



Zdravotně
sociální fakulta
Faculty of Health
and Social Sciences

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice

Monitorace v neurointenzivní péči

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Studijní program:

Specializace v ošetřovatelství

Autor: Bc. Radim Baxa, DiS.

Vedoucí práce: PhDr. Andrea Hudáčková, Ph.D.

České Budějovice 2022

Prohlášení

Prohlašuji, že svoji diplomovou práci s názvem „*Monitorace v neurointenzivní péči*“ jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby diplomové práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé diplomové práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne 16.8. 2022

Poděkování

Rád bych poděkoval paní PhDr. Andree Hudáčkové, Ph.D., vedoucí mé diplomové práce, za ochotu, odbornou pomoc a cenné rady, které mi pomohly ke zpracování této diplomové práce. Dále děkuji své rodině, která mě podporovala po celou dobu mého studia.

Monitorace v neurointenzivní péči

Abstrakt

Předkládaná diplomová práce má teoretický charakter. Zaměřuje se na co nejucelenější přehled monitorace nervového systému u pacientů vyžadujících neurointenzivní péči.

Cílem práce bylo zmapovat možnosti monitorace v neurointenzivní péči a zmapovat využití mikrodialýzy v neurointenzivní péči a na základě odborné literatury porovnat indikaci a přínosy použití mikrodialýzy jako monitoringu u pacienta se závažným poškozením mozku. Byly stanoveny dvě výzkumné otázky zabývající se druhy a možnostmi monitorace pacienta v neurointenzivní péči a možnostmi využití mikrodialýzy v neurointenzivní péči.

Pro diplomovou práci byla použita metoda review a syntéza dat. Na zpracování diplomové práce byly použity české a zahraniční odborné publikace, odborné časopisy a on-line zdroje zabývající se zkoumanou problematikou. Publikace byly využity jak v elektronické, tak tištěné podobě.

Diplomová práce se zabývá již tradičními monitorovacími technikami nervového systému považovanými za běžný standard a zároveň pracuje s technikami novými, které se v tuzemsku teprve zkoušejí nebo jsou novinkou v oboru neuromonitorace.

Diplomová práce obsahuje stručný přehled anatomie, fyziologie a patofyziologie nervové soustavy člověka. Dále popisuje vyšetřovací metody využívané v neurointenzivní péči a přístrojový monitoring využívaný v intenzivní péči. Jednotlivé monitorovací techniky jsou samostatně vysvětleny a jsou popsány jejich principy a využití. Poslední částí diplomové práce je pohled na roli sestry v neurointenzivní péči. Tato část se věnuje jak nemocniční neodkladné péči, tak části přednemocniční, která na nemocniční velmi úzce navazuje a často bývá stěžejní pro budoucí outcome pacienta.

Klíčová slova

Nervový systém, neuromonitorace, intenzivní péče, mikrodialýza, role sestry

Monitoring in neurointensive care

Abstract

The submitted theoretical diploma thesis focuses on the most comprehensive overview of nervous system monitoring in patients requiring neurointensive care.

The aim of the thesis was to map the possibilities of monitoring in neurointensive care and to map the use of microdialysis in neurointensive care and, based on the professional literature, to compare the indication and benefits of using microdialysis for monitoring in a patient with severe brain damage. Two research questions dealing with the types and possibilities of patient monitoring in neurointensive care and the possibilities of using microdialysis in neurointensive care were determined.

The review and data synthesis method were used for the thesis. Czech and international professional publications, professional magazines and online resources dealing with the researched issue were used for the preparation of the diploma thesis. Publications were used both in electronic and printed form.

The diploma thesis deals with the traditional monitoring techniques of the nervous system, which are considered a common standard, and at the same time works with new techniques that are still being tested in the country or are new in the field of neuromonitoring.

The diploma thesis contains a brief overview of the anatomy, physiology and pathophysiology of the human nervous system. It also describes examination methods used in neurointensive care and instrumental monitoring used in intensive care. Individual monitoring techniques are explained separately and their principles and use are described. The last part of the thesis is an overview of the nurse's role in neurointensive care. This part is devoted to both hospital emergency care and the pre-hospital part, which is very closely related to hospital care and is often crucial for the patient's future outcome.

Key words

Nervous system, neuromonitoring, intensive care, microdialysis, nurse's role

OBSAH

Úvod.....	9
Cíle práce a výzkumné otázky	11
Metodika	12
1 Současný stav.....	14
2 Anatomie, fyziologie a patofyziologie nervové soustavy.....	16
2.1 Nervová buňka	17
2.2 Výběžky nervové buňky	18
2.3 Nervová synapse	19
2.3.1 Poškození a regenerace neuronu.....	19
2.3.2 Centrální nervová soustava	20
2.3.3 Periferní nervová soustava.....	23
2.3.4 Autonomní nervstvo	25
2.4 Kraniocerebrální poranění.....	27
2.4.1 Komoce mozková	27
2.4.2 Kontuze mozku	27
2.4.3 Difuzní axonální poranění	28
2.4.4 Epidurální hematom.....	29
2.4.5 Subdurální hematom	29
2.4.6 Chronický subdurální hematom.....	29
2.4.7 Traumatický intracerebrální hematom.....	30
2.4.8 Poranění páteře a míchy.....	30
2.5 Závažná neurologická onemocnění.....	31

2.5.1	Epilepsie.....	31
2.5.2	Jatění encefalopatie.....	32
2.5.3	Myasthenia gravis	33
2.5.4	Guillain- Barré syndrom	33
3	Neurologické vyšetření	34
4	Monitorování centrální nervové soustavy.....	37
4.1	Monitorace v intenzivní péči.....	37
4.1.1	Monitorace v neurointenzivní péči	38
4.2	Nitrolební tlak	39
4.3	Transkraniální dopplerovská ultrasonografie.....	41
4.4	Jugulární oxymetrie.....	42
4.5	Tkáňová oxymetrie.....	43
4.6	Near-Infrared spectroscopy – NIRS oxymetrie.....	43
4.7	Sublinguální kapnometrie	44
4.8	Ortogonální polarizační spektroskopie a sidestream dark field imaging	44
4.9	Evokované potenciály	45
4.10	Elekromyografie	45
4.11	Elektroencefalografie	45
4.12	Kvantitativní pupilometrie.....	46
5	Multimodální neuromonitorace	48
6	Mikrodialýza v neurointenzivní péči	51
6.1	Historie mikrodialýzy.....	51
6.2	Princip mikrodialýzy.....	52
6.3	Interpretace.....	55
6.4	Indikace / využití MCD v klinické praxi.....	58

6.5	Nevýhody/slabiny/komplikace/rizika mikrodialýzy	60
6.6	Úloha sestry.....	62
7	Úloha sestry v neurointenzivní péči.....	63
8	Kompetence sester a vzdělávání v intenzivní péči	75
	Závěr	77
	Seznam použitých zdrojů.....	79
	Seznam příloh	94
	Seznam zkratk	100

Úvod

S rostoucím vědeckým poznáním a rozvojem technologií dochází k rozvoji i na poli medicíny. Vytvářejí se jednotlivé obory a dochází v nich k velkým změnám. Ruku v ruce s tímto pokrokem se zvyšují i nároky kladené na lékaře a další zdravotnický personál.

Dochází k rozvoji intenzivní péče o kriticky nemocné pacienty, jejichž přežití a návrat do plnohodnotného kvalitního života závisí na cílené podpoře vitálních funkcí, kterými jsou dýchání a krevní oběh. Samozřejmostí je i léčba primárního onemocnění. Tato péče je poskytována na jednotkách intenzivní péče nebo na jednotkách zabývajících se anesteziologicko-resuscitační a intenzivní medicínou.

Pro správné nastavení a udržování léčby a podpory fyziologických funkcí je nesmírně důležitý monitoring pacienta. Sledování, jak na zavedenou terapii reaguje, jak probíhá vývoj primárního onemocnění v proměně času a zda nedochází ke vzniku dalších poškození tkání, které se označují jako sekundární poškození.

Monitorovací techniky je možné bazálně rozdělit jako invazivní a neinvazivní. Každé onemocnění a urgentní stav se liší svým působením na organismus a člověka samotného, a výběr monitorovací techniky je značně subjektivní na rozhodnutí lékaře. Výzkumy prokazují, že jedna z významných rolí monitorace pacienta je na straně sestry, která o pacienta pečuje. Obvykle je tou první, která zaznamená změnu stavu pacienta a upozorní lékaře na vznik nějaké patologie či abnormality.

Monitorace v neurointenzivní péči je velmi specifická. Pracuje s velkou řadou přístrojů, které si vyžadují rozdílné přístupy a znalosti. Špatná kalibrace a vyhodnocení mohou zapříčinit včasné nerozpoznání změny zdravotního stavu, mohou zapříčinit nevhodně nastavenou péči a primárně ohrozit pacienta. Dalším specifikem neurointenzivní péče je využívání multimodální monitorace. V praxi to znamená, že se neuvádí pro monitoraci jen jedna monitorovací technika, ale kombinuje se například neinvazivní kontrola zornic, nebo čítí s invazivním ICP čidlem, bulbární oxymetrií, nebo na vysoce specializovaných pracovištích s mikrodialýzou.

Role všeobecné sestry se v posledních desetiletích výrazně proměnila. Z primárně ošetrovatelky se skrze vzdělávání proměňuje ve vzdělaného odborníka. Nároky na

sesterskou profesi jsou kladeny stále na vyšší pozice a činnost sestry mnohdy nahrazuje přítomnost lékaře.

Tato diplomová práce si dává za cíl poskytnout stručný náhled do neurointenzivní péče z více pohledů a přiblížit práci sestry na této intenzivní jednotce. Zabývá se anatomií, fyziologií a patofyziologií nervového systému, různými metodami monitorace pro získávání objektivních dat a v neposlední řadě roli sestry v neurointenzivní péči.

Téma této práce jsem si zvolil z důvodu práce s částí zmiňovaných monitorovacích technik s cílem prohloubit své znalosti a seznámit se s dalšími monitorovacími technikami v neurointenzivní péči.

Cíle práce a výzkumné otázky

Prvním cílem této diplomové práce bylo na základě nejnovějších poznatků z české a zahraniční odborné literatury zmapovat možnosti monitorace v neurointenzivní péči. Druhým cílem zaměřeným konkrétněji na jednu monitorovací metodu bylo na základě nejnovějších poznatků z české a zahraniční odborné literatury zmapovat využití mikrodialýzy v neurointenzivní péči a na základě odborné literatury porovnat indikaci a přínosy dané monitorovací techniky.

K cílům práce byly zvoleny dvě výzkumné otázky:

Jaké jsou druhy a možnosti monitorace pacienta v neurointenzivní péči?

Jaké je možné využití mikrodialýzy v neurointenzivní péči?

Metodika

Pro naplnění stanovených cílů a získání odpovědí na výzkumné otázky byla využita metoda review a syntéza dat, díky níž jsme se snažili získat kvalitativní přehled znalostí v oblasti neurointenzivní péče s pokusem o syntézu zaměřenou na možnosti monitorace pacienta a využití mikrodialýzy v neurointenzivní péči (Hendl, 2017).

Pro identifikaci studií byla zvolena čtyř kroková metoda autora Wilding et al. (2012): (1) publikace musí být ve stanoveném jazyce (český jazyk, anglický jazyk); (2) publikace musí být validní; (3) publikace musí splňovat časové rozpětí (2015-2021); (4) alespoň jedno klíčové slovo se musí objevit v názvu příspěvku, abstraktu nebo klíčových slovech.

Analyzovány a následně syntetizovány byly získané dokumenty vztahující se k tématu na podkladě zvolených klíčových slov: v českém jazyce (neuromonitorace – intenzivní péče – mikrodialýza – sestra) a anglickém jazyce (neuromonitoring – intensive care – microdialysis – nurse) s využitím Boleovských operátorů: AND, OR (intensive care OR intensive care unit). Pro získání relevantních pramenů byly využity databáze EBSCO, Scopus, PubMed, ProQuest a dále pak zdroje Library of Congress Online Catalog a volný internet. Byly vyhledávány zdroje, které se vztahovaly k ústřednímu tématu skrze výše uvedená klíčová slova.

Prvotně bylo identifikováno celkem 1093 studií podle uvedených kritérií – PubMed (n=43), Scopus (n=260), EBSCO (n=473) ProQuest (n=319). Několik stovek zdrojů bylo vyřazeno z důvodu nekompatibility s tématem nebo z důvodu duplicity. Využito bylo 62 zdrojů.

Mezi nalezenými zdroji byly souhrnné studie, deskriptivní studie, případové studie, review a expert opinion jak domácí, tak zahraniční tvorby. Následně byly prostudovány abstrakty a plné texty jednotlivých příspěvků s cílem nalézt ty, které se přímo vztahovaly k námi zvolenému tématu. Získané dokumenty byly nejprve shromážděny a následně analyzovány s pokusem o syntézu.

Pracovali jsme s předmětnými daty (knihy) a příspěvky v odborných periodických, které jsme získali skrze bibliografické databáze (Hendl, 2012). V souvislosti se zaměřením práce a jejím následném využití jsme využili jak zahraniční, tak české zdroje. Využili jsme publikované tištěné a elektronické příspěvky získané v těchto odborných periodických:

Journal of Anaesthesiology Clinical Pharmacology, Australian Critical Care, Anesthesiology clinics, Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases, Clinical Research in Cardiology, Czech and Slovak Neurology and Neurosurgery, Scandinavian Journal of Trauma, Resuscitation and Emergency Medicine, American Journal of Critical Care Nurse, Journal of Nursing Management, World Journal of Emergency Medicine, Frontiers in Neurology, Escola Anna Nery – Revista de Enfermagem, Lékař a technika, Neonatal network, Zdravotnictví a medicína, Critical Care Nursing Clinics of North America, Indian Journal of Critical Care Medicine, Critical care, Intensive care medicine, Current opinion in critical care, EBioMedicine, Anesteziologie a intenzivní medicína, Klinická biochemie a metabolismus, Intensive Care Medicine, International journal of molecular science, Biochemical Journal, Molecular neurobiology, Journal of neuroscience methods, Neurocritical care, World Neurosurgery World Neurosurgery, Journal of Diabetes Science and Technology, Critical care medicine, Stroke, The AAPS Journal, Brain, British Journal of Anaesthesia, Scientific Reports, The Annals of thoracic Surgery, Critical Care Nursing Clinics, Journal of neurochemistry a Current neurology and neuroscience reports.

Na základě námi provedené syntézy bylo možno poukázat na přínos využití mikrodialýzy a možnosti monitorace v neurointenzivní praxi a vnést tak do této problematiky nové poznatky.

1 Současný stav

Současný pokrok na poli intenzivní medicíny, který se odehrává v posledních desetiletích, je založen na rozvoji vysoce kvalitní přístrojové techniky, která umožňuje nové metody diagnostiky a nové postupy v léčbě onemocnění. Za následek dominance přístrojového vybavení je považováno jakési upozadění pacienta, který by přitom měl být hlavním objektem (Bartůněk et al., 2016).

Intenzivní medicína (Intensive care medicine) je oborem, který se zabývá kriticky nemocnými, tedy těmi s akutními, život ohrožujícími stavy. Intenzivní medicína se zabývá diagnostikou, kontinuální monitorací a terapií nemocných s život ohrožujícími chorobami, úrazy a přidruženými komplikacemi, které jsou potenciálně léčitelné (Ševčík et al., 2014)

Intenzivní medicína byla vyvinuta s ohledem na zkušenosti z pooperační péče a také z nutnosti zajištění speciální péče o pacienty se selháním spontánní ventilace. V současné době se jedná o dynamicky se rozvíjející obor s vlastní specializací formou specializace nadstavbové a to jak v případě lékařů, tak i v případě sester skrze specializační vzdělávání v anesteziologii, resuscitaci a intenzivní péči (Ševčík et al. 2014).

Neurointenzivní péče v současné době není v rámci českého zdravotního systému nijak organizovaná. Obvykle je tato péče poskytována na různých pracovištích s odborností patřící k danému onemocnění. Můžeme tedy hovořit o různých pracovištích, které se zabývají konkrétním akutním problémem. Pacienti s akutní cévní mozkovou příhodou jsou centralizováni do specializovaných cerebrovaskulárních center a do center vysoce specializované péče pro pacienty s iktem. Kraniocerebrální poranění jsou ošetřována v centrech vysoce specializované traumatologické péče. Péče o nemocné s neuromuskulárními akutními stavy probíhá v Centrech pro diagnostiku a léčbu nervosvalových onemocnění (Tomek, 2018).

Nároky na dovednosti a znalosti sester na pracovištích intenzivní medicíny, které jsou vlivem rozvoje medicíny neustále zvyšovány jsou snahou o zvyšování a udržení kvality poskytované péče. Role sestry v intenzivní péči je vázána na vysokou míru zkušeností, znalostí, odpovědnosti a na dostatečnou praxi v oblasti klinické praxe (Plevová a Zoubková, 2021).

Specifika neuroanestezie a neurointenzivní péče jsou stěžejní ve faktu, že nervová soustava disponuje pouze velmi omezenou regenerační schopností. I malé poškození části nervového systému může mít dalekosáhlý dopad na postiženého ve formě trvalých a invalidujících následků. Zlepšení neurologického stavu je založeno na dlouhotrvajících rehabilitacích a opětovném učení, skrze které se vytvářejí alternativní nervová propojení (Tyll et al. 2020).

2 Anatomie, fyziologie a patofyziologie nervové soustavy

Starověký lékař Galén prohlásil, že mozek je umístěn v hlavě jako velký král ve své pevnosti. Smysly jsou kolem něho jako služebnictvo a oběžnice, což potvrzuje, že sídlo duše je nezbytně v tomto orgánu (Kočárek, 2010).

Nervová soustava je řazena spolu s endokrinním systémem mezi řídicí soustavy. To znamená, že ovládá přímo nebo nepřímo činnost všech orgánů. Zajišťuje příjem, zpracování, ukládání a vydávání informací. Nervový systém je nadřazen hormonální i imunitní regulaci (Rokyta, 2016). Základním projevem činnosti je dráždivost, což je schopnost reagovat na vnitřní i vnější podněty (Tomek, 2018).

Nervová soustava zajišťuje celistvost organismu a dějů v něm probíhajících. Reaguje na podněty a zajišťuje potřebnou odpověď organismu (Kočárek, 2010).

V nervovém systému se rozlišuje pars centralis neboli systema nervosum centrale a pars peripherica neboli systema nervosum periphericum. V českém jazyce se jedná o centrální nervový systém a periferní nervový systém (Čihák, 2016).

Pars centralis se skládá ze dvou složek. První je encephalon, mozek. Druhou složkou je medulla spinalis, hřbetní mícha, obsažená v páteřním kanálu (Čihák, 2016).

Pars peripherica zahrnuje periferní nervy neboli svazky periferních nervových vláken spojujících centrální nervovou soustavu s periferií organismu. Tyto nervová vlákna přivádějí dostředivě informace ze zevního a vnitřního prostředí k mozku a odtud odstředivě putují podněty k činnosti (Čihák, 2016).

Periferní nervy jsou dvojího typu: mozkomíšní nervy a autonomní nervy (Kočárek, 2010). Mozkomíšní nervy představují somatomotorický a somatosenzitivní systém nervových vláken a dělí se na nervi craniales, hlavové nervy, a na nervi spinales, míšní nervy. Hlavových nervů je 12 párů a vystupují z mozku. Míšních nervů je 31 párů a vystupují z hřbetní míchy (Čihák, 2016). Autonomní nervy představují visceromotorický a viscerosenzitivní systém. Autonomní jsou z toho důvodu, že v periferii obsahují velké množství nervových buněk, a jsou značně nezávislé na funkcích centrální nervové soustavy. Autonomní nervy jsou dvojího typu: pars sympatika a pars parasympatika, tedy sympatické a parasympatické nervy (Čihák, 2016).

2.1 Nervová buňka

Nervová buňka je základní morfologickou, funkční a trofickou jednotkou nervové tkáně, označena jako neuron. Hlavní funkcí nervové buňky je vzrušivost na podnět a vodivost. Podnět buňka přemění na elektrochemický akční potenciál, který probíhá dále nervovou soustavou. Skladbu neuronu je graficky znázorněna v Příloze č. 1 (Rokyta, 2016).

Tělo nervové buňky obsahuje buněčné jádro, nazývá se perikaryon. Výběžky nervové buňky se nazývají podle směru vedení vzruchů jako dendrity a neurity. Dendrit zpravidla přináší vzruch, podnět, do buňky. Neurit přenáší vzruch z buňky k další struktuře (Naňka a Elišková, 2015).

Vzruch je projev činnosti nervové buňky. Jedná se o změnu elektrického napětí, která je vedena neuritem k dendritům, nebo tělům dalších neuronů. Přenos vzruchu probíhá na základě výměny iontů mezi vnitřním a vnějším prostředím nervového vlákna (Kočárek, 2010).

Nervové buňky jsou k sobě pospojovány a vytváří trojrozměrnou síť. Je nutné zdůraznit, že každý neuron zůstává samostatnou jednotkou. Spoj mezi jednotlivými neurony se nazývá synapse (Čihák, 2016). Zjednodušeně lze označit synaptický přenos jako vyloučení mediátoru do synaptické štěrbině, který přenáší elektromechanicky vzruch (Kočárek, 2010).

Nervové buňky, neurony, jsou variabilní, co se tvaru či velikosti buňky týče. Podle dendritů a neuritů se neurony dělí na multipolární, bipolární, unipolární, pseudounipolární a na neurony bez axonu (Rokyta, 2018). Multipolární neurony jsou nejčastější v centrální nervové soustavě, mají větší množství dendritů a tvarem připomínají hvězdicí (Čihák, 2016). Bipolární neurony mají jeden dendrit a jeden axon, neurit. Přičemž dendrit má spíše mikroskopicky blíže k axonu (Čihák, 2016). Tento typ neuronů lze nalézt v oční sítnici (Naňka a Elišková, 2015). Pseudounipolární neurony vznikly spojením dendritu a axonu bipolárního neuronu, ale funkce mají zachované (Čihák, 2016). Lze JE NALÉZT v senzitivních gangliích hlavových a míšních nervů nebo v části trojklanného nervu (Naňka a Elišková, 2015). Unipolární neurony se vyskytují ve speciálních smyslových buňkách. Dendrit unipolárního neuronu je přeměněný na výběžek sloužící pro recepci (Naňka a Elišková, 2015).

Neurony bez axonu mají obvykle větší počet dendritů. Nalézají se v očním bulbu jako součást sítnice (Merkunová a Orel, 2008). Neurony podobného tvaru a velikosti se v různých místech zhušťují a v rámci centrální soustavy se označují jako nukleus, jádro. Mimo CNS se tato uskupení označují jako gangliony, nervové uzliny (Merkunová a Orel, 2008).

2.2 Výběžky nervové buňky

Jak již bylo zmíněno výše, z neuronu vystupují v různém počtu dva druhy výběžků, lišící se podle směru vedení vzruchu (Kočárek, 2010).

Dendrity se neliší svou stavbou od jádra neuronu. Na povrchu dendritů se nalézají trny, které jsou na svém konci mírně zduřelé. Funkcí trnů je zvětšení plochy pro recepci podnětů (Naňka a Elišková, 2015). Čihák (2016) uvádí, že díky dendritickým trnům dochází ke zvětšení recepční plochy až o 40 %.

Axon neboli neurit vystupuje z jádra neuronu axonovým hrbolkem. Každý neuron má jen jeden axon. Axon sám o sobě se může v průběhu svého vedení dělit, tyto větve jsou označovány jako kolaterály. Tenké konečné části větvení axonu jsou nazývány jako telodendrie a končí synapsí (Čihák, 2016).

Délka axonů je různá, od několika mikrometrů i přes jeden metr. Obal axonu je produktem gliových buněk a označuje se jako myelinová pochva. Výjimku tvoří nejtenčí axony bez myelinové pochvy. Ty se označují jako nemyelinovaná vlákna nebo šedá vlákna (Rokyta, 2016).

Čihák (2016) uvádí, že uvnitř CNS vytváří myelinovou pochvu axonů buňky oligodendroglie, kdy jedna buňka obalí více vedle sebe jdoucích axonů. Mimo CNS vytváří myelinovou pochvu Schwannovy buňky, řadící se za sebou po délce axonu. V praxi to znamená, že myelinová pochva je obalena na axonu a na povrchu je Schwannova pochva. Jedná se tedy o lipoproteinový komplex, kdy se vrstva lipidů střídá s vrstvou proteinů. Na rozhraní dvou Schwannových buněk, které jsou za sebou, je malé rozhraní označované jako Ranvierův zářez. Ranvierův zářez tedy označuje konec a začátek nové Schwannovy buňky a slouží jako průchod pro výživu a výměnu látek mezi Schwannovou buňkou a axonem (Naňka a Elišková, 2015).

Šedá vlákna, která nejsou obalena myelinovou pochvou jsou na periférii obalena jen cytoplazmou Schwannových buněk, které jsou těsně na sebe navazující a neobsahují Ranvierovy zářezy (Čihák, 2016).

2.3 Nervová synapse

Jedná se o funkční kontakt neuronů, kde dochází k předávání informací mezi neurony a z neuronů na funkční orgány. Předávání vzruchu je vždy jednosměrné z axonu na navazující neuron (Kočárek, 2010).

Mechanismus působení synapse je dvojího typu. Chemická a elektrická synapse. Chemická synapse je převažujícím typem, kdy dochází k uvolnění mediátoru do synaptické štěrbiny, který vyvolává postsynaptické potenciály a vzruch je šířen navazujícím neuronem. Nejčastějším mediátorem synaptické štěrbiny je acetylcholin, kyselina γ -aminomáselná (GABA) a dále katecholaminy jako adrenalin, noradrenalin, dopamin či serotonin. Elektrická synapse je synapse bez synaptické štěrbiny, kdy na sebe membrány axonu a neuronu těsně navazují, což umožňuje přímý elektrický přenos impulzu (Kittnar, 2021).

2.3.1 Poškození a regenerace neuronu

Nervové buňky jsou specifické tím, že se neumí dělit. Pokud dojde k poškození neuronu, Kočárek uvádí (2010) buňka bez náhrady zaniká. Poškození se dají rozdělit na dvojí typ. Na poškození jádra neuronu a poškození axonu. Při poškození těla, které zanikne, dojde k degeneraci dendritů i axonu a k jejich následnému zániku. Při poškození, či přerušení axonu dojde ke změnám na obou stranách. Velmi záleží na vzdálenosti poškození od těla neuronu a zbývající délce axonu. Zbývající část axonu zaniká. Tělo neuronu degeneruje, ale může v omezené míře dále fungovat (Kittnar, 2021).

Regenerace neuronu nastane v případě, že buňka přežila poškození axonu. Je možná jen u periferních nervů a dochází k ní z pravidla v řádu měsíců od poškození axonu (Kittnar, 2021).

2.3.2 *Centrální nervová soustava*

Centrální nervovou soustavu utváří mozek a páteřní mícha. Skládá se ze dvou základních vrstev. Substantia grisea a substantia alba, šedá a bílá hmota mozková a míšní (Čihák, 2016).

Šedá hmota mozková a míšní je tvořena těly neuronů v těsné blízkosti. Nachází se na povrchu koncového mozku a mozečku. V míše je to naopak a tvoří její vnitřní vrstvu (Naňka a Elišková, 2015).

Bílá hmota mozková a míšní je tvořena velkým množstvím axonů obalených myelinovými pochvami. Axony bývají často sdruženy do svazků bílých vláken a jsou nazývány nervovou drahou (Naňka a Elišková, 2015).

Podle průběhu a funkce jsou dráhy označovány jako aferentní, eferentní, ascendentní a descendentní. Aferentní dráhy jsou dráhy přívodné a přináší vzruchy do šedé hmoty mozkové. Eferentní dráhy jsou dráhy odvodné a odvádějí vzruchy k buňkám jiných skupin. Ascendentní dráhy jsou dráhy vzestupné a odvádějí vzruchy k nadřazeným centrům v mozku. Descendentní dráhy jsou dráhy sestupné a vysílají pokyny z nadřazených center k centrům podmíněným (Kittnar, 2021).

Mozek a mícha tvoří dohromady nervovou trubici procházející centrální dutinou. Uprostřed míchy vytváří centrální kanál a v mozku čtyři mozkové komory. Tyto prostory mezi sebou komunikují a jsou vyplněny mozkomíšním mokem (Kočárek, 2010).

Mozek i mícha jsou chráněny třemi obaly, které je vyživují a chrání. Jedná se o duru mater (tvrdá plena), arachnoideu (pavoučnici) a piou mater (omozečnici). Zmíněný mozkomíšní mok se nachází mezi arachnoideou a piou mater (Naňka a Elišková, 2015).

Páteřní neboli hřbetní mícha je plochý útvar o délce 40-50 cm a plynule přechází v prodlouženou míchu. Její hlavní funkcí je funkce převodní, kdy skrze ni putují nervové dráhy. Dále je centrem míšních reflexů, mezi které patří především obranné reflexy a centra řídicí pohyb končetin, trupu, či bránice (Rokyta, 2016).

Z míchy vychází celkem 31 párů míšních nervů. Jedná se o 8 párů krčních, 12 párů hrudních, 5 párů bederních, 5 párů křížových a 1 pár kostrčních nervů. Na úplném konci míchy pokračuje svazek nervů nazvaný jako cauda equina (Čihák, 2016).

Mozek, encephalon, obsahuje centra některých reflexů. Integruje a vzájemně koordinuje činnosti, které poté vykonávají různé části těla. Mozek také umožňuje vyšší nervovou činnost, to znamená emotivní chování, učení, paměť, či řeč (Kittnar, 2021).

Mozkový kmen je spojnicí mozku a míchy, procházejí jím veškeré nervové dráhy z periferie do mozku a opačně. Vyskytuje se zde pás neuronů nazvaný retikulární formace, která má klíčový význam pro funkčnost některých životních funkcí. Mozkový kmen je tvořen třemi částmi. Prodlouženou míchou, Varolovým mostem a středním mozkem (Naňka a Elišková, 2015).

V prodloužené míše, která obsahuje čtvrtou mozkovou komoru, je umístěno centrum dýchání a srdeční automacie kardiovaskulárního systému. Dále jsou zde centra obranných reflexů, kterými jsou kašláni, dýchání, či zvracení (Kittnar, 2021).

Varolův most se podílí na regulaci dýchání, činnosti slzných a slinných žláz (Kočárek, 2010).

Střední mozek zapříčiňuje vzpřímené držení těla a hlavy. Retikulární formace udržuje bdělost organismu, při oslabování tělo upadá do spánku. V případě patologie navazuje dokonce bezvědomí. Na povrchu středního mozku se vyskytuje čtverohrbolí. Jeho dva horní hrbolky obsahují centrum zrakových reflexů, které jsou nepodmíněné. Jsou spojeny s pohyby očí, hlavy a těla, které vyvolávají světelné podněty z okolí. Dolní dva hrbolky mají za úkol reflexní pohyby hlavy za zdroji zvukových vjemů. Mezi hrbolky je umístěno centrum strážného pohotovostního reflexu, který ovlivňuje úlekovou reakci (Kittnar, 2021; Kočárek, 2010).

Na mozkový kmen navazuje mozeček. Je tvořen dvěma hemisférami. V jeho nitru se nalézají Purkyňovy buňky, které jsou nejsložitějšími buňkami v lidském těle. V mozečku je umístěno senzorio-motorické centrum, odkud dochází ke koordinaci úmyslných pohybů a udržení svalového tonu. V případě konzumace alkoholu dochází k ovlivnění tohoto centra, čímž jsou následně způsobeny ztráty motorické koordinace a rovnováhy (Rokyta, 2016).

Na mozeček navazuje mezimozek. V jeho nitru se nalézá 3. mozková komora. Mezimozek se dělí na tři části: epitalamus, talamus a hypotalamus (Čihák, 2016).

Epitalamus je malý útvar z něhož vystupuje epifýza, nadvěsek mozkový. Hlavní funkcí epifýzy je funkce endokrinní. Je zde produkován hormon melatonin, který nejvíce vzniká v noci, kdy není tělo vystaveno osvětlení. Toto střídání světla a tmy, tedy denní a noční fáze se nazývá jako biorytmus. Porucha biorytmu, ať už prací ve směnném provozu nebo při zimních nocích může vést k depresím, špatným náladám a vyústit může až do vzniku afektivních poruch (Kittnar, 2021, Rokyta, 2016).

Talamus je párový vejčitý útvar, tvořen převážně šedou hmotnou mozkovou. Talamem prochází všechny senzorycké dráhy a dochází v něm k základní integraci informací, které byly získány ze smyslových orgánů. V talamu by mělo také vznikat vědomí vlastního „já“ (Kočárek, 2010).

Hypotalamus je nejvyšší centrum, které řídí činnosti vnitřních orgánů. Koordinuje a integruje fyziologické procesy v těle. Jsou jimi krevní oběh, dýchací systém, trávení a rozmnožování. V hypotalamu se nalézá centrum termoregulace a má vliv na množství tělesných tekutin. Je hlavní řídicí jednotkou homeostázy. Aktivita hypotalamu je řízená limbickým systémem a kůrou koncového mozku. Podílí se také na sexuálním a afektivním chování (Kittnar, 2021). K hypotalamu je připojena hypofýza, podvěsek mozkový. Hypofýza je centrem neurosekrece, kdy hospodaří s antidiuretickým hormonem a oxytocinem (Rokyta, 2016).

Na mezimozek navazuje koncový mozek. Koncový mozek je rozdělen na pravou a levou hemisféru, spojenými mozkovým trávěm, a nalézá se v něm první a druhá mozková komora. Koncový mozek jako největší část mozku je dělen na tři funkční struktury. Na mozkovou kůru, bazální ganglia a limbický systém (Naňka a Elišková, 2015).

Kůra mozková obsahuje v průměru 14 miliard neuronů a je tvořena šedou hmotou mozkovou. Nese tedy označení – šedá kůra mozková (Čihák, 2016). Evolučně nejmladší je neokortex a je nejvyšším integračním a řídicím centrem. Gyrifikování mozkové kůry diferencovalo čtyři laloky kůry mozkové. Čelní lalok obsahuje motorickou oblast, která řídí vůlní pohybovou aktivitu. Bez tohoto centra by člověk nemohl ovládat pohyby těla. V této kůře se nacházejí pyramidové neurony, které člověku umožňují přesné cílené pohyby. Pyramidové dráhy se kříží ve vstupu do míchy. Tato skutečnost je důvodem, proč pravá hemisféra mozku ovládá levou polovinu těla a levá hemisféra pravou polovinu

těla (Kočárek, 2010). V čelním laloku se nachází také Brookovo centrum řeči, kde se vytváří mluvený projev (Kittnar, 2021). Temenní lalok zpracovává informace z receptorů kůže, sliznic a svalů. Toto centrum se označuje jako somatosenzorické centrum. Týlní lalok obsahuje centrum zraku. Ústí do něho zrakové dráhy, skrze ně je možné rozeznávat pohyby, tvary a barvy (Rokyta, 2008). Spánkový lalok obsahuje Wernickeovo centrum řeči, rozpoznávající lidskou řeč a je zde umístěno centrum sluchu. Předpokládá se, že ve spánkovém laloku se nejspíše vytváří lidské vědomí a emoce (Kittnar, 2021).

Bazální ganglia jsou pomocná motorická koordinační ústředí uložená pod mozkovou kůrou. Koordinují neúmyslné pohybové aktivity s pohyby úmyslnými. Bazální ganglia jsou členěna do tří oddílů – striatum, pallidum a substantia nigra (Kočárek, 2010). Poškození bazálních ganglií souvisí se vznikem problému souvisejícím s pohyblivostí nebo s Parkinsonovou chorobou (Silbernagl a Lang, 2012).

Limbický systém odpovídá za emocionální a instinktivní chování. Zároveň se podílí na vytváření paměti a zapamatování si věcí učením (Kittnar, 2021).

2.3.3 Periferní nervová soustava

Somatická část periferního nervového systému ovládá příčně pruhované kosterní svalstvo (Čihák, 2016). Úkolem je pohybová aktivita těla, která je ovlivnitelná vůlí jedince. Těmi to nervovými drahami jsou řízeny také jednoduché reflexy, lokomoce, což je přemísťování z místa na místo a řečové a grafické projevy (Rokyta, 2016).

Mozková kůra je dominantní a nadřizena centřům v prodloužené míše a mozkovém kmeni. Samotné ovládání míšních nervů není ale pouze koordinováno mozkiem, ale tyto nervy jsou samy součástí reflexních drah (Kittnar, 2021).

Spojení mozkových center s nervy může být přímé a nepřímé. Přímé spojení je realizováno pomocí pyramidových drah, jinak označovaných jako kortikospinální dráhy. Nepřímé znamená, že je nervová dráha složena z většího množství neuronů, dráhy jsou označovány jako extrapyramidové neboli extrakortikospinální dráhy (Rokyta, 2016).

Větší množství neuronů způsobuje pomalejší přenos informací a signálů k míšním motorickým neuronům. Z toho vyplývá, že extrapyramidové dráhy řídí především pomalé a hrubé pohyby a udržují svalové napětí (Kittnar, 2021).

Obě varianty drah, tedy přímé a nepřímé, se v průběhu tvorby a koordinace pohybových aktivit vzájemně kombinují. Součástí periferní nervové soustavy jsou senzorycké nervové dráhy přinášející podněty a informace ze smyslových tělísek z kůže a z pohybového systému: kostí, kloubů, svalů a šlach (Kittnar, 2021).

Míšních nervů je celkově 31 párů rozlišených podle anatomické lokace. Souhrnně se označují jako pleteně podle místa, odkud odstupují z míchy (Naňka a Elišková, 2015).

Krční pletěň, plexus cervicalis, má za úkol inervaci bránice, krčních svalů a kůže v oblasti krku. Podílí se tedy velkou měrou na fyziologii dýchání (Kočárek, 2010). V případě vysoké míšní léze v úrovni krční páteře dochází u postiženého nejčastěji k asfyktické zástavě oběhu (Šeblová et al., 2018).

Pažní pletěň, plexus brachialis, je tvořena pátým až osmým krčním nervem a vede podpažní jamkou a větví se na senzitivní a motorické nervy (Naňka a Elišková, 2015). Jejich úkolem je inervace svalů a kůže horních končetin a některých svalů hrudníku a zad (Kittnar, 2021).

Mezižeberní nebo také hrudní nervy, nervi intercostales, netvoří pleteně, ale vystupují jednotlivě z míchy (Naňka a Elišková, 2015). Nervy kopírují horní okraje jednotlivých žebere. Jejich úkolem je inervace mezižeberních a některých břišních svalů a inervace kůže hrudníku a břicha (Kittnar, 2021).

Bederní pletěň, plexus lumbalis, tvořená prvními třemi bederními nervy, sestupuje podél páteře, prochází pánví a vede až do přední strany stehene (Naňka a Elišková, 2015). Úkolem bederní pleteně je inervace části svalů břicha, zad a stehna a kůže v bederní oblasti a v oblasti přední strany stehene (Kittnar, 2021).

Křížová pletěň, plexus sacralis, tvořena zbylými bederními nervy a všemi křížovými a kostrčným nervem, je nejrozsáhlejší nervová pletěň v lidském těle (Naňka a Elišková, 2015). Tato pletěň inervuje kůži na hýždích, bérkách a kůži pohlavních orgánů. Dále svaly pánve a dolních končetin. Nejsilnější nerv této pleteně – sedací nerv je zároveň nejsilnějším nervem v lidském těle (Kittnar, 2021).

Kraniální nervy jsou také považovány za systém periferních nervů. Do této skupiny patří celkem 12 párů nervů. První dva, čichový a zrakový nerv, jsou považovány svou

strukturou spíše za výchlipky předního mozku, než za klasické nervové vlákno. Zbývajících deset párů odstupuje z mozkového kmene, kde v šedé hmotě mají svá jádra (Naňka a Elišková, 2015). Některé hlavové nervy mají pouze senzorickou nebo motorickou funkci. Většina je smíšená (Kočárek, 2010).

Čichový nerv, nervus olfactorius, I. hlavový nerv, vede impulzy z čichového pole nosní sliznice. Zrakový nerv, nervus opticus, II. hlavový nerv, vede zrakové vjemy ze zadního pólu oční sítnice. Okohybný nerv, nervus oculomotorius, III. hlavový nerv, inervuje okohybné svaly a také horní víčko. Kladecký nerv, nervus trochlearis, IV. hlavový nerv, je motorický nerv inervující jeden z okohybných svalů. Trojklanný nerv, nervus trigeminus, V. hlavový nerv, je nejsilnější hlavový nerv dělí se na tři větve. První dvě inervují pomocí senzitivních vláken oblast obličeje, sliznici úst a nosu a také oči a zuby. Dolnočelistní větev inervuje motoricky žvýkací svaly. K trojklannému nervu se váže neuralgie trojklanného nervu, jedno z nejbolestivějších dlouhotrvajících onemocnění. Nerv odtahující, nervus abducens, VI. hlavový nerv, je motorickým nervem pro jeden z okohybných svalů. Lícni nerv, nervus facialis, VII. hlavový nerv, inervuje motoricky mimické svaly. Pokud dojde k obrně lícniho nervu, dochází ke ztrátě řadě mimických schopností. Ochrnutí se nápadně podobá CMP, nicméně je postižen pouze obličej bez jednostranného postižení končetin. Sluchový a rovnovážný nerv, nervus vestibulocochlearis, VIII. hlavový nerv, vede sluchové vjemy z receptorů v uchu do mozku. Nerv jazykohltanový, nervus glossopharyngeus, IX. hlavový nerv, inervuje svaly měkkého patra a hltanu a umožňuje polykání. Řídí slinění, přenáší do mozku informace z ústní dutiny, z hltanu a ze středouší. Nerv bloudivý, nervus vagus, X. hlavový nerv, je nejdelší z hlavových nervů a putuje hrudníkem, břichem do pánve. Jeho vlákna přinášejí do mozku informace z břišní a hrudní dutiny, ze zevního zvukovodu či z kůže ušního boltce. Inervuje srdce, průdušky, slinivku břišní, játra, žaludek a střeva. Přídavný nerv, nervus accessorius, XI. hlavový nerv, inervuje trapézový sval a zdvihač hlavy. Nerv podjazykový, nervus hypoglossus, XII. hlavový nerv, inervuje svalovinu jazyka (Čihák, 2016; Naňka a Elišková, 2015; Kittnar, 2021; Kočárek, 2010).

2.3.4 Autonomní nervstvo

Autonomní nervový systém bývá označován také jako vegetativní. Autonomní nervový systém zajišťuje životní funkce bez závislosti na lidské vůli. Organizace probíhá

z autonomních ústředí centrálního nervového systému a dále je zprostředkováváno reflexní činností periferních oddílů autonomního nervového systému (Kittnar, 2021).

Řídícími centry autonomního nervového systému je prvořadě mozkový kmen a hypothalamus. Spinální mícha je centrem některých vegetativních reflexů (mikce) a řídí část vegetativních funkcí (erekce). Mozková kůra se podílí na podmíněných reflexech, na jejich tvorbě a integraci (Kočárek, 2010).

Součástí mozkového kmene je retikulární formace, sídlí zde centra odpovídající za řízení kardiovaskulárního a respiračního systému (Naňka a Elišková, 2015). Mimo tato centra zde sídlí centrum některých autonomních reflexů souvisejících s přijímáním potravy. Jsou to reflexy sání, polykací, slinění, zvracení a reflexní sekrece žaludečních a pankreatických šťáv (Kočárek, 2010).

Hypothalamus je považován za hlavní centrum integrace somatoautonomních funkcí. Jeho funkce jsou shrnuty do regulace příjmu potravy, centrum sytosti a hladu. Regulace příjmu a výdeje tekutin na základě detekce zvýšeného osmotického tlaku osmoreceptory navozuje pocit žízně. Dále pak sexuální funkce, sekrece hormonů: antidiuretického hormonu a oxytocinu, funkce termoregulace, účast na emočních stavech a řízení cirkadiálních rytmů. V poslední řadě se podílí na regulaci imunitních pochodů (Kittnar, 2021).

Sympatikus, potažmo jeho vlákna vycházejí z hrudní a bederní míchy. Vyšlá sympatická vlákna vytvářejí podél páteře sympatický nervový kmen. Hlavním mediátorem sympatiku je noradrenalin. K aktivaci sympatiku dochází, když je organismus nutné připravit na psychickou nebo fyzickou zátěž. Zvyšuje tepovou frekvenci či krevní tlak (Rokyta, 2018).

Parasympatikus vychází z mozkového kmene a křížové míchy a ganglia parasympatiku jsou obvykle v blízkosti inervovaného orgánu. Nejznámějším parasympatickým nervem je nerv bloudivý, nervus vagus. Mediátorem parasympatiku je acetylcholin. Účinkem parasympatiku je útlum organismu, pracuje, když je organismus v klidu. Zpomaluje tepovou i dechovou frekvenci, snižuje krevní tlak a dále například zvyšuje sekreci žaludečních šťáv (Rokyta, 2018).

Majoritní část vnitřních orgánů je inervována sympatikem i parasympatikem. Nervy jsou k sobě antagonisty. Aktivita obou nervů je řízena z více center – reflexními centry v míše, prodlouženou míchou a hypothalamem (Kočárek, 2010).

2.4 *Kraniocerebrální poranění*

Kraniocerebrální poranění lze pro přehlednost dělit na poranění měkkých pokrývek lebky, fraktury lebky a poranění mozku (Hoch a Leffler, 2011). Samotná poranění mozku se ještě dělí na otevřená poranění mozku a uzavřená poranění mozku, u kterých se rozlišuje poranění primární a sekundární. Mezi primární poranění se řadí difuzní poranění mozku, komoče, difuzní axonální poranění a ložisková poranění. Mezi sekundární poranění patří epidurální hematom, akutní a chronický subdurální hematom a traumatický intracerebrální hematom (Bartůněk et al, 2016).

2.4.1 *Komoce mozková*

Nejmírnějším poraněním je komoče mozku. Jedná se o krátkodobý reverzibilní stav pouze funkčních změn bez anatomického poškození. Provází ji krátkodobá porucha vědomí, amnézie, bolesti hlavy s vegetativními projevy, jako je nauzea a zvracení. Léčba se zakládá na observaci pacienta k vyloučení komplikací (Hoch a Leffler, 2011).

2.4.2 *Kontuze mozku*

Kontuze je ložiskové poranění mozku, kdy lze pozorovat makroskopické poškození mozku, které je sekundárně prokrvácené. Pokud dojde v kontuzním ložisku k roztržení přilehlého kortexu, jedná se o laceraci. Tato poranění jsou nejčastěji způsobena přímočarými silami při přímém nárazu hlavy. Postižené ložisko se vytváří v místě nárazu a druhé může vzniknout na protilehlé straně a kolem něho se vytvoří kolaterální edém. Klinicky se projevuje lokální ztrátou funkce a ložiskovým neurologickým nálezem, nezpůsobuje poruchu vědomí, pokud ložisko není uloženo v mozkovém kmeni nebo pokud jeho velikost nezpůsobuje herniaci mozku s následnou kompresí mozkového kmenu. Kontuzní ložisko může být důvodem rozvoje epileptického záchvatu u pacienta. Základní vyšetřovací metodou je CT vyšetření, které se opakuje pro možnost zhodnocení rozvoje poškození. Lze na něm pozorovat nepravidelné prokrvácené ložisko. Léčba tohoto onemocnění je většinou konzervativní, k chirurgické se přistupuje, pouze pokud hrozí herniace mozku. Nevýhodou operačního řešení je nevratná ztráta funkce v postižené

oblasti, proto se někdy místo resekce přistupuje k dekompresní kraniektomii (Bartůněk et al., 2016).

2.4.3 Difuzní axonální poranění

Difuzní poranění mozku postihuje mozek jako celek a je následkem působení rotačních sil nejčastěji krátkých úhlových zrychlení a zpoždění vysokých rychlostí, která mají za následek vznik stříhových sil v mozku. Nízká intenzita stříhových sil má za následek komoci mozku oproti tomu vysoké intenzity způsobí difuzní axonální poranění (Bartůněk et al., 2016).

Difuzní axonální poranění vzniká následkem působení akceleračně deceleračních a rotačních poranění hlavy, během nichž dochází k přerušení axonů v bílé hmotě. CT vyšetření nemusí prokázat žádné úrazové změny. Na magnetické rezonanci lze pozorovat drobná petechiální krvácení v bílé hmotě, corpus calosum, periventrikulárně a v capsula interna. Tento stav je závažný, protože dochází k těžké poruše vědomí, rozvoji edému mozku s následným nárůstem nitrolební hypertenze. Vzhledem k ireverzibilitě tohoto onemocnění je prognóza velmi vážná, část nemocných se dostává do vigilního kómatu, část umírá a část přežije s různou mírou postižení (Ferko et al., 2015). Terapie u tohoto onemocnění je omezená na péči o pacienta v bezvědomí na umělé plicní ventilaci, v případě edému mozku se zahajuje antiedematózní terapie s cílem zajištění dostatečného CPP dle monitorace ICP. Dále se také může přistoupit k dekompresní kraniektomii (Bartůněk et al., 2016).

2.4.3.1 Dekompresní kraniektomie

Dekompresní kraniektomie je neurochirurgická metoda řešení intrakraniální hypertenze v případě rozsáhlého edému mozku (Kalina, 2009). Cílem je zvětšení objemu nitrolebečního prostoru (Kapounová, 2020) a tím dochází ke snížení intrakraniálního tlaku a zmírnění komprese mozkového kmenu (Lu et al., 2022) a tak se stává život zachraňujícím postupem, který zkracuje dobu pobytu pacienta na jednotce intenzivní péče (Lazaridis et al., 2022). S pacienty s dekompresní kraniektomií se musí velmi opatrně manipulovat, zvláště při pohybech s hlavou (Kapounová, 2020).

2.4.4 Epidurální hematom

Epidurální hematom se řadí mezi sekundární poranění mozku, které potenciaálně představuje život ohrožující stav. Je charakterizovaný krvácením do prostoru mezi tvrdou plenu a lebku. V 85 % případech je způsobený rupturou střední meningeální tepny nebo jedné z jejích větví (Rahimi et al., 2022). Klinicky se projevuje zhoršeným stavem vědomí, kontralaterální hemiparézou, rozvojem anizokorie. Epidurální hematom je diagnostikován za pomoci CT vyšetření, kde lze pozorovat ohraničenou konvexní expanzi ve tvaru čočky, která nasedá na kalvu s následným utlačením hemisféry se středočárovým přesunem podle rozsahu léze (Ferko et al., 2015). Akutní epidurální hematom přímo ohrožuje pacienta na životě a je indikací k neodkladné operaci, během které se odstraní hematom a zastaví zdroj krvácení. Díky časnému zásahu je prognóza pacienta dobrá a většina pacientů je bez trvalých následků (Hoch a Leffler, 2011).

2.4.5 Subdurální hematom

Subdurální hematom je druh intrakraniálního krvácení, kdy se krev shromažďuje mezi tvrdou plenu a arachnoideou. Subdurální hematomy mohou být akutní nebo chronické. Akutní vznikají nejčastěji následkem traumat a téměř vždy se projevují symptomaticky, zatímco chronické subdurální hematomy mají mnohem pomalejší plíživější průběh (Kocharian et al., 2022). *Akutní subdurální hematom* vzniká při těžkých kraniotraumatech a většinou je spojen s kontuzí mozku. Nejčastějším zdrojem krvácení jsou splavy a přemostující žíly, pokud dojde k roztržení kortexu, jsou zdrojem krvácení povrchové žíly a tepny mozku. Na CT vyšetření lze pozorovat typický srpkovitý extravazát šířící se nad hemisféry. I poměrně tenká vrstva rozlita na velké ploše představuje nebezpečný objem. Klinicky má pacient progredující poruchu vědomí, anizokorii s mydriázou na straně hematomu a kontralaterální hemiparézu. Léčba spočívá v neurochirurgické operaci s rozsáhlou kraniotomií, jejímž cílem je odstranění hematomu, zastavení krvácení. Z důvodu obvyklého rychle se rozvíjejícího edému mozku a jeho expanzivního chování je důležité zavčas zahájit antiedematózní terapii a zvážit provedení dekompresní kraniektomie (Bartůněk et al., 2016; Hoch a Leffler, 2011).

2.4.6 Chronický subdurální hematom

Chronický subdurální hematom se nejčastěji vyskytuje u pacientů starších 60ti let s atrofii mozku, často jsou to pacienti s chronickým jaterním selháním nebo s poruchou krevní

srážlivosti a na antikoagulační terapii (Hoch a Leffler, 2011). Příčinou krvácení může být i drobné poranění hlavy, kterému pacient nepřikládá žádný význam nebo si není vědomý žádného úrazu (Kocharian et al., 2022). Dále se může objevit u chronické bronchiální obstrukce spojené s kašlem, nádorů mozkových plen a infekčních onemocnění (Hoch a Leffler, 2011). Vzniklý hematoma se zapouzdří a v průběhu následujících týdnů dochází k opětovnému krvácení ze stěny pouzdra a následně dochází k dalšímu růstu subdurálního hematoma (Kocharian et al., 2022). Příznaky se projevují pozvolně i v řádu několik měsíců. Nejčastěji se objevují projevy nitrolební hypertenze, bolesti hlavy, hemiparéza a psychické problémy (Hoch a Leffler, 2011). Operační řešení chronického subdurálního hematoma je možné až po předchozí korekci hemokoagulace. Evakuace hematoma se provádí prostým trepanačním návrtem v lokální anestezii, následované výplachem a zavedením drenáže na několik dní (Bartůněk et al., 2016).

2.4.7 Traumatický intracerebrální hematoma

Traumatický intracerebrální hematoma vzniká následkem natržení větších cév v hloubce mozku následkem působení velmi intenzivních rotačních sil. U tohoto onemocnění lze velmi obtížně odlišit hematoma od prokrvácené kontuze. Indikace k chirurgickému řešení jsou stejné jako u kontuze, tedy se k ní přistupuje pouze při riziku herniace. Malé hematomy jsou pouze sledovány (Bartůněk et al., 2016).

2.4.8 Poranění páteře a míchy

Páteř je lokomoční orgán, který se skládá ze 7 krčních, 12 hrudních a 5 bederních obratlů a z kosti křížové a kostrče (Čihák, 2011). Stabilizační úlohu páteře zaujímá vazivová složka, kdy přední a zadní vazy udržují v ose jednotlivé obratle a zabraňují posunu, což by vedlo k poškození míchy (Naňka a Elišková, 2015). Přítomnost meziobratlových plotének plní svoji funkci, neboť přenášejí a rozkládají síly při doskocích. Páteř také působí protektivně k míše, jež je uložena uvnitř (Bartůněk, et al. 2016).

Páteř se poraní nejčastěji nepřímým mechanismem při pádech z výše, při skocích po hlavě do mělké vody a při dopravních nehodách. Často bývá trauma spojeno s pacientem majícím polytrauma (ATLS, 2018). Zlomeniny Bartůněk et al. (2016) dělí na stabilní a nestabilní, kdy zlomený segment může způsobit pohybem další poškození.

V rámci přednemocniční neodkladné péče Šeblová et al. (2018) považuje za nutné pomýšlet při závažném traumatu na možnost poškození páteře, proto by měl být použit fixační límec krční páteře a tělo imobilizováno vakuovou matrací u každého suspektního pacienta.

Navazující nemocniční neodkladná péče by měla probíhat stejným způsobem. Je nezbytně nutné dle ATLS (2018), aby zdravotnický tým získal od posádky Zdravotnické záchranné služby co nejvíce informací o mechanismu traumatu a provedených intervencích na místě zásahu.

Dále Bartůňek et al. (2016) upozorňuje na nutnost vyloučit nebo potvrdit trauma páteře a míchy. Pokud je zdravotní stav pacienta stabilní, je vhodné vyšetřit pacienta počítačovou tomografií (CT).

Klinickými projevy úrazu páteře bývá bolest v místě zranění a často spolu jdoucí porucha nervového systému. Při poranění krční míchy dojde k poškození center dechu a oběhu, které sídlí v prodloužené míše vedoucí k dechové a respirační nestabilitě, které může končit smrtí postiženého jedince. Zranění hrudní míchy se projevuje tetraplegií nebo paraplegií v případě úplné tranzverzální léze míšní nebo při částečném porušení se projeví jako kvadruparéza nebo paraparéza (Bartůňek et al. 2016; Tomek, 2018)

Bartůňek et al. (2016) zmiňuje, že pacient se spinálním poraněním, které zasáhlo míchu, má být léčen na spondylochirurgických pracovištích se zajištěním komplexní péče včetně následné rehabilitace ve formě fyzioterapie a ergoterapie. Sama operace by měla být provedena do 6 hodin od vzniku traumatu a s ním spojené léze. Neméně podstatnou částí péče o pacienta se spinálním traumatem je psychosociální podpora a ošetrovatelská péče spočívající v prevenci vzniku dekubitů, kontraktur a edukaci ve vyprazdňování.

2.5 Závažná neurologická onemocnění

Tato kapitola pojednává o vybraných závažných neurologických stavech, se kterými je možné se setkat v neurointenzivní péči i v běžném životě.

2.5.1 Epilepsie

Epilepsie jedno z nejčastějších onemocnění mozku, které postihuje více než 70 milionů lidí na celém světě (Thijs et al., 2019). Jedná se o recidivující záchvatovité onemocnění

s přechodnou poruchou funkce centrálního nervového systému (Souček a Svačina, 2019). Etiologicky epilepsie může mít rozeznatelné strukturální, infekční, metabolické či imunitní ložisko, ale u většiny lidí se nepodaří zjistit žádnou zjevnou příčinu (Perucca et al., 2020). Onemocnění se projevuje opakovanými epileptickými záchvaty, které na podkladě patofyziologických, klinických, elektrofyziologických a vývojových poznatků lze dělit na parciální neboli fokální záchvaty a generalizovaná záchvaty (Bartůněk et al., 2016). Při velkém generalizovaném záchvatu nemocný padá na zem, upadá do bezvědomí a jeho svaly jsou nejprve ve stavu tonického napětí a postupně křeče přecházejí v klonické záškuby končetin. Během tohoto záchvatu lze u pacienta pozorovat cyanózu v obličeji, lapavé dýchání, pěnu u úst. Často se také pacient pokouše, pomočí a pokálí. Po odeznění křečí zůstává pacient obvykle několik minut v bezvědomí, ze kterého se postupně probírá s amnézií na záchvat (Souček a Svačina, 2019). Oproti tomuto lokalizované záchvaty jsou simplexní parciální záchvaty motorické, senzomotorické, autonomní a psychické, při nichž často nemocný zůstává při vědomí a provádí neúčelné pohyby, hovoří nesrozumitelně a působí na okolí dojem opilého (Bartůněk et al., 2016; Souček a Svačina, 2019). Status epilepticus je záchvat nebo záchvaty, které trvají déle než pět minut a nedochází mezi nimi k úpravě vědomí pacienta. Jedná se o život ohrožující stav, který může vést k ireverzibilnímu poškození centrální nervové soustavy u pacienta, protože během něho dochází k rhabdomyolýze, plicnímu edému, koagulopatii, poruše vnitřního prostředí a glukózové toleranci s následným multiorgánovým selháním. Diagnostika tohoto stavu je založená na klinické prezentaci a elektroencefalografickém vyšetření. Základní terapie tohoto stavu se skládá z podání benzodiazepinů, antiepileptik a anestetik (Maláska et al., 2020). Dále je léčba založena na stabilizaci kardiovaskulárních funkcí a zajištění průchodnosti dýchacích cest, zjištění hladiny glukózy v krvi, zajištěním žilního přístupu a odběrů krevních testů včetně odběru na toxikologický screening a acidobazickou rovnováhu. Dále se vyšetřuje příčina za pomoci CT vyšetření, magnetické rezonance, lumbální punkce a monitorace EEG (Minicucci et al., 2020).

2.5.2 Jaterní encefalopatie

Jaterní encefalopatie je onemocnění, při němž dochází k toxickému působení amoniaku a dalších látek, jež jsou za normálních okolností metabolizovány v játrech (Maláska et al., 2020). Vzniká jako významná komplikace akutního a chronického jaterního selhání. Je charakterizována především změnami osobnosti, poruchou vědomí, kognice a

motorických funkcí. V posledním ze čtyř stádií dochází k rozvoji kómatu (Wessenborn, 2019). Tato komplikace může probíhat akutně i chronicky a mezi těmito průběhy existují určité rozdíly. Kromě rychlosti nástupu je to především riziko rozvoje mozkového edému, který je výhradně téměř vždy spojen s akutní encefalopatií. Prevence vzniku této komplikace spočívá ve snížení nálože cirkulujícího amoniaku a časné terapii nitrolební hypertenze (Maláska et al., 2020). Ke snížení hladiny amoniaku se nejčastěji využívají laxativa. Pokud došlo k progresi onemocnění do třetího nebo čtvrtého stadia je indikována komplexní léčba nitrolební hypertenze a překlad pacienta do transplantačního centra (Rose et al., 2020). Při rozvoji mozkového edému dochází k růstu nitrolebního tlaku. Terapie nitrolební hypertenze je obdobná jako u pacientů s kranio cerebrálním poraněním, avšak je důležité pamatovat, že zavedení nitrolebního čidla je u těchto pacientů velmi rizikové vzhledem ke koagulopatii, která je indukována na podkladě jaterního selhání. V této souvislosti je vždy potřeba zvážit poměr rizika ku benefitům (Maláska et al., 2020).

2.5.3 *Myasthenia gravis*

Myasthenia gravis je autoimunitní onemocnění, které postihuje nervosvalovou ploténku (Gilhus et al., 2016). Projevuje se kolísavou slabostí jednotlivých svalových skupin, z nichž nejčastěji bývají postiženy svaly mimické, oko-hybné, faryngální a dýchací. (Maláska et al., 2020). Diagnostika zahrnuje podrobnou anamnézu, klinické vyšetření doplněné elektromyografií a syntostigminovým testem. Léčba se opírá o aplikaci inhibitorů acetylcholinestrázy a aplikaci imunosupresiv (Bartůněk et al., 2016). Pokud dojde k progresivnímu zhoršení svalové slabosti, hovoříme o myastenické krizi. Ta vede k nutnosti napojení pacienta na umělou plicní ventilaci. Tato krize se může vyskytovat i u pacientů po operaci a oddálení možnosti extubace pacienta (Maláska et al., 2020).

2.5.4 *Guillain- Barré syndrom*

Guillain-Barrého syndrom je skupina imunitních zprostředkovaných akutních polyneuropatií, které postihují motorické a v mírné formě i senzitivní periferní neurony (Maláska et al., 2020). Typickým klinickým průběhem jsou prvotní bolesti, následované kombinací motoricko-senzitivní symptomatologie. U těžkých forem je pozorován obraz periferní kvadruplegie s nutností zahájení umělé plicní ventilace a rizikem rozvoje

syndromu dechové tísně (Bartůněk et al., 2016). Základem léčby je zajištění dostatečné ventilace pacienta, imunosupresivní terapie a plazmaferéza (Maláska et al., 2020).

3 Neurologické vyšetření

Pro stanovení rozsahu a hloubky poruchy nervového systému, potažmo vědomí, je stěžejní prvořadé neurologické vyšetření. Interpretace neurologického vyšetření vede k určení lékařských a ošetrovatelských intervencí a způsobu léčby pacienta. Také porovnávání v čase jdoucích vyšetření určuje změnu stavu pacienta (Ševčík et al., 2014).

Na jednotkách intenzivní péče či na anesteziologicko-resuscitačních odděleních jsou pacienti často sedorelaxováni či jinak neurologicky ovlivněni. Tyto důvody značně omezují, nebo zcela znemožňují neurologické vyšetření. Na řadu přichází poté multimodální monitorace, nicméně ta by neměla být brána jako adekvátní náhrada a pacient by měl být odtlumován v co nejkratším čase, pokud to jeho stav dovoluje (Tyll et al., 2020).

Jak již bylo zmíněno, liší se vyšetření pacienta při vědomí a v kómatu. U pacienta při vědomí se vyšetřují kognitivní funkce, svalová síla, hlavové nervy, senzitivita či koordinace v prostoru. U pacienta v kómatu se určuje hloubka poruchy vědomí, funkce mozkového kmene či motorická odpověď (Tyll et al., 2020).

Neurologické vyšetření by mělo být vždy provedeno vstupně při příjmu pacienta. Pokud dochází k příjmu pacienta v kritickém stavu se zajištěnými dýchacími cestami, a který je sedorelaxován, je důležitým ukazatelem popis neurologického stavu od posádky Zdravotnické záchranné služby. Doporučená minimální frekvence k opakování neurologického vyšetření je jedenkrát denně. Pokud si to stav pacienta vyžaduje, je adekvátní tento interval zkrátit. Pokud je pacient dlouhodobě sedorelaxován, provádí se u něho takzvané sedační okno. Jedná se o přerušení kontinuálního dávkování sedativ, aby došlo ke krátkodobému odtlumení pacienta. Během této doby je nutné sledovat a zaznamenat do jakého neurologického stavu se pacient začne probírat (Tyll et al., 2020). Bývá relativně časté, že během odtlumování dochází u pacienta ke zvýšené vegetativní odpovědi organismu. Jedná se především o tachykardie, hemodynamickou nestabilitu či zvyšování tělesné teploty (Bartůněk et al., 2016).

Hodnocení stavu vědomí se primárně dělí na poruchy kvantitativního a kvalitativního charakteru (Vytečková et al., 2015).

Zahraniční praxí je využívání pro škálování kvantity vědomí Glasgow coma scale (GCS), které je v Příloze č. 2 (Tyll et al., 2020). Je univerzální a pro velmi malé děti modifikovaná na Paediatric Glasgow coma scale (PGCS) (Mixa et al., 2021). Jednoduše dochází ke sledování vývoje v čase a může být jen velmi obtížně subjektivizovaná. V rámci GCS dochází k hodnocení tří faktorů v rozsahu bodů 3-15. Motorická odpověď, verbální odpověď a otevírání očí. Pro zhodnocení kmenových funkcí bylo vytvořeno hodnotící skóre Full Outline of Unresponsive (FOUR) v rozsahu bodů 0-16, Příloha č. 3. Výhodou tohoto hodnocení je kladení menšího důrazu na verbální odpověď pacienta, který bývá velmi často v intenzivní péči zatížen tracheostomií či afázií (Tyll et al., 2020).

Kvalitativní poruchy vědomí jsou charakteristické změnou kvality vědomí pacienta. Obvykle v rámci GCS dosahuje tento pacient hodnoty 14-15, tudíž je plně při vědomí, ale nemusí být lucidní (Bartůněk et al., 2016). K hodnocení patří vnímání okolí, jeho orientovanost či adekvátnost reakcí na pacientovo okolí. Mezi kvalitativní poruchy vědomí patří zmatenost, delirium, stavy amence, halucinace nebo dezorientace. Mezi kvalitativní skórovací systémy patří The confusion assessment method for the intensive care unit (CAM-ICU) nebo Intensive care delirium screening checklist (ICDSC) (Tyll et al., 2020).

Příčina poruchy vědomí ať už na kvalitě nebo kvantitě může být z různých důvodů. Bazálně je lze rozdělit na ložiskové a systémové. Ložiskové příčiny jsou na podkladě strukturních změn v lebce. Jedná se intracerebrální hematomy, nádory, či další různé expanze. Systémové jsou zapříčiněny poruchami vnitřního prostředí, poruchami metabolismu, intoxikacemi či hypoxií (Šeblová et al., 2018).

Vyšetření motoriky, tedy svalového aparátu, je testování zkouškou svalové síly, svalového tonu a trofiky svalů. Jak upozorňuje Tyll et al. (2020), svalová síla se neurčuje pro daný sval ani míšní kořen, ale pro pohyb v určitém kloubu.

Svalová síla je hodnocena svalovým testem, nejčastěji dle Jandy nebo pomocí skóre MRC (Medical research council). Obě škály mají hodnoty od 0 do 5 bodů, přičemž norma je

při 5 bodech a plegie je hodnocena 0. Toto hodnocení je využíváno například u míšních lézí k určení umístění léze vzhledem k vlivu na nervovou inervaci (Tyll et al., 2020).

Spasticitou se označuje soubor příznaků vlivem centrální poruchy, kdy dochází k přílišné excitaci svalů. Projevuje se tak zvýšeným svalovým napětím při začátku pohybu. Opakováním pohybu se spasticita snižuje. Tato porucha je dána lézí působící inhibičně na nervové dráhy a okruhy (Kittnar, 2021).

Rigidita je podobná se spasticitou, nicméně je způsobena extrapyramidovou poruchou, není závislá na protahování svalů ani na rychlosti provedení (Kittnar, 2021). Léčba těchto poruch, například u morbus Parkinson se nesmí náhle přerušit ani vlivem jiné intenzivní a resuscitační péče (Tyll et al., 2020).

Vyšetření cití je subjektivní. Záleží na výpovědi pacienta, který musí být ochoten a schopen spolupracovat. Pro cití se zkoumají různé faktory: algické, taktilní nebo termické (Ševčík et al., 2014).

4 Monitorování centrální nervové soustavy

Monitorování je jedním ze základních pilířů intenzivní péče. Dokáže včas zaznamenat vývoj patologických stavů, poskytuje prostor pro včasný terapeutický zásah a zároveň ukazuje efektivitu léčby (Ševčík et al., 2014). Tyll et al. (2020) rozděluje monitorovací techniky na čtyři skupiny: metody pro monitoraci mozkové hemodynamiky, oxygenace mozkové tkáně, metabolismu mozku a sledování funkcí CNS.

4.1 Monitorace v intenzivní péči

Cílem monitorace funkcí organismu v intenzivní péči je především časná detekce abnormalit. Jedná se o základní paradigma pojetí moderní intenzivní péče o kriticky nemocného pacienta. Monitorace jako taková není součástí léčebného postupu, ale význam monitorování je definován jako nástroj k ovlivnění klinického výsledku. Vlivem přístrojové techniky nicméně nesmí docházet k upozadování pacienta (Ševčík et al., 2014).

Monitorace je definována jako aktivní děj opakovaný nebo kontinuální v čase. V praxi to znamená, že je využíváno metod, které snímají určitou hodnotu kontinuálně a případný výskyt patologie je ihned zřejmý. Objektem monitorování je pacient, u kterého probíhá nějaký patologický děj vlivem primárního inzultu, anebo je velký předpoklad vzniku sekundárního poškození. Při interpretaci údajů je rozhodující lidský prvek a Tomek (2018) uvádí, že z toho důvodu je nutností, aby znalosti interpretace měli nejen ošetřující lékaři, ale i sestry starající se o pacienta v kritickém akutním stavu.

Monitorovací techniky se dělí na invazivní a neinvazivní, o kterých bude pojednáno dále v textu (Ševčík et al., 2014). V praxi to znamená, že v případě invazivní metody, což může být zavedení ICP čidlo nebo využití bulbární oxymetrie, dochází k narušení kožního krytu a sonda, nebo čidlo je zavedeno do tkáně. Invazivní metody mají svá úskalí, ale benefitem jsou přesně získaná data. Neinvazivními metodami jsou nazývány způsoby získávání validních informací, které ovšem nejsou založeny na narušení kožního krytu. Jedná se tedy o pozorování stavu zornic, hodnocení stavu vědomí, nebo používání systému monitorace NIRS, tedy near infrared spectroscopy. Volba, jakým způsobem bude monitorace probíhat, záleží na úvaze lékaře v souvislosti s charakterem onemocnění a vždy by měla být ku prospěchu pacienta (Tyll et al, 2020).

4.1.1 Monitorace v neurointenzivní péči

Intenzivní péče v neurologii a neurochirurgii se specializuje na akutní neurologická a neurochirurgická onemocnění, úrazy a pooperační stavy. Dle primárního poškození nervové soustavy je poskytována na oborových jednotkách intenzivní péče nebo na multioborových pracovištích, které poskytují vysoce specializovanou péči (Ševčík et al., 2014). Oborové jednotky intenzivní péče jsou obvykle neurologické, neurochirurgické, traumatologické, ale i infekční, či metabolické.

Do neurointenzivní péče patří nejen diagnostika, monitorace a terapie primárního poškození nervového systému, ale zaměřuje se i na prevenci a terapii možného sekundárního poškození (Tomek, 2018). Možné sekundární poškození může vzniknout jednak přímo v mozkové tkáni po primárním inzultu, nebo vzniká jako následek rozdílných extracerebrálních příčin. Vyvarování se, či včasné zjištění vznikajícího sekundárního poškození, má velký vliv na výslednou kvalitu života či přežití pacienta, tedy na konečném klinickém výsledku (Barrat et al., 2010).

K detekování sekundárního poškození se používají základní a speciální monitorovací metody, které jsou schopny analyzovat a detekovat časné změny v nervové tkáni v časovém předstihu před vznikem klinických příznaků (Ševčík et al., 2014). Tento význam je důležitý především u pacientů, u kterých není možné sledovat jejich aktuální neurologický stav. Jedná se o pacienty s kvantitativní či kvalitativní poruchou vědomí, pacienty v bezvědomí či uvedených do umělého spánku a pacientů sedorelaxovaných (Tomek, 2018).

Primární poranění mozku lze rozdělit do fokálních a difuzních poškození. Dále na uzavřená a otevřená poranění a s vlivem na poruchy vědomí (Bartůněk et al., 2016)

Sekundární poškození či poranění mozku vzniká důsledkem primárního inzultu, kdy dochází ke vzniku dalších změn (Bartůněk et al., 2016). Tyto změny mohou probíhat na extrakraniálním a intrakraniálním podkladu. Mezi intrakraniální patří edém mozku, krvácení se vznikem hematomu nebo například ischemie. Mezi extrakraniální neboli systémové patří hypoxémie, hypo/hyperkapnie, hypo/hyperkalémie či hypo/hyperkalcémie (Ševčíka et al. 2014).

Časová naléhavost je v rámci neurointenzivní péče stěžejní, jak uvádí Ševčík et al. (2014), neboť neurony patří v organismu k nejcitlivějším buňkám k hypoxii. Mají vysoký stupeň metabolismu, ale nemají metabolické rezervy a neumí regenerovat. Dále je mozek umístěn v uzavřené lebeční dutině, která limituje nárůst objemu složek v ní obsažených. Platí zde Monroova-Kellieho doktrína, která uvádí, že nárůst jedné ze složek, způsobí útlak zbývajících (Tomek, 2018).

4.2 Nitrolební tlak

Základním parametrem mozkové hemodynamiky je hodnota nitrolebního tlaku (ICP). Nedílnou součástí je hodnota mozkového perfuzního tlaku (CPP). Tato hodnota je vypočitatelná, pokud se hodnota ICP odečte od středního arteriálního tlaku (MAP). Tedy $CPP = MAP - ICP$ (Ševčík et al., 2014). Tento vzoreček je orientačně platný, je nutné uvážit, že průtok krve mozkem podléhá autoregulaci, což je fyziologický mechanismus, který udržuje stacionární průtok krve mozkem. Pokud dojde k dramatickému výkyvu hodnoty MAP nebo pokud dojde k poškození mozkové autoregulace, stává se CPP přímo závislý na hodnotě MAP (Tyll et al., 2020).

Norma pro hodnoty ICP za fyziologického stavu se liší s ohledem na věk pacienta. U dospělých vleže se hodnota ICP pohybuje v mezích 7–15 mmHg (Ševčík et al., 2014). Bartůněk et al. (2016) uvádí do 10 mmHg. U dětí je tato hodnota značně snížena, u novorozenců do 3 mmHg a u dětí do 5 let do 5 mmHg (Mixa et al. 2021). Vsedě nebo ve stoje může hodnota ICP hlesnout do záporných hodnot, tedy pod hodnoty atmosférického tlaku. Naopak hodnota ICP krátkodobě narůstá až k 60 mmHg během kýčání, smrkání, při zapojení břišního nebo při Valsavových manévrech. Za patologické je považováno dlouhodobé zvýšení nad 20 mmHg u dospělého člověka (Nag et al., 2019).

Mechanismy kompenzace při zvýšeném ICP mohou být přesun mozkomíšního moku do z lebky do spinální dutiny, zvýšené vstřebávání mozkomíšního moku do cévního systému a snížení objemu krve z cévního systému mozku (Prabhaker et al., 2014). Pokud dojde k vyčerpání zmíněných tří mechanismů dojde k útlaku arterií, čímž dochází ke zhoršení přívodu živin do mozku, exponenciálně vzrůstá hodnota ICP a adekvátně k tomu dochází ke snižování hodnoty CPP, což vede k fatálním poškozením mozkové tkáně, hypoxii a

herniaci. Monitorací ICP je primárně snaha o zabránění zmíněné nitrolební hypertenze (ATLS, 2018).

Indikace pro zavedení ICP monitorace je jasně daná v případě kraniocerebrálních poranění (ATLS, 2018). Doporučení, kdy použít tuto monitoraci například u ischemické cévní mozkové příhody či netraumatického otoku mozku chybějí. Indikace vždy závisí na indikaci intenzivisty, neurologa či neurochirurga (Tyll et al., 2020).

Monitorování ICP je doporučeno u pacientů s GCS pod 8 s patologií na CT mozku a pacientů se závažným kraniocerebrálním poraněním bez nálezu na CT mozku, pokud jsou naplněna 2 z následujících kritérií: věk nad 40 let, hemiparéza/plegie nebo quadraparéza/plegie a systolický tlak pod 90 mmHg. V případě dalších poranění je vždy zváženo riziko rozvoje nitrolební hypertenze, pokud je to možné, sledovat neurologii pacienta. V případě sedovaných a ventilovaných pacientů je zahájení ICP monitorace vhodné (Ševčík et al., 2014).

Absolutní kontraindikací zavedení ICP čidla je koagulopatie. Relativními kontraindikacemi jsou infekce CNS, nemožnost řešení komplikací souvisejících se zavedením a v poslední řadě nezkušenost operátora (Tyll et al., 2020).

Pro monitoraci ICP se nejčastěji používá intraventrikulární a intraparenchymové čidlo (Příloha č. 4). Intraventrikulární čidlo je napojené na tlakovou komůrku a zároveň jej lze použít k dekompresní drenáži mozkové komory, tedy pro odvod mozkomíšního moku. Zároveň umožňuje odebírat mozkomíšní mok pro laboratorní rozbor a také vizuálně kontrolovat možnou příměs krve v likvoru. Intraparenchymové čidlo je výrazně dražší oproti předchozímu (Tyll et al., 2020). Lze jej využít pro multimodální monitoraci ICP, měření tělesné teploty a parciálního tlaku kyslíku mozkové tkáně (Ševčík et al., 2014).

ICP čidlo zavádí neurochirurg. Mezi komplikace zavedení ICP čidla patří v první řadě krvácení v místě operační rány nebo jako epidurální, subdurální či intracerebrální. Dále poškození mozkové tkáně a infekce (Tyll et al., 2020).

Pokusy o neinvazivní monitoraci ICP dopadly prozatím neúspěšně a k dnešnímu dni není vytvořena klinicky platná metoda monitorace. Jedinou alternativou bedside monitorace je ultrazvukové měření šířky pochvy optického nervu (Scarboro a McMQuillan, 2021).

4.3 Transkraniální dopplerovská ultrasonografie.

Jedná se o neurosonografickou vyšetřovací metodu, což je ultrazvukové vyšetření umožňující neinvazivně měřit průtok nitrolebními tepnami přes neporušenou kost lebky. K vyšetření se využívá dopplerovský režim zobrazení (Ševčík et al., 2014).

Vyšetření si vyžaduje speciální typ sondy. Fokus sondy musí dosahovat minimální hloubky 40–60 mm s možností stanovení vzorkovacího objemu (Cardim et al., 2016).

Základními indikacemi využití ultrasonografického vyšetření jsou cévní malformace s arteriovenózním zkratem, vyšetřování stenóz nebo okluzí extrakraniálních tepen, při ischemické CMP vyšetření karotického a vertebrobasilárního povodí, sledování vazospazmů při subarachnoideálních krváceních a po kraniotraumatách, diferenciální diagnostika bolestí hlavy a migrén a v neposlední řadě potvrzování mozkové smrti (Tyll et al., 2020; Sandroni et al., 2020).

Speciálními indikacemi pro využití ultrasonografie je perioperační monitorování při provádění karotické endarektomie, angioplastika a stentování extrakraniálních a intrakraniálních arterií, pooperační monitorování a detekování mikroembolizací (Tyl et al., 2020; Cardim et al., 2016).

Při využití dopplerovské ultrasonografie jsou na lebce stanovena tři okna, kde je tloušťka lebky anatomicky zeslabena. Jedná se o přístup transtemporální, transforaminální a transorbitální. Transtemporálním přístupem se vyšetřuje především arteria cerebri media, anterior a posterior. Transforaminálním se vyšetřující úseky vertebrálních tepen a basilární kmen. Transorbitálním přístupem se obvykle vyšetřuje takzvaný karotický sifon a arteria oftalmica (Tomek, 2018).

Důležitým pravidlem je vyšetření provádět bilaterálně s porovnáním výsledku obou stran. Tato metoda se nyní využívá i jako kontinuální monitorace průtoku tepnami a kontrola vzniku vazospazmů, kdy se používá sonda připevněná na hlavu pacienta, která snímá záznam kontinuálně (zobrazení v Příloze č. 5) (Cardima et al. 2016).

Měření průtoku tepnami je možné provést i invazivně. Poté se jedná o termální difúzní flowmetrii a laserovou dopplerovskou flowmetrii. Obě metody vyžadují zavedení katetru

do mozkové tkáně a umožňují kontinuální monitoraci průtoku krve cévami (Jones et al., 2017).

4.4 Jugulární oxymetrie

Za jugulární oxymetrii bývá označováno dvojí měření monitorace saturace kyslíku na hemoglobin. V prvním případě se jedná o kontinuální monitorování optickým katetrem v jugulárním bulbu. V druhém o intermitentní monitoraci pomocí odebírání a analyzování vzorku krve. Jugulární oxymetrie se označuje zkratkou SvjO₂ a norma činí rozmezí mezi 55–75 % (Tomek, 2018).

Snížená hodnota poukazuje na sníženou systémovou dodávku kyslíku nebo na zvýšenou extrakci kyslíku. SvjO₂ pod 50 % je označována jako kritický stav. Naopak vyšší hodnota SvjO₂ demonstruje zvýšené množství systémového kyslíku nebo na snížení extrakce kyslíku (Tyll et al., 2020).

Indikace pro použití invazivní jugulární oxymetrie jsou především rozsáhlejší poškození mozku způsobená kraniocerebrálním poraněním, subarachnoideální krvácení a různou etiologií způsobená nitrolební hypertenze (Santafé et al., 2019).

Kontraindikací zavedení optického katetru je infekce v místě zavedení, porucha srážlivosti nebo významné ovlivnění průtoku krve žilou (Tyll et al., 2020).

Běžně se primárně pro katetrizaci volí v. jugularis interna dextra, do které se fyziologicky odvádí většina krve z mozku. Tyll et al. (2020) uvádí 80–90 % z obou mozkových hemisfér. Správné umístění katetru se kontroluje rentgenovým snímkem, kdy zakončení optického katetru by se mělo nalézat lehce pod úrovní baze lební.

Tato metoda je náročná na provedení. Optické čidlo musí být zavedeno přesně v jugulárním bulbu. Existuje riziko měření nesprávných hodnot z důvodu dislokace katetru. Dalšími riziky je vznik trombózy, zanesení infekce či poškození krčních nervů během katetrizace. Využívá se především u rozsáhlejších poškození mozku, jelikož nedokáže detekovat malá lokální hypoperfuzní ložiska, ale hodnotí mozkovou perfuzi z globálního hlediska. Z tohoto důvodu se postupně na mnoha pracovištích od využití této metody ustupuje (Tomek, 2018; Tyll et al., 2020).

4.5 Tkáňová oxymetrie

Tkáňová oxymetrie je přesnější variantou jugulární oxymetrie. Tato monitorovací invazivní metoda je zaměřena na malá hypoperfuzní ložiska, neboť je citlivá i k malým regionálním změnám perfuze. Zkratka pro monitoraci tkáňové oxymetrie je PtiO₂. Monitorace probíhá kontinuálně přímo v mozkové tkáni a ukazuje přesnější informace o metabolismu monitorované oblasti. Do tkáně ohrožené ischemií se zavádí oxymetrické čidlo měřící okolní parciální tlak kyslíku (Sinha a Parnia, 2017; Tyll et al, 2020).

K měření se využívají dva druhy katétrů, a to nově vyvinutý fiberoptický katetr využívající fluorescenční metodu nebo starší miniaturní Clarkova polarografická elektroda (Tomek, 2018).

Normální hodnota PtiO₂ by měla dosahovat více jak 15 mmHg. Za kritickou hodnotu je považováno 10 mmHg a níže po dobu delší než 30 minut. K poklesu PtiO₂ může dojít až 5 dní od primárního poranění a obvykle značí vzrůstající ICP. Pokud nelze zvýšit hodnotu tkáňové oxymetrie terapeutickými zásahy, je na řadě neurochirurgická intervence, obvykle dekompresní kraniektomie (Tyll et al., 2020)..

4.6 Near-Infrared spectroscopy – NIRS oxymetrie

NIRS oxymetrie, neboli cerebrální oxymetrie je neinvazivní metoda, která využívá k měření hodnot saturace mozkové tkáně infračervenou spektroskopii (Tyll et al., 2020).

Metoda využívá podobného principu, který se používá v případě měření pulzním oxymetrem. Sleduje se absorpce elektromagnetického vlnění v infračerveném pásmu v případě NIRS ale ne v arteriálním řečišti, ale v mozkové tkáni. Pomocí získaných hodnot se stanovuje saturace kyslíku na hemoglobin (Bensaidane et al., 2020).

Rizikem nepřesnosti měření bývá snímání extrakraniálních tkání a nitrolební hematomy. Monitorace NIRS se využívá u těžkých kranio-cerebrálních poranění, či u těžkého subarachnoideálního krvácení, u kterého je předpoklad vzniku vazospazmů (Bensaidane et al., 2020).

NIRS monitorace se skládá z dvou kožních senzorů, které se standardně umísťují do frontální krajiny (Příloha č. 6). Hloubka měření je uváděna v rozmezí 30–50 mm.

Normohodnoty jsou mezi 55–75 %, tedy by měly být podobné hodnotám naměřeným jugulární oxymetrií (Tyll et al., 2020).

4.7 Sublinguální kapnometrie

Metoda je založená na monitoraci, a zvláště na detekci hyperkapnie ve sledované tkáňové oblasti. Zkratka sublinguální kapnometrie je $P_{s\text{I}}\text{CO}_2$. Tkáňová hyperkapnie je sice nepřímý, ale za to univerzální indikátor hypoperfuzních tkáňových stavů. Měření probíhá vložением fiberoptické technologie k měření parciálního tlaku CO_2 sublinguálně. Technologie se nazývá CapnoProbe systém (Ševčík et al., 2014).

Metoda pracuje na základě detekce oxidu uhličitého ve venózní krvi, která opouští kraniocerebrální oblast. Jedná se opět o globální ukazatel, který neumí zohlednit lokální poškození tkáně mozku (Ševčík et al., 2014; Poncette et al., 2020).

4.8 Ortogonální polarizační spektroskopie a sidestream dark field imaging

OPS neboli orthogonal polarization spectral imaging a metoda sidestream field (SDF) jsou neinvazivní technologie na optické bázi k vyhodnocování a vizualizaci kvality mikrocirkulace tkání. Využívají se především ke sledování mikrocirkulace u kriticky nemocných (Ševčík et al., 2014).

Základním principem získávání dat je konvenční reflektivní zobrazování, které přináší nízkokontrastní obraz z důvodu rozptylu světla na povrchu. Právě metoda OPS získává lineární polarizací světla procházejícího přes dělič paprsků vysoce kontrastní obraz, protože většina odraženého světla zůstává polarizována a nezkrusuje analyzátor, respektive přenos obrazu (Ko et al., 2021).

Metoda SDF využívá na místo polarizace světla LED diody, které emitují zelené světlo a přímo osvětlují tkáňovou mikrocirkulaci bez rušení vysokého kontrastu zobrazení. Nejčastějším místem detekce mikrocirkulace je sublinguální sliznice (Ševčík et al., 2014).

Na snímcích lze pozorovat erytrocyty v pohybu a analyticky je vyhodnocovat. Tato metoda velmi přesně přináší ukázkou kvality léčby, prognózy pacienta a reakci mikrocirkulace na léčebné intervence. Hodnoty se dají využít i v rámci diagnostiky postižení a zjištění patologických stavů tkání (Ko et al., 2021).

4.9 Evokované potenciály

Evokované potenciály (EP) se využívají pro vyšetření kvality vedení vzruchu neuronem. Zevním podnětem je vyvolán akční potenciál u kterého se sleduje, jakou rychlostí, jak synchronně a v jaké kvalitě je přenesen z místa, kde došlo ke stimulaci do cílového místa nervové dráhy. Vyšetření se nesmí provádět dříve jak 24 hodin po vzniku infarktu (Tyll et al., 2020; Korbakis a Vespa, 2017).

Evokovaných potenciálů se rozlišuje více druhů podle jejich způsobu vzniku. Jedná se o sluchové kmenové EP (NAEP), somato-senzorické EP (SSEP), kognitivní EP (CEP) a EP vázané na událost (ERP) (Tyll et al., 2020).

Vyšetření evokovaných potenciálů se využívá při těžkých komatózních poškozeních mozku vzniklých kraniotraumaty, hypoxií či hemoragickým iktem. Vyšetření objasňuje stav mozkových funkcí, prognózu pacienta a v neposlední řadě se využívá jako jedna z metod pro diagnostiku mozkové smrti (Tomek, 2008).

4.10 Elektromyografie

Elektromyografie (EMG) je způsob funkčního vyšetření elektrické aktivity svalů a nervů, které řídí sval. Toto vyšetření slouží jako potvrzení vzniklého poškození nervové nebo svalové tkáně. V případě poranění nervu je možné určit místo poškození a změřit rozsah nervového poškození. Tato diagnostika se používá především ke stanovení amyotrofické laterální sklerózy, dále u syndromu karpálního tunelu, u různých polyneuropatií či myopatií (Tyll et al., 2020; Santafé et al., 2019).

Využívají se dva druhy EMG. Povrchové a jehlové. Cílem povrchového EMG je přesné změření rychlosti vedení stimulovaného nervu a odpověď cílového svalu. K povrchovému EMG se využívají lepící snímací a stimulační elektrody. Jehlové EMG se používá pro měření akčních potenciálů svalových vláken, které jsou inervované jedním nervovým vláknem. K vyšetření se používají velmi tenké snímací jehly (Tyll et al., 2020).

4.11 Elektroencefalografie

Elektroencefalografie (EEG) je neinvazivní metoda založená na sběru a zesilování spontánní bioelektrické aktivity kortikálních neuronů. Záznam EEG představuje změny

elektrického napětí, kterými si neurony mezi sebou předávají signály (Příloha č. 9). K vyšetření se obvykle používá 18–32 velmi citlivých elektrod, které jsou umístěny na povrchu hlavy (Ševčík et al., 2014).

Vyšetření EEG se využívá v rozmanité diagnostické škále, například epilepsie, smrt mozku, nádory mozku či různé degenerativní onemocnění (Tomek, 2018).

Základními typy elektrické aktivity mozku je rytmus alfa, beta, théta a delta. Při vyhodnocení záznamu vyšetření se zohledňuje věk, neboť u dětí se záznam s přibývajícím věkem liší (Tyll et al., 2020).

EEG lze monitorovat kontinuálně – continual electroencephalograph (cEEG). Tato metoda se využívá u vážně nemocných pacientů, kteří jsou postiženi statem epilepticem, ať již konvulzivním nebo nekonvulzivním. Monitorace dále umožňuje sledování a vyhodnocování hloubky sedace a detekuje mozkovou ischemii. Khawaja (2017) uvádí, že je možné využít cEEG i pro pacienty s těžkým kraniocerebrálním poraněním jako pomůcka k včasné detekci rizika záchvatů a jako metodu pro stanovení léčby a intervencí. U kraniocerebrálního poranění ve většině případů dochází k nekonvulzivním záchvatům, tudíž nejsou snadno detekovatelné a způsobují vážné sekundární poškození mozku (Romagnoli et al., 2019).

4.12 Kvantitativní pupilometrie

Vyšetření zornic je jedno ze stěžejních neurologických vyšetření. Vyšetření samo o sobě podléhá velké subjektivitě posuzovatele, zvláště v případě sedovaných pacientů, kdy dochází k farmakologickému ovlivnění velikosti a stažlivosti zornic na osvit (Tyll et al., 2020).

Vyšetření pupilometrem je neinvazivní jednoduché vyšetření založené na videosnímání reakce zornice během osvitu. Samo vyšetření probíhá použitím pupilometru, na který se nasadí snímací senzor, který se spodní částí umísťuje po orbitu oka. Zamezí se tím nechtěnému zkreslení reakce zornice třesem rukou, čímž by mohly vznikat výrazné artefakty. Kryll et al (2020) doporučuje v případě neinvazivních monitorovacích metod validační zopakování, zda se výsledky shodují. Pokud dochází k výrazné odchylce v měření, je reálný předpoklad, že došlo k chybě v provedení, nebo k poruše přístroje a

následně by měla být použita jiná monitorovací technika. Ze získaných hodnot přístroj vypočítá Neurological pupil index (NPI), který udává hodnotu rychlosti konstriktce a dilatace zornice a zároveň uchovává jednotlivá vyšetření nahraná v paměti zařízení pod identifikačním číslem unikátním pro každého pacienta (Jahns et al., 2019).

Jahns et al. (2019) dále uvádí, že pravidelná kontrola zornic u pacienta v bezvědomí nebo uvedeného do bezvědomí sedativy má význam v časném odhalení vzniku nitrolební hypertenze, neboť zornice se mohou jednostranně nebo bilaterálně dilatovat a může se horšit jejich reaktivita na osvit.

5 Multimodální neuromonitorace

Klinické monitorování na lůžku je standardem, ale nedokáže detekovat jemné fyziologické změny v intrakraniální oblasti. Změny, které jsou při klinických vyšetřeních zjištěny bývají často až pozdními příznaky. Proto, pokud je posouzeno větší množství fyziologicky proměnných v reálném čase, dochází k novým možnostem klinických pohledů ovlivňujících rozhodnutí o léčbě (Peacock a Tomlinson, 2018). Nevýhodou klinického monitorování k výše zmíněnému je dále nekontinualita. Vyšetření probíhá v určeném intervalu a není schopno zachytit počínající změnu stavu. Rozdíl je u pacienta při vědomí, který je schopen sám zareagovat, anebo je na něm změna výrazně lépe patrná.

Vzhledem k tomu, že žádná neuromonitorovací technika není schopna komplexně monitorovat a hlásit rozsah patofyziologických změn v kranio cerebrální oblasti, byla zvolena strategie multimodálního neuromonitoringu, ve které je zahrnuto více technik (Smith a Smith, 2017).

Multimodální neuromonitoring původně zahrnoval kombinaci klinického vyšetření, neuroimaging (vyobrazuje anatomii a funkci centrální nervové soustavy) a monitoring intrakraniálního tlaku. Tato metoda však nebyla očekávaným přínosem, protože nebylo možné zvážit heterogenitu různých vzorců poranění (Makarenko et al., 2016). S rozvojem neurointenzivní péče se vyvíjel taktéž multimodální neuromonitoring, který je v současné době velkým přínosem monitorace CNS. Současná multimodální neuromonitorace se skládá z kombinace metod invazivních a neinvazivních, kontinuálních a nekontinuálních, globálních a regionálních. Globálními a regionálními technikami se rozumí ty techniky, které jsou schopné monitorovat mozek, jako celek, pak je možno hovořit o metodě globální, a metoda regionální se citlivě zaměřuje na malou část, které hrozí poškození, nejčastěji z důvodu ischemie.

Parametry, které jsou součástí multimodální neuromonitorace jsou intracerebrální tlak ICP, cerebral perfusion pressure CPP, intracerebrální teplota, oxygenace, metabolismus a elektrofyziologie. Tento princip neuromonitoringu umožňuje získat informace o sekundárních změnách v mozku s předstihem a tyto změny terapeuticky ovlivnit, než se objeví klinické příznaky. V této souvislosti se jedná o fyziologicky příznivě vedenou terapii (Ševčík et al., 2014).

Multimodální neuromonitorace své místo nachází především u pacientů v hluboké analgosedaci, u kterých není možnost sledovat neurologický nález. Do této oblasti spadají pacienti s těžkým traumatickým a netraumatickým onemocněním mozku, především s subarachnoidálním krvácením, kde je žádoucí včasná detekce vazospazmů. Tento typ monitorace může u pacientů s kraniotraumaty zlepšit jejich outcome a to především díky komplexnímu přístupu k diagnostice a léčbě nitrolební hypertenze (Ruhatiya et al., 2020).

Pro monitoraci pomocí invazivních metod je provedena trepanace a zaveden šroub, který je fixován v trepanačním otvoru. Tento šroub má standardně jeden až tři luminy. Standardně je do jednoho lumen zaváděno čidlo ICP, zbylé lumen jsou k dispozici pro ostatní katétry. Existují víceparametrová čidla, která jsou v rámci multimodální neuromonitorace upřednostňována. Tato čidla umožní získat několik různých informací najednou. V případě potřeby je také možné zavést vícero šroubů, pokud je potřeba, aby byly poskytovány informace z různých oblastí mozku (Ševčík et al., 2014). Dyhrfort et al. (2019) uvádí, že je velmi výhodná kombinace využití mikrodialýzy a ICP měření, zvláště skrze jeden lumen a mozková tkáň není zatěžována dvěma rozdílnými katetry, jelikož se tím zdvojnásobuje riziko zanesení infekce do lebeční dutiny a s tím spojené zánětlivé komplikace, které oslabují organismus zatížený kritickým inzultem, ale navíc zvyšují riziko úmrtí pacienta. Bartůňka et al. (2016) uvádí, že dochází s každým stupněm Celsia, o který se zvýší tělesná teplota pacienta, k nárůstu metabolických požadavků mozkové tkáně, hovoří se o 10-15 %. Tomek (2018) uvádí, že je nutné aktivně léčit hypertermii a předejít horečnatým epizodám. V první řadě doporučuje farmakologické řešení, tedy podávání antipyretik, pokud by organismus na antipyretika nereagoval, doporučuje pacienta aktivně ochlazovat na fyziologickou hodnotu, a zdůrazňuje, že je nezbytné zabránit vzniku hypotermie pacienta, neboť ta, stejně jako hypertermie způsobuje zhoršování stavu pacienta a výrazným způsobem se podílí na morbiditě a především mortalitě daného primárního onemocnění.

Nezbytné je v této oblasti zmínit zpracování dat multimodálního monitoringu. Stocchetti et al. (2017) poukázali na generování obrovského množství dat, která nebývají shrnuta způsobem, aby byly získány jasné informace vedoucí k adekvátní péči o pacienta. Počítačové techniky jsou nadějí na snížení složitosti dat a jejich ucelení tak, aby tato výsledná podoba byla přijatelná a přehledná. Počítačové programy založené na statistické

analýze kontinuálních dat z monitoru umožňují zrychlit diagnostiku závažného stavu a zároveň snížit výskyt falešně pozitivních alarmů. V této době jsou ideální telemedicínské automatizované systémy s názvem Electronic Intensive Care Unit, které jsou již na několika pracovištích používány rutinně, a především jsou ochotně přijímány ošetřujícím personálem.

6 Mikrodialýza v neurointenzivní péči

Mikrodialýza je poměrně nová invazivní monitorovací metoda, jejíž využití a význam v klinické neurochirurgické praxi v posledních letech roste (Hejčl a Sameš, 2009), i když je v současné době považována spíše za doplněk k ostatním monitorovacím technikám, než za jejich náhradu (Wineberg et al., 2022).

Tato metoda umožňuje monitorování metabolitů z extracelulárního prostoru v mozkové tkáni a slouží k časné detekci sekundárních změn v regionální oblasti mozku (Ševčík et al., 2014).

6.1 Historie mikrodialýzy

Mikrodialýza byla poprvé využita u zvířat koncem 50. let 20. století pro extrakci kortikosteroidů z plazmy jejich periferní krve (Kalant, 1958). Během dalšího desetiletí se tato metoda začala aplikovat do centrálního nervového systému, zpočátku pouze ke studiu změn koncentrací neurotransmiterů v případech ischemie a hypoglykémie (Pierce et al., 2021). Poté byla mikrodialýza ve spojení s monitorací intrakraniálního tlaku využívána při poraněních hlavy a subarachnoidálním krvácení (Zhou a Kalanuria, 2018). Jelikož sondy začaly být volně dostupné, tak mikrodialýza velmi rychle nahradila dřívější vývoj, jako byla push-pull perfuze, která byla využívána pouze na několika velmi specializovaných pracovištích (Koenig et al., 2018).

Na počátku 90. let minulého století byla zavedena mozková mikrodialýza jako neurochemická monitorovací metoda (Hillered et al., 2014). Roku 2000 během klinického mikrodialyzačního setkání v Cambridge byl realizován první pokus o dosažení konsenzu o indikacích pro mikrodialýzu v prostředí neurointenzivní péče (Bellander et al., 2004).

V současné době roste zájem o mikrodialýzu pro získávání biomarkerů intracerebrálních proteinů u mechanismů sekundárního poškození u akutního traumatického a neurovaskulárního poškození v neurointenzivní péči (Hillered et al., 2014).

Samotným vývojem prošel i design mikrodialyzačního katétru. V průběhu let byly využívány katétry několika různých konstrukcí, jako jsou transcerebrální sondy, smyčkové sondy ve tvaru U a koncentrické sondy ve tvaru I (Koenig et al., 2018).

Transcerebrální sondy mají vysokou výtěžnost v dorzálním hippokampu, ale pro jejich zavedení vyžadují rozsáhlou operaci, která způsobuje poškození kostí lebky, hlavových svalů a mozku. Oproti tomu je smyčková sonda složena z dialyzační trubice ve tvaru smyčky připojené ke dvěma paralelním kovovým trubkám a tím zabraňuje rozsáhlému chirurgickému traumatu během operační implantace (Zetterström et al., 1983).

V současnosti se v rámci experimentálního výzkumu běžně používají sondy koncentrického tvaru. Tato sonda ve tvaru I se skládá z rámu pro stabilizaci katétru pro transport perfuzního roztoku a dialyzační membrány jako hlavního prvku mikrodialyzačního zařízení. Obvykle je tato sonda silikonová, polyetylenová nebo teflonová (Koenig et al., 2018).

6.2 Princip mikrodialýzy

Mozková mikrodialýza je neuromonitorovací technika u lůžka pacienta, která využívá sondu se semipermeabilní membránou (Winberg et al., 2022). Mezi další základní součásti systému mozkové mikrodialýzy patří čerpadlo neboli pumpa, hadičky, perfuzní roztok a přístroj pro analýzu získaného vzorku, takzvaný analyzátor. Schéma tohoto systému je znázorněno v Příloze č. 7 (Pierce et al., 2021).

Sterilní sonda obsahuje dva koncentrické katétry se semipermeabilní membránou, která je umístěna na konci vnějšího katétru (Pierce et al., 2021). Tyto katétry mají délku membrány 1 cm a velikost pórů 20 nebo 100 kDa (Helbok et al., 2017). Membrána s velikostí 20 kDa se využívá k zachycení menších molekul, jako je glukóza, pyruvát, laktát, glycerol, glutamát a další malé hydrofilní molekuly. K zachycení větších molekul se využívá membrána s velikostí pórů 100 kDa a ta je schopná navíc i mimo malé molekuly získat také zánětlivé mediátory a cytokiny (Hutchinson et al., 2015). Díky této specifické velikosti pórů je umožněna difúze volných a ve vodě rozpustných látek (Koenig et al., 2018).

Difúze je samovolný pohyb molekul, který díky tepelnému pohybu směřuje k rovnoměrnému rozptýlení v prostoru. Podle koncentračního spádu gradientu je umožňován pohyb látky z jednoho místa na druhé, to znamená z místa vyšší koncentrace do místa s nižší koncentrací. Tento proces je nevratný. Rychlost difúze se řídí Fickovými zákony kdy u plynů a kapalin je rychlost relativně vysoká (Vokurka a Hugo, 2015). Tímto

umožněným sběrem dat metabolitů je zobrazen stav metabolismu pouze v blízkosti zavedeného katétru (Suková a Knechtová, 2022).

Sonda se umísťuje přímo do mozkového parenchymu nejčastěji do frontálního laloku na stejné straně jako je například prasklé aneurysma nebo k maximálnímu zatížení mozkové tkáně krevní sraženinou (Winberg et al, 2022).

U pacientů, u kterých došlo k sekundárnímu zhoršení se k lokalizaci místa zavedení a identifikaci rizikové a ohrožené tkáně využívá perfuzní CT a transkraniální ultrazvuk (Helbok et al., 2017; Winberg et al., 2022). Tento katétr se zavádí přes šroub z trepanačního návrtní lebky, kdy ho zavedeme ještě před zavedením ostatních katétru například ICP čidla. Druhou možností je zavedení katétru po předchozí tunelizaci přes návrtní bez použití fixačního šroubu. Při využití tohoto postupu se katétr fixuje stehem ke kůži za fixační manžetu. Třetí možností je zavedení v průběhu operace. Poté proběhne napojení na stříkačku s následným propláchnutím celého systému a odstraněním všech vzduchových bublin. Každé takovéto propláchnutí systému je potřeba pečlivě zaznamenat, protože následkem je naředění vzorku a možné zkreslení získaných dat (Tyll et al., 2020). Dialyzát z prvních hodin by měl být zlikvidován kvůli možnosti zkreslení výsledků z důvodu traumatu ze zavedení katétru a efektu ředění proplachování sekvence, která plní systém (Suková a Knechtová, 2022; Hutchinson et al., 2015). Takto zavedený katétr může zůstat až 3 týdny, avšak po 7 dnech dochází ke glióze s následnou adsorpcí makromolekul intersticia s možností následného zkreslení výsledků (Tyll et al., 2020).

Perfúzní roztok je tekutina na bázi Ringerova roztoku (Hejčl a Sameš, 2009). Složením a osmolaritou, včetně sodíku, draslíku, hořčíku a chloridů je podobná intersticiální tekutině (Koenig et al., 2018). Roztok je do katétru vháněn standardní rychlostí 0,3 $\mu\text{l}/\text{min}$ pomocí perfuzní pumpy. Při této rychlosti je získáváno 70% reálných koncentrací měřitelných metabolitů z extracelulárního prostředí centrálního nervového systému. Pokud by byla rychlost nižší či delší katétr, byl by zajištěn vyšší zlomek reálných hodnot, ale bylo by to na úkor praktického využití. V případech, kdy chceme pozorovat rychlejší změny, například během neurochirurgické operace se využívá vyšší rychlosti podávání roztoku (Hejčl a Sameš, 2009).

K dialýze dochází, když perfuzát proudí podél semipermeabilní vnější membrány sondy, která je v kontaktu s cílovou oblastí mozku (Pierce et al., 2021). Jakmile projde membránou, dialyzovaná tekutina se shromáždí ve vnějším katétu a proudí do výstupu. Poté se tento takzvaný dialyzát odčerpá a shromáždí do mikrozkrumavek (Koenig et al., 2018).

Odebraný dialyzát lze rozdělit na poměrné části a uložit pro pozdější analýzu nebo pro studium v reálném čase za podmínky dispozice analyzátoru u lůžka pacienta (Pierce et al., 2021).

Anylantem je označována sledovaná molekula shromážděná mikrodialýzou pro analýzu. Analytické přístroje používané k charakterizaci dialyzátu se liší podle cílového anylantu, mohou zahrnovat např. hmotnostní spektrometrii a fluorescenční detekci (Pierce et al., 2021).

Kalibrace přístroje je nezbytná pro přesnost měření. Díky kalibraci jsou zohledněny změny ve zotavení, které mohou být ovlivněny faktory, jako je rychlost průtoku a narušení tkáně (Kho et al., 2017). Jsou využívány tři klíčové kalibrační metody, mezi které řadíme metodu nízkého průtoku, metodu bez čistého toku a metodu reverzní dialýzy (Pierce et al., 2021).

Efektivitou sondy neboli recovery látky je označován procentuální poměr mezi koncentrací v intersticiální tekutině a dialyzátu. Její hodnotu můžeme určit za předpokladu, že známe koncentraci látky v tkáni nebo ji změříme přímou metodou a je nepřímo úměrná k rychlosti pohybu perfuzátu sondou. Při rychlosti perfuzátu $< 0,1$ $\mu\text{l}/\text{min}$ je dosahováno téměř 100% recovery, kdy koncentrace dialyzátu odpovídá koncentraci v extracelulárním prostoru, ale tato rychlost se v praxi nevyužívá, protože díky ní není získaný vzorek dialyzátu pro analýzu dostatečně velký (Tyll et al., 2020). Při standardní rychlosti perfuzátu $0,3$ $\mu\text{l}/\text{min}$ je recovery přibližně 70 % (Hejčl et al., 2013). Recovery je dále ovlivňováno plochou membrány a jejím materiálem. Pokud se při rychlosti $0,3$ $\mu\text{l}/\text{min}$ nevyužije sonda s délkou membrány 10 mm, ale 30 mm zvýší se recovery z již zmíněných 70 % na téměř 100 % (Tyll et al., 2020).

6.3 Interpretace

V klinické praxi by měly být mikrodialyzační biomarkery odebírány každou hodinu a měly by být okamžitě analyzovány u lůžka (Carteron et al., 2017). Hutchinson et al. (2015) uvádí, že i když je možný časnější odběr vzorků, tak hodinový se zdá být dostatečným k detekci metabolických změn, které mohou předcházet epizodám intrakraniální hypertenze.

Interpretace výsledků by měla probíhat vždy v kontextu místa sledování, typu poranění, klinického stavu pacienta a ve spojení s dalšími sledovanými parametry, mezi které se řadí ICP, CPP, PbtO₂ a systémová vyšetření (Carteron et al., 2017; Hutchinson et al., 2015)

Pro správnou interpretaci dat je důležité vědět přesné umístění sondy, které se provádí za pomoci CT vyšetření, kdy hrot sondy je na tomto vyšetření vidět. Díky lokaci sondy lze výsledky klasifikovat ve vztahu k monitorované tkáni a ohnisku patologie (Helbok et al., 2017). Dále je také podstatné vědět typ sondy, rychlost a složení perfuzní tekutiny, délku membrány a velikost jejích pórů (Hutchinson et al., 2015).

Standardními markery ischemie jsou laktát, pyruvát a jejich poměr. Dále se v rámci klinické praxe hodnotí hladina glycerolu, glutamátu a glukózy. Pro experimentální práce se navíc analyzují hodnoty acetylcholinu, cholinu, cytosiny, antibiotika, monoaminy, neurotransmitery, antikonvulziva a cytostatika (Tyll et al., 2020).

Pyruvát vzniká v buňce zejména při metabolismu glukózy za přítomnosti dostatku kyslíku. Díky tomu se může dále metabolizovat na acetyl-CoA, a tak vstoupit do Krebsova cyklu s možností maximálního zisku energie (Vokurka a Hugo, 2015). Při nedostatku kyslíku, takzvaném anaerobním metabolismu, nevstupuje pyruvát do mitochondrií, ale je v cytoplazmě měněn na laktát-dehydrogenázu a laktát. Jeho tvorba ve velkém rozsahu způsobuje okyselení vnitřního prostředí a následnou metabolickou acidózu (Galková, 2015).

Základními markery pro hodnocení ischemie a buněčné poškození je laktát, pyruvát a jejich poměr. Fyziologická hodnota laktátu v dialyzátu u sedovaného pacienta je 2 mmol/l, u pyruvátu je to 0,12 mmol/l. Normální hodnota poměru laktát pyruvát je okolo

20 a je pro všechny tkáně stejný. Časným varovným příznakem pro počínající ischemii je hodnota poměru > 25 (Tyll et al., 2020). Poměr laktát pyruvát se používá jako ukazatel aerobního nebo anaerobního metabolismu (Tsidall a Smith, 2006). Pro metabolickou krizi je již znepokojující hodnota > 40 . Možnou příčinou je nedostatečný průtok krve mozkem a jeho následná ischemie, anebo snížená dodávka kyslíku (Jones et al., 2017). V souvislosti s dramatickým zvýšením těchto hodnot může být současně pozorován pokles pyruvátu a glukózy (Carteron et al., 2017). Pokud je poměr hodnot laktát pyruvát zvýšen, měly by být zváženy intervence, jejichž cílem je zlepšení dodávky kyslíku. Mezi tyto intervence patří zvýšení mozkového perfuzního tlaku, zvýšení paCO_2 , zvýšení vdechované koncentrace kyslíku a úprava anémie. Před využitím těchto intervencí je důležité zvážit jejich potenciální vedlejší účinky, aby nedošlo k ohrožení a zhoršení stavu pacienta (Hutchinson et al., 2015).

Dalším sledovaným parametrem je hladina glukózy, která je důležitým zdrojem energie pro nervovou tkáň (Helbok et al., 2017). Fyziologická hodnota u pacienta činí 1–4 mmol/l (Tyll et al., 2020). Nízká hladina glukózy může přímo souviset s mozkovou energetickou dysfunkcí a následným nepříznivým výsledkem. S ním je spojena naopak i vysoká hladina glukózy (Patet et al., 2015; Hutchinson et al., 2015). Na druhou stranu, kromě mozkových příčin, může snížené hodnoty způsobit neadekvátní hladina systémové glukózy v důsledku intenzivní inzulínové terapie (Carteron et al., 2017). Tyll et al. (2020) dodává, že hodnota glukózy v mozku může být ovlivněna hodnotou průtoku krve mozkem, systémovými hodnotami glukózy, podáváním inzulínu, buněčným metabolismem, perfuzí a vychytáváním glukózy buňkou. Je důležité hodnoty glukózy porovnat s hodnotami plazmatickými, neboť jak Rostami a Bellander (2011) prokázali, tak hladiny glukózy v krvi a v mozku mohou korelovat v neporaněném mozku, ale ne v mozku poškozeném. Pokud je hladina glukózy v mozku nízká, tj. $< 0,2$ mmol/l, je potřeba zvážit intervenci, která by zvedla hladinu glukózy v séru nejčastěji nitrožilním podáním.

Při rozhodování je potřeba vzít v úvahu výchozí koncentrace glukózy v séru a zda se projevují další parametry prokazující mozkovou ischemii, protože pokud je výchozí koncentrace glukózy v séru vysoká, její další zvyšování by vedlo ke zvýšení rizika neurologických a systémových komplikací z důvodu hyperglykémie. Takže pokud poměr

laktát pyruvát a PbtO₂ ukazují na ischemii, měly by být prvotní intervence zaměřené na zlepšení mozkové perfuze (Hutchinson et al., 2015).

Glutamát je excitační aminokyselina a neurotransmitter, který může zvýšit mozkovou aktivitu a metabolické požadavky (Tseng et al., 2010). Fyziologická koncentrace u sedovaného pacienta je 0,01–0,016 mmol/l. Zvýšené hladiny se vyskytují při poklesu vychytávání glutamátu, astrocyty při nedostatku energie. Na glutamát se napohlíží jako na časný, nepřímý marker buněčného poškození, avšak jeho hodnocení je obtížné, protože není možnost odlišit glutamát uvolněný z poškozených neuronů od jeho fyziologické zásoby v nervové tkáni (Tyll et al., 2020). Ve výzkumné studii od Timofeev et al. (2011) bylo prokázáno, že zvýšené hladiny glutamátu > 10 μmol/l a vysoký poměr laktátu k pyruvát > 25 jsou spojeny s vyšší mortalitou.

Posledním hodnoceným parametrem je glycerol. U sedovaného pacienta je normální hladina 0,05-0,1 mmol/l. Během ischemie dochází ke vstupu kalcia do buňky, následované aktivitou fosfolipázy a dekompozici, rozpadu buněčné membrány. Toto má za následek intersticiální uvolnění glycerolu (Tyll et al., 2020).

Pro interpretaci hodnot je podstatné si uvědomit, že se liší dle stavu pacienta a je mezi nimi podstatné rozlišovat normální hodnoty, které jsou hlášené u pacienta bdělého a anestezovaného při operaci mozku a hodnotami, které charakterizují patofyziologické poruchy metabolismu mozku. Zároveň se doporučuje při hodnocení postupovat hierarchicky od nejužitečnější hodnoty pro klinické využití. Na první úrovni by se měla hodnotit glukóza a poměr laktát pyruvát, poté glutamát a na závěr glycerol (Hutchinson et al., 2015).

Dle výsledků mikrodialýzy a vztahů mezi jednotlivými hodnotami lze predikovat prognózu pacienta. Například, pokud dochází ke zvýšeným hodnotám excitačních aminokyselin a zároveň dochází k poklesu metabolitů nitrátu a nitratinu, je vyšší předpoklad špatného klinického výsledku. Naopak nízké hladiny kalia a glutamátu bývají spojovány s funkčním a neurologicky dobrým výsledkem (Tyll et al., 2020).

Za zmínku stojí uvést skutečnost, že hypoventilace je propojena s vyšší hladinou laktátu a glutamátu a tím celkově špatným klinickým výsledkem, s nímž je spojena i významná hypoglykemie (Tyll et al., 2020).

6.4 Indikace / využití MCD v klinické praxi

Mikrodialýza se postupně vyvíjela z nástroje pro klinický výzkum v další možný způsob monitorování mozku pro vedení neurointenzivní péče (Carpenter et al., 2017).

Spolu s monitorací intrakraniálního tlaku a mozkové oxygenace může pomoci mikrodialýza vést individualizovanou neurointenzivní péči u pacientů s poraněním mozku v kómatu, zejména po traumatickém poranění mozku a aneuryzmatickém subarachnoideálním krvácení (Carteron et al., 2017).

Hlavním využitím mikrodialýzy v neurointenzivní péči je v hodnocení regionální perfuze mozku, stanovení biochemických markerů ischemie a buněčného poškození (Tyll et al., 2020), čímž slouží k detekci ischemických a metabolických změn ještě před rozvojem klinických příznaků (Ševčík et al., 2014). Zároveň se získaná data ukázala jako užitečná při predikci neurologické prognózy (Jones et al., 2017).

Využití mikrodialýzy přispívá k lepší definici terapeutických prahů pro několik rutinních intervencí, jako je například optimalizace mozkového perfuzního tlaku, kyslíkové terapie, transfuzi červených krvinek a metabolické kontrole, zejména glykemie a výživy. Zároveň také mikrodialýza přispěla k lepšímu pochopení důležitých poúrazových mechanismů v mozku. Je jimi například energetická dysfunkce, hyperglykolýza, kortikální šířící se deprese nebo edém mozku (Carptner et al., 2017).

Mozková mikrodialýza zlepšila chápání patofyziologických mechanismů u pacientů se subarachnoideálním krvácením, protože změny v metabolismu mozku jsou spojeny s již známými komplikacemi a může také pomoci včasné rozpoznat sekundární poškození mozku ischemií dříve, než budou tyto změny ireverzibilní (Helbok et al., 2017).

Nabízí se uvést, že mikrodialýza má potenciál nástroje včasného varování před ischemií mozkové tkáně již hodiny před inzultem, i když je ještě klinicky nemá (Sarrafzadeh, 2002). Dle Torné et al. (2020) je až 30 % pacientů se subarachnoideálním krvácením ohroženo sekundární mozkovou ischemií, která se vyskytuje mezi čtvrtým a desátým dnem po krvácení. Tato ischemie vzniká na podkladě mozkového vazospasmu (Winberg et al., 2022).

Konsenzuálně bývá monitorovací sonda umísťována na stranu postižení, kde se nachází aneurysma nebo většina krve. Nicméně díky tomuto přístupu jsou ischemické příhody v nemonitorovaných oblastech ignorovány i když ischemie v těchto oblastech nejsou vzácné a představují až jednu třetinu sekundárních ischemií (Schmidt et al., 2011).

Ve studii Torné et al. (2020) se u pacientů využívaly bilaterální mikrodialyzační sondy, které monitorovaly obě hemisféry pacienta. Díky tomuto přístupu došlo k vyšší predikci nastávající ischemie, které by při jednostranné monitoraci zůstaly nediodagnostikovány, protože pouze 1 % ischemických příhod se vyskytovalo současně v obou hemisférách.

Mikrodialýza se využívá u pacientů s kraniocerebrálním poraněním, která mohou být jak difuzní, tak fokální poranění lokalizované v určitém ložisku (Hutchinson et al., 2015). Patologickým determinantem těchto poranění je metabolická dysfunkce charakterizovaná hypometabolismem glukózy.

Mikrodialýza se využívá u pacientů v akutní fázi kraniocerebrálního poranění (Eiden et al., 2019). U difuzního poranění se doporučuje umístit sondu do pravého frontálního laloku. U fokálních poranění existují různé varianty umístění a vždy záleží, jakou tkáň chceme monitorovat, zda poraněnou nebo zdravou (Hutchinson et al., 2015). V případě kontuze se zavádí dva katétry. První se zavádí 1 cm od postiženého ložiska a druhý do zdravé tkáně, nikdy se však katétr nezavádí do kontuzního ložiska.

Hlavními sledovanými parametry jsou laktát pyruvát a jejich poměr a dále pro detekci ischemie glukóza, glycerol a glutamát (Tyll et al., 2020).

Již několik studií zkoumalo využití mikrodialýzy jako kontroly vlivu farmakologických a nefarmakologických intervencí na mozkový metabolismus. Tyto intervence nejčastěji zahrnovaly léčbu intrakraniální hypertenze, buď osmoterapií, komorovou drenáží nebo dekompresní kraniektomií (Helbok et al., 2017).

Mikrodialýza také přispěla k lepší definici terapeutických prahů u intervencí, mezi které je zahrnována optimalizace centrálního perfuzního tlaku, oxygenoterapie, transfuze červených krvinek a kontrola metabolismu glukózy a výživy (Winberg et al., 2022).

V neposlední řadě lze mikrodialýzu využít k monitoraci koncentrace léků v mozkové extracelulární tekutině a současně může poskytnout cenné informace

o farmakokinetických změnách v čase v mozkové tkáni oproti plazmě a tím může pomoci při navrhování budoucí terapie (Thelin et al., 2017).

Vzhledem k nedostatku randomizovaných studií je stále diskutována prahová hodnota hemoglobinu a podání krevní transfuze u pacientů se závažným kraniocerebrálním poraněním (Badenes et al., 2017). Ale je prokázáno, že nízká hladina hemoglobinu, < 9 g/dl, je spojena se zvýšenými markery prokazujícími mozkovou ischemii (Kurtz et al., 2010). Nadále však otázkou zůstává, zda zvýšení transportu kyslíku do mozku za pomoci podání krevní transfuze může snížit poškození mozku a zlepšit neurologický deficit (Carteron et al., 2017).

Tuto vyšetřovací metodu lze využít i perioperačně k detekci ischemie nejčastěji při dočasném klipování (Tyll et al., 2020). Ale při operacích aneurysmatu nemusí být změny v metabolismu mozku detekovány pouze při hodinovém měření. V tomto případě existuje prostor pro zlepšení technologie s častějšími odečty mikrodialýzy v budoucnu, které mohou vést k lepšímu varování před nežádoucími událostmi v podobě ischemie mozku (Hutchinson et al., 2015).

Mikrodialýza je také využívána u dalších neurologických stavů jako je cévní mozková příhoda, nádory mozku, hydrocefalus, jaterní encefalopatie a epilepsie (Hejčl a Sameš 2009; Hutchinson et al., 2015; Young et al., 2016).

6.5 Nevýhody/slabiny/komplikace/rizika mikrodialýzy

Překážky pro rozsáhlé využití mikrodialýzy v neurointenzivní péči jsou četné. Patří mezi ně vysoká cena pořizovacích nákladů, lidských zdrojů a samotná složitost techniky. Tyto překážky mohou vysvětlovat důvody, proč se monitorování ve většině center stále nevyužívá (Carteron et al., 2017).

Technika mikrodialýzy je poměrně bezpečná (Hutchinson et al., 2015). Avšak invazivní povaha této metody přináší s sebou i některá rizika pro pacienty.

Komplikace spojené s touto metodou jsou shodné s komplikacemi při zavedení ICP čidla (Tyll et al. 2020). Nejčastější komplikace jsou krvácení, infekce a s ní spojená meningitida a selhání techniky (Jones et al., 2017). Ale jak uvádí Winber et al. (2022), tyto nežádoucí komplikace jsou vzácné. Například ve srovnání s ICP čidlem je čidlo

potřebné pro mikrodialýzu dáno vyšší relativní flexibilitou a menším průměrem mikrodialyzačního katétru (Young et al., 2016).

6.6 Úloha sestry

Ošetrovatelství hraje nedílnou roli v úspěšné implementaci mikrodialýzy do komplexní péče o pacienta. Sestra je zodpovědná za asistenci poskytovateli při zavádění katétru, obsluhu analyzátoru, dokumentaci laboratorních výsledků, sdělování výsledků příslušnému lékaři a je zodpovědná za funkčnost a údržbu samotného katétru a pumpy (Young et al., 2016).

Sestra je také zodpovědná za pravidelný odběr dialyzátu, který je prováděn a analyzován nejčastěji každou hodinu, v případě potřeby i častěji (Jones et al., 2017). Po celou dobu monitorování sestra kontroluje jakýkoli únik tekutiny nebo známky infekce v místě zavedení katétru a hlídá životnost baterie u pumpy (Young et al., 2016).

Vzhledem k náročnosti této vyšetřovací metody a obtížnosti intenzivní ošetrovatelské péče je vhodné, aby jedna sestra pro intenzivní péči pečovala pouze o jednoho pacienta s mikrodialyzačním katétrem (Jones et al., 2017).

Dokumentace výsledků mikrodialýzy je rozhodující pro úspěšnou implementaci do praxe. Hodinové výsledky analýzy lze vytisknout přímo z analyzátoru. Současná praxe ukazuje, že nejčastěji sestry tyto výsledky ručně přepisují do papírového schématu dokumentace (Příloha č. 8). Je vhodné, aby grafické rozložení dokumentace výsledků mikrodialýzy umožňovalo snadné porovnání trendů mikrodialýzy s jinými parametry neuromonitorace. Veškeré ošetrovatelské a lékařské intervence u pacienta by měly být zaznamenávány ve stejném dokumentu. Díky tomuto je umožněno pozorování vztahu mezi intervencemi a hodnotami mikrodialýzy (Young et al., 2016).

7 Úloha sestry v neurointenzivní péči

Vzhledem k citlivosti buněk mozkové tkáně vůči hypoxii a jiným nepříznivým vlivům, současně s jejich neschopností efektivní regenerace, je hlavní zásadou neurointenzivní péče co nejrychlejší řešení primárního a zabránění sekundárního poškození. Toto poškození se dá rozdělit na nitrolební a systémové. Mezi první zmíněné patří například edém mozku, hematoma či ischemie. Mezi systémové příčiny sekundárního poškození se řadí například hypotenze, hypertenze, hypoxemie či výchyly v obou směrech v oblasti minerálových hodnot. Tyto sekundární příčiny ohrožují mozkovou tkáň na základě různých patofyziologických podnětů (Pražský, 2012).

Důležitým faktorem, který má zásadní význam u poranění tkáně mozku a jeho přilehlých struktur je skutečnost, že dutina pro mozek je pevně ohraničena kostmi lebky a v případě patologie způsobující zvětšení jeho objemu je jedinou cestou pro tuto tkáň foramen magnum, kde následně dochází k útlaku medully oblongata. Tato limitace prostorem je jedním z faktorů působících při vzniku hematoma. Ischemie působí na mozkovou tkáň stejně jako na každou jinou a sice hypoxií a hypoperfuzí (Pražský, 2012; Tomek, 2018).

Hypotenze představuje ohrožení pro mozek z důvodu nízké perfuze jeho tkáně, hypertenze naopak zvyšuje z dlouhodobého hlediska například vznik neurodegenerativních onemocnění a z hlediska krátkodobého představuje riziko ve smyslu poškození celistvosti cévní stěny. Hyperglykémie je rizikem z důvodu změny osmolality a následných změn na úrovni hematoencefalické bariéry (Gąsecki, 2013; Tomek, 2018).

Úloha sestry v záchraně neurologického a neurochirurgického pacienta začíná již v podmínkách přednemocniční neodkladné péče, kdy jsou hlavními cíli v této oblasti zajistit transport bez fyzického poškození míchy, vyhnout se hypoxii a hypotenzii z důvodů uvedených výše v textu (Mixa et al., 2021).

Vedle aktivit, vedoucích k normalizaci krevního tlaku a okysličování, je úlohou nelékařského zdravotnického personálu i monitorování vědomí a sledování mj. například zornic pacienta (Vargese et al., 2017). Juráň a Smrčka (2013) zastávají onen názor, že základní posouzení neurologického stavu u pacienta s poraněním hlavy je nutné zahájit

již v podmínkách PNP, kdy pacient ještě není pod vlivy sedace a relaxace, a tudíž výsledný outcome odpovídá jeho skutečnému stavu.

Prvotní zhodnocení vědomí pacienta spočívá ve vyvolání reakce určitým podnětem. I u pacientů bez zjevných kraniocerebrálních obtíží dochází v podmínkách PNP k zhodnocení stavu vědomí a sice systémem interakce se zvyšující se intenzitou, pokud předchozí úroveň nevyvolala adekvátní či dostatečnou odpověď. Začíná se obyčejným oslovením o běžné intenzitě hlasu, kdy na základě několika otázek mířených k orientovanosti osobou, místem a časem je hodnocena přiléhavost odpovědí. Mezi tyto otázky patří například: „Jak se jmenujete?“, „Víte, kde jste?“, či „Kolikátého dnes je?“. Z přiléhavosti pacientových odpovědí může sestra či zdravotnický záchranář již při představení a před zahájením jiných vyšetření odhalit, či pomyslet na určité alterace vědomí v podobě kvalitativních či kvantitativních poruch. Pokud však k vyvolání odpovědi verbální oslovení není dostačující, je možné zvýšit intenzitu hlasu. Je tak důležité pomýšlet i na skutečnost, že pacient nemusí trpět alterací vědomí, ale může se jednat o pacienta nedoslýchavého. Pokud ani zvýšená intenzita verbální komunikace nevyvolá žádnou odpověď, dalším krokem je podnět taktilní, tj. dotykem, který, pokud je bez reakce, bývá nahrazen například zatřesením ramen. Posledním krokem je poté podnět bolestivý, tzv. algický, kdy dochází například k zatlačení špachtlí do nehtového lůžka, tlaku na sternum, stisknutím m. trapezius, či štípnutím do ušního lalůčku (Nejedlá, 2015; Šeblová et al., 2018).

Šeblová et al. (2018) řadí ke sledování stavu zornic jako jedno ze základních neurologických vyšetření v přednemocničním vyšetření i postavení bulbů a vyšetření motorické funkce. U motorických funkcí je sledován tonus, symetrie apod. U vyšetření očí je potřeba zaměřit se na velikost zornic, fotoreakci, symetrii zornic a postavení bulbů. Stejně jako Juráň a Smrčka (2013), tak i další autoři jako například Vargese et al. (2017), se shodují na důležitosti objektivního popsání výchozího zdravotního stavu u pacienta a potenciálních změn u něho. Pokud tento stav nebyl zachycen sestrou, lze jej získat od pacienta samotného, jeho příbuzných či náhodných svědků, kteří byli s pacientem v dané chvíli. Je zapotřebí zjistit všechny dostupné informace, které souvisí s neurologickou podstatou problému, jako je seznam již zjištěných onemocnění, užití omamných látek, předcházejícímu stavu u pacienta, průběhu jeho zhoršení, či alespoň okolnosti jeho

nálezu, pokud byl takový pacient nalezen již v bezvědomí či s alterací vědomí. Tyto informace, na základě komplexních a pracovních znalostí, dokáže zdravotnický personál v podobě sestry či zdravotnického záchranáře získat a následně lékaři předat mnohem lépe než laická část veřejnosti.

Na základě závažnosti stavu pacienta a dynamice jeho stavu, je zapotřebí případně zvýšit počet opakování takovýchto kontrol. Za minimální četnost Šeblová et al. (2018) považuje kontrolu pacienta na začátku vyšetření, v průběhu ošetřování a následně při předávání pacienta do zdravotnického zařízení.

Potřeby pacienta jsou ovlivňovány jeho diagnózou či diagnózami a v souvislosti s jejich vývojem se v průběhu hospitalizace mění. S těmito změnami je zapotřebí být obeznámen a také s nimi pracovat. Již z povahy samotných zdravotnických pozic a náplně jejich práce je zpravidla s těmito změnami jako první obeznámena sestra, která s pacientem tráví více času než lékař (Kapounová, 2020).

I Pražský (2012) je zastáncem názoru, že úloha sestry je v oblasti monitoringu nezastupitelná. Tuto skutečnost zdůrazňuje o to víc, jak je mozková tkáň náchylná k poškození z jak primárního postižení, tak i sekundárního, kterému se dá vyvarovat, či jeho dopady alespoň minimalizovat, právě včasným zaregistrováním problému.

V intenzivní péči se využívají mnohé skórovací systémy, z nichž některé se zaměřují na závažnost poranění (APACHE II a III), jiné se zaměřují na pravděpodobnost mortality u daného pacienta (MPM) a jiné slouží k určení stavu určité systémové funkce (GCS). Tyto škály se využívají jednak jako prostředek, který umožňuje objektivní a standardizované zhodnocení pacientova stavu a jednak jako prostředek sloužící k následnému porovnání léčebných postupů, například pro výzkumné účely. Mezi celosvětově používané skórovací systémy patří již zmiňované Glasgow Coma Scale (dále GCS), které se užívá pro posouzení stavu vědomí. S touto škálou pracuje v České republice zdravotnický personál napříč všemi spektry péče, od přednemocniční neodkladné péče v podání zdravotnických záchranářů, přes všeobecné sestry se specializací v rámci pooperační péče, až k všeobecným sestřím na standardních odděleních či lékařům kontrolujících stav a vývoj stavu pacienta (Kapounová, 2020). K historii a významu GCS ATLS (2018) zmiňují, že ačkoli byla tato škála vyvinuta již před šestačtyřiceti lety, ke sledování

neurologického stavu u pacientů s kraniocerebrálním poraněním, brzy se začala díky své jednoduchosti, přehlednosti a jednoznačnosti používat i k posouzení neurologického stavu u pacientů s jakoukoli etiologií poruchy vědomí. Ve Spojených státech amerických je aktuálně tato stupnice využívána jako součást třídění všech pacientů s akutním traumatickým poraněním.

Nicméně i přes svou jednoduchost a objektivnost má GCS jisté nedostatky, které se mohou projevit právě v případě neurointenzivní péče. Například pacient s tracheostomií či expanzí v levé hemisféře nezíská kvůli afázii více než 11 bodů, ačkoli bude plně při vědomí a orientovaný. Je proto úkolem zdravotnického personálu, aby uvažoval i při objektivních hodnoticích systémech racionálně a tyto skutečnosti, které mohou zfalšovat správnost výsledků, odfiltroval. A zároveň pro snazší kontinuitu a správnost měření je důležité tyto skutečnosti zaznamenat do ošetrovatelské dokumentace (Tyll et al., 2014).

Jak bylo zmíněno výše, hodnoticích škál existuje velké množství, kdy se každá zaměřuje na specifickou oblast problému či pacientova stavu. A právě za cílem lokalizace lézí a klinického zhodnocení stavu pacienta s poruchou vědomí byla vyvinuta hodnoticí škála Full Outline of Unresponsiveness (tzv. FOUR), kdy je oproti GCS upuštěno od míry a adekvátnosti slovních odpovědí, a místo ní je zahrnuta složka reflexů mozkového kmene a respiračního vzoru. První dvě oblasti, tedy motorická odpověď a reakce oka, zůstaly stejné jako u GCS. Každá z těchto čtyř oblastí má pětibodovou stupnici od nuly do čtyř, kdy například Jamal et al. (2017) prokázali, že tato stupnice je stejně účinná a spolehlivá jako GCS (Braksick et al., 2018),

Čím závažnější stav pacienta, tím agresivnější a mnohdy i invazivnější bývá terapie, aby měl pacient co nejpříznivější prognózu. V návaznosti na toto plyne skutečnost, že po agresivním zásahu do organismu je zapotřebí kontrola jeho stavu v adekvátní míře k tomuto zásahu. Sestra, obecně vzato celý tým nelékařských zdravotnických pracovníků, bývá zpravidla díky své přítomnosti mezi pacienty prvním, kdo pozoruje změny pacientova stavu. V návaznosti na tuto skutečnost se od sester očekává, že budou schopny umět rozpoznat náhlé změny stavu a adekvátně na ně reagovat. Nejedná se však pouze o monitoraci nervové soustavy, byť ta v tomto kontextu hraje hlavní roli, ale i o monitoraci systémových parametrů, které mohou také ovlivnit vývoj neurologického stavu u pacienta (Peloquin et al., 2016; Tomek, 2018).

Kromě kontroly osobní na místě pacientova uložení, ať již na samostatném boxu, či v pokoji s ostatními pacienty, mají tito zdravotničtí pracovníci k dispozici různé způsoby monitoringu pacienta. Právě díky tomu, že včasným rozpoznáním změny stavu lze korigovat terapii správným směrem, se jedná o nedílnou část intenzivní medicíny. Monitoraci lze rozdělit na kontinuální či opakovanou. A právě tato potřeba kontinuální kontroly je jedním z nejčastějších důvodů umístění pacienta na JIP, kde je personální a technické vybavení dostatečné k trvalé monitoraci vitálních funkcí pacienta a přístrojů s možností včasného zachycení abnormalit v jejich fungování. Nicméně všechny tyto možnosti monitorace pacienta a jeho vitálních funkcí s sebou přináší fenomén známý jako data overloading, kdy je na místě přítomnost velkého množství údajů, ve kterém se může pracovník ztratit. Je proto na sestřích, aby vyhodnotily relevantní údaje, včas u nich rozpoznaly změny a následně tyto informace interpretovaly lékařům (Černý, 2000; Kapounová, 2020).

Pojmy monitoring, monitorace vycházejí z latinského monere, které znamená varovat, připomínat. Samotné monitorování pacienta není léčbou ani terapeutickým úkonem. Stává se však nedílnou součástí léčby, neboť správně nastaveným monitorováním a jeho vyhodnocováním, lze léčbu směřovat tím směrem, ze kterého bude pacient nejvíce benefitovat. A právě toto monitorování a prvotní vyhodnocování jeho výsledků leží na bedrech sestry, která má několik způsobů monitorace pacienta. Tři základní způsoby monitorování jsou tzv. bedside monitoring, jenž je uložen u lůžka nemocného tak, aby jej měla sestra na dohled. Tento způsob je využíván na menších jednotkách, kde je možnost stále vizuální kontroly pacienta s jeho okolím. Dalším způsobem je takzvaný centrální monitoring, kdy se monitory se zobrazovanými a kontrolovanými hodnotami nenachází u pacienta, nýbrž na centrálním monitoru, jež bývá umístěn na velíně, kde je k dispozici zdravotnickému personálu. Třetím způsobem, který je zároveň v klinické praxi i nejvyužívanějším, je tzv. kombinovaný monitoring, kdy je monitor, zobrazující snímané hodnoty, přítomný jednak u lůžka pacienta, tak i propojen na monitor centrální. Tyto monitorace bývají na základě agresivity lékařských intervencí a pacientova stavu buďto neinvazivní či invazivní. Jako invazivní technika je brána taková, u které dojde buďto k porušení celistvosti kožního krytu anebo při měření dochází ke kontaktu s tělními tekutinami či vydechovanými plyny (Ševčík et al., 2014; Kapounová, 2020).

V oblasti neurointenzivní péče je největší pozornost věnována monitoraci centrálního nervového systému a vědomí, současně i parametrům, které je ovlivňují. Podle Juráně a Smrčka (2014) se jedná o hypoxii a hypotenzi. Z toho plyne skutečnost, že právě tyto faktory musí být sledovány obzvláště pečlivě a jsou monitorovány více než na jiných oddělení u pacientů, kde tyto proměnné nehrají takovou roli. Nicméně stejně tak je důležité monitorování i ostatních systémových parametrů, jako je srdeční činnost pomocí elektrokardiografie (EKG), centrální žilní tlak (CVP), krevní arteriální tlak, tělesná teplota a také v neposlední řadě i elektrolytů v krevním séru (Tomek, 2018).

Pacient, který je přijat pro těžké kraniocerebrální poranění, vyžaduje okamžité neurologické a neurochirurgické vyšetření a intervence, na což je intervenováno již v podmínkách přednemocniční neodkladné péče, kdy je na členech posádky zdravotnické záchranné služby rozhodnout o co nejadekvátnějším transportu pacienta tak, aby mu tato péče mohla být poskytnuta. Během tzv. zlaté hodinky by měla být zajištěna maximálně kontinuální péče, ze které bude pacient profitovat. Tato kontinualita s sebou přináší úskalí v tom, že během této tzv. zlaté hodinky, což je čas od úrazu po definitivní ošetření, prochází pacient několikerými úrovněmi zdravotnické péče, kdy v každé z těchto úrovní jsou jiné personální, technické i znalostní možnosti. I přes tyto obtíže je důležité poskytovat péči se vzestupnou tendencí, co se týče kvality, intervencí a odbornosti. (Haddad a Arabi, 2012; Šeblová et al., 2018).

Na urgentním příjmu, tzv. emery, se spektrum použitých přístrojů zpočátku neliší od prostředků dostupných v podmínkách přednemocniční neodkladné péče, ale konkrétní typy přístrojů se mohou svou komplexností a přesností blížit těm, jež jsou užívány v intenzivní péči, udává Šeblová et al. (2018). Varghese et al. (2017) v návaznosti na vybavení a úkony v prostorách emery poukazuje na fakt, že největší úlohou sestry/zdravotnického záchranáře jsou i nadále aktivity, díky kterým má pacient zajištěn normalizaci oxygenace a udržování tlaku v hodnotách normotenze či terapeutické úrovně.

Marklund (2017) upozorňuje na skutečnost, že neurologické vyšetření během příjmu, či krátce po něm, bývá často ztížené použitím sedativ, myorelaxancií, či pouhých analgetik v podmínkách PNP kvůli prvotnímu zvládnutí pacienta. Nicméně rychlé neurologické zhodnocení v prostředí urgentního příjmu, kterým se dá zhodnotit hrubá strukturální integrita nervového systému, je zároveň i prognostickým nástrojem. Juráně a Smrčka

(2013) na toto konto kontroly poznamenávají, že u pacientů se při příjmu hodnotí primárně GCS, stav zornic a bulbů. Takovéto vyšetření je vhodné provádět každou hodinu, a to i u pacientů sedovaných. Vedení dokumentace a zaznamenávání těchto opakovaných vyšetření je poté úkolem sestry.

Massaroli et al. (2015) zdůrazňuje, že práce sestry v intenzivní péči je velice komplexní záležitostí, která vyžaduje neustálý rozvoj a vzdělávání se v ošetrovatelských postupech. To je způsobeno dynamikou kritických stavů pacientů, o které se taková sestra stará a také složitostí využívaných technologií, které jsou k dispozici na odděleních. To vše vyžaduje od sestry znalosti různých zdrojů a přístrojů, neustálou ostražitost a připravenost reagovat na akutní změny pacientova stavu a současně musí učinit ve zlomku okamžiku několik rozhodnutí.

Zhodnotit stav vědomí Chan et al. (2013) považuje za důležitou až nezbytnou součást sesterských dovedností. Díky svým znalostem má být sestra schopna rozpoznat neurologické změny u pacienta a následně díky svým schopnostem má provést ty úkony, včetně informování lékaře, které povedou k minimalizaci dlouhodobých následků u pacienta. Autoři jako Slezáková (2014) a Ševčík et al. (2014) se s tímto názorem shodují a vyzdvihují používanou škálu GCS, kdy jsou sestry schopné samostatně zkontrolovat stav vědomí pacienta a následně jej objektivně ohodnotit a zapsat do jimi vedené dokumentace.

Colduvell (2017) poskytuje pro sestry podrobný návod, jak GCS zpracovat, vyhodnotit a interpretovat. Lippertová Grünerová (2009) ještě k tomu upozorňuje na fakt, že ne všechny neurologické změny u pacientů s kraniocerebrálním poraněním mají souvislost právě s tímto poraněním. Může se jednat o příčiny alterace úplně odlišené etiologie, či dokonce iatrogenní. Jako příklad se nabízí uvést hypoxémii, hypoglykémii či ovlivnění vědomí pomocí farmak užívaných v nemocničním prostředí. A právě i na tyto skutečnosti musí brát sestra zřetel a správně je interpretovat, aby nedocházelo k falešnému zkreslení výsledků, které by mohly v konečném důsledku uvést terapii a lékařské intervence jiným směrem.

Jak bylo zmíněno výše, součástí neurologické kontroly je i kontrola zornic. Jedná se o celosvětově rozšířenou a nedílnou součást léčby a vyšetření u pacientů

s kraniocerebrálním poraněním, či neurologickým deficitem. Důležité je dle Dobiáše (2013) všimnout si i tvaru zornic a jakoukoli patologii zaznamenat do dokumentace, neboť například oválná zornička může svědčit o intrakraniální hypertenzi či herniaci. V současné době již existují i přístroje, tzv. pupilometry, které jsou schopny neinvazivně změřit rychlost zorniček na osvit. V případě pacientů neseďovaných a spolupracujících je vhodná adekvátní edukace o správné spolupráci v podobě pohledu dopředu do přístroje (Tomek, 2018).

Přístrojový monitoring a informace z něho plynoucí jsou na jednotkách intenzivní péče rozsáhlé a z léčebného hlediska i významné. Sestry, které s ním přicházejí v rámci svého pracovního zařazení do kontaktu, se musejí nejen vyvarovat data overloadingu, který byl zmíněn výše, ale také musí chápat fungování těchto přístrojů, interpretovat data z nich plynoucí a také rozpoznat, pokud dojde k nějakému výkyvu hodnot, co za tímto jevem stojí. Ne vždy jsou naměřené a alarmující hodnoty odrazem pacientova stavu, a tudíž je důležité tomuto nejen rozumět, ale i v případě potřeby provést recalibraci takového přístroje, který snímá či vykazuje falešné hodnoty (Harris, 2014).

U pacientů se závažným intrakraniálním poraněním je v současné klinické praxi za naprostou standardní považována monitorace nitrolebního tlaku (intracranial pressure – ICP). Indikací k tomuto měření je GCS pod 8 s abnormálním nálezem na CT (computed tomography), nebo stejná hodnota GCS, avšak s přítomností alespoň dvou kritérií, mezi která patří: věk nad 40 let, předchozí hodnota systolického tlaku pod 90 mmHg a/nebo abnormální pohyby či postavení končetin. Čidlo se zavádí do prostoru mozkových komor, tzv. intraventrikulární monitoring, či intraparenchymatálně, kdy neurochirurg za asistence sestry během aseptických podmínek provrtá lebeční kost, punktuje tvrdou plenu mozkovou a zavede čidlo. První zmíněný způsob umožňuje provádět drenáž mozkomíšního moku. Jedinou absolutní kontraindikací tohoto výkonu je koagulopatie. Mezi relativní kontraindikace se pak řadí například terminální stav pacienta či imunosuprese. Úkolem sestry je následná kontrola a případný zápis hodnot, které jsou za fyziologických podmínek do 10 mmHg a mohou být krátkodobě zvýšeny při kašli či Trendelenburgově poloze. Vzestup hodnoty nad 20 mmHg je brán jako nitrolební hypertenze, která má negativní vliv na perfuzní tlak mozku. Jako těžká nitrolební hypertenze je poté brán stav, kdy hodnota ICP vystoupá nad 40 mmHg, kdy dochází

k ještě výraznějšímu poklesu perfuzního tlaku (cerebral perfusion pressure – CPP). (Armstead, 2016; Kapounová, 2020).

Co se ICP týče, je důležité podotknout, že tento tlak může být zvýšen i uměle nedopatřením během manipulace s pacientem. I nesprávná poloha způsobí jeho zvýšení. Sestra si musí být všech těchto skutečností vědoma a je tedy na ní, aby ošetrovatelskou péči rozplánovala a zrealizovala takovým způsobem, který bude pro pacienta co nejšetrnější. I pouhé otáčení pacienta v průběhu hygieny, pokud je provedeno nešetrně a rychle, může vést ke zvýšení ICP. Současně je potřeba mít na paměti, že jsou tito pacienti náchylní ke vzniku dekubitů, tudíž je zapotřebí jednak důsledná prevence jejich vzniku a jednak kontrola predilekčních míst (Varghese et al., 2017). Ugras a Yüksel (2014) doporučují před manipulací podat sedativa a relaxancia, což vede k minimalizaci zvýšení ICP. Během všech těchto úkonů musí sestra dávat pozor, aby nedošlo k nešetrné manipulaci, či rozpojení kteréhokoli z čidel či dávkovačů, na které je pacient připojen.

Měření ICP, nezáleží na zvolené metodě, vyžaduje technicky a vědomostně odbornou sestru, neboť je zapotřebí umět provést správně kalibraci přístroje, nastavit hodnotu nuly, rozpoznat tvar zobrazované křivky, či pečovat o katétr ve smyslu důsledné prevence infekce. Před tímto vším však musí tatáž sestra asistovat i při výkonu jako takovém, což obnáší uložení pacienta do adekvátní polohy, připravit místo pro vstup, připravit sterilní stolek se všemi potřebnými nástroji a pomůckami a následně hodnoty z takového čidla zapisovat a interpretovat. Pro tyto sestry je důležitá znalost všech možných vedlejších efektů po zavedení čidla, jako je například intrakraniální hypertenze (Streitová et al., 2015).

V New Havenské nemocnici, USA, je monitoring, a i prvotní intervence v kompetencích a režii sestry. Ta zodpovídá například i za správně nastavený odtok mozkomíšního moku u intraventrikulárního čidla. V případě potřeby snížení ICP má tato sestra několik možností, mezi které se řadí například odpuštění mozkomíšního moku či bolusové podání naordinovaných sedativ či analgetik (Robinson, 2016). Kapounová (2020) uvádí, že intraventrikulární drén je napojen na speciální set, na kterém je možné provádět regulaci přepouštěcího tlaku principem spojených nádob. Tento tlak je nastaven dle ordinace lékaře. Množství odpadního likvoru je zaznamenáváno do dokumentace.

Dalším způsobem, kterak lze monitorovat stav mozkové tkáně a u jehož zavádění asistuje sestra lékaři, je jugulární oxymetrie, kdy je měřena saturace hemoglobinu kyslíkem v jugulárním bulbu a která umožňuje zdravotnickému personálu detekovat mozkovou ischemii a případně korigovat terapii a podporu vitálních funkcí takovým směrem, který bude mít za výsledek minimální neurologický deficit. Monitorování jako takové se provádí skrze zavedený centrální žilní katétr do oblasti bulbu vena jugularis interna, kdy by špička katétru měla dosahovat k bazi lebni. Kontraindikacemi mohou být různé koagulopatie či infekce v oblasti zavedení. Vzhledem k tomu, že indikací je například závažné kraniocerebrální poranění, či subarachnoideální krvácení, jsou ony kontraindikace čistě relativními. Hodnoty, které jsou fyziologicky mezi 55–75 %, mohou při různých výchytkách poukázat na patologii v zásobení mozkové tkáně. Zvýšení nad 80 % může znamenat hyperemii, nižší extrakci kyslíku buňkami mozkové tkáně nebo hyperperfuzi mozku způsobenou zvýšeným průtokem krve mozkem. Naopak snížení pod 50 % svědčí pro zvýšenou extrakci kyslíku mozkovou tkání, která může být zapříčiněna sníženým průtokem krve mozkem (Kapounová, 2020).

Úloha sestry v takovémto případě tkví ve správném napolohování pacienta, které už samo o sobě vyžaduje orientovanost sestry v problematice a komplexnosti tohoto zákroku, neboť nejvhodnější polohou je poloha Trendelenburgova, která je však kontraindikována u pacientů s vysokým ICP. Dále sestra připravuje sterilní i nesterilní stolec s vybavením, mezi které patří zaváděcí set, katetr, šití, peány, skalpel, přetlaková infuze, emitní miska, lokální anestetika apod. (Streitová et al., 2015).

Následně je povinností sestry asistence lékaři u výkonu samotného, napojení katétru na proplachovou infuzi s heparinem, a po provedené RTG kontrole zavedeného katétru i jeho fixace krytím, které následně ošetřuje, kontroluje a jehož stav vyhodnocuje, aby se předešlo komplikacím typu infekce (Streitová et al, 2015)

Jugulární oxymetrie však není v neurointenzivní péči jedinou oxymetrií. Dalším možným způsobem je například regionální mozková oxymetrie, kdy se stejně jako při měření SpO₂ technický základ měření zakládá na odrazivosti a zpětném měření emitovaného světla o přesně stanovené vlnové délce. S tímto měřením nepracují pouze sestry na JIP, ale je využíváno i perioperačně u kardiochirurgických výkonů se zástavou cirkulace. Jedná se

o metodu neinvazivní se všemi s tím spojenými přínosy a zároveň jednoduchou a poměrně spolehlivou, kterou může připravit k měření i sestra (Habalová et al., 2010).

Jednou z neinvazivních metod snímání mozkové činnosti, kterou lze navíc provádět i ambulantně u pacientů k tomu indikovaných, je elektroencefalografie (tzv. EEG), kdy dochází ke snímání bioelektrické mozkové aktivity. Právě na neurologických ambulancích je prací sestry správné nasazení EEG čepice s dostatečným počtem snímacích elektrod a následná minimalizace vzniku vedlejších artefaktů, stejně jako poučení a proškolení pacienta (Tomek, 2018; Kapounová, 2020).

Autoři jako Abbey et al. (2012), či Mayer et al. (2012) vyzdvihují skutečnost, že hospitalizovaní pacienti jsou monitorováni nejen co se týče jejich primárních obtíží, ale dochází u nich k monitoringu komplexnímu, kdy se kontinuálně snímá EKG, saturace krve kyslíkem, dechová frekvence, pulsová frekvence, tlak krve a jiné proměnné, a zároveň je pacient napojen na přístroje, které podporují či přímo nahrazují jeho životní funkce. Všechny tyto přístroje a jejich hodnoty musí sesterský personál znát a umět ovládat, aby nedošlo k poškození pacienta. Brabcová et al. (2015) v návaznosti na tuto skutečnost pojednává o stresujícím pracovním prostředí, kterému jsou sestry kvůli všudypřítomným alarmům a audiovizuálním upozorněním vystaveny.

Kromě péče o pacienta a jeho hygienu, je sesterskou povinností i péče o zavedená čidla a jiné vstupy, u kterých došlo k porušení celistvosti kůže. Jedná se totiž o potenciální vstupy infekce, kterým musí sestra správnou péčí předejít. Touto péčí se rozumí jednak pravidelná kontrola, alespoň jednou během směny, a jednak i výměna krytí ve výrobcem doporučených intervalech. Ty jsou zpravidla v rozmezí 24 až 72 hodin, ale v případech, kdy je v krytí použit chlorhexidin, je možné interval prodloužit až na 7 dní. Při zjištěném znečištění či prosáknutí jsou krytí vyměněna hned. Tyto úkony jsou poté zaneseny do dokumentace (Streitová et al., 2015).

Na specializovaných pracovištích však není o pacienta postaráno pouze v představené problematice, ale v široké multioborové komplexnosti. To znamená, že sestra, byť specializovaná pro danou oblast, musí mít i nadále základní znalosti a schopnosti, jako všeobecná sestra pracující na standardním lůžkovém oddělení. I na takovýchto odděleních je zapotřebí kontrola glykémie, která úzce souvisí s mozkovou tkání, kontrola a prevence dekubitů, správné polohování, péče o permanentní močový katétr, monitorace

a zapisování jeho obsahu, kontrola příjmu tekutin, kontrola stavu pokožky u pacienta. Imobilní pacienti mohou mít vlivem svého stavu a farmakoterapie snížený defekační model, který musí sestra též monitorovat (Vytečková et al., 2013; Streitová et al., 2015).

Stejně jako všechna odvětví moderní medicíny i neurointenzivní péče prochází vývojem, v důsledku čehož jsou dříve zažitá postupy mnohdy během několika let neaktuální, zastaralé a v krajních případech i považované za non lege artis. Nejen z těchto důvodů je zapotřebí, aby byl sesterský personál adekvátně vzdělán a proškolen ohledně nejnovějších metod a postupů. Jednou z možností, jak toho dosáhnout je specializační vzdělávání, zřizované Ministerstvem zdravotnictví ČR, které nařízením vlády č. 31/2010 Sb., o oborech specializačního vzdělávání a označení odbornosti zdravotnických pracovníků se specializovanou způsobilostí stanovuje specializační obory, které je možné studovat (Vévoda et al., 2013). Více o možnostech specializačního vzdělávání všeobecných sester dle platné legislativy je zmiňováno v textu následující kapitoly. Jsou zde také uvedeny příklady rozšířených kompetencí, které se využívají na jednotkách intenzivní péče, na odděleních zabývajících se anesteziologií, resuscitací a intenzivní medicínou.

8 Kompetence sester a vzdělávání v intenzivní péči

Bartůněk et al. (2016) popisuje, že vzdělávání sester pro specializovanou péči vzniklo v Československu v roce 1960 a to založením Středisek pro další vzdělávání středních zdravotnických pracovníků v Brně a Bratislavě jako reakce na absolutně chybějící specializační vzdělávání sester. V současné době, v naší republice, se jedná o Národní centrum ošetrovatelství a nelékařských zdravotnických oborů v Brně. Právě jedním z prvních oborů specializačního vzdělávání bylo studium intenzivní péče. Tyto sestry byly školeny také v práci na operačním středisku zdravotnické záchranné služby.

V roce 2006 byl akreditován první vysokoškolský magisterský program ve vzdělávání všeobecných sester pro intenzivní péči, a to na 1. Lékařské fakultě Univerzity Karlovy v Praze. Od roku 2020 je magisterský program pro intenzivní péči otevřen i na Zdravotně sociální fakultě Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích (Bartůněk et al., 2016; ZSF JU, 2021)

Kompetence všeobecné sestry pro intenzivní péči jsou dané vyhláškou č. 55/2011 Sb. a ve znění jejích pozdějších předpisů. Sestra mimo kompetence získané studiem všeobecného ošetrovatelství má získáním specializace v oboru anesteziologie, resuscitace a intenzivní medicíny rozšířené kompetence. Dle vyhlášky 55/2011 Sb. se tyto kompetence dělí na kompetence bez odborného dohledu a bez indikace lékaře, dále bez odborného dohledu na základě indikace lékaře a poslední část pod odborným dohledem lékaře. Všeobecná sestra se specializovanou způsobilostí může pečovat o dýchací cesty pacienta při umělé plicní ventilaci, provést defibrilaci srdce či hodnotit a ošetřovat arteriální vstupy bez odborného dohledu a indikace lékaře. Na základě indikace lékaře může zejména provádět analýzu specializovanými postupy, včetně invazivních metod, provádět katetrizaci močového měchýře mužů, provádět punkci arterií, podávat léčiva do epidurálního katetru nebo zavádět nasogastrickou nebo duodenální sondu pacientovi v bezvědomí. Pod odborným dohledem lékaře může sestra aplikovat transfúze, extubovat pacienta, udržovat podchlazení pacienta za účelem léčebné hypotermie, provádět výměnu a dekanylaci u tracheostomovaného pacienta, provádět weaning u pacientů na umělé plicní ventilaci. Sestra pro intenzivní péči, která pracuje na zdravotnické záchranné službě vykonává činnosti podle §17.

Zdravotnický záchranář je dalším nelékařským zdravotnickým pracovníkem, který může dle vyhlášky 55/2011 Sb. ve znění pozdějších předpisů, provádět činnosti, mimo poskytování přednemocniční neodkladné péče, také na akutní lůžkové péči intenzivní, včetně péče na urgentním příjmu. Na základě indikace lékaře může zdravotnický záchranář zajišťovat dýchací cesty dostupnými pomůckami a udržovat ventilaci pacienta s parametry indikovanými lékařem a dále podávat léčivé a transfuzní přípravky. Bez indikace a odborného dohledu může zdravotnický záchranář zajišťovat intraoseální vstup, provádět laboratorní vyšetření či zavádět inhalační terapii pacienta.

V současném vzdělávacím systému nelékařských zdravotnických pracovníků (sester a zdravotnických záchranářů) není specializační vzdělávání pro neurointenzivní péči realizováno. Existuje pouze možnost různých kurzů a vzdělávacích akcí jakými jsou například semináře na neurologické klinice Fakultní nemocnice Ostrava, které jsou dostupné i v online formě (Fakultní nemocnice Ostrava, 2022).

Závěr

Předkládaná diplomová práce má teoretický charakter a je zaměřena na monitoraci v neurointenzivní péči. Monitorace nervového systému je využívána při celé škále postižení. Jsou jimi kraniocerebrální poranění, spontánně vzniklá krvácení z aneurysmat a arteriovenózních malformací, ischemické mozkové příhody, neuroinfekce centrální nervové soustavy či nádory.

Cíli této diplomové práce bylo na základě nejnovějších poznatků české a zahraniční odborné literatury zmapovat možnosti monitorace v neurointenzivní péči a na základě nejnovějších poznatků z české a zahraniční odborné literatury zmapovat využití mikrodialýzy v neurointenzivní péči a na základě odborné literatury porovnat indikaci a přínosy dané monitorovací techniky.

Práce je členěna do několika částí. První část se věnuje anatomii a fyziologii nervové soustavy rozdělené do centrální nervové soustavy, periferní nervové soustavy a autonomní nervové soustavy. Následně jsou popsány různé způsoby vzniku poranění nervového systému a projevy, které s sebou poranění nesou. Část pojednávající o intenzivní a neurointenzivní péči je věnována invazivní a neinvazivní monitoraci. Z neinvazivní péče se jedná především o komplexní neurologické vyšetření včetně hodnocení zornic a citů. Invazivní část péče se věnuje monitoraci intra a extrakraniální, zejména ICP monitoraci a oxygenaci mozku. Samostatnou částí je představení mikrodialýzy, která je relativně novou metodou monitorace metabolických procesů v mozkové tkáni, která dokáže časně odhalit vznik patologie a rozvoje sekundárního poškození mozku. Tato technika je velmi náročná a specifická na manipulaci a vyhodnocování získaných dat a vyžaduje dobré teoretické a praktické znalosti celého zdravotnického týmu. Klíčovou se stává úloha sestry, které je věnována poměrná část diplomové práce. Sestra zastává nejen ošetrovatelskou péči o pacienta v kritickém stavu, ale také neustále monitoruje a vyhodnocuje jeho aktuální zdravotní stav a na případné změny, které zjistí, informuje podle urgentnosti lékaře. Tato část současně poukazuje i na důležitost provázanosti přednemocniční neodkladné péče s nemocniční neodkladnou péčí.

Závěrem se nabízí upozornit, že práce sester na pracovištích, které poskytují neurointenzivní péči, si vyžaduje nejen dobrou znalost problematiky neurointenzivní péče, ale také snahu sester se v této zajímavé a vysoce náročné práci dále vzdělávat a udržovat tak krok, kterým se neurointenzivní péče a neurointenzivní monitorace posouvá kupředu. Věříme, že tato diplomová práce teoretického charakteru přinese nový vhled na neurointenzivní problematiku a současně poskytne studentům a sestřám určité nové znalosti a možnost rozšíření znalostí již získaných v oblasti neurointenzivní péče.

Seznam použitých zdrojů

ABBEY, M. et al., 2012. *Understanding the Work of Intensive Care Nurses: A Time and Motion Study* [online]. Australian Critical Care. [cit. 2022-05-04]. 25(1), pp. 13-22. ISSN 10367314. doi: 10.1016/j.aucc.2011.08.002. Dostupné též z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1036731411001378>.

AMERICAN COLLEGE OF SURGEONS, 2018. *ATLS - Advanced Trauma Life Support*. 10. vydání. USA. 420 s. ISBN 78-0-9968262-3-52.

ARMSTEAD W. M., (2016). *Cerebral Blood Flow Autoregulation and Dysautoregulation* [online]. Anesthesiology clinics. [cit. 2022-05-04]. 34(3), pp. 465–477. ISSN 1932-2275. doi: 10.1016/j.anclin.2016.04.002.

BARTŮŇEK, P. et al., 2016. *Vybrané kapitoly z intenzivní péče*. Praha: Grada- 752 s. ISBN 978-80-247-4343-1.

BADENES, R. et al., 2017. *Hemoglobin Concentrations and RBC Transfusion Thresholds in Patients with Acute Brain Injury: an International Survey* [online]. Critical care. [cit. 2022-08-09]. 21(1), pp. 1-10. ISSN 1364-8535. doi: 10.1186/s13054-017-1748-4

BARRATT, H. et al., 2010. *The Implications of the NICE Guidelines on Neurosurgical Management for All Severe Head Injuries: Systematic Review* [online]. Emergency Medicine Journal. [cit. 2022-08-10]. 27(3), pp. 173-178. ISSN 1472-0205. doi: 10.1136/emj.2009.075382

BELLANDER, B. M. et al., 2004. *Consensus Meeting on Microdialysis in Neurointensive Care* [online]. Intensive Care Medicine. [cit. 2022-08-15]. 30(12), pp. 2166-2169. ISSN 0342-4642. doi: 10.1007/s00134-004-2461-8

BENSAIDANE, M. R. et al., 2020. *Neuromonitoring With Near-Infrared Spectroscopy (NIRS) in Aneurysmal Subarachnoid Haemorrhage: a Systematic Review Protocol* [online]. BMJ Open. [cit. 2022-8-13]. 10(11). ISSN 2044-6055. doi: 10.1136/bmjopen-2020-043300. Dostupné též z: <https://bmjopen.bmj.com/lookup/doi/10.1136/bmjopen-2020-043300>

- BERLIT, P., 2015. *Memorix neurologie*. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-1915-3.
- BRABCOVÁ, I. et al., 2015. *Management v ošetrovatelské praxi*. Praha. 288 s. ISBN 978-80-7422-402-7.
- BRAKSICK, S. A. et al., 2018. *Application of the FOUR Score in Intracerebral Hemorrhage Risk Analysis* [online]. Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases. [cit. 2022-06-15]. 27(6), pp. 1565-1569. ISSN 1052-3057. doi: 10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2018.01.008. Dostupné též z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1052305718300132>
- BUSCH, D. R. et al., 2021. *Towards Rapid Intraoperative Axial Localization of Spinal Cord Ischemia With Epidural Diffuse Correlation Monitoring* [online]. PLOS ONE. [cit. 2022-8-13]. 16(5). ISSN 1932-6203. doi: 10.1371/journal.pone.0251271. Dostupné též z: <https://dx.plos.org/10.1371/journal.pone.0251271>
- CARDIM, D. et al., 2016. *Non-invasive Monitoring of Intracranial Pressure Using Transcranial Doppler Ultrasonography: Is It Possible?* [online]. Neurocritical Care. [cit. 2022-8-13]. 25(3), pp. 473-491. ISSN 1541-6933. doi: 10.1007/s12028-016-0258-6. Dostupné též z: <http://link.springer.com/10.1007/s12028-016-0258-6>
- CARPENTER, K. L. H. et al., 2017. *Advanced Monitoring in Traumatic Brain Injury* [online]. Current Opinion in Critical Care. [cit. 2022-08-15]. 23(2), pp. 103-109. ISSN 1070-5295. doi: 10.1097/MCC.0000000000000400
- CARTERON, L. et al., 2017. *Cerebral Microdialysis Monitoring to Improve Individualized Neurointensive Care Therapy: An Update of Recent Clinical Data* [online]. Frontiers in Neurology. [cit. 2022-8-13]. 8. ISSN 1664-2295. doi: 10.3389/fneur.2017.00601. Dostupné též z: <http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fneur.2017.00601/full>
- COLDUELL, K., 2017. *Understanding the Glasgow Coma Scale* [online]. Nurse.org. [cit. 2022-07-25]. Dostupné z: <https://nurse.org/articles/glasgow-coma-scale/>
- ČERNÝ, V., 2000. *Invazivní hemodynamické monitorování v praxi*. 2. vydání. Praha: Grada. 104 s. ISBN 80-716-9994-2.

ČIHÁK, R., 2011. *Anatomie 1.*, 3. vydání. Praha: Grada, 522 s. ISBN 978-80-247-3817-8.

ČIHÁK, R., 2016. *Anatomie 3.* 3. vydání. Praha: Grada, 832 s. ISBN 978-80-247-5636-3.

DOBIÁŠ, V., 2013. *Klinická propedeutika v urgentní medicíně*. Praha: Grada. 208 s. ISBN 978-802-4745-718.

DYHRFORT, P. et al., 2019. *Monitoring of Protein Biomarkers of Inflammation in Human Traumatic Brain Injury Using Microdialysis and Proximity Extension Assay Technology in Neurointensive Care* [online]. Journal of Neurotrauma. [cit. 2022-8-13]. 36(20), pp. 2872-2885. ISSN 0897-7151. doi: 10.1089/neu.2018.6320. Dostupné též z: <https://www.liebertpub.com/doi/10.1089/neu.2018.6320>

EIDEN, M. et al., 2019. *Discovery and Validation of Temporal Patterns Involved in Human Brain Ketometabolism in Cerebral Microdialysis Fluids of Traumatic Brain Injury Patients* [online]. EbioMedicine. [cit. 2022-08-15]. 44, pp. 607-617. ISSN 2352-3964. doi: 10.1016/j.ebiom.2019.05.054

FAKULTNÍ NEMOCNICE OSTRAVA, 2022. *Plán seminářů neurologické kliniky FNO* [online]. Ostrava [cit. 2022-8-15]. Dostupné z: <https://www.fno.cz/neurologicka-klinika/plan-seminaru-neurologicke-kliniky-na-rok-2022>

FERKO, A. et al., 2015. *Chirurgie v kostce*. 2. vydání. Praha: Grada. 512 s. ISBN 978-80-247-1005-1.

GALKOVÁ, K., 2015. *Laktát–marker metabolického stresu pacientov s kritickým ochorením* [online]. Anesteziol Intenzivna Med. [cit. 2022-08-10]. 4(1), pp. 8-11. ISSN 1339-4177

GAŞECKI, D. et al., 2013. *Hypertension, Brain Damage and Cognitive Decline* [online]. Current Hypertension Reports. [cit. 2022-08-15]. 15(6), pp. 547-558. ISSN 1522-6417. doi: 10.1007/s11906-013-0398-4

GILHUS, N. E. et al., 2016. *Myasthenia Gravis — Autoantibody Characteristics and Their Implications for Therapy* [online]. Nature Reviews Neurology. [cit. 2022-08-15].

12(5), pp. 259-268. ISSN 1759-4758. doi: 10.1038/nrneurol.2016.44. Dostupné z: <https://www.nature.com/articles/nrneurol.2016.44?fbclid=IwAR1YOz5WWG9vXNhG8I7ZUAJc8q0UIRT3Ejz0S85-5FxnHgpoh7B7sd2sg08#citeas>

HABALOVÁ, J. et al., 2010. *The Use of Regional Cerebral Oximetry as a Non-invasive Method to Monitor Neurointensive Care Patients* [online]. Czech and Slovak Neurology and Neurosurgery. [cit. 2022-08-15]. (3), pp. 285-293. ISSN 1803-6597. Dostupné z: <https://www.csnn.eu/casopisy/ceska-slovenska-neurologie/2010-3-4/the-use-of-regional-cerebral-oximetry-as-a-non-invasive-method-to-monitor-neurointensive-care-patients-33816>

HADDAD, S. H., ARABI, Y. M., 2012. *Critical Care Management of Severe Traumatic Brain Injury in Adults* [online]. Scandinavian Journal of Trauma, Resuscitation and Emergency Medicine. [cit. 2022-06-10]. 20(1). ISSN 1757-7241. doi: 10.1186/1757-7241-20-12. Dostupné též z: <http://sjtrem.biomedcentral.com/articles/10.1186/1757-7241-20-12>.

HARRIS, C., 2014. *Neuromonitoring Indications and Utility in the Intensive Care Unit* [online]. Critical Care Nurse. [cit. 2022-06-17]. 34(3), pp. 30-40. ISSN 0279-5442. doi: 10.4037/ccn2014506. Dostupné též z: <http://ccn.aacnjournals.org/cgi/doi/10.4037/ccn2014506>.

HEJČL, A. et al., 2013. *Význam a možnosti vyšetřování metabolismu mozku pomocí mikrodialýzy v neurointenzivní péči* [online]. Klin. Biochem. Metabol. [cit. 2022-08-10]. 21(42), pp. 13-20. ISSN 1210-7921

HEJČL, A., SAMEŠ, M., 2009. *Mikrodialýza v neurochirurgii* [online]. Cesk. Slov. Neurol. N. [cit. 2022-08-10]. 72(105), pp. 511-517. ISSN: 1210-7859

HELBOK, R. et al., 2017. *Clinical Use of Cerebral Microdialysis in Patients with Aneurysmal Subarachnoid Hemorrhage—State of the Art* [online]. Frontiers in Neurology. [cit. 2022-8-13]. 8. ISSN 1664-2295. doi: 10.3389/fneur.2017.00565. Dostupné též z: <http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fneur.2017.00565/full>

HILLERED, L. et al., 2014. *Cerebral Microdialysis for Protein Biomarker Monitoring in the Neurointensive Care Setting A Technical Approach* [online]. Frontiers in

Neurology. [cit. 2022-08-15]. 5. pp. 245. ISSN 1664-2295. doi: 10.3389/fneur.2014.00245

Hendl, J., 2012. *Kvalitativní výzkum: základní teorie, metody a aplikace*. 3. vydání. Praha: Portál. ISBN 978-80-262-0219-6.

Hendl J. a J. Remr, 2017. *Metody výzkumu a evaluace*. 1. vydání. Praha: Portál. ISBN 978-80-262-1192-1.

HOCH, J. et al., 2011. *Speciální chirurgie*. 3. vydání. Praha: Maxdorf. 590 s. ISBN 978-80-7345-253-7.

HUTCHINSON, P. J. et al., 2015. *Consensus Statement from the 2014 International Microdialysis Forum* [online]. Intensive Care Medicine. [cit. 2022-08-15]. 41(9), pp. 1517-1528. ISSN 0342-4642. doi: 10.1007/s00134-015-3930-y

CHAN, M. et al., 2013. *Investigating Factors that Tave an Impact on Nurses' Performance of Patients' Conscious Level Assessment: a Systematic Review* [online]. Journal of Nursing Management. [cit. 2022-07-16]. 21(1), pp. 31-46. ISSN 0966-0429. doi: 10.1111/j.1365-2834.2011.01344.x. Dostupné též z: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1365-2834.2011.01344.x>.

JAHNS, F. P. et al., 2019. *Quantitative Pupillometry for the Monitoring of Intracranial Hypertension in Patients with Severe Traumatic Brain Injury* [online]. Critical Care. [cit. 2022-8-13]. 23(1). ISSN 1364-8535. doi: 10.1186/s13054-019-2436-3. Dostupné též z: <https://ccforum.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13054-019-2436-3>

JAMAL, A. et al., 2017. *Full Outline of Unresponsiveness Score and the Glasgow Coma Scale in Prediction of Pediatric Coma* [online]. World Journal of Emergency Medicine. [cit. 2022-06-15]. 8(1). ISSN 1920-8642. doi: 10.5847/wjem.j.1920-8642.2017.01.010. Dostupné též z: <http://www.wjem.com.cn/default/articlef/index/id/529>.

JONES, S. et al., 2017. *Brain Monitoring in Critically Neurologically Impaired Patients* [online]. International Journal of Molecular Sciences. [cit. 2022-8-13]. 18(1). ISSN 1422-0067. doi: 10.3390/ijms18010043. Dostupné též z: <http://www.mdpi.com/1422-0067/18/1/43>

KALANT, H., 1958. *A Microdialysis Procedure for Extraction and Isolation of Corticosteroids from Peripheral Blood Plasma* [online]. *Biochemical Journal*. [cit. 2022-08-15]. 69(1), pp. 99-103. ISSN 0306-3283. doi: 10.1042/bj0690099

KALINA, M., 2009. *Patofyziologie a léčebné možnosti nitrolební hypertenze* [online]. *Neurologie pro praxi*. [cit. 2022-08-14]. 10(1). pp. 13-18. ISSN 1803-5280. Dostupné z: <https://www.neurologiepropraxi.cz/pdfs/neu/2009/01/04.pdf?fbclid=IwAR2imMSY7jXGp-GNd8B9TN8GcKmWUa9cvMJGDvR61iSkkIEqHdePmXH5lUk>

KAPOUNOVÁ, G., 2020. *Ošetrovatelství v intenzivní péči*. 2. vydání. Praha: Grada. 404 s. ISBN 978-802-7101-306.

KHO, Ch. M. et al., 2017. *A Review on Microdialysis Calibration Methods: the Theory and Current Related Efforts* [online]. *Molecular Neurobiology*. [cit. 2022-08-15]. 54(5), pp. 3506-3527. ISSN 0893-7648. doi: 10.1007/s12035-016-9929-8

KITTNAR, O., 2021. *Přehled lékařské fyziologie*. Praha: Grada. 336 s. ISBN 978-80-271-1025-4.

KO, T. S. et al., 2021. *Non-Invasive Diffuse Optical Neuromonitoring During Cardiopulmonary Resuscitation Predicts Return of Spontaneous Circulation* [online]. *Scientific Reports*. [cit. 2022-8-13]. 11(1). ISSN 2045-2322. doi: 10.1038/s41598-021-83270-5. Dostupné též z: <http://www.nature.com/articles/s41598-021-83270-5>

KOČÁREK, E., 2010. *Biologie člověka*. Praha: Scientia, 336 s. ISBN 978-80-86960-47-0.

KOENIG, M. et al., 2018. *Microdialysis and Its Use in Behavioural Studies: Focus on Acetylcholine* [online]. *Journal of Neuroscience Methods*. [cit. 2022-08-15]. 300, pp. 206-215. ISSN 01650270. doi: 10.1016/j.jneumeth.2017.08.013

KOCHARIAN, G. et al., 2022. *Recent Advances and Future Directions in Middle Meningeal Artery Embolization for Chronic Subdural Hematomas* [online]. *Current Pain and Headache Reports*. [cit. 2022-08-15]. ISSN 1531-3433. doi: 10.1007/s11916-022-01068-0. Dostupné též z: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11916-022-01068-0>

0?fbclid=IwAR1PAfFbIeThnN0WwT_Z5qbLizXZXhwUVwmoLIw5rxlQQt4AAjB_1I
jyJV0#citeas

KORBAKIS, G., VESPA, P. M., 2017. *Multimodal Neurologic Monitoring* [online]. Critical Care Neurology Part I Elsevier. [cit. 2022-8-13]. 32(1), pp. 91-105. ISSN 1559-7768. doi: 10.1016/B978-0-444-63600-3.00006-4. Dostupné též z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780444636003000064>

KURTZ, P. et al., 2010. *Anemia is Associated with Metabolic Distress and Brain Tissue Hypoxia After Subarachnoid Hemorrhage* [online]. Neurocritical Care. [cit. 2022-08-15]. 13(1), pp. 10-16. ISSN 1541-6933. doi: 10.1007/s12028-010-9357-y

LAZARIDIS, Ch. et al., 2022. *Decompressive Craniectomy After Traumatic Brain Injury: Incorporating Patient Preferences into Decision-Making* [online]. World Neurosurgery. [cit. 2022-08-15]. 157, pp. 327-332. ISSN 1878-8750. doi: 10.1016/j.wneu.2021.10.078. Dostupné též z: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1878875021015758?casa_token=KZqUXZmzc1MAAAAA%3AuMs5WwSwHaqR_mqCibRRgR7kG9dn0GB9ERvDDAokct0W0fnzVRd8OeaM0imYqwAqiyM1ZY7v-pCV&fbclid=IwAR0U4Wnp-yjcK5nyFT1IIQdqDJD4i2BPNGuhPW7t_iROnaox7YdjNaRmsHs

LIPPERTOVÁ GRÜNEROVÁ, M., 2009. *Trauma mozku a jeho rehabilitace*. Praha: Galén. 148 s. ISBN 978-807-2625-697.

LU, W. et al., 2022., *Decompressive Craniectomy Combined with Temporal Pole Resection in the Treatment of Massive Cerebral Infarction* [online]. BMC Neurology. [cit. 2022-08-15]. 22(1). ISSN 1471-2377. doi: 10.1186/s12883-022-02688-0. Dostupné též z: [https://bmcneurol.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12883-022-02688-](https://bmcneurol.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12883-022-02688-0)

0?fbclid=IwAR2fwfkDCMLvsc2c0_Groc4iERJII_OOsMNEyHXX41wSbnxH5Gz06R
h0VYA#citeas

MAKARENKO, S. et al., 2016. *Multimodal Neuromonitoring for Traumatic Brain Injury: A Shift Towards Individualized Therapy* [online]. Journal of Clinical Neuroscience. [cit. 2022-08-10]. 26(2), pp. 8-13, ISSN 0967-5868. doi:

10.1016/j.jocn.2015.05.065. Dostupné též z:
<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0967586815005500>.

MALÁSKA, J. et al., 2020. *Intenzivní medicína v praxi*. Praha: Maxdorf. 712 s. ISBN 978-80-7345-675-7.

MARKLUND, N., 2017. *The Neurological Wake-up Test—A Role in Neurocritical Care Monitoring of Traumatic Brain Injury Patients?* [online]. *Frontiers in Neurology*. [cit. 2022-06-16]. 8(2). ISSN 1664-2295. doi: 10.3389/fneur.2017.00540. Dostupné též z: <http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fneur.2017.00540/full>

MASÁR, O. et al., 2012. *Urgentná medicína pre medikov*. Bratislava. 155 s. ISBN 978-80-247-5636-3

MASSAROLI, R. et al., 2015. *Nursing Work in the Intensive Care Unit and its Interface with Care Systematization* [online]. *Escola Anna Nery – Revista de Enfermagem*. [cit. 2022-06-16]. 19(2). pp. 90. ISSN 1414-8145. doi: 10.5935/1414-8145.20150033. Dostupné též z: <http://www.gnresearch.org/doi/10.5935/1414-8145.20150033>.

MAYER, M. et al., 2012. *Intrakraniální tlak a jeho identifikační možnosti při léčbě kraniocerebrálního poranění* [online]. *Lékař a technika*. [cit. 2022-06-16]. 42(1), pp. 10-15. ISSN 0301-5491.

MERKUNOVÁ, A., OREL, M., 2008. *Anatomie a fyziologie člověka: pro humanitní obory*. Praha: Grada. 304 s. ISBN 978-80-247-1521-6.

MINICUCCI, F. et al., 2020. *Management of status epilepticus in adults. Position paper of the Italian League against Epilepsy* [online]. *Epilepsy & Behavior*. [cit. 2022-08-14]. 102. ISSN 1525-5050. doi: 10.1016/j.yebeh.2019.106675. Dostupné z: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1525505019308595?casa_token=bFvtgWFg3RAAAAAA%3AG-2XxHzG72tJGqnaDlagjdVXEDkSxpzX32C7AkdGaYtnYkfwyG3u0QjTigbFURmfpkmJ2ZMyKDq0&fbclid=IwAR2m4ll94KXCHjVETZnnp_PZdBemd5GbPThyUxhsOT-uWt6Wt3jExxLVGWE

MIXA, V. et al., 2021. *Dětská přednemocniční a urgentní péče*. 2. vydání. Praha: Grada. 640 s. ISBN 978-80-271-3088-7.

NAG, D. S. et al., 2019. *Intracranial Pressure Monitoring: Gold Standard and Recent Innovations* [online]. World Journal of Clinical Cases. [cit. 2022-8-13]. 7(13), pp. 1535-1553. ISSN 2307-8960. doi: 10.12998/wjcc.v7.i13.1535. Dostupné též z: <https://www.wjgnet.com/2307-8960/full/v7/i13/1535.htm>

NAŇKA, O., ELIŠKOVÁ M., 2015. *Přehled anatomie*. 3. vydání. Praha: Galén, 462 s. ISBN 978-80-749-2206-0.

NEJEDLÁ, M., 2015. *Klinická propedeutika pro studenty zdravotnických oborů*. Praha: Grada. 240 s. ISBN 978-80-247-4402-5.

PATET, C. et al., 2015. *Neuroenergetic Response to Prolonged Cerebral Glucose Depletion After Severe Brain Injury and the Role of Lactate* [online]. Critical Care. [cit. 2022-08-15]. 19(1). ISSN 1364-8535. doi: 10.1186/cc14528

PEACOCK, S. H., TOMLINSON, A. D., 2018. *Multimodal Neuromonitoring in Neurocritical Care* [online]. AACN Advanced Critical Care. [cit. 2022-08-14]. 29(2), pp. 183-194. ISSN 1559-7768. doi: 10.4037/aacnacc2018632. Dostupné též z: <http://acc.aacnjournals.org/lookup/doi/10.4037/aacnacc2018632>.

PELOQUIN, S. et al., 2016. *The Neurointensive Care Nursery and Evolving Roles for Nursing* [online]. Neonatal network: NN. [cit. 2022-06-16]. 35(2), pp. 87–94. ISSN 0730-0832. doi.org/10.1891/0730-0832.35.2.87

PERUCCA, P. et al., 2020. *The Genetics of Epilepsy* [online]. Annual Review of Genomics and Human Genetics. [cit. 2022-08-14]. 21(1), pp. 205-230. ISSN 1527-8204. doi: 10.1146/annurev-genom-120219-074937. Dostupné z: https://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev-genom-120219-074937?fbclid=IwAR1IEbS8Y_z3WQsqVTCamtCXRuOt3nrpynGEnOfWWf9f5_nizOoidfIbDBU

PIERCE, Ch. F. et al., 2021. *Cerebral Microdialysis as a Tool for Assessing the Delivery of Chemotherapy in Brain Tumor Patients* [online]. World Neurosurgery. [cit. 2022-08-15]. 145, pp. 187-196. ISSN 1878-8750. doi: 10.1016/j.wneu.2020.08.161

PLEVOVÁ, I., ZOUBKOVÁ, R., 2021. *Sestra a akutní stavy od A do Z*. Praha: Grada Publishing. Sestra (Grada). ISBN 978-80-271-0890-9.

PONCETTE, A. S. et al., 2020. *Improvements in Patient Monitoring in the Intensive Care Unit: Survey Study* [online]. Journal of Medical Internet Research. [cit. 2022-8-13]. 22(6). ISSN 1438-8871. doi: 10.2196/19091. Dostupné též z: <http://www.jmir.org/2020/6/e19091/>

PRABHAKAR, H. et al., 2014. *Current Concepts of Optimal Cerebral Perfusion Pressure in Traumatic Brain Injury* [online]. Journal of Anaesthesiology Clinical Pharmacology. [cit. 2022-08-15]. 30(3). pp. 318-327. ISSN 0970-9185. doi: 10.4103/0970-9185.137260. Dostupné též z: https://journals.lww.com/joacp/Fulltext/2014/30030/Current_concepts_of_optimal_cerebral_perfusion.3.aspx

PRAŽSKÝ, B., 2012. *Obecné zásady neurointenzivní péče* [online]. In: Zdravotnictví a medicína. [cit. 2022-08-08]. Dostupné z: <https://zdravi.euro.cz/clanek/sestra/obecnezasady-neurointenzivni-pece-467710>

RAHIMI, A. et al., 2022. *The Unmet Global Burden of Cranial Epidural Hematomas: A Systematic Review and Meta-Analysis* [online]. Clinical Neurology and Neurosurgery. [cit. 2022-08-15]. 219. ISSN 0303-8467. doi: 10.1016/j.clineuro.2022.107313. Dostupné též z: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0303846722001949?casa_token=DgWJ8Pi8jN0AAAAA%3A5eT1wBA5PaDk3aqtK9XFzqFI0rBSjYeHbF08Sj8dl_Wo_byiCtQ3zQcBiwJkxG1Xvit_Dd5aVf7A&fbclid=IwAR2cyyAXr3-ngqQUfi5SZ-rumKxKmW-pbzbp_iv21uuKGKPNcGCHfVQFunY

RAITH, E. P., REDDY, U., 2020. *Neuromonitoring* [online]. Anaesthesia & Intensive Care Medicine. [cit. 2022-08-13]. 21(6), pp. 275-281. ISSN 1472-0299. doi: 10.1016/j.mpaic.2020.03.011. Dostupné též z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1472029920300552>

ROBINSON, J. D., 2016. *Management of Refractory Intracranial Pressure* [online]. Critical Care Nursing Clinics of North America. [cit. 2022-07-27]. 28(1), pp. 67-75. ISSN 0899-5885. doi: 10.1016/j.cnc.2015.09.004. Dostupné též z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0899588515000829>

ROKYTA, R., 2016. *Fyziologie*. 3. Vydání. Praha: Galén, 434 s. ISBN 978-80-7492-238-1.

ROMAGNOLI, S. et al., 2019. *Processed EEG Monitoring for Anesthesia and Intensive Care Practice* [online]. *Minerva Anestesiologica*. [cit. 2022-8-13]. 85(11). ISSN 0375-9393. doi: 10.23736/S0375-9393.19.13478-5. Dostupné též z: <https://www.minervamedica.it/index2.php?show=R02Y2019N11A1219>

ROSE, CH. et al., 2020. *Hepatic encephalopathy: Novel insights into classification, pathophysiology and therapy* [online]. *Journal of Hepatology*. [cit. 2022-08-14]. 73(6), pp. 1526-1547. ISSN 0168-8278. doi: 10.1016/j.jhep.2020.07.013. Dostupné z: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168827820304669?casa_token=XUCT34QDbCwAAAAA%3AtQ4E-32pNeZW03iKv_KJ3b99tO2a9LiQgZWVcJHHLhnVAjIP_ZCuSY6l_pUqPxuabWyfRVAfVoo8&fbclid=IwAR2BJN6mKJ2OQu8G41XpsG37GpQK-DJdd3Ony-UnEW6311-b6XoIWZfc6Xk

ROSTAMI, E., BELLANDER, B. M., 2011. *Monitoring of Glucose in Brain, Adipose Tissue, and Peripheral Blood in Patients with Traumatic Brain Injury: A Microdialysis Study* [online]. *Journal of Diabetes Science and Technology*. [cit. 2022-08-15]. 5(3), pp. 596-604. ISSN 1932-2968. doi: 10.1177/193229681100500314

RUHATIYA, R. S. et al., 2020. *Current Status and Recommendations in Multimodal Neuromonitoring* [online]. *Indian Journal of Critical Care Medicine*. [cit. 2022-8-13]. 24(5), pp. 353-360. ISSN 0972-5229. doi: 10.5005/jp-journals-10071-23431. Dostupné též z: <https://www.ijccm.org/doi/10.5005/jp-journals-10071-23431>

SANDRONI, C. et al., 2020. *Prediction of Poor Neurological Outcome in Comatose Survivors of Cardiac Arrest: a Systematic Review* [online]. *Intensive Care Medicine*. [cit. 2022-8-13]. 46(10), pp. 1803-1851. ISSN 0342-4642. doi: 10.1007/s00134-020-06198-w. Dostupné též z: <http://link.springer.com/10.1007/s00134-020-06198-w>

SANTAFÉ COLOMINA, M. et al., 2019. *Optimization of the Neurosurgical Patient in Intensive Care* [online]. *Medicina Intensiva (English Edition)*. [cit. 2022-8-13]. 43(8), pp. 489-496. ISSN 21735727. doi: 10.1016/j.medine.2019.02.005. Dostupné též z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2173572719301432>

SARRAFZADEH, A. S. et al., 2002. *Bedside Microdialysis: A Tool to Monitor Cerebral Metabolism in Subarachnoid Hemorrhage Patients?* [online]. *Critical Care Medicine*. [cit. 2022-08-15]. 30(5), pp. 1062-1070. ISSN 0090-3493. doi: 10.1097/00003246-200205000-00018

SCARBORO, M., MCQUILLAN, K. A., 2021. *Traumatic Brain Injury Update* [online]. *AACN Advanced Critical Care*. [cit. 2022-8-13]. 32(1), pp. 29-50. ISSN 1559-7768. doi: 10.4037/aacnacc2021331. Dostupné též z: <https://aacnjournals.org/aacnacconline/article/32/1/29/31390/Traumatic-Brain-Injury-Update>

SCHMIDT, J. M. et al., 2011. *Cerebral Perfusion Pressure Thresholds for Brain Tissue Hypoxia and Metabolic Crisis After Poor-Grade Subarachnoid Hemorrhage* [online]. *Stroke*. [cit. 2022-08-15]. 42(5), pp. 1351-1356. ISSN 0039-2499. doi: 10.1161/STROKEAHA.110.596874

SILBERNAGL, S., LANG, F., 2012. *Atlas patofyziologie. 2. vydání*. Praha: Grada. 416 s. ISBN 978-80-247-3555-9.

SINHA, N., PARNIA, S., 2017. *Monitoring the Brain After Cardiac Arrest: a New Era* [online]. *Current Neurology and Neuroscience Reports*. [cit. 2022-8-13]. 17(8). ISSN 1528-4042. doi: 10.1007/s11910-017-0770-x. Dostupné též z: <http://link.springer.com/10.1007/s11910-017-0770-x>

SLEZÁKOVÁ, Z., 2014. *Ošetrovatelství v neurologii*. Praha: Grada. 232 s. ISBN 978-80-247-4868-9.

SMITH, M. E., SMITH, M., 2017. *Neuromonitoring* [online]. *Anaesthesia and Intensive Care Medicine*. [cit. 2022-08-14]. 18(5), pp. 224-229. ISSN 1472-0299. doi: 10.1016/j.mpaic.2017.02.009. Dostupné též z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1472029917300498>

SOUČEK, M., SVAČINA, P., 2019. *Vnitřní lékařství v kostce*. Praha: Grada. 464 s. ISBN 978-80-271-2289-9.

STOCCHETTI, N., 2014. *Traumatic Brain Injury: Problems and Opportunities* [online]. *The Lancet Neurology*. [cit. 2022-08-12]. 13(1), pp. 14-16. ISSN 1474-4422. doi:

10.1016/S1474-4422(13)70280-1. Dostupné též z:
<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1474442213702801>

STREITOVÁ, D. et al., 2015. *Septické stavy v intenzivní péči: ošetrovatelská péče*. Praha: Grada. 164 s. ISBN 978-80-247-5215-0.

SUKOVÁ, O., KNECHTOVÁ, Z., 2022. *Vybrané kapitoly z intenzivní ošetrovatelské péče*. Masarykova univerzita. 107 s. ISBN 978-80-280-0051-6.

ŠEBLOVÁ, J. et al., 2018. *Urgentní medicína v klinické praxi lékaře*. 2.vydání. Praha: Grada. 492 s. ISBN 978-80-271-0596-0.

ŠEVČÍK, P. et al., 2014. *Intenzivní medicína*. 3. vydání. Praha: Galén. 1195 s. ISBN 978-80-7492-066-0.

THELIN, E. P. et al., 2017. *Microdialysis Monitoring in Clinical Traumatic Brain Injury and Its Role in Neuroprotective Drug Development* [online]. The AAPS Journal. [cit. 2022-08-15]. 19(2), pp. 367-376. ISSN 1550-7416. doi: 10.1208/s12248-016-0027-7

THIJS, R. et al., 2019. *Epilepsy in adults* [online]. The Lancet. [cit. 2022-08-14]. 393(10172), pp. 689-701. ISSN 0140-6736. doi: 10.1016/S0140-6736(18)32596-0.

Dostupné z:
https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0140673618325960?casa_token=jmqUJKatHU8AAAAA%3ANXegjAOwse50KV_YNh3ZXwRC7fgOvGD44RE6pr45f0Nz5QBfblGgH5pPyCr-aD3o7EKl3WGV7lhi&fbclid=IwAR3w6rpBK9B-AFIY3UYSput_17kyfr1njfKgAMTwy_jdqerf0cIbt82Ays

TIMOFEEV, I. et al., 2011. *Cerebral Extracellular Chemistry and Outcome Following Traumatic Brain Injury: a Microdialysis Study of 223 Patients* [online]. Brain. [cit. 2022-08-15]. 134(2), pp. 484-494. ISSN 0006-8950. doi: 10.1093/brain/awq353

TISDALL, M. M., SMITH, M., 2006. *Cerebral Microdialysis: Research Technique or Clinical Tool* [online]. British Journal of Anaesthesia. [cit. 2022-08-15]. 97(1), pp. 18-25. ISSN 0007-0912. doi: 10.1093/bja/ael109

TOMEK, A., 2018. *Neurointenzivní péče*. 3. vydání. Praha: Mladá fronta. 608 s. ISBN 978-80-204-5119-4.

- TORNÉ, R. et al., 2020. *Double Hemispheric Microdialysis Study in Poor-Grade SAH Patients* [online]. Scientific Reports. [cit. 2022-08-15]. 10(1). pp. 1-9. ISSN 2045-2322. doi: 10.1038/s41598-020-64543-x. Dostupné též z: <http://www.nature.com/articles/s41598-020-64543-x>
- TSENG, E. E. et al., 2010. *Glutamate Excitotoxicity Mediates Neuronal Apoptosis After Hypothermic Circulatory Arrest* [online]. The Annals of Thoracic Surgery. [cit. 2022-08-15]. 89(2), pp. 440-445. ISSN 0003-4975. doi: 10.1016/j.athoracsur.2009.10.059
- TYLL, T., et al., 2020. *Neuroanestezie a základy neurointenzivní péče*. 2. vydání. Praha: Maxdorf. 360 s. ISBN 978-80-7345-654-2.
- UGRAS, G. A., YÜKSEL, S., 2014. *Factors Affecting Intracranial Pressure and Nursing Interventions* [online]. Nurs Care. [cit. 2022-05-12]. 1(1), pp. 1-6. ISSN 2381- 8974. Dostupné z: https://pdfs.semanticscholar.org/b90a/fac09de41c6732120f5f29d144d2e2450f8d.pdf?_ga=2.236496965.510443910.1564316963-1847705374.1558212630
- VARGHESE, R., et al., 2017. *Nursing Management of Adults with Severe Traumatic Brain Injury: A Narrative Review* [online]. Indian Journal of Critical Care Medicine. [cit. 2022-08-09]. 21(10), pp. 684-697. ISSN 0972-5229. doi: 10.4103/ijccm.IJCCM_233_17. Dostupné též z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5672675/>
- VÉVODA, J. et al., 2013. *Motivace sester a pracovní spokojenost ve zdravotnictví*. Praha: Grada. 160 s. ISBN 978-802-4747-323.
- Vyhláška Ministerstva zdravotnictví č. 55/2011 Sb., 2011, ze dne 1. března 2011, o činnostech zdravotnických pracovníků a jiných odborných pracovníků. [online]. [cit. 2022-08-15]. In: *Sbírka zákonů České republiky*, částka 20, s. 482- 544. ISSN 1211-1244. Dostupné z: <http://aplikace.mvcr.cz/sbirkazakonu/GetAll.aspx>
- VYTEJČKOVÁ, R. et al., 2013. *Ošetrovatelské postupy v péči o nemocné II: speciální část*. Praha: Grada. 288 s. ISBN 978-80-247-3420-0.
- VOKURKA, M., HUGO, J., 2015. *Velký lékařský slovník*. 10. vydání. Praha: Maxdorf. 1113 s. ISBN 978-80-7345-456-2.

WEISSENBORN, K. 2019. *Hepatic Encephalopathy: Definition, Clinical Grading and Diagnostic Principles* [online]. *Drugs*. [cit. 2022-08-14]. 79(1), pp. 5-9. ISSN 0012-6667. doi: 10.1007/s40265-018-1018-z. Dostupné z: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s40265-018-1018-z.pdf>

WILLDING, R., COLICCHIA, C., STROZZI, F. 2012. Supply chain risk management: a new methodology for a systematic literature review. *Supply Chain Management: An International Journal* 17(4): 403-418. DOI: 10.1108/13598541211246558

WINBERG, J. et al., 2022. *Cerebral Microdialysis-Based Interventions Targeting Delayed Cerebral Ischemia Following Aneurysmal Subarachnoid Hemorrhage* [online]. *Neurocritical Care*. [cit. 2022-08-15]. 37(1), pp. 255-266. ISSN 1541-6933. doi: 10.1007/s12028-022-01492-5. Dostupné z: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12028-022-01492-5#citeas>

YOUNG, B. et al., 2016. *Cerebral Microdialysis* [online]. *Critical Care Nursing Clinics of North America*. [cit. 2022-08-15]. 28(1), pp. 109-124. ISSN 0899-5885. doi: 10.1016/j.cnc.2015.09.005

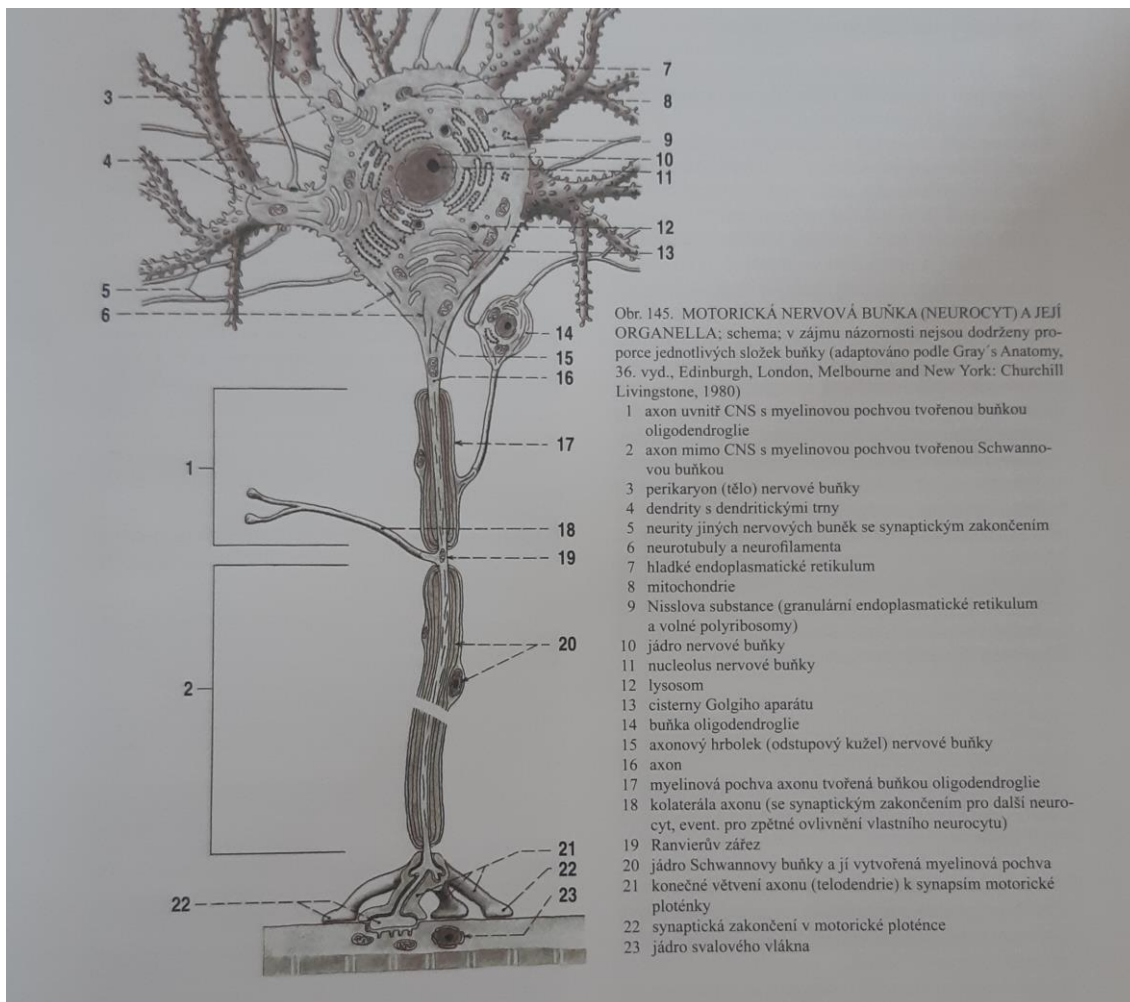
ZDRAVOTNĚ SOCIÁLNÍ FAKULTA JU ČB, 2022. *Specializace v ošetrovatelství* [online]. ZSF JCU ČB. [cit. 2022-08-03]. Dostupné z: https://www.zsf.jcu.cz/cz/prijimaci-zkousky/studijni-programy/studijni-program?program=2856&fbclid=IwAR2cyyAXr3-ngqQUfI5SZ-rumKxKmW-pbzbp_iv21uuKGKPNcgCHfVQFunY

ZETTERSTRÖM, T. et al., 1983. *In Vivo Measurement of Dopamine and Its Metabolites by Intracerebral Dialysis: Changes After d-Amphetamine* [online]. *Journal of Neurochemistry*. [cit. 2022-08-15]. 41(6), pp. 1769-1773. ISSN 0022-3042. doi: 10.1111/j.1471-4159.1983.tb00893.x

ZHOU, T., KALANURIA, A., 2018. *Cerebral Microdialysis in Neurocritical Care* [online]. *Current Neurology and Neuroscience Reports*. [cit. 2022-08-15]. 18(12), pp. 1-11. ISSN 1528-4042. doi: 10.1007/s11910-018-0915-6

Seznam příloh

Příloha č.1



Zdroj: ČIHÁK, R., 2016. *Anatomie 3*. 3. vydání. Praha: Grada, 832 s. ISBN 978-80-247-5636-3.

Příloha č.2

■ Tab. 4.1 Glasgow Coma Scale (GCS)

E (eye opening)	otevření očí	4	spontánní otevření
		3	na výzvu, na zvuk
		2	na bolest
		1	žádná odpověď
V (verbal response)	nejlepší slovní odpověď	5	adekvátní orientovaný slovní projev
		4	neadekvátní neorientovaný slovní projev
		3	jednotlivá slova
		2	nesrozumitelné zvuky
		1	žádná odpověď
M (motor response)	nejlepší motorická odpověď	6	cílený pohyb, vyhoví
		5	lokalizuje bolestivý podnět (pohyb k podnětu)
		4	nečlená, úniková reakce na bolest (pohyb od podnětu)
		3	nečlená flexe končetiny (dekortikace)
		2	nečlená extenze končetiny (decerebrace)
		1	žádná odpověď

Zdroj: BARTŮNĚK, P. et al., 2016. *Vybrané kapitoly z intenzivní péče*. Praha: Grada-752 s. ISBN 978-80-247-4343-1.

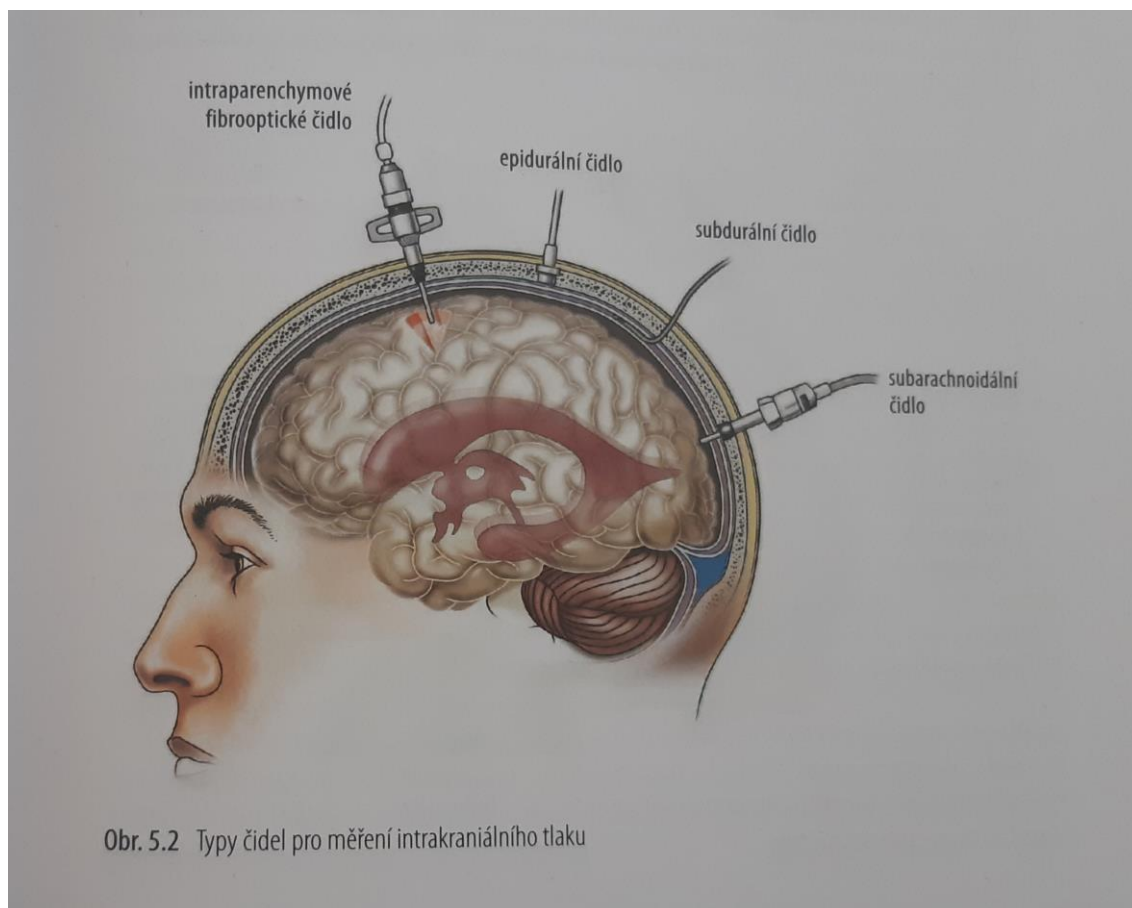
Příloha č. 3

■ Tab. 4.2 Skóre Full Outline of Unresponsiveness (FOUR)

E (eye opening)	otevření očí	4	spontánně otevře, sleduje
		3	spontánně otevře, nesleduje
		2	otevře na výzvu
		1	otevře na bolest
		0	neotevře
M (motor response)	motorická odpověď	4	vyhoví pokynům
		3	lokalizuje bolestivý podnět
		2	flexe na bolest
		1	extenze na bolest
		0	žádný odpověď
B (brainstem reflexes)	kmenové reflexy	4	zornice izokorické fotoreakce a korneální reflex: +
		3	zornice anizokorické – jednostranná mydriáza fotoreakce a korneální reflex: +
		2	fotoreakce nebo korneální reflex – jeden ze dvou: +
		1	fotoreakce a korneální reflex: 0 dáivý reflex: +
		0	fotoreakce + korneální + dáivý reflex: 0
R (respiration)	dýchání	4	pravidelné dechy
		3	Cheyneovo–Stokesovo dýchání
		2	nepřavidelné dechy
		1	přidechuje při UPV nad frekvenci ventilátoru
		0	dechy při UPV odpovídají nastaveným řízeným

BARTŮNĚK, P. et al., 2016. *Vybrané kapitoly z intenzivní péče*. Praha: Grada- 752 s. ISBN 978-80-247-4343-1.

Příloha č. 4



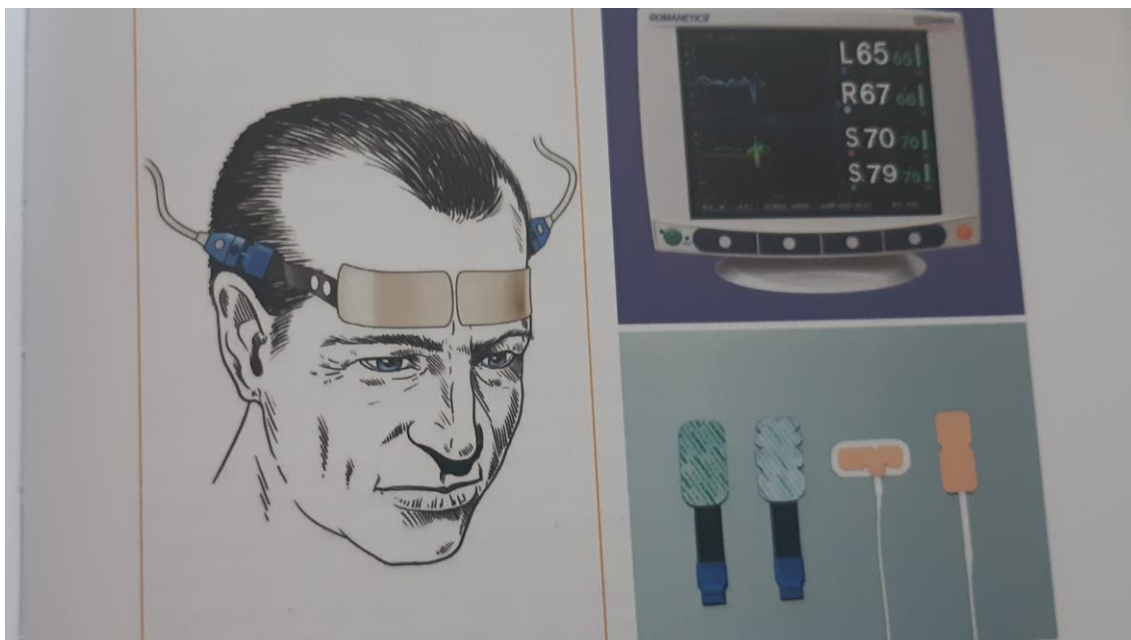
Zdroj: TYLL, T., et al., 2020. *Neuroanestezie a základy neurointenzivní péče*. 2. vydání. Praha: Maxdorf. 360 s. ISBN 978-80-7345-654-2.

Příloha č. 5



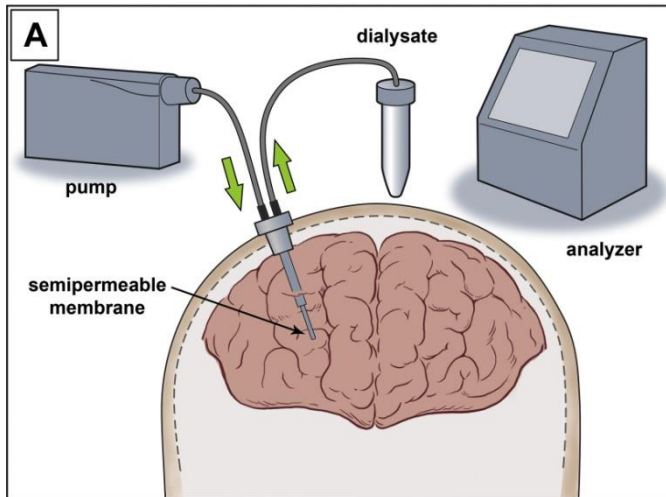
Zdroj: TYLL, T., et al., 2020. *Neuroanestezie a základy neurointenzivní péče*. 2. vydání. Praha: Maxdorf. 360 s. ISBN 978-80-7345-654-2.

Příloha č.6



Zdroj: TYLL, T., et al., 2020. *Neuroanestezie a základy neurointenzivní péče*. 2. vydání. Praha: Maxdorf. 360 s. ISBN 978-80-7345-654-2.

Příloha č. 7



Dostupné z: PIERCE, C. F., et al., 2021. Cerebral microdialysis as a tool for assessing the delivery of chemotherapy in brain tumor patients. *World Neurosurgery*. 145, 187-196. doi.org/10.1016/j.wneu.2020.08.161

Příloha č. 8

DATE: _____

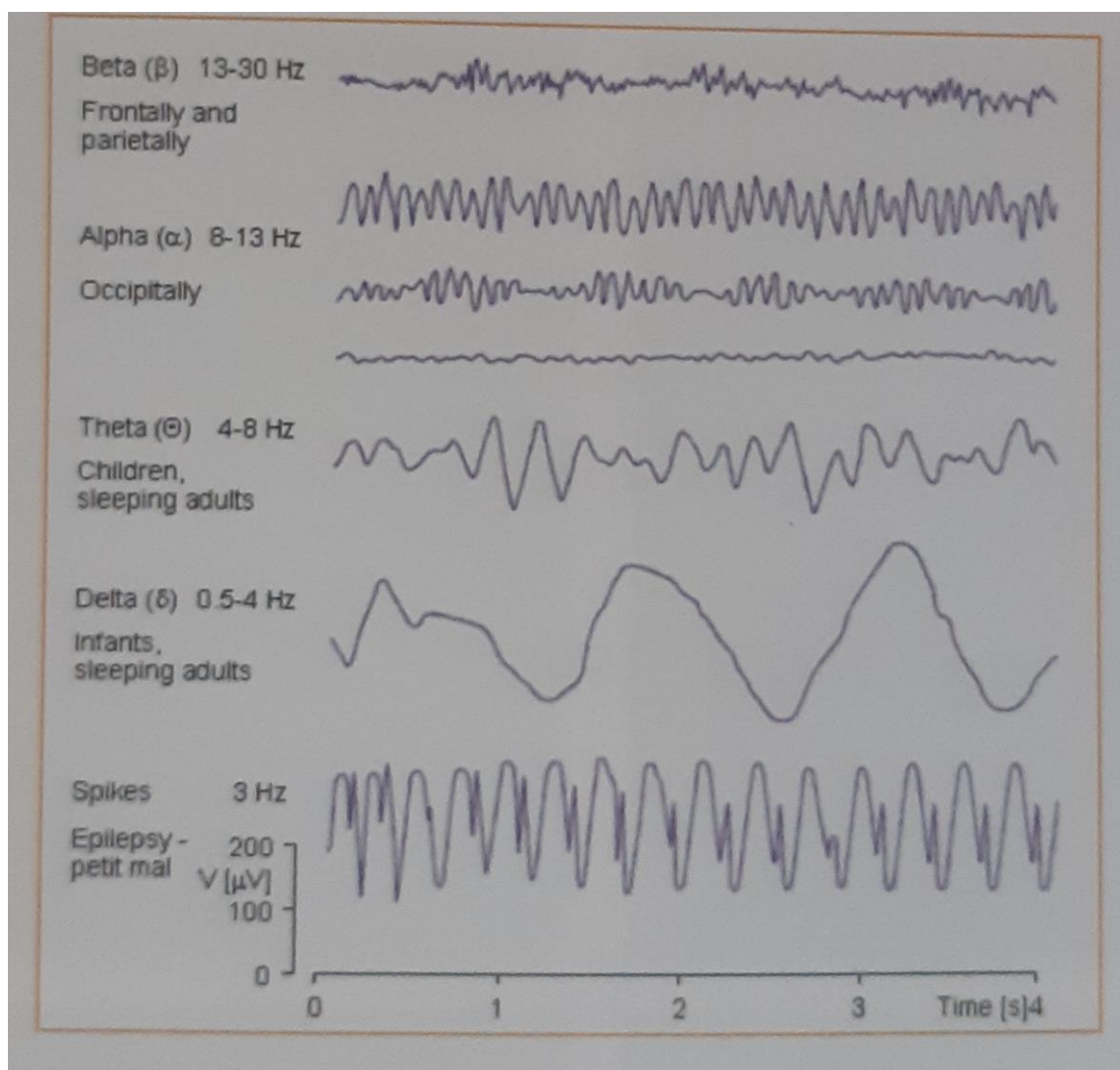
	0700	0800	0900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800
Exam Change:												
Intervention:												
ICP												
CPP												
P _{bt} O ₂												
Brain temperature												
CBF												
K Value												
Microdialysis Values:												
Glucose												
Lactate												
Pyruvate												
LPR												
Glutamate												
Glycerol												

Fig. 3. Example of an MMM (multimodality monitoring) nursing documentation grid depicting hour CMD analyte values alongside other neuromonitoring parameters.

Cerebral Microdialysis
119

Dostupné z: YOUNG, Bethany, et al., 2016. Cerebral microdialysis. *Critical Care Nursing Clinics*. 28(1), 119 s. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.cnc.2015.09.005>

Příloha č. 9



Zdroj: TYLL, T., et al., 2020. *Neuroanestezie a základy neurointenzivní péče*. 2. vydání. Praha: Maxdorf. 360 s. ISBN 978-80-7345-654-2.

Seznam zkratek

APACHE	acute physiology and chronic health evaluation
ATLS	advanced trauma life support
CAM-ICU	The confusion assessment method for intensive care unit
cEEG	kontinuální elektroencefalografie
CEP	kognitivní evokované potenciály
CMP	cévní mozková příhoda
CNS	centrální nervová soustava
CO ₂	oxid uhličitý
CPP	cerebral perfusion pressure
CT	počítačová tomografie
CVP	centrální žilní tlak
ČR	Česká republika
EEG	elektroencefalografie
EKG	elektrokardiografie
EMG	elektromyelografie
EP	evokované potenciály
ERP	evokované potenciály vázané na události
FOUR	full outline of unresponsive
GABA	γ -aminomáselná kyselina
GCS	Glasgow coma scale
ICDSC	intensive care delirium screening checklist
ICP	intracranial pressure

JIP	jednotka intenzivní péče
kDa	kilodalton
LED	light emitting diode
MAP	střední arteriální tlak
mmHg	milimetry rtuťového sloupce
MPM	mortality probability model
MRC	medical research council
NAEP	sluchové kmenové evokované potenciály
NIRS	near infrared spectroscopy
NPi	neurological pupil index
OPS	orthogonal polarization spectral imaging
paCO ₂	parciální tlak kyslíku
PbtO ₂	brain tissue oxygen
PGCS	paediatric glasgow coma scale
PNP	přednemocniční neodkladná péče
P _{sl} CO ₂	sublinguální kapnometrie
PtiO ₂	tkáňová oxymetrie
RTG	tentgen
SDF	sidestream field
SSEP	somato-senzorické evokované potenciály
SpO ₂	saturace kyslíku
SVjO ₂	jugulární oxymetrie