování**

Děkuji MUDr. Filipu Heidenreichovi za odborné vedení bakalářské práce a za poskytování informací, studijních materiálů, odborných rad a ochotu poradit. Dále bych rád poděkoval FN Plzeň, že mi umožnila provádět výzkum, díky kterému jsem nasbíral data do praktické části bakalářské práce.

# OBSAH

SEZNAM GRAFŮ.....	10
SEZNAM OBRÁZKŮ.....	11
SEZNAM TABULEK.....	12
SEZNAM ZKRATEK.....	13
ÚVOD .....	16
TEORETICKÁ ČÁST .....	17
1 ANATOMIE .....	17
1.1 Mozek .....	17
1.2 Cévní zásobení mozku .....	17
1.3 Cévní mozková příhoda.....	19
1.3.1 CMP – hemoragie.....	19
1.3.2 Ischemická CMP .....	19
2 VÝPOČETNÍ TOMOGRAFIE – CT.....	21
2.1 Historie.....	21
2.2 Princip.....	21
2.3 Konstrukce .....	22
2.3.1 Rentgenka.....	23
2.3.2 Detektor.....	23
2.3.3 Tlakový injektor .....	23
2.4 Sekvenční CT .....	24
2.5 Helikální CT.....	24
2.6 Skenovací parametry .....	24
2.6.1 Expozice.....	25
2.6.2 Kolimace .....	25
2.6.3 Faktor stoupání – pitch.....	25
2.6.4 Perioda rotace.....	26
2.7 Obrazové parametry .....	26
2.7.1 Matice .....	26
2.7.2 Zobrazené pole .....	26
2.7.3 Rekonstruovaná šíře vrstvy .....	27
2.7.4 Překrytí vrstev – increment .....	27
2.7.5 Rekonstrukční algoritmus .....	27
2.7.6 Postprocessing .....	27
2.8 Nativní CT mozku .....	28
2.9 Postkontrastní CT mozku.....	29



2.10	CT angiografie mozku .....	29
2.11	CTP.....	29
2.11.1	Výpočetní metody perfúzních parametrů.....	31
2.11.2	Perfúzní parametry.....	32
2.11.3	Umělá inteligence .....	33
2.12	Radiační zátěž a ochrana.....	34
2.13	Kontrastní látky .....	35
3	LÉČBA .....	37
3.1	Konzervativní postup léčby .....	37
3.2	Endovaskulární postup léčby .....	37
3.2.1	Intravenózní trombolýza .....	37
3.2.2	Intervenční léčba .....	38
	PRAKTICKÁ ČÁST.....	40
4	CÍL PRÁCE .....	40
5	HYPOTÉZY .....	41
6	CHARAKTERISTIKA SLEDOVANÉHO SOUBORU .....	42
7	METODIKA PRÁCE.....	43
8	ANALÝZA A INTERPRETACE VÝSLEDKŮ .....	44
8.1	Rozdělení pacientů podle pohlaví .....	44
8.2	Množství CTP mozku pro CMP měsíčně .....	45
8.3	Vliv perfúzního CT mozku na indikaci léčby .....	46
8.4	Počet indikované EVL.....	48
8.5	Počet indikované EVL ve vztahu k pohlaví.....	49
8.6	Typ indikované EVL .....	51
8.7	Důvody neindikované EVL .....	52
8.8	Důvody neprovedení EVL dle výsledku CT.....	54
8.9	Vznik krvácení po EVL .....	55
8.10	Návaznost krvácení na typ EVL.....	56
8.11	Úspěšnost rekanalizační léčby .....	57
	DISKUZE.....	59
	ZÁVĚR .....	63
	SEZNAM LITERATURY .....	64
	SEZNAM PŘÍLOH.....	67
	PŘÍLOHY.....	68

## SEZNAM GRAFŮ

Graf 1 - Rozdělení pacientů podle pohlaví.....	44
Graf 2 - Četnost vyšetření za měsíc .....	45
Graf 3 - Vliv perfuzního CT mozku na indikaci léčby .....	46
Graf 4 - Počet indikované EVL .....	48
Graf 5 - Počet indikované EVL u mužů.....	49
Graf 6 - Počet indikované EVL u žen .....	50
Graf 7 - Typ indikované EVL .....	51
Graf 8 - Důvody neindikování EVL .....	52
Graf 9 - Důvody neindikování EVL – CT.....	54
Graf 10 - Krvácení po EVL.....	55
Graf 11 - Návaznost krvácení na typ léčby .....	56
Graf 12 - Úspěšnost rekanalizační léčby.....	57

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Willisův okruh .....	18
Obrázek 2: Otevřené CT .....	22
Obrázek 3: Schéma spirálního CT .....	24
Obrázek 4: Perfuzní CT .....	33
Obrázek 5: Mechanická trombektomie .....	39
Obrázek 6: Vizualizace úspěšnosti rekanalizační léčby.....	58

## SEZNAM TABULEK

Tabulka 1- Expoziční parametry .....	26
Tabulka 2 - Primární obrazové parametry CTP.....	30
Tabulka 3 - Rozdělení pacientů podle pohlaví.....	44
Tabulka 4 - Četnost vyšetření za měsíc.....	45
Tabulka 5 - Vliv perfuzního vyšetření na indikaci léčby .....	46
Tabulka 6 - Počet indikované EVL.....	48
Tabulka 7 - Počet indikované EVL u mužů .....	49
Tabulka 8 - Počet indikované EVL u žen .....	50
Tabulka 9 - Typ indikované EVL.....	51
Tabulka 10 - Důvody neindikování EVL.....	52
Tabulka 11 - Důvody neindikování EVL – CT .....	54
Tabulka 12 - Krvácení po EVL .....	55
Tabulka 13 - Návaznost krvácení na typ léčby.....	56
Tabulka 14 - Úspěšnost rekanalizační léčby .....	57

## SEZNAM ZKRATEK

a.	arteria
aa.	arterie
ACI	arteria carotis interna
ACM	arteria carotis media
AI	artificial intelligence
AIF	arteria input function
ALARA	as low as reasonable achiveable
AP	anterior posterior
CBF	cerebral blood flow
CBV	cerebral blood volume
CMP	cevní mozková příhoda
CNS	centrální nervová soustava
CT	computed tomography
CTAG	CT angiografie
CTP	CT perfúze
ČR	Česká republika
EVL	endovaskulární léčba
FN	fakultní nemocnice
FOV	field of view
FR	fyziologický roztok
HRCT	high resolution computed tomography
HU	Hounsfield unit

i.v.	intravenózně
IAT	intraarteriální trombolýza
iCMP	ischemická cévní mozková příhoda
IVT	intravenózní trombolýza
KL	kontrastní látka
LAT	lateral
MDCT	multidetector computed tomography
MinIP	minimum intensity projection
MIP	maximum intensity projection
MPR	multiplanární rekonstrukce
MR	magnetická rezonance
mRS	modified Rankin Scale
mTBI	mild traumatic brain injury
MTE	mechanická trombektomie
mTICI	modified treatment in cerebral infarction
MTT	mean transit time
NHSS	National Institutes of Health Stroke Scale
PET	pozitron emisní tomografie
rCBF	relative cerebral blood flow
rCBV	relative cerebral blood volume
RTG	rentgen
rt-PA	recombinant plasminogen activator
TDC	time density curve

TTD	time to drain
TTP	time to peak
USG	ultrasonografie
VOF	venous output function
VRT	volume rendering technique

## ÚVOD

Bakalářská práce studijního oboru Radiologická asistence nese název „Perfuzní CT mozku“. Jedná se o vyšetření, které je úzce svázané s diagnostikou cévní mozkové příhody a jejími následky ve smyslu rozsahu poškozené mozkové tkáně. Toto téma jsem si vybral z důvodu zajímavosti a aktuálnosti.

Perfuzní CT vyšetření mozku funguje na principu rentgenového záření a atenuační vlastnosti tkáně. Při tomto vyšetření je zapotřebí podání kontrastní látky, která nám slouží jako identifikátor perfuzních vlastností tkáně, které se přes složité matematické výpočty následně hodnotí. Metoda je nejčastěji využívána u pacientů, kteří mají podezření na cévní mozkovou mrtvici, která je jednou z nejčastějších příčin úmrtí v ČR.

Teoretická část se věnuje popsání cévní mozkové příhody jako takové a využití multimodálního/multiparametrického vyšetření CT včetně perfuzního zobrazení mozku jako diagnosticky nejpodstatnější složkou tohoto vyšetření. První část se věnuje cévní anatomii mozku a iktovým patologiím, což jsou hemoragie a ischemické cévní mozkové příhody. Dále se zabývá diagnostikou CMP. V této části se zaměřuje na využití výpočetní tomografie jako diagnostické modality první volby. Největší část je věnována samotnému perfuznímu CT vyšetření mozku. V neposlední řadě se věnuje možnostem léčby, která se odvíjí od klinických údajů a výsledků zobrazení.

V praktické části se věnuji kvantitativnímu výzkumu pacientů FN Plzeň za rok 2022, kteří byli s pracovní diagnózou CMP vyšetřeni na Klinice zobrazovacích metod. Snahou bylo určit v jakém množství ovlivnilo perfuzní CT mozku následnou indikaci léčby či naopak ji označit za neindikovanou. Zjištěná data jsou následně zpracována do přehledných tabulek a grafů.



# TEORETICKÁ ČÁST

## 1 ANATOMIE

### 1.1 Mozek

Centrální nervový systém má za úkol přijmout a vyhodnotit informaci, na kterou následně vyšle do těla patřičnou odpověď. Základní stavební jednotkou CNS jsou nervové buňky – neurony. Ty mají v popisu práce přijmout podnět, přetvořit jej na elektrochemický akční potenciál – nervový vzruch a předat jej sousední buňce. CNS tvoří mozek chráněný lebkou a mícha uložená v páteřním kanálu.

Mozek se skládá ze tří částí. První z nich je mozkový kmen, který obsahuje následující části: prodlouženou míchu, Varolův most a mezimozek. Je přímým pokračováním spinální míchy a jsou zde centra vitálních funkcí – centrum dýchání a srdeční činnosti, je v něm uložena většina jader hlavových nervů a centra jednotlivých reflexů. Další částí je mozeček, který má na starosti udržování rovnováhy a vzpřímené polohy těla, regulaci svalového napětí a také řízení pohybů a jejich koordinaci. Poslední a největší částí je velký mozek složený ze dvou hemisfér, které jsou od sebe odděleny sagitálně uloženou fisurou longitudinalis cerebri a vzájemně propojené kalózním tělesem. Každá z hemisfér mozku se dělí na další části podle místa uložení uvnitř lebky – na tzv. čelní, spánkový, temenní a týlní lalok. Mozková kůra každého laloku má svoji funkčně specifickou oblast, která se vyskytuje pouze v daném laloku. V čelním laloku je lokalizovaná asociační kůra zajišťující individualitu jedince centry myšlení, rozumu, vůle a spolu s primární motorickou areou. V levé hemisféře jsou pak i centra řeči – Brocovo a Wernickeovo, které nám zajišťují schopnost smysluplně mluvit. Další z oblastí je senzitivní korová oblast, která se nachází v temenním laloku a jejím úkolem je vnímání a zpracování tělesných vjemů. V spánkovém laloku se vyskytuje oblast sluchová, která se specializuje na příjem zvuku, a vestibulární spolupodílející se na zajištění rovnováhy. Týlní lalok má za úkol zpracování zrakových vjemů. (12)

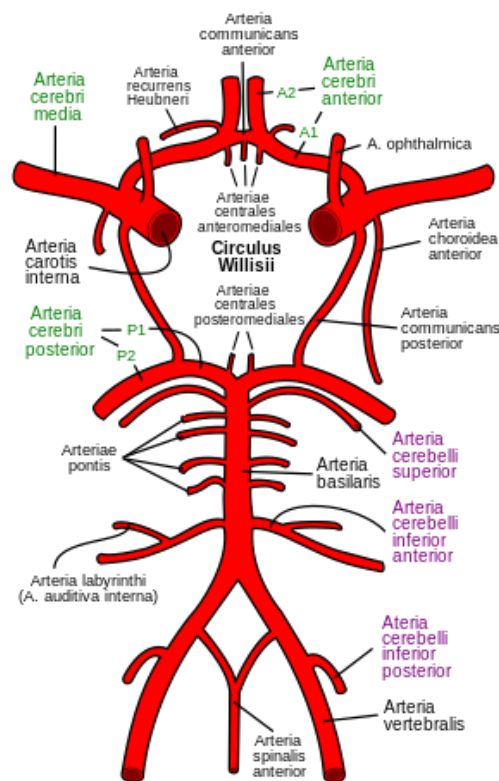
### 1.2 Cévní zásobení mozku

Mozek je velmi závislý na přísunu krve a kyslíku vázaného na krevní buňky – na jeho zásobení se podílí několik součástí oběhového systému. Tepny, které vedou okysličenou krev do mozku, odstupují v oblouku aorty jako a. carotis communis sinistra a truncus brachiocephalicus s větví a. carotis communis dextra. Aa. carotides communes se ve střední části krku dělí na dvě samostatné větve – a. carotis interna a a. carotis externa. Vnější

karotické tepny mají za úkol zásobovat měkké tkáně oblasti hlavy a krku, zatímco vnitřní slouží k přívodu krve přímo do mozku. Interní karotické tepny se po průchodu tzv. karotickým sifonem a odstupu oftalmických tepen zásobujících struktury očí stávají součástí Willisova okruhu – větví se na aa. cerebri anteriores pro mediální část čelního a temenní lalok a aa. cerebri mediae pro vnější část čelního, temenního a spánkového laloku. (10)(11)

Toto tzv. přední / karotické řečiště doplňují tepny zadního/vertebrobazilárního povodí – aa. vertebrales. Ty odstupují z podklíčkových tepen a v úrovni mozkového kmene se spojují v přívodnou tepnu a. basilaris, která se posléze větví v aa. cerebri posteriores. Cílovými oblastmi jsou týlní lalok velkého mozku, mozeček a mozkový kmen.

Obrázek 1: Willisův okruh



Zdroj: [https://www.wikiskripta.eu/w/Willis%C5%AFv\\_okruh](https://www.wikiskripta.eu/w/Willis%C5%AFv_okruh)

Karotické povodí je stranově propojené přední komunikantní tepnou, karotické a vertebrobazilární povodí je propojené pravou a levou zadní komunikantní tepnou. Tím je uzavřen tzv. Willisův okruh. Jeho funkcí je zajištění dostatečné redistribuce krve při uzávěru některé z přívodných tepen nebo jakékoliv jiné konfigurace, resp. variety výše uvedeného cévního zásobení. (10)

## 1.3 Cévní mozková příhoda

Cerebrovaskulární onemocnění řadíme na třetí místo nejčastějších příčin netraumatického úmrtí po kardiovaskulárních a onkologických onemocněních. Jedná se o akutní stav, kdy dochází k poškození cévního zásobování mozku. Podle etiologie se dělí na dvě skupiny – hemoragické a ischemické. Klinické obrazy se liší podle místa uložení dané patologie. (10)

### 1.3.1 CMP – hemoragie

Mezi nitrolební krvácení zahrnujeme extraaxiálně lokalizované subdurální a subarachnoidální hemoragie a hemoragie intraaxiální. Otázkou je subarachnoideální krvácení, kdy z dostupných zdrojů nelze přesně říci, zda tento druh hemoragie patří k CMP. Některé zdroje ho uvádí, další nikoliv. Krvácivá etiologie tvoří asi 20 % všech cévních mozkových příhod. Krvácení nastává při prasknutí mozkové cévy nejčastěji na podkladě aneurysmatu (nebo arteriovenosní malformace) a výtokem krve do okolí cévy. Nejčastější příčinou je nekorigovaná arteriální hypertenze. Ta způsobuje nejčastěji tzv. hluboké hematomy, které se objevují ve více jak 50 % případů. Jedná se o typ krvácení, které je uloženo v hlubokých strukturách mozku jako jsou bazální ganglia a thalamus. Tento typ krvácení může být v podobě jednorázového krvácení či dlouhodobého prosakování z arterie, které v některých případech může trvat i několik dní. Mezi další příčiny patří poruchy srážlivosti krve – hemofilie, trombocytopenie nebo zavedená antikoagulační léčba. Dalším atypickým krvácením je tzv. amyloidová angiopatie, kdy dochází k ukládání amyloidu ve stěnách tepny. Symptomatika závisí na místě vzniku hemoragie a jejím rozsahu. Od menších, které mohou být i asymptomatické, až po větší, které se mohou provalit do mozkových komor a podmínit tak vznik hemocefalu. Tyto příhody může provázet nauzea, bolest hlavy a paréza nervů nebo i bezvědomí. (7)(11)

Při diagnostice hemoragie spoléháme na anamnestická data a klinickou symptomatologii, avšak opíráme se i o CT vyšetření, které nám přesně zobrazí lokalizaci a rozsah krvácení. Čerstvé krvácení je v CT obraze charakterizované hyperdenzní oblastí (denzita nekoagulované krve je cca 50HU, koagulované 70 - 80HU). Ke koagulaci dochází již krátce po perforaci cévního řečiště, pro pokračující krvácení je typická nehomogenita atenuace a tvořící se „tekutinové“ rozhraní denzit.

### 1.3.2 Ischemická CMP

Můžeme ji dělit podle tří kritérií: mechanismu vzniku, vztahu k arteriálnímu řečišti a časovému průběhu. Iktus může být obstrukční (okluzivní) – nastává v okamžiku uzavření

arterie trombem či embolem, nebo neobstrukční – dochází ke kritické hypoperfuzi. Vztahem k tepennému povodí se rozumí místo, kde došlo k postižení tepny. Jedná se o mozkové infarkty teritoriální – přímo v povodí některé z větších tepen, interteritoriální – na rozmezí povodí jednotlivých tepen a lakunární typ, kdy se jedná o postižení malých tepen. (7)

Dále je lze dělit podle formy a vývoje iktu. Při částečně lepším se klinickém obraze lze úpravy symptomatologie docílit důkladnou rehabilitací v čase (týdny až měsíce). Při postupně progredujícím iktu dochází ke zhoršování klinického stavu pacienta během hodin až jednotek dnů. U symptomaticky stabilní mozkové příhody hovoříme o dokončeném mozkovém infarktu. (10)

Příznaky iktu jsou závislé na místě jeho vzniku a mohou být následující: paréza či plegie kontralaterální strany těla, nemožnost se přesně vyjadřovat a hovořit, nauzea, ztrátu vědomí – to vše často provázeno reaktivně zvýšeným krevním tlakem. (10)

I přes svoji malou procentuální hmotnost vůči celému tělu, využívá mozek kolem jedné pětiny spotřebovaného kyslíku v celém těle. Proto je velmi náchylný na kyslíkový deficit, který nastává při iCMP. Nejlepším ukazatelem vyživování mozku je mozková perfuze – CBF (více kap. 2.11.2). Ta má za standardního fungování hodnoty 60-80 ml/100 g tkáně za 1 minutu. Při snížení hodnoty na cca 20 ml/100 g/min nastává poškození mozkové tkáně, která má při včasné léčbě možnost alespoň částečné reparace a návratu některých z funkcí poškozené oblasti. O takové oblasti hovoříme jako o penumbře, která obklopuje tzv. jádro. V oblasti jádra ischemie (core) dochází k hypoperfuzi <12 ml/ 100 g/1 min – zde již dochází k nevratnému poškození a odúmrtní tkáně. Terapie iCMP má smysl pouze při vyjádřené penumbře. (13)

K diagnostice iCMP mimo klinické vyšetření jsou zásadní zobrazovací metody a především CT – viz vyšetření popsána v kap. 2.8.-2.11.

## 2 VÝPOČETNÍ TOMOGRAFIE – CT

### 2.1 Historie

Nezbytnou podmínkou pro vznik výpočetní tomografie bylo objevení paprsků X dne 8.11.1895 W. C. Röntgenem, které jsou základem dnešních zobrazovacích metod využívajících ionizujícího záření. Vůbec první CT zařízení sestavil ve spolupráci s A. M. Cormackem, jenž byl autorem teoretických základů této metody (1964), konstruktér G. N. Hounsfield (zaměstnanec hudebně vydavatelské firmy EMI) v roce 1971. O 8 let později za tento počín obdrželi Nobelovu cenu za fyziologii a lékařství. (8)

Od té doby bylo vyvinuto několik generací tohoto diagnostického zařízení. První generace využívala rotačně-translačního pohybu a detekčního systému s jediným detektorem. Svazek záření X byl kolimován do lineárního tvaru a zobrazení jediné vrstvy trvalo desítky minut. V druhé generaci došlo k jediné změně – z jediného detektoru se detekční systém rozšířil na soustavu 10-50 detektorů v řadě při vějířové kolimaci svazku záření, což vedlo ke zkrácení doby skenování na desítky sekund. Milníkem byla třetí a v dnešní době principem nejrozšířenější generace. Ta využívá v roce 1987 objevené technologie slip-ring. Zjednodušeně se jedná o technologii tzv. klouzavých spojů, které umožňují současný přenos napájecí energie a přenos získaných dat z detektorového pole – tím je umožněná kontinuální rotace soustavy rentgenka + detektor v gantry okolo těla pacienta. V dalším vývoji došlo k rozšíření sady detektorů z jedné řady do detektorových polí s uspořádáním až do stovek řad detektorů v části kružnice proti zdroji záření. Současně se přizpůsobila kolimace svazku záření do kuželového tvaru. Všechny tyto pokroky opět umožnily zkrátit čas vyšetření na jednotky až desítky sekund. Čtvrtá generace má spíše teoretický příspěvek do zdravotnictví, neboť se ukázala technologicky slepou větví vývoje. Sada detektorů zde vytváří kompletní kružnici po obvodu gantry a rotační pohyb koná pouze rentgenka. Bohužel tento systém vedl ke zkreslení geometrie obrazu a k mechanické nestabilitě kvůli špatnému vyvážení rotoru. (9)

### 2.2 Princip

Základem je měření absorpce rentgenového záření, které prochází v průběhu vyšetření pacientem, a následná matematická rekonstrukce 3D dat do 2D obrazu ve škále šedi Fourierovou transformací.

První ze tří fází se nazývá skenovací – při spuštění snímkovací sekvence dojde k vyzáření tvarovaného primárního svazku z rentgenky, který prochází oblastí zájmu. Nastává prozáření struktur z celého obvodu oblasti s rozdílnou absorpcí podle složení tkání v daném směru průchodu – zbytkové záření dopadá na sadu detektorů umístěných na kruhové výseči proti zdroji ionizujícího záření. V druhé – rekonstrukční fázi se data zpracují v digitální obraz, který je v poslední fázi přetvořen na viditelný analogový obraz ve stupních šedi.

Jednotlivé lidské tkáně mají rozdílnou absorpci rtg záření, což u CT vyjadřuje termín denzita. Udává se v tzv. Hounsfieldových jednotkách [HU], a ve výsledném zobrazení je charakterizovaná příslušným odstínem šedi. Hypodenzní tkáně se projevují jako tmavší, patří mezi ně např. tuk -50 až -100 HU. Hyperdenzní tkáně jsou při vyšší atenuaci naopak světlejší – kost  $>+700$ . Hounsfieldova stupnice má rozpětí cca 4000 hodnot. Fixními body na stupnici byly ukotveny hodnoty -1000 pro vzduch, 0 pro vodu (a +1000 pro kalcium/kortikální kost). Lidské oko je schopno rozeznat přibližně 16 stupňů šedi, pro lepší orientaci se zobrazuje pouze část z Hounsfieldovi stupnice, kterou nazýváme okno s definovanou šíří a středem. Hodnoty, která jsou mimo stanovené hodnoty se ukazují černě anebo bíle. (4)

### 2.3 Konstrukce

Přístroj pro CT se obecně skládá z vyšetřovacího stolu a gantry doplněnými příslušenstvím. Gantry má kruhový tvar s otvorem uprostřed pro pacienta a skrývá hlavní součásti přístroje. Zde se vyskytuje set sloužící k zobrazení – rentgenka a sada detektorů – doplněný o podpůrné součásti chlazení, datového převodníku atd. Nepostradatelnou částí přístroje

*Obrázek 2: Otevřené gantry CT přístroje*



*Zdroj: vlastní*

uloženou mimo uvedené součásti je výpočetní systém (řídící počítač a vyhodnocovací konzole) a zdroj vysokého napětí (generátor). Důležitou součástí je i přetlakový injektor pro i.v. aplikaci kontrastní látky.

### **2.3.1 Rentgenka**

Zdroj záření se principiálně nijak neliší od klasického RTG přístroje. Jedná se o diodu zapojenou do obvodu vysokého napětí, kdy pracovní rozpětí u CT přístroje je 70-140 kV. Základem je skleněná trubice vyplněná vakuem s vloženou katodou emitující elektrony s vysokou energií a anodou emitující RTG záření, zevní krytí je olověným pláštěm s výstupním okénkem. Žhavením katody dojde k uvolnění elektronů, které následně urychleny elektrickým napětím dopadají na anodu (nejčastěji tvořenou z wolframu). Zde dojde k jejich prudkému zabrzdění, kdy se velmi malá část (cca 1 %) přemění na energii fotonů RTG záření dvojího typu – brzdné a charakteristické. Ze zbylých cca 99 % vznikne teplo, které se odvádí chladícím systémem. Díky rotaci anody a vrstvě oleje, který slouží jako tepelně kapacitní medium, může rentgenka pracovat kontinuálně a po delší dobu. (4)

### **2.3.2 Detektor**

Detektor je neméně důležitá složka zobrazovacího systému, která snímá fotony prošlé skrz vyšetřovanou oblast. Stejně jako celý systém i detektor prošel konstrukčním a materiálovým vývojem – u moderních přístrojů se využívá detektorový systém tvořený řadami detektorů. Multidetektorové CT (MDCT) ji obsahuje přibližně 1024, jako základní materiál se v současné době používá ultracitlivá gadoliniová keramika. Tato technologie umožňuje ve stejný čas sběr dat z více řezů najednou. Soustavy detektorů rozdělujeme do dvou typů – fixed array se stejnou šíří řad detektorů v poli a adaptive array, kde v periférii soustavy jsou řady širší. Další variantou detektoru je tzv. flat panel, který místo řad využívá matici detektorů. Nejčastěji jsou využívány u přístrojů k digitální subtrakční angiografii. (4)

### **2.3.3 Tlakový injektor**

Během vyšetření slouží k podávání kontrastní látky a proplachovacího roztoku. Obsahuje tedy iodovou kontrastní látku a fyziologický roztok, který nám slouží pro test bolus k posouzení pevnosti žilní stěny (resp. správnosti zavedení i.v. kanyly) a dále k proplachu žilního řečiště po aplikaci KL. Podle typu vyšetření lze na něm nastavit množství KL/FR v libovolném poměru a variantní rychlosti průtoku. V zásadě existují dva pracovní systémy – pístový a rotačně tlakový a mechanismus uložení je otázkou individuální preference jednotlivých pracovišť.

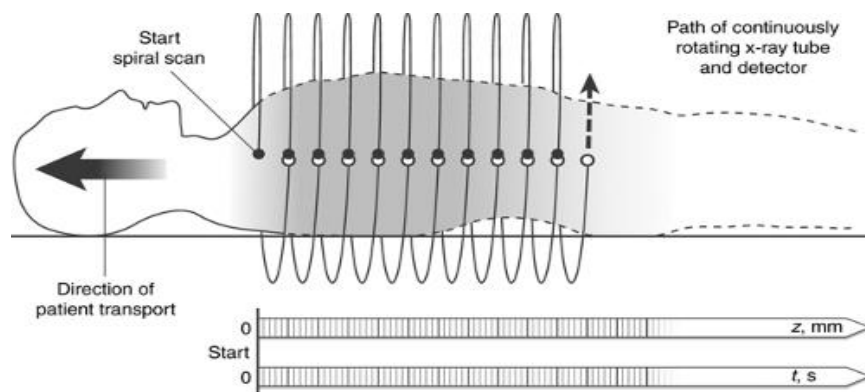
## 2.4 Sekvenční CT

Také jako postupné CT provedení vyšetření se využívalo u prvních generací výpočetní tomografie. Dnes již zastaralá a nepoužívaná metoda vycházela z principu střídavého skenování a posunu stolu, na kterém byl pacient uložen. Vyšetření bylo velmi zdoluhavé, docházelo k snímání jednotlivých vrstev po sobě. Trvalo přibližně 20 let vývoje, než byl zaveden nový, dnes již běžný způsob.

## 2.5 Helikální CT

Jinými slovy také spirální metoda vyšetřování, která umožňuje urychlení vyšetření a následnou rekonstrukci ve všech rovinách (axiální, koronární i sagitální). Způsob skenování funguje na principu kontinuálního rotace rentgenky okolo pacienta a souběžného posunu stolu skrz středový otvor gantry. V ten moment dochází k průniku záření vyšetřovanou oblastí a zachycení prošlého detektory. Dráha rentgenky vůči nemocnému tak bude mít tvar šroubovice (viz obrázek 3). Od doby zavedení v devadesátých letech 20. století se již používá převážně helikální varianta skenování. (8)

Obrázek 3: Schéma spirálního CT



74526\_01\_005

Zdroj: <https://radiologykey.com/basic-principles-of-computed-tomography-physics-and-technical-considerations/>

## 2.6 Skenovací parametry

Jinak také primární parametry nám ovlivňují způsob akvizice a kvalitu hrubých dat. Řadíme sem expozici, kolimaci, faktor stoupání a perioda rotace rentgenky. Špatným nastavením parametrů dosáhneme horšího rekonstruovaného obrazu. Jejich nastavení nelze měnit v průběhu vyšetření, a tak jedinou možností opravy bývá opakované vyšetření pacienta.



Situaci teoreticky mohou v poslední době zachránit matematické postupy AI – umělé inteligence – její použití směřuje k dalšímu snížení celkové dávky záření, kterou pacient obdrží v průběhu vyšetření. (9)

### **2.6.1 Expozice**

Ovlivňuje kvalitu získaného obrazu při nastavení napětí a proudu na rentgence. Napětí v dnes používaných hodnotách 80-140 kV ovlivňuje energii záření. Záření s nižší energií se více vychytává v tkáních a tvoří tak tkáňový kontrast. Naopak vyšší hodnoty s hlubší penetrací snižují artefakty „tvrzení záření“. Další součástí expozice tvoří proud. Ten určuje množství záření, radiační dávku pro pacienta a množství šumu v obraze. Při využití nejnižšího proudu kolem 50-60 mAs sice snížíme radiační zátěž na minimum ovšem kvalita obrazu bude velmi malá. Naopak tomu je při využití vysokých hodnot jako například u HRCT (až 400 mAs). Dostaneme krásný obraz bez šumu, avšak dávka pro pacienta bude několikrát vyšší. Abychom získali kvalitní obraz a pacient obdržel minimální radiační dávku, používáme proudovou modulaci. Jedná se o změnu proudu v návaznosti na absorpci záření podle objemu a tvaru těla a fyzikálních vlastností vyšetřované oblasti. Dnešní přístroje využívají tzv. 4D modulace, která se skládá ze dvou částí. První z nich je off-line modulace nebo také axiální, zde se vypočítá předběžná potřebná velikost proudu při topogramu. Při samotném vyšetření probíhá angulární/jinak řečeno on-line/modulace, která upravuje záření během rotace rentgenky. (9)

### **2.6.2 Kolimace**

Určuje prostorové rozlišení a rychlost vyšetření. Kolimace se odvíjí od vyšetřovaného objektu nebo typu vyšetření. Nejnižší hodnoty kolimace volíme při vyšetřování jemných struktur či drobných změn - např. u HRCT nebo u vyšetření mozkových tepen. Větší šíře je poté optimální pro vyšetření dutiny břišní. U moderních přístrojů MDCT odpovídá šíře zdrojové vrstvy šíři jedné řady detektorů. Dále můžeme narazit na pojmy jako úhrnná či nominální kolimace, kdy prvně zmiňovaná udává šířku detektorového pole a nominální je šířka jedné řady detektorů. Dalším termínem týkající se kolimace je datová stopa. To je šíře vrstvy hrubých dat získaných během skenování. (9)

### **2.6.3 Faktor stoupání – pitch**

Tento parametr se objevil až s helikálním způsobem vyšetření. Jedná se o hustotu závitů šroubovice datové stopy, která se získá rychlostí posunu stolu a šíří kolimace a otočkou rentgenky i 360°. Rozmezí hodnot se používá od 0,3 (srdce) – 0,9 (dual energy CT). (9)

#### 2.6.4 Perioda rotace

Je čas, za který se otočí zobrazovací systém uvnitř gantry okolo celého těla pacienta. Standartní dobou pro běžné vyšetření je cca 0,5 s. Pro vyšetření polytraumat či CTAG, kdy je zapotřebí rychlejšího sběru dat, je možnost snížit dobu oběhu až na 0,27 s. Na druhou stranu, pokud budeme chtít kvalitnější obraz, je zapotřebí pomalejší oběh rentgenky. (14)

Shrnutí:

Tabulka 1- Expoziční parametry

	kV	mAs	kolimace	pitch	perioda
Nižší rad. zátěž	nižší	vyšší	širší	vyšší	nižší
Kvalitnější obraz	nezávisí	vyšší	užší	nižší	vyšší
Zrychlení vyš.	nezávisí	nezávisí	širší	vyšší	nižší

Zdroj: vlastní

### 2.7 Obrazové parametry

Též sekundární parametry obrazu je možné opakovaně měnit, a tudíž lze jejich neoptimální nastavení upravit. Jedná se o matematický výpočet obrazu z hrubých dat, ovlivňují tak kvalitu zobrazení. Patří mezi ně rekonstruovaná šíře vrstvy, překrytí vrstev, rekonstrukční algoritmus (tzv. kernel), zobrazené pole a matice.

#### 2.7.1 Matice

Matrix je počet bodů (pixelů) matice, ze které se skládá výsledný obraz axiálního řezu. Na nejstarších CT přístrojích najdeme matici 80x80 v dnešní době je zlatým standardem 512x512 bodů. Obecně se poté používá rozmezí od 340x340 až po 2048x2048. Velikosti matice je přímo úměrná geometrická kvalita obrazu. Čím je počet bodů v matici větší, tím se matrix stává jemnější a obraz má lepší geometrické rozlišení. (9)

#### 2.7.2 Zobrazené pole

V praxi označované jako field of view – FOV a obvykle odpovídá velikosti vyšetřovaného pole. Na rozdíl od konstantní matice obrazu, lze velikost zobrazovaného pole měnit. Zmenšením oblasti lze dosáhnout vyššího geometrického rozlišení v dané oblasti. Při některých vyšetření tak využíváme pouze výřez zájmové oblasti – srdce, skalní kosti. (9)

### **2.7.3 Rekonstruovaná šíře vrstvy**

Efektivní šíře vrstvy znamená, jak široká vrstva ze získaných 3D dat se převede do 2D obrazu. Šíře vrstvy je při vyšetření na spirálním CT větší než nominální kolimace. Volba šíře je závislá na vyšetřované oblasti a patologii, kterou hledáme při daném vyšetření. Mezi vyšetření s nejširší vrstvou patří CT mozku (4-6 mm scany). Na druhé straně jsou obrazy plicního parenchymu vyšetřování s vysokým rozlišením, které jsou nastaveny na rozmezí 0,6 - 1,5 mm. (9)

### **2.7.4 Překrytí vrstev – increment**

Obrazový parametr udává vzdálenost mezi dvěma axiálními vrstvami. V některých literaturách lze najít i jako údaj překryvu jednotlivých vrstev – např. je-li šíře vrstvy 10 mm a je rekonstruována každých 5 mm v ose Z. Je na něm plně závislá kvalita multiplanárních rekonstrukcí, resp. prostorové rozlišení v ose Z. Doporučenou hodnotou incrementu je 50 % ze zvolené šíře vrstvy. (9)

### **2.7.5 Rekonstrukční algoritmus**

Jedná se o matematické zpracování absorpce záření – kernel. Rozhoduje o poměru nežádoucího šumu vůči strukturám, které chceme zobrazit ve vztahu k prostorovému rozlišení. Zároveň potlačuje nebo zvýrazňuje rozdíly mezi sousedními denzitními rozhraními. Střední potlačení denzitních přechodů se využívá u měkkotkáňových orgánů. Jedná se o ideální poměr mezi šumem a prostorovým rozlišením tkání s blízkou atenuační hodnotou. Naopak výrazné potlačení způsobí vyšší kontrast mezi jednotlivými orgány se zároveň menším množstvím šumu. Typickým příkladem jsou postkontrastní vyšetření angiografická a jejich MPR, resp. VRT/ 3D rekonstrukce. Použití algoritmu pro zvýraznění denzitního rozhraní nám poskytne vysoké prostorové rozlišení, avšak na úkor většího množství šumu v obraze. Tento algoritmus využíváme při zobrazení skeletu nebo plicní tkáně s vysokým rozlišením. (9)

### **2.7.6 Postprocessing**

S ohledem na široký rozsah Hounsfieldovy stupnice není možno dostatečně zachytit veškeré tkáně v jednom obrazovém okně z důvodu malého kontrastního rozlišení. Pro vylepšení vyobrazení jednotlivých tkání a patologií využíváme tzv. volbu okénka. Jedná se o zvolení určitého středu okénka, která je daná dle oblasti zájmu. Dále je důležitá volba šíře daného okna, která nám určuje hranice pro zobrazení. Veškeré hodnoty pod spodní hranicí zvoleného okna se na obraze jeví černě, oproti tomu se hodnoty nad horní určenou hodnotou zobrazují bíle. Příkladem může být vyšetření skeletu, kdy díky vysoké atenuační hodnotě

ností (>+700 HU) se nastavuje střed okénka C400 a šíře W1200. Veškeré hodnoty nad 1600 HU se budou jevit bíle a pod -800 HU se budou jevit černě. (9)

Základní postprocessingovou rekonstrukcí jsou multiplanární rekonstrukce – MPR. Ty umožňují nahlížet na vyšetřovanou oblast z různých rovin a volit střed a šíři okna dle potřeby. Jako další hojně využívanou rekonstrukcí je tzv. maximum intensity projection neboli MIP. Jedná se o rekonstrukci, která nám v obraze zobrazí struktury, které mají vysokou hodnotu HU ve vybraném okně. V dnešní době se využívá k zobrazení ureterolitiázy a ke zmapování cévního řečiště po i.v. podané KL. Opakem MIPů jsou rekonstrukce pojmenované jako minimum intensity projection – MinIP/mIP, které zdůrazňují denzitně nízké struktury ve daném zobrazovacím okně. Třetí nejvyžívanější rekonstrukcí jsou volume rendering technique – VRT. Tyto rekonstrukce nám zobrazují vyšetřovanou oblast v trojrozměrném obraze za současného přiřazení barvy k jednotlivým objektům na základě jejich atenuační povaze. (9)

## 2.8 Nativní CT mozku

Výpočetní tomografie má nepostradatelnou pozici ve při vyšetření nitrolebních struktur a jejich postižení. Skenovací sekvence se skládá ze dvou fází. V té první se vytvoří tzv. topogram/scout hlavy, kdy dochází k oskenování pacienta v AP a LAT směru s velmi nízkou expoziční hodnotou a vytvoření dvou navzájem kolmých obrazů. Takovýto plánovací sken se provádí při veškerých vyšetřeních na výpočetní tomografii. Následně dochází radiologickým asistentem k naplánování vyšetření od foramen magnum po vertex se skloněním gantry – rovina skenu by měla být rovnoběžná s orbitomeatální linií. Obvyklé skenovací parametry sekvence jsou 120 kV a 250-380 mAs, šíře rekonstruované vrstvy je do 5 mm a increment 0,75 mm. (14)

Indikací k nativnímu vyšetření jsou:

- Traumatické stavy s poraněním hlavy
- Podezření na intrakraniální krvácení nebo ischemii
- Bezvědomí nejasné etiologie
- Hydrocefalus

## **2.9 Postkontrastní CT mozku**

Je vyšetření, které se provádí po podání jodové KL do cévního řečiště přes tlakový injektor do periferně zavedené žilní kanyly. Stejně jako u nativního vyšetření mozku se nastavuje topogram pouze na oblast zájmu – hlavu. Při tomto vyšetření podáváme cca 70 ml jodové KL následováno 50 ml fyziologického roztoku. Skenování se spouští cca 50-65 s po spuštění tlakového injektoru a podání KL. Toto vyšetření nám slouží např. k diferenciaci abscesů od tumorů, případně jiné obdobné patologie. Jedná se o vyšetření, které běžně nespadá do perfuzního protokolu při mozkovém infarktu.

## **2.10 CT angiografie mozku**

Jedná se o metodu, kdy dochází k zobrazení cévního řečiště mozku za pomoci kontrastní látky intravenosně aplikované, která působí na CT obraze výrazný atenuační/denzitní rozdíl tkání. Důvodem k provedení CTAG bývá zobrazení uzávěru velké tepny, což by bylo indikací k intervenčnímu výkonu – mechanické trombektomii. Současně se zobrazí případné změny v přívodných tepnách mozkových, které by mohly mít vliv na úspěšné provedení intervenčního výkonu. Vyšetření probíhá obdobně jako předchozí. Plánovací topogram se nastavuje od arcus aortae po vertex hlavy, a to z důvodu zachycení kontrastní látky v aortálním oblouku a včasném spuštění vyšetření v arteriální fázi za použití nejčastěji bolus trackingu. Před touto fází se obvykle zhotovuje nativní vyšetření mozku. (školní prezentace). Primární parametry pro CT angiografii mozku jsou 120 kV, 175 mAs, šíře základní rekonstruované vrstev <1 mm, inkrement 1 mm. Objem kontrastní látky podaný pacientovi je 60 ml při flow 3-4 ml/s. (14) (19)

## **2.11 CTP**

První perfuzní zobrazení mozku bylo provedeno kolem roku 1980, ovšem k největšímu rozmachu došlo až po roce 2000. Zprvu se jednalo o metodu využívanou pouze pro mozkovou tkáň po prodělané ischemické cévní poruše, a to jen v malém počtu ze všech vyšetření. Díky vývoji a novým možnostem CT přístrojů se nyní tento způsob využívá i jako diagnostická modalita např. k posouzení nádorů nebo hodnocení perfuze myokardu. Zároveň došlo k rozšíření objemu vyšetřované tkáně z několika vrstev k zobrazení v celém rozsahu žádané oblasti. (5)(24)

I nadále však platí, že nejvíce se metoda využívá u mozkové ischemie, dle literatury buď při nejasné době jejího vzniku nebo při prodlouženém časovém okně více jak 6 hodin od vzniku příznaků a současném uzávěru mozkové tepny. Praxe se ovšem může mnohdy lišit.

Ve Fakultní nemocnici Plzeň na Klinice zobrazovacích metod se toto vyšetření provádí téměř všem pacientům, kteří jsou přivezeni pro CMP. Jedná se o funkční vyšetření sloužící k charakteristice stavu tkáně a detekci nekrotických částí, resp. oblastí, kde dochází k nedostatečnému krevnímu zásobení. Dále nám poskytuje informace o cirkulaci, resp. mikrocirkulaci krve. (19)

Pro zhotovení vyšetření jsou primární obrazové parametry orientačně nastaveny následovně (mohou se lišit dle pracoviště):

*Tabulka 2 - Primární obrazové parametry CTP*

napětí	proud	Šíře vrstvy	increment	množství KL i.v.	flow	Fáze zobrazení
100 kV	150 mAs	<1,2 mm	<0,75 mm	30 ml	5-6 ml/s	20-30 cyklů, perioda 1-1,5 s

*Zdroj: (14)*

Perfuzní CT mozku je komplexní vyšetření mozku, nejen oblasti zájmu či poškozené tkáně. Získáváme data i z nepoškozené hemisféry a lze tak tyto dvě sady dat porovnávat. Na základě tohoto porovnání získáváme procentuální odchylku, která určuje změnu jednotlivých parametrů pro danou část poškozené hemisféry. A na základě srovnání jednotlivých parametrů se rozlišuje oligemii, penumbru či jádro (core) ischemie (více kap. 1.3.2). Všechny údaje získané ze zdravé hemisféry kvalifikujeme jako relativní např. rCBF nebo rCBV. Při porovnávání absolutních a relativních dat se zaměřujeme na hodnoty CBV, MTT a CBF. Pokud je MTT ve srovnání s normální stranou prodloužen, hovoříme o přítomné hypoperfuzi, kterou nadále dělíme na penumbru a core. K odlišení těchto dvou jednotek dále porovnááme hodnoty CBF a CBV. Pokud jsou absolutní hodnoty oproti relativním jen mírně sníženy, jedná se s vysokou pravděpodobností o reverzibilní poškození (ischemii). Pokud budou absolutní hodnoty výrazně nižší než relativní, jedná se o tkáňový infarkt. (16)(17)(18)

V momentě, kdy dojde ke snížení průtoku krve do určité oblasti, snaží se mozek vykompenzovat chybějící přítok velké cévy kolaterálním zásobením. Účinnost kompenzace přes kolaterální oběh se posuzuje distálně od okluze nebo stenózy, která způsobuje mozkovou příhodu. Dále nám informace napomáhá odhadnout prognózu a užitečnost případného intervenčního výkonu.

### 2.11.1 Výpočetní metody perfuzních parametrů

Navzdory celkově určené definici perfuzních parametrů může docházet k obtížné kvantifikaci hodnot. Vyšetření CTP vychází ze sériového snímkování, které zachycuje změnu denzity mozkové tkáně při průchodu bolu jodové kontrastní látky - tzv. first-pass effect. Při výpočtu parametrů se předpokládá, že použitá kontrastní látka není difuzibilní, vstřebatelná ani metabolizována. K těmto situacím dochází při porušení hematoencefalické bariéry, která se vyskytuje např. při nádorovém onemocnění nebo zánětu. Obdobná situace může nastat i u jiných vyšetřovacích metod (např. PET/CT). First-pass effect model se využívá pro zobrazení perfuze u MR a CT perfuzních vyšetřeních, a to za pomoci dvou matematických metod – dekonvoluční a non-dekonvoluční (konvoluční). (16)(17)(18)(25)

Non-dekonvoluční/konvoluční metoda vychází z Fickova principu pro zájmovou oblast mozku při průchodu kontrastní látky. Tento princip předpokládá, že změna kontrastního zobrazení za určitý čas je přímo úměrná rozdílu koncentrace kontrastní látky přívodné tepny vůči odvodné žíle. Matematicky lze vyjádřit vztah následovně:

$$\frac{dC_t(t)}{dt} = CBF \times [C_a(t) - C_v(t)]$$

- $C_t(t)$  – koncentrace KL v tkáni v čase – time density curve (TDC)
- $C_a(t)$  – TDC přívodné tepny – arterial input function (AIF)
- $C_v(t)$  – TDC odvodné žíly – venous output function (VOF)

Využití tohoto výpočetního modelu vyžaduje, aby bylo dosaženo maxima AIF před zvýšením hodnot VOF, což je závislé na rychlosti podání KL a srdečním výdeji pacienta. V praxi to znamená podání KL rychlostí 5-6 ml/s. Tato metoda má svoji výhodu ve využití krátkého úseku TDC do prvního maxima pro výpočet CBV i CBF. Metoda se tak stává méně senzitivní vůči pohybovým artefaktům a zrychluje matematické zpracování dat. Její nevýhodou ovšem je, že poskytuje pouze relativní údaje – nikoliv pak přesná kvantitativní data. (16)(17)(18)(25)

Oproti tomu dekonvoluční metoda nám zobrazí nejenom kvalitativní, ale i kvantitativní data perfuzních charakteristik tkáně. Metoda pro výpočet dat využívá rovnici:

$$C_t(t) = CBF \times [C_a(t) * R(t)]$$

- $C_t(t)$  – TDC mozkové tkáně
- $C_a(t)$  – TDC přívodné arterie

- \* - *matematický dekonvoluční operátor*
- *R(t) – impulse residue function – teoretická ideální TDC tkáň získaná při aplikaci bolu KL do přírodního arteriálního kmene*

Dekonvoluční metoda je velmi přesný, avšak na artefakty velmi senzitivní výpočetní model, který pro analýzu dat potřebuje speciální matematické algoritmy – Fourierova transformace nebo metodu singular value decomposition. Ty napomáhají odstranit artefakty, na které je tato metoda citlivá – šum ve snímku, potřebu přesné cévní anatomie, zpoždění nebo rozložení bolu KL v přírodních cévách a mozkové tkáni. Softwary pro zpracování dat jsou v současnosti spíše navrženy s metodou singular value decomposition, která je více citlivá na rozložení KL oproti cévní anatomii. Dekonvoluční metoda se využívá nejen u CTP ale i u perfuzních vyšetření MR. (16)(17)(18)(25)

Do perfuzního protokolu nespádají již dříve zmiňované metody 2.8-2.10. Tyto metody jsou využívány při multimodálním protokolu, který se aplikuje na pacienty, kteří mají podezření na mozkový infarkt. (16)(17)(18)(25)

### **2.11.2 Perfuzní parametry**

Perfuzní CT mozku sleduje specifické parametry zobrazení (podrobněji rozepsané níže), ze kterých se vyhodnocuje viabilita tkáň při poškození mozkovou hypoperfuzí. Na základě výsledků přepočtu hodnot, která udávají míru poškození rozdělujeme zóny v oblasti zájmu na normální perfuzi, oligémii, kritickou hypoperfuzi (penumbra) a nekrózu (jádro ischemie – core) – viz kap. 1.3.2. Obecně pro perfuzní hodnocení platí vztah:

$$CBF = \frac{CBV}{MTT}$$

CBF – cerebral blood flow je hodnota určující průtok krve mozkovou tkání. Jedná se o poměr středního tranzitního času a objemu krve ve sledované oblasti. Základní jednotkou je ml/min.

CBV – cerebral blood volume vyjadřuje objem krve, která proteče arteriálním a venosním systémem i kapilárami mozkové tkáň. Nezapočítává se do něj stagnující krev, která se vyskytuje např. v extracelulárních prostorech. Jednotkou jsou ml.

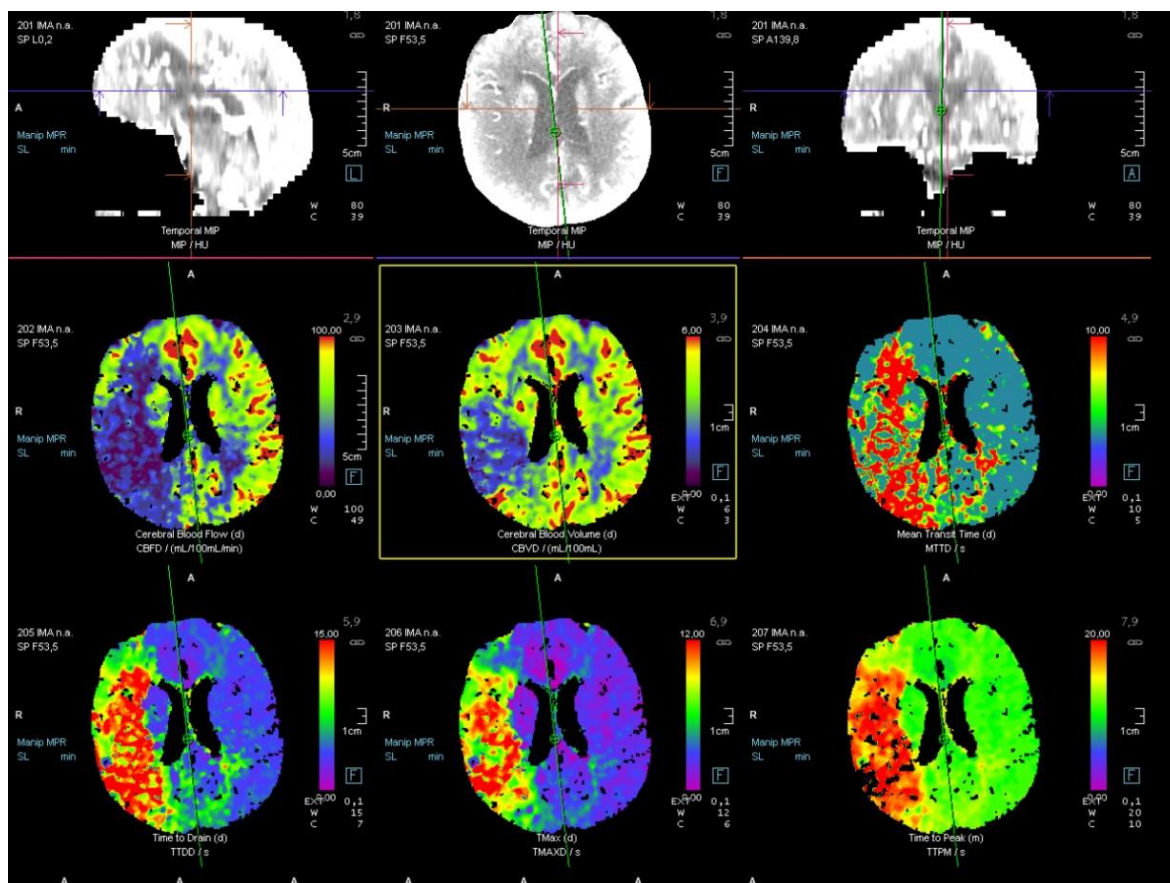
MTT – mean transit time je čas mezi přítokem a odtokem krve. Lze z ní odvodit rychlost cirkulace krve a zároveň nám dává informaci o perfuzním tlaku. Matematicky se vlastně jedná plató funkce dekonvolučního modelu



TTP – time to peak je časový údaj, který vyjadřuje dobu do nasycení tepny na její maximální denzní hodnoty. Údaj se velmi často používá místo MTT, jelikož je jeho měření jednodušší – odpovídá vzestupné části křivky tkáňové TDC konvolučního matematického modelu.

TTD – time to drain patří mezi raritně používané parametry. TTD nám udává čas, za který KL opustí danou oblast mozkové tkáně. (5)(15)

Obrázek 4: Perfuzní CT



Zdroj: WinMedicalc FN Plzeň

### 2.11.3 Umělá inteligence

V dnešní době se velmi rozmáhá využití umělé inteligence napříč všemi možnými odvětvími. Jinak tomu není ani ve zdravotnictví, kde dochází k hodnocení atenuačních změn v porovnání tkání. Na scéně je např. AI od firmy Brainomix, Icobrain či RapidAI, který je mezinárodně uznávaný a je bernou mincí v rámci využití AI při CT vyšetření. Jednou z možností využití protokolů je komplexní vyšetření u mozkového infarktu. U nativního vyšetření je schopná umělá inteligence detekovat okluzi velkých cév a hyperdenzní okrsky krvácení. (22)(23)

U angiografických vyšetření určuje postiženou cévu a zároveň vytvoří barevnou mapu, které představuje rozdíl mezi hemisférami v kapilární vaskularizaci. Také dle dostupných údajů dokáže pomoci při plánování intervenčních výkonů.

Nejinak tomu je u samotného CTP, kdy modul generuje perfuzní mapy se zlepšenou vizualizací a usnadňuje tak rychlý odečet informací. Její schopností je i identifikovatelnost postižené oblasti a její zařazení – core/penumbra. Následně dokáže odhadnout finální objem infarktu. Rapid-CTP využívá i technologii, která nejen dokáže odhadnout velikost jádra, ale nadále nám dokáže zhodnotit kvantitu a kvalitu kolaterální cirkulace a tím zlepšit predikci vývoje iktu. To vše nyní napomáhá nejen radiologům při popisování, avšak i neurologům při procesu rozhodování. Důležité ovšem je, že poslední slovo má vždy popisující radiolog, který zodpovídá za popsání nález v lékařském záznamu a využívá tak AI pouze jako pomocnou hůl. (22)(23)

## **2.12 Radiační zátěž a ochrana**

S ohledem na využívání ionizujícího záření se musí brát v úvahu i radiační zátěž a ochrana pacienta, jelikož ozařování pacienta ve větších dávkách a kratší časových intervalech vysoce zvyšuje riziko vzniku nežádoucích efektů. Ty můžeme rozdělit na fyzikální, chemické a biologické, které se dále dělí na deterministické a stochastické. Deterministické účinky jsou dány limitem tkáně a vznikají při jeho překročení. Jejich základní charakteristikou je, že závažnost je přímo úměrná obdržené dávce. Reakce na překročení limitů je v krátkém časovém horizontu a specifický pro ni je i klinický obraz. Na rozdíl od již zmiňovaných mají stochastické účinky zcela odlišnou charakteristiku. Vznikají totiž nahodile a není pro ně daná určitá hranice ozáření, která podmiňuje jejich vznik. S obdrženou dávkou roste pouze pravděpodobnostní šance jejich vzniku, ale nezmění se závažnost účinku. (1)(2)(4)

Jako prevence uvedeného byl zaveden princip zdůvodnění. Jedná se o rozhodnutí, zda přínos vyšetření předčí pacientem obdrženou dávku, a tedy i potenciální riziko zdravotního poškození – lékař/radiolog rozhoduje, zda vyšetření bude pomoci při diagnostice a cestou ke zlepšení zdravotního stavu pacienta. Prvotním cílem lékaře by mělo být využití jiné diagnosticky přínosné metody bez ionizujícího záření, jako je MR či USG. Lékaři k tomuto napomáhají i tzv. indikační kritéria pro zobrazovací metody, která byla vydána ve Věstníku Ministerstva zdravotnictví České republiky. Klinický nález a zmiňovaná kritéria napomohou indikujícímu lékaři určit přínos vyšetření. Tento přínos před provedením vyšetření musí být posouzen i radiologem, který má právo veta. V případě nesouhlasu je povinen požadavek

vyšetření odmítnout a doporučit jinou modalitu či typ vyšetření. Nejčastějším případem (poznatek z praxí) je předoperační vyšetření plic u nerizikových pacientů nebo CT vyšetření mozku u pacientů bez klinické symptomatologie mTBI. (1)(2)(4)

Dalším principem pro zvýšení radiační ochrany pacienta je princip optimalizace. Ten má za úkol snižovat velikost jednotlivých dávek na minimum, ale nesmí dojít ke ztrátě diagnostické informace. Princip lze nalézt pod pojmem ALARA – „As low as reasonable achievable“, který v překladu znamená: tak nízké, jak lze jen rozumně dosáhnout. (1)(2)(4)

Pro CT platí, že radiační zátěž lze snížit vhodným nastavením primárních skenovacích parametrů.

### **2.13 Kontrastní látky**

Jedná se o pomocné látky, které při CT vyšetřeních mění denzitu jednotlivých tkání. Rentgenové KL dělíme na dvě základní skupiny – pozitivní a negativní. Pozitivní zvyšují absorpci rtg záření, tím se daná tkáň jeví v rekonstruovaných obrazech jako světlejší. Látky, které se používají pro zvýšení kontrastu, mají jodový či baryový základ. Baryové KL (na CT se t.č. již nepoužívají) obsahují suspenzi BaSO<sub>4</sub>, jodové KL pak organické sloučeniny jodu, který je v molekule chemicky vázaný. Jodová KL je bezbarvá viskózní kapalina, která není radioaktivní. Jodové KL mají výborné farmakokinetické vlastnosti – vcelku krátký biologický poločas vylučování, který u zdravého pacienta s normální funkcí ledvin činí asi 2 hodiny. Při i.v. podání dochází v časovém okně 2-5 minut k průniku až tří čtvrtin z celkového množství KL do extracelulárního prostoru a zároveň dochází ke zpětné difuzi do krevní plazmy. Následně se KL eliminuje v ledvinách, přes které se dostane do moči, a poté vyloučena z těla pacienta. Další vlastností je neprůchodnost hematoencefalickou bariérou. (2)(4)

KL můžeme rozdělit na vodné a olejové, kdy první zmiňované jsou vodou ředitelné a vylučují se přes močový systém (nefrotropní KL) nebo přes žlučový systém (hepatotropní). Na rozdíl od těchto se olejové jodové KL používají velmi zřídka pro zobrazování lymfatického systému či slinných žláz. Způsob podání KL závisí na právě prováděném vyšetření a cílové oblasti zájmu. Mezi standardně používané způsoby patří per os, i.v., a per rectum. Mezi ty méně standardizované patří podání do píštěle a preformovaných dutin. (2)(4)

Při vyšetření na CT využíváme výhradně jodové kontrastní látky, kterou pacientovi primárně podáváme do periferní kanyly. Při podání KL rozlišujeme 8 fází dle času:

1. Žilní předfáze – ihned po aplikaci
2. Plicní arteriální fáze – 10-15 s
3. Systémová arteriální fáze – 15-30 s
4. Žilní fáze orgánová/systémová – variabilní
5. Portální fáze – 40-55 s
6. Kapilární – dle sledovaného orgánu
7. Fáze ekvilibria – 3-5 min
8. Fáze vylučovací – 3-12 min

U podání KL sledujeme i parametry, které ovlivňují samotnou aplikaci KL. Mezi technické parametry, které jsou ovlivnitelné radiologickým asistentem řadíme objem KL, její průtok, koncentraci a příkon jódu, způsob aplikace – mono-/bifázický bolus, proplach FR. Druhou skupinou parametrů jsou ty na straně pacienta, a to srdeční výdej, centrální žilní tlak a tělesná hmotnost. (2)(4)

Podání jodové KL provází i kontraindikace, které jsou na podání navázané. Mezi relativní kontraindikace patří reakce po předchozím podání, alergie v anamnéze nebo zhoršenou funkci ledvin a hypertyreóza. Před každým vyšetřením, které doprovází i.v. aplikace KL, sledujeme hodnotu kreatininu – ta nám určuje funkci ledvin. Při zhoršené funkci je hodnota kreatininu mezi 120-250  $\mu\text{mol/l}$ , při vyšší hladině v krvi a zbytkové funkci ledvin řadíme tuto skutečnost k absolutním kontraindikacím. (2)(4)

Druhou skupinou KL jsou látky negativní k rentgenovému záření, což znamená, že snižují jeho absorpci. V 2D obraze se zobrazí tmavě. Patří sem plyny, voda, manitol a sorbitol. V dnešní době se používají převážně pro dvojkontrastní vyšetření gastrointestinálního traktu.

## **3 LÉČBA**

Léčbu volíme podle příznaků a příčiny dané mozkové ischemie v souladu s platnými doporučeními – postupujeme konzervativně nebo radikálně/angiointervenčně. Při rozhodování o způsobu léčby je nutné brát v úvahu rozsah poškození a jeho umístění, jakož i případnou lokalitu uzávěru přívodné tepny – informace získáváme z provedeného multimodálního vyšetření CT+CTAG+CTP. Tato kombinace zobrazení nám spolehlivě eliminuje možnost jiného zdroje klinických příznaků.

### **3.1 Konzervativní postup léčby**

Mezi konzervativní postupy řadíme antihypertenzní léčba, časnou rehabilitaci a sekundární prevenci iCMP. Antihypertenzní léčba je nezbytná při zvýšeném krevním tlaku, kterým se snaží organismus zlepšit prokrvení oblasti ischemie. Může docházet k insuficienci cévní stěny a vzniku hemoragie. Jedná se o předcházení hemoragické komplikace cévní mozkové příhody. Rehabilitační terapie je velmi důležitá pro zlepšení samotné kvality života u pacientů s neurologickým deficitem. Využívají se nejen pohybové rehabilitace, ale i logopedické, psychologické nebo lázeňské. Další náplní konzervativní léčby, kromě minimalizace přímých důsledků proběhlého iktu, je snižování rizika recidivy iCMP a to za pomoci antiagregační, antikoagulační ev. antihypertenzní terapií – tomuto postupu říkáme sekundární prevence iktu. Důležité je uvést, že přístup k terapeutickým postupům musí být u každého pacienta individuální. (11)

### **3.2 Endovaskulární postup léčby**

#### **3.2.1 Intravenózní trombolýza**

Endovaskulární léčbou je podání trombolytika, kterým se zajišťuje snížení rizika sekundárního poškození mozku a zároveň co možná nejlepší reperfuze penumbry. Podání trombolytika je ovšem podmíněno několika skutečnostmi. Mezi hlavní faktory, které podmiňují úspěšnost a prospěšnost podání fibrinolytické léčby, patří čas. V literatuře se udává se, že podání trombolytika je indikováno do 4,5 hodiny od vzniku CMP, a to pouze tehdy, pokud se nejedná o akutní uzávěr bazilární tepny či karotidy. V dnešní praxi se dle nejnovějších doporučení připouští i podání trombolytika do 9 hodin od vzniku CMP, avšak pouze za příznivého nálezu CTP. To samé se týká i uzávěru bazilární tepny a karotid, kdy v případech okluze v těchto místech není nutně kontraindikováno podání IVT. V prvním případě jsou důsledky iktu i přes léčbu často fatální, při uzávěru krční ACI se spíše volí chirurgický výkon (endarterektomie). Jedinou výjimkou je poté tzv. tandemová léze (okluze

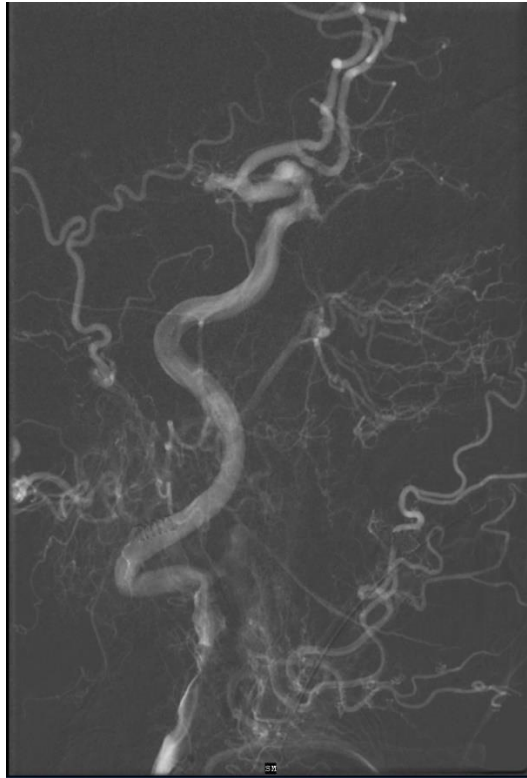
ACI + ACM) v ten moment se poté spíše volí mechanická trombektomie. S podáním jakéhokoliv trombololytika se pojí zásadní riziko – vznik nitrolebního krvácení. Proto je nutné po podání zhotovit kontrolní nativní CT mozku (obvykle v odstupu 24 hod. od vstupního vyšetření), které nám možnou hemoragickou komplikaci vyloučí. (20)

Samotné podání plasminogenu, v dnešní době využívané alteplázy rt-PA (rekombinovaný aktivátor plasminogenu), je podmíněno několika kritérii, která jsou určena Národním standardem ČR. Jedním z nich je podání léčebné látky do již zmíněného časového okna od vzniku symptomů, následuje dolní věková hranice 18 let či potvrzená diagnóza iCMP. Zároveň musí být vyloučeny kontraindikace – vysoký krevní tlak, hladina glykémie mimo rozmezí 2,7 - 22,2 mmol/l. V případě existence kontraindikace je další možností léčby mechanická trombektomie či intraarteriální trombolýza. (20)

### **3.2.2 Intervenční léčba**

Další variantou léčby je již zmíněná trombektomie, což je mechanické odstranění trombu přímo z místa uzávěru. Terapeutické okno je obecně stanoveno na 6 hodin, avšak u některých selektovaných pacientů není horní hranice stanovena. Jedná se pouze o pacienty, kteří mají příznivý perfuzní nález Tento terapeutický postup se volí u pacientů, kteří jsou kontraindikováni k podání trombololytika, či mají uzávěr intrakraniální části ACI, proximální části ACM (segmenty M1/M2). Neindikujeme jej při uzávěru karotických tepen, které se primárně řeší chirurgickým zákrokem. Jedná se o výkon prováděný na angiografickém sálku za přítomnosti intervenčního týmu (intervenční radiolog, anesteziolog, neurolog/neurochirurg a pomocný personál). Při výkonu se pro vstup vodícího katetru využívá stehenní nebo pažní tepna, přes kterou se Seldingerovou technikou dostaneme až k trombembolu. Zde dojde k odstranění uzávěru, následný nástřik KL nám odhalí, zda je místo dostatečně rekanalizováno. Následuje překlád na jednotku intenzivní péče, kde je pacient důkladně sledován a po 24 h je provedeno kontrolní CT mozku k vyloučení komplikující čerstvé hemoragie. (21)

*Obrázek 5: Mechanická trombektomie*



*Zdroj: WinMedicalc FN Plzeň*

Podání trombolytika přímo v místě trombu se nazývá intraarteriální trombolýza. Indikací k IAT patří posunutí uzávěru periferněji, kde již nelze provést trombektomii. Mezi indikace dále patří uzávěr proximálních cév s výrazným deficitem, nedostupnost trombu k využití mechanické trombektomie a / nebo při jejím nezdaru. K využití IAT vždy dochází po předchozí domluvě intervenčního týmu s přítomným neurologem. (21)

Poslední variantou je kombinace předchozích postupů (IAT+MTE), která se volí při částečně zdařilé MTE či preventivně podání trombolytika k eliminaci případných drobnějších trombembolů v perifernějším řečišti.

# **PRAKTICKÁ ČÁST**

## **4 CÍL PRÁCE**

Cílem práce je pomocí sběru dat a jejich zpracováním zjistit vliv perfuzního vyšetření mozku při cévních mozkových příhodách na indikaci či kontraindikaci následné léčby.



## 5 HYPOTÉZY

1. Předpokládám, že bude zastoupeno více žen než mužů.
2. Předpokládám, že multimodální vyšetření CT vyloučí přítomnost CMP u maximálně  $\frac{1}{2}$  pacientů
3. Předpokládám, že nejčastějším důvodem k neposkytnutí EVL bude nepotvrzení klinické diagnózy.
4. Předpokládám, že minimálně polovině pacientům bude poskytnuta EVL.
5. Předpokládám, že nejčastěji indikovanou léčbu bude IVT.
6. Předpokládám, že u více jak  $\frac{1}{2}$  pacientů bude mít vliv perfuzní CT mozku na indikování nebo neindikování léčby.

## **6 CHARAKTERISTIKA SLEDOVANÉHO SOUBORU**

V praktické části bakalářské práce pracuji s daty Fakultní nemocnice Plzeň – Lochotín. Data byla získána z nemocničního informačního systému WinMedicalc – dokumentace Kliniky zobrazovacích metod v období od 1.1.2022-31.12.2022. Do výzkumu byli zahrnuti všichni pacienti, kteří byli odesláni na vyšetření CTP pro podezření na CMP bez ohledu na pohlaví či věk. Soubor obsahuje 962 pacientů, ze kterých jsem vyseletoval 917 pacientů, kteří měli vyšetření provedené z důvodu podezření na CMP. Zbývajících 45 pacientů se v souboru objevilo pravděpodobně z důvodu technické chyby při evidenci v nemocničním informačním systému – soubor byl generován na základě klíčového slova – název události/série.

Veškeré informace ohledně pacientů jsou anonymizovány a sběr dat byl proveden za souhlasu příslušného odboru Fakultní nemocnice Plzeň.

## **7 METODIKA PRÁCE**

Jako metodiku praktické části jsem zvolil kvantitativní sběr dat. Využil jsem vyhledané pacienty v nemocničním informačním systému Fakultní nemocnice Plzeň, kterých v roce 2022 bylo 962.

Z dostupné dokumentace pacientů jsem zpracoval spektrum dat (např. okolnosti indikace a provedení EVL, resp. důvody její neprovedení, výskyt a typ komplikací), výsledky jsou kromě textového zpracování následně zobrazeny v připojených tabulkách a grafech.

## 8 ANALÝZA A INTERPRETACE VÝSLEDKŮ

### 8.1 Rozdělení pacientů podle pohlaví

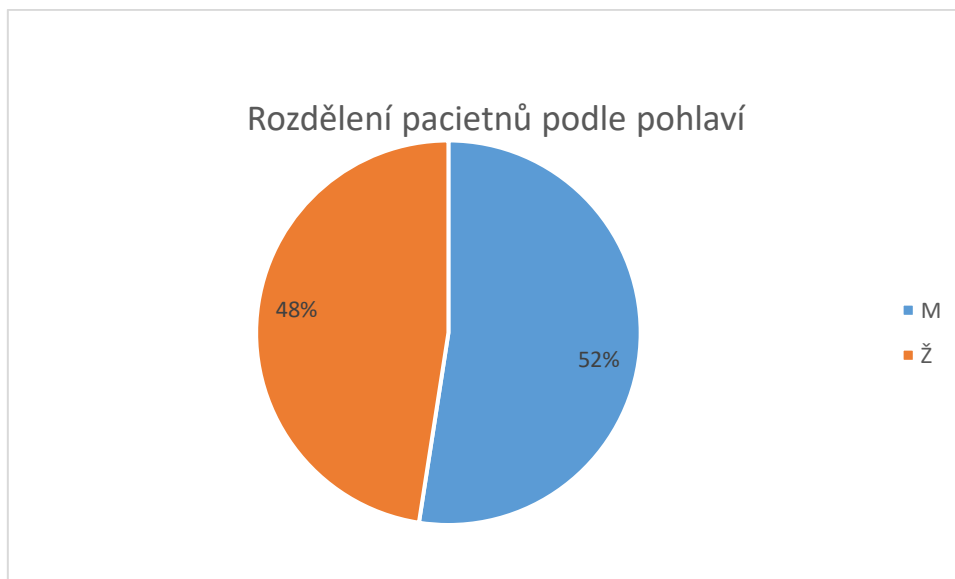
Následná tabulka ukazuje, kolik z celkových 917 pacientů zařazených do zpracování bylo mužů a kolik žen. Z dostupných dat je zřejmé, že o něco více bylo v souboru mužů – těch bylo 481 oproti 436 ženám. Z dat následně vyplývá, že za rok 2022 bylo vyšetření CTP provedeno častěji mužům.

Tabulka 3 - Rozdělení pacientů podle pohlaví

Pohlaví	Počet	Procentuální zastoupení
Muži	481	52 %
Ženy	436	48 %
Celkem	917	100 %

Zdroj: vlastní zpracování, data FN Plzeň

Graf 1 - Rozdělení pacientů podle pohlaví



Zdroj: vlastní zpracování, data FN Plzeň

## 8.2 Množství CTP mozku pro CMP měsíčně

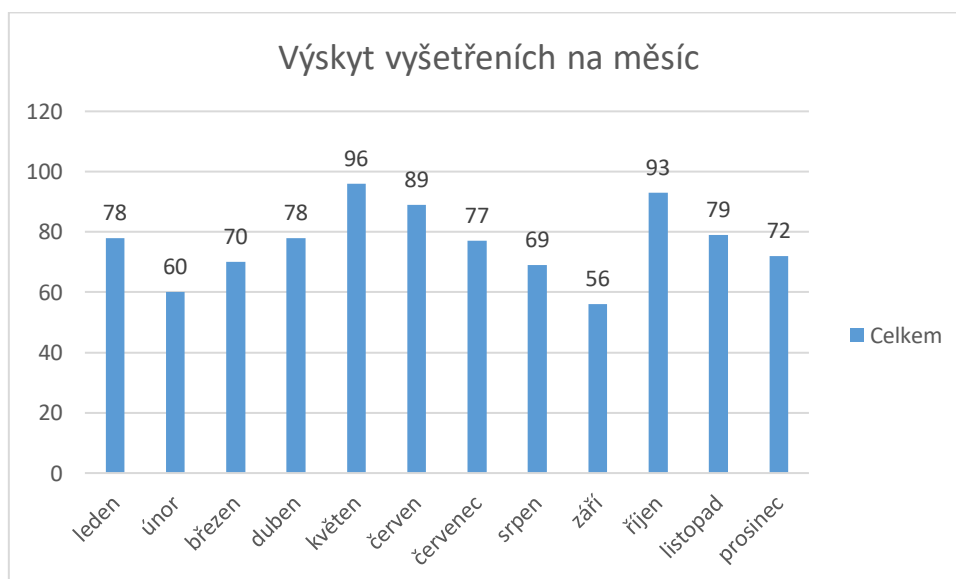
V dalším zkoumání jsem se zaměřil na četnost vyšetření v jednotlivých kalendářních měsících. Zjistil jsem, že měsícem, kdy bylo provedeno nejvíce vyšetření byl květen a říjen (přes 90 vyš.) Naopak nejméně proti průměru (76,4 vyš. / měsíc) bylo CTP provedených v měsících únor a září (do 60 vyš.). Z uvedených dat také vyplývá, že touto metodou se v průměru vyšetřili více jak dva pacienti za den. V následující tabulce a grafu jsou přiloženy výsledky týkající se jednotlivých měsíců.

Tabulka 4 - Četnost vyšetření za měsíc

Měsíc	Počet	Měsíc	Počet
Leden	78	Červenec	77
Únor	60	Srpen	69
Březen	70	Září	56
Duben	78	Říjen	93
Květen	96	Listopad	79
Červen	89	Prosinec	72
Celkem		917	

Zdroj: vlastní zpracování, data FN Plzeň

Graf 2 - Četnost vyšetření za měsíc



Zdroj: vlastní zpracování, data FN Plzeň

### 8.3 Vliv perfuzního CT mozku na indikaci léčby

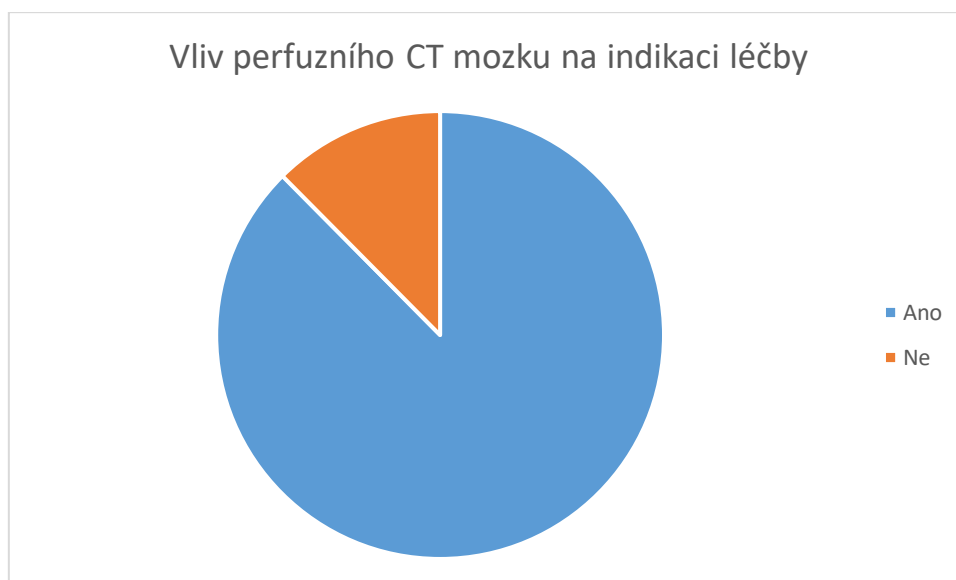
V této kapitole můžeme vidět vliv výsledku perfuzního CT vyšetření mozku na indikaci endovaskulární léčby v celém souboru. Ze všech 917 pacientů měl výsledek perfuzního CT mozku kladný vliv na indikaci terapie v 803 případech, ve 114 případech pak z různých důvodů nebyl vliv perfuzního vyšetření zřejmý. V kontextu uvedeného se u 88 % pacientů projevil vliv vyšetření na indikaci. Vše je přehledně znázorněno v následující tabulce a grafu.

Tabulka 5 - Vliv perfuzního vyšetření na indikaci léčby

Vliv perfuzního CT mozku	Počet
Ano	803
Ne	114
Celkem	917

Zdroj: vlastní zpracování, data FN Plzeň

Graf 3 - Vliv perfuzního CT mozku na indikaci léčby



Zdroj: vlastní zpracování, data FN Plzeň

Z 803 pacientů, jak již bylo dříve zmíněno, bylo 294 z nich indikováno k léčbě mozkového infarktu. U zbylých 63 % pacientů k indikaci nedošlo. Tato kapitola vypovídá o celkovém přínosu multimodálního vyšetření a perfuzního CT mozku při indikaci EVL.

## 8.4 Počet indikované EVL

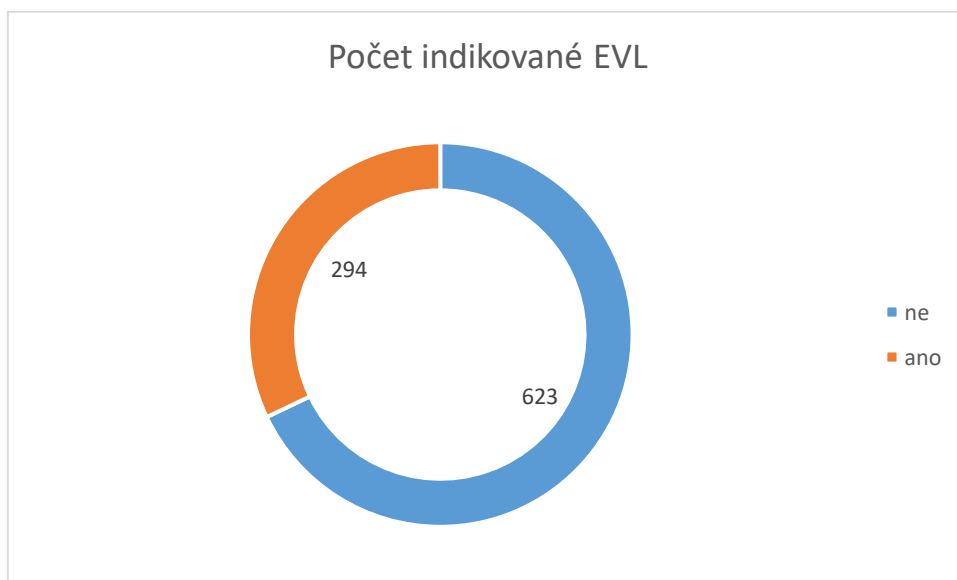
V další analýze jsem zjišťoval, kolika pacientům byla indikovaná EVL. Z dat vyplynulo, že u převážné většiny pacientů došlo k neindikaci endovaskulární terapie - viz. následující tabulka s grafem. Bylo zjištěno, že u necelé 1/3 pacientů došlo na základě výsledků multiparametrického CT vč. perfuzního vyšetření k provedení EVL, u 68 % pacientů nebyla tato léčba indikována.

Tabulka 6 - Počet indikované EVL

Poskytnutá léčba	Počet
Ano	294
Ne	623
Celkem	917

Zdroj: vlastní zpracování, data FN Plzeň

Graf 4 - Počet indikované EVL



Zdroj: vlastní zpracování, data FN Plzeň



## 8.5 Počet indikované EVL ve vztahu k pohlaví

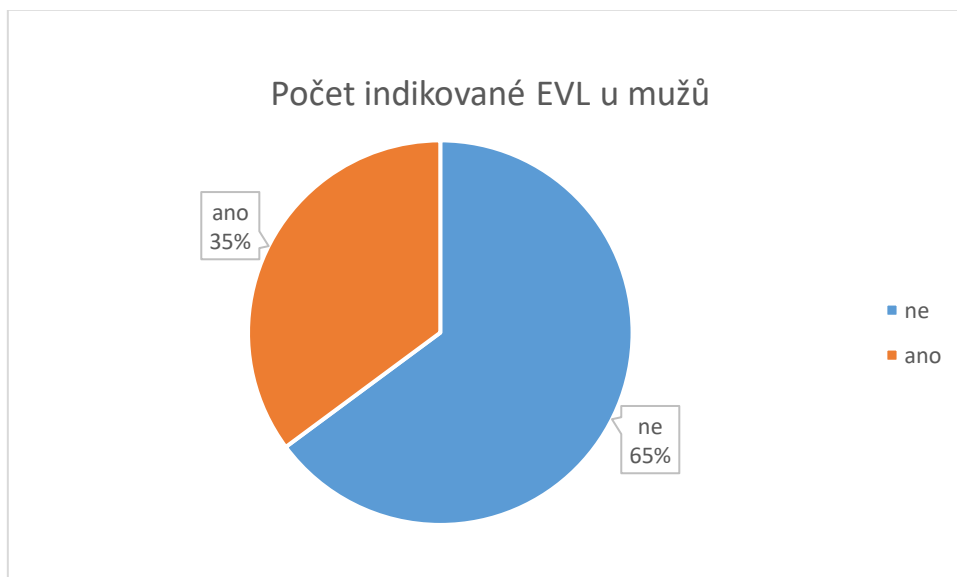
Následující tabulky a grafy se věnují poměru indikované EVL ve vztahu k pohlaví. Analýzou bylo zjištěno, že u mužů nebyla k léčbě indikována více jak polovina zkoumaných pacientů mužského pohlaví. Mezi ženami toto číslo bylo ještě větší, když byla k léčbě indikována méně než třetina pacientek. Množství mužů s provedenou léčbou dosáhlo hodnoty 57,5 % z celkového počtu všech indikovaných pacientů, u žen pak bylo dosaženo 42,5 %.

Tabulka 7 - Počet indikované EVL u mužů

Muži	
Neindikováno	312
Indikováno	169
Celkem	481

Zdroj: vlastní zpracování, data FN Plzeň

Graf 5 - Počet indikované EVL u mužů



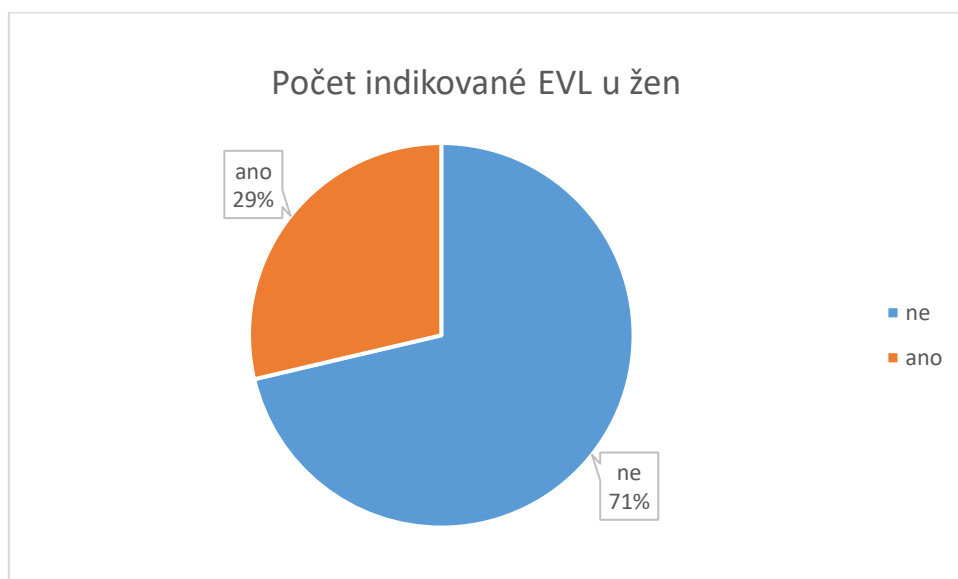
Zdroj: vlastní zpracování, data FN Plzeň

Tabulka 8 - Počet indikované EVL u žen

Ženy	
Neindikováno	311
Indikováno	125
Celkem	436

Zdroj: vlastní zpracování, data FN Plzeň

Graf 6 - Počet indikované EVL u žen



Zdroj: vlastní zpracování, data FN Plzeň

## 8.6 Typ indikované EVL

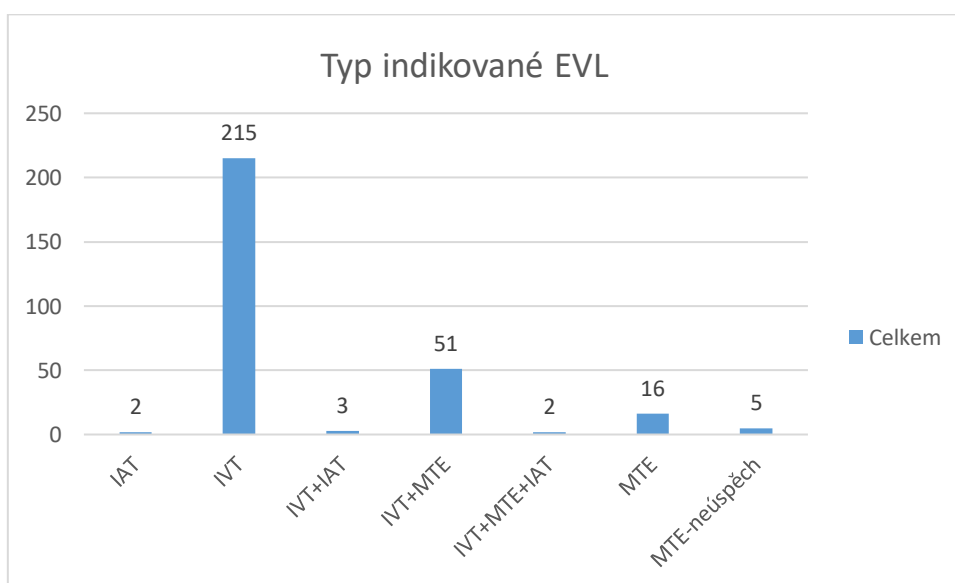
V následující analýze jsem se zaměřil na typ indikované EVL, jejíž provedení bylo potvrzeno multimodálním CT vyšetřením. Mezi nejčastěji indikovanou léčbu patří intravenózní trombolýza – IVT. Druhou nejčastější je IVT doplněná o mechanickou trombektomii. Třetí nejčastější je samotná MTE. Další možnosti léčby mají pouze jednotky indikovaných případů, kde dochází ke kombinaci IVT, MTE nebo IAT.

Tabulka 9 - Typ indikované EVL

Typ EVL	Počet	Typ EVL	Počet
IAT	2	IVT+MTE+IAT	2
IVT	215	MTE	16
IVT+IAT	3	MTE – neúspěšná	5
IVT+MTE	51	Celkem	294

Zdroj: vlastní pracování, data FN Plzeň

Graf 7 - Typ indikované EVL



Zdroj: vlastní zpracování, data FN Plzeň

## 8.7 Důvody neindikované EVL

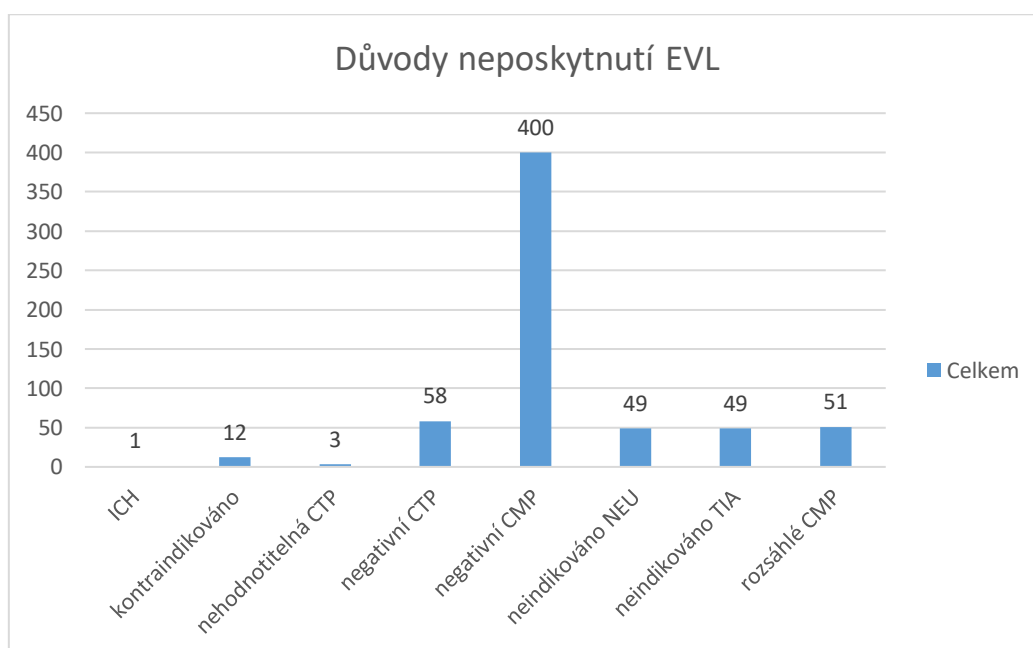
K léčbě nebylo indikováno cca 68 % pacientů ze souboru, a to z důvodů, které můžeme vidět v příložené tabulce a grafu.

Tabulka 10 - Důvody neindikování EVL

Důvod neindikování	Počet	Důvod neindikování	Počet
ICH	1	Negativní CTP	58
Kontraindikováno	12	Neindikováno NEU	49
Negativní CMP	400	Neindikováno – TIA	49
Nehodnotitelná CTP	3	Rozsáhlé CMP	51
Celkem		623	

Zdroj: vlastní zpracování, data FN Plzeň

Graf 8 - Důvody neindikování EVL



Zdroj: vlastní zpracování, data FN Plzeň

Ze získaných dat vyplývá, že mezi nejčastější příčinu neprovedení endovaskulární léčby patří „Negativní CMP“ – stav, kdy nedošlo k potvrzení klinické diagnózy při multimodálním CT vyšetření mozku. Mezi další příčiny patří „Negativní CTP“ – zde léčba nebyla

indikována z důvodu negativního nálezu na mapách CTP – a „Rozsáhlé CMP“ – na perfuzních mapách vyjádřené rozsáhlé irreverzibilní ischemické změny (core) v porovnání s penumbrou. Další skupinou je „Neindikováno NEU“ - zde je hlavním rozhodujícím faktorem rozhodnutí ošetřujícího neurologa, nejčastěji z důvodu vysokého mRS případně nízkého NIHSS skóre nebo jiné klinické důvody. Posledním důvodem neindikování EVL byla diagnóza tzv. tranzitorní ischemické ataky, tedy spontánně regredující klinické symptomatologie – „Neindikováno TIA“.

## 8.8 Důvody neprovedení EVL dle výsledku CT

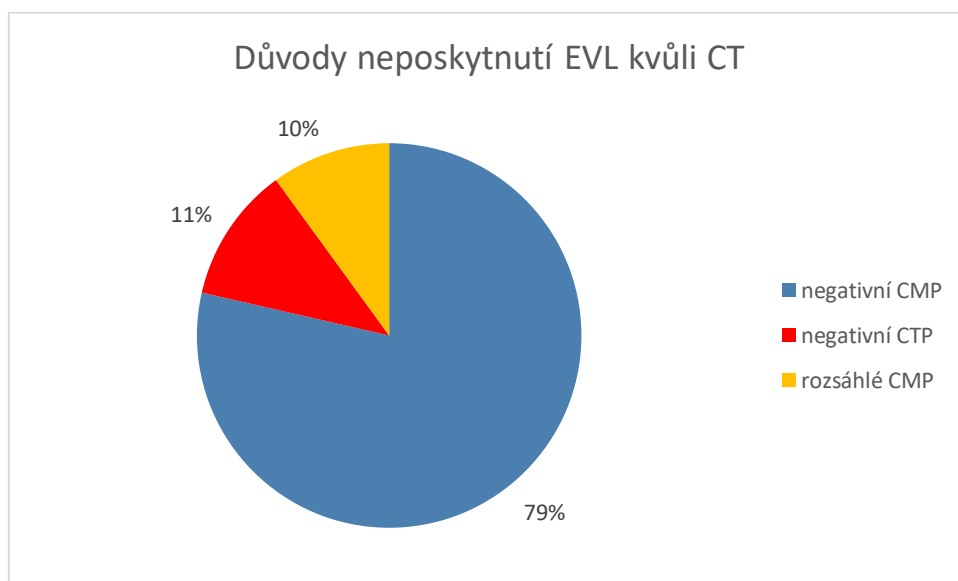
Výsledky multiparametrického CT vyšetření definují 3 nejčastější důvody, na základě, kterých není EVL indikována. Jedná se o příčiny vyplývající z negativního nebo neléčitelného nálezu na CTP. Celkově tyto příčiny tvoří více než 80 % všech důvodů neindikované léčby. Nejčastějším důvodem, který rozhodl o neindikování léčby, byl korelát klinicky nejisté iCMP a negativní CT obraz vč. fyziologického obrazu na perfuzních mapách mozku. Méně frekventním důvodem byl negativní nález na CTP při klinicky zřejmé iCMP. Jak lze na této tabulce a grafu vidět, je vyšetření CTP nepostradatelnou složkou vyšetřovacího algoritmu, pokud jde o klinické podezření na iCMP.

Tabulka 11 - Důvody neindikování EVL – CT

Důvod	Počet
Negativní CMP	400
Negativní CTP	58
Rozsáhlé CMP	51
Celkem	509

Zdroj: vlastní zpracování, data FN Plzeň

Graf 9 - Důvody neindikování EVL – CT



Zdroj: vlastní zpracování, data FN Plzeň

## 8.9 Vznik krvácení po EVL

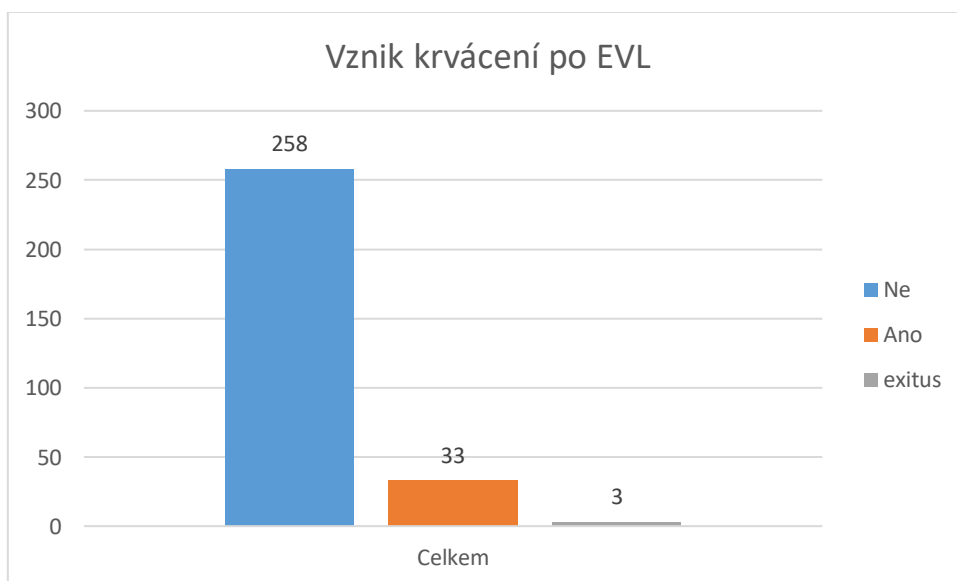
Krvácení je jedno z rizik EVL a je proto nutné provést kontrolní nativní CT mozku, kde případnou čerstvou hemoragií vyloučíme nebo potvrdíme. V této vedlejší analýze jsem se na přítomnost komplikace zaměřil. Jak je vidět, převážná většina případů se obešla bez následného negativního dopadu léčby. Pouze v 33 případech CT vyšetření potvrdilo krvácení, a to jak po IVT léčbě, tak i MTE nebo léčbě obsahující oba terapeutické postupy. U třech pacientů nebylo možné provést kontrolní zobrazení z důvodu jejich exitu.

Tabulka 12 - Krvácení po EVL

Krvácení	Počet
Ne	258
Ano	33
Exitus	3
Celkem	294

Zdroj: vlastní zpracování, data FN Plzeň

Graf 10 - Krvácení po EVL



Zdroj: vlastní zpracování, data FN Plzeň

## 8.10 Návaznost krvácení na typ EVL

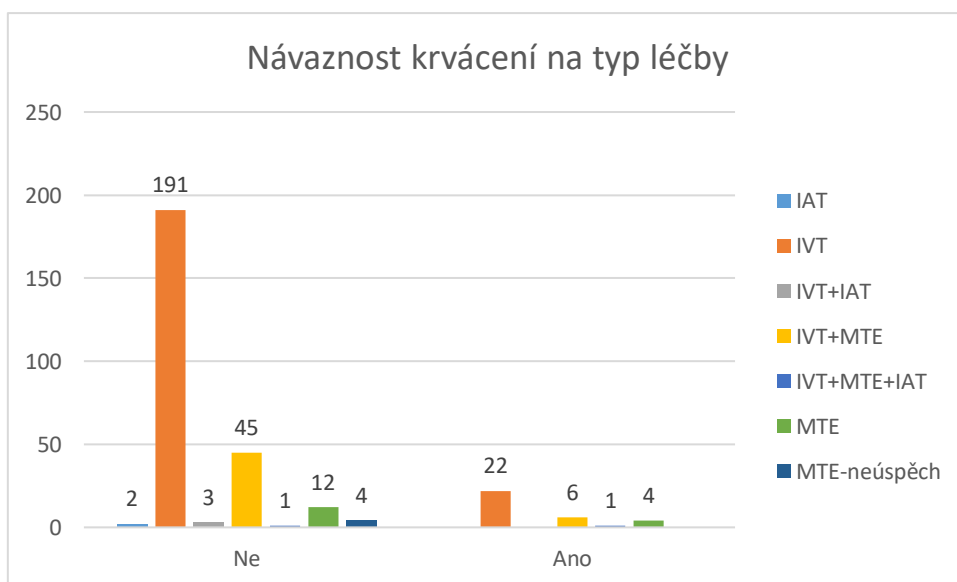
Z celkových 33 případů, kdy vzniklo krvácení po provedení léčby se nejvíce co do počtu objevilo po intravenózní trombolýze. Druhým a třetím nejčastějším pak byla kombinace IVT + MTE a pouze provedená MTE. Pořadí odpovídá celkovému v počtu indikovaných léčebných postupů v souboru pacientů. Tudíž nelze říci, který terapeutický postup je nejvíce rizikový z celých čísel. To nám může odhalit procentuální vyjádření případů, kde vzniklo krvácení k celkovému počtu indikovaných pacientů tou samou léčbou, při které krvácení vzniklo. V ten moment se nejčastěji objevilo krvácení po provedení IVT + MTE + IAT, kdy krvácení vzniklo v 50 % případů. Na druhém místě je poté MTE, kde vznik krvácení se objevil v 25 % případů. IVT poté je poté s pouhými 11,5 % čtvrtém místě.

Tabulka 13 - Návaznost krvácení na typ léčby

Typ léčby	Ano	Ne
IAT	0	2
IVT	22	193
IVT+IAT	0	3
IVT+MTE	6	45
IVT+MTE+IAT	1	1
MTE	4	12
MTE – neúspěch	0	4

Zdroj: vlastní zpracování, data FN Plzeň

Graf 11 - Návaznost krvácení na typ léčby



Zdroj: vlastní zpracování, data FN Plzeň



## 8.11 Úspěšnost rekanalizační léčby

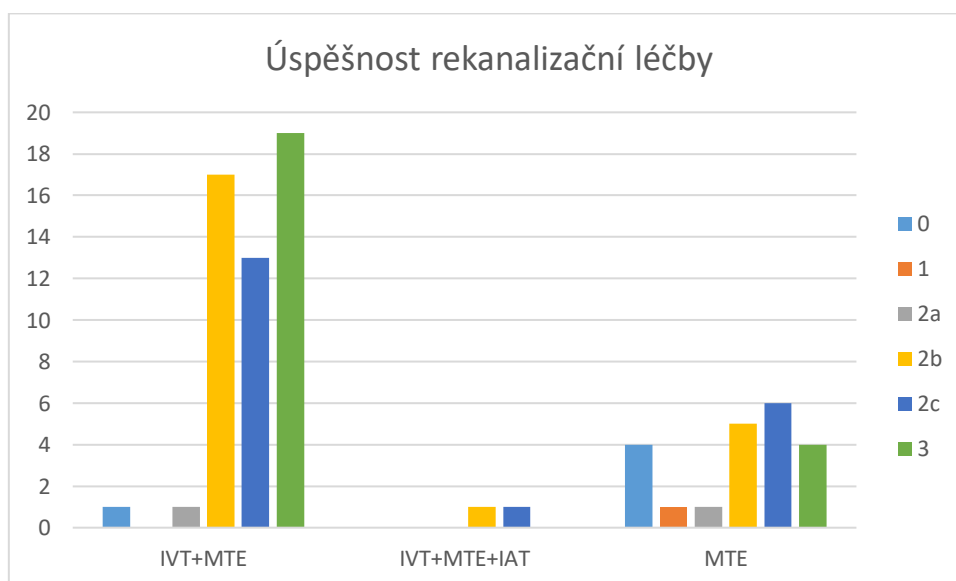
Výzkum byl také zaměřen na úspěšnost rekanalizační léčby, která byla provedena celkem 74 pacientům. Pacienti byli rozděleni podle mTICI skóre do skupin 0, 1, 2a, 2b, 2c, 3. Tyto skupiny odpovídají oficiálním kritériím skórovací stupnice. Jak lze vidět na tabulce a grafu došlo u 31 % pacientů k úplné rekanalizaci a u zbylé většiny došlo alespoň k plnění poloviny teritoria okludované tepny a technickému úspěchu. V grafu jsem poté rozdělil úspěšnost léčby ve vztahu k určitému typu provedené rekanalizační terapie (IVT + MTE, IVT + MTE + IAT, MTE).

Tabulka 14 - Úspěšnost rekanalizační léčby

Výsledek	Počet	Výsledek	Počet
0	5	2b	23
1	1	2c	20
2a	2	3	23
Celkem		74	

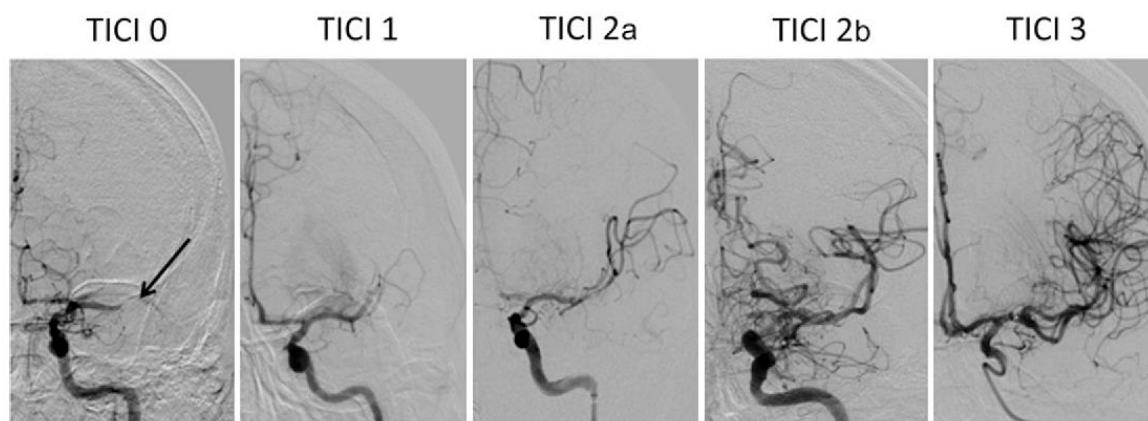
Zdroj: vlastní zpracování, data FN Plzeň

Graf 12 - Úspěšnost rekanalizační léčby



Zdroj: vlastní zpracování, data FN Plzeň

Obrázek 6: Vizualizace úspěšnosti rekanalizační léčby



Zdroj: <https://www.semanticscholar.org/paper/Reperfusion-therapy-in-the-acute-management-of-Lin-Sanos-sian/f708a67410d26d2632a69dcf422dd1141b9bb5e2/figure/1>

Na obrázku vidíme vizualizaci úspěšnosti rekanalizační léčby, která je přiložena jako pomůcka k orientaci v dané problematice.

## DISKUZE

V praktické části jsem se zaměřil na hlavní cíl bakalářské práce – vliv perfuzního CT vyšetření mozku na následnou endovaskulární léčbu. Využil jsem k tomu kvantitativní typ výzkumu. Nadále jsem se zabýval i vedlejším výzkumem například ohledně vzniku komplikací po indikaci léčby jako je čerstvé krvácení v oblasti mozku.

Ten obsahuje informace o pacientech, kteří byli přivezeni do Fakultní nemocnice Plzeň s podezřením na cévní mozkovou příhodu a následně byli odesláni na vyšetření CT. Z celkového počtu cca 962 pacientů za kalendářní rok 2022 byl vybrán soubor 917 pacientů splňujících kritéria této práce. Informace, které jsem svým výzkumem získal, jsem rozdělil a dále zpracoval do statistik reflektující pohlaví, období vyšetření, zda byla provedena endovaskulární léčba a jaký typ endovaskulární léčby byl indikován, také důvod neindikování léčby, úspěšnost mechanické trombektomie a následné komplikace po trombolytické léčbě.

V první analýze je zohledněno genderové zastoupení ve sledovaném souboru. Na výsledcích je vidět, že zastoupení mužů a žen se zásadně neliší, jelikož rozdíl činí pouhá 4 % a při početním rozdílu 45 pacientů. Tudíž lze říct, že pohlaví nemá na indikaci vliv. Předpoklad tedy nebyl potvrzen.

Druhá analýza dat ukazuje výskyt vyšetření v rámci jednotlivých měsíců. Jak můžeme vidět rozdíl mezi nejfrekventovanějším měsícem květnem a tím nejméně vytíženým (září) je vcelku značný – proč tomu tak je, se nepodařilo z dokumentace odhalit. Průměrný počet pacientů činí cca 76 pacientů na měsíc.

Ve třetí analýze se zřetelně projevuje vliv perfuzního CT mozku při podezření na cévní mozkovou příhodu. Cílem je zjištění, kdy bylo toto vyšetření užitečné při indikaci nebo neindikaci léčby. Z analýzy vyplývá, že 803 pacientů (88 %), u kterých bylo multiparametrické CT mozku vč. CTP provedeno, měl výsledek zobrazení přímý vliv na další diagnosticko – terapeutický postup. U 114 pacientů se vliv CTP nemohl projevit, neboť tito pacienti byli z eventuální endovaskulární léčby vyloučeni z jiných příčin. Předpoklad byl tedy potvrzen.

Ve čtvrté analýze bylo cílem zjistit, kolika pacientům byla poskytnuta endovaskulární léčba po vyšetření na CT. Výzkumem bylo zjištěno, že pouhým 294 pacientům byla indikována léčba. Zbylým pacientům byla léčba z různých důvodů neindikována. Předpoklad, že

na základě CTP bude k léčbě indikována minimálně polovina pacientů, se tímto šetřením nepotvrdil.

Následující analýza se zaměřila na indikaci léčby ve vztahu k pohlaví. Dle dat lze říci, že muži jsou indikováni k léčbě častěji než ženy. I přes skutečnost, že rozdíl v pohlaví pacientů, kterým bylo provedeno vyšetření na CT, je velmi malý, vzniká relativně velký rozdíl v indikaci léčby u jednotlivých pohlaví. Z celkových 294 indikovaných pacientů k léčbě, bylo mužů 57,5 %, zatímco žen byla indikována méně než 1/2 pacientek (42,5 %).

Šestá analýza se zabývala typem léčby, která byla indikována. Prokázala, že nejčastější léčbou byla zvolena intravenózní trombolýza, a to v 215 případech. Druhým nejčastěji voleným terapeutickým postupem, byla kombinace intravenózní trombolýzy s mechanickou trombektomií celkem v 51 případech. Třetím nejčastějším byla pak čistě mechanická trombektomie u téměř stejného počtu pacientů. Další varianty léčby byly zastoupeny jen v jednotkách případů. Došlo tedy k potvrzení předpokladu, že nejčastějším typem indikované léčby bude intravenózní trombolýza.

Analýza sedmá se zabývala důvody neindikování léčby. Jak data vypovídají, ve více než polovině neindikovaných případů došlo k neposkytnutí léčby z důvodu nepotvrzení klinické diagnózy mozkového infarktu. Jednalo se o 400 případů z celkových 623. Dalšími nejčastějšími případy pak bylo rozsáhlé poškození mozku s minimální zachranitelnou složkou (51 případů) anebo pravý opak, kdy na perfuzním CT mozku nebyly prokázány ischemizované oblasti. V obou těchto situacích nebyla léčba indikována. Došlo tak k potvrzení předpokladu, že maximálně u jedné poloviny nebude potvrzena diagnóza při vyšetření na CT (400 pacientů z celkových 917). Zároveň byl potvrzen předpoklad, že nejčastějším důvodem neposkytnutí léčby bude nepotvrzení klinicky předpokládané diagnózy.

Osmá analýza zkoumala vlivu perfuzního CT vyšetření mozku na důvody, na základě, kterých nebyla EVL indikována. Příčiny jsou stejné jako u předešlé analýzy. To znamená nejčastějším důvodem neindikování bylo nepotvrzení klinické diagnózy ischemické cévní mozkové příhody v počtu 400 případů. Druhým nejčastějším důvodem u 58 pacientů bylo neprokázání oblastí penumbry či core. Nejméně častým důvodem v této analýze byl pak důvod rozsáhlého ischemického poškození mozkové tkáně. Z celkových 623 případů na neindikování léčby mělo u 509 z nich vliv CTP.

V deváté analýze byl zkoumán výskyt komplikací po provedené léčbě a vznik čerstvého krvácení do mozkové tkáně. Bylo zjištěno, že komplikace vznikly u více než 11 % pacientů – z celkových 294 nebylo možno zjistit následky léčby u tří pacientů z důvodu smrti těchto pacientů.

Desátá analýza se zabývá návazností krvácení na jednotlivý typ endovaskulární léčby. Bylo zjištěno, že v celých číslech bylo nejvíce případů krvácení po indikaci intravenózní trombolýzy v celkovém počtu 22 případů oproti 193 pacientům, u kterých se krvácení neprokázalo. Jedná se tak o 11,5 % z celkových 215 pacientů, kterým byl indikován tento způsob léčby a zaujímá tak 4. místo v celkovém pořadí rizikovosti v tomto souboru pacientů. Druhým nejpočetnějším léčebným postupem byla indikace intravenózní trombolýzy spolu s mechanickou trombektomií, kde bylo prokázáno krvácení v 6 z celkových 51 případů indikace. Je to tedy celkem 13 % případů a třetí nejrizikovější postup. Na druhém místě je mechanická trombektomie s 25 %, zde se komplikace objevily ve 4 případech z 16. Nejrizikovějším je poté kombinace všech léčebných postupů, kdy krvácení vzniklo v 50 %. Ovšem je nutné podotknout, že v tomto souboru se objevil tento léčebný postup pouze dvakrát, a tak výsledky mohou být v této analýze značně zkresleny. Nemohou se tedy zobecňovat.

Jedenáctá analýza zkoumá úspěšnost rekanalizační léčby. Pacienti jsou rozděleni podle úspěšnosti terapie v souladu se stupnicí mTICI kritérií na 0, 1, 2a, 2b, 2c a 3. Výzkum ukázal, že v 23 případech došlo ke kompletní rekanalizaci a plnění okludované tepny i v periferních větvích. Celkem v 66 případech byla MTE technicky úspěšná tzn. hodnocení léčby bylo 2b a vyšší. Jedná se o celkem 89,2 % případů. Naopak pouze v 8 případech následně nastal technický neúspěch. Celkem v pěti případech z nich nedošlo k rekanalizaci – u tří pacientů bylo příčinou neúspěšné provedení, u zbylých dvou byla terapie bez následného průkazu antegrádního toku. Neúspěšně provedená rekanalizační léčba byla z třech různých důvodů – pod USG se nezdařilo zajistit arteriální vstup, respektive se nezdařil průnik přes pánevní řečiště, dále nebylo možno katetrem projít skrze uzávěr ACI. Lze tak říci, že intervenční tým ve Fakultní nemocnici Plzeň – Lochotín se mílí pouze minimálně a je tak tento postup léčby velice účinný.

Z šesti stanovených předpokladů bylo pět potvrzeno a jeden byl vyvrácen. Lze tak říct, že minimálně ve spádové oblasti Fakultní nemocnice Plzeň má perfuzní CT mozků značný vliv

na indikaci léčby a lze říci, že perfuzní CT mozku hraje nepostradatelnou roli u cévních mozkových příhod.

## ZÁVĚR

Závěrem této práce bych chtěl upozornit, že mozkový infarkt je jednou z nejčastějších příčin úmrtí nejen v České republice, ale i ve světě. Jedná se o onemocnění, které se může vyskytnout prakticky v jakékoliv věkové skupině, a tak je velmi důležité postupovat v diagnóze a léčbě rychle a efektivně. Zobrazovací metody s multimodálním vyšetřením mozku spolu s perfuzním CT zobrazením jsou velmi důležitým pomocníkem ve stanovení diagnózy a napomáhají správné indikaci následné léčby.

Teoretická část bakalářské práce se věnuje patologii cévní mozkové příhody a funkční anatomii postihované oblasti. Podrobněji jsou pak rozebrány zobrazovací metody využívané k diagnostice tohoto onemocnění. Poslední část se věnuje samotné léčbě.

Praktickou část tvoří kvantitativní výzkum, ke kterému byly využity informace o 917 pacientech, kteří byli přivezeni na Klinikou zobrazovacích metod ve Fakultní nemocnici Plzeň pro podezření na ischemickou cévní mozkovou příhodu v roce 2022. Informace byly sbírány za souhlasu pověřené osoby Fakultní nemocnice Plzeň a byly zcela anonymizovány a statisticky zpracovány do tabulek a grafů. Bylo vytvořeno celkem 6 předpokladů. Cílem bylo zjistit vliv perfuzního CT mozku na následnou indikaci endovaskulární léčby, která obvykle minimalizuje ischemií tkáně vzniklé škody a prokazatelně zlepšuje outcome pacienta.

Z výsledků výzkumu v praktické části práce lze říci, že perfuzní CT mozku hraje významnou roli a má velký vliv u indikace a případně kontraindikace endovaskulární léčby.

Doufám, že tato bakalářská práce s tématem perfuzního CT mozku se stane studijním podkladem pro zájemce o problematiku perfuzního vyšetření mozku na výpočetní tomografii. Zároveň věřím, že zaujme a bude inspirovat k rozvoji výzkumů na toto téma.

## SEZNAM LITERATURY

1. **Súkupová, Lucie.** *Radiační ochrana při rentgenových výkonech - to nejdůležitější pro praxi.* 1. Praha : Grada publishing, a.s., 2018. str. 280. ISBN 978-80-247-2842-1.
2. **Seidl Zdeněk, Burhetová Andrea, Hoffmanová Eva, Mašek Martin, Vaněčková Manuela, Viták Tomáš.** *Radiologie pro studium i praxi.* 1. Praha : Grada Publishing, 2012. str. 368. ISBN 978-80-247-4108-6.
3. **Haaga, R. John a Alfidi, j. Ralph.** *Computed tomography of the whole body.* 2. Missouri : The C.V: Mosby Company, 1988. str. 683. ISBN 0-8016-1954-8.
4. **Ferda Jiří, Mírka Hynek, Baxa Jan, Malán Alexandr.** *Základy zobrazovacích metod.* První vydání v elektronické verzi. Praha : Galén, 2015. str. 150. ISBN 9478-80-7492-173-5.
5. **Mírka, Hynek a Ferda, Jiří.** *Multidetektorová výpočetní tomografie Perfuzní vyšetření.* Praha : Galén, 2015. ISBN 978-80-749-185-8.
6. **Neuwirth, Jiří a Eliáš, Pavel.** *Kompendium diagnostického zobrazování dětí, adolescentů, plodů a matek.* 1. Praha : Triton, 2014. str. 929. ISBN 978-80-7387-725-5.
7. **Ambler, Zdeněk.** *Základy neurologie.* Praha : Galén, 2011. ISBN 978-80-7262-707-3.
8. **Malíková, Hana a kol.** *Základy radiologie a zobrazovacích metod.* Praha : Karolinum, 2019. ISBN 978-80-246-4036-5.
9. **Ferda, Jiří, Novák, Milan a Kreuzberg, Boris.** *Výpočetní tomografie.* Praha : Galén, 2002. ISBN 80-7262-172-6.
10. **Čertík, Bohuslav a kolektiv.** *Onemocnění karotid a velkých cév aortálního oblouku.* Praha : Grada Publishing a.s., 2005. ISBN 80-247-1268-7.
11. **Kalvach, Pavel a kolektiv.** *Mozkové ischemie a hemoragie.* Praha : Grada Publishing, 2010. ISBN 978-80-247-2765-3.
12. **Seidl, Zdeněk.** *Neurologie pro nelékařské zdravotnické obory.* Praha : Grada Publishing, 2008. ISBN 978-80-247-2733-2.



13. **Seidl, Zdeněk a Manuela, Vaněčková.** *Diagnostická radiologie - Neuroradiologie.* Praha : Grada Publishing, 2014. ISBN 978-80-247-4546-6.
14. **Ferda, Jiří, Mírka, Hynek a Baxa, Jan.** *Multidetektorová výpočetní tomografie Technika vyšetření.* Praha : Galén, 2009. ISBN 978-80-7262-608-3.
15. **Khandelwal, Niranjan.** National Library of Medicine. *CT perfusion in acute stroke.* [Online] 2008. [Citace: 26. Leden 2024.] <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2747454/>.
16. **Fielesmann, Andreas, a další.** National Library of Medicine. *Deconvolution-Based CT and MR Brain Perfusion Measurement: Theoretical Model Revisited and Practical Implementation Details.* [Online] 28. Říjen 2011. [Citace: 27. Leden 2024.] <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3166726/#EEq15>.
17. **Konstas, A.A., a další.** American journal of neuroradiology. *Theoretic Basis and Technical Implementations of CT Perfusion in Acute Ischemic Stroke, Part 2: Technical Implementations.* [Online] Květen 2009. [Citace: 25. Leden 2024.] <https://www.ajnr.org/content/30/5/885.full>.
18. —. American journal of neuroradiology. *Theoretic Basis and Technical Implementations of CT Perfusion in Acute Ischemic Stroke, Part 1: Theoretic Basis.* [Online] Duben 2009. [Citace: 25. leden 2024.] <https://www.ajnr.org/content/30/4/662#sec-2>.
19. **Vinklárek, Jan, a další.** Neurologie pro praxi. *Výpočetní tomografie u akutního mozkového infarktu.* [Online] 2018. [Citace: 27. Leden 2024.] <https://www.neurologiepropraxi.cz/pdfs/neu/2018/04/05.pdf>.
20. **Jakubíček, Stanislava a Mikulík, Robert.** Neurologie pro praxi. *Akutní léčba mozkového infarktu - systémová trombolýza.* [Online] 2020. [Citace: 27. Prosinec 2023.]
21. **Šaňák, D., a další.** proLékaře.cz. *Doporučení pro mechanickou trombektomii akutního mozkového infarktu - verze 2019.* [Online] 2019. [Citace: 28. Prosinec 2023.]
22. **Brainomix.** Brainomix. *Brainomix.* [Online] [Citace: 3. Leden 2024.] <https://www.brainomix.com/>.
23. **RapidAI.** RapidAI. *RapidAI.* [Online] [Citace: 5. Leden 2024.] <https://www.rapidai.com/>.

24. **Bejček, Jiří, Baxa, Jan a Ferda, Jiří.** Česká radiologie. *Perfuzní CT mozku - možnosti optimalizace vyšetřovacího protokolu.* [Online] 2019. [Citace: 10. Leden 2024.]
25. **Rohan, V., a další.** prolékaře.cz. *Klinický pohled na výpočetní tomografii u akutní ischemie mozku.* [Online] [Citace: 3. Únor 2024.] <https://www.prolekare.cz/casopisy/ceska-slovenska-neurologie/2007-6-1/klinicky-pohled-na-vypocetni-tomografii-u-akutni-ischemie-mozku-52510>.

# **SEZNAM PŘÍLOH**

Příloha A – Povolení sběru informací ve FN Plzeň

# PŘÍLOHY

## Příloha A – Povolení sběru informací ve FN Plzeň



Vážený pan  
Ondřej Bleha  
Student oboru Radiologický asistent  
Fakulta zdravotnických studií, Katedra záchranářství, diagnostických oborů a veřejného zdravotnictví  
Západočeská univerzita v Plzni

### **Povolení sběru informací ve FN Plzeň**

Na základě Vaší žádosti Vám jménem Útvaru náměstkyně pro vnější vztahy a spolupráci s lékařskou fakultou FN Plzeň **uděluji souhlas** se sběrem informací o zobrazovacích používaných na *Klinice zobrazovacích metod (KZM) FN Plzeň* metodách a výsledcích vyšetření z těchto metod. Informace budete získávat v souvislosti s vypracováním Vaší bakalářské práce s názvem „*Perfuzní CT mozku*“.

Podmínky, za kterých Vám bude umožněna realizace Vašeho šetření ve FN Plzeň:

- Vrchní radiologický asistent KZM souhlasí s Vaším postupem.
- Vaše šetření osobně provedete.
- Vaše šetření nenaruší chod pracoviště ve smyslu provozního zajištění dle platných směrnic FN Plzeň, ochrany dat pacientů a dodržování Hygienického plánu FN Plzeň. Vaše šetření bude provedeno za dodržení všech legislativních norem, zejména s ohledem na platnost zákona č. 372/2011 Sb., o zdravotních službách a podmínkách jejich poskytování, v platném znění.
- **Sběr informací pro Vaši bakalářskou práci budete provádět v době Vašich, školou schválených, praktik na KZM a pod přímým vedením pana Heidenreicha Filipa, MUDr., vedoucího lékaře KZM FN Plzeň.**
- Obrazové i další údaje ze zdravotnické dokumentace pacientů, které budou uvedeny ve Vaší práci, musí být zcela anonymizovány.
- Po zpracování Vámi zjištěných údajů poskytnete zdravotnickému oddělení / klinice či organizačnímu celku FN Plzeň závěry Vašeho šetření, pokud o ně projeví oprávněný pracovník ZOK / OC zájem a budete se aktivně podílet na případné prezentaci výsledků Vašeho šetření na vzdělávacích akcích pořádaných FN Plzeň.

Toto povolení nezakládá povinnost zdravotnických pracovníků s Vámi spolupracovat, pokud by spolupráce s Vámi narušovala plnění pracovních povinností zaměstnanců, jejich soukromí, či pokud by spolupráci s Vámi zaměstnanci pocítovali jako újmu. Účast zdravotnických pracovníků na Vašem šetření je dobrovolná.

Přeji Vám hodně úspěchů při studiu.

**Mgr. Bc. Světluše Chabrová**  
Manažerka pro vzdělávání nelékařů  
Útvar náměstkyně pro vnější vztahy a spolupráci s LF  
Fakultní nemocnice Plzeň  
Edvarda Beneše 1128/13, 305 99 Plzeň  
Tel: 377 401 663  
E-mail: [chabrovas@fnplzen.cz](mailto:chabrovas@fnplzen.cz)

17. 10. 2023