



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA BIOMEDICÍNSKÉHO INŽENÝRSTVÍ
Katedra zdravotnických oborů a ochrany obyvatelstva

Diagnostika mozkové smrti – současné radiologické možnosti

Brain Death Diagnosis – Current Radiological Methods

Bakalářská práce

Studijní program: Specializace ve zdravotnictví

Studijní obor: Radiologický asistent

Autor bakalářské práce: Thu Ha Tangová

Vedoucí bakalářské práce: PhDr. František Jira

Kladno 2023

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Tangová** Jméno: **Thu Ha** Osobní číslo: **499624**
Fakulta: **Fakulta biomedicínského inženýrství**
Garantující katedra: **Katedra zdravotnických oborů a ochrany obyvatelstva**
Studijní program: **Specializace ve zdravotnictví**
Studijní obor: **Radiologický asistent**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Diagnostika mozkové smrti - současné radiologické možnosti

Název bakalářské práce anglicky:

Brain Death Diagnosis - Current Radiological Methods

Pokyny pro vypracování:

Předmětem bakalářské práce bude definice pojmu mozková smrt a vymezení současných radiodiagnostických možností v rámci této problematiky. Práce bude rozdělena na část teoretickou a část praktickou. V teoretické části bude v jednotlivých kapitolách popsána cévní anatomie mozku a související patofyziologické aspekty. Dále budou podrobněji uvedeny vybrané radiologické možnosti průkazu mozkové smrti - digitální subtrakční angiografie a perfuzní scintigrafie mozku, spolu s českou právní legislativou týkající se daného tématu. V praktické části bakalářské práce bude metodou kvalitativního výzkumu, formou případových studií prezentováno deset vybraných kazuistik pacientů. K bakalářské práci bude použita písemná i obrazová dokumentace z Nemocničního informačního systému a systému PACS Ústřední vojenské nemocnice - Vojenské fakultní nemocnice Praha.

Seznam doporučené literatury:

- [1] SEIDL, Zdeněk, Radiologie pro studium i praxi, ed. , Praha: Grada, 2012, ISBN 978-80-247-4108-6
- [2] KACHLÍK, David, Anatomie pro nelékařské zdravotnické obory, ed. , Praha: Univerzita Karlova, nakladatelství Karolinum, 2018, ISBN 978-80-246-4058-7
- [3] OREL, Miroslav a Roman PROCHÁZKA, Vyšetření a výzkum mozku: pro psychology, pedagogy a další nelékařské obory, Praha: Grada. Psyché , 2017, ISBN 978-80-247-5539-7

Jméno a příjmení vedoucí(ho) bakalářské práce:

PhDr. František Jira

Jméno a příjmení konzultanta(ky) bakalářské práce:

Datum zadání bakalářské práce: **14.02.2023**

Platnost zadání bakalářské práce: **20.09.2024**

doc. Mgr. Zdeněk Hon, Ph.D.
vedoucí katedry

prof. MUDr. Jozef Rosina, Ph.D., MBA
děkan

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem Diagnostika mozkové smrti – současné radiologické možnosti vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů, které uvádím v seznamu bibliografických odkazů.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů.

V Praze dne 04.05.2023

.....
Thu Ha Tangová

PODĚKOVÁNÍ

Ráda bych tímto poděkovala vedoucímu této bakalářské práce PhDr. Františku Jirovi za ochotu a odborné vedení, cenné rady, vstřícnost, trpělivost a volný čas, který mi věnoval během zpracovávání bakalářské práce. Ráda bych také poděkovala celému Radiodiagnostickému oddělení Ústřední vojenské nemocnice – Vojenské fakultní nemocnice Praha za možnost sběru dat nezbytných ke zpracování výzkumu této práce. V neposlední řadě bych chtěla poděkovat PhDr. Bc. Dagmar Šťastné za korekturu celé práce a Mgr. Ondřeji Šťastnému za cenné rady a pomoc s překlady do anglického jazyka.

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá definicí pojmu mozkové smrti a vymezení současných radiodiagnostických možností v rámci této problematiky. Práce je rozdělena na část teoretickou a část praktickou.

V teoretické části je popsána anatomie a fyziologie nervové soustavy, včetně centrální nervové soustavy a cév zásobujících mozek. Dále je popsána mozková smrt s českou právní legislativou týkající se dárcovství orgánů v České republice. Rovněž je v práci objasněna patofyziologie mozkové smrti a průběh stanovení mozkové smrti v České republice. V následujících kapitolách jsou vysvětleny radiologické vyšetřovací metody sloužící ke stanovení smrti mozku a v neposlední řadě je v teoretické části uvedena obecná úloha radiologického asistenta a radiační ochrana.

V praktické části je metodou kvalitativního výzkumu formou případových studií zpracováno deset vybraných kazuistik pacientů s diagnostikou mozkové smrti. Jednotlivé kazuistiky detailně popisují pacientův stav vedoucí k stanovení smrti mozku a radiologické vyšetření s následným určením souhlasu (či nesouhlasu) k dárcovství orgánů. Výsledkem praktické části je podrobná analýza, komparace, zhodnocení jednotlivých kazuistik pacientů a nalezení společných či rozdílných znaků

Klíčová slova

Mozková smrt; digitální subtrakční angiografie; perfuzní scintigrafie mozku; legislativa; cévy zásobující mozek; kvalitativní výzkum; kazuistika

ABSTRACT

This bachelor thesis attempts to tackle the definition of the concept of brain death and the definition of current radiodiagnostic options within this issue. The work is divided into a theoretical part and a practical part.

The theoretical part describes the anatomy and physiology of the nervous system, including the central nervous system and blood vessels supplying the brain. Furthermore, the brain death description is based on the Czech legal legislation regarding organ donation in the Czech Republic. The work also explains the pathophysiology of brain death and the process of determining brain death in the Czech Republic. In the following chapters, radiological examination methods used to determine brain death are explained. Lastly, the general roles of radiological assistants and radiation protection are presented in the theoretical part.

In the practical part, ten selected case studies of patients diagnosed with brain death are processed using the method of qualitative research in the form of case reports. Individual case studies describe the patient's condition in detail leading to the determination of brain death and radiological examination with the subsequent consent (or non-consent) to organ donation. The result of the practical part is a detailed analysis, comparison, evaluation of individual case reports of patients and the finding of common or different features.

Keywords

Brain death; digital subtractive angiography; brain perfusion scintigraphy; legislation; qualitative research; case reports

Obsah

1	Úvod.....	9
2	Cíle práce.....	10
3	Teoretická část.....	11
3.1	Obecná anatomie nervové soustavy	11
3.1.1	Neuron.....	11
3.1.2	Glíe	13
3.1.3	Periferní nerv	14
3.1.4	Základní druhy neuronů.....	14
3.2	Mozek a jeho nervy	15
3.2.1	Mozkový kmen.....	15
3.2.2	Mozeček.....	16
3.2.3	Mezimozek.....	17
3.2.4	Koncový mozek a korová centra.....	19
3.3	Cévní zásobení mozku.....	20
3.3.1	Mozkové tepny	20
3.3.2	Mozkové žíly.....	21
3.4	Mozková smrt	22
3.4.1	Legislativa.....	22
3.4.2	Patofyziologie mozkové smrti.....	24
3.4.3	Stanovení mozkové smrti v České republice	25
3.5	Vyšetřovací metody používané ke stanovení mozkové smrti	26
3.5.1	Elektroencefalografie	26
3.5.2	Měření mozkového perfuzního tlaku	27

3.5.3	Transkraniální dopplerovská ultrasonografie	27
3.5.4	Perfuzní scintigrafie mozku.....	29
3.5.5	Digitální subtrakční angiografie	30
3.5.6	CT angiografie	32
3.6	Obecná úloha radiologického asistenta.....	33
3.7	Radiační ochrana	35
4	Praktická část	37
4.1	Metodologie výzkumu.....	37
4.2	Postup při zpracování případových studií	38
4.3	Kazuistiky	38
5	Analýza a výsledky.....	53
6	Diskuze	60
7	Závěr	66
8	Seznam použitých zkratk.....	67
9	Seznam použité literatury.....	68
10	Seznam Příloh.....	73
11	Přílohy.....	74

1 ÚVOD

Mozková smrt spojená s dárcovstvím orgánů je v dnešní době stále velmi aktuálním tématem. V moderní rozvinuté zemi, ve které žijeme, jsme neustále obkloповáni stresovými situacemi, žijeme v napětí, úzkostech, obavách a nejistotě. Toto vše značně přispívá ke zvyšování dopravních či pracovních nehod, sebevražd, špatnému životnímu stylu, vzniku přidružených civilizačních onemocnění – hypertenzi, ateroskleróze, infarktu myokardu, cévní mozkové příhodě, onkologickým a duševním nemocem atd. Při dlouhodobém přetěžování organismu, které není včas podchyceno, se člověk může dostat do stavu, jehož konečným důsledkem v nemocnicích bývá i průkaz mozkové smrti. V rámci radiologických technologií jsme schopni zcela přesně určit, zda se v daném okamžiku vyšetření o mozkovou smrt jedná či nikoli.

Stanovení mozkové smrti je zásadní diagnózou k darování orgánů mrtvého pacienta. V České republice se určení mozkové smrti řídí Českou právní legislativou, která uvádí potvrzení mozkové smrti pomocí angiografie mozkových tepen, mozkové perfuzní scintigrafii, výpočetní tomografické angiografii, transkraniální dopplerovské ultrasonografii u malých dětí nebo vyšetřením pomocí sluchových kmenových evokovaných potenciálů.

Téma bakalářské práce jsem zvolila pro svůj zájem o danou problematiku z pohledu radiologického asistenta, což vedlo ke zpracování tohoto tématu. Během studia mě nejvíce zaujal obor radiodiagnostiky, proto je bakalářská práce zaměřena primárně na metodu digitální subtrakční angiografie. Dalším důvodem, proč se zabývám touto problematikou, je fakt, že jsem nikde nenašla podobnou práci, která by čtenářovi objasnila kritéria stanovení mozkové smrti, a rovněž tak ani anatomicko-patofyziologickou problematiku daného tématu. Z tohoto důvodu jsem se rozhodla přiblížit tuto oblast jednotlivému čtenáři a uvést některé zajímavé případy pacientů.

2 CÍLE PRÁCE

Cílem této bakalářské práce je přiblížení současných radiologických metod, sloužících k průkazu mozkové smrti, odborným i neodborným čtenářům. Práce bude zodpovídat otázky týkající se anatomie a fyziologie nervové soustavy, včetně centrální nervové soustavy. Dále bude obsahovat vymezení pojmu mozkové smrti a patofyziologické aspekty týkající se dané problematiky s přihlédnutím ke kontextu České právní legislativy. V práci budou vysvětleny aspekty obecné úlohy radiologického asistenta společně s radiační ochranou.

V rámci kvalitativního výzkumu je formou vybraných kazuistik prezentováno deset pacientů, u nichž bylo provedeno digitální subtrakční angiografické vyšetření mozkových tepen za účelem průkazu mozkové smrti. Pacienti byli vybráni Nemocničního informačního systému Ústřední vojenské nemocnice – Vojenské fakultní nemocnice Praha. Všechny případové studie jsou pravdivě popsány na základě dostupných informací, vyhledané společné a rozdílné znaky jsou dále analyzovány a zhodnoceny ve výsledcích.

3 TEORETICKÁ ČÁST

Teoretická část práce se věnuje především anatomii nervové soustavy, důraz je kladen především na cévní anatomii mozku. Dále se zaměřuje na vybrané radiologické metody, které se využívají k průkazu mozkové smrti – digitální subtrakční angiografii a perfuzní scintigrafii mozku. V neposlední řadě je také uvedena Česká právní legislativa týkající se tohoto tématu.

3.1 Obecná anatomie nervové soustavy

Nervový systém se řadí mezi řídicí a integrační systémy organismu. Zajišťuje především příjem informací (senzorické funkce), jež registrují změny vnějšího a vnitřního prostředí organismu. Další z hlavních funkcí nervové soustavy je zpracování informací (asociační – integrační funkce), které dané změny objasňují, a poslední skupinou je hybná odpověď (motorické funkce), jež vytvářejí akci a pohyb. [1]

Nervová soustava se rozděluje na centrální nervovou soustavu, jejíž řídicí systém je mozek a mícha, a periferní nervovou soustavu, která je tvořena míšními, hlavovými a autonomními nervy. [1]

Nervový systém se skládá ze dvou hlavních buněčných jednotek – neuronů a glií. Mezi základní anatomické a funkční jednotky patří neurony. Nervové buňky jsou schopné tvorby a vedení vzruchu, což v podstatě znamená přenášení informací. [1]

3.1.1 Neuron

Neuron patří mezi základní funkční a stavební jednotku nervové tkáně. Je schopný přijmout, vydat a poté předat elektrické impulsy. V centrální nervové soustavě se nachází přibližně 10^{10} – 10^{13} neuronů. [1]

Neuron je tvořen vlastním tělem (perikaryon), který obsahuje jako každá buňka jádro a další orgány, a výběžky. Rozlišujeme dva typy výběžků:

- Dendrity se nachází ve větším počtu, větví se a nemají myelinovou pochvu. Přijímají podráždění (excitaci) a další impulsy od jiných neuronů a vedou je odstředivě, tzn. směrem k tělu. [1, 2, 3]

- Axon (neurit) je obvykle jeden dlouhý výběžek, který dokáže vést jednotlivé vzruchy odstředivě, tzn. od těla neuronu. V periferním nervstvu může v dolních končetinách dosahovat až jednoho metru. Axony vycházející z centrální nervové soustavy tvoří odstředivá vlákna nervů, které končí buď v hladkém nebo příčně pruhovaném svalstvu. Axony jsou na povrchu pokryté dvěma pochvami – vnitřní se nazývá myelinová pochva a vnější se nazývá pochva Schwannova. Mozek a bílá hmota jsou tvořeny pouze myelinovou pochvou, zatímco periferní nervy jsou kromě myelinové pochvy také tvořeny Schwannovou pochvou. Myelinové pochvy nepokrývají axon zcela a mezi jednotlivými pochvami dochází k přerušování tzv. Ranvierovými zářezy. Axony mohou přenášet některé látky z těla buňky, především bílkoviny, ale jejich hlavní funkce je přenos akčního potenciálu. Místo, kde dochází k přenosu akčního potenciálu mezi neurony se nazývá synapse. [1, 2, 3]

Synapse je místo, kde dochází k dotyku membrán dvou buněk, ze které alespoň jedna je neuron. V synapsi se nachází měchýřky s chemickými mediátory (noradrenalin, acetylcholin, kyselina glutamová aj.), díky nimž dochází k vlastnímu uvolňování vlivem akčního potenciálu a přes synaptickou štěrbinu putují k buněčné membráně sousedního neuronu, kde dochází k vyvolání depolarizace buněčné membrány. [1, 2]

3.1.2 Glie

V nervové tkáni se kromě neuronů nacházejí tzv. glie (neuroglie), které nemají vlastnosti nervových buněk. Glie významně podporují neurony a zároveň jsou i funkční jednotkou celého nervového systému. Glie jsou tvořeny velkými buňkami, tzv. makroglie, a buňkami malými, které se nazývají mikroglie. [2, 3]

Mikroglie reprezentují přibližně 10 % všech gliových buněk. Účastní se úklidových reakcí a jsou součástí imunitního systému organismu, neboť jsou tyto buňky schopné fagocytózy. Aktivace mikroglíí probíhá například při poranění CNS, u různých degenerativních onemocnění, mezi které můžeme zařadit Parkinsonovu nemoc či Alzheimerovu nemoc, při zánětech mozku a dalších postižení, při nichž dochází k odstraňování poškozených neuronů. [3]

Buňky makroglie se rozdělují dle stavby a funkčních vlastností na astrocyty a oligodendrocyty. [3]

Astrocyty (astroglie) jsou hvězdicovité buňky s dlouhými četnými výběžky. Jedná se o největší gliové buňky, které se zpravidla dotýkají jedním výběžkem stěny kapiláry a druhým výběžkem naléhají na povrch neuronu. Kromě mechanické a podpůrné funkce tvoří astrocyty také bariéru mezi mozkovou tkání a krví, která zabraňuje některým látkám přestupovat do mozku, usměrňují elektrolytovou rovnováhu v CNS a napomáhají k izolaci mezi jednotlivými neurony. [1, 2, 3]

Oligodendrocyty (oligodendroglie) jsou zpravidla menší buňky než astrocyty a mají také i méně výběžků, které jsou zároveň i kratší. Tyto výběžky obklopují axony a mají také i přímý vliv na tvorbu myelinu, přičemž jedna buňka oligodendrocytu může vytvořit obal až 50 axonům. Zatímco oligodendrocyty vytvářejí myelinovou pochvu v centrální nervové soustavě, Schwannovy buňky

vytvářejí obaly periferních nervů. Obě skupiny buněk na sebe navazují v místě prvního Ranvierova zářezu myelinové pochvy. [1, 2, 3]

3.1.3 Periferní nerv

Periferní nervy vytvářejí funkční a anatomické spoje mezi míchou (resp. mozem) a periferními tkáněmi. Nervová vlákna vytváří svazky, které jsou pohromadě udržovány řídkým vazivem (endoneuriem), kterým procházejí drobné cévy, jež zásobují nerv. Obal svazků vytváří perineurium a více svazků perineurií je dále obaleno jemným vazivem (epineuriem), v jehož obsahu se nachází elastická i kolagenní vlákna, tukové buňky, cévy a tenká vlákna nervi nervorum. [1, 2]

3.1.4 Základní druhy neuronů

Dle morfologie rozdělujeme:

- Neuron multipolární má pouze jeden dlouhý axon a obsahuje velké množství krátkých dendritů;
- Neuron bipolární je charakteristický pro smyslové orgány. Z těla nervové buňky vychází z protějších stran jeden dlouhý dendrit a jeden axon;
- Neuron pseudopolární se zařazuje mezi zvláštní typy neuronu, neboť jeho dlouhý dendrit a axon přiléhají těsně k sobě nebo se spojují. Na obraze je pak vidět pouze jediný výběžek, který vychází z těla neuronu;
- Neuron unipolární je dalším zvláštním typem neuronu, neboť neobsahuje dendrity, ale pouze axon. [4]

Podle délky axonu rozdělujeme neurony na dva typy:

- Neurony Golgiho typu I se vyznačují dlouhým axonem, u něhož dochází k větvení až na konci;

- Neurony Golgiho typu II se charakterizují krátkým axonem, jenž se větví od začátku již v blízkosti těla. [4]

Z funkčního hlediska rozdělujeme neurony na:

- Aferentní (dostředivé) neurony přivádí informace z periferní nervové soustavy do centrální nervové soustavy. Mezi aferentní neurony se zařazují neurony senzitivní a viscerosenzitivní část neuronů autonomních;

- Eferentní (odstředivé) neurony přivádí naopak informace z centra do periferní nervové soustavy. Mezi eferentní neurony se řadí neurony motorické a visceromotorické i sekreční neurony autonomní;

- Interneurony mají různé funkce, mezi něž zařazujeme funkci propojovací, integrační, asociační a regulační. Vyskytují se především v mozku, hřbetní míše a nervových uzlinách. [4]

3.2 Mozek a jeho nervy

3.2.1 Mozkový kmen

Mozkový kmen (*truncus encephali*) se řadí mezi velmi důležitou strukturu, která je tvořena rhombencefalem a mesencefalem. Představuje návaznost na hřbetní míchu. K mozkovému kmenu náleží prodloužená mícha, Varolův most a střední mozek. Mozkovým kmenem prostupují nervová vlákna, která spojují míchu s mezimozkem a mozkovými hemisférami, a nachází se zde centra základních reflexů s dýchacím a oběhovým centrem. Při poškození mozkového

kmene může dojít k selhání centra vědomí a může také vést k oběhovému i dechovému selhání přecházejícímu k bezvědomí až smrti. [1, 3]

Prodloužená mícha (medulla oblongata) je pokračování hřbetní míchy, která se rozšiřuje a přechází na Varolův most. Skládá se z šedé hmoty, která je tvořena z nervových buněk, a bílé hmoty, ve které se nachází vlákna aferentních a eferentních drah. Z prodloužené míchy vystupují vlákna IX až XII hlavových nervů a dolní část retikulární formace. Zde se také nachází centra základních životních funkcí – dýchací centrum, vazomotorické centrum a centrum pro regulaci srdeční činnosti. [1, 3, 5]

Varolův most (pons) je útvar nacházející se mezi prodlouženou míchou a středním mozkem, který je vidět pouze na přední straně mozkového kmene. V šedé hmotě mostu se nachází V. až VIII. hlavový nerv střední část retikulární formace. [5]

Střední mozek (mesencephalon) je malá část mozkového kmene, který je umístěn mezi Varolovým mostem a hemisférami koncového mozku. Na zadní straně mezencefala se nachází čtverořbolí (lamina quadrigemina), jehož horní pár je zapojen k zrakové dráze a dolní pár je zapojen k dráze sluchové. Uprostřed středního mozku prochází úzký kanálek, který se nazývá aqueductus cerebri, tzv. Sylviův kanálek, který propojuje čtvrtou a třetí mozkovou komoru. [1, 3, 5]

3.2.2 Mozeček

Mozeček (cerebellum) se zařazuje mezi největší struktury zadního mozku a nachází se v zadní jámě lebeční. Hmotnost mozečku tvoří přibližně 10,5 % celkové hmotnosti mozku. Cerebellum je tvořeno mozečkovými polokoulemi (hemispheriae cerebelli), které jsou spojeny podlouhlým červem (vermis). Mozeček se propojuje s mozkovým kmenem díky třem drahám– pedunculus

cerebellaris superior, který spojuje mozeček se středním mozkiem, pedunculus cerebellaris medius propojující mozeček s Varolovým mostem a pedunculus cerebellaris inferior, jenž váže mozeček k prodloužené míše. Největší část mozečku je tvořena tzv. cerebrálním mozečkem, ke kterému se řadí největší laloky obou mozečkových polokoulí. Povrch mozečku je tvořen kůrou (cortex cerebelli), která je rozčleněna v lístky (folia), mezi nimiž se nachází štěrby (fissurae) zvětšující její povrch. Do mozečku vstupují velmi početná vlákna z míchy, mozkové kůry a rovnovážného ústrojí. Tyto dráhy vycházející z mozečku se účastní v řízení motorických drah, především v udržování rovnováhy, postoje, chůze a provádění koordinovaných přesných pohybů. [1, 3, 5, 6]

Mozeček lze rozdělit do tří částí:

- Vestibulární mozeček je vývojově nejstarší část mozečku, která se podílí v řízení rovnováhy a postoje;
- Spinální mozeček slouží k udržování polohy a kontrole svalového napětí;
- Cerebrální mozeček je vývojově nejmladší oddíl mozečku, k němuž náleží největší laloky obou mozečkových polokoulí. Slouží zejména ke koordinaci přesných pohybů, jejich síly a rychlosti. [1, 3, 5, 6]

3.2.3 Mezimozek

Mezimozek (diencephalon) je část mozku, který je včleněn mezi mozkový kmen a koncový mozek (obklopují strukturu mezimozku), tudíž je na povrchu vidět pouze hypothalamus s hypofýzou. Součástí mezimozku je III. mozková komora, která rozděluje mezimozek do dvou symetrických polovin. Mezimozek je tvořen dvěma oddíly, které se nazývají talamus a hypotalamus. [1, 3, 5, 6]

Talamus (thalamus) je vejčitá párová struktura uložená na vnitřní straně každé hemisféry a naléhá na III. mozkovou komoru – úzkou štěrbinu, do které ústí Sylviusův kanálek. K dolnímu okraji talamu je připojen hypotalamus. Talamus vykonává mnoho funkcí, hlavní postavení mají zejména talamická jádra, která „filtrují“ informace, jež vstupují z různých senzoryckých a senzitivních drah, tudíž lze talamus považovat jako tzv. „bránu vědomí“. Díky této filtraci informací ochraňují talamická jádra mozkovou kůru před neúměrným množstvím vzniklých informací. [1, 3, 5, 6]

Hypotalamus (hypothalamus) je nepárové těleso nálevkovitého tvaru, které je uloženo ve středu pod oběma okraji talamu, jež jsou separované od hypotalamu pomocí mělkého žlábků, a též také tvoří dno III. mozkové komory. Na hypotalamu je pomocí úzké stopky zavěšen mozkový podvěsek, který je s hypotalamem propojen skrz nervová vlákna a cévy. Jedná se poměrně o malý útvar, avšak z funkčního hlediska je hypotalamus velice významný – jedná se o nejvyšší autonomní ústředí, jež řídí tělo pomocí hormonů, sympatiku a parasympatiku. Hypotalamem lze ovlivňovat endokrinní orgány a je také spojen s limbickým systémem. Dále se podílí na kontrole vody a elektrolytů, příjmu potravy a tekutin, termoregulaci, obranné a emoční reakci, sexuální chování, usměrňuje cyklus spánku – bdění a účastní se v procesech ovlivňujících paměť. Jedna kategorie jader hypotalamu vytváří ve vlastních buňkách látky, které se pomocí krevního oběhu přemisťují do předního laloku hypofýzy, kde usměrňují a kontrolují tvorbu hormonů. Do zadního laloku hypofýzy se skrz nervová vlákna dostávají již hotové hormony, které umožňují řízení funkce žláz s vnitřní sekrecí a látkové výměny v organismu. Druhá kategorie jader v hypotalamu je pomocí drah propojená s jádry hlavových nervů a s míšními neurony, jejichž výběžky poskytují inervaci hladké svaloviny stěn cév a orgánů. Tato skupina jader ovládá funkci autonomních nervů, a tudíž zasahuje takřka do všech autonomních reakcí probíhajících v organismu, proto se může také nazývat

„útrobní“ či „vegetativní mozek“. „Vegetativní mozek“ ovlivňuje dýchání, krevní oběh, pohyby trávicí trubice, vyprazdňování žláz trávicího systému nebo i tělesnou teplotu. [1, 3, 5, 6]

3.2.4 Koncový mozek a korová centra

Koncový mozek (telencephalon) je největší část mozku a je složen ze dvou hemisfér, které jsou částečně odděleny interhemisferální zářezem. Hlubší rýhy rozčleňují hemisféry na jednotlivé laloky (lobi), jež se dále rozdělují na závitý (gyri). Centrální rýha (sulcus centralis) rozděluje čelní lalok (lobus frontalis) a lalok temenní (lobus parietalis). Boční rýha (sulcus lateralis) odděluje spánkový lalok (lobus temporalis) od čelního a temenního laloku. Zadní část hemisfér se nazývá týlní lalok (lobus occipitalis). [1]

Koncový mozek je tvořen šedou a bílou hmotou. Šedá hmota vytváří mozkovou kůru (cortex cerebri) na povrchu a podkorové struktury nacházející se v nitru mozku. Bílá hmota se nachází v hloubce koncového mozku a je prostoupena velkým počtem vláken, které propojují neurony. [6]

Korová centra jsou části mozkové kůry, která jsou složena z velkého množství neuronů, začínají i končí v nich mozkové dráhy. Mozková kůra je tak vlastně rozdělena do různých oblastí, které umožňují řízení daných funkcí. [1]

Motorické korové centrum je uloženo zejména v čelním laloku. Nachází se zde centra pro řízení funkce svalů nohy, bérce, stehna a kyčle, poté pokračují motorické oblasti pro svaly trupu, ramene, paže a ruky. Kromě těchto částí těla řídí také svaly hlavy, jazyku, hltanu i hrtanu. Motorickým korovým centrem jsou ovládané pohyby vědomé i pohyby vůlí ovládané. [1]

Centrum kožní citlivosti se nachází v bezprostřední blízkosti motorického centra a končí zde dráhy, které přivádějí vzruchy z receptorů reagující na bolest, teplo, chlad, tlak a dotyk. [1]

Zrakové centrum zaujímá větší část týlního laloku a dochází zde ke sloučení obrazů, které jsou registrovány receptory sítnice a vedeny skrz vlákna zrakových drah. [1]

Sluchové a vestibulární centrum se vyskytuje v oblasti spánkového laloku a jsou zde lokalizovány neurony sluchových drah a dráhy převádějící informace o poloze a pohybu těla. [1]

Čichová a chuťová centra se společně nachází v těsné blízkosti. Obě centra se převážně vyskytují v dolní a vnitřní ploše čelních laloků a jsou zde lokalizovány vlákna čichové a chuťové dráhy. [1]

3.3 Cévní zásobení mozku

3.3.1 Mozkové tepny

Mezi hlavní cévy zásobující mozek patří karotické a vertebrální tepny – a. carotis interna dextra et sinistra, které vycházejí z větve a. carotis communis a a. vertebralis dextra et sinistra, jejichž větve vystupují z a. subclavia. [3]

A. carotis interna vstupuje kraniálně přes canalis caroticus do lebeční dutiny a větví se na dvě větve, a. cerebri anterior a a. cerebri media. Vytváří esovitý průběh, který se nachází před vstupem do canalis caroticus a který se také nazývá „karotický sifon“. Po výstupu z canalis caroticus se tepna nachází na boku kosti klínové, přechází skrz sinus cavernosus a nad povrchem dura mater se dělí na a. ophthalmica, která prochází do canalis opticus a která vyživuje celé oko a oční víčka, dále také kůži čela a nosního hřbetu. [7]

A. carotis interna se dále rozděluje na několik tepen, jež se podílí na zásobování mozku – a. cerebri anterior dextra et sinistra, které spojuje a. communicans anterior před vstupem do fisura interhemisphaerica, a a. cerebri media dextra et sinistra. [7]

A. vertebralis dextra et sinistra vedou skrz foramen magnum do lebeční dutiny a zhruba po třech centimetrech průběhu se spojují v nepárovou a. basilaris, která se nachází na kraniálním konci prodloužené míchy a celého Varolova mostu, a právě na tomto kraniálním konci dochází k opětovnému rozdělení na a. cerebri posterior dextra et sinistra, která propojuje a. communicans posterior s a. cerebri media či a. carotis interna. Těmito tepnami se uzavírá tepenný okruh, circulus arteriosus cerebri (Willisi). Tepenné větve Willisova okruhu se táhnou na povrchu mozku jako korové (kortikální) tepny a vstupují do baze mozku v podobě centrálních tepen. Willisův okruh zprostředkovává kolaterální oběh v případě, že dochází k postupnému zúžování nebo uzávěru karotické či vertebrální tepny, a tím umožňuje prodloužení času na rozšíření větví okruhu, které dokáží nahradit zúženou tepnu. Kolaterální oběh však není dostačující v případě náhlého uzávěru tepny a vzniká ischemický iktus nebo-li mozková mrtvice. [3, 7]

3.3.2 Mozkové žíly

Mozkové žíly lze rozdělit na odtokové žíly mozkového kmene a odtokové žíly mozkových hemisfér. [7]

Vv. cerebri shromažďují krev nacházející se na povrchu mozku a v cévních pleteních mozkových komor a dochází k vyústění krve do sinus durae matris. Vv. cerebri se rozdělují na povrchové žíly a hluboké žíly. Povrchové žíly jsou zřetelně vidět na povrchu hemisfér a zařazují se tam vv. cerebri superiores, vv. cerebri inferiores a vv. cerebri mediae. Hluboké žíly probíhají po horní ploše

thalamu a jedná se o párové vv. cerebri internaе, které se propojují ve v. magna cerebri (v. Galeni). [7]

Vv. meningeae mají svůj začátek v tvrdé pleně mozkové (dura mater) a pokračují do žil, které paralelně sbíhají s tepnami nacházejícími se v zevní vrstvě tvrdé mozkové pleny. Největší touto žílou je v. meningeae media, na jejímž konci dochází ke zdvojení. [7]

Sinus durae matris jsou žilní splavy tvrdé mozkové pleny, které ústí do v. jugularis interna. Obecně sinusy pojmají tekutinu z mozku, mozkových plen a z lebečních kostí. Mezi největší žilní splavy se řadí sinus sagittalis superior, který na angiografickém vyšetření vytváří oblouk vycházející z čelní do týlní oblasti, sinus sagittalis inferior, sinus rectus, confluens sinuum, u něhož se jedná o soutok výše uvedených splavů, sinus transversus či sinus sigmoideus [7]

Krev nacházející se v mozkovém kmeni a zadní jámě lebeční je soustředována pomocí pontomesencefalických žil, které se váží na žíly prodloužené míchy a žilní pleteně vyskytující se v páteřním kanálu. [3]

3.4 Mozková smrt

Smrt mozku se v České republice definuje jako trvalý zánik všech mozkových funkcí včetně funkcí mozkového kmene [8] Pojem mozková smrt byl v České republice legislativně uchopen jako smrt člověka i přesto, že ostatní základní životní funkce, mezi které se řadí dýchání, krevní oběh či vnitřní prostředí, lze dočasně regulovat pomocí technického a farmakologického vybavení. [8]

3.4.1 Legislativa

Česká republika je v této záležitosti podrobena legislativě, konkrétně zákonu č. 285/2002 Sb., o darování, odběrech a transplantacích tkání a orgánů a o změně

některých zákonů (transplantační zákon), a s ním související prováděcí vyhlášky. Roku 2013 však Česká republika přijala novelu transplantačního zákona č. 44/2013 Sb., jež pozměňuje doposud používaný zákon č. 285/2002 Sb. Oba zmíněné zákony vycházejí z předpisů stanových Evropskou unií. [9, 10, 11]

3.4.1.1 Vyjádření souhlasu (nesouhlasu) s posmrtným darováním orgánů v Evropě

Právní normy uvádí dva rozdílné přístupy týkající se darování orgánů – předpokládaný souhlas s darováním v případě, že se zemřelý nevyjádřil k posmrtnému darování během svého života nesouhlasně a předpokládaný nesouhlas, kdy je potřeba získat souhlas od rodiny. V mnoha zemích se využívají národní registry pro vyjádření souhlasu či nesouhlasu s transplantací, v jiných se zase uvádí názor k dané problematice na řidičském průkazu či je možné využít také tzv. dárcovské karty. V zemích, kde se předpokládá souhlas s transplantací, je vyšší množství dárců. [11]

Předpokládaný souhlas je využíván například v České republice, na Slovensku, v Belgii, Rakousku i některých státech USA. Zásada předpokládaného nesouhlasu je uplatňován například v Německu, Nizozemsku, Švédsku i ve většině států USA. [11]

3.4.1.2 Předpokládaný souhlas od dárců orgánů v České republice

Dle transplantačního zákona č. 44/2013 Sb., je odběr orgánů vyloučen, jestliže sám dárců během svého života vyjádřil nesouhlas s odběrem tkání a orgánů, tzn. jestliže je zemřelý zaznamenán v Národním registru osob, kteří nesouhlasí s odběrem tkání a orgánů, nebo zemřelý vyslovil svůj nesouhlas ve zdravotnickém zařízení před svým ošetřujícím lékařem a svědkem, nebo jestliže zákonný zástupce nezletilé osoby či osoby zbavené vlastní způsobilosti přímo ve

zdravotnickém zařízení před ošetřujícím lékařem a dalším svědkem prohlásí, že nesouhlasí s odběrem tkání a orgánů zemřelého. [9, 11]

Dále může být odběr orgánů a tkání vyloučen, jestliže se prokáže, že zemřelý trpěl onemocněním, které by mohlo ohrozit příjemce na zdraví či životu, nebo pokud nelze zemřelého identifikovat. [11]

Základní podmínkou zdařilého odběru orgánů či tkání od zemřelého dárce je spolupráce dárcovské nemocnice s transplantačním centrem. V dnešní době je dle transplantačního zákona nutné informovat transplantační centra o potencionálním dárci. V České republice se nachází sedm transplantačních center, z toho dvě transplantační centra se nachází v Praze (TC Motol a TC IKEM). [11]

3.4.2 Patofyziologie mozkové smrti

Mozková smrt je složitý proces, při kterém dochází k selhávání jednotlivých systémů organismu. Mozek se řadí mezi orgány s vysokým energetickým i metabolickým příjmem i výdejem a je podřízen nepřetržitému dodávání kyslíku a energie, neboť mozek není schopen si vytvářet energetické a kyslíkové zásoby, proto je obohacen velkým cévním zásobením. [11]

Mozek je orgán, který je umístěn v kostěné lebce bez možnosti se rozpínat v případě zvýšení nitrolebního tlaku. Mozková tkáň se řadí k strukturám, které jsou velmi citlivé na poruchy a které mohou být poškozeny jakoukoli formou, sem lze zařadit například hypoxii, ischemii, trauma či samovolné krvácení. Na každé poškození však reaguje stejně, a to vznikem edému. Edém se dále rozlišuje svým rozsahem a díky tomu lze určit, o jaké poškození se může jednat. [11]

Největší nebezpečí způsobuje narůstající nitrolební tlak, který snižuje mozkovou perfuzi, čímž dochází ke zvyšování hypoxie a energetického schodku,

který zapříčiní vznik rozsáhlejšího edému. Poněvadž nemá mozková tkáň prostor k rozpínání, intrakraniální i intracerebrální tlaky se zvyšují a tím dochází k postupnému poškozování mozkových struktur a též ke ztrátě funkčnosti mozkové tkáně. [11]

Jedním z posledních záchranných bodů může být tzv. Cushingův reflex, který zapříčiní, že mozkový kmen způsobí zvýšení krevního tlaku nad 250 mmHg v systole k zachování mozkové perfuze. [11]

Mozková smrt nastává vznikem tzv. okcipitálního konusu, kdy dojde k vtlačení mozkového kmene do *foramen occipitale* z důvodu tlaků nacházejících se uvnitř lebky. V této fázi již nedochází k perfuzi mozku a dochází k ireverzibilnímu poškození mozkové tkáně. Mozková tkáň v tomto případě již nejeví známky činnosti, EEG nezaznamenává elektrickou aktivitu a mozek nedostává impulsy přicházející z periferie. Též se přeruší spojení mezi míchou a mozem. U zemřelého se rozvíjí diabetes insipidus, který je ukazatelem metabolického rozvratu. Vzniklá apnoe je trvalá a ireverzibilní a pomalu dochází ke vzniku hypotermie. [11]

Transkraniální dopplerovská sonografie nezobrazí aktivitu mozkové tkáně, nativní CT mozku zobrazí postupný zánik gyrifikace a komorového systému a podaná kontrastní látka či radiofarmakum nevstupují do mozkové tkáně. [11]

3.4.3 Stanovení mozkové smrti v České republice

Pacient s podezřením mozkové smrti se musí podrobit základním klinickým vyšetřením s prodlevou minimálně čtyř hodin pod dohledem lékařů, z nichž alespoň jeden je specializován v oblasti anesteziologie, neurologie či neurochirurgie. [12]

U pacienta se nejprve musí vyloučit jakákoli intoxikace, užívání tlumivých léků, podchlazení a endokrinní a celkový metabolický rozvrat. [11]

Mezi základní klinická vyšetření, kterým se pacient s podezřením na mozkovou smrt musí podrobit, se řadí oboustranná fotoreakce, korneální reflex, motorická reakce na algické dráždění n. trigeminus, kašlací reflex, apnoe. [11]

Mezi instrumentální vyšetření k prokázání mozkové smrti se řadí angiografické vyšetření či perfuzní scintigrafie mozku. Lze rovněž využít vyšetření evokovaných sluchových potenciálů v rámci elektroencefalografie, které vyhodnotí elektrickou aktivitu mozku, a u dětí do jednoho roku lze použít transkraniální dopplerovskou sonografii. [11]

3.5 Vyšetřovací metody používané ke stanovení mozkové smrti

3.5.1 Elektroencefalografie

Elektroencefalografie (EEG) je neinvazivní metoda, která z povrchu hlavy snímá elektrickou aktivitu, jež je jednou ze základních projevů činnosti nervových buněk. Díky její registraci a analýze lze získat obraz o funkci mozkové tkáně. Změnu elektrického potenciálu a vedení vzruchů lze měřit v jednotlivých nervech i neuronech. [13]

Při podezření na mozkovou smrt snímá elektroencefalograf mozkovou aktivitu po dobu 60 minut. Ta nesmí převýšit dva až tři mikrovolyty. [14]

V dnešní době stále patří metoda EEG mezi finančně i časově nenáročné techniky, které se pro určení mozkové smrti řadí mezi široce dostupné metody používané v mnoha zemích [15]

3.5.2 Měření mozkového perfuzního tlaku

Měření mozkového perfuzního tlaku (CPP – Cerebral Perfusion Pressure) je invazivní metoda k určení nitrolebního tlaku, která je srovnávána se středním arteriálním tlakem. [14]

Hodnota cerebrálního perfuzního tlaku se vypočítá pomocí hodnot intrakraniálního tlaku (ICP – Intracerebral Pressure) a středního arteriálního tlaku (MAP – Mean Arterial Pressure). Hodnota intrakraniálního tlaku je měřena pomocí intrakraniálních čidel, které jsou zaváděny do dutiny lebeční a které lze zavést několika způsoby – epidurálně, subdurálně, subarachnoidálně, intraventrikulárně a intraparenchymálně, z nichž nejvíce se využívá zavedení čidel intraventrikulárně a intraparenchymálně. Fyziologické rozhraní intrakraniálního tlaku se pohybuje okolo 7–15 mmHg a u dětí mezi 3–7 mmHg, které se dále odečítají od hodnoty středního arteriálního tlaku, čímž lze spočítat perfuzní cerebrální tlak. Fyziologické rozhraní CPP se pohybuje mezi 70 a 80 mmHg a nesmí klesnout pod 60 mmHg. [14, 16]

Cerebrální perfuzní tlak určuje míru prokrvení mozkové tkáně, která je závislá na množství okysličení a tím i funkci mozkové tkáně. Pakliže je hodnota intrakraniálního tlaku vyšší nebo rovna střednímu arteriálnímu tlaku, jedná se o zástavu mozkové perfuze. [14, 16]

3.5.3 Transkraniální dopplerovská ultrasonografie

Ultrasonografie je neinvazivní vyšetřovací metoda, která je pro pacienta nenáročná a neškodná bez jakýchkoli negativních účinků. Principem je vysílání ultrazvukových vln, jež procházejí skrze tkáně a mají schopnost odrazet se na rozhraní tkání. Odražené ultrazvukové vlny je poté možno zachytit a analyzovat. Ultrazvuk se řadí mezi mechanické vlnění o frekvenci vyšší než 20 kHz a v rámci

lékařské ultrasonografie se využívá frekvence ultrazvuku pohybující se v rozmezí 2-15 MHz. [13]

Principem ultrasonografie je využití sondy, která vysílá ultrazvukové vlny procházející měkkými tkáněmi, na jejichž rozhraní o různých vlastnostech se odraží zpět. Zdrojem ultrazvuku je piezoelektrický krystal, který je schopen zachytit odražené vlny, jež jsou následně zpracovány počítačem. [13]

Ultrazvuk je však u vyšetření mozku velmi limitován, neboť ultrazvukové vlny prochází skrz kosti jen omezeně, většinou se na hranici kosti odrazí zpět, proto se ultrasonografie k vyšetření mozku používá primárně jen u nejmenších dětí díky otevřené fontanelle. Věková hranice u dětí, u kterých lze využít ultrazvukové vlny k vyšetření mozku, se pohybuje okolo 12 až 15 měsíců, poté se fontanela uzavírá. [13]

Transkraniální dopplerovská ultrasonografie je vyšetření, které umožní vyšetřit krevní tok v intrakraniálních tepnách. V tomto případě se využívá zobrazení skrz tenkou spánkovou kost, která díky vyšší intenzitě ultrazvuku používaného u dopplerovské ultrasonografie zobrazí cévy uložené v lebce. [13]

Dle vyhlášky 114/2013 se transkraniální dopplerovská ultrasonografie řadí mezi pomocné metody prokazující zástavu mozkové cirkulace při stanovení mozkové smrti a řadí se mezi druhou nejčastěji používanou pomocnou metodu ke stanovení zástavy mozkové cirkulace. Vyšetření provádí pouze lékař, který má odbornou způsobilost v oblasti neurologie s certifikátem funkční odbornosti v neurosonologii České neurologické společnosti ČLS JEP. [17]

K diagnostice zástavy mozkové cirkulace patří zhodnocení hemodynamických veličin v intrakraniálních tepnách, kam se zařazuje směr a rychlost toku, index pulzatility a rezistence. [18]

3.5.4 Perfuzní scintigrafie mozku

Perfuzní scintigrafie mozku je vyšetření nukleární medicíny, které slouží k spolehlivému ověření mozkové cirkulace v rámci stanovení smrti mozku pro účely transplantace orgánů. Pro diagnostiku mozkové smrti se využívají stejná lipofilní radiofarmaka jako u vyšetření mozkové perfuze, která postupují pasivně přes hematoencefalickou bariéru. [19, 20]

Perfuzní scintigrafie mozku využívá radiofarmakum ^{99m}Tc -hexametylpropylenaminoxim (^{99m}Tc -HMPAO) nebo ^{99m}Tc -etylcysteindietylester (^{99m}Tc -ECD) a vyšetření se provádí dle národních radiologických standardů. Dané radiofarmakum se pacientovi aplikuje intravenózně přes periferní žilní kanylu nebo do centrálního žilního vstupu vždy s následným dostatečným proplachem fyziologickým roztokem a po 15 až 20 minutách od aplikace se provádí planární scintigrafie ve čtyřech základních projekcích – přední, zadní a obě bočné projekce. Rovněž se provádí i tomografická scintigrafie SPECT k posouzení přítomnosti aktivity v mozku. Aplikovaná aktivita se určuje dle hmotnosti pacienta, standardně se podává okolo 700 MBq. Dynamická studie probíhá ihned po podání radiofarmaka, které během dvou minut vytvoří 30 scintigramů. Následně se realizuje statická scintigrafie ve všech čtyřech projekcích v délce čtyř minut na každou projekci. V zorném poli se nachází nejen hlava, ale i oblast krku. Potvrzení mozkové smrti se určí dle chybějící akumulace radiofarmaka v mozkové tkáni – je to z toho důvodu, že během mozkové smrti dochází ke vzniku edému, který neumožňuje průtok krve do mozku, čímž není ani možné, aby se podaná aktivita dostala do mozkové tkáně. [13, 19, 20]

3.5.5 Digitální subtrakční angiografie

Angiografie se řadí mezi vyšetření, při němž se do tepen zásobující mozek aplikuje kontrastní látka s následným provedením rentgenových snímků, díky čemuž lze zobrazit cévní řečiště uvnitř mozku. Nejvýhodnější a také i nejpoužívanější technikou k určení mozkové cirkulace je digitální subtrakční angiografie (Digital Subtraction Angiography, DSA), která zpočátku zobrazí vyšetřovanou oblast bez kontrastní látky, tzv. nativně (maska) a následně dojde k vstříknutí kontrastní látky s pořízením dalších rentgenových snímků. Počítačový systém je schopný srovnat dané dvě zobrazení a umožní odečtení obou zobrazení odstraněním rušivých vjemů nacházejících se v pozadí. Díky tomu dojde k zvýraznění kontrastní látky v cévách. [13]

Digitální subtrakční angiografie patří mezi invazivní skiaskopická vyšetření, výkony se provádí na angiografické vyšetřovně, které musí splňovat stejné hygienické požadavky jako operační sál. Angiografická vyšetřovna je vybavena speciálním angiografickým zařízením, díky kterému dochází ke skiaskopické kontrole prováděného výkonu a vytváření dynamických snímků. Většina obvyklých angiografických vyšetření se realizuje tzv. Seldingerovou metodou – dutou jehlou vyplněnou mandrénem se punktuje céva, poté se odstraní mandrén a zavede se vodič, dojde k odstranění punkční jehly a po vodiči se zavádí do cévy různé katétry určené pro dané vyšetření (v našem případě speciální vysokoprůtokový katétr určený k angiografickému vyšetření průkazu mozkové smrti). [21]

3.5.5.1 Vybavení angiografického sálu

Součástí angiografického vybavení je pohyblivé C-rameno, které využívá rentgenku nacházející se naproti flat panel detektoru a které umožňuje zobrazení vyšetření v různých pozicích podle natočení kompletu. Na některých

pracovištích se lze setkat se dvěma C-rameny, díky kterým je možné získat relevantní obraz ve dvou na sebe kolmých projekcích současně, tzv. biplanární systém. Dále se na angiografickém sále nachází volně pohyblivý stůl, který musí splňovat určité požadavky, kam je možné zařadit nízkou absorpci záření a vysokou zatížitelnost. K dalšímu angiografickému vybavení se řadí ovládací konzole, která je umístěna na sále nebo v ovládací místnosti, displej pro sledování výkonu v reálném čase a monitor zaznamenávající životní funkce. K aplikaci jodové kontrastní látky se využívá tlaková stříkačka. [21, 22]

3.5.5.2 Provedení DSA u ověření mozkové smrti

Digitální subtrakční angiografie intrakraniálních tepen se realizuje buď selektivní angiografií společných karotických a vertebrálních tepen nebo angiografií vstříkem kontrastní látky do oblouku aorty, obě metody provedení se uskutečňují při středním arteriálním tlaku, který musí mít minimální hodnotu 60 mmHg. [14, 23]

U DSA přes oblouk aorty se aplikuje přibližně polovina množství kontrastní látky v mililitrech na kilogram hmotnosti pacienta, přičemž koncentrace kontrastní látky by neměla klesnout pod minimální stanovenou hodnotu 300 mg I/ml, a je potřeba aplikovat alespoň minimální množství 30 ml rychlostí 15-25 ml/s. U pacientů v dětském věku o tělesné hmotnosti do 25 kg se aplikuje kontrastní látka v množství 1 ml/kg a rychlost vstříku se stanovuje na 10-20 ml/s. [14, 23]

Během digitální subtrakční angiografie se při selektivním nástřiku karotické tepny aplikuje 5-8 ml kontrastní látky rychlostí 4-8 ml/s, u vertebrální tepny dochází k aplikaci 3-6 ml kontrastní látky rychlostí 4-6 ml/s. Pokud dochází k zaklínění katétru ve vertebrální tepně, lze DSA provést tzv. semiselektivně

vstříkem do a. subclavia těsně k vyústění vertebrální tepny, avšak je zapotřebí zvýšit nejen množství kontrastní látky, ale také i rychlost vstříku. [14, 23]

Bez ohledu na zvolenou metodu provedení musí doba snímkování trvat alespoň 15 sekund od konce vstříku kontrastní látky a za tuto dobu se musí provést nejméně osm expozic – díky angiografii se zobrazí extrakraniální i intrakraniální řečiště od úrovně bifurkace karotid. [14, 23]

V Ústřední vojenské nemocnici – Vojenské fakultní nemocnici Praha probíhá průkaz mozkové smrti následovně, dle standardizovaného protokolu – zvolí se protokol „mozková smrt“, poté se aplikuje 40 ml kontrastní látky s délkou scény 20 vteřin. Po náběru dat se tato odesílají do systému PACS, přesný čas průkazu smrti se odečítá v PACS složce v konkrétní akvizici.

Mozková smrt je potvrzena zástavou mozkové cirkulace. Během angiografického vyšetření se mozková smrt potvrdí naplněním nejdistanějšího úseku A1 přední mozkové tepny a úseku M1 střední mozkové tepny kontrastní látkou, u vertebrální tepny se může nejdistaněji naplnit proximální část bazilární tepny bez periferní náplně dolních mozečkových tepen. U pacientů se zráťovým poraněním kalvy nebo u pacientů po kraniektomii je možné, že průtok kontrastní látky mozkem nebo jeho částí je stále zachován, avšak neznamená to, že tímto úkazem se vylučuje mozková smrt pacienta – u těchto nemocných nelze indikovat angiografické vyšetření k prokázání mozkové smrti. [14, 23]

3.5.6 CT angiografie

CT angiografie (CTA) se řadí mezi standardní radiodiagnostickou metodu, která umožňuje stanovit průtok krve mozkem, a proto je také vhodná k diagnostice zástavy mozkové cirkulace. [24]

K rizikům indikace CT angiografie v rámci průkazu mozkové smrti se řadí manifestní hypertyreóza, předchozí alergická reakce na kontrastní látky obsahující jód, kontrastní nefropatie, nebo léčba antidiabetiky, které obsahují metformin. [24]

Provádí se nativní skeny od báze lebky k vertexu, které mohou sloužit ke srovnání denzity tepen před podáním a po podání kontrastní látky. CT angiografie probíhá podáním bolu 70 ml neionické kontrastní látky o minimální koncentraci 350 mg J/ml, rychlost podání by měla být minimálně 5ml/s, tlakovou stříkačkou napojenou do zavedené periferní žilní kanyly. Následuje 30 ml fyziologického roztoku, jehož rychlost podání se pohybuje cca 3,5 ml/s. Spirální série se spouští od úrovně šestého krčního obratle po vertex kalvy, která se určuje pomocí funkce bolus tracking 15 vteřin po nárůstu denzity o nejméně 150 HU v *arteria carotis communis*. U dětských pacientů se parametry stanovují dle místních radiologických standardů pro CT angiografii mozkových tepen. [24]

3.6 Obecná úloha radiologického asistenta

K náplni práce radiologického asistenta se řadí zajištění vyšetření v konkrétním oboru a manipulace s danými přístroji. Během intervenčních výkonů může RA asistovat ošetřujícímu lékaři, konkrétně radiologovi nebo radiačnímu onkologovi, a může se podílet na specifické ošetrovatelské péči. [25, 26]

Další úlohou radiologického asistenta je provedení a vyhodnocení zkoušek provozní stálosti u daných přístrojů pracujících se zdroji ionizujícího záření, konkrétně jejich neporušenost a funkčnost jednotlivých prvků, kam lze zařadit kontrolu funkce výstražných signálů či kontrolu ovládacích prvků, a připravuje a plní automatický injektor kontrastní látkou. Dále zabezpečuje, aby byly při lékařském ozáření dodržovány zásady radiační ochrany, a v případě potřeby zavádí periferní intravenózní kanylu, do které aplikuje kontrastní látku nebo

léčivo ordinované lékařem. Radiologický asistent obstarává převod elektronických žádanek do worklistu, kde následně zvolí pacienta a vybere příslušný vyšetřovací protokol dle vyšetřované oblasti. Po ukončení vyšetření zpracovává vzniklou obrazovou dokumentaci a upravuje ji metodami postprocessingu. Nedílnou součástí povolání radiologického asistenta jsou i administrativní záznamy, jež zahrnují například vykazování kódů provedených vyšetření potřebné pro zdravotnické pojišťovny, vedení statistik výkonů na rentgenovém pracovišti či tisk provozního deníku ad. [7, 25]

Práce radiologického asistenta na intervenčních sálech hraje velmi důležitou roli během intervenčních výkonů, proto je potřeba, aby měl zvláštní přípravu a dostatečné odborné znalosti. Radiologický asistent musí umět předpokládat průběh vyšetření, orientovat se v rentgenové anatomii, znát veškerý materiál používaný během intervenčních výkonů a musí včas plnit přesné požadavky lékaře, který provádí daný výkon. Nesmí ani chybět znalost ovládnutí angiografického přístroje a metody postprocessingové úpravy obrazů vzniklé metodou skiografie a skiaskopie. K další úloze radiologického asistenta patří nejen kontrola snižování dávek ionizujícího záření, které obdrží pacient i vyšetřující personál, ale i množství kontrastní látky podané pacientovi. Nedílnou součástí práce RA je i komunikace s pacientem před výkonem, během výkonu i po výkonu, neboť často právě radiologický asistent má za úkol vysvětlit pacientovi průběh výkonu, co bude daný výkon obnášet, a jak důležitá bude spolupráce pacienta. Před intervenčním výkonem se radiologický asistent společně se sestrou podílí na přípravě sterilního stolu s požadovaným materiálem závislejícím na typu výkonu, připravuje operační pole a všechny podklady, které se budou využívat během výkonu. Dále musí uvést všechna pacientova data a nastavit správné parametry do angiografického přístroje. Během intervenčního výkonu má RA za úkol ovládat C-rameno, přičemž na některých pracovištích si C-rameno ovládá lékař sám, a musí plnit pokyny

radiologa provádějící daný výkon, např. zvětšení či zmenšení obrazu, změnu projekcí atd. V samotném závěru výkonu upraví RA výsledný angiografický obraz a vzniklá data posílá do PACSu. [26]

3.7 Radiační ochrana

Je nutné brát zřetel na to že, „každý člověk je vystavený ionizujícímu záření nejen z přírodních, ale i z umělých zdrojů.“ [27] K cílům radiační ochrany proto patří zabránění deterministickým účinkům a snížení rizika vzniku stochastických účinků na rozumně přijatelnou míru. [27]

Deterministické účinky se charakterizují prahovou dávkou a vznikají po ozáření vyšší dávkou ionizujícího záření. Typickým příkladem může být akutní nemoc z ozáření. Stochastické účinky nemají prahovou dávku a jejich výskyt se charakterizuje od jakékoli dávky ionizujícího záření. Stochastické účinky lze nazývat také jako pravděpodobnostní účinky, tzn., že s vyšší dávkou ozáření se zvyšuje pravděpodobnost vzniku nežádoucích účinků, pro které je typické buď vznik nádorových onemocnění, nebo vznik genetických mutací. [27]

Na angiografickém sále je nutné během vyšetření respektovat principy radiační ochrany, konkrétně princip ALARA (As Low As Reasonably Achievable). Princip ALARA uvádí, že je potřeba volit co nejnižší absorbovanou dávku pro pacienta tak, aby došlo ke vzniku kvalitního výsledného obrazu. Radiační dávky, které lékaři obdrží, se řadí mezi ty nejvyšší, v porovnání s ostatními radiačními pracovníky, proto je obzvlášť důležité věnovat dostatečnou pozornost radiační ochraně během angiografických výkonů. Při lékařském ozáření pacienta se využívají ochranné pomůcky sloužící k vykrytí kritických orgánů. Personál se v tomto případě chrání fyzikálními metodami – ochrana vzdáleností, časem a stíněním. Ochrana vzdáleností uvádí, že čím větší vzdálenost je mezi personálem a zdrojem ionizujícího záření, tím menší radiační

zátěž může vzniknout, tzn., že dávkový příkon klesá se čtvercem vzdálenosti od zdroje. U provádění akvizic během intervenčního výkonu se doporučuje využití angiografických injektorů, které umožní podstoupení lékaře od pacienta v průběhu výkonu, a tím i snížení radiační zátěže. Ochrana časem vymezuje dobu, při které se musí personál vyskytovat v blízkosti zdroje ionizujícího záření, a ochrana stíněním uvádí všechny různé stínící pomůcky, které se využívají při práci se zdrojem ionizujícího záření. Během angiografických výkonů se ke stínění využívají olověné zástěry a rukavice, dále nákrční límec sloužící k ochraně štítné žlázy, brýle s olověným sklem, ochranné štíty a zástěny. Stěny v místnosti jsou též odstíněné díky barytové omítce. [7, 22, 27]

Z legislativního hlediska se radiační ochranou zabývá Atomový zákon č. 263/2016 Sb., ve kterém jsou upraveny všechny náležitosti související s využíváním jaderné energie k mírovým účelům, vztahuje se na povinnosti a práva fyzických a právnických osob využívajících jadernou energii a uvádí podmínky jaderné bezpečnosti včetně nakládání s radioaktivním odpadem. Atomový zákon též definuje základní pojmy, jako například zdroj ionizujícího záření, typy ozáření, principy i obecná pravidla radiační ochrany. [28]

Nejdůležitějším orgánem, který dohlíží na jadernou bezpečnost v České republice, je Státní úřad pro jadernou bezpečnost (SÚJB). Dalšími důležitými institucemi řadícími se po SÚJB jsou Státní ústav radiační ochrany (SÚRO) a Správa úložišť radioaktivního odpadu (SÚRAO). [28]

4 PRAKTICKÁ ČÁST

V praktické části bakalářské práce je zpracováno formou kvalitativního výzkumu deset vybraných případových studií pacientů, u nichž byla diagnostikována mozková smrt. Data byla selektována z Nemocničního informačního systému a systému PACS Ústřední vojenské nemocnice – Vojenské fakultní nemocnice Praha.

4.1 Metodologie výzkumu

Metoda kvalitativního výzkumu je technika, při které se nedosahují výsledky pomocí statistických metod nebo dalších jiných způsobů kvantifikace, nýbrž se získávají data od jednoho či více jedinců, v co největším množství. Během kvalitativního výzkumu se sběr i analýza dat uskutečňují současně, přičemž obě techniky probíhají v delším časovém horizontu. Zvolí se jedinci, kteří se zkoumají v různých časových intervalech, dojde k analýze vybraných jedinců, na jejichž základě se vytvoří výsledky, podle kterých se dále rozhodne, zda jsou získaná data dostačující, nebo je potřeba ve sběru dat nadále pokračovat. [28]

Případové studie neboli kazuistiky se zabývají detailní analýzou jednoho či malého počtu případů. Na rozdíl od statistického (kvantitativního) šetření, kde se shromažďuje omezený počet dat od velkého počtu jedinců, během případových studií se sbírá velké množství dat pouze od několika málo jedinců. Cílem případových studií je detailní prozkoumání vybraného případu a jeho lepší pochopení. Výsledky závisí na mnoha faktorech – na konkrétním výzkumníkovi, vybrané studii i počtu informací, které výzkumník ke své práci nasbíral. Případové studie se dle sledovaného případu rozdělují na osobní případové studie, studie sociálních skupin, studie komunity, studie institucí a organizací, zkoumání událostí, rolí či vztahů. Tuto bakalářskou práci lze zařadit k osobní případové studii, kdy se jednotlivé případy podrobují detailnímu

zkoumání, díky čemuž lze vyhodnotit různé příčiny, důsledky a jiné faktory spojené s danou problematikou. [28]

4.2 Postup při zpracování případových studií

Ke sběru dat bylo využito Nemocničního informačního systému (AMIS) Radiodiagnostického oddělení Ústřední vojenské nemocnice – Vojenské fakultní nemocnice Praha. V systému AMIS se přešlo do složky agendy, následně se zvolila záložka rentgen, kde bylo vyhledávání konkretizováno na DSA a kde byl nalezen pacient. Posléze archiv pacientů, díky kterému bylo možné najít pacienty dle zadaných kritérií. Při hledání byly kritérii časový úsek v rozmezí 1. 1. 2013 až 1. 3. 2023, tedy rozmezí deseti let, a zkratka konkrétního vyšetření (ag-smrt). Archiv pacientů vyhledal 169 případových studií, kterým bylo provedeno vyšetření k průkazu mozkové smrti na angiografickém sále. Z tohoto množství pacientů bylo vybráno deset různých případových studií, které jsou uvedeny v rámci kvalitativnímu výzkumu.

4.3 Kazuistiky

Kazuistika č. 1

- Klíčová slova: *mozková smrt, digitální subtrakční angiografie, akutní koronární syndrom*
- Pohlaví: *žena*
- Věk: *64 let*
- Diagnostický souhrn: *Stp. KPR pro asystolii, akutní respirační selhání s hyperkapnií, mozková smrt, bezvědomí, akutní renální selhání, DM II. typu, arteriální hypertenze, obezita, nikotinismus, psoriasis vulgaris (lupénka)*
- Indikace k výkonu: *angiografie mozkových tepen za účelem průkazu mozkové smrti*

Čtyřiašedesátiletá žena byla převezena zdravotnickou záchrannou službou do ÚVN – VFN Praha pro stav po protahované kardiopulmonální resuscitaci (cca 30 minut) jako suspektní akutní koronární syndrom. Byla hospitalizována na jednotce intenzivní péče z důvodu hypoxické zástavy oběhu. U pacientky nedošlo k žádnému traumatu hlavy, uší či úst. Na končetinách se ukázala chabá kvadruplegie bez hybnosti a bez reakce na algické podněty. Pacientka od příjetí prokazovala areflexii. Její stav byl předán do resuscitační péče, kde se její neurologický stav již nevyvíjel. Stav naznačoval hluboké areaktivní kóma po hypoxické zástavě oběhu, vyhasnutí kmenových reflexů i zástavě spontánního dechu. Dle neurologického nálezu se jednalo o mozkovou smrt. Pacientka byla indikována k vyšetření DSA průkazu mozkové smrti nástřikem mozkových tepen. Do pravého třísla byl přes 5F sheath zaveden 5F pigtail CFP až do vzestupné aorty, byl proveden nástřik kontrastní látky Visipaque 320 o objemu 40ml/20ml (flow) s následným provedením dlouhé scény dvaceti vteřin. Intrakraniální řečiště se po dvaceti vteřinách. Mozková smrt byla angiograficky prokázána ve 14:56 hodin. Zavedený sheath byl na žádost ošetřujícího lékaře extrahován a místo vpichu bylo ošetřeno AngioSealem. Pacientka nevyslovila nesouhlas s dárcovstvím orgánů a zároveň byla s návrhem obeznámena i rodina (dcera), která s dárcovstvím souhlasila. Nemocnice kontaktovala koordinační transplantáční centrum IKEM, kam následně byla pacientka převezena jako donor orgánů.

Kazuistika č. 2

- Klíčová slova: *mozková smrt, digitální subtrakční angiografie, tentamen suicidii*
- Pohlaví: *muž*
- Věk: *26 let*
- Diagnostický souhrn: *schizofrenie, kombinované kraniocerebrální poranění, průstřel hlavy v sebevražedném úmyslu*

- Indikace k výkonu: *angiografie mozkových tepen za účelem průkazu mozkové smrti*

Šestadvacetiletý muž se v sebevražedném úmyslu přihlásil do střeleckého adrenalinového zážitku. Po vydání Lugeru 9 mm (střelivo) si zleva doprava prostřelil hlavu. Zdravotnická záchranná služba našla pacienta s GCS3 (Glasgowská stupnice hloubky bezvědomí) se zachovalým dechem i oběhem. Muž byl intubován s farmaky a převezen do ÚVN-VFN Praha. Na CT vyšetření mozku se prokázal střelný prach procházející bazálními ganglii, mezimozkem a III. komorou, laterolaterální směr byl výrazně prokrvácený, avšak v CT obraze nebyl projektil patrný. SA (subarachnoidální) prostory nebyly téměř diferencovatelné nejspíše z důvodu počínajícího mozkového edému. Střední mozková čára byla mírně přesunuta doleva, drobné kostní fragmenty se nacházely v okolí střelného kanálu. CT také prokázalo fraktury mediální a laterální stěny obou očnic s impresí fragmentů do očnic, které vytvářely tlak na m. rectus a m. obliquus superior oboustranně, a fraktury etmoidálních sinů se zakrvácením. Výsledkem CT vyšetření byl průkaz patrného poškození hlubokých mozkových struktur s počínajícím edémem a hemocefalem. Střelný projektil však na snímcích nebyl prokázán. Pacientovi se na oddělení neurochirurgie ošetřily mocně krvácející rány s vytékající mozkovou tkání. K další péči byl pacient předán na oddělení JIP KARIM. Z důvodu těžké oběhové nestability byl pacientovi podáván noradrenalin v resuscitačních dávkách a desmospray při polyurii. Pacient projevil areflektorickou mydriázu se zachovalou dechovou činností a kašlacím reflexem. Z důvodu postupné progresse edému mozku došlo k vyhasnutí reflexů nad C1 obratlem, proto byl pacient indikován k angiografickému vyšetření mozkových tepen za účelem ověření mozkové smrti. Do pravého třísla byl přes 5F sheath zaveden 5F pigtail CFP až do vzestupné aorty, dále byl proveden nástřik kontrastní látky Iomeron 400 o objemu 40 ml a rychlosti 20 ml/s s následnou realizací dlouhé scény dvaceti

vteřin. Intradurální řečiště se po dvaceti vteřinách nenaplnilo. Mozková smrt byla angiograficky prokázána ve 23:18 hodin. Zavedený sheath byl u pacienta ponechán a fixován ke kůži pomocí stehů. Pacient nevyslovil nesouhlas s darováním orgánů, proto nemocnice kontaktovala koordinační transplantační centrum IKEM, a pacient byl zařazen mezi dárce orgánů.

Kazustika č. 3

- Klíčová slova: *mozková smrt, digitální subtrakční angiografie, sekundární epilepsie*
- Pohlaví: *muž*
- Věk: *47 let*
- Diagnostický souhrn: *sekundární epilepsie, chronický etylismus, etylická jaterní léze, hypertenze*
- Indikace k výkonu: *angiografie mozkových tepen za účelem průkazu mozkové smrti*

Sedmačtyřicetiletý etylik spadl s úrazem hlavy během epileptického záchvatu a způsobil si kombinované kraniotrauma. Primárně byl hospitalizován ve Fakultní nemocnici Bulovka v Praze, kde mu bylo provedeno CT vyšetření hlavy. CT vyšetření potvrdilo rozsáhlé intracerebrální krvácení, hemocephalus, posun středových struktur doprava a kontuzní ložisko nacházející se frontobazálně vpravo. Z důvodu rozvoje poruchy vědomí při progresi krvácení byl pacient intubován a převezen do ÚVN – VFN Praha. Po příjezdu byla pacientovi zjištěna těžká koagulopatie a na základě kontrolního CT vyšetření bylo potvrzeno těžké krvácení zasahující do oblasti kmenových struktur. Neurochirurg zhodnotil pacientovu prognózu jako infaustní, a z toho důvodu nebyl pacientovi indikován operační výkon. V dalším průběhu se rozvíjela neurologická deteriorace až do klinického obrazu mozkové smrti, proto byl pacient indikován k vyšetření

DSA průkazu mozkové smrti nástřikem mozkových tepen. Do pravého třísla byl přes 5F sheath zaveden 5F pigtail CFP až do vzestupné aorty, byl proveden nástřik kontrastní látky Visipaque 320 o objemu 40ml/20ml (flow) s následným provedením dlouhé scény dvaceti vteřin. Intrakraniální řečiště se po dvaceti vteřinách nenaplnilo, tudíž byla mozková smrt angiograficky prokázána v 18:10 hodin. Zavedený sheath byl pacientovi ponechán a přidělán ke kůži pacienta pomocí stehů. Jelikož pacient neudělal nesouhlas s dárcovstvím orgánů, byl přeložen do transplantačního centra IKEM jako donor orgánů.

Kazuistika č. 4

- Klíčová slova: *mozková smrt, digitální subtrakční angiografie, plicní embolie*
- Pohlaví: *žena*
- Věk: *70 let*
- Diagnostický souhrn: *arteriální hypertenze, normocytární anémie, DM II. typu, obezita*
- Indikace k výkonu: *angiografie mozkových tepen za účelem průkazu mozkové smrti*

Sedmdesátiletá žena pocítila ihned po probuzení náhlou dušnost, která vedla ke kolapsu. Jejím manželem byla ihned zahájena telefonicky asistovaná neodkladná resuscitace. Příjezdem zdravotnické záchranné služby pokračovala rozšířená kardiopulmonální resuscitace, vstupní rytmus PEA (Pulseless Electrical Activity), adrenalin ji byl podán třikrát a byla převezena do ÚVN – VFN Praha na oddělení Emergency, kde ji byla zjištěna masivní plicní embolizace. Pacientka byla oběhově nestabilní, neměla měřitelný krevní tlak a pulzace byla hmatná pouze na karotidách. Z důvodu jejího nestabilního stavu byla urgentně podána trombolytická terapie, která měla pouze parciální efekt. U pacientky se rozvinul kombinovaný šok – kardiogenní/septický společně

s MODS (Multiple Organ Dysfunction Syndrome). Současně s kombinovaným šokem byla pacientce zjištěna i levostranná bronchopneumonie. Na komplexní terapii byla stabilizována, avšak z důvodu progredující anémie bylo podáno ERD (erytrocyty bez buffy-coatu resuspendované de leukotizované) a byla zahájena antikoagulace. Po ukončení sedace se pacientce zachovaly pouze některé kmenové reflexy. Pacientce bylo indikováno CT vyšetření mozku, kde se zjistila vícečetná hypodenzita v kortexu mozku a mozečku s některými hyperdenzními okrsky a suspektní vícečetné ischemické změny, některé z nich byly mírně prokrvácené. Z tohoto důvodu bylo rozhodnuto pacientce provést angiografii mozkových tepen za účelem potvrzení mozkové smrti. Do pravého třísla byl přes 5F sheath zaveden 5F pigtail CFP až do vzestupné aorty, byl proveden nástřik kontrastní látky Visipaque 320 o objemu 40ml/20ml (flow) s následným provedením dlouhé scény dvaceti vteřin. Intrakraniální řečiště se v tomto případě plní, tudíž mozková smrt nebyla prokázána. Zavedený sheath byl na žádost ošetřujícího lékaře vytažen a místo vpichu bylo ošetřeno AngioSealem. Pacientce byla zavedena tracheostomická kanyla, která byla opakovaně dislokována, proto byla do tracheostomického kanálu zavedena armovaná orotracheální kanyla. Dle RTG snímku byl zjištěn regredující malý pravostranný pneumotorax. V dalším průběhu léčby se stav vědomí pacientky mírně zlepšil, pokračovalo však trvání neuromyopatie a centrální levostranné hemiparézy. Pacientka byla následně dekanylována z důvodu ventilační suficience a byl obnoven perorální příjem, díky čemuž byla pacientka přeložena z Jedinoty intenzivní péče na standardní oddělení. Vzhledem k posthypoxickému poškození mozku nebyla pacientka schopna spolupráce a pouze jednoslovně komunikovala. Následně pokračovala deteriorace celkového stavu, pacientka postupně přecházela v soporózní stav. Nakonec byla pacientka ráno v 6:00 hodin nalezena na lůžku bez jakýchkoli známek života, z čehož byl konstatován klidný exitus letalis. O stavu pacientky byla následně telefonicky informována rodina.

Kazuistika č. 5

- Klíčová slova: *mozková smrt, digitální subtrakční angiografie, tentamen suicidii*
- Pohlaví: *muž*
- Věk: *36 let*
- Diagnostický souhrn: *hepatitis C léčena experimentálním farmakem v IKEM, stp. operaci bederní páteře*
- Indikace k výkonu: *angiografie mozkových tepen za účelem průkazu mozkové smrti*

Šestatřicetiletý muž se pokusil o suicidium oběšením pomocí elektrického kabelu. Muž byl rodinou nalezen během několika minut, byla zjištěna zástava oběhu, a tak byla rodinou provedena telefonicky asistovaná neodkladná resuscitace. Na místo první dorazila PČR (Policie České republiky), která muže napojila na AED (automatizovaný externí defibrilátor). Po příjezdu zdravotnické záchranné služby stále u muže přetrvávala asystolie, zahájila se KPR (kardiopulmonální resuscitace), ROSC (Restore of Spontaneous Circulation) byla obnovena devět minut od příjezdu ZZS (Zdravotnické záchranné služby). Pacientův oběh byl hypertenzní, z čehož vyplývá úpadek pacienta do kómatu. Muž byl letecky transportován do ÚVN – VFN Praha na oddělení Emergency. Pacientovi bylo indikováno CT vyšetření mozku a C páteře, kde byl zjištěn stav mozku s obvyklým nálezem bez známek ischemie a krční obratle bez známek traumatu. CT angiografie potvrdila aa. carotis bez disekce a průtok intrakraniálních tepen. K další terapii byl pacient předán na KARIM ICU. Zde probíhala komplexní terapie a záhy po přijetí se u pacienta objevily myoklonie a výrazné vegetativní dysregulace. Po vysazení analgosedace upadl pacient do hlubokého bezvědomí GCS 3 se zachovanou spontánní dechovou aktivitou. Pacientovi bylo provedeno kontrolní CT vyšetření, kde se oproti vstupnímu CT vyšetření zjistil výrazný posthypoxický edém mozkových hemisfér a ztráta

kortikosubkortikální diferenciaci. CT nález svědčil o pokročilých edematózních změnách nejspíše v důsledku sufokace (udušení). Spontánní dechová aktivita vymizela nad ránem a byla potvrzena areflexie nad C1 páteří. Z tohoto důvodu byla pacientovi indikována angiografie mozkových tepen za účelem potvrzení mozkové smrti. Do pravého třísla byl přes 5F sheath zaveden 5F pigtail CFP až do vzestupné aorty, dále byl proveden nástřik kontrastní látky Iomeron 400 o objemu 40 ml a rychlosti 20 ml/s s následnou realizací dlouhé scény dvaceti vteřin. Intrakraniální řečiště se po dvaceti vteřinách nenaplnilo. Pacientovi byl konstatován exitus letalis v 10:21 hodin. Zavedená sheath byl i pacienta ponechán a přidělán ke kůži pacienta pomocí stehů. Se souhlasem manželky byl pacient zařazen do transplantačního programu a převezen do IKEM.

Kazuistika č. 6

- Klíčová slova: *mozková smrt, digitální subtrakční angiografie, aspirace potravy do dýchacích cest*
- Pohlaví: *muž*
- Věk: *35 let*
- Diagnostický souhrn: *abúzus alkoholu*
- Indikace k výkonu: *angiografie mozkových tepen za účelem průkazu mozkové smrti*

Pětatřicetiletý muž se v restauraci během jídla začal dávit, poté přede všemi svědky ztratil vědomí. Ihned byla zahájena KPR (kardiopulmonální resuscitace). Po příjezdu ZZS (Zdravotnická záchranná služba) měl muž zachovalý krevní oběh. Z dutiny ústní byly pacientovi odsáty zvratky a zbytky potravy. Následně došlo u pacienta k rozvoji gaspingu, kvůli čemuž byla opět zahájena KPR. Zdravotnické záchranné službě se podařilo vytáhnout pacientovi z dýchacích cest objemné sousto s následným provedením orotracheální intubace. Vstupní

rytmus PEA (Pulseless Electrical Activity) s další fibrilací komor, což zapříčinilo podání celkem tří výbojů a čtyř dávek adrenalinu. ROSC (Restore of Spontaneous Circulation) byla obnovena až po 24 minutách. Pacient byl převezen oběhově stabilní na umělé plicní ventilaci do ÚVN – VFN Praha na oddělení Emergency. Po nezbytném zajištění bylo pacientovi provedeno CT vyšetření mozku, které nepotvrdilo známky krváčení či ischemie. CT angiografie ukázala hlavní tepny, které byly průchodné bez významných stenóz a bez známek difuzního edému mozkového parenchymu. Další terapie byla pacientovi s malou oběhovou podporou poskytnuta na KARIM RES. Pacientovi bylo v následujících dnech opět indikováno kontrolní CT vyšetření mozku, kde se zjistilo zúžení mozkových komor, SA prostory byly supratentoriálně vymizelé a ve VDN se objevila tekutina. Závěrem kontrolního CT vyšetření byl obraz supratentoriálního difuzního edému mozku. Na RTG snímku hrudníku se objevily známky atelektázy levého dolního laloku. Po čtyřech dnech od posledního kontrolního CT vyšetření bylo pacientovi provedeno další kontrolní vyšetření mozku v nativním scanu, kde se potvrdily přetrvávající známky difuzního mozkového edému a hypoxicko-ischemické encefalopatie. Na CT snímcích se také zobrazila i progresse nekrotických změn supratentoriálně a SA prostory nad i pod tentoriem téměř vymizely. Závěrem kontrolního CT vyšetření bylo potvrzení difuzního edému, které bylo viditelné i v mozkovém kmeni. Následující den došlo u pacienta k vyhasnutí reflexů nad C1, proto byl pacient poslán na angiografické vyšetření mozkových tepen za účelem potvrzení mozkové smrti. Do pravého třísla byl přes 5F sheath zaveden 5F pigtail CFP až do vzestupné aorty, byl proveden nástřik kontrastní látky Visipaque 320 o objemu 40ml/20ml (flow) s následným provedením dlouhé scény dvaceti vteřin. Intrakraniální řečiště se po dvaceti vteřinách nenaplnilo. Pacientovi byla diagnostikována mozková smrt v 21:52 hodin. Zavedený sheath byl pacientovi ponechán a fixován ke kůži pacienta pomocí stehů. Pacient byl se souhlasem rodiny zařazen do dárcovského

transplantačního programu a přeložen po dohodě s koordinačním centrem na IKEM.

Kazuistika č. 7

- Klíčová slova: *mozková smrt, digitální subtrakční angiografie, úrazové subdurální krvácení*
- Pohlaví: *muž*
- Věk: *70 let*
- Diagnostický souhrn: *arteriální hypertenze, DM II. typu na PAD, nedoslýchavost, chronická žilní insuficience, opakované tromboflebitidy porucha lipidového metabolismu*
- Indikace k výkonu: *angiografie mozkových tepen za účelem průkazu mozkové smrti*

Sedmdesátiletý warfarizovaný (warfarin – perorální antikoagulans) muž si pádem ze schodů způsobil kraniocerebrální poranění a byl ošetřen v nemocnici v Benešově. Postupně docházelo k progresi poruchy vědomí až na úroveň GCS 4, z tohoto důvodu byl intubován a k další péči transportován do ÚVN – VFN Praha a přijat na oddělení KARIM. Krátce po příjmu došlo u pacienta k zástavě oběhu při hemoragickém šoku a ROSC (Restore of Spontaneous Circulation) nastalo až po 25 minutách při souběžné volumo a hemoterapii. Po částečné stabilizaci bylo pacientovi proveden CT traumascreening, které určilo příčinu vzniklého šoku. Důvodem hemoragického šoku bylo krvácení do pravého hemitoraxu ze sériové zlomeniny žeber a byl nalezen aktivní únik u VII. žebra. Na operačním sálu byl aktivní zdroj úniku ošetřen společně s difúzním krvácením do pleury, kde byla provedena tamponáda hrudníku. V dalším průběhu léčby pacienta došlo k poklesu oběhové podpory a obnovila se diuréza. Pacientovi byla během revize extrahována tamponáda, díky které již

nedocházelo k dalšímu krvácení. Pacientovi byla odebrána sedace a neurologicky potvrzeno přetrvávající areaktivní kóma s mozkovou areflexií, proto byl indikován k angiografickému vyšetření mozkových tepen za účelem průkazu mozkové smrti. Do pravého třísla byl přes 5F sheath zaveden 5F pigtail CFP až do vzestupné aorty, dále byl proveden nástřik kontrastní látky Iomeron 400 o objemu 40 ml a rychlosti 20 ml/s s následnou realizací dlouhé scény dvaceti vteřin. Po dvaceti vteřinách se prokázal zachovalý mírný průtok mozkovým řečištěm. Z tohoto byl zavedený sheath ponechán a fixován ke kůži pomocí stehů. Následující den ráno proběhlo kontrolní vyšetření, které již neprokázalo jakýkoliv průtok kontrastní látky Iomeron 400 intrakraniálním tepenným řečištěm. Exitus letalis byl pacientovi konstatován v 8:14 hodin. Sheath byl nadále ponechán a fixován ke kůži pomocí stehů. Po domluvě s koordinátorem transplantačního centra byl pacient zařazen do transplantačního centra a převezen do IKEM.

Kazuistika č. 8

- Klíčová slova: *mozková smrt, digitální subtrakční angiografie, subarachnoidální krvácení, ruptura aneurysmatu*
- Pohlaví: *žena*
- Věk: *48 let*
- Diagnostický souhrn: *vertebrogení algický syndrom C páteře*
- Indikace k výkonu: *angiografie mozkových tepen za účelem průkazu mozkové smrti*

Osmačtyřicetiletá žena byla přijata na neurochirurgickou kliniku ÚVN – VFN Praha z důvodu náhle vzniklé bolesti hlavy. Ženě posléze bylo diagnostikováno masivní subarachnoidální krvácení při ruptuře aneurysmatu. Téhož dne byl na operačním sále pacientce proveden clip aneurysmatu. Na kontrolní DSA

mozkových tepen se poté potvrdilo vyřazení aneurysmatu, avšak na kontrolním CT vyšetření bylo prokázáno intracerebrální krvácení frontálně vpravo a malý hematoma subkraniotomicky. V dalším průběhu došlo u pacientky ke zhoršení stavu vědomí, z toho důvodu došlo k suspekci na vasospasmy, proto byla během dne pacientce opakovaně provedena diagnostická DSA, která neprokázala spasmy v intrakraniálním řečišti, tudíž nebyl nutný intervenční výkon. Další kontrolní CT vyšetření prokázalo neměnný nález, proto se nadále u pacientky postupovalo konzervativně, nicméně porucha vědomí progredovala až na stupnici GCS 8, z tohoto důvodu byla pacientka zaintubována a přeložena na oddělení KARIM. Příčinou poruchy vědomí byly pravděpodobně vasospasmy na periférii mozkových arterií v kombinaci s edémem mozku. Na oddělení ICU A podstoupila pacientka kompletní antiedematozní terapii s následovnou pravostrannou dekompresní kraniektomií. Po vysazení sedace se pacientka stále nacházela v bezvědomí na stupnici GCS 4. Jelikož se u pacientky předpokládala dlouhodobá UPV (umělá plicní ventilace), byla nekomplikovaně provedena PDTs (perkutánní dilatační tracheostomie). Následující den bylo pacientce opět provedeno kontrolní CT vyšetření, které ozřejmilo rozsáhlé ischemie v povodí ACA (*a. cerebri anterior*) a ACM (*a. cerebri media*) vpravo. Poněvadž byla u pacientky objevena nově vzniklá anizokorie s areaktivní zornicí vlevo, provedlo se další kontrolní CT vyšetření mozku, které prokázalo nález mírné progresse ischemie ve výše zmíněném povodí. V následujících dnech došlo k vymizení kmenových reflexů a klinickým vyšetřením pak také byla zjištěna areflexie nad C1. Pacientka byla poslána na angiografii mozkových tepen, která měla prokázat mozkovou smrt. Do levého třísla byl přes 5F sheath zaveden 5F pigtail CFP až do vzestupné aorty, byl proveden nástřik kontrastní látky Visipaque 320 o objemu 40ml/20ml (flow) s následným provedením dlouhé scény dvaceti vteřin. Došlo k opožděnému plnění distálního úseku ACI (*a. cerebri interna*) oboustranně, avšak pomaleji v pravé části. Jiné intradurální větve se ani po dvaceti vteřinách neplní. Pacientce byla tudíž potvrzena mozková smrt v 17:32 hodin. Zavedený

sheath byl pacientce ponechán a fixován ke kůži pomocí stehů. Místo vpichu bylo sterilně kryto. Se souhlasem manžela a sestry pacientky byla pacientka zařazena do dárcovského programu a přeložena do transplantačního centra IKEM.

Kazuistika č. 9

- Klíčová slova: *mozková smrt, digitální subtrakční angiografie, tentamen suicidii*
- Pohlaví: *muž*
- Věk: *72 let*
- Diagnostický souhrn: *léčená deprese, varixy dolních končetin, hypertrofie prostaty*
- Indikace k výkonu: *angiografie mozkových tepen za účelem průkazu mozkové smrti*

V dopoledních hodinách byla svědky uslyšena střelba, poté byl nalezen dvaasedmdesátiletý ležící muž s krvácející ranou na hlavě FT (frontotemporálně) vpravo. Ihned po příjezdu zdravotnické záchranné služby byla u muže zjištěna porucha vědomí s GCS do 5bb, zornice měl izokorické, avšak oběh zůstal zachován. Na místě střelby byla nalezena plynová pistole, která byla ihned zajištěna PČR (Policie České republiky). Z důvodu poruchy vědomí byl pacient na místě zaintubován po podání farmak, ihned byla zahájena UPV (umělá plicní ventilace), sedován a relaxován k transportu do ÚVN – VFN Praha na oddělení Emergency, kde byla neurochirurgem ošetřena střelná rána nacházející se vpravo frontálně. Po příjmu bylo pacientovi provedeno CT vyšetření mozku a krční páteře, které potvrdilo kombinované kraniocerebrální poranění. Na CT snímcích se zobrazil hypodenzní pruh pravděpodobného místa vstřelu, který byl v celém svém rozsahu prokrvácený. Na levém konci střelného kanálu se pod defektem levé frontální kosti nacházel stočený projektil. Nález potvrdil vstřelení projektilu zprava s následným odrazem o levou frontální kost a zaklíněním v mozkovém

parenchymu frontálně vlevo a také rozsáhlou hemoragii v celém komorovém systému. Prokázalo se také rozšíření temporálních rohů obou postranních komor při počínajícím hydrocefalu. V oblasti C páteře však nebyla zjevná akutní traumata, obratlová těla byla bez kompresí i posunu. Závěr CT vyšetření byl hodnocen jako infaustní stav. Postupně docházelo u pacienta k vyhasnutí kmenových reflexů. Ve stejný den od přijetí do nemocnice byla pacientovi provedena DSA mozkových tepen za účelem prokázání mozkové smrti. Do pravého třísla byl přes 5F sheath zaveden 5F pigtail CFP až do vzestupné aorty, byl proveden nástřik kontrastní látky Visipaque 320 o objemu 40ml/20ml (flow) s následným provedením dlouhé scény dvaceti vteřin. V tomto případě se intradurální tepenné řečiště plnilo v oblasti M1 a M2 úseku ACM (*a. cerebri media*) vlevo a A1 v úseku ACA (*a. cerebri anterior*) vlevo. Ostatní intradurální tepenné řečiště se nenaplnilo. Závěrem angiografického vyšetření nebyla prokázána mozková smrt. V pravém třísele byl sheath pacientovi ponechán a přišit ke kůži. Následující den se provedlo kontrolní vyšetření DSA mozkových tepen opět za účelem prokázání mozkové smrti. V tomto případě byl proveden nástřik kontrastní látky Iomeron 400 o objemu 40 ml a rychlosti 20 ml/s s následnou realizací dlouhé scény dvaceti vteřin. Intradurální tepenné řečiště se po dvaceti vteřinách nenaplnilo, exitus letalis u pacienta byl konstatován v 9:15 hodin. Zavedený sheath byl pacientovi ponechán a přidělán ke kůži pomocí stehů. Téhož dne byl pacient po domluvě s koordinátorem transplantačního centra IKEM zařazen do transplantačního programu.

Kazuistika č. 10

- Klíčová slova: *mozková smrt, digitální subtrakční angiografie, bezvědomí*
- Pohlaví: *muž*
- Věk: *47 let*
- Diagnostický souhrn: *opakované periproktální abscesy a píštěle, hyperlipidémie*

- Indikace k výkonu: *angiografie mozkových tepen za účelem průkazu mozkové smrti*

Sedmačtyřicetiletý muž byl na návštěvě u svého kamaráda, kde náhle ztratil vědomí. Dle zdravotnické záchranné služby se jednalo o sopor, stav se projevoval mydriázou v levém oku a zvracením. Pacient byl převezen spontánně ventilující a oběhově stabilní do Nemocnice Kolín na oddělení neurologie. Na CT vyšetření byl nalezen hypertenzní útvar v oblasti III. komory, hydrocefalus a edém mozku. Z důvodu klinicky progredující poruchy vědomí až na úroveň GCS 9, bilaterální mydriázy a respirační insuficienci byl pacient zaintubován a přeložen do ÚVN – VFN Praha k operačnímu řešení jako *ultimum refugium* (lat. poslední útočiště). Tentýž den byl u pacienta proveden pokus o resekci koloidní cysty, avšak během výkonu došlo k progresi mozkového edému, kvůli čemuž došlo i k částečné resekci frontálního laloku, nicméně edém mozku stále progredoval až do klinických známek mozkové smrti. Pacientovi bylo provedeno vyšetření DSA mozkových tepen za účelem průkazu mozkové smrti. Do pravého třísla byl přes 5F sheath zaveden 5F pigtail CFP až do vzestupné aorty, dále byl proveden nástřik kontrastní látky Iomeron 400 o objemu 40 ml a rychlosti 20 ml/s s následnou realizací dlouhé scény dvaceti vteřin. Intradurální tepenné řečiště se po dvaceti vteřinách nenaplnilo. Mozková smrt byla angiograficky prokázána v 9:05 hodin. Zavedený sheath byl pacientovi ponechán a fixován ke kůži pomocí stehů. Jelikož pacient nevyslovil nesouhlas s dárcovstvím orgánů, byl zařazen do transplantačního programu a převezen jako dárce do transplantačního centra v IKEM.

5 ANALÝZA A VÝSLEDKY

V praktické části bakalářské práce bylo zpracováno deset vybraných kazuistik pacientů, u kterých se prováděla digitální subtrakční angiografie mozkových tepen za účelem průkazu mozkové smrti. V Nemocničním informačním systému AMIS Radiodiagnostického oddělení ÚVN – VFN Praha bylo dle zvolených kritérií vyhledáno celkem 169 pacientů, kteří podstoupili radiodiagnostické vyšetření k průkazu mozkové smrti za posledních 10 let. Následně bylo selektováno deset různých případových studií, u kterých se mozková smrt prokázala (mimo kazuistiky č. 4).

Čtyřiašedesátiletá žena (kazuistika č. 1) byla převezena do nemocnice pro stav po protahované kardiopulmonální resuscitaci jako suspektní akutní koronární syndrom. Končetiny vykazovaly chabou kvadruplegie bez hybnosti a bez reakce na algické podněty a již od přijetí pacientka projevovala areflexii. Její stav naznačoval hluboké areaktivní kóma po hypoxické zástavě oběhu, vyhasnutí kmenových reflexů i zástavu spontánní ventilace. Dle neurologického nálezu se jednalo o mozkovou smrt, proto byla pacientka indikována k vyšetření DSA mozkových tepen za účelem průkazu mozkové smrti. Pacientce bylo podáno 40 ml kontrastní látky Visipaque 320. Intrakraniální tepenné řečiště se po dvaceti vteřinách nenaplnilo, mozková smrt byla angiograficky prokázána v 14:56 hodin. Pacientka byla zařazena mezi dárce orgánů.

Šestadvacetiletý muž (kazuistika č. 2) byl převezen do nemocnice, neboť si v sebevražedném úmyslu prostřelil hlavu. Z výsledků CT bylo patrné poškození hlubokých mozkových struktur s počínajícím edémem a hemocefalem. Postupnou progresí mozkového edému došlo také k vyhasnutí reflexů nad C1 obratlem, proto byl pacient poslán k vyšetření DSA mozkových tepen za účelem prokázání mozkové smrti. Pacientovi bylo podáno 40 ml kontrastní látky značky

Imeron 400. Intradurální tepenné řečiště se nenaplnilo, mozková smrt byla angiograficky prokázána ve 23:18 hodin. Pacient byl zařazen mezi dárce orgánů.

Sedmačtyřicetiletý etylik (kazuistika č. 3) byl převezen do nemocnice s úrazem hlavy po epileptickém záchvatu, čímž si způsobil kombinované kraniotrauma. CT vyšetření ukázalo rozsáhlé intracerebrální krvácení, hemocefalus, posun středových struktur a kontuzní ložisko nacházející se frontobazálně vpravo. Dále došlo k rozvoji poruchy vědomí z důvodu progresse krvácení a kontrolní CT potvrdilo těžké krvácení do oblasti kmenových struktur. V dalším průběhu se postupně rozvíjela neurologická deteriorace až do klinického obrazu mozkové smrti, která byla potvrzena pomocí DSA mozkových tepen za účelem průkazu mozkové smrti. Pacientovi bylo podáno 40 ml kontrastní látky Visipaque 320. Mozková smrt byla angiograficky prokázána v 18:10 hodin a pacient byl se souhlasem rodiny tudíž zařazen mezi dárce orgánů.

Sedmdesátiletá žena (kazuistika č. 4) byla z důvodu plicní embolie převezena do nemocnice. Pacientka byla oběhově nestabilní, navíc se u ní rozvinul kardiogenní šok v kombinaci se septickým šokem, které doprovázela i levostranná bronchopneumonie. Po ukončení sedace se pacientce zachovaly pouze některé kmenové reflexy. CT vyšetření prokázalo vícečetnou hypodenzitu v kortexu mozku a mozečku s některými hyperdenzními okrsky a suspektní vícečetné ischemické změny, které byly mírně prokrváčené. Angiografické vyšetření mozkových tepen za účelem průkazu mozkové smrti neprokázalo, že by se o mozkovou smrt jednalo. V dalším průběhu léčby se stav vědomí pacientky mírně zlepšil, pokračovala však neuromyopatie a centrální levostranná hemiparéza. Vzhledem k posthypoxickému poškození mozku nebyla pacientka schopna spolupráce. Nakonec byla pacientka ráno v 6:00 hodin nalezena na lůžku bez jakýchkoli známek života, z čehož byl konstatován klidný exitus letalis.

Šestatřicetiletý muž (kazuistika č. 5) byl převezen do nemocnice po sebevražedném oběšení na elektrickém drátě. Pacient byl hypertenzní, kvůli čemuž upadl pacient do kómatu. CT vyšetření prokázalo stav mozku s obvyklým nálezem bez známek ischemie a krční obratle bez známek traumatu. Po vysazení analgosedace upadl pacient do hlubokého bezvědomí na úroveň GCS 3 se zachovalou spontánní dechovou aktivitou. Kontrolní CT objevilo výrazný posthypoxický edém mozkových hemisfér a ztrátu kortikosubkortikální diferenciace. Nález svědčil o pokročilých edematózních změnách vzniklých nejspíše v důsledku sufokace. Spontánní dechová aktivita posléze vymizela a byla i potvrzena areflexie nad C1 páteří. Z tohoto důvodu byl pacient poslán k DSA mozkových tepen, vyšetření potvrdilo mozkovou smrt v 10:21 hodin. Pacientovi bylo podáno 40 ml kontrastní látky Iomeron 400. Se souhlasem manželky byl pacient zařazen mezi dárce orgánů.

Pětatřicetiletý muž (kazuistika č. 6) byl převezen do nemocnice v důsledku aspirace potravy. Po nezbytném zajištění bylo pacientovi provedeno CT vyšetření mozku, které vyloučilo známky krvácení či ischemie. V následujících dnech bylo pacientovi indikováno kontrolní CT vyšetření, které potvrdilo zúžení mozkových komor, vymizení SA prostorů a tekutina ve VDN. Závěrem kontrolního CT byl obraz supratentoriálního difuzního edému mozku. Na RTG snímcích se objevily známky atelektázy levého dolního laloku. V následujících dnech došlo k opětovnému potvrzení difuzního mozkového edému s hypoxicko-ischemickou encefalopatií. Vzniklý mozkový edém byl viditelný i v mozkovém kmeni, což způsobilo vyhasnutí reflexů nad C1 obratlem, tudíž byl pacient poslán na DSA mozkových tepen, kde bylo pacientovi podáno 40 ml kontrastní látky Visipaque 320. Mozková smrt byla angiograficky potvrzena ve 21:52 hodin. Pacient se souhlasem rodiny zařazen mezi dárce orgánů.

Sedmdesátiletý warfarizovaný muž (kazuistika č. 7) byl převezen do nemocnice po pádu ze schodů, kvůli kterým si způsobil kraniocerebrální poranění. Následně docházelo k postupné progresi poruchy vědomí, kvůli čemuž byl intubován a transportován do nemocnice ÚVN – VFN Praha. Krátce po příjmu pacienta došlo k zástavě oběhu při hemoragickém šoku, způsobeném sériovými zlomeninami žeber, na operačním sále byl však únik ošetřen. Po odebrání sedace bylo neurologicky potvrzeno areaktivní kóma s mozkovou areflexií. DSA mozkových tepen potvrdilo mozkovou smrt v 8:14 hodin, pacientovi bylo podáno 40 ml kontrastní látky Iomeron 400. Po domluvě s koordinačním transplantačním centrem byl pacient zařazen mezi dárce orgánů.

Osmačtyřicetiletá žena (kazuistika č. 8) byla přijata do nemocnice v důsledku náhle vzniklé bolesti hlavy, načež bylo ženě diagnostikováno subarachnoidální krvácení při ruptuře aneurysmatu. I přesto, že kontrolní DSA potvrdilo po operaci vyřazení aneurysmatu, CT vyšetření prokázalo intracerebrální krvácení a subkraniotomický hematom. V následujících dnech došlo u pacientky ke zhoršení stavu vědomí, porucha vědomí progredovala až na stupnici GCS 8. Příčinou poruchy vědomí byly pravděpodobně vasospasmy na periférii mozkových arterií v kombinaci s edémem mozku. Po vysazení sedace se pacientka stále nacházela v bezvědomí na stupnici GCS 4. Kontrolní CT vyšetření ukázalo vznik rozsáhlé ischemie v povodí ACA a ACM vpravo s nově objevenou anizokorií a areaktivní zornicí vlevo. V dalších dnech došlo k mírné progresi ischemie až do stavu vymizení kmenových reflexů s areflexií nad C1 obratlem. DSA mozkových tepen prokázala mozkovou smrt v 17:32 hodin. Pacientce bylo podáno 40 ml kontrastní látky Visipaque 320. Se souhlasem rodiny byla pacientka zařazena mezi dárce orgánů.

Dvaasedmdesátiletý muž (kazuistika č. 9) byl převezen do nemocnice s krvácející ranou na hlavě vpravo. Porucha vědomí byla na úrovni GCS 5bb,

zornice měl izokorické, avšak oběh mu zůstal zachován. Ihned po příjezdu mu byla neurochirurgem ošetřena krvácející střelná rána a CT vyšetření mozku potvrdilo kombinované kraniocerebrální poranění, které v závěru bylo vyhodnoceno jako infaustní. Postupně docházelo u pacienta k vyhasnutí kmenových reflexů, v důsledku toho byla provedena DSA mozkových tepen za účelem průkazu mozkové smrti. Pacientovi bylo podáno 40 ml kontrastní látky Iomeron 400. Intradurální tepenné řečiště se po dvaceti vteřinách nenaplnilo, tudíž exitus letalis byl stanoven v 9:15 hodin. Pacient byl zařazen mezi dárce orgánů.

Sedmačtyřicetiletý muž (kazuistika č. 10) byl převezen do nemocnice Kolín pro náhlou ztrátu vědomí. CT vyšetření mozku prokázalo hypertenzní útvar v oblasti III. komory, hydrocefalus a edém mozku. V důsledku progresu poruchy vědomí až na úroveň GCS 9, bilaterální mydriázy a respirační insuficienci byl pacient zaintubován a převezen do ÚVN-VFN Praha k operačnímu řešení. Při resekci koloidní cysty došlo k progresi mozkového edému až do klinických známek mozkové smrti. Pacientovi byla provedena DSA mozkových tepen za účelem průkazu mozkové smrti, kde bylo použito 40 ml kontrastní látky Iomeron 400. Angiografickým vyšetřením byla prokázána mozková smrt v 9:05 hodin. Pacient zařazen mezi dárce orgánů.

Shrnutí

Věkové rozmezí pacientů (v rámci vybraných kazuistik), u kterých byla provedena digitální subtrakční angiografie mozkových tepen za účelem průkazu mozkové smrti na Radiodiagnostickém oddělení ÚVN – VFN Praha, bylo 26–72 let, jejich průměrný věk se pohyboval okolo 52 let.

Z deseti vybraných pacientů nebyla u jedné případové studie (kazuistika č. 4) diagnostikována mozková smrt pomocí digitální subtrakční angiografie.

Dvěma pacientům (kazuistika č. 7 a č. 9) se při první kontrole mozkových tepen intrakraniální tepenné řečiště plnilo, neplnilo se až při druhé kontrole.

Ve vybraných kazuistikách bylo větší zastoupení mužů než žen (7 mužů a 3 ženy).

Tři pacienty vedl k mozkové smrti sebevražedný úmysl. Další pacienti byli převezeni do nemocnice v důsledku akutního koronárního syndromu, epileptického záchvatu, plicní embolie, aspirace potravy do dýchacích cest, úrazového subdurálního krvácení, ruptury aneurysmatu a bezvědomí.

Ve většině případů byli pacienti dovezeni Zdravotnickou záchrannou službou ihned do ÚVN – VFN Praha na oddělení Emergency, pouze tři případové studie byly do ÚVN – VFN Praha přeloženy z jiné nemocnice v důsledku zhoršení jejich zdravotního stavu.

Při angiografickém průkazu mozkové smrti se používaly dva druhy kontrastních látek – Visipaque 320 nebo Iomeron 400. Výběr kontrastní látky závisel na výběru angiografické skiaskopické linky vyšetřujícím lékařem (DSA1 INNOVA IGS 530 – Visipaque 320, DSA2 ALPHENIX BIPLANE – Iomeron 400). Množství a rychlost podání kontrastní látky, včetně délky snímané akvizice byly u všech pacientů stejné – standardizované (40ml/20ml flow, po dobu 20 vteřin).

Téměř ve všech případech byli pacienti po angiografickém průkazu mozkové smrti zařazeny do transplantačního centra v IKEM, pouze jeden pacient z důvodu plnění intrakraniálního tepenného řečiště mezi dárce orgánů zařazen nebyl i přesto, že byl u něho posléze konstatován klidný exitus letalis (kazuistika č. 4).

U většiny případů byl 5F sheath zaveden do pravého třísla, pouze v jedné případové studii (kazuistika č. 8) byl 5F sheath zaveden do levého třísla.

5F sheathy, které byly zavedeny u všech pacientů, byly zpravidla ponechány kvůli možným nastávajícím komplikacím, či nutnému kontrolnímu vyšetření, a byly fixovány pomocí stehů, pouze u dvou pacientů (kazuistika č. 1 a č. 4) byl sheath, na žádost ošetřujícího lékaře, vytažen z třísla a místo vpichu bylo ošetřeno AngioSealem (speciálním cévním šitím).

Kontrola plnění intrakraniálního tepenného řečiště na angiografickém sále byla zpravidla prováděna pouze jednou, neboť toto vyšetření bylo zcela dostačující pro angiografický průkaz mozkové smrti. U dvou případových studií (kazuistika č. 7 a č. 9) proběhla kontrola intrakraniálního tepenného řečiště dvakrát s odstupem jednoho dne.

6 DISKUZE

Cílem této bakalářské práce bylo zpracování vybraného tématu věnující se diagnostice mozkové smrti a současným radiologickým možnostem, kterými lze smrt mozku potvrdit.

V teoretické části práce byla podrobně popsána anatomie a fyziologie nervové soustavy, včetně centrální nervové soustavy. Tématika centrální nervové soustavy byla rozdělena na několik podkapitol, konkrétně na jednotlivé části mozku, kde byla podrobně popsána jejich anatomie a funkce. Nebylo opomenuto ani cévní zásobení mozku, hlavní tepny a žíly, které se úzce pojí s problematikou dané práce.

Dále byla v práci popsána definice mozkové smrti, kde nesměla chybět ani Česká právní legislativa, v níž jsou uvedeny zákony a vyhlášky zabývající se darováním orgánů. Následovaly podkapitoly týkající se problematiky vyjádření souhlasu (nesouhlasu) s posmrtným darováním orgánů v Evropě a byl porovnáván přístup dárců v České republice a zahraničí. Následovala kapitola s patofyziologickými aspekty mozkové smrti, kde byl důkladně popsán vznik a průběh nemocí, jež vedly až ke smrti mozku. Ačkoliv je problematika darování orgánů velmi aktuálním tématem, lze usuzovat z množství literatury, že téma o dárcovství orgánů není dostatečně zpracováno v odborné literatuře a podrobnější informace lze nalézt pouze v konkrétních zákonech.

Následující kapitoly pojednávaly o radiodiagnostických zobrazovacích metodách, díky kterým lze mozkovou smrt určit (angiografie mozkových tepen, mozková perfuzní scintigrafie, výpočetní tomografická angiografie, transkraniální dopplerovská ultrasonografie u malých dětí a vyšetření pomocí sluchových kmenových evokovaných potenciálů). Jednotlivé metody byly popsány v obecné míře a poté podrobněji objasněny v rámci dané problematiky.

V neposlední řadě byl závěr teoretické části bakalářské práce věnován radiační ochraně a obecné úloze radiologického asistenta, především jeho práci při angiografických intervenčních výkonech.

Praktická část bakalářské práce byla zpracována formou případových studií (kazuistik). Kvalitativní metoda výzkumu, jež byla zvolena, se věnovala analýze menšího množství pacientů, kteří byli podrobně popsány a následně byly kazuistiky analyzovány a vyhodnoceny. Díky Nemocničnímu informačnímu systému (AMIS) v Ústřední vojenské nemocnici – Vojenské fakultní nemocnici Praha byli vyhledáni pacienti, u kterých proběhlo angiografické vyšetření mozkových tepen za účelem průkazu mozkové smrti. Data byla čerpána za posledních deset let (1. 1. 2013 – 1. 3. 2023), během těchto deseti let bylo vyšetření provedeno na 169 pacientech. Ze 169 pacientů bylo vybráno deset různých případových studií, kde byla podrobně popsána jejich anamnéza, průběh onemocnění a hospitalizace a kontrolní vyšetření mozkových tepen u konkrétních pacientů. Podmínky pro výběr pacientů byly stanoveny tak, aby vyhledaná dokumentace pacienta byla dostatečně použitelná a aby každá případová studie byla odlišná svojí základní diagnózou, věkem pacienta, diagnostickým souhrnem aj. Ze 169 pacientů za období deseti let bylo angiografické vyšetření mozkových tepen se záměrem potvrzení mozkové smrti provedeno nejvíce u pacientů se subdurálním či subarachnoidálním krvácením, ať už vlivem ruptury aneurysmatu či úrazovému poranění, jež vedlo ke krvácení, a u pacientů, u kterých byly prokázány nádorové změny.

Praktická část byla věnována především pacientům, kterým byla mozková smrt potvrzena na angiografickém sále pomocí digitální subtrakční angiografie. Nutno říci, že i přesto, že v zákoně jsou uvedeny i další metody, digitální subtrakční angiografie se v České republice využívá k potvrzení mozkové smrti nejvíce. Naopak v zahraničí se dle výzkumných článků nejvíce využívá CT

angiografie k průkazu smrti mozku. Ačkoliv je CT angiografické vyšetření mozkové smrti v České republice *lege artis* (z lat. uznávaná metoda), v mnoha fakultních nemocnicích se nevyužívá a spíše se preferuje DSA, je-li k dispozici. Je to nejspíše z toho důvodu, že nastavení konkrétních akvizčních parametrů je různé dle typu CT přístroje (jiní výrobci, jiné softwarové vybavení, jiné počty detektorů, stáří CT přístroje aj.). Další otázkou je, zda standardní protokol na běžné vyšetření karotických tepen je možné uplatnit i jako protokol k vyšetření karotických tepen za účelem mozkové smrti. Dalším důvodem, proč CTAG mozkové smrti není běžným postupem v České republice je stáří CT přístrojů. Obvykle bývají v periferních nemocnicích starší CT přístroje, které nejspíše neumožní toto vyšetření provést, proto se spíše upřednostňuje metoda DSA k průkazu mozkové smrti, neboť je tato technika nejen jednoznačnější, ale parametry jsou i konkrétnější, a zároveň se lépe dodržují, a přitom je vyšetření i pro samotné lékaře důvěryhodnější.

V České republice se k diagnostice mozkové smrti využívá, kromě digitální subtrakční angiografie, i perfuzní scintigrafie mozku. V teoretické části byl podrobně popsán postup vyšetření, avšak do praktické části nebyly uvedeny konkrétní případové studie. Ústřední vojenská nemocnice – Vojenská fakultní nemocnice Praha nedisponuje oddělením Nukleární medicíny, které by spadalo pod nemocniční zařízení, proto sběr dat nebyl umožněn. Získání dat z jiné pražského nemocničního zařízení též nebylo umožněno v důsledku dlouhé čekací lhůty Etické komise, která povoluje studentům a ostatním osobám provádějící výzkumnou práci sbírat data z jejich Nemocničního informačního systému. Zároveň bylo zjištěno, že některá nemocniční zařízení nemají na oddělení Nukleární medicíny dostatečné softwarové vybavení, které by umožnilo zhlédnout celkovou závěrečnou zprávu pacienta. Lze se domnívat, že rozšířením práce o případové studie se zaměřením na perfuzní scintigrafii

mozku by určitě dané problematice prospěla a prohloubila by tím její komplexnost.

Kromě výše uvedených metod se k průkazu mozkové smrti používá i transkraniální dopplerovská sonografie u malých dětí. Ústřední vojenská nemocnice – Vojenská fakultní nemocnice Praha neposkytuje dětské lékařství, tudíž nebyla možnost sběru dat v nemocničním zařízení. Jak u perfuzní scintigrafie mozku, tak i u transkraniální dopplerovské scintigrafie se lze domnívat, že kvalitativní výzkum ve formě případových studií se zaměřením na tyto metody by dané problematice výrazně prospěly.

Z výzkumu práce nelze vyvodit, jaké vyšetření se pacientovi bude provádět – zda digitální subtrakční angiografie, CT angiografie nebo mozková perfuzní scintigrafie. Výzkum pouze poukazuje na možné metody využívající se v dané problematice se zaměřením převážně na DSA. Výzkum přináší „návod“, jak lze DSA mozkových tepen za účelem průkazu mozkové smrti provést, jestliže se pro tuto metodu dané pracoviště rozhodne, a zároveň se analýza snaží nastínit různé pacienty s různou diagnózou a jejich výsledky.

Na základě těchto dat nelze usuzovat, jaká metoda je v dané problematice vhodnější pro diagnostiku mozkové smrti. Ve vybaveném nemocničním zařízení s novými přístroji lze předpokládat, že výběr metody k průkazu mozkové smrti závisí pouze na ošetřujícím lékaři, který se rozhodne pro danou metodu potvrzující klinické známky mozkové smrti, dle vlastních preferencí a zvyklostí.

Z práce lze však předpokládat, že do jisté míry měl věk i diagnostický souhrn větší vliv na další onemocnění, jež posléze vedlo k mozkové smrti. Věková kategorie pacientů, kterým byla mozková smrt prokázána angiografickým vyšetřením v Ústřední vojenské nemocnici – Vojenské fakultní nemocnici Praha, se pohybovala okolo 50 let. Ze 169 pacientů lze odhadnout, že většina

případových studií zemřela na mozkovou smrt v důsledku jiného přidruženého onemocnění. V případě, že by byl daný výzkum prováděn znovu, lze se zaměřit na celkový diagnostický souhrn pacienta a na věk, které by mohly mít vliv na vznik mozkové smrti, a výzkum by mohl být prováděn metodou kvantitativního výzkumu formou statistického vyhodnocení dat. V tomto případě však bylo vhodnější volit kvalitativní metodu výzkumu formou případových studií, neboť hlavním cílem této bakalářské práce bylo detailní přiblížení a objasnění mozkové smrti se současnými radiodiagnostickými metodami, kterými lze mozkovou smrt odhalit.

Je nutné zmínit, že praktická část, která byla psaná metodou kvalitativního výzkumu, mohla být značně ovlivněna subjektivním výběrem výzkumníka. Zároveň byly případové studie vybrány pouze z jednoho nemocničního zařízení, což do určité míry mohlo ovlivnit výsledky daného výzkumu. Lze předpokládat, že v jiných nemocničních zařízeních mohl být jiný počet výkonů a mohly být uvedeny i další metody sloužící k průkazu mozkové smrti, z kterých se posléze mohl provádět výzkum. I přesto lze usuzovat z bakalářské práce, že všechny tyto aspekty nikterak neovlivnily rozsah ani přínos práce.

Všechna výše uvedená data v praktické části bakalářské práce byla získána z dokumentace ÚVN – VFN Praha z Nemocničního informačního systému AMIS a obrazová dokumentace byla získána ze systému PACS. Textová i obrazová dokumentace byla poskytnuta se souhlasem MUDr. Tomáše Belšana, CSc., primáře radiodiagnostického oddělení, a Mgr. Ondřeje Krahuly, MBA, vedoucího radiologického asistenta.

Malá připomínka všem, kteří se bojí, že právě oni budou těmi, kteří budou stanovovat smrt pacienta. Radiologický lékař nestanovuje smrt pacienta, pouze provádí dané vyšetření, které potvrdí nebo nepotvrdí klinické známky mozkové

smrti, ve spolupráci s Radiologickým asistentem. Smrt pacienta stanovují dva odborně specializovaní lékaři, kteří na základě výsledků, jež obdrží od radiologa, podepíší prohlášení o zjištění mozkové smrti.

Tato bakalářská práce byla psána v odborném jazyce, nikoli však striktně medicínském, neboť práce a její výzkum by měl primárně cílit a být přínosem zejména pro radiologické asistenty a další střední zdravotnický personál zabývající se tímto tématem. Lze také předpokládat, že vzniklý výzkum by mohl být přínosem nejen odborníkům, ale i také neodborné veřejnosti, která by se chtěla o této problematice dozvědět více.

7 ZÁVĚR

Tato práce se zabývala aktuálním tématem mozkové smrti a radiologickými možnostmi, kterými lze mozkovou smrt prokázat. V teoretické části byla přiblížena definice mozkové smrti a patofyziologické aspekty dané problematiky, které jsou uvedeny v České právní legislativě. Dále byly podrobně popsány radiologické vyšetřovací metody, pomocí nichž lze mozkovou smrt prokázat. Lze usuzovat, že ač je v zákoně uvedeno několik možností, kterými lze mozkovou smrt určit, v České republice se nejvíce využívá metoda digitální subtrakční angiografie. Lze však předpokládat, že s následujícím rozvojem technologií se bude mozková smrt prokazovat i jinými diagnostickými metodami.

V praktické části byly prezentovány případové studie pacientů, i nichž byla provedena digitální subtrakční angiografie mozkových tepen za účelem průkazu mozkové smrti a kteří podstoupili dané vyšetření na Radiodiagnostickém oddělení ÚVN – VFN Praha. Ze 169 případových studií bylo vybráno deset různých kazuistik pacientů, u kterých se poté hledaly společné a rozdílné znaky.

Bakalářská práce měla za cíl, odborným i neoborným čtenářům, přiblížit problematiku mozkové smrti a radiodiagnostické metody, jimiž lze mozkovou smrt prokázat. Domnívám se, že zpracováním této bakalářské práce se podařilo problematiku mozkové smrti dobře ujasnit.

Pokud by se některý ze studentů radiologické asistence nebo jiného zdravotnického oboru rozhodl navázat na tuto bakalářskou práci a rozšířit tím její komplexnost, ráda mu pomohu s jeho vlastním výzkumem. Přeji si, aby tato bakalářská práce byla nápomocna všem čtenářům, kteří se o danou problematiku zajímají a hledají odpovědi na své otázky.

8 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

CNS – centrální nervová soustava

A. – arteria

Vv. – venae

mmHg – milimetr rtuťového sloupce

EEG – elektroencefalograf

CT – výpočetní tomografie

kHz – kilohertz

MHz – megahertz

ČLS JEP – Česká lékařská společnost Jana Evangelisty Purkyně

MBq – megabecquerel

PACS – Picture Archiving and Communication System

HU – Hounsfieldovy jednotky

RA – Radiologický asistent

Stp. – stav po

KPR – kardiopulmonální resuscitace

DM – diabetes mellitus

ÚVN – VFN Praha – Ústřední vojenská nemocnice – Vojenská fakultní nemocnice
Praha

DSA – digitální subtrakční angiografie

IKEM – Institut klinické a experimentální medicíny

JIP – Jednotka intenzivní péče

KARIM – Klinika anesteziologie, resuscitace a intenzivní medicíny

RTG – rentgen, rentgenový

VDN – vedlejší dutiny nosní

SA – subarachnoidální

PAD – perorální antidiabetika

CTAG – CT angiografie

9 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1. DYLEVSKÝ, Ivan. Funkční anatomie. 2. vydání. Praha: Grada, 2009. ISBN 978-80-247-3240-4.
2. SEIDL, Zdeněk. Neurologie pro nelékařské zdravotnické obory: pro nelékařské zdravotnické obory. Praha: Grada, 2008. ISBN 978-80-247-2733-2.
3. FIALA, Pavel a Jiří VALENTA. Přehled anatomie centrálního nervového systému [online]. Praha: Karolinum, 2020 [cit. 2022-11-28]. ISBN 978-80-246-4477-6. Dostupné z: <https://www.bookport.cz/kniha/prehled-anatomie-centralniho-nervoveho-systemu-7043/>
4. OREL, Miroslav. Nervové buňky a jejich svět. Praha: Grada, 2015. Psyché (Grada). ISBN 978-80-247-5070-5.
5. KACHLÍK, David. Anatomie pro nelékařské zdravotnické obory. Praha: Univerzita Karlova, nakladatelství Karolinum, 2018. ISBN 978-80-246-4058-7.
6. MERKUNOVÁ, Alena a Miroslav OREL. Anatomie a fyziologie člověka pro humanitní obory. Praha: Grada, 2008. Psyché (Grada). ISBN 978-80-247-1521-6.
7. PROCHÁZKA, Václav a Vladimír ČÍŽEK. Vaskulární diagnostika a intervenční výkony. Praha: Maxdorf, 2012. Jessenius. ISBN 978-80-7345-284-1.
8. DRÁBKOVÁ, Jarmila. Jaké obrazy má smrt – soudobé paradigma. Referátový výběr z anesteziologie, resuscitace a intenzivní medicíny [online]. 2013, 60(2), 8-13 [cit. 2022-11-28]. ISSN 1212-3048. Dostupné z: <http://kramerius.medvik.cz/search/handle/uuid:MED00011085-4d5ef15e-e10d-4227-b08f-ec78f2c730f3>
9. Zákon č. 44/2013 Sb.: Zákon, kterým se mění zákon č. 285/2002 Sb., o darování, odběrech a transplantacích tkání a orgánů a o změně některých

- zákonů (transplantační zákon), ve znění pozdějších předpisů, a další související zákony [online]. [cit. 2023-04-07]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2013-44>
10. KŘIVKOVÁ, Jana, J. ŠIMEK a Pavel LEDEN. Legislativní rámec smrt mozku versus nevratná zástava oběhu v České republice. *Praktický lékař*. 2022, 102(1), 27-30. ISSN 0032-6739. Dostupné také z: <https://www.prolekare.cz/casopisy/prakticky-lekar/2022-1-23/legislativni-ramec-smrt-mozku-versus-nevratna-zastava-obehu-v-ceske-republice-130648>
 11. BALÁŽ, Peter, Július JANEK a Miloš ADAMEC. Odběry orgánů k transplantaci: Odbery orgánov na transplantácie. Praha: Karolinum, 2011. ISBN 978-80-246-1964-4.
 12. Vyhláška č. 115/2013 Sb.: Vyhláška o stanovení specializované způsobilosti lékařů zjišťujících smrt a lékařů provádějících vyšetření potvrzující nevratnost smrti pro účely odběru tkání nebo orgánů určených pro transplantaci (vyhláška o specializované způsobilosti lékařů zjišťujících a potvrzujících smrt pro účely transplantací) [online]. 2013 [cit. 2023-04-07]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2013-115>
 13. OREL, Miroslav a Roman PROCHÁZKA. Vyšetření a výzkum mozku: pro psychology, pedagogy a další nelékařské obory. Praha: Grada, 2017. *Psyché (Grada)*. ISBN 978-80-247-5539-7.
 14. Cerebrovaskulární manuál: Diagnostika mozkové smrti [online]. 2019 [cit. 2023-04-04]. Dostupné z: <https://www.manual-cmp.cz/mozkova-smrt/#1628172802986-2356bdc0-80b81628172816750946a-5f4a16318527248491631852829673>
 15. NI, L., J. CAO a R. WANG. Analyzing EEG of quasi-brain-death based on dynamic sample entropy measures. *Computational and mathematical methods in medicine* [online]. 2013, 2013, 618743 [cit. 2022-12-13]. ISSN 17486718. Dostupné z: [doi:10.1155/2013/618743](https://doi.org/10.1155/2013/618743)

16. Ošetřovatelství v chirurgických oborech – 2. část. Inovace VOV [online].
Dostupné z: <https://www.vovcr.cz/odz/zdrav/102/page26.html>
17. TOMEK, Aleš, David ŠKOLOUDÍK, Ondřej ŠKODA, et al. Metodika stanovení smrti mozku pomocí transkraniální sonografie vypracovaná Neurosonologickou komisí a Cerebrovaskulární sekcí České neurologické společnosti ČLS JEP. Česká a slovenská neurologie a neurochirurgie. 2016, 79(5), 608-611. ISSN 1210-7859. Dostupné také z: <https://www.prolekare.cz/casopisy/ceska-slovenska-neurologie/2016-5-4/metodika-stanoveni-smrti-mozku-pomoci-transkranialni-sonografie-vypracovana-neurosonologickou-komisi-a-cerebrovaskularni-sekci-ceske-neurologicke-spolecnosti-clj-jep-59150>
18. ŠKOLOUDÍK, David. Diagnostika smrti mozku pomocí transkraniální dopplerometrie a transkraniální duplexní sonografie. Neurologie pro praxi. 2017, 18(4), 244-247. ISSN 1213-1814. Dostupné z: [doi:10.36290/neu.2017.093](https://doi.org/10.36290/neu.2017.093)
19. Scintigrafické stanovení mozkové smrti [online]. [cit. 2023-04-07].
Dostupné z: <https://unm.lf1.cuni.cz/vysetreni/10.html>
20. HAVEL, Martin, David ŠKOLOUDÍK, Drahoslava NOVÁKOVÁ, et al. Zhodnocení souboru pacientů vyšetřených perfuzní scintigrafií při stanovení smrti mozku. Anesteziologie a intenzivní medicína. 2021, 32(4-5), 197-203. ISSN 1214-2158. Dostupné také z: <https://www.prolekare.cz/casopisy/anesteziologie-intenzivni-medicina/2021-4-5-1/zhodnoceni-souboru-pacientu-vysetreny-ch-perfuzni-scintigrafii-pri-stanoveni-smrti-mozku-129134>
21. MALÍKOVÁ, Hana. Základy radiologie a zobrazovacích metod. Praha: Univerzita Karlova, nakladatelství Karolinum, 2019. ISBN 978-80-246-4036-5.

22. SÚKUPOVÁ, Lucie. Radiační ochrana při rentgenových výkonech - to nejdůležitější pro praxi. Praha: Grada Publishing, 2018. ISBN 978-80-271-0709-4.
23. RADIOLOGICKÁ SPOLEČNOST České lékařské společnosti J. E. Purkyně: Angiografické stanovení mozkové smrti [online]. [cit. 2023-04-07]. Dostupné z: <http://www.crs.cz/cs/dokumenty/doporuceni-prehled/metodicky-pokyn-ag-stanoveni-mozkove-smrti.html>
24. HEŘMAN, Miroslav. CT angiografie tepen zásobujících mozek pro stanovení smrti mozku u dárců orgánů. Česká radiologie. 2020, 74(4), 235-237. ISSN 1210-7883. Dostupné také z: <http://www.cesradiol.cz/vydanacisla.php>
25. Vyhláška 55/2011: Vyhláška o činnosti zdravotnických pracovníků po získání odborné způsobilosti [online]. [cit. 2023-04-07]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2011-55#Sum>
26. VOMÁČKA, Jaroslav. Zobrazovací metody pro radiologické asistenty. Druhé, doplněné vydání. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2015. ISBN 978-80-244-4508-3
27. PODZIMEK, František. Radiologická fyzika: fyzika ionizujícího záření. V Praze: České vysoké učení technické, 2013. ISBN 978-800-1053-195.
28. PODZIMEK, František. Radiologická fyzika. 2. vydání. V Praze: České vysoké učení technické, 2021. ISBN 978-80-01-06900-4.
29. HENDL, Jan. Kvalitativní výzkum: základní teorie, metody a aplikace. 2., aktualit. vyd. Praha: Portál, 2008. ISBN 978-80-7367-485-4.
30. OLSEN, Alexander. Cognitive Control Function and Moderate-to-Severe Traumatic Brain Injury: Functional and Structural Brain Correlates [online]. 2014 [cit. 2023-05-10]. ISBN 978-82-326-0661-0. Dostupné z: https://www.researchgate.net/profile/Alexander-Olsen-2/publication/272176279_Cognitive_Control_Function_and_Moderate-to-Severe_Traumatic_Brain_Injury_Functional_and_Structural_Brain_Correl

ates/links/54de11630cf22a26721e4b42/Cognitive-Control-Function-and-Moderate-to-Severe-Traumatic-Brain-Injury-Functional-and-Structural-Brain-Correlates.pdf

10 SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č. 1: Ilustrativní obrázek – průkaz mozková smrt metodou digitální subtrakční angiografie, PACS ÚVN – VFN Praha

Příloha č. 2: Ilustrativní obrázek – neprokázaná mozková smrt metodou perfuzní scintigrafie mozku, PACS FNKV Praha

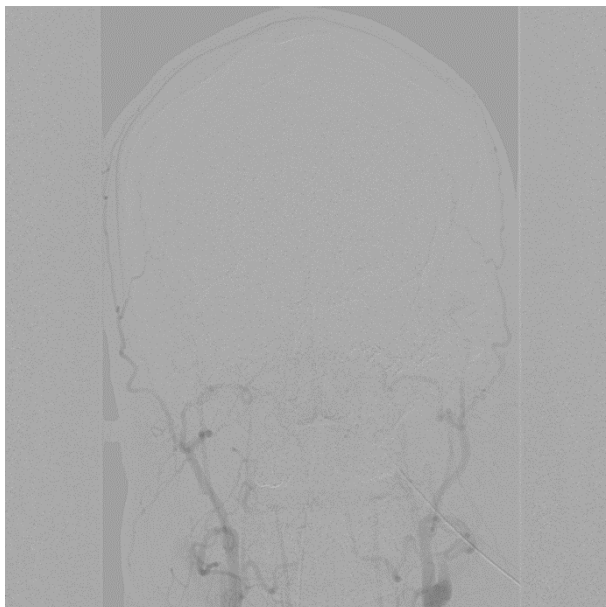
Příloha č. 3: Ilustrativní obrázek – průkaz mozková smrt pomocí perfuzní scintigrafie mozku, PACS FNKV Praha

Příloha č. 4: Tabulka – Glasgow Coma Scale, [30]

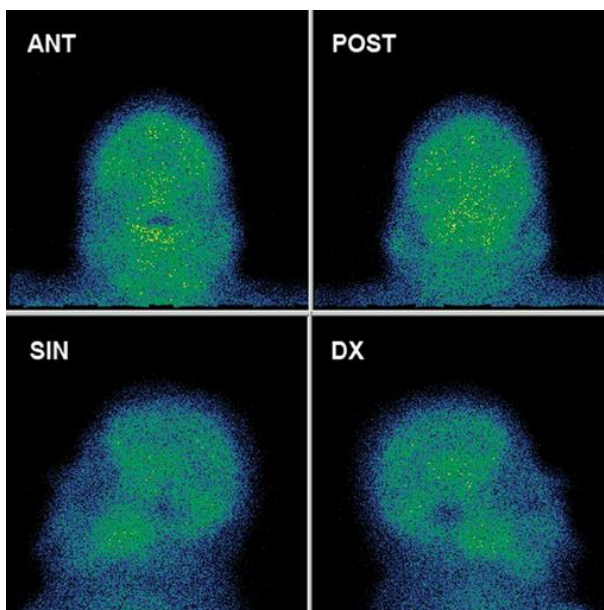
Příloha č. 5: Protokol – o zjištění smrti, dokumenty IKEM

11 PŘÍLOHY

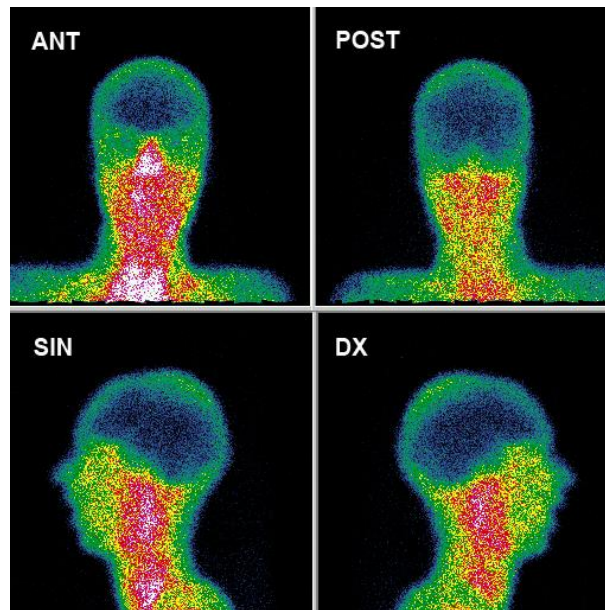
Příloha č. 1: Ilustrativní obrázek – průkaz mozkové smrt metodou digitální subtrakční angiografie, PACS ÚVN – VFN Praha



Příloha č. 2: Ilustrativní obrázek – neprokázaná mozková smrt metodou perfuzní scintigrafie mozku, PACS FNKV Praha



Příloha č. 3: Ilustrativní obrázek – průkaz mozkové smrti metodou perfuzní scintigrafie mozku, PACS FNKV Praha



Příloha č. 4: Tabulka – Glasgow Coma Scale, [30]

Domain	Response	Score
Eye opening	Spontaneous	4
	To speech	3
	To pain	2
	None	1
Best verbal response	Oriented	5
	Confused	4
	Inappropriate	3
	Incomprehensible	2
	None	1
Best motor response	Obeying	6
	Localizing	5
	Withdrawal	4
	Flexing	5
	Extending	3
	None	1
Total score	Deep coma or death	3
	Fully alert and oriented	15

Příloha č. 5: Protokol – o zjištění smrti, dokumenty IKEM

Příloha č. 3 k vyhlášce č. 114/2013 Sb.

Protokol o zjištění smrti (k §10 zákona č. 285/2002 Sb.)		
Jméno a příjmení: Rodné číslo: /		
Nebylo-li přiděleno RČ datum narození:		
Pracoviště:		
Číslo chorobopisu:	Číslo zdravotní pojiškovny:	
1. lékař zjišťující smrt (lékař A)	2. lékař zjišťující smrt (lékař B)	
.....	
jméno a příjmení	jméno a příjmení	
.....	
pracovní zařazení	pracovní zařazení	
I. Zjištění smrti průkazem nevratné zástavy krevního oběhu		
Zjištěna nevratná zástava krevního oběhu		
lékař A:		
.....
datum	čas (hodina:minuta)	podpis
lékař B:		
.....
datum	čas (hodina:minuta)	podpis

II. Zjištění smrti průkazem nevratné ztráty funkce celého mozku

1. Předpoklady, na základě kterých lze uvažovat o diagnóze smrti mozku

1.1 Diagnostika základního mozkového postižení:

lékař A: lékař B:

1.2 Vedlejší diagnózy:

lékař A: lékař B:

1.3 Datum a čas úrazu nebo onemocnění:

lékař A: lékař B:

datum, čas (hodina:minuta)

datum, čas (hodina:minuta)

Bylo vyloučeno, že na bezvědomí se v okamžiku vyšetření podílí (odpověď ano/ne)

lékař A

lékař B

intoxikace

tlumivé a relaxační účinky léčiv

metabolický nebo endokrinní rozvrat

primární podchlazení

2. Klinické známky smrti mozku

lékař A

lékař B

datum, čas (hodina:minuta)

datum, čas (hodina:minuta)

.....
podpis lékaře

.....
podpis lékaře

fotoreakce - oboustranně chybí (ano/ne)

korneální reflex - oboustranně chybí (ano/ne)

vestibulookulární reflex
- oboustranně chybí (ano/ne)

motorická reakce při algickém podráždění v inervační
oblasti n. trigeminus - oboustranně chybí (ano/ne)

kašlací reflex provokovaný hlubokým
tracheobronchiálním odsáváním - chybí (ano/ne)

trvalá zástava spontánního dýchání - apnoický test
při $p_a \text{CO}_2$ mmHg - splněn (ano/ne)

hluboké bezvědomí (Glasgow coma scale - skóre)

3. Potvrzení nevratnosti klinických známek smrti mozku

3.1 Angiografie mozkových tepen

Zjištěna absence náplně cerebrálních úseků mozkových tepen:

<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
.....
datum	čas (hodina:minuta)	jméno, příjmení a podpis vyšetřujícího lékaře

3.2 Mozková perfuzní scintigrafie

Zjištěna absence záchytu radiofarmaka v mozkové tkáni:

<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
.....
datum	čas (hodina:minuta)	jméno, příjmení a podpis vyšetřujícího lékaře

3.3 Vyšetření sluchových kmenových evokovaných potenciálů

Časně akusticky evokovaná potencionála mozkového kmene

vlny II. - V. vyhaslé oboustranně (ano/ne):

<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
.....
datum	čas (hodina:minuta)	jméno, příjmení a podpis vyšetřujícího lékaře

3.4 Transkraniální dopplerovská sonografie

Zjištěna zástava toku v mozkových tepnách:

<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
.....
datum	čas (hodina:minuta)	jméno, příjmení a podpis vyšetřujícího lékaře

3.5 CT angiografie

Zjištěna absence náplně cerebrálních úseků mozkových cév:

<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
.....
datum	čas (hodina:minuta)	jméno, příjmení a podpis vyšetřujícího lékaře