



Zdravotně
sociální fakulta
Faculty of Health
and Social Sciences

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

**Monitoring nervového systému u pacientů
s kraniocerebrálním poraněním – role sestry**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Studijní program: **OŠETŘOVATELSTVÍ**

Autor: Bc. Štěpánka Vanišová

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

České Budějovice 2019

Prohlášení

Prohlašuji, že svoji diplomovou práci s názvem „*Monitoring nervového systému u pacientů s kraniocerebrálním poraněním – role sestry*“ jsem vypracovala 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 12.08. 2019

.....

Poděkování

Chtěla bych poděkovat zejména PhDr. Andree Hudáčkové, Ph.D. za její odborné vedení a čas, který mi věnovala při psaní této diplomové práce. Děkuji i celé mojí rodině za pomoc a psychickou podporu a paní Mgr. Elišce Melicherové za gramatickou a stylistickou korekturu.

Monitoring nervového systému u pacientů s kraniocerebrálním poraněním – role sestry

Abstrakt

Tato teoretická diplomová práce je zaměřena na monitoring nervového systému u pacientů s kraniocerebrálním poraněním a na roli sestry v této problematice.

Jejím cílem bylo poskytnout všeobecný a komplexní přehled o kraniocerebrálním poranění a možnostech monitoringu nervového systému u pacientů s tímto poraněním a zmapovat roli sestry při monitoringu nervového systému u pacientů s kraniocerebrálním poraněním.

K dosažení cílů bylo použito metody review a syntézy dat. Zdroje pro zpracování diplomové práce byly vyhledávány prostřednictvím odborných zahraničních databází, vyhledávačů na internetu a prostřednictvím katalogů a databází knihoven. Čerpáno bylo z odborné tuzemské i zahraniční literatury, v elektronické i tištěné podobě.

Vývojem technologií se v klinické praxi objevují nové monitorovací techniky nervového systému, které už někde považují za standard, jinde je teprve zavádějí anebo nemají doposud s těmito technikami zkušenosti žádné. Sestry pracující s pacienty s kraniocerebrálním poraněním by měly mít k dispozici dostatek informací k této problematice. Bohužel literatura s touto problematikou určená pro sestry se v tuzemských zdrojích moc často nevyskytuje. Tato diplomová práce by mohla alespoň částečně posloužit jako studijní materiál pro sestry i studenty.

V diplomové práci je zpřehlednění patofyziologie kraniocerebrálního onemocnění, současné nejčastěji využívané metody monitoringu nervového systému u pacientů s kraniocerebrálním poraněním v zahraničí i u nás. V další části práce jsou jednotlivé metody monitoringu doplněny o informace, které uplatní obzvláště sestry pracující na jednotkách intenzivní péče s pacienty s kraniocerebrálním poraněním.

Klíčová slova

Kraniocerebrální poranění; poranění mozku; monitoring nervového systému; neuromonitoring; multimodální monitoring; role sestry; pacient

Monitoring of Nervous System of Patients with Craniocerebral Injury – Nurse's Role

Abstract

This theoretical thesis focuses on monitoring of nervous system of patients with craniocerebral injury and the nurse's role in the problem.

Its aim was to provide a general and comprehensive overview of craniocerebral injury and also the monitoring options of nervous system of patients with this particular injury, and to map out the nurse's role in monitoring of nervous system of patients with craniocerebral injury.

In order to achieve the objectives, the method of review and data synthesis was employed. The sources for the thesis were sought out through professional foreign databases, internet browsers and with the help of catalogues and databases of libraries. It was drawn from professional literature, both domestic and foreign, in electronic and printed form.

Owing to the development of technologies, new monitoring techniques of nervous system appear in clinical practice. Such techniques are somewhere considered standard, elsewhere they are only being introduced or there has been no experience with such techniques at all. The nurses working with patients with craniocerebral injury should have sufficient information on this problem. Unfortunately, literature dealing with this issue and intended for nurses is scarce in domestic sources. Thus the theses might at least partially serve as a study material both for nurses and students.

In the thesis, pathophysiology of craniocerebral disease is clarified as well as current most often applied methods of monitoring of nervous system of patients with craniocerebral injury, both abroad and in our country. In the next part of the thesis, the individual monitoring methods are supplemented by information used especially by the nurses working with patients with craniocerebral injury in Intensive Care Units.

Key words:

Craniocerebral injury; brain injury; monitoring of nervous system; neuromonitoring; multimodal monitoring; nurse's role; patient

Obsah

Úvod	9
Cíle práce	10
Metodika	11
1 Současný stav	12
2 Kraniocerebrální poranění	14
2.1 Etiologie.....	14
2.2 Patofyziologie	14
2.2.1 Poranění měkkých tkání a kostí lebky	14
2.2.2 Poranění mozku	16
2.2.2.1 Primární poranění mozku	16
2.2.2.2 Sekundární poranění mozku	19
3 Monitoring pacienta s kraniocerebrálním poraněním	24
3.1 Základní monitoring systémových parametrů	25
3.2 Monitoring nervového systému	26
3.2.1 Monitoring neurologického stavu.....	27
3.2.1.1 Zhodnocení stavu vědomí.....	28
3.2.1.2 Stav zornic a postavení bulbů.....	29
3.2.1.3 Hodnocení hybnosti končetin	29
3.2.2 Monitoring intrakraniálního tlaku.....	30
3.2.3 Monitoring mozkového perfuzního tlaku	34
3.2.4 Oxymetrie mozku	35
3.2.4.1 Jugulární oxymetrie	36
3.2.4.2 Tkáňová oxymetrie	37
3.2.4.3 Blízká infračervená spektroskopie	39
3.2.5 Monitoring mozkového krevního průtoku.....	40
3.2.6 Cerebrální mikrodialýza	41
3.2.7 Elektroencefalografie a evokované potenciály	43
3.3 Multimodální neuromonitoring.....	46

4	Role sestry v monitoringu nervového systému u pacientů s kranio cerebrálním poraněním	48
4.1	Role sestry v monitoringu nervového systému v přednemocniční péči	48
4.2	Role sestry v monitoringu nervového systému na urgentním příjmu	50
4.3	Role sestry v monitoringu nervového systému v intenzivní péči	51
4.3.1	Posouzení neurologického stavu	51
4.3.1.1	Zhodnocení stavu vědomí	51
4.3.1.2	Sledování očí	54
4.3.2	Role sestry při přístrojovém monitoringu	56
4.3.2.1	Role sestry v monitoringu intrakraniálního tlaku a mozkového perfuzního tlaku	56
4.3.2.2	Role sestry v monitoringu mozkové oxygenace	60
4.3.2.3	Role sestry v monitoringu mozkového krevního průtoku	63
4.3.2.4	Role sestry v cerebrální mikrodialýze	64
4.3.2.5	Role sestry v monitoringu elektroencefalografie	66
5	Specifika ošetrovatelské péče u pacientů s kranio cerebrálním poraněním a s multimodálním monitoringem.....	70
5.1	Hospitalizace pacienta	70
5.2	Práce sestry s technikou	71
5.3	Plánování ošetrovatelské péče	71
5.4	Polohování a manipulace s pacientem	72
5.5	Péče o nitrolební čidla	73
5.6	Péče o zevní komorovou drenáž	73
5.7	Plicní ventilace a odsávání	74
5.8	Řízená hypotermie	74
5.9	Bazální stimulace	75
5.10	Dekompresivní kraniektomie	76
5.11	Kontrola glykémie	76
5.12	Péče o vyprazdňování stolice	77
6	Možnosti vzdělávání sester v monitoringu nervového systému	78
7	Závěr	80

8	Seznam literatury	82
9	Seznam příloh	97
10	Seznam zkratek.....	111

Úvod

Výskyt kraniocerebrálního poranění celosvětově narůstá a je častou příčinou smrti nebo zdravotního postižení různého stupně. Častější výskyt kraniocerebrálního poranění je dán zvyšující se automobilovou dopravou a následně nárůstem dopravních nehod, které jsou nejčastější příčinou tohoto poranění. Dalším důvodem vzniku kraniocerebrálního poranění jsou adrenalinové sporty, které se stávají s narůstající ekonomikou stále oblíbenějšími a dostupnějšími. Populace stárne, a to je další důvod proč kraniocerebrální poranění narůstá. U starých lidí dochází často k pádům na hlavu a ke kraniocerebrálnímu poranění. Z těchto uvedených příčin vyplývá, že pacientů s kraniocerebrálním poraněním bude v následujících letech přibývat a tato problematika se bude dostávat do popředí veřejného zájmu i systémů zdravotní péče.

Léčba kraniocerebrálního poranění spočívá v prevenci sekundárního poškození mozku. Díky monitoringu nervového systému lze v některých případech sekundárnímu poškození mozku předejít, protože pomocí monitoringu se mohou získávat přesnější informace o vývoji poranění. Pro tento benefit musí být vhodně zvolené monitorovací techniky a výsledky z monitorování musí být správně interpretovány. Za správnou monitorovací techniku, její fungování a vyhodnocování výsledků je zodpovědný celý zdravotnický tým, ve kterém je nutná dobrá spolupráce. Sestry mají zásadní roli v monitoringu nervového systému. Měly by dobře znát jednotlivé monitorovací systémy a umět dobře vyhodnotit jejich výsledky, protože sestra je ta, která je dvacetčtyři hodin denně u pacienta a často bývá první, která může upozornit na změnu jeho zdravotního stavu.

Některé monitorovací techniky nervového systému jsou poměrně složité a je nutné, aby sestry byly s těmito technikami dobře seznámeny. Sestry musí mít zájem, ale také možnost se se v této problematice vzdělávat. Musí znát význam a užitečnost monitorovacích technik, aby nebylo ohroženo správné a bezchybné monitorování. S neustálým technologickým vývojem a se změnami kompetencí sester, které možná nastanou, je důležité, aby byly sestry v této problematice stále vzdělávány.

V této diplomové práci jsem se snažila zpřehlednit nejčastěji využívané monitorovací techniky nervového systému a jejich princip fungování u pacientů s kraniocerebrálním poraněním a nastínit jakou roli v těchto monitorovacích technikách hraje sestra.

Cíle práce

Prvním cílem této teoretické diplomové práce bylo, na základě prostudování dostupných a odborných zdrojů, poskytnout všeobecný a komplexní přehled o kraniocerebrálním poranění a možnostech monitoringu nervového systému u pacientů s tímto poraněním.

Druhým cílem bylo zmapovat roli sestry při monitoringu nervového systému u pacientů s kraniocerebrálním poraněním.

Metodika

Pro teoretickou diplomovou práci s názvem Monitoring nervového systému u pacientů s kraniocerebrálním poraněním – role sestry bylo využito metody review a syntézy dat. Údaje pro sepsání diplomové práce byly čerpány z odborných databází Jihočeské univerzity. Čerpáno bylo z DOAJ: DIRECTORY OF OPEN ACCESS JOURNALS, EBSCO, OVID, PROQUEST CENTRAL, PUBMED, SCIENCE DIRECT, SCOPUS, SPRINGER LINK, WILEY ONLINE LIBRARY, OXFORD JOURNALS. Různé české a zahraniční zdroje byly vyhledávány také přes portál Jednotné informační brány: JIB a přes internetové vyhledávače Google Books a Google Scholar. Další tištěné, ale i elektronické zdroje byly získávány prostřednictvím katalogů a databází Národní lékařské knihovny, Jihočeské vědecké knihovny a knihovny Nemocnice České Budějovice, a.s.

Sběr informací a podkladů pro diplomovou práci probíhal v období od září 2018 do června 2019. V diplomové práci bylo celkem použito 127 zdrojů. Z toho 76 zahraničních a 51 českých.

1 Současný stav

Výskyt kraniocerebrálního poranění celosvětově narůstá především v zemích se středními příjmy a s nízkými příjmy, a to z důvodu rostoucího využívání automobilů. V zemích s vysokými příjmy se míra dopravních kraniocerebrálních poranění snižuje, ale zvyšují se mozkové léze u starších lidí v důsledku pádu v domácnosti (Stocchetti, 2014). Kraniocerebrální poranění představuje závažnou medicínskou i socioekonomickou problematiku (Tyll et al., 2014). Je třetí nejčastější příčinou smrti u jedinců mladších 45 let a nejčastější příčinou úmrtí v dětském věku (Seidl, 2015).

Počet lidí v České republice, kteří jsou každoročně přijati do nemocnice s poraněním mozku, se pohybuje okolo 36 000. Z nich zhruba 85 % utrpí tzv. lehké poranění mozku, kdy ztráta vědomí nepřesáhne patnáct minut. U 10 % lidí je diagnostikováno středně těžké poranění mozku, u kterého ztráta vědomí trvá minimálně patnáct minut a maximálně šest hodin, a u 5 % osob dojde k těžkému poranění mozku, kdy ztráta vědomí je delší než šest hodin. Tito lidé se obvykle potýkají s dlouhodobými komplexními následky poranění, která mají vliv na jejich osobnost, myšlení, pohyblivost, komunikaci a vztahy, v důsledku čehož pak mohou mít problémy vést nezávislý život (Poranění mozku.cz, ©2013).

Jelikož je kraniocerebrální poranění převážně spojeno i s jinými úrazy na těle, je diagnostika a léčba kraniocerebrálního poranění součástí managementu polytraumatu. Poranění mozku a lebky často ohrožuje postiženého bezvědomím a následně aspirací, a to až u 85 % postižených, a dále poruchami dýchání až apnoí, infekcí mozku a obalů nebo trvalými neurologickými následky (Dobiáš, 2007).

Řízení péče o pacienty s kraniocerebrálním poraněním je do značné míry odvozeno od „*Pokynů pro léčbu těžkého traumatického poranění mozku*“, které byly publikovány nadací Brain Trauma Foundation (Haddad a Arabi, 2012). Nadace Brain Trauma Foundation byla založena v roce 1986 Dr. Jamshidem Ghajrem. Po celou dobu své existence se zabývá výzkumem traumatického poranění mozku na národní i mezinárodní úrovni. V současné době se nadále zaměřuje na provádění inovativního klinického výzkumu, aktualizuje své pokyny založené na důkazech, a jejich cílem je zlepšení výsledků milionů lidí, kteří utrpěli traumatické poranění mozku (Brain Trauma Foundation, ©2019).

Hlavním cílem v pokynech založených na důkazech nadace Brain Trauma Foundation je prevence a léčba intrakraniální hypertenze a sekundárního poškození mozku, zachování perfuzního tlaku a optimalizace okysličování mozku (Haddad a Arabi, 2012).

V tomto jejich hlavním cíli hraje důležitou roli monitoring nervového systému, který je schopen posoudit několik aspektů mozkové fyziologie a vést terapeutické zákroky určené k prevenci nebo minimalizaci sekundárního poranění. Neexistuje jediný monitor, který by byl schopen komplexně identifikovat spektrum patofyziologických změn po kraniocerebrálním poranění, ale lze měřit několik parametrů současně, aby se poskytl ucelenější obraz o fyziologii či patologii mozku a jeho reakci na léčbu (Smith, 2018).

Pokroky v monitoringu a kombinace několika parametrů nabízejí potenciál lépe porozumět patofyziologickým mechanismům v mozku pacienta a nastavit individualizovanou terapeutickou strategii, která je více zaměřena na specifické požadavky každého pacienta. Na druhou stranu dochází k přetížení dat při monitorování více parametry, tzv. multimodálním monitoringu, a k složitosti interpretace signálů z více zdrojů, kterým je potřeba věnovat zvýšenou pozornost. Tím se kladou vyšší požadavky na spolupráci a interakci ošetrovatelského personálu (Feyen et al., 2012).

2 Kraniocerebrální poranění

Ševčík et al. (2014) definují kraniocerebrální poranění jako „*poškození měkkých tkání, kostí lebky a mozku na základě úrazového děje*“ (Ševčík et al., 2014, s. 496).

2.1 Etiologie

Mezi nejčastější příčiny kraniocerebrálního poranění v České republice patří dopravní nehody a to v 60–80 % případů. Z toho motocyklisté tvoří 10 %, chodci a cyklisté přibližně 8-10 % (Návraty.info, ©2019). Dopravní nehody tvoří více než 50 % smrtelných úrazů z kraniocerebrálního poranění. Postižení jsou hlavně mladí dospělí, kteří požili alkohol (Seidl, 2008).

Druhou nejčastější příčinu kraniocerebrálního poranění způsobují v 10 % pády. Přibližně 9 % kraniocerebrálního poranění je způsobeno napadením, během sportu a při střelných poraněních. K méně než 8 % kraniálních traumat dochází při práci v průmyslu zejména v oborech hutnictví, hornictví, stavebnictví, dřezpracujícím průmyslu apod. (Návraty.info, ©2019). Kulišťák et al. (2017) uvádějí jako druhou příčinu poranění mozku sport. Jedná se zejména o běžné sporty, tzv. rekreační, nikoliv o sport vrcholový.

V průměru 2–2,8x častěji jsou kraniocerebrálním poraněním postiženi muži než ženy (Návraty.info, ©2019). Z hlediska věku jsou nejohroženější skupinou muži mezi 15. a 29. rokem života (dopravní nehody, sport) a lidé nad 75 let obou pohlaví, a to opět více muži (Kulišťák et al., 2017).

2.2 Patofyziologie

2.2.1 Poranění měkkých tkání a kostí lebky

Poranění skalpu vede dle své intenzity k různým stupňům poranění. Od prosté kontuze skalpu po totální avulzi. Bohaté cévní zásobení způsobuje u těžkých úrazů skalpu velké ztráty krve a může dojít až k hemoragickému šoku. Poranění skalpu je většinou součástí zlomenin lebky a nitrolebních traumat a ukazuje na místo působení zevní síly (Ševčík et al., 2014).

Terapie spočívá v zástavě krvácení, debridementu a sutuře rány. Někdy je nutný lalokový přesun. Skalpace a avulze spadá do kompetence plastické chirurgie. Provádí lalokové plastiky, kožní štěpy a výjimečně replantace (Tomek et al., 2018).

U poranění lebky se jedná o zlomeniny. Tloušťka lební klenby je rozlišná, např. šupina spánkové kosti může být velmi tenká a k jejímu poranění může dojít i malým nárazem. Zlomeniny lebky se dělí na zavřené a otevřené a z hlediska nitrolebního prostoru se ještě rozlišuje poranění penetrující. Dále se zlomeniny rozdělují na zlomeniny klenby lební a báze lební (Ambler, 2011).

Zlomeniny klenby lební jsou lineární fisury, a to částečné nebo úplné a většinou nemají velký klinický význam (Ambler, 2011). Tomek et al. (2018) upozorňují, že až 90 % epidurálních hematomů je sdruženo s lineární fisurou a je nutné pacienta v časném poúrazovém období pečlivě sledovat (Tomek et al., 2018). Dále jsou to zlomeniny tříštivé, které nasvědčují vždy hrubšímu a ohraničenému násilí, a poslední jsou zlomeniny vpáčené neboli impresivní, které představují riziko poškození mozku (Ambler, 2011).

Zlomeni báze lební vznikají většinou nepřímo po nárazu na klenbu nebo obličejové části. Rozdělují se na zlomeniny čelní krajiny, které zasahují na spodinu přední jámy lební, strop orbity a do paranasálních dutin. Projevují se hematodem pod spojivkou a brýlovým hematodem očních víček a u těžších poranění výtokem likvoru z nosu nebo úst, poškozením čichových nervů a spodiny čelních laloků. Dále se dělí na frontobazální poranění, které je charakteristické poškozením kostí lebky, tvrdé pleny, vznikem kraniobazální komunikace a časnými i pozdními komplikacemi jako je likvorová píštěl, poškození n. optikus, intrakraniální infekce, pneumocefalus aj. Poslední jsou zlomeniny střední jámy lební, u kterých je hlavní problematikou zlomenina pyramidy. Patrný bývá hematod za uchem, může dojít k poškození zvukovodu a středního ucha, ke krvácení z ucha, vzniku ušní likvorey a k poškození VII. a VIII. mozkového nervu (Ambler, 2011).

Celkově poranění lebky nemají větší klinický význam a hlavní pozornost je vždy třeba věnovat nitrolebnímu obsahu a jeho poškození (Ambler, 2011).

2.2.2 Poranění mozku

Poranění mozku lze klasifikovat podle různých kritérií a z důvodu různého úhlu pohledu dochází k nepřehlednosti a k obtížné orientaci v této problematice (Bartůněk et al., 2016). Poranění mozku se dělí například na tupá a ostrá, ale také na zavřená a otevřená, kdy dojde k průniku lebním krytem a poranění tvrdé pleny. Nově se poranění mozku dělí na primární a sekundární. Z klinického hlediska je primární i sekundární poranění možno rozdělit ještě na fokální a difúzní (Ambler, 2011). Lippertová Grünerová (2009) dělí traumatické poranění mozku ještě pomocí skóre Glasgow Coma Scale (GCS) na těžké, střední a lehké.

2.2.2.1 Primární poranění mozku

Pod pojmem primární poranění mozku se rozumí mechanické poškození mozkové tkáně způsobené traumatem, které nelze terapeuticky ovlivnit (Lippertová Grünerová, 2009). Jedinou cestou ke snížení jejich výskytu a následků je prevence, např. nošení přileb, používání bezpečnostních pásů atd. (Tyll et al., 2014).

Primární poranění mozku je většinou způsobeno nárazem předmětu na hlavu dynamickou silou ve velmi krátkém čase (20–200 ms). Tento mechanismus se nazývá kontaktní. Malé předměty častěji způsobí impresivní fraktury nebo otevřená poranění, velké kontaktní plochy spíše způsobí lineární fraktury. U kontaktního mechanismu vznikají kromě fraktur kontuze, obvykle v místě nárazu, ale i na straně opačné, tzv. mechanismus *par contre coup* (Juráň et al., ©2019). Dalšími mechanismy, které uvádějí Kulišťák et al. (2017), jsou mechanismy penetrující, například střelné poranění a mechanismus zvaný *whiplash*, u kterého vzniká poranění při prudkém a nečekaném pohybu hlavy vlivem vnějšího nárazu například v autě, ve vlaku. Tyll et al. (2014) rozdělují primární poranění mozku na difúzní a fokální. Do difúzního poranění mozku zařazují komoci a difúzní axonální poranění a do fokálního poranění mozku řadí kontuzi a laceraci.

2.2.2.1.1 Komoce

Komoce, též lehké traumatické poranění mozku nebo otřes mozku, je nejlehčím stupněm primárního poranění. Je definována jako náhlá krátká úrazová porucha mozkové funkce (Ambler, 2011). Jde o trauma reverzibilní, bez ložiskových příznaků, které nezanechává

většinou žádné trvalé následky (Seidl, 2008). Jen opakovaná poranění mohou mít kumulativní účinek a zanechávat trvalé změny (Schilling et al., 2008).

Komoce vzniká typicky úderem do hlavy, např. úderem rukou nebo tupým předmětem ve rvačce, úderem letícího předmětu, např. kamene nebo nárazem hlavy do něčeho tvrdého (Kulišťák et al., 2017).

Komoce se dělí na stupeň lehký se sekundovým až minutovým bezvědomím a na stupeň těžký se ztrátou vědomí maximálně do třiceti minut (Ambler, 2011). Po nabrání vědomí má pacient amnézii na období úrazu. Amnézie bývá buď na období před úrazem nebo na období po úrazu a může se zkracovat. K příznakům komoce patří i zvracení, které je způsobeno podrážděním vestibulárního aparátu či vegetativních pletení v oblasti krční páteře (Pafko et al., 2008). Postižený může mít i vegetativní projevy jako je zblednutí, bradykardie, pocení, pokles tlaku až kolapsy. Mohou trvat dny, méně často i týdny a mohou být jediným příznakem proběhlého poranění (Seidl, 2015). K úplnému zotavení dochází obvykle v průběhu 24–48 hodin, ale bolesti hlavy mohou přetrvávat i měsíce (Schilling et al., 2008). Jedná se o tzv. postkomoční syndrom a nemá jasnou patologickou korelaci. Objevuje se až u 50 % pacientu po komoci. Mohou se vyskytnout bolesti hlavy, pocity zaujatosti, závratě, nesoustředěnost, únavnost, snížená výkonnost a poruchy spánku (Ambler, 2011).

2.2.2.1.2 Difuzní axonální poranění

Difuzní axonální poranění, též střížné poranění mozku, je závažné poranění mozku odpovědné za polovinu všech úmrtí na trauma centrální nervové soustavy (Seidl, 2008). Vzniká působením mechanických sil akcelerace a decelerace na rozhraní šedé a bílé hmoty. Způsobí poranění až roztržení axonů (Seidl, 2015). Porušení axonů nervových buněk má za následek porušení komunikace mezi kůrou a kmenem (Seidl, 2008). V závislosti na velikosti traumatu způsobí okamžitou poruchu vědomí různého stupně, až dokonce smrt. Na snímcích počítačové tomografie (CT) a magnetické resonance (MR) může být nález v normě. Častěji se ale zobrazují drobné intracerebrální hematomy postihující corpus callosum, horní mozečkový stonek a ostatní oblasti bílé hmoty mozkové. Mikroskopický obraz ukáže, že došlo k přerušení axonů nervových buněk (Seidl, 2015).

Difuzní axonální poranění se později u pacientů projeví bezvědomím se známkami poškození mozku kmene, tj. extenčními a pronáčnými pohyby končetin spontánně či na bolest, a jeho stav se nelepší. Pacienti často přežívají ve stavu vigilního kómatu nebo umírají po několika měsících na infekční komplikace. Léčba je konzervativní, často s nutností napojení pacienta na umělou plicní ventilaci (Pafko et al., 2008). Těžiště léčby spočívá v ošetrovatelské péči. ICP monitoring je vzhledem k bezvědomí indikován, ale obvykle vykazuje normální hodnoty (Tomek et al., 2018).

2.2.2.1.3 Mozková kontuze

Velký lékařský slovník online (©2019) kontuzi mozkovou definuje jako „*zhmoždění mozkové tkáně traumatem bez perforace dura mater*“.

Mozková kontuze je závažnější poranění než komoče. Jde o akceleračně – decelerační nebo coup – contrecoup poranění. V poraněné oblasti dochází k přerušení normální funkce nervů. Poranění se nachází přímo pod místem nárazu či úderu, kde mozek narazí na lebku a následně se od ní odrazí. Například při úderu tupým předmětem. Zhmoždění může nastat i tehdy, když je hlava vymrštna vpřed a náhle se zastaví, například při nárazu hlavy do čelního skla při autonehodě (Schilling et al., 2008).

Může jít o různé stupně poranění, která se liší svým rozsahem, léčbou a prognózou. Drobné poranění se projeví pouze na elektroencefalografii, načež rozsáhlé kontuze mohou vést k rozdrčení mozkové tkáně až úplné destrukci části mozku (Seidl, 2008). Pafko et al. (2008) dodává, že může jít o zhmoždění lokalizované nebo difúzní, které postihuje velkou část mozku.

Kontuze má svoji dynamiku vývoje. Zpočátku mohou být příznaky lehkého poranění mozku jako je bezvědomí nebo vegetativní projevy a později se vlivem druhotných změn, zejména edému, může výrazně zhoršit ložiskový nález (Seidl, 2015). Pro kontuze jsou charakteristické kvalitativní poruchy vědomí, které se projeví prefrontálním a temporálním syndromem. Jde hlavně o psychomotorický neklid, poruchy afektivity, sníženou kritičnost a ztrátu orientace v prostoru. Typická je spavost střídaná s neklidem, agitovaností, zmateností s afektivními výbuchy až agresivitou, zejména při bolestivém podráždění nebo při probuzení. Zhmoždění jiných oblastí hemisfér se projevuje dalšími korovými příznaky, například hemiparéza, afázie aj. (Ambler, 2011). Ke zlepšení stavu poté dochází s ústupem edému, zpravidla kolem desátého dne od úrazu (Seidl, 2015).

2.2.2.1.4 Lacerace

Lacerace je těžké morfologické poškození mozkové tkáně. Vznikne transakčním nebo akceleračním mechanismem a je často spojené s kontuzemi a hematomy (Tyll et al., 2014). Trvalé následky bývají těžké a celková prognóza je nepříznivá (Štefánek, 2011).

2.2.2.2 Sekundární poranění mozku

Sekundární poranění vznikají progresí primárního poranění (Tyll et al., 2014). Ševčík et al. (2014) rozdělují sekundární poranění na extrakraniální a intrakraniální příčiny. Z extracerebrálních příčin je to především hypoxie a hypotenze. Hypoxie vzniká často v souvislosti s neprůchodností dýchacích cest a při poranění hrudníku a k hypotenzii dochází zejména při krvácení do dutiny hrudní, břišní nebo do pánve. Tyto příčiny uvádějí i Kulišťák et al. (2017). Ševčík et al. (2014) považují ještě za důležité inzulty hyperkapnií, která způsobuje vazodilataci a následné zhoršení mozkového edému, a hypokapnií, která způsobuje vazokonstrikci a může vést k ischemii mozkové tkáně. Uvádějí i velmi nežádoucí systémový inzult hypertermií, tělesnou teplotu vyšší než 39°C. Za zhoršující se stavy sekundárního poškození mozku po úrazu hlavy je zodpovědná dle Ševčík et al. (2014) také hyperglykémie a hypoglykémie.

Nejčastějším patofyziologickým mechanismem vzniku sekundárního poranění z intrakraniální příčiny je nárůst intrakraniálního tlaku, který zhoršuje již existující poškození mozku a neřešený vede k nevratným změnám i v částech primárně nepoškozených (Tyll et al., 2014). Nárůst intrakraniálního tlaku může být způsoben otokem mozku, přítomností traumatického hematomu nebo poruchou pasáže likvoru (Ševčík et al., 2014).

Ať už je sekundární mozkové poškození po úrazu mozku nastartováno jakoukoliv příčinou, tak na buněčné a subcelulární úrovni existují společné patofyziologické projevy porušeného metabolismu vedoucího nakonec ke smrti buňky (Ševčík et al., 2014).

Tyll et al. (2014) řadí k sekundárnímu poranění mozku nitrolební hematomy, poranění přírodních a mozkových tepen, mozkový edém, intrakraniální infekce, likvoreu a další posttraumatické komplikace. Seidl (2015) ještě navíc uvádí poúrazovou mozkovou ischemii, herniaci mozkových struktur v důsledku úrazu a vegetativní stav. Pafko et al. (2008) považuje za sekundární poranění ischemická či biochemická poškození mozku

následkem úrazu, ke kterým řadí již uvedené hematomy, a navíc ještě expanzivně chovající se kontuze.

V této práci bylo použito dělení sekundárního poškození mozku dle poznatků Nemocnice na Homolce uvedených na jejích internetových stránkách. Sekundární poškození mozku dělí na nitrolební krvácení (hematomy), edém mozku, mozkovou ischemii a infekci mozku (Nemocnice na Homolce, ©2017).

2.2.2.2.1 Poúrazové nitrolební krvácení

Poúrazové nitrolební krvácení se dělí na epidurální a subdurální hematomy, intracerebrální a traumatické subarachnoidální krvácení (Ambler, 2011).

„Epidurální hematom provází středně těžká až těžká traumata , tvoří 4-5 % úrazů centrálního nervového systému , v 10 % končí smrtí“ (Seidl, 2008, s.72). Ambler (2011) dodává, že může vzniknout i po lehčích traumatech, která mají charakter lehké mozkové komoče. Uvádí, že často bývá přítomna fisura kalvy, a to až u 75 % pacientů, a ve věku nad 60 let se vyskytuje vzácně z důvodu, že dura mater lpí pevně ke kosti (Ambler, 2011).

Epidurální hematom je lokalizován mezi tvrdou plenou mozkovou a kostmi lebky. Nejčastěji vzniká na podkladě arteriálního krvácení, obvykle z arteria meningica media. Může se však vyvinout i při krvácení z fraktury lebky (Tyll et al., 2014). V osmdesáti procentech je epidurální hematom lokalizován v temporální oblasti (Ševčík et al., 2014). Krvácení se zastaví až když intrakraniální tlak převýší tlak v cévě (Seidl, 2008), jelikož protitlak mozku není dostatečný, aby krvácení zastavil (Pafko et al., 2008).

Příznaky nastupují často již v prvních třech hodinách po úrazu, ale i později. Objevují se ložiskové příznaky, intrakraniální hypertenze a alterace vědomí (Seidl, 2008). Ložiskové příznaky jsou především hemiparézy nebo hemiplegie, afázie nebo lokalizované epileptické křeče a rozvoj okohybné poruchy, především jednostranné mydriázy s vyhaslou fotoreakcí (Ambler, 2011). Po úrazu je obvykle krátké bezvědomí z komoče, ze kterého se pacient probírá a následuje lucidní interval. Nemocný je při vědomí, bez větších potíží, a to trvá do fáze nástupu intrakraniální hypertenze, která se projevuje narůstající cefaleou, nauzeou, zvracením, progredující únavou, spavostí až poruchou vědomí a kómatem. Lucidní interval trvá obvykle pár hodin (Seidl, 2008).

Hematom se prokáže při CT vyšetření, které ukáže typický tvar bikonvexní hypertenzní čočky. CT mozku provedené ihned po úrazu může prokázat malý rozsah krvácení, které během jedné až dvou hodin může zmnohonásobit svůj objem. Pacienta při vědomí je nutné sledovat a u pacienta v bezvědomí se musí provést kontrolní CT s odstupem několika málo hodin (Ševčík et al., 2014). Pozdní diagnóza má za následek smrt z herniace (Seidl, 2015).

Epidurální krvácení se samo nezhojí. Jedinou účinnou léčbou je široká trepanace, odsátí hematomu a zastavení krvácení. Výsledek operace závisí na stavu vědomí před operací. Čím hlubší bezvědomí, tím horší prognóza. Včasná operace vede k úplnému uzdravení (Seidl, 2008).

U subdurálního hematomu je krvácení mezi tvrdou plenou mozkovou a pavoučnicí. Zdrojem krvácení jsou přemostňující žíly (povrchové mozkové žíly před vstupem do splavů). Může vzniknout mechanismem úrazu coup i contre-coup. Základní dělení podle vývoje a průběhu je na akutní, subakutní a chronický (Ambler, 2011).

Akutní subdurální hematom se klinicky projevuje v prvních 24–48 hodinách po úrazu a je často spojen s mozkovou kontuzí (Ambler, 2011). Projevuje se poruchou vědomí různého stupně, hemiparézou, fatickou poruchou. Při rozvoji transtentoriální herniace dochází k anizokorii a k poruchám vitálních funkcí (Ševčík et al., 2014). Léčí se konzervativně, a to hematomy do tloušťky 0,5 cm s žádným nebo minimálním expanzivním působením. Jinak se subdurální hematom operuje. Provádí se kraniotomie v rozsahu hematomu. Obvykle to znamená velkou fronto-temporo-parietální kraniotomii (Tomek et al., 2018).

Subakutní subdurální hematom se manifestuje do tří týdnů po úrazu. Vyskytuje se častěji ve vyšším věku a u méně závažných primárních poranění. Projevuje se zhoršujícím se stavem vědomí, někdy bolestmi hlavy a závratěmi. Hemiparéza nebývá většinou těžká (Ambler, 2011).

Chronický subdurální hematom se klinicky projevuje tři týdny až měsíce po úrazu a někdy si úraz pacient vůbec nevybaví. Vzniká nejčastěji u pacientů nad 70 let trpícími poruchami koagulace, toxo-nutritivní hepatopatií, chronickou warfarinizací a atrofií mozku. Erytrocyty z drobného krvácení do subdurálního prostoru se postupně rozpadají a jejich metabolity na sebe osmoticky natahují tekutinu a hematom postupně roste.

Vzniká vnitřní a zevní pouzdro hematomu (Tomek et al., 2018). Dochází k postupnému rozvoji syndromu intrakraniální hypertenze. V popředí jsou často psychické příznaky, poruchy afektivity až stavy zmatenosti. Mohou být bolesti hlavy a závratě (Ambler, 2011). Léčí se jedním či dvěma trepanačními návrty, otevřením pouzdra hematomu, vypláchnutím fyziologickým roztokem a aplikací drenáže na několik dní (Tomek et al., 2018).

Intracerebrální krvácení vzniká většinou po těžkém kraniocerebrálním poranění. Bývá fraktura lebky, kontuze a lacerace mozkové tkáně i difúzní axonální poranění. Akutní traumatické intracerebrální hematomy vznikají v okamžiku úrazu, ale častěji se objevují s odstupem šesti hodin, nejčastěji během 48 hodin (Ambler, 2011). Často se s jistotou nedají na CT vyšetření odlišit od kontuze. Intracerebrální krvácení a kontuze vznikají nejčastěji v blízkosti hlubokých impresivních zlomenin, penetrujících zranění a následkem akceleračních a deceleračních pohybů (Lippertová Grünerová, 2009).

Intracerebrální krvácení s kontuzí může mozek poškodit buď přímo, lokálním tlakem, nárůstem intrakraniálního tlaku nebo sekundárními metabolickými změnami (Lippertová Grünerová, 2009).

U traumatického subarachnoidálního krvácení, dochází ke krvácení mezi mozek a arachnoideu. Zdrojem jsou poraněné piální cévy. Vyskytuje se samostatně u lehčích poranění, nebo jako součást kontuzního poranění (Tomek et al., 2018). Je nejčastějším typem poúrazového nitrolebního krvácení (Ambler, 2011).

Hlavními příznaky traumatického subarachnoidálního krvácení jsou bolesti hlavy, neklid, meningeální příznaky a teploty. Diagnózu prokáže CT vyšetření nebo lumbální punkce (Ambler, 2011). Lippertová Grünerová (2009) doplňuje ještě transkraniální dopplerovskou sonografií.

Komplikací tohoto typu krvácení mohou být vazospasmy a poruchy cirkulace likvoru. Vazospasmy a následné poruchy prokrvení se objevují nejdříve druhý až třetí den od úrazu a vedou k biochemickým změnám v mozku. Poruchy cirkulace likvoru a tím nárůst intrakraniálního tlaku jsou zapříčiněny bloádou cest resorpce krevních elementů a fibrinu, který se nachází v subarachnoidálním prostoru (Lippertová Grünerová, 2009).

2.2.2.2.2 Poúrazový edém mozku

V případě traumatického poškození mozku se rozlišují dvě formy edému. První z nich je vazogenní neboli extracelulární edém, který vzniká poškozením hematoencefalické bariery a druhou formou je cytotoxický neboli intracelulární edém, který vzniká následkem úniku draslíku z nervových buněk. Obě dvě formy edému přispívají k nárůstu intrakraniálního tlaku. Vazogenní edém vzniká do třetího dne a intracelulární do čtrnáctého dne po poranění. (Lippertová Grünerová, 2009).

Seidl (2015) uvádí dva typy edému rozdělené dle původu, a to cévní z vazoparalýzy a edém ze zmnožení intra-a/nebo extracelulární tekutiny. Dále doplňuje, že ve snaze zabránit záměně dvou forem se stejným názvem, ale rozdílným chováním a léčebným přístupem, je pro edém z vazoparalýzy někdy užíván termín turgescence mozkové tkáně.

2.2.2.2.3 Poúrazová mozková ischemie

Ischemie po úrazu mozkové tkáně je způsobena traumatickou hypoxií nebo poruchou mozkové perfuze při selhání autoregulace. Její selhání je u těžkého kraniocerebrálního poranění pravidlem a hypotenze má v tomto případě daleko závažnější důsledky než jinak u zdravého člověka (Seidl, 2015).

Dobiáš (2007) píše, že sekundární ischemické poškození z hypotenze vzniká již při systolickém tlaku nižším než devadesát torrů. Deset minut hypotenze zvyšuje mortalitu dvojnásobně, deset minut hypoxie zvyšuje mortalitu trojnásobně a kombinace hypoxie a hypotenze zvyšuje mortalitu desetinásobně.

Ischemicko – hypoxické poškození mozku bývá mnohdy často terminální komplikací kraniocerebrálního poranění. Správná léčba proto musí začít již v přednemocniční péči, kdy je nutné zajistit adekvátní ventilaci a oběh (Ambler, 2011).

2.2.2.2.4 Poúrazová infekce

Potencionální cestou pro šíření infekce je roztržená dura mater. Infekce se většinou projeví až po 48 hodinách od úrazu, ale může propuknout i několik měsíců až let po poranění. Roztržení dury obvykle způsobí fraktura impresivní či tříštivá, nejčastěji báze lebni (Seidl, 2015).

3 Monitoring pacienta s kraniocerebrálním poraněním

Pojem monitoring pochází z latinského slova monere, které znamená varovat, připomínat (Ševčík et al., 2014). Jde o soubor činností, kterými je sledován zdravotní stav pacienta. Samotný monitoring není léčba, nýbrž zdroj informací, sloužící k volbě vhodné léčby (Zadák et al., 2017). Leonard Hudson v roce 1984 poprvé definoval monitoring jako *„opakované nebo trvalé pozorování pacienta, jeho fyziologických funkcí a funkcí všech postupů orgánové podpory, s cílem usnadnit rozhodnutí o použití léčebných intervencí, včetně posouzení efektu použitých intervencí“* (Ševčík et al., 2014, s.145).

Včasné odhalení abnormalit fyziologických funkcí představuje jedno ze základních paradigmat moderního pojetí péče o kriticky nemocné. Monitoring lze charakterizovat jako aktivní děj, kdy objektem je pacient nebo zdravotnická technika. Jedná se o opakovanou nebo kontinuální činnost v čase a při interpretaci získaných dat rozhoduje lidský prvek (Ševčík et al., 2014). Získaná data slouží nejen k posouzení aktuálního stavu pacienta, ale i k pozdějšímu zpětnému hodnocení a k dokumentaci (Kapounová, 2007).

Monitoring jednotlivých orgánových funkcí využívá přístrojové nebo laboratorní metody, ale především pečlivé a v přiměřených intervalech se opakující klinické vyšetření. Do monitoringu se tedy řadí i pečlivý odběr anamnézy a zhodnocení subjektivních obtíží pacienta v kontextu dané individuální klinické situace (Ševčík et al., 2014).

Monitoring se dělí na invazivní a neinvazivní techniky. Invazivní techniky jsou charakterizovány porušením kožního krytu, kontaktem s tělními tekutinami, či vydechovanými plyny nemocného a jejich význam stoupá s čím dál rozšířenějším využíváním agresivních a vysoce invazivních postupů. Neinvazivní techniky jsou definovány absencí porušení kožního krytu nemocného v průběhu monitorování (Kapounová, 2007). Dle Vinciguerrové a Bösel (2017) se neinvazivní monitoring nervového systému používá stále častěji k monitorování průběhu primárního poranění mozku. Výhody oproti invazivním metodám zahrnují nižší riziko infekce a krvácení a není nutná chirurgická intervence. Vinciguerrová a Bösel (2017) shrnují výsledky 88 studií mezi roky 2010 až 2015, které přezkoumávají neinvazivní monitorovací techniky jako např. transkraniální dopplerovskou sonografii, elektroencefalografii, evokované potenciály, bispektrální index a pupilometrii, kdy z výsledků studií vyplývá,

že ve většině situacích nemůžou úplně nahradit invazivní metody, ale mají velký potenciál a jsou doplňkově integrovány do multimodálního monitoringu.

U pacientů s kraniocerebrálním poraněním je monitoring nezbytný pro vedení a optimalizaci léčby. Důvodem monitorování je včasná detekce a diagnostika sekundárního poškození mozku, jak systémového, tak intrakraniálního. Proto musí monitoring pacientů s kraniocerebrálním poraněním zahrnovat jak základní monitoring systémových parametrů, tak specifické monitorování nervové soustavy (Haddad a Arabi, 2012).

Pokrok v multimodálním monitoringu nervové soustavy umožnil vyhodnocení změn markerů metabolismu mozku jako například glukózy, laktátu, glycerolu a dalších fyziologických parametrů jako je intrakraniální tlak, mozkový průtok krve, parciální tlak kyslíku v mozkové tkáni atd. V klinické praxi se ukazuje, že monitoring nervové soustavy u pacientů s kraniocerebrálním poraněním má velký příslib a vede ke zlepšení neurologického stavu pacienta (Cecil et al., 2011).

3.1 Základní monitoring systémových parametrů

Monitoring základních systémových parametrů je v akutní péči o pacienty s kraniocerebrálním poraněním dle Juráně a Smrčky (2013) důležitý, jelikož jejich patologické hodnoty mohou mít negativní vliv na mozkovou tkáň.

Dle Chowdhuryho et al. (2014) existují u pacientů s kraniocerebrálním poraněním dva důležité faktory, které významně ovlivňují výsledky poškození mozku. Jedná se o hypoxii a hypotenzi. Požadavkem je povinné sledování těchto dvou proměnných, které zahrnuje pulzní oxymetrii a invazivní krevní tlak. Za další důležité monitorování základních systémových parametrů považují elektrokardiografii (EKG), tělesnou teplotu, monitorování příjmu a výdeje tekutin, centrální žilní tlak a sledování elektrolytů v séru. Dále uvádějí, že u pacientů, kteří mají masivní přísun tekutin nebo pacienti s poškozeným myokardem, s nízkou ejekční frakcí, může být vyžadováno zavedení plicního arteriálního katetru.

Jurán a Smrčka (2013) se shodují s Chowdhurym et al. (2014) a uvádějí stejné systémové parametry, které patří do systému péče o pacienta na většině jednotkách intenzivní péče (JIP) a blíže specifikují jednotlivé modality podstatné pro pacienty s kraniocerebrálním

poraněním. Uvádějí krevní arteriální tlak, pulzní oxymetrii, tělesnou teplotu, centrální žilní tlak (CVP), bilanci tekutin a laboratorní monitoring.

Krevní arteriální tlak měřený kontinuálně nejčastěji cestou a. radialis, slouží nejen ke zjištění aktuálních hodnot systémového krevního tlaku, ale také udává hodnoty nezbytné k vypočítání mozkového perfuzního tlaku. Pomocí arteriálního krevního tlaku a intrakraniálního tlaku (ICP) lze zjistit ještě schopnosti autoregulace mozkových cév. *Pulzní oxymetrie* by měla ukazovat saturaci hemoglobinu v periferní krvi u pacientů s kraniocerebrálním poraněním nad 95 %, aby se zamezilo rozvoji sekundární mozkové ischemie. *Tělesná teplota* musí být pravidelně měřená, protože zvýšená tělesná teplota prokazatelně zhoršuje rozvoj sekundárního ischemického poškození mozku. Vhodnou metodou pro měření tělesné teploty pacientů s kraniocerebrálním poraněním je měření centrální teploty pomocí čidla v močovém měchýři. Monitoring *CVP* se u pacientů s kraniocerebrálním poraněním provádí intermitentně á 6–12 hodin. Jelikož pacienti s kraniocerebrálním poraněním musí mít zvýšenou polohu horní poloviny těla na 30 stupňů, kontinuálně monitorovaná hodnota CVP by neodpovídala realitě. Vzhledem k častému využití antiedematózní terapie mozku pomocí diuretik, je měření CVP velmi důležitým parametrem. *Bilance tekutin* se provádí obvykle á 1–4 hodiny. Mozkový edém je častou komplikací těžkého poranění mozku a přispívá k rozvoji intrakraniální hypertenze. U pacientů po kraniocerebrálním poranění je snaha o mírně pozitivní bilanci (+600ml/24hod) a příjem tekutin tři litry za 24 hod. *Laboratorní monitoring* není kontinuální monitoring, ale u pacientů s kraniocerebrálním poraněním by měla být četnost těchto vyšetření vysoká. Optimální hodnoty arteriálních krevních plynů jsou: $paO_2 > 13,3 \text{ kPa}$; $SaO_2 > 95 \%$; $paCO_2 4,2 - 4,8 \text{ kPa}$; pH – norma. Velmi důležité je vyšetření iontů, urey, kreatininu v plazmě a osmolality moči pro možnost rozvoje cerebral salt wasting syndromu a syndromu inadekvátní sekrece antidiuretického hormonu (Jurán a Smrčka, 2013).

3.2 Monitoring nervového systému

Monitoring nervového systému hraje důležitou roli v léčbě pacientů s kraniocerebrálním poraněním (Smith, 2018). Speciální monitorovací techniky nervového systému, ale i již výše uvedené systémové monitorovací metody informují o časných změnách v mozkové tkáni ještě před vznikem klinických příznaků (Ševčík et al., 2014). Umožňují individualizovaný přístup k léčbě pacienta, kdy terapeutické intervence slouží k prevenci

nebo minimalizaci sekundárního poranění mozku (Smith, 2018). Tyto monitorovací techniky mají také nezastupitelné místo u pacientů bez možnosti sledování klinického neurologického nálezu (Ševčík et al., 2014).

K monitorování nervového systému se dle Kapounové (2007) řadí monitorování intrakraniálního tlaku, které je považováno za standardní součást sledování nemocných se závažným kraniocerebrálním poraněním, monitorování mozkového perfuzního tlaku, jugulární oxymetrie, cerebrální mikrodialýza, elektroencefalografie a bispektrální index (Kapounová, 2007). Například Smrčka (2011) za monitoring cerebrálních parametrů považuje ještě monitoring neurologického stavu, především stav vědomí a šíře zornic, regionální saturaci hemoglobinu kyslíkem, monitorování průtoku krve mozkem, teplotu mozku a CT monitoring. Také Smith (2018) a několik dalších autorů uvádějí stejné nebo ve velké části shodující se monitorovací techniky jako Kapounová (2007) a Smrčka (2011).

3.2.1 *Monitoring neurologického stavu*

Neurologické vyšetření je dle Ševčíka et al. (2014) základem klinického hodnocení a diferenciálnědiagnostické rozvahy u všech pacientů s poruchou vědomí. Uvádějí, že průběžné neurologické vyšetření je nedílnou součástí neinvazivní monitorace v neurointenzivní péči. Do neurologického vyšetření zahrnují stav vědomí, diencefalické a kmenové reflexy, oční příznaky, motoriku a hodnocení dýchání.

Na základní zhodnocení neurologického nálezu již od prvního vyšetření pacienta s kraniocerebrálním poraněním poukazují ve svém článku Juráš a Smrčka (2013). Považují za důležité zhodnocení neurologického stavu, kdy pacient není ještě pod vlivem sedace a relaxace a následně jeho pravidelný monitoring á 1 hodinu, zejména hodnocení Glasgow Coma Scale, stav zornic a postavení bulbů, a to i pacientů sedovaných a relaxovaných.

Smith (2018) má za klíčový prvek v monitoringu nervového systému u pacientů s kraniocerebrálním poraněním klinické hodnocení pomocí objektivních stupnic. Uvádí GCS jako Juráš a Smrčka (2013) a píše, že tato stupnice byla prvním pokusem o standardizaci hodnocení neurologického stavu u pacientů s kraniocerebrálním poraněním a používá se ještě ke klasifikaci závažnosti kraniocerebrálního poranění, i když má určitá omezení, např. nelze hodnotit slovní odpověď u intubovaných pacientů.

Proto prý byly vyvinuty alternativní metody klinického hodnocení, např. škála Full Outline of Unresponsiveness (FOUR). Nicméně nové alternativní metody nebyly široce přijaty. GCS zůstalo nejoblíbenějším klinickým hodnocením neurologického stavu. Smith (2018) dále považuje za důležité identifikovat a dokumentovat deficity ohniskových končetin pomocí stupnice Medical Research Council.

3.2.1.1 Zhodnocení stavu vědomí

Několik autorů považuje škálu Glasgow Coma Scale (GCS) pro zhodnocení stavu vědomí u pacientů s kraniocerebrálním poraněním za velmi důležitou. GCS byla vyvinuta před třiačtyřiceti lety ke sledování neurologického stavu pacientů s poraněním hlavy, ale brzy byla použita i k posouzení neurologického stavu pacientů s poruchami vědomí jakékoli etiologie. Ve Spojených státech se GCS používá jako nástroj pro třídění všech pacientů s akutním traumatickým poraněním (Osler et al., 2016).

Tyll et al. (2014) také považují GCS za optimální metodu hodnocení kvantitativního stavu vědomí, která je snadná, rychlá a reprodukovatelná. Pomocí této škály lze dobře sledovat vývoj vědomí v čase a není zatížena subjektivním hodnocením (Tyll et al., 2014). Dle Lippertové Grünerové (2009) umožňuje posouzení tří základních forem vědomí, tj. otvírání očí, motorická reakce a verbální projev. Podle dosaženého výkonu lze v jednotlivých kategoriích získat jeden bod (nejhorší výsledek) až šest bodů (nejlepší výsledek). Dosažené body se poté sčítají. Takto lze získat semikvantitativní škálu z jejíhož průběhu mohou být rychle poznány změny úrovně vědomí. Tabulka se škálou GCS je znázorněna v příloze č.1.

Tyll et al. (2014) upozorňují na slabá místa GCS, kdy například pacient s expanzí v levé hemisféře nebo s tracheostomií získá nejvýše 11 bodů kvůli afázii, i když bude při plném vědomí. Tyto slabá místa je však každý racionálně uvažující vyšetřující schopen odfiltrovat a dodává ještě, že je potřeba ložiskový deficit nebo překážku patričně označit.

Pro účely klinického hodnocení a lokalizace lézí v mozku pacientů s poruchou vědomí bylo vyvinuto také hodnotící skóre Full Outline of Unresponsiveness (FOUR) (Braksick et al., 2018). Oproti GCS je zde vynechána složka slovní odpovědi a je zahrnuta složka reflexů mozkového kmene a respiračního vzoru. Hodnotí se celkem čtyři složky. Jedná se reakci oka, motorickou reakci, reflexy mozkového kmene a dýchání. Všechny komponenty mají pět subscores od nuly do čtyř a bylo prokázáno, že je spolehlivé a stejně

dobré jako GCS u pacientů s traumatickou i netraumatickou poruchou vědomí (Jamal et al., 2017). FOUR skóre viz příloha č. 1.

3.2.1.2 Stav zornic a postavení bulbů

Základní vyšetření zornic se provádí pohledem, kdy se mohou zjistit změny velikosti a reakce zornic. Normální zornice jsou stejné velikosti u obou očí a reagují na světlo (Bartůněk et al., 2016). Schilling et al. (2008) poskytují ve své knize návod pro rozpoznání změn oční zornice a identifikaci jejich možných příčin. Například jedna rozšířená zornička, fixovaná a bez reakce na světlo může značit o unikální herniaci s poškozením n. oculomotorius nebo o kompresi mozkového kmene, zvýšeném intrakraniálním tlaku, subdurálním či epidurálním hematomu. Obě rozšířené zorničky na čtyři milimetry, fixované a nereagující na světlo mohou být u vážně poškozeného mozku, intoxikace sympatomimetiky, otravy anticholinergními látkami, cerebrální ischemie nebo hypoxie. Pokud jsou obě zorničky rozšířené, ale jen středně, tj. na dva milimetry, fixované a nereagující na světlo, může se jednat o poškození středního mozku způsobené edémem, krvácením, infarktem nebo kontuzí. Zorničky, které jsou obě velké jako špendlíkové hlavičky, tj. jeden milimetr a nereagují na světlo, značí o poranění mozku, obvykle po krvácení. Když je jedna zornička malá jeden a půl milimetru a bez reakce na světlo, může se jednat o poruchu sympatického nervového zásobení hlavy způsobené poraněním míchy nad prvním hrudním obratlem.

Ševčík et al. (2014) se vyjadřují k postavení očních bulbů. Píší, že u pacientů v bezvědomí mohou mít bulby normální střední i mírně divergentní postavení. Pokud jsou bulby ve střední fixní poloze s nevybavujícím se okulokefalickým reflexem, značí to o rozsáhlé lézi mozkového kmene. U horizontální konjugované deviace je často i stejnostranná deviace hlavy způsobená nejčastěji homolaterální zánikovou hemisferální lézí či kontralaterální iritační korovou lézí. Ventrikulární konjugovaná deviace se moc nevyskytuje a dyskonjugované deviace svědčí pro lézi okohybných nervů.

3.2.1.3 Hodnocení hybnosti končetin

U pacientů při vědomí nebo s lehkou poruchou vědomí se hodnotí dle Ševčíka et al. (2014) charakter, rozsah a symetrie volního pohybu. Tradiční je vyšetření ve výdržových

polohách. Projevem porušené volní hybnosti je svalová slabost a může se jednat buď o parézu nebo o plegii. Projevem ložiskové léze je lateralizace hybnosti končetin.

U pacientů s těžkými poruchami vědomí se může posuzovat pouze svalový tonus a reflexní pohyby jako odpověď na nociceptivní stimuly. V akutním stádiu mozkových lézí bývá svalový tonus zpravidla snížený. U poranění mozku lze například pozorovat *dekortikační rigiditu*, která se vyskytuje při dysfunkci mozkových hemisfér a projevuje se abnormální flexí a addukcí na horních končetinách a extenzí na dolních končetinách. Může se vyskytnout i *decerebrační rigidita*, která bývá u lézí mezencefala a horního pontu a je charakteristická extenzí, addukcí a vnitřní rotací horních končetin a extenzí dolních končetin (Ševčík et al., 2014).

Hannawi et al. (2016) píše, že u pacientů s poraněním mozku se mohou vyskytnout také abnormální pohyby končetin, které mohou být označovány i jako dyskineze nebo „paroxysmální“ motorické jevy a jsou často cenným ukazatelem vývoje poranění. Včasné rozpoznání a léčba abnormálních pohybů se mohou podílet na zlepšení výsledků pacienta. K nejčastějšímu abnormálnímu pohybu u pacienta s poraněním mozku řadí Hannawi et al. (2016) paroxysmální sympatickou hyperaktivitu, která se projevuje opakovanými mimovolními svalovými křečemi, sníženou úrovní vědomí a doprovodnými sympatickými symptomy jako je pocení, horečka, tachykardie a hypertenze. Tyto abnormální pohyby se objevují nejčastěji v prvních 24 hodinách po poranění.

3.2.2 Monitoring intrakraniálního tlaku

Intrakraniální tlak (ICP, Intracranial Pressure) je tlak uvnitř dutiny lebeční, měří se nejčastěji pomocí speciálního čidla zavedeného přímo do mozkové tkáně (intraparenchymové čidlo) nebo mozkové komory (intraventriculární čidlo) (Bartůněk et al., 2016). Haddad a Arabi (2012) se zmiňují o měření ICP z epidurálního, subdurálního a subarachnoidálního umístění a dodávají, že tento monitoring je méně přesný.

Intrakraniální tlak se měří v milimetrech rtuti (mmHg) (Pinto et al., 2019) a za normální hodnotu u dospělého člověka je dle Ševčíka et al. (2014) považována hodnota 15 mmHg.

Za hraniční hodnoty intrakraniálního tlaku u dospělých pacientů považují Juráš a Smrčka (2013) hodnoty mezi 20-25 mmHg. Hodnoty nad 30 mmHg berou jako výrazně

patologické a hodnoty nad 50 mmHg jako kritické a při delším trvání až neslučitelné se životem.

Juráš a Smrčka (2013) a Pinto et al. (2019) informují, jak dojde k nárůstu intrakraniálního tlaku, tj. intrakraniální hypertenze. Intrakraniální hypertenze vzniká při zvýšení objemu jednoho z kompartmentů v lebeční dutině. Lebeční dutina je rigidní schránka a obsahuje tři hlavní kompartmenty. Mozek, mozkomíšní mok a intrakraniální krev. Za normálních okolností jsou objemy těchto kompartmentů fixní. Zvýší-li se objem jednoho z nich, má to za následek snížení objemu jednoho z kompartmentů ze zbývajících dvou (Pinto et al., 2019). Objemové změny a jejich vliv na velikost intrakraniálního tlaku jsou ovlivněny určitými možnostmi kompenzačních mechanismů. Například mozkomíšní mok se přesouvá z intrakraniálního do spinálního kanálu a také se resorbuje do žilního systému. Dochází i ke snížení elasticity mozku. Po vyčerpání kompenzačních mechanismů narůstá intrakraniální tlak. Při neléčené intrakraniální hypertenzi dochází k tzv. Cushingově triádě, která se projevuje hypertenzí, bradykardií, nepravidelným dýcháním a je předzvěstí prohlubování kómatu a ztráty kmenových funkcí (Juráš a Smrčka, 2013).

Smyslem monitorování ICP je sledovat mozkovou perfuzi a zamezit sekundárnímu poranění mozku. Typickou indikací je pacient s kranio cerebrálním poraněním, abnormálním CT nálezem a $GCS \leq 8$ (Bartůněk et al., 2016).

I když má monitoring ICP v praxi jasný klinický přínos, v literatuře neexistuje jasná shoda, zda se monitoring ICP podílí na zlepšení výsledků pacientů (Harary et al., 2018).

Například Tyll et al. (2014) píše, že monitorování intrakraniálního tlaku je nezbytnou monitorovací metodou u pacientů s těžkým kranio cerebrálním poraněním. Zmiňují rovnou indikace, které byly stanoveny pro monitorování intrakraniálního tlaku. Intrakraniální tlak se měří u pacientů s $GCS \leq 8$ a abnormálním CT nálezem, například hematomem, kontuzí mozku, edémem mozku a u pacientů s $GCS \leq 8$ a normálním CT nálezem při přítomnosti alespoň dvou z těchto podmínek – vyšší věk než 40 let, porucha hybnosti nebo krevní systolický tlak nižší než 90 mmHg.

Jones et al. (2017) zase naopak píše, že není dostatek důkazů, že zavedením monitorování ICP u pacientů s těžkým kranio cerebrálním poraněním zlepšuje výsledky. Zmiňují se o jihoamerických studiích léčby intrakraniálního tlaku, z jejichž výsledků vyplývá,

že pacienti s kraniocerebrálním poraněním, kteří měli monitoring ICP, nemají lepší výsledky než pacienti, u kterých bylo prováděno jen klinické a CT vyšetření.

S tímto se shodují i Smith a Smith (2017), kteří píšou o nedávné kontrolované studii, která neidentifikovala žádné rozdíly ve výsledcích pacientů s kraniocerebrálním poraněním, kteří měli monitoring ICP a kteří ho neměli.

Moscote-Salazar a Janjua (2019) se také zajímali o výsledky studií ohledně monitorování ICP u pacientů s kraniocerebrálním poraněním. Uvádějí výsledky studií provedených v Indii, kde autoři prokázali, že sledování ICP během 72 hodin od zavedení čidla bylo spojeno se sníženou úmrtností pacienta. Autoři si ale kladou několik důležitých otázek ohledně monitoringu ICP a považují to za důležitý aspekt, který potřebuje ještě další a lepší studie. Domnívají se, že rozsáhlé studie umožní objasnit užitečnost monitorování ICP v různých scénářích. Doporučují, aby se do té doby monitoring ICP prováděl, jak je stanoveno v pokynech nadace Brain Trauma Foundation.

Harary et al. (2018) se zmiňují, že některé studie ukazují, že monitorování ICP není vždy přínosné. V některých studiích bylo monitorování ICP spojeno se signifikantním zvýšením mortality, delší hospitalizací a s komplikacemi.

Sadaka et al. (2014) se shodují s názorem Tylla et al. (2014) a uvádějí stejné indikace k měření intrakraniálního tlaku, které byly v roce 2007 publikované v Journal of Neurotrauma. Píší, že je prokázáno, že agresivní léčba zvýšeného intrakraniálního tlaku snižuje úmrtnost a zlepšuje výsledky.

Z průzkumů nadace Brain Trauma Foundation vyplynuly značné rozdíly v léčbě pacientů s kraniocerebrálním poraněním. Na základě značných rozdílů léčby doporučila vytvoření konzistentních a na důkazech založených pokynů. V roce 2017 vydala již čtvrté pokyny pro léčbu pacientů s těžkým poraněním hlavy. V těchto pokynech je i doporučení pro monitoring ICP. Doporučuje, aby byli sledováni všichni pacienti s těžkým poraněním hlavy s GCS 3-8 bodů a abnormálními CT nálezy, informují Saherwala et al. (2018) a ještě dodávají, že na základě dalších výzkumů bylo zjištěno, že doporučení pro monitoring ICP je poměrně dodržováno.

Pro monitoring ICP se používají invazivní a neinvazivní metody. Jurán a Smrčka (2013) se zmiňují o dvou invazivních metodách monitorování ICP, o kterých bylo již výše psáno, že se jedná o nejčastější metody. Za zlatý standard z hlediska měření ICP považují

intraventriculární čidlo se snímačem tlaku nebo v kombinaci s elektronickým měřením. Tento způsob měření umožňuje zároveň derivaci likvoru do sběrného systému a tím se tato metoda stává nejen diagnostickou, ale i léčebnou. Jako druhá metoda se používá intraparenchymové čidlo, které má stejné výpovědní hodnoty, ale neumožňuje derivaci a vyšetření likvoru.

Smith (2018) se zase zmiňuje o neinvazivních monitorovacích technikách ICP. Píše, že nejsou dostatečně přesné pro rutinní klinické použití a některé techniky nejsou schopné kontinuálně sledovat intrakraniální dynamiku. Jedná se například o transkraniální dopplerovskou sonografii, měření průměru pochvy zrakového nervu pomocí ultrazvuku nebo pomocí CT vyšetření. Khan et al. (2017) vyhledali a zpřehlednili všechny dostupné neinvazivní techniky monitoringu ICP a dodávají, že neexistuje neinvazivní monitorování ICP, které by nahradilo invazivní techniku. Uvádějí například venózní oftalmodynamometrii, akustoelasticitu, tonometrii a analýzu tkáňové rezonance aj.

Jak bylo již zmíněno Juráněm a Smrčkou (2013), za zlatý standard měření ICP je považován intraventriculární katetr a intraparenchymové čidlo je jeho adekvátní alternativou. S nimi se shoduje více autorů, například Ševčík et al. (2014), kteří dále popisují i místo zavedení ICP katetru. Píší, že kam bude katetr zaveden, zda intraventriculárně nebo intraparenchymově, rozhoduje CT nález. Typickou lokalizací pro trepanaci je frontální kost před koronárním švem za hranicí vlasaté části hlavy asi 2-3 cm před bregmou a 2-3 cm laterálně od střední čáry, tzv. Kocherův bod. Obrázek Kocherova bodu je znázorněn v příloze č. 2. Kapounová (2007) doplňuje, že čidlo se zavádí na straně poškozeného mozku a v případě difúzního poranění na straně nedominantní hemisféry.

Tyll et al. (2014) přehledně popisují vlastní techniku zavedení ICP čidla. Píší, že nejprve je nutné místo před návrtem kalvy dezinfikovat a zarouškovat. Poté se provede kožní incize a návrť až k tvrdé pleně. Perforuje se tvrdá plena a zavede se lebeční šroub s fixační čepičkou a chlopní, anebo se čidlo před zavedením do mozkového parenchymu protáhne podkožním tunelem. Další postup je dle typu použitého ICP čidla. Některá je nutná před zavedením kalibrovat, u některých stačí pouze vynulování elektrického převodníku. Po této fázi následuje samotné zavedení čidla do mozkového parenchymu do hloubky cca 1-2 cm nebo při použití intraventriculárního čidla do postranní mozkové komory cca 5-6 cm hluboko.

Správné zavedení čidla je potvrzeno křivkou intrakraniálního tlaku na monitoru, který má pulzový charakter jako arteriální tlak, říká Kapounová (2007).

Laskowitz a Grant (2016) se zmiňují o komplikacích spojených s ICP monitoringem. Píší, že celkově riziko klinicky významných komplikací je nízké. Například může nastat intrakraniální krvácení, které se vyskytuje mezi 2 % až 10 % při použití intraventrikulárního čidla a u intraparenchymálního čidla je riziko krvácení menší než 2,5 %. Další komplikací je infekce, která je vyšší u intraventrikulárního čidla než u intraparenchymového. Výskyt infekce může souviset s kontaminací, s přítomností dalších systémových infekcí, s delší dobou zavedení, s otevřenými zlomeninami lebky, s proplachováním čidel a s odběry mozkomíšního moku. U intraventrikulárních čidel může dojít k ucpaní či přemístění a u intraparenchymálního čidla může dojít k zalomení nebo k dislokaci.

3.2.3 *Monitoring mozkového perfuzního tlaku*

Mozkový perfuzní tlak (CPP, Cerebral Perfusion Pressure) je hodnota vypočítaná ze středního arteriálního tlaku a středního ICP (Ševčík et al., 2014). Je to čistý tlakový gradient, který řídí dodávku kyslíku do mozku. Měří se v milimetrech rtuti (mmHg). Udržováním vhodného CPP je rozhodující pro léčbu pacientů s kraniocerebrálním poraněním. Normální hodnoty CPP jsou mezi 60 až 80 mmHg, ale tyto hodnoty mohou být i vyšší nebo nižší v závislosti na individuální fyziologii pacienta (Mount, 2019). Jurán a Smrčka (2013) uvádějí mírně rozdílné hodnoty a to 40 až 100 mmHg.

Jelikož má cerebrální venózní tlak podobné hodnoty jako intrakraniální tlak, používá se k výpočtu mozkového perfuzního tlaku rovnice: $CPP = MAP - ICP$. Současné monitorovací systémy na JIP z těchto dvou invazivních tlaků automaticky CPP vypočítávají. Vedle kontinuálního měření ICP na monitoru je tak zobrazené i kontinuální měření CPP (Jurán a Smrčka, 2013).

Za fyziologických okolností je krevní průtok mozkem konstantní. Příliš nízký CPP způsobuje ischemii, příliš vysoký hyperemii. (Jurán a Smrčka, 2013). Stoupne-li ICP, tak klesne CPP. Při hodnotách CPP pod 50 mmHg dochází k vzestupu krevního tlaku. Jde tzv. o kompenzační reakci, kdy se mozek snaží udržet dostatečnou perfuzi (Bartůněk et al., 2016). Tento stav se nazývá autoregulace mozkového krevního průtoku a brání

rozvoji mozkové ischemie tak, že mezi určitými hodnotami CPP udržuje relativně konstantní krevní průtok (Jurán a Smrčka, 2013).

„Výsledky CPP byly předmětem významného výzkumného úsilí. Je to faktor, který ovlivňuje další vývoj pacientů s kraniocerebrálním poraněním,“ uvádějí Kirkman a Smith (2014). Dále informují, že stále existuje debata o stanovení optimálních hodnot CPP. Nadace Brain Trauma Foundation doporučuje, aby se CPP u pacientů s kraniocerebrálním poraněním udržoval mezi 50 a 70 mmHg. Nicméně tradiční přístupy v řízené terapii CPP, které byly založené na důkazech, cílily vyšší hodnoty CPP (≥ 70 mmHg). Argumentem bylo, že vyšší CPP zabrání kaskádě vazodilatace a vyhne se škodlivým účinkům systémové hypotenze a jeho známým nepříznivým účinkům na výsledky pacientů po kraniocerebrálním poranění. Jiné studie však ukázaly, že vyšší CPP nese značné riziko akutního poranění plic. Další alternativní přístup k řízení CPP u pacientů s kraniocerebrálním poraněním využívá nižší CPP 50 mmHg. Tím se minimalizuje zvýšení hydrostatického tlaku uvnitř kapilár a intracerebrálního obsahu vody, čímž se zabrání sekundárnímu zvýšení ICP. Je pravděpodobné, že práh CPP existuje na individuální bázi, a že optimální CPP může být identifikován multimodálním monitoringem.

3.2.4 Oxymetrie mozku

Oxymetrie je obecně řečeno obsah kyslíku v tekutině. V neurointenzivní péči se používá několik typů oxymetrických metod, které lze považovat za důležité u pacientů s kraniocerebrálním poraněním. Jde o jugulární, tkáňovou a cerebrální oxymetrii (Tyll et al., 2014). Celkově existují čtyři metody měření okysličování mozku. Jsou to již zmíněné tři a čtvrtou metodou je pozitronová emisní tomografie kyslíku (Badenes a Maruenda, 2017). Na základě monitoringu saturace kyslíku v mozkové tkáni je možno rozpoznat *regionální změny mozku* pomocí tkáňové či cerebrální oxymetrie a *globální mozkové změny* pomocí jugulární oxymetrie (Tyll et al., 2014). Monitoring saturace kyslíku v mozkové tkáni je velkým přínosem, jelikož je známo, že mozková ischemie se vyskytuje i navzdory normálním hodnotám ICP a CPP (Smith, 2018).

3.2.4.1 Jugulární oxymetrie

Jugulární oxymetrie (SvjO₂, Jugular Oxymetry) je metoda sloužící k hodnocení vztahu mezi dodávkou a spotřebou kyslíku na úrovni mozku (Kapounová, 2007). Monitoruje se saturace krve kyslíkem v jugulárním bulbu. Pomocí této metody lze detekovat mozkovou ischemii a hodnotit mozkovou perfuzi (Bartůněk et al., 2016).

K monitorování je nutné zavedení katetru do oblasti bulbu vena jugularis interna, kdy jeho špička by měla zasahovat těsně pod bazi lební (Kapounová, 2007). Dle Smrčky (2011) je doporučována katetrizace dominantního bulbu, kdy za dominantní bulbus je z anatomického hlediska považována pravá strana v 62 %, levá strana v 26 % a v 12 % má bulbus stejnou velikost. V praxi je pro určení dominantního bulbu používáno ultrazvukové vyšetření. Místo pro zavedení katetru fibroskopického vlákna je orientováno mediálně od m. sternocleidomastoideus v těsné blízkosti laterálně od krkavice v úrovni štítné chrupavky. K jeho punkci se nejprve používá katetrizační jehla a poté technikou dle Seldingera se zavádí vodič. Následuje zavedení sheetu a vlastního fibroskopického vlákna. Poloha zavedeného fibroskopického vlákna se následně verifikuje laterálním RTG snímkem. Katetr fibroskopického vlákna lze používat i k odběrům vzorků krve na laktát.

Normální hodnoty SvjO₂ se pohybují okolo 55-75 %. Hodnoty nad 80 % mohou znamenat hyperemii, což je nadměrná perfuze mozkiem, která je způsobená zvýšeným průtokem krve mozkiem anebo nižší extrakci kyslíku v mozkové tkáni. Naopak hodnota pod 50 % svědčí pro hypoperfúzi způsobenou sníženým průtokem krve mozkiem a zvýšenou extrakci kyslíku (Kapounová, 2007). Bartůněk et al. (2016) blíže specifikuje, že při ireverzibilní ischemii mozku vymizí metabolické aktivity mozkové tkáně, které se projevují nulovou spotřebou kyslíku. Krev přitéká do jugulárního bulbu jen minimálně desaturována a hodnota SvjO₂ je zvýšená. Smrčka (2011) ještě uvádí, že nejvýznamnějším prognostickým faktorem z hodnot jugulární oxymetrie u pacientů s poraněním mozku je výskyt desaturačních period. Desaturační hodnoty definuje jako hodnoty SvjO₂ < 50 % v trvání nejméně 10 minut. Výskyt jedné desaturační periody je spojen s dvojnásobným vzestupem mortality, při vícečetných desaturacích mortalita vzrůstá čtyřikrát. V popředí léčebného snažení v souvislosti s jugulární oxymetrií by mělo být udržení hodnot SvjO₂ nad 50 %.

Při výskytu SvjO₂ pod 50 % je nutné tento údaj ověřit odběrem vzorku krve. Pokud analýza odběru potvrdí desaturaci, následuje kontrola hodnoty SaO₂ a vyloučení anémie. Po vyloučení těchto faktorů následuje navození kapnie v rozmezí 4,66 -5,33 kPa a CPP na hodnotě vyšší než 60 mmHg. Po úpravě všech uvedených parametrů a přetrvávání desaturace následuje transkraniální ultrazvuk k vyloučení vazospasmů (Smrčka, 2011).

Tyll et al. (2014) se k této metodě vyjadřují, že jde o poměrně náročnou invazivní metodu, kdy je obtížné správně umístit konec optického katetru, a že se na jejich pracovišti, tj. Ústřední vojenské nemocnici již několik let nepoužívá.

Naopak zase Bhardwaj et al. (2018) z Indie píše, že jde o nejstarší a poměrně levnou technologii pro měření okysličování mozku, podle které se hodnotí novější způsoby monitorování, a má důležitou roli tehdy, když je nutné zavést hyperventilaci nebo řízení krevního tlaku u pacientů s traumatickým poraněním mozku.

Smith a Smith (2017) se k monitoringu SvjO₂ vyjadřují jako k vážené globální a průtokové metodě, která ovšem může vynechat významnou regionální ischemii. Dále, že závisí na technických aspektech, jako je správné umístění katetru, aby byla vyloučená extrakraniální cirkulace. Píše také, že jde o první monitor měřící okysličení mozku, který má historický význam, ale je již nahrazen jinými metodami monitorování.

3.2.4.2 Tkáňová oxymetrie

Tkáňová oxymetrie metoda, která je založena na měření parciálního tlaku kyslíku v mozковém extracelulárním parenchymu (Provazníková, 2017). Tato metoda se začala používat vzhledem k tomu, že jugulární oxymetrie není dostatečně citlivá k regionálním změnám mozkové tkáně (Tyll et al., 2014).

Monitoringem a měřením parciálního tlaku kyslíku v mozkové tkáni (PbtO₂, Brain Tissue Oxygen Pressure) lze získat kvantitativní data, která usnadňují vedení léčby, poskytují důležité prognostické a patofyziologické údaje k rozpoznání sekundárního poškození mozku u pacientů s kraniocerebrálním poraněním (Jurán a Smrčka, 2013). Monitorovací systém tkáňové oxymetrie měří intracerebrální kyslík, ale může měřit i oxid uhličitý, hodnotu pH, teplotu mozku a zaznamenává vývoj těchto parametrů a ukazuje tak nepřímo na perfuzi a metabolické procesy mozkové tkáně v místě zavedení senzoru (Kapounová, 2007).

Pro měření parciálního tlaku kyslíku v mozkové tkáni lze použít multimodální intraparenchymová čidla, která kombinují monitorování ICP, teploty a P_{btO_2} anebo čidla měřící pouze P_{btO_2} (Tyll et al., 2014).

Dle Juráně a Smrčky (2013) je pro monitoring P_{btO_2} nejčastěji používaný systém Licox, který používá Clarkovu polarografickou mikroelektrodu. Nově lze použít multimodální čidlo Neurovent PTO (Raumedic). Hlavní rozdíly mezi nimi spočívají ve způsobu detekce, hloubce vložení a v průměru měřené oblasti (Badenes a Maruenda, 2017). Čidla se nejčastěji zavádějí z Kocherova bodu (viz kapitola 3.2.2), ale u kraniocerebrálního poranění se čidlo zavádí alternativně do oblasti, která je dle CT nálezu ohrožena (Ševčík et al., 2014). Smith a Smith (2017) o čidle s Clarkovou elektrodou píší jako o „*zlatém standardu*“ monitorování okysličování mozku. Badenes a Maruenda se ještě (2017) zmiňují o třetím čidle Neurotrend (Multiparametrový intravaskulární snímač), který kromě P_{btO_2} určuje P_{btCO_2} (regionální tkáňový parciální tlak oxidu uhličitého) a pH mozkové tkáně. Čidlo není komerčně dostupné.

Pro správnou činnost čidla je dle Ševčíka et al. (2014) nutná jeho stabilizace. Doba stabilizace čidla je variabilní a pohybuje se mezi 2–8 hodinami. Pokud dojde k rozpojení čidla a k znovunapojení, čidlo se po určité době opět stabilizuje, avšak tato doba už je kratší cca 5–20 minut. Pro monitoring P_{btO_2} u systému Licox je nezbytný také údaj o tkáňové teplotě mozku, který se do monitoru zadává ručně, anebo je možné ho získávat pomocí teplotního čidla zavedeného přímo do mozkové tkáně.

Normální hodnoty či léčebné hodnoty P_{btO_2} u pacientů s kraniocerebrálním poraněním se u několika autorů mírně liší. Například Dash a Chavali (2018) uvádějí normální hodnoty P_{btO_2} mezi 35-50 mmHg, Smith (2018) v rozmezí 20-40 mmHg, Smith a Smith (2017) uvádějí hodnoty v kPa 2,6 až 4,6 (přepočteno na www.jednotky.cz na 19.5-34.5 mmHg) a Badenes a Maruenda (2017) 23 až 35 mmHg. Tyll et al. (2014) uvádějí léčebnou hodnotu $P_{btO_2} > 15$ mmHg, Smith (2018) uvádí hodnotu $P_{btO_2} > 20$ mmHg, Smith a Smith (2017) $P_{btO_2} > 2,6$ kPa, tj. 19,5 mmHg. Různé hodnoty P_{btO_2} mohou být dány tím, že každý systém vykazuje rozdílné hodnoty (Tasneem et al., 2017).

Hodnoty P_{btO_2} mohou být ovlivněny globálními determinanty, například přísunem kyslíku, středním arteriálním tlakem, hemoglobinem, srdeční a respirační funkcí, ale i specifickými faktory včetně ICP, CPP mozku, autoregulací, vazospazmy a gradienty kyslíku v mozkové tkáni (Smith a Smith, 2017).

Okonkwo et al. (2017) informují, že z několika pozorovacích studií se zjistilo, že hodnota PbtO₂ je běžně snižena u pacientů s kraniocerebrálním poraněním. Hodnoty PbtO₂ nižší než 20 mmHg se vyskytují u více než 70 % pacientů s kraniocerebrálním poraněním během prvních několika dnů po poranění včetně případů, kdy jsou hodnoty ICP a CPP normální.

Při nízkých hodnotách PbtO₂ Oddo a Bösel (2014) popisují nejčastější intervence jako je manipulace s ventilátorem (např. změna FiO₂ nebo PEEP), zvýšení CPP, sedace nebo osmoterapie.

3.2.4.3 Blízká infračervená spektroskopie

Blízká infračervená spektroskopie (NIRS, Near Infrared Spectroscopy) je neinvazivní metoda používající blízkou infračervenou spektroskopii k monitorování saturace kyslíku v mozkové tkáni (Tyll et al., 2014). Normální hodnoty u většiny populace jsou 55–75 % (Ševčík et al., 2014).

NIRS je založena na principu, že světlo (vlnová délka 700-950 nm) procházející biologickou tkání je absorbováno krví v závislosti na stavu okysličování (Oddo a Bösel, 2014). Ševčík et al. (2014) blíže specifikují, že NIRS měří transkraniální hladinu chromoforu oxygenovaného a deoxygenovaného hemoglobinu v mozku cestou rozptylu fotonů a tyto parametry jsou snímány z hloubky 1,5 až 2 cm mozkové tkáně.

V současné době jsou k dispozici čtyři komerční systémy NIRS, jsou to Fore-Sight, Equanox, Invos a Niro. Invos a Niro jsou nejrozšířenější v klinickém použití (Oddo a Bösel, 2014).

Dle Odda a Bösela (2014) je NIRS atraktivní monitoring, protože je neinvazivní, ale má ovšem několik omezení v použití u dospělých, které ale autoři neuvádějí. Není indikován pro rutinní monitorování dospělých pacientů, kteří vyžadují neurokritickou péči, a pokud má být používán, tak nejlépe s jinými monitory. Ševčík et al. (2014) jsou jiného názoru, píše, že NIRS se indikuje při těžkém poranění mozku a těžkém subarachnoidálním krvácení a kontraindikace nejsou známy.

Smith a Smith (2017) poukazují na nedostatky techniky NIRS včetně potenciální kontaminace signálu z extrakraniální tkáně. Při přítomnosti intrakraniálního hematomu,

edému mozku nebo subarachnoidální krve může zrušit některé z předpokladů, na nichž jsou založeny algoritmy NIRS.

Juráš a Smrčka (2013) označují NIRS jako perspektivní technologii, jejíž hlavní předností je její neinvazivita a píše, že dochází k jejímu dalšímu technickému rozvoji a nyní se jedná spíše o výzkumnou metodu.

3.2.5 *Monitoring mozkového krevního průtoku*

Mozkový krevní průtok (CBF, Cerebrál Blood Flow) je 50ml/100 g mozkové tkáně za minutu při klidovém stavu. Představuje přibližně 15 % klidového minutového srdečního výdaje. Pokles mozkového krevního průtoku vede k ischemii a vzniku neurologického deficitu. CBF pod 30 ml/100 g/min se projeví neurologickými symptomy, hodnoty mezi 15-20 ml/100 g/min jsou reverzibilní a hodnoty v rozmezí 10-15 ml/100 g/min jsou ireverzibilní (Ševčík et al., 2014).

Juráš a Smrčka (2013) uvádějí metodu pro přímé měření mozkového krevního průtoku v absolutních hodnotách (ml/100 g tkáně/min). Jde o čidlo zavedené do mozkové tkáně pracující na principu termodifuze, tzv. Bowmanův monitor – Hemedex, kdy distální termistor na sondě se zahřívá na teplotu o 2-3 °C vyšší, než je teplota okolní mozkové tkáně. Proximální termistor se nachází 8 mm nad distálním. Poté z rychlosti poklesu rozdílu teplot, a tedy i ze změny tepelné vodivosti mozkové tkáně, je vypočítán fokální CBF.

Tomek et al. (2018) píše o monitoringu CBF jako o obtížné metodě a ideální metodika pro rutinní klinickou praxi prý neexistuje. Buď jsou to globální oxymetrické metody, které určují poměry v celém centrální nervové soustavě, nebo nejsou kontinuální. Uvádějí některé metodiky pro měření globálního CBF, které však nejsou použitelné v rutinní praxi. Je to například xenonové CT, PET s podáním 150 nebo 18FDG aj. Za metodiky vhodné pro rutinní praxi uvádějí monitoring opakovaným „snímkováním“ pomocí perfuzního CT, MR, SPECT, ale nevýhodou je nutný transport pacienta. Za metody, které lze provést na lůžku pacienta, uvádějí transkraniální dopplerovskou sonografii (TCD). Je to orientační stanovení perfuze mozku pomocí vývoje průtokových parametrů. Další metodou proveditelnou na lůžku je jugulární termodiluce. Za pomoci speciálního jugulárního katetru s termistorem je měřena rozdílná teplota mezi chladným roztokem

vstříkovaným proti proudu krve a směsí žilní krve a chladného roztoku. Tento monitoring není kontinuální, ale lze jej často opakovat.

Smith a Smith (2017) také zmiňují TCD a blíže specifikují, že jde o techniku, která využívá ultrazvuku k vyhodnocení rychlosti proudění krve v bazálních mozkových cévách. Tvar vlny proudění krve je podobný standardnímu tvaru arteriální vlny. Tato metoda je užitečná u pacientů s kraniocerebrálním poraněním, při které lze detekovat nízké CBF například při intrakraniální hypertenzi a posoudit mozkovou autoregulaci, ale je spíše rozšířenější u léčby subarachnoidálního krvácení.

Busch et al. (2019) představují neinvazivní kontinuální metody pro měření krevního průtoku mozkiem. Metody se nazývají Difuzní korelační spektroskopie (DCS) a Difuzní optická spektroskopie (DOS), tzv. optické monitorování. Na tyto metody prováděli studii a závěrem studie je, že jsou to techniky, která jsou schopny poskytovat kontinuální individualizované měření CBF, ale jejich studie bude potřebovat ještě další potvrzení získaných výsledků. Jedná se o alternativní metody, které mají podobné vlastnosti průniku světla jako NIRS. DCS získává index průchodu krve z měření časových výkyvů intenzity odráženého světla primárně způsobených pohybem červených krvinek a má větší selektivní citlivost na hlubší tkáň než NIRS. Měření se provádí podobně jako u NIRS. Na pokožce hlavy na stejné polovině, kde je intrakraniální šroub, je upevněn v oblasti čela snímač optického monitoru, který je propojen se světelným zdrojem. DOS je vláknový laser, který vydává krátké pulsy bílého světla a světelný zdroj u DCS je diodový laser s nepřetržitou vlnovou délkou. Obrázek s umístěním optické monitorovací sondy neinvazivního CBF v příloze č. 3.

3.2.6 Cerebrální mikrodialýza

Cerebrální mikrodialýza (CMD, Cerebral Microdialysis) je invazivní metoda, která umožňuje monitorování metabolitů z extracelulárního prostoru v mozkové tkáni a slouží k detekci sekundárních změn v regionální oblasti mozku ještě před vznikem klinických příznaků (Ševčík et al., 2014). Je to metoda, jejíž principem je fokální měření tkáňových metabolitů pomocí katetru s dvojité dutou membránou. Do katetru je vháněna tekutina na bázi Ringerova roztoku a přes vnější membránu do něj pronikají látky a metabolity z extracelulárního prostředí mozkové tkáně. Pomocí této metody lze vyšetřit pět

základních metabolitů. Jde o glukózu, laktát, pyruvát, glycerol a glutamát, uvádějí Juráň a Smrčka (2013). Schéma cerebrální mikrodialýzy je v příloze č. 4.

Jones et al. (2017) neuvádějí glycerol jako běžný metabolit a uvádějí jen zmíněné zbývající čtyři, a vyjadřují se podobně k samotné technice CMD jako Juráň a Smrčka (2013). CMD je invazivní monitorování, které vyžaduje vložení malého katetru do parenchymu mozku, nejčastěji do pravého čelního laloku, a endogenní molekuly jako je glukóza, neurotransmitery a produkty metabolismu se nechají ekvilibrovat v dialyzátoru. Koncentrace endogenních molekul je poté měřena z dialyzátu.

Tyll et al. (2014) upřesňují zavedení katetru u pacientů s kraniocerebrálním poraněním a difúzním postižením mozku. Píší, že katetr se zavádí do pravého frontálního laloku, ale v případě kontuze je vhodné katetr zavést do tkáně cca 1 cm od kontuze a druhý katetr do zdravé tkáně. Katetr se nezavádí do kontuzního ložiska. Zmiňují, že po zavedení katetru je nezbytné počkat hodinu až několik hodin na přesné hodnoty metabolitů, jelikož v mozkové tkáni probíhá reakce na zavedený katetr. Především je zvýšená koncentrace glutamátu a glycerolu.

Hejčl et al. (2013) se věnují monitoringu metabolismu mozku pomocí CMD na několika stránkách periodika *Klinická biochemie a metabolismus*. Podrobně tam popisují princip cerebrální mikrodialýzy. Zajímavou informací k doplnění předchozích dvou autorů je, že průběh sběru extracelulární tekutiny je závislý na několika faktorech. Jde například o rychlost toku perfuzního roztoku, která je dána typem perfuzní pumpy nebo propustností semipermeabilní membrány. Dále uvádějí, že získané vzorky jsou zpracovány ve speciálních analyzátoch například CMA 600 Microdialysis či ISCUS – flex.

Významnou monitorovací hodnotou cerebrální mikrodialýzy je poměr mezi laktátem a pyruvátem, shodují se všichni autoři. Juráň a Smrčka (2013) považují hodnoty poměru laktát/pyruvát za prognosticky významné pro výsledky léčby pacientů po těžkém poranění mozku. Vysoký poměr těchto dvou metabolitů indikuje probíhající ischemii. Jones et al. (2017) uvádějí hodnotu poměru vyšší než 40.

Tasneem et al. (2017) píše, že příchod cerebrální mikrodialýzy způsobil revoluci v monitoringu metabolismu mozku. Zmiňují se o prospektivní studii, která se zaměřila na 165 pacientů s kraniocerebrálním poraněním. Studii se zjistilo, že se snížila mortalita

a zlepšily výsledky u pacientů do 6 měsíců po poranění, jejichž patologická hodnota glutamátu se v akutní fázi onemocnění, získaná pomocí CMD, normalizovala do 120 hodin.

Oddo a Hutchinson (2018) vyzdvihují CMD a píšou o ní jako o komplementární technice pro pokročilé sledování pacientů s těžkým kraniocerebrálním poraněním, s post-resuscitačním kómou a pacientů s abnormálními lézemi prokázanými při CT vyšetření. Zmiňují, že jde o nezbytný nástroj klinického výzkumu, který umožňuje pochopit komplexní patofyziologii akutního poranění mozku a vyvíjí se jako potenciální nástroj pro testování nových terapeutických a lékových účinků. Tento fakt potvrzuje výzkum Shannona et al. (2014) ve Velké Británii, u kterého bylo cílem zjistit průnik antikonvulzivního léku Vigabatrin do extracelulární tekutiny mozku pomocí CMD, který byl podáván pacientům s kraniocerebrálním poraněním enterálně. Lék Vigabatrin byl v extracelulární tekutině mozku zachycen a autor v závěru článku o výzkumu poukazuje na důležitost dalšího plánování farmakokinetických studií léčiv pomocí CMD.

3.2.7 Elektroencefalografie a evokované potenciály

Elektroencefalografie (EEG, Electroencephalography) je elektrofyziologické vyšetření, při kterém je registrována elektrická aktivita mozku (Ševčík et al., 2014). Řádově se jedná o miliontiny voltu, kdy amplituda EEG záznamu se udává v mikrovoltech a je nutné její mnohonásobné zesílení (Seidl, 2015). V intenzivní péči je EEG indikováno jako jednorázové akutní vyšetření nebo jako kontinuální EEG monitorace (cEEG) (Ševčík et al., 2014).

Dle Carandanga (2015) je EEG neinvazivní metoda, která má jednoznačnou úlohu v monitorování pacientů s kraniocerebrálním poraněním, kteří jsou v kritickém stavu. Nejběžnější indikace pro monitorování EEG jsou neurologické poruchy a vyloučení nekonvulzivního status epilepticus. Následně pak EEG pomáhá řídit léčbu antikonvulzivními léky, jelikož mají mnohočetné nepříznivé účinky, například zvýšenou teplotu, hemodynamické změny, delirium, encefalopatii či somnolenci.

Ševčík et al. (2014) popisují princip metody. Standardní EEG vyšetření se provádí většinou prostřednictvím několika (19 až 21) snímacích elektrod umístěných na povrchu hlavy. Tyto elektrody jsou rozmístěny na hlavě podle mezinárodního systému. V současné době je toto zajištěno pomocí speciálních EEG čepic. Z jednotlivých elektrod

je signál odváděn do analogo-digitálních převodníků a z nich pak do diferenčních zesilovačů. V diferenčních zesilovačích se stanovují potenciálové rozdíly mezi dvojicemi snímacích elektrod, jejichž kolísání v čase tvoří základ EEG křivek. Podle počtu současně hodnocených EEG křivek rozlišujeme 24-, 32- či 64 kanálové EEG přístroje. EEG křivky jsou tvořeny vlnami (alfa, beta, theta, delta) různé výšky a délky, udávané v Hz, které se vyhodnocují jako fyziologické či patologické.

Tasneem et al. (2017) se vyjadřují ke standardnímu vyšetření EEG jako k metodě, která má své široké uplatnění, ale má svá omezení, zejména u pacientů na JIP, kdy často dochází ke špatnému signálu a vzniku šumu, špatnému prostorovému rozlišení, k neoptimálnímu kontaktu elektrody s pokožkou hlavy či interferenci s jinými elektrickými zařízeními. Píší, že s ohledem na tato omezení byla zavedena koncepce intrakortikálních hloubkových elektrod, které eliminují již zmíněné artefakty. Některé studie ještě ukázaly, že intrakortikální hloubkové elektrody mohou detekovat záchvaty, které nelze vidět na EEG snímaného z pokožky hlavy.

Beneš et al. (2015) informují o elektrokortikografii (ECog) jako o další elektrodiagnostické metodě, kterou lze ale ovšem použít pouze při mozkových operacích, protože se snímají potenciály pomocí elektrod přímo z povrchu obnažené kůry mozkové. Kapounová (2007) ještě doplňuje stereoencefalografii (SEEG), která snímá potenciály z elektrod neurochirurgicky zanořených do určité části mozkových struktur. S touto metodou se lze setkat jen na specializovaných pracovištích.

Khawaja et al. (2017) prováděli studii na kontinuální elektroencefalografii (cEEG) u vážně nemocných pacientů. O cEEG píše jako o rychle se rozšiřující metodě na jednotkách intenzivní péče. Indikace zahrnují například monitorování a diagnostiku konvulzivního a nekonvulzivního status epilepticus, sledování sedace, poskytování prognostických informací a detekci mozkové ischemie. CEEG je i doporučován pro diagnostiku, léčbu a prognózu záchvatů u pacientů s kraniocerebrálním poraněním. Tomek et al. (2018) doplňují, že pro cEEG postačuje 2 až 4 kanálový EEG modul a elektrody jsou častěji lepené nebo subdermální. Viz příloha č. 11.

Makarenko et al. (2016) se také vyjadřují k cEEG. Píší, že u pacientů s kraniocerebrálním poraněním je zvýšené riziko vzniku posttraumatických záchvatů a sekundárního poškození mozku až ve 20–40 %. Převážná většina posttraumatických záchvatů je nekonvulzivní, a proto nemůže být snadno zjištěna při klinickém vyšetření. Z tohoto

důvodu se prosazuje cEEG pro detekci poúrazových záchvatů a pro následnou léčbu antikonvulziv. Pro detekci záchvatů doporučují 18 až 32kanálové moduly a 48hodinovou monitoraci, která má více než 90% pravděpodobnost zachycení záchvatu.

Tomek et al. (2018) se ve své knize zmiňují o video cEEG monitoringu, který je výhodný zejména v diferenciální diagnostice epileptických a neepileptických záchvatů. Pomocí této metody lze podrobně provést analýzu epizod a sledovat korelaci záznamu s aktivitou pacienta.

U pacientů s kraniocerebrálním poraněním lze sledovat neuronální aktivitu v podobě již zmíněného EEG, ale i vynucenou v podobě evokovaných potenciálů (EP) (Tyll et al., 2014). EP ukazují funkční zdatnost neuronů v čase, která je přímo závislá na dodávce kyslíku. EP podávají informaci, jak rychle a synchronně a v jaké kvalitě je přenesen akční potenciál, který je vyvolán zevním podnětem, po určité dráze z místa stimulace do cílového místa dráhy, kterým může být například kortikální generátor nebo kosterní sval (Tyll et al., 2014).

Tomek et al. (2018) zpřehledňují typy EP. Jde o sluchové kmenové evokované potenciály (BAEP), somato-senzorické evokované potenciály (SSEP), kognitivní evokované potenciály (CEP) a potenciály vázané na události (ERP). Tyll et al. (2014) uvádějí EP vyšetřované v prostředí JIP. Jsou to SSEP, BAEP a zrakové potenciály (VEPs) s motorickými evokovanými odpověďmi (MEPs), které Tomek et al. (2018) neuvádějí.

Dle Koeniga a Kaplana (2015) je primární indikací pro EP u pacientů v bezvědomí s kraniocerebrálním poraněním určení prognózy, monitorování neurologického stavu a potvrzení mozkové smrti.

Tyll et al. (2014) blíže specifikují indikaci k potvrzení smrti mozku, kdy na základě novely transplantačního zákona bylo rozšířeno spektrum vyšetření mimo jiné o BAEP, které byly dříve určeny pouze pro pacienty se ztrátovým poraněním kalvy nebo dekompresivní kraniotomií. Nyní jsou BAEP postaveny na stejnou úroveň s digitální subtrakční angiografií.

3.3 Multimodální neuromonitoring

Multimodální neuromonitoring u pacientů s kraniocerebrálním poraněním umožňuje klinickým pracovníkům provádět individuální rozhodnutí o léčbě, aby se zabránilo sekundárnímu ischemickému poškození mozku (Makarenko et al., 2016). S kombinací globálních a regionálních monitorovacích technik se získává větší přehled o fyziologii a patologii mozku (Ševčík et al., 2014).

Peacock a Tomlinson (2018) píší, že multimodální neuromonitoring je důležitý u pacientů s akutním poraněním mozku a informují o jeho výhodě: *„Neurologické vyšetření na lůžku je standardem pro neurologické monitorování; klinické vyšetření však nemůže spolehlivě detekovat jemné změny v intrakraniální fyziologii. Změny zjištěné při neurologických vyšetřeních jsou často pozdními příznaky. Posouzení více fyziologických proměnných v reálném čase může poskytnout nové klinické pohledy na rozhodnutí o léčbě.“*

Makarenko et al. (2016) píší o jeho vývoji. Tradičně se prý multimodální neuromonitoring sestával z kombinace klinického vyšetření, neuroimagingu (zobrazení anatomie a funkce CNS) a monitorování intrakraniálního tlaku. Bohužel tento zjednodušený přístup nepřinesl lepší výsledky pravděpodobně vzhledem k neschopnosti zvážit základní heterogenitu různých vzorců poranění. S rozvojem neurokritické péče a objasněním patofyziologie základního onemocnění se k multimodálnímu neuromonitoringu začaly přidávat platformy zahrnující monitoring cerebrovaskulární autoregulace, okysličování mozkové tkáně, cerebrální mikrodialýzy a kontinuální elektroencefalografie.

Multimodální neuromonitorace upozorňuje s předstihem na sekundární změny v mozkové tkáni, a tím se získává možnost terapeutického ovlivnění ještě před vznikem klinických příznaků, tzv. fyziologicky vedená terapie, píší Ševčík et al. (2014). Informují i o principu multimodálního neuromonitoringu. Jde o kombinaci kontinuálních a nekontinuálních, invazivních a neinvazivních, globálních a regionálních metod. K parametrům multimodálního neuromonitoringu řadí ICP, CPP, intracerebrální teplotu, CBF, oxygenaci, metabolismus mozku a EEG.

Smith a Smith (2017) zdůvodňují použití multimodálního neuromonitoringu. Uvádějí, že neexistuje žádná neuromonitorovací technika, která by byla schopna komplexně hlásit rozsah patofyziologických změn po kraniocerebrálním poranění. Pokud se zahrnou dvě

nebo více technik do strategie multimodálního neuromonitoringu, dojde k poskytnutí ucelenějšího obrazu o patofyziologii mozku a jeho reakci na léčbu.

Stocchetti et al. (2017) poukazují na to, že současné multimodální neuromonitorování generuje obrovské množství dat, která nejsou pro kliniky shrnuta tak, aby bylo možné získat jasné informace, které mohou být použity k vedení péče o pacienta. Počítačové vizualizační techniky nabízejí slibný způsob, jak snížit složitost datových souborů do podoby, která může být lékařům přijatelná. Fotografie screenshotu zobrazující pokročilé počítačové multimodální neuromonitorování je uveden v příloze č. 5.

Ševčík et al. (2014) blíže specifikují počítačové vizualizační techniky. Píší, že ideální jsou telemedicínské automatizované systémy nazývané Electronic Intensive Care Unit, které jsou v současné době na některých pracovištích rutinně používány a jsou velmi dobře přijímány personálem. Tyto počítačové techniky jsou založené na statistické analýze kontinuálních dat a mohou významným způsobem urychlit diagnózu závažného stavu a snížit počet falešně pozitivních alarmů.

4 Role sestry v monitoringu nervového systému u pacientů s kraniocerebrálním poraněním

Pacienti s těžkým kraniocerebrálním poraněním potřebují okamžité neurochirurgické vyšetření a péči, a proto jsou nejčastěji přijímáni na jednotky intenzivní péče traumacenter, kde je přístup k neurochirurgické péči (Faul et al., 2016). Management intenzivní péče a s ním spojen i monitoring nervového systému o pacienty s kraniocerebrálním poraněním je dynamický proces, který začíná v přednemocničním období na místě nehody. V časných stádiích nemocniční péče, než je pacient přijat na JIP, může být léčen i na různých typech oddělení, například na příjmové ambulanci, radiologickém oddělení. Během tzv. „Zlaté hodinky“ tj. období od zranění až do zahájení definitivního ošetření, by měla být zajištěna kontinuita akutní péče, sdělují Haddad a Arabi (2012).

Šeblová et al. (2018) přímo píšou o zachování kontinuity monitoringu. Za stejně důležité považují i kvantifikaci stupně poruchy určité funkce. Informují, že strategie a rozsah monitorování se liší podle toho, zda jde o primární zásah v terénu, nebo jde například o zajištěný transport pacienta mezi pracovišti nemocnice.

Vzhledem k charakteru mozkové tkáně se management neurochirurgické péče zaměřuje na primární postižení, ale současně eliminuje všechny inzulty způsobující sekundární poškození. Pro neodkladné zahájení terapeutických postupů je nezbytné včasné zachycení změn neurologického stavu a patologických hodnot pomocí monitoringu nervového systému. Role sestry je v této oblasti nezastupitelná, informuje Pražský (2012).

4.1 Role sestry v monitoringu nervového systému v přednemocniční péči

Rubenson Wahlin et al. (2018) sdělují, že pro zlepšení výsledků pacientů s kraniocerebrálním poraněním byly vyvinuty a zavedeny osvědčené pokyny pro přednemocniční léčbu. Tyto pokyny mají za cíl standardizovat hodnocení poranění a léčbu a tím zlepšit výsledky pacientů s těžkým kraniocerebrálním poraněním.

Varghese et al. (2017) informují, že hlavním cílem přednemocničního managementu je prevence hypoxie a hypotenze, protože tyto systémové patologie způsobují sekundární poškození mozku. Největší úlohou sestry v přednemocniční péči o pacienta s kraniocerebrálním poraněním jsou aktivity podílející se na normalizaci krevního tlaku

a okysličování (Varghese et al., 2017). K těmto aktivitám se mimo jiné řadí monitoring obecných parametrů, jde například o EKG, pulzní oxymetrii a arteriální krevní tlak (Haddad a Arabi, 2012). Vedle aktivit podílejících se na normalizaci krevního tlaku a okysličování, je úlohou sestry monitorování vědomí a sledování zornic pacienta (Rubenson Wahlin et al., 2018), které se řadí k monitoringu nervového systému.

Základní posouzení neurologického stavu u pacienta s kraniocerebrálním poraněním je již nutné zahájit v přednemocniční péči, kdy není pacient ještě pod vlivem sedace a relaxace, doplňují Juráň a Smrčka (2013).

K hodnocení vědomí pacienta v přednemocniční péči je třeba určitým podnětem vyvolat reakci nemocného. Zpočátku se využívá normálních podnětů, které později zvyšují svoji intenzitu. Začíná se běžným tónem hlasu. Nemocnému se položí několik otázek, například jak se jmenuje, kde je a kolikátého dne je. Přiléhavost jeho odpovědí odhalí kvalitativní a kvantitativní poruchy vědomí. Pokud pacient nereaguje, je možné zvýšit intenzitu hlasu nebo pacienta zaujmout například tlesknutím. Pokud i zvukový podnět zůstává bez odpovědi, je možné zkusit taktilní podnět. Nejdříve dotyk, když neodpovídá, tak zatřesení jeho ramenem. Pokud ani tento podnět nevyvolá reakci, je nutné použít silnější stimul, například zatlačení špachtlí do nehtového lůžka a pokud stále nereaguje použije se bolestivý podnět, například štípnutí do ušního lalůčku, informuje Nejedlá (2015b).

K přesnějšímu hodnocení hloubky vědomí doporučují Šeblová et al. (2018) často používanou škálu GCS, která dobře kvantifikuje stupeň poruchy vědomí a může pomoci v rozhodnutí o další léčbě. O GCS podrobněji v kapitole 4.3.1.1.

Ke sledování zornic, jako k dalšímu důležitému neurologickému vyšetření v přednemocniční péči, řadí Šeblová et al. (2018) ještě sledování bulbů a motorické funkce. Sleduje se tedy velikost zornic, symetrie, fotoreakce a postavení bulbů. Více v kapitole 4.3.1.2. U motorické funkce se hodnotí svalový tonus, dekortikační a decerebrační projevy, křeče, parézy nebo plegie a symetrie pohybu končetin na algický podnět.

Šeblová et al. (2018) informují o důležitosti objektivního zachycení výchozího zdravotního stavu pacienta a následných změn. Získaná fakta mají vliv na terapii a další vývoj poranění. Pokud výchozí zdravotní stav pacienta nebyl zachycen sestrou, tak

Kapounová (2007) dodává, že informace o výchozím stavu pacienta lze získat od pacienta, od příbuzných anebo od náhodných svědků, kteří byli s pacientem v prvním kontaktu. Snahou je získat všechny dostupné informace o závažných onemocněních, o dosavadních neurologických onemocněních, alkoholismu, užívání drog atd. Šeblová et al. (2018) ještě doplňují získání informací ohledně nehody, co předcházelo u pacienta ztrátě vědomí nebo alespoň okolnosti nálezů bezvědomého pacienta včetně časového údaje, kdy byl naposledy prokazatelně v pořádku.

Základní neurologické vyšetření se monitoruje dle Šeblové et al. (2018) výhradně na základě opakovaného hodnocení, a to minimálně na počátku vyšetření, v průběhu ošetřování a při předávání pacienta, ale to jen v případě, kdy jeho stav relativně stabilní. Při větší dynamice zdravotního stavu jsou potřeba i kratší intervaly vyšetření.

4.2 Role sestry v monitoringu nervového systému na urgentním příjmu

Monitorování na urgentním příjmu se od spektra použitých prostředků neliší od přístrojů pro záchrannou službu v přednemocniční péči, ale zvolené typy přístrojů se mohou více blížit typům užívaných v intenzivní péči (Šeblová et al., 2018). Největší úlohou sestry v péči o pacienta s kraniocerebrálním poraněním na urgentním příjmu zůstávají stále aktivity podílející se na normalizaci okysličování, udržování krevního tlaku a základním neurologickým vyšetření, píše Varghese et al. (2017) a Marklund (2017) dodává, že neurologické vyšetření je často ztížené použitím přednemocniční sedace, relaxace a intubace na místě nehody.

Po přijetí do nemocnice na urgentní příjem se u pacientů hodnotí zejména GCS, stav zornic a postavení bulbů. Toto základní zhodnocení musí být prováděno opakovaně a 1 hodinu, včetně pacientů sedovaných a relaxovaných, informuje Juráň a Smrčka (2013). Rychlé neurologické vyšetření v prostředí urgentního příjmu posuzuje hrubou strukturální integritu nervového systému, závažnost zranění a je i dobrým prognostickým nástrojem, dodává Marklund (2017).

Další nezbytnou činností sestry na urgentním příjmu je vedení dokumentace a zaznamenávání zhodnoceného neurologického stavu (Juráň a Smrčka, 2013).

4.3 Role sestry v monitoringu nervového systému v intenzivní péči

Práce sestry v intenzivní péči je komplexní a vyžaduje neustálý rozvoj v ošetrovatelské péči. Dynamika mezi odborníky, kritický stav pacientů a využívání různých technologií vyžaduje od sester znalosti z několika zdrojů, spolupráci a maximální efektivní plnění ošetrovatelských procesů a péče (Massaroli et al., 2015). Sestra na jednotkách intenzivní péče musí být neustále ostražitá, protože stav pacienta se může rychle a nepředvídatelně měnit. Pracuje s pokročilou technikou a je často povinna provádět více rozhodnutí najednou v náročném pracovním prostředí (Abbey et al., 2012). Význam role sestry v monitoringu nervového systému u pacientů s kraniocerebrálním poraněním v intenzivní péči je v časném rozpoznání změn neurologického stavu a patologických hodnot z monitorovacích systémů, které mohou mít následně vliv na vznik sekundárního poškození mozku pacienta (Pražský, 2012).

4.3.1 Posouzení neurologického stavu

Intenzivní neurologické monitorování je nedílnou součástí léčby pacientů s kraniocerebrálním poraněním. Neurologické zhoršení se může vyskytnout rychle a je často spojeno se špatným výsledkem (Marklund, 2017).

V této kapitole je popsáno základní neurologické vyšetření sestrou, vztahující se k pacientům s kraniocerebrálním poraněním, kde je kladen důraz na zhodnocení stavu vědomí a sledování očí, dle Juráně a Smrčky (2013). Sestra si ale musí všimnout i jiných neurologických příznaků, například poruchy řeči nebo hybnosti končetin (Pražský, 2012).

4.3.1.1 Zhodnocení stavu vědomí

Chan et al. (2013) píše, že zhodnocení stavu vědomí je důležitou součástí dovedností všeobecné sestry. Píše, že přesným posouzením úrovně vědomí pacienta je sestra schopna detekovat neurologické změny a následně informovat lékaře, aby se zinicizovaly následné kroky pro zlepšení výsledků a minimalizovaly dlouhodobé následky. Informují, že většina dostupných výzkumů používá pro zhodnocení stavu vědomí škálu GCS.

Slezáková (2014) tato slova potvrzuje. Píše, že v současné době ošetrovatelské praxe sestry používají různé hodnotící a posuzovací stupnice, které doplňují kvalitní individualizovanou péči, dokumentují a objektivizují problémy. Píše, že pro posouzení stavu vědomí sestry běžně používají GCS, kde testují tři oblasti. Testují otevření očí,

verbální a motorickou odpověď na různé podněty, například reakci na oslovení, dotek, zatřesení, bolestivý podnět, kterým může být zkroucení ušního lalůčku, štípnutí na vnitřní straně paže a pod axilou, popleskání po tváři nebo reakce na zavedení intravenózní kanyly či píchnutí jehlou.

Ševčík et al. (2014) uvádějí GCS jako nejvýhodnější škálu pro zhodnocení stupně vědomí. Hodnocení slovní a motorické odpovědi rozdělují na slovní a standardní nociceptivní reakce na podněty. K vhodným nociceptivním podnětům řadí tlak na výstupy trojklaného nervu, tlak na sternum, mandibulu a tragus. Uvádějí i periferní nociceptivní podněty, například tření žeber pacienta v oblasti axily, tlak tupým předmětem na nehtové lůžko nebo stisk kůže.

Lippertová Grünerová (2009) upozorňuje, že změny vědomí u pacientů s kraniocerebrálním poraněním mohou být zapříčiněny i celou řadou jiných faktorů, které nemají přímou souvislost s intrakraniálním poškozením. U pacientů se často nachází hypoxémie, hypotonie a ovlivnění sedativy.

Colduvell (2017) předkládá podrobný návod pro sestry, jak vypočítat GCS. Jak už bylo psáno, hodnotí se tři různá kritéria otevření očí, verbální odpověď a motorická odpověď. Každé kritérium je v jiném měřítku, s celkovým možným skóre patnáct a s nejnižším možným skóre tři. U kritéria *otevření očí*, je spontánní otevření očí před podnětem za čtyři body, otevření očí na oslovení po vysloveném požadavku za tři body, otevření očí na bolestivý podnět za dva body a pokud neotevře oči na jakýkoli podnět, je to hodnoceno jedním bodem. Při posuzování kritéria *verbální odpověď*, se pacient posuzuje jako orientovaný, pěti body, když uvádí správně svoje jméno, místo a datum narození. Dále jako zmatený za čtyři body, když pacient není orientován, ale hovoří soudržně. Pokud se vyjadřuje jednoslovně, dostává tři body. Když vydává jen zvuky, jako sténání, tak má dva body a pokud nevydává žádné zvuky hodnotí se jedním bodem. Kritérium *motorická odpověď* je za šest bodů, pokud pacient vyhoví a splní požadavky na ukázání dvou míst na těle. Pět bodů má, pokud tzv. lokalizuje, tj. například pohyb ruky na podnět nad klíční kost, na hlavu či krk. Čtyřmi body se hodnotí pacient, který má normální ohyby paže, ale pohyby jsou rychlé a necílené. Pokud má pacient abnormální ohyby paže, tj. abnormálně ohýbá rameno a loket, je to hodnoceno třemi body. Když má pacient paže v extenzi, propnuté v lokti, tak má dva body a když nemá žádný pohyb, na žádný podnět, uděluje se pacientovi jeden bod.

Colduvellová (2017) sděluje, že jakmile jsou určena čísla u každého kritéria, je nutné je sečíst a výsledku porozumět. Upozorňuje, že každé poranění mozku je jiné, ale obecně ho lze klasifikovat jako těžké s GCS 3–8, střední s GCS 9–12 a lehké s GCS 13–15.

Reith et al. (2017) prováděli studii na faktory ovlivňující spolehlivost GCS. Ve své práci poskytují ucelený přehled faktorů a následně předkládají i doporučení, jak optimalizovat spolehlivost GCS. Mezi faktory ovlivňující spolehlivost GCS patří způsoby léčby (intubace, sedace), úroveň vědomí, trénink a zkušenosti posuzovatele a typ použitého stimulu. Z výsledků studie vyplynulo, že nejvíce pozornosti projevíly charakteristiky související s posuzovatelem na spolehlivost GCS a následně doporučují zlepšit vzdělávání v této oblasti a pravidelnou kontrolu znalostí. Doporučují i minimální vzdělávání prostřednictvím video–instrukce GCS, nebo použití standardních referenčních karet GCS, které dle jiné primární studie zlepšilo spolehlivost hodnocení. Dále například pacienti sedovaní, intubovaní, pacienti s místním edémem očí nebo jinými faktory jsou často chybně hodnoceny. V tomto případě doporučují, pokud je komponenta nehodnotitelná, aplikovat jednotné strategie v rámci jednotek, například přiřadit nenumerné označení „NT“ - není testovatelné.

Colduvellová (2017) podrobněji uvádí faktory ovlivňující hodnocení GCS. Řadí se k nim již uvedené faktory Reitha et al. (2017) a dále jazyk a kulturní odlišnosti, ztráta sluchu, intelektuální či neurologický deficit, základní psychologické problémy, věk, aktuální léčba, intubace, tracheostomie, léky, orbitální nebo lebeční zlomeniny, poškození míchy, dysfázie, hemiplegie, alkohol nebo drogy.

I přes všechny faktory ovlivňující spolehlivost GCS, je tato stupnice pro posouzení stavu vědomí u pacientů s kraniocerebrálním poraněním nejpoužívanějším nástrojem (Smith, 2018). Nicméně z obavy o neúčinnosti GCS byly vytvořeny i jiné nástroje pro posouzení stupně vědomí. Například Chan et al. (2013) předkládají škály National Institute of Health Stroke Scale, Alert, Verbal, Pain and Unresponsive Scale a Swedish Reaction Level Scale. První dvě škály jsou v českém překladu uvedené v příloze č.1.

Peng et al. (2015) se zmiňují o škále Full Outline of Unresponsiveness (FOUR), která byla v několika studiích porovnávána s GCS a výsledky ukázaly, že škály jsou srovnatelné. Jamal et al. (2017) ještě dodávají, že se hodnotí E – reakce očí, M – motorické reakce, B – reflexy mozkového kmene, R – dýchání a všechny

komponenty mají pět podscore od nuly do čtyř. Schéma FOUR škály je znázorněné na obrázku v příloze č. 1.

4.3.1.2 Sledování očí

Vyhodnocení velikosti zorniček a jejich mechanismus odrazu světla je nedílnou součástí protokolu pro léčbu pacientů s kraniocerebrálním poraněním na celém světě, sdělují Chen et al. (2011). K tomu ještě informují, že Americká asociace neurochirurgů a pokyny Brain Trauma Foundation doporučují, aby hodnocení zorniček u pacientů s těžkým kraniocerebrálním poraněním bylo zaměřené jak na jejich asymetrii, velikost a na reaktivitu na světlo, tak i na fixní a rozšířené zorničky. Dobiáš (2013) doplňuje, že hodnocení zorniček je ještě zaměřené na jejich tvar a uvádí i příklad, který se vztahuje k pacientům s kraniocerebrálním poraněním. Pokud je zornička oválného tvaru, může se jednat o intrakraniální hypertenzi nebo o počínající herniaci.

Ševčík et al. (2014) informují, že normální velikost zorniček je 2,5 až 4,5 mm. Miotické zorničky jsou 1 až 2 mm velké a mydriatické 5 až 9 mm.

Slezáková (2014) poskytuje ošetrovatelský postup pro sledování stavu zornic. Nejprve informuje, že pokud dojde ke změně reakce zorniček na osvit nebo se změní jejich velikost v průběhu vyšetřování, svědčí to o poškození třetího hlavového nervu, například z důvodu komprese nervu nebo syndromu intrakraniální hypertenze. První krok, který musí sestra udělat je, informovat pacienta o plánovaném výkonu. Její základní pomůckou je baterka. Sestra prsty oddálí horní a dolní víčko od sebe a poté posvítí baterkou do oka a sleduje zornici. Sestra si všímá tvaru, velikosti a reakce zornic. Po výkonu sestra zaznamená stav a reakci zornic do dokumentace. Informuje lékaře o jiných komplikacích, například o neklidu pacienta, špatné spolupráci, o otocích či hematomech okolo očí. Dobiáš (2013) ještě doplňuje, že každé oko se vyšetřuje nejdříve zvlášť a pak obě dvě dohromady.

Cecil et al. (2011) se zmiňují o pupilometru Neuroptics ForeSite, jde o neinvazivní ruční přístroj, který využívá světelný podnět a rychlé živé fotografování k měření maximální a minimální clony a rychlosti zúžení zorniček. Píší, že kontrola zorniček pomocí baterky byla vždy standardním subjektivním měřením reaktivity zorniček, ale dnes již existují nová moderní zařízení, která snadno a rychle posoudí neurologické změny u pacientů s kraniocerebrálním poraněním.

Tento fakt chtěly potvrdit americké sestry z Pittsburghu pracující s pacienty s kraniocerebrálním poraněním na neurotraumatologické JIP. Integrovaly na třináct měsíců do jejich pracovního ošetrovatelského postupu kontrolu zorniček pomocí pupilometru. Závěrem tohoto projektu bylo, že použití pupilometru bylo pro sestry přijatelné z hlediska snadného použití, ale nakonec nebylo v nastavení ošetrovatelského plánu preferováno. Hodnocení zorniček pomocí pupilometru bude mít stále větší hodnotu pro sestry, které nemají dovednosti a zkušenosti se standardním vyšetřením zorniček, sdělují Anderson et al. (2018).

V Austrálii prováděli studii na používání pupilometru u pacientů s kraniocerebrálním poraněním. Z výsledků studií vyplynulo, že pupilometr používá převážně ošetrující personál, a to málo. Nejhlavnějším problémem, proč se pupilometr nepoužívá často, je nedostatek informací k obsluze tohoto přístroje, informují Lee et al. (2018).

Lee et al. (2018) předkládají stručný návod k obsluze pupilometru NeurOptics®NPI-100™. Pupilometr je ruční přenosné zařízení, které se používá s jednorázovým krytem pro pacienta. Pupilometr a jednorázový kryt pro pacienta je znázorněn na obrázku v příloze č. 6. Přístroj se drží nad jednou zorničkou a stiskne se odpovídající tlačítko. Po jeho stisknutí zařízení vydá na 0,8 s dlouhý světelný záblesk a zachytí se obrazy zorničky. Zaznamenané parametry jsou během několika sekund zobrazené na obrazovce přístroje. Reakce zorničky se třídí dle neurologického indexu zornic na stupnici od nuly do pěti. Hodnoty vyšší než tři jsou považovány za normální a hodnoty nižší než tři jsou považovány za abnormální a jsou spojeny s intrakraniální hypertenzí. Hodnota nula naznačuje zorničku bez zúžení a tím i chybějící pupilární reflex.

Cecil et al. (2011) ještě doplňují, že pokud je pacient při vědomí, musí být instruován, aby se díval přímo dopředu a zaměřil své oko na vzdálený objekt. Někdy může být nutné ručně a jemně držet otevřené oko pacienta.

Nejedlá (2015a) popisuje ještě vyšetření očních bulbů. U očních bulbů se pozoruje jejich postavení a pohyblivost. Oční bulby mohou mít střední postavení, což je normální nález, nebo mohou být vystouplé či vpadlé. U pohyblivosti očních bulbů se hodnotí jejich pohyblivost všemi směry. Pokud je pacient při vědomí, pohybujeme prstem cca jeden metr před jeho očima a vyzveme jej, aby prst sledoval očima. Pokud se oči pohybují volně všemi směry, je to fyziologický nález. Pokud nejsou ve všech směrech volně pohyblivé, může jít o konvergentní (sbíhavé) postavení nebo o divergentní (rozbíhavé) postavení.

4.3.2 Role sestry při přístrojovém monitoringu

Harris (2014) sděluje, že informace o používání přístrojového monitoringu nervového systému jsou na jednotkách intenzivní péče rozsáhlé a významné. Sestry, které denně pečují o pacienty ve vážném zdravotním stavu, musí dobře znát užitečnost monitorovacích technik nervového systému, proč jsou používány nebo jak jsou interpretovány. Musí být schopny různé techniky nervového systému používat a umět vyhodnotit jejich výsledky, aby poskytly co nejlepší péči svým pacientům.

Adamus et al. (2010) sdělují, že přístrojový monitoring je nezastupitelnou součástí intenzivní péče a některé životní funkce mohou být monitorovány kontinuálně 24 hodin denně. Upozorňují, že základním a nezastupitelným prvkem monitoringu je stále klinické hodnocení a větší pozornost nesmí být věnována sledováním přístrojů než pacientovi.

4.3.2.1 Role sestry v monitoringu intrakraniálního tlaku a mozkového perfuzního tlaku

Intrakraniální tlak – ICP a mozkový perfuzní tlak – CPP jsou nejčastějšími sledovanými parametry u pacientů s kraniocerebrálním poraněním (Tasneem et al., 2017), přičemž monitoring ICP je základním kamenem monitoringu nervového systému (Kawoos et al., 2015).

Kraniocerebrální poranění vede k aktivaci primárních a sekundárních patofyziologických procesů, které mají vliv na ICP. V závažných případech je zvýšený ICP spojen s úmrtností nebo se špatným klinickým výsledkem. Hlavním cílem monitoringu ICP u pacientů s kraniocerebrálním poraněním je včasné zjištění vznikajícího sekundárního poškození a zahájit okamžitý terapeutický zásah, oznamují Kawoos et al. (2015).

Chesnut et al. (2014) informují, že hodnoty ICP se nejčastěji získávají z intrakraniální parenchymální tkáně nebo z prostoru mozkových komor, jak už bylo výše psáno, a podle toho se v současnosti preferují dvě hlavní metody monitoringu ICP. Jedná se o intraparenchymální a intraventrikulární monitoring s možností drenáže mozkomíšního moku, který je považován za zlatý standard pro ICP. Kočí a Streitová (2013) hovoří ještě o systémech měření ICP. Jedná se o princip tenzometru, fibrooptický, hydraulický a oscilometrický systém.

Chesnut et al. (2014) píší, že obě techniky vyžadují technickou odbornou obsluhu sestrou. Sestra musí například umět kalibrovat monitor, správně nastavit polohu nuly, zprůchodnit kapalinové sloupce, kontrolovat vznik infekce katétru, poznat tvar zobrazené křivky. Musí brát v úvahu umístění monitoru a přechod mezi systémy ICP různých oddělení. Zvláštní potřebu musí věnovat tomu, aby se předešlo vzniku artefaktů nebo falešných čísel a provádět údržbu monitorů v rámci ošetrovatelských kompetencí.

Kawoos et al. (2015) pojednávají o hodnotách ICP. Píší, že prahové hodnoty ICP jsou většinou definovány klinickými zkušenostmi, základními podmínkami patologického ICP a prý neexistuje žádná jasně definovaná společná prahová hodnota, která by se vztahovala na všechna traumata mozku a vyžadovala okamžitou léčbu. Uvádějí společný konsenzus pro hodnoty ICP přijatelný pro sestry. Normální rozmezí hodnot ICP je 5-15 mmHg, hodnoty mezi 15-25 mmHg lze považovat za tolerovatelné, 25-40 mmHg jsou hodnoty výrazně zvýšené a hodnoty nad 40 mmHg jsou mimo mez a nemohou být tolerovány po delší dobu. Pokyny pro nadaci Brain Trauma Foundation doporučují, aby léčba byla zahájena, pokud je prahová hodnota ICP vyšší než 20 mmHg.

Munakomi (2019) z Nepálu popisuje přípravu pacienta před aplikací ICP čidla. Za prvé pacient (pokud je při vědomí) a jeho příbuzní musí dostat před zákrokem důkladné informace týkající se indikace, postupu, souvisejících rizik a obdržet písemný souhlas. Pacientovi jsou aplikována na začátku výkonu profylaktická antibiotika. Přísně se dodržují aseptické pokyny. Proveďte se důkladná kontrola techniky pro minimalizaci komplikací. Pacient musí být dobře uložen, mít zajištěné průchodné dýchací cesty a podané anestetikum v místě vložení ICP čidla.

Munakomi (2019) předkládá i seznam pomůcek pro přípravu místa aplikace ICP čidla a pomůcek pro samotný zákrok. Na přípravu místa pro zavedení čidla se používají nesterilní rukavice, mýdlo, štetka, ručník, břitva a fixa pro označení místa umístění ICP čidla. Pro samotný zákrok je nutná ústní rouška, sterilní plášť a rukavice, antiseptický roztok, rouška, lokální anestetikum, 5 ml injekční stříkačka, chirurgická čepel, souprava pro monitorování ICP, vrtačka s vrtákem, fixační šroub, senzor ICP s převodníkem dle použitého systému, šití a sterilní krytí.

Streitová et al. (2015) také předkládá seznam pomůcek k zavedení ICP čidla. Oproti Munakomi (2019) uvádějí navíc tunelizační jehlu, lancetu pro punkci dury, fyziologický

roztok, pinzetu, nůžky rozvěrač, tampóny. Popisují i činnosti sestry při zavádění čidla a činnosti sestry po dobu monitoringu ICP.

Sestra ukládá pacienta do správné polohy, připravuje místo zavedení čidla oholením a odmaštěním pokožky, připravuje sterilní stolek s již výše uvedenými pomůckami, asistuje při nastavování atmosférické nuly, asistuje při zavádění katetru, provádí fixaci katetru krytím a náplastí, provádí pravidelné ošetření katetru každých 24 hodin a hodnotí rizika infekce, včetně záznamu do dokumentace. Kontroluje snímač tlaku (komůrku) a jeho polohu v úrovni nuly, tj. zevní zvukovod. Eviduje v dokumentaci doporučenou délku zavedení katetru, která je sedm dní a sedmý den informuje lékaře, sleduje tvar křivky, která má mít pulzový arteriální tvar a sleduje výskyt komplikací, například znehodnocení snímače, elektrickou závadu na katetru nebo nechtěné vytažení katetru (Streitová et al., 2015).

Bader (2013) blíže specifikuje ICP křivku. Vyhovující ICP křivka se skládá ze tříступňového sestupného vzoru P1-P2-P3. Když je P2 vyšší než P1 a P3, tak je mozek vystaven většímu riziku přetrvávání zvýšeného ICP. Obrázek vyhovující ICP křivky je v příloze č. 7.

Bartůněk et al. (2016) popisují stanovení referenční nuly pro správné měření ICP. Upozorňují, že kalibraci je nutné provést před samotným zavedením čidla. Následně to již není možné, protože by došlo k chybnému měření ICP. Pro měření ICP je používán speciální převodník, který lze propojit s monitorem u pacienta, což dovoluje kontinuálně hodnotit i další parametry, například CPP. ICP převodník je nejprve kalibrován po propojení s monitorem u pacienta pro hodnoty 0 mmHg a 20 mmHg nebo 0 mm a 100 mmHg. Poté je připojeno čidlo. Při výzvě k nulování je špička čidla ponořena pod hladinu sterilního roztoku a převodník je nulován. U elektronických převodníků je po nulování automaticky zobrazeno referenční číslo, u starších typů je nutné referenční číslo nastavit manuálně tak, aby hodnota na monitoru byla nula. Poté se může ICP čidlo zavést.

Robinson (2016) upozorňuje na hrozící intrakraniální hypertenzi, která vede ke snížení CPP a v nejzávažnějších případech může mít za následek smrt mozku. Poukazuje na to, že sestry by si měly být vědomy pacientů, u kterých by se potenciálně mohl objevit zvýšený ICP. Měly by být v pohotovosti, sledovat monitor ICP a příznaky intrakraniální hypertenze.

Intrakraniální hypertenze může vznikat pozvolna a jejími klasickými příznaky jsou bolesti hlavy, zvracení a měštnavá papila zrkového nervu (při vyšetření očního pozadí), nebo může vzniknout rychle, kde je hlavním příznakem porucha vědomí. Příznaky, které jsou u pozvolně vznikající intrakraniální hypertenze nemusí být u rychle vzniklé intrakraniální hypertenze vždy zjistitelné. Rychle vznikající intrakraniální hypertenze ohrožuje pacienta bezprostředně na životě, informují a varují Bartůnek et al. (2016).

Ještě Robinson (2016) informuje o sestřích z New Havenské nemocnice v USA a jejich povinnostech v péči o pacienta s ICP čidlem. Píše, že sestry mají velkou zodpovědnost například za to, jak správně umístit výšku odtoku mozkomíšního moku u intraventrikulárního čidla ICP, za monitoring ICP a v případě potřeby i za jeho snížení. Kliničtí lékaři často naordinují například požadavek, že ICP nesmí být trvale vyšší než 20 mmHg. Pro snížení ICP je více variant a sestra sama rozhoduje, jak tento úkol splnit. První, co musí udělat, je zkontrolovat pacienta. Pokud klinické vyšetření koreluje s hodnotami na monitoru, informuje lékaře a zkontroluje polohu hlavy pacienta, která by měla být o 30 stupňů vyvýšená. Dále pokud je to možné nechá odtéct mozkomíšní mok, anebo pokud je to potřeba, podá bolusově naordinovaná analgetika či sedativa.

Ugras a Yüksel (2014) z Turecka se ve své studijní práci zaměřili na faktory, které mohou ovlivňovat ICP. Poukazují na to, že sestry by měly dobře znát faktory ovlivňující ICP, intervence v péči a prevenci zvýšeného ICP a bezpečně poznat první příznaky intrakraniální hypertenze. Dále by měly být schopné naplánovat a provádět konkrétní individuální zásahy.

Prvním faktorem, který uvádějí Ugras a Yüksel (2014), ovlivňující ICP, je parciální tlak oxidu uhličitého (PaCO_2) vyšší než 45 mmHg. Doporučovaná hodnota je v rozmezí 35-40 mmHg. Příčiny zvýšeného PaCO_2 u pacientů s kranio cerebrálním poraněním mohou zahrnovat plicní patologii, silnou bolest, nedostatečnou sedaci, mělké dýchání z nadměrné sedace, dyssynchronizaci ventilátoru s pacientem nebo nedostatečnou ventilaci způsobenou chybnou nebo nesprávnou kalibrací okruhu ventilátoru. Dalším faktorem ovlivňující ICP je parciální tlak kyslíku (PaO_2) nižší než 50 mmHg. Hodnoty PaO_2 se doporučují vyšší než 60 mmHg. Nižší PaO_2 může být způsoben nedostatečnou terapií kyslíkem, stimulací kašlacího reflexu, odsáváním z dýchacích cest, pohybem endotracheální trubicí nebo obstrukcí dýchacích cest. Poloha těla je dalším faktorem zvyšujícím ICP. ICP zvyšují polohy jako je Trendelenburgova poloha, poloha na břiše,

nadměrně ohnuté končetiny v kyčli směrem k břichu, nadměrný ohyb hlavy a prodloužení krku. Dalším faktorem jsou izometrické svalové kontrakce. Ty mohou probíhat, když pacienta něco tlačí nebo se opírá nohama o postel. Zvýšený intraabdominální a intrathorakální tlak, například při zvracení, kašli nebo klyzmatu, zvyšuje zároveň tlak intrakraniální. Odběry krve, odstraňování lepících pásek z kůže, invazivní vstupy, lumbální punkce aj. se řadí do tzv. škodlivých podnětů ovlivňující ICP. K významným faktorům zvyšující ICP patří i příčiny podílející se na zvyšování metabolismu mozku, například křeče nebo hypertermie.

K dramatickému nárůstu ICP dochází v období, kdy se seskupí několik ošetrovatelských činností do stejného časového období. Například koupel, otáčení pacienta a další činnosti, uvedené výše, které se podílejí na zvýšení ICP, sdělují ještě Ugras a Yüksel (2014) a poukazují na to, aby ošetrovatelské zákroky byly naplánované a s minimalizací škodlivých podnětů.

K monitorování ICP tlaku bylo vyvinuto i několik neinvazivních metod, které jsou uvedené v kapitole 3.2.2. Tyto neinvazivní metody byly zkoumány v několika studiích a žádná technika není spolehlivá pro monitorování ICP tak, jako invazivní ICP. Není ani tak často využívaná (Kumar, 2015), a proto zde není uvedena role sestry v těchto metodách.

Bartůněk et al. (2016) připomínají, že pomocí hodnot ICP lze vypočítat i CPP, který se stanovuje na základě vztahu $CPP = MAP - ICP$ a k tomu uvádějí cílové hodnoty CPP 50-70 mmHg. Juráš a Smrčka (2013) dodávají, že současné monitorovací systémy na JIP z těchto dvou invazivních tlaků automaticky CPP vypočítávají a kontinuálně měřené hodnoty jsou zobrazené vedle kontinuálního měření ICP. Úkolem sestry je hodnoty CPP sledovat a zaznamenávat.

4.3.2.2 Role sestry v monitoringu mozkové oxygenace

Management léčby akutního kraniocerebrálního poranění je založen na prevenci sekundárního hypoxicko-ischemického poškození mozku. Monitoring mozkové oxymetrie informuje o rovnováze mezi výdejem a využitím kyslíku v mozku (Smith a Smith, 2017). Dostupné technologie monitorování mozkového kyslíku zahrnují jugulární oxymetrii, tkáňovou oxymetrii a blízkou infračervenou spektroskopii (Makarenko et al., 2016).

4.3.2.2.1 Role sestry v monitoringu jugulární oxymetrie

Jugulární oxymetrie – SvjO₂ odráží rovnováhu mezi zásobováním mozku kyslíkem a jeho metabolickou spotřebou. Hodnoty SvjO₂ jsou u zdravých jedinců 55–71 % a obecně platí, že SvjO₂ nižší než 50 % a vyšší než 75 % znamenají mozkovou ischemii. (Anesthesia Key, 2017).

Hodnoty SvjO₂ se měří kontinuálně pomocí speciálního fiberoptického katetru, který je zaveden do oblasti bulbu v. jugularis. Tento speciální katetr umožňuje i přerušovaný odběr krve z mozkové žíly (Smith a Smith, 2017).

Streitová et al. (2015) popisují roli sestry při zavádění katetru a v péči o něj. Sestra ukládá pacienta do správné polohy a připraví místo pro zavedení katetru. Na stránkách Anesthesia Key (2017) doplňují, že pro katetrizaci jugulární žíly je vhodná Trendelenburgova poloha, která je ale kontraindikována u pacientů s vysokým ICP. Katetr doporučují umístit do dominantní jugulární žíly, jelikož odtok krve z mozku jugulárními žilami je asymetrický. Převážná většina pacientů má dominantní pravou jugulární žílu (Anesthesia Key, 2017). Sestra k zavedení SvjO₂ katetru připravuje i sterilní a nesterilní stolek s pomůckami. Na sterilní stolek potřebuje zaváděcí set, speciální optický katétr, fyziologický roztok, šití, injekční stříkačky, malý skalpel, peány, nůžky, pinzetu, roušky, tampóny a na nesterilní stolek ukládá přetlakovou infuzi, monitor, emitní misku, dezinfekční roztok, Mesocain 1% a fyziologický roztok (Streitová et al., 2015).

Sestra asistuje i lékaři při zavádění katetru, asistuje při napojování katetru na proplachovou infuzi s heparinem, zajišťuje RTG snímek s boční projekcí ke kontrole polohy katétru. Provádí fixaci katetru krytím a pravidelně ho ošetřuje, hodnotí rizika včetně záznamu do dokumentace, kontroluje snímač tlaku (komůrku), který by měl být v poloze nula, což odpovídá zevnímu zvukovodu. Eviduje v dokumentaci délku zavedení katetru, která je doporučena sedm dní a sedmý den by měla sestra informovat lékaře. Sleduje tvar křivky na monitoru, která má pulzový arteriální charakter a sleduje výskyt komplikací jako například znehodnocení snímače, elektrickou závadu katetru, nechtěné vytažení katetru nebo trombus ve špičce katetru (Streitová et al., 2015).

Technika kanylace SvjO₂ je podobná technice pro zavádění centrálního žilního katetru s tou výjimkou, že jehla, vodící drát a katetr se zavádějí ve směru k hlavě, sdělují na

Anesthesia Key (2017) a vyjadřují se i ke kontrolnímu RTG snímku, který by měl být proveden laterálně a ideálně s rotací hlavy 15–20° na stranu od katétru SvjO₂.

4.3.2.2.2 Role sestry v monitoringu tkáňové oxymetrie

Tkáňová oxymetrie je metoda, která měří parciální tlak kyslíku v mozkové tkáni – PbtO₂. PbtO₂ je měřen kontinuálně invazivní sondou se senzorem například s použitím polarografické elektrody typu Clarke nebo Fiberoptic technology, píše Stocker (2019) ze Švýcarska. Juráš a Smrčka (2013) zmiňují systém Licox jako nejběžnější užívaný systém a nejnovější multimodální čidlo Neurovent PTO.

PbtO₂ poskytuje informace o extracelulárním tlaku kyslíku v mozku, a to v místě, kde je zavedeno čidlo. Čidlo může být zavedené jak v místě léze, tak i ve zdravé mozkové tkáni, jde o tzv. metodu lokální oxygenace. Čidlo se zavádí 2–3 cm pod duru mater do bílé hmoty mozkové a způsob zavedení, pomůcky a činnosti sestry při zavádění jsou obdobné jako u zavádění ICP čidla, viz kapitola 4.3.2.1 (Streitová et al., 2015). Godoy (2013) doplňuje, že čidlo pro PbtO₂ může být zavedeno i při chirurgickém zákroku a je fixováno pomocí subarachnoidálního šroubu, který je jednolumenný nebo multilumenný. Přes multilumenný šroub je možné zavést i jiné intrakraniální katetry, například ICP, CBF nebo teplotní čidlo.

Godoy (2013) poskytuje i zajímavé informace pro sestry ohledně čidel PbtO₂. V současné době se PbtO₂ čidla běžně kombinují s teplotními čidly pro měření teploty mozku. Hodnota PbtO₂ je s touto kombinací automaticky korelována, což činí zařízení jednodušším, jelikož teplota mozku se nemusí zadávat manuálně. Informuje, že před zavedením katétru musí být provedena kalibrace podle specifikace výrobce. Každý katetr má svá specifická nastavení pro stanovení teploty, vlhkosti, barometrického tlaku, obsahu kyslíku a hladiny dusíku. Tyto hodnoty jsou obsaženy na čipu, který je dodáván s katetrem. Tento čip se vkládá do monitorovacího zařízení, kde dojde k samonastavení unikátních kalibračních hodnot katétru. Po zavedení čidla se provádí zkouška funkčnosti, která se nazývá provokace kyslíkem. U pacientů s plicní ventilací se na ventilátoru zvýší frakce kyslíku (FiO₂) na 100 % na deset minut a pokud je čidlo funkční zvýší se i hodnota PbtO₂. Získané hodnoty jsou validní přibližně během jedné až dvou hodiny po zavedení.

Stocker (2019) uvádí normální hodnoty PbtO₂ mezi 35-50 mmHg a nejnověji navržené ischemické prahy mezi 5 a 20 mmHg. Streitová et al. (2015) upozorňují, že při hodnotě

5 mmHg trvající třicet minut nebo 20 mmHg trvající čtyři hodiny je pravděpodobnost mortality o 50 % vyšší.

Juráš a Smrčka (2013) mají zkušenosti, že systém Licox poskytuje validní údaje po dobu deseti dnů a po této době čidlo extrahují, aby předešli infekční komplikaci.

4.3.2.2.3 Role sestry v blízké infračervené spektroskopii

Blízká infračervená spektroskopie – NIRS je neinvazivní monitorovací technika pro měření regionální saturace mozkového hemoglobinu kyslíkem (Streitová et al., 2015).

Ševčík et al. (2014) poskytují informace k praktickému provedení, které může uplatnit i sestra. Na čelo pacienta se lepí samolepící sondy o velikosti 9 x 4 cm, případně se fixují ještě pružným obinadlem. Poloha sond musí být symetrická, má se vyhnout střední čáře, aby nebyl zasažen sinus sagitalis superior, a má být umístěna cca 2 cm nad obočí, aby se signál vyhnul frontálním dutinám. Světelné signály jsou vysílány přístrojem 1 až 2krát za minutu. Fotografie NIRS sondy na čele pacienta je v příloze č. 8.

V současné době je NIRS užitečný jen jako doplněk u pacientů s kraniocerebrálním poraněním, protože stále existuje nejistota ohledně spolehlivosti této metody. S rychlým vývojem technologií má ale velký potenciál stát se užitečným nástrojem, pro monitorování neurologického stavu, který může poskytnout informace stejně důležité jako doposud dostupné invazivní techniky (Davies et al., 2015).

4.3.2.3 Role sestry v monitoringu mozkového krevního průtoku

K hodnocení mozkového krevního průtoku – CBF existuje několik technik používaných v klinickém a výzkumném prostředí. Zde jdou uvedené dvě, které jsou nejčastěji využívány v klinické praxi.

První z těchto technik je invazivní metoda pracující na principu termodifuze tzv. Bowmanův monitor – Hemedex, kterou uvádějí Juráš a Smrčka (2013). Umožňuje monitorování regionálního mozkového průtoku. Jde o čidlo, které se vkládá do bílé hmoty mozkové a její využití závisí na blízkosti oblasti zájmu, informují Tasneem et al. (2017). Juráš a Smrčka (2013) píší, že čidlo může být zavedeno i v šedé hmotě mozkové a podle toho se odvíjí i hodnota CBF. Normální hodnota CBF v šedé hmotě mozku je 60 ml/100 g/min a 30 ml/100 g/min v bílé hmotě mozku.

Čidlo se aplikuje obdobně jako ICP čidlo, viz kapitola 4.3.2.1. Hodnoty naměřené pomocí přístroje Hemedex korelují i s jinými již osvědčenými monitorovacími metodami jako ICP, CPP, PbtO₂. Měření je přerušováno pětiminutovou kalibrací každých devadesát minut a při teplotě mozkové tkáně nad 39 °C je monitoring zastaven, aby nedošlo k termickému poškození mozku (Juráň a Smrčka, 2013).

Druhou využívanou metodou k monitorování CBF je transkraniální dopplerovská sonografie – TCD, která poskytuje více globálního hodnocení měřením průměrných rychlostí proudění krve v různých intracerebrálních cévách (Tasneem et al., 2017). Měří spíše relativní změny než skutečný CBF (Kirkman a Smith, 2014).

K monitorování TCD se využívá přenosný ultrazvukový přístroj, který může být použit u lůžka a dle potřeby lze vyšetření opakovat nebo měřit kontinuálně. Pro provádění monitorování TCD je ultrazvuková sonda umístěna na specifická místa na lebce, kde je kost velmi tenká, nazývaná lebeční okna. Tři hlavní lebeční okna jsou temporální, orbitální a okcipitální. Zachycené signály ultrazvukovou sondou jsou softwarem přístroje zpracovány a prezentovány jako řada čísel, která se používá k určení rychlosti proudění. K tomu je slyšitelný vlnový zvuk a viditelný proudící tok krve na obrazovce TCD, informuje Harris (2014). Tomek et al. (2018) doplňují informaci ke kontinuálnímu vyšetření TCD. Při použití speciálního rámu lze ultrazvukovou sondu fixovat na hlavu pacienta a monitorovat delší časové intervaly až 24 hodin. Tento rám je dostupný, ale jen pro komerční TCD systémy, v České republice např. Rimed, DWL. Fotografie rámu je v příloze č. 9.

Harris (2014) se vyjadřuje k činnostem sestry. Sestry jsou zodpovědné za zajištění toho, aby byl monitoring TCD proveden včas a aby byl pacient připraven na provedení vyšetření. U pacientů, kteří jsou při vědomí a neklidní, musí sestra provést behaviorální či farmakologické intervence. Pacient musí být v klidu, jelikož vyšetření je ovlivněno pohybem nebo agitací pacienta. Po vyšetření by sestra měla zkontrolovat hodnoty a porovnat je s hodnotami z předchozího vyšetření. Pokud sestra narazí na významné kategorické rozdíly, měla by upozornit ošetřujícího lékaře.

4.3.2.4 Role sestry v cerebrální mikrodialýze

Cerebrální mikrodialýza – CMD je monitorovací metoda, která umožňuje vyšetřování mozku pomocí mikrodialyzačního katetru implantovaného do mozkové tkáně. Z tohoto

katetru lze získat vzorky extracelulární tekutiny, ze kterých jsou následně vyšetřovány metabolity a biologicky aktivní látky, informuje Hejčl et al. (2013).

Oliveira et al. (2014) popisují způsob zavedení katetru. Katetr může být zaveden v různých oblastech mozku a dle umístění mohou být i rozdílné výsledky. Katetr se rutinně zavádí dva centimetry hluboko v pravé čelní oblasti, v blízkosti bílé hmoty mozkové, zejména u pacientů s difúzním poraněním mozku. Pokud je to nutné, může být katetr umístěn i v rizikové tkáni, například v parenchymální traumatické lézi. Katetr může být zaveden přes třílumenný transkraniální šroub společně s čidly PbtO₂ a ICP. Technika zavedení je obdobná jako u ostatních transkraniálních čidel. Viz kapitola 4.3.2.1. Po vložení čidla se katetr tuneluje, přišívá ke kůži a připojí se k 2.5ml stříkačce, která se vloží do mikroinfuzní pumpy.

Young et al. (2016) z USA uvádějí, že sestry hrají nedílnou roli v úspěšném zavedení mikrodialyzačního katetru. Sestra nese zodpovědnost za asistenci lékaři při zavádění katétru, za správný odběr vzorku a za práci s analyzátozem (Young et al., 2016). Běžně se provádí mikrodialyzační analýza glutamátu, glukózy, laktátu a pyruvátu, doplňují Jones et al. (2017). Vzorek k analýze je izotonická dialyzační tekutina obohacena o extracelulární tekutiny, které do dialyzační tekutiny difundují přes semipermeabilní dialyzační membránu na špičce mikrodialyzačního katetru (Smith, 2018). Vzorky se běžně odebírají každých šedesát minut nebo i v kratších intervalech, pokud je to indikováno lékařem (Young et al., 2016).

FongHong a Miller (2019) z Floridy ještě popisují roli sestry před zavedením katetru. Dvě hodiny před aplikací katetru musí sestra spustit analyzátor, aby se provedla kontrola a kalibrace. K lůžku pacienta připraví mikrodialyzační pumpu s perfuzní kapalinou. Po zavedení katetru napojuje mikrodialyzační čerpadlo. Další činnosti sestry se shodují s Young et al. (2016).

Další úlohou sestry v CMD, kterou uvádějí Young et al. (2016) je dokumentování laboratorních výsledků a interpretaci výsledků lékaři. Výsledky ze vzorků dialyzátu může sestra vytisknout v analyzátoru CMD. Výsledky jsou přenášeny do elektronického zdravotnického systému. Sestra dále musí výsledky manuálně přepsat na formulář k tomu určený, pro snadné porovnání trendů. Ukázka formuláře sester z USA pro zapisování výsledků z CMD je v příloze č. 10.

Po celou dobu trvání CMD sestra monitoruje případné úniky tekutiny nebo známky infekce v místě zavedení katétru, pečuje o katétr a průběžně informuje rodinné příslušníky. Dokumentuje i klinické příhody a lékařské zákroky na formuláři pro sběr dat CMD pro porovnávání vztahu mezi klinickými nálezy a hodnotami CMD (Young et al., 2016).

4.3.2.5 Role sestry v monitoringu elektroencefalografie

Elektroencefalografie – EEG je základní neurofyziologická metoda, jejíž úlohou je snímat bioelektrické aktivity mozku povrchovými elektrodami umístěnými na povrchu lebky (Pražský, 2012). Jde o nejčastější neuroelektrofyziologickou techniku používanou na jednotkách intenzivní péče, informuje Harris (2014).

Ševčík et al. (2014) píší, že standardní EEG vyšetření se provádí většinou prostřednictvím několika (19 až 21) snímacích elektrod umístěných na povrchu hlavy pomocí EEG čepic. Tyto elektrody jsou rozmístěny na hlavě podle mezinárodního systému. Herman et al. (2015) ještě doplňují, že standardní EEG vyžaduje minimálně 16 elektrod pro správnou interpretaci mozkové aktivity. K rychlému screeningu EEG může být v nouzových situacích použito méně než 16 elektrod, ale měl by být co nejdříve zaveden adekvátní monitoring EEG. Moravčík (©2019) zase píše, že u cEEG jsou elektrody redukovány na deset elektrod a přikládá schéma. Viz příloha č. 11.

Kovářová a Outlý (©2019) ještě sdělují metodiku EEG. Každá elektroda je označena písmenem a číslicí. Písmena označují předozadní lokalizaci podle oblastí. Fp je frontopolární, F frontální, P parietální, T temporální, O okcipitální, C centrální. Lichá čísla jsou na levé a sudá na pravé hemisféře.

Umístění elektrod na povrchu hlavy pomocí speciálních EEG čepic je převážně úkol sestry na neurologických ambulancích. Na JIP u pacientů s kraniocerebrálním poraněním jsou častěji využívány jiné typy elektrod, jelikož u těchto pacientů dochází často k záchvatům, které jsou obtížně identifikovatelné, a k monitoringu EEG se spíše využívá cEEG sděluje Citerio (2017). Používání EEG čepic v prostředí JIP nese vyšší riziko technických artefaktů a vzniku dekubitů, doplňují Tomek et al. (2018).

Dle Hermana et al. (2015) z Bostnu není úkolem sestry práce s elektrodami, jejich správné rozmístění, nanesení, potažmo snesení, i když jsou v tom vyškolené. Tyto činnosti u nich provádí neurodiagnostický laboratorní asistent.

Herman et al. (2015) podrobně popisují ve svém článku technologii cEEG a kvalifikaci pracovníků podílejících se na cEEG. V nemocnicích mají týmy pro cEEG, které jsou řádně vyškolené a mají zkušenosti v klinickém EEG. Tým pro cEEG se skládá z lékaře, neurodiagnostického technika, specialisty neurodiagnostické technologie na JIP, neurodiagnostického laboratorního asistenta a z cEEG pozorovatelů, kterými mohou být i sestry na JIP. Úlohou pozorovatelů, tedy i sester na JIP v cEEG, je průběžná kontrola videa, které nepřetržitě zobrazuje chování a činnosti pacienta a kvantitativní trendy EEG. Sestry dokumentují v ošetrovatelských záznamech i klíčové události, vedou záznamy o chování pacienta, zaznamenávají klinické události a podávání sedativních léků. Slouží také jako první respondent, který informuje neurodiagnostického technika a lékaře o klinických a trendových změnách.

Kompetencí sestry v monitoringu EEG není čtení a interpretace EEG záznamu a nenesou za to zodpovědnost. Sestra ale musí nepřetržitě sledovat EEG záznam, pacienta a jeho stav vědomí, shoduje se Harris (2014) s Hermanem et al. (2015). Dále sděluje, že sestry musí důkladně pochopit, jak tato technika funguje. Znalosti této techniky pomáhají sestřám vysvětlovat příbuzným pacientů, co se děje, co to všechno znamená a poučit je o tom.

Moravčík (©2019) popisuje, co je potřeba k monitoraci cEEG pacienta. K monitoraci cEEG je nutný monitor vitálních funkcí, EEG modul, převodník, kabeláž, elektrody (popřípadě EEG čepice), záznamové médium (harddisk, papír), případně EEG gel, voda, desinfekce a holicí potřeby. Moravčík (©2019) i popisuje, jak připravit pacienta k zahájení cEEG a průběh samotného monitoringu. Nejprve je nutné pacienta informovat o plánovaném výkonu dle jeho aktuálních kognitivních a mentálních možností. Pacient se uvede do vhodné polohy dle ordinace lékaře. Připraví se již výše zmíněné pomůcky. Poté se připraví místo pro přiložení elektrod oholením, zvlhčením nebo aplikací gelu. Na hlavu pacienta se přiloží a zafixují elektrody podle metodiky. Na monitoru vitálních funkcí se zkontroluje kvalita signálu, úroveň odporu a správné napojení elektrod. Všechno musí svítit OK. Viz obrázek v příloze č. 11. Poté se průběžně sleduje kvalita signálu, zvlhčují se elektrody a aplikuje EEG gel podle potřeby. Průběžně se hodnotí EEG

křivka a klinický stav pacienta, například výskyt křečí. Monitorování EEG se eviduje v dokumentaci pacienta. Screenshot monitoru vitálních funkcí s EEG křivkou je uveden v příloze č. 11.

Herman et al. (2015) specifikují typy elektrod a jejich aplikaci, které jsou vhodné k cEEG monitoringu. Typy elektrod by měly být zvoleny u jednotlivých pacientů dle kompatibility zařízení, vhodnosti použití, doby aplikace, nákladů na elektrody a dle záznamové charakteristiky.

Existují diskové elektrody, které se pro stabilní a dlouhodobý monitoring lépe speciálním lepidlem k pokožce hlavy. Toto lepidlo se poté musí odstraňovat acetonem, což představuje riziko poškození očí a kůže jak pacientů, tak personálu. Poškodit se mohou i jiná intrakraniální zařízení, plasty a hadičky a prostor kolem pacienta musí být dostatečně větrán. Další nevýhodou je riziko vzniku dekubitů, obzvláště v zadní části hlavy. Dalšími elektrodami jsou subdermální jehlové, které se po důkladném očištění pokožky vkládají těsně pod kůži a jsou zajištěny lepidlem (Herman et al., 2015). Kočí a Streitová [2013] v příloze č.11 představují lepené elektrody a ukázky ostatních EEG elektrod jsou taktéž v příloze č.11.

Moravčík (©2019) ještě seznamuje sestry s elektrickou mozkovou aktivitou. Elektrická mozková aktivita je na EEG znázorněna vlnami. Rozlišují se vlny Beta 14–30 Hz, které jsou spojeny s běžným bdělým vědomím, vlny Alfa 8-13 Hz jsou vlny uvolnění a relaxace, vlny Theta 4-8 Hz jsou vlny hlubokého odpočinku, relaxace a zvýšené produkce adrenalinu, noradrenalinu a dopaminu, vlny Delta 0,5-3 Hz jsou stavem nejhlubšího spánku a posledními jsou Gama vlny 30 Hz, které jsou spojeny se stavem extrémního vybičování psychiky nebo vysoké fyzické aktivity.

Tomek et al. (2018) se zmiňují o artefaktech EEG, které mohou imitovat epileptické fenomény nebo znesnadnit hodnocení EEG záznamu. Činností sestry je dle Hermana et al. (2015) rušivé vlivy z okolí dokumentovat. EEG artefakty dělí Tomek et al. (2018) na artefakty z okolí, kterými jsou ventilátor z důvodu elektromagnetického pole a pohybu hrudní stěny, síťový artefakt 50 Hz, tekutina kondenzovaná v dýchacím okruhu ventilátoru, vibrace antidekubitálního lůžka, kapání infuze, kde vznikají elektrostatické změny na povrchu kapky, injektomat, poklep na hrudník nebo jeho komprese, převážně jednostranná při poloze na boku. Další skupinou jsou přístrojové artefakty, do kterých se řadí elektrodový artefakt a solný můstek, v němž dojde k propojení elektrod vodivým

gelem. Posledními jsou artefakty vycházející ze samotného pacienta, kterými mohou být samotná srdeční akce a arytmie, kardiostimulátor, oční pohyby, svalové pohyby, pohyby jazyka, žvýkání a pocení.

Sestra se během monitoringu EEG může setkat i s evokovanými potenciály – EP. Jde o derivát EEG k hodnocení poškození mozku a smrti mozku. U pacientů s kraniocerebrálním poraněním se nejčastěji používají somatosenzorické (SSEP) a kmenové sluchové evokované potenciály (BAEP), sděluje Harris (2014). Vyšetření EP provádí pouze sestra s certifikátem v certifikované pracovní činnosti „*Vyšetřovací metody v klinické neurofyzilogii a neurodiagnostice*“, informuje Slezáková (2014).

Dalším derivátem EEG, s kterým se sestra může setkat na JIP, je monitorování bispektrálního indexu. Jde o metodu, která je využívána k hodnocení hloubky anestezie nebo sedace. Metoda je založena na hodnocení EEG, přičemž výsledkem je číslo na stupnici 0 až 100, které je softwarově zpracované se signálů. Hodnoty kolem 100 znamenají plné vědomí a hodnoty pod 40 představují kóma (Bartůněk et al., 2016). Sestra kontroluje kvalitu přiložení snímacích elektrod, které má pacient nalepené na čele a sleduje snímané hodnoty na monitoru (Kovářová a Outlý, ©2019).

5 Specifika ošetrovatelské péče u pacientů s kraniocerebrálním poraněním a s multimodálním monitoringem

Sestry mají významnou a důležitou úlohu v péči o pacienty s kraniocerebrálním poraněním. Sestra je základním členem interdisciplinárních týmů a má řadu činností a odpovědností, které pomáhají při léčbě a zotavení pacienta. Role sestry a zodpovědnost závisí na závažnosti poranění a době od zranění pacienta. Se změnou stavu pacienta, musí sestra měnit i svůj plán péče (Oyesanya et al., 2016). Ošetrovatelská péče o pacienta s kraniocerebrálním poraněním se zavedeným ICP čidlem patří mezi nejnáročnější. Pacient je téměř vždy v bezvědomí a je nutné u něho zajistit komplexní péči, která zahrnuje jak péči základní, tak vysoce specializovanou (Kočí a Streitová, [2013]).

5.1 Hospitalizace pacienta

Pacienti s kraniocerebrálním poraněním jsou obvykle léčeni na jednotkách intenzivní péče nebo anesteziologicko – resuscitačním oddělení (Mayer et al., 2012). V České republice jsou tito pacienti převážně hospitalizováni na traumatologických oddělení. V současnosti máme v České republice dvanáct vysoce specializovaných traumacenter (MZČR, ©2019). V některých nemocnicích jsou tito pacienti hospitalizováni na neurochirurgických odděleních. Například Nemocnice Na Homolce má neurochirurgické oddělení JIP se specializací na úrazovou neurochirurgii a kraniocerebrální traumatologii (Nemocnice na Homolce, © 2017). V českobudějovické nemocnici jsou například pacienti s těžkým kraniocerebrálním poraněním hospitalizováni na anesteziologicko – resuscitačním oddělení (Nemocnice České Budějovice a.s., ©2019).

Pacienti s kraniocerebrálním poraněním například ve Švýcarsku jsou léčeni na JIP se specializovaným neurointenzivním přístupem kombinovaným se strategiemi používanými v běžné intenzivní péči jako je umělá plicní ventilace, optimalizace tekutin a použití vazoaktiv a katecholaminů pro arteriální tlak a perfuzi splanchnických orgánů, regulace teploty, kontrola, léčba infekce aj. (Stocker, 2019).

V USA jsou tito pacienti hospitalizováni v traumatologickém centru úrovně I nebo II, kde je poskytována neurochirurgická traumatická péče 24 hodin denně (Faul et al., 2016).

5.2 Práce sestry s technikou

Pacienti s kranio cerebrálním poraněním jsou léčeni na jednotkách intenzivní péče s paletou monitorovacích technik a zobrazovacích metod, pomocí nichž se mohou získávat důležité informace o stavu pacienta (Stocchetti et al., 2017).

Vedle specifického monitoringu nervové soustavy mají pacienti kolem lůžka i jiné techniky. Například Mayer et al. (2012) uvádějí monitor vitálních funkcí, na kterém se kontinuálně sleduje EKG, puls, krevní tlak, saturace arteriální krve, teplota, dechová křivka, srdeční výdej aj. Dále uvádějí další přístroje, které nahrazují nebo udržují životní funkce například infuzní technika, plicní ventilátor, přístroje pro srdeční podporu, hemofiltrací nebo dialyzační přístroje aj.

Dle Abbeyho et al. (2012) sestra musí s touto technikou umět pracovat, a navíc musí být i neustále ostražitá, protože stav pacienta se může rychle a nepředvídatelně měnit, ale také protože, jak píše Kapounová, v intenzivní péči se poměrně často objevuje fenomén zvaný data overloading, což znamená, že v přítomnosti obrovského množství dat se ztrácí nejen pacient, ale i někdy zdravotnický personál. Velké množství dat s sebou přináší riziko zhoršené orientace při hodnocení pacienta a může dojít k přehlédnutí důležitých údajů.

Navíc ještě k tomu většinou všechny zdravotnické techniky mají začleněny alamy, které mají za úkol upozornit zdravotnický personál na změny stavu pacienta nebo okolností. Nadměrné množství alarmů, zejména těch, které nejsou klinicky významné, tzn., které nemají souvislost se změnou zdravotního stavu pacienta, například špatný kontakt EKG elektrody, mohou vést k tzv. únavě z alarmu. Množství nepříjemných zvuků, ustálená monotónnost signálů a vysoké přerušované pípání útočí na uši sester a vytváří stresující pracovní prostředí, informuje Brabcová et al. (2015). Fotografie pacienta s technikou multimodálního monitoringu nervového systému je v příloze č. 12.

5.3 Plánování ošetrovatelské péče

Převážná většina ošetrovatelských intervencí má vliv na zvyšování ICP. K vysokému nárůstu ICP může dojít, pokud se provádí několik ošetrovatelských intervencí najednou. Sestra pečující o pacienta s kranio cerebrálním poraněním by si těchto faktorů měla být vědoma a provádět jen nezbytně nutné intervence. Sestra musí ošetrovatelské intervence naplánovat tak, aby mezi jednotlivými zásahy byly přestávky. Během ošetrovatelského

zákroku by měl být ICP udržován pod 25 mmHg a na původní úroveň by se měl vrátit do pěti minut (Ugras a Yüksel, 2014).

5.4 Polohování a manipulace s pacientem

Pacient s kraniocerebrálním poraněním je v ideální poloze, když má krk v neutrální pozici a lůžko pod hlavou zvednuté na 30 °. Tato poloha usnadňuje cerebrální žilní odtok (Varghese et al., 2017) a snižuje riziko pneumonie spojené s ventilátorem (Haddad a Arabi, 2012). Znesnadnit cerebrální žilní odtok může i nasazený pevný krční límec, který je potřeba uvolnit nebo odstranit pro snížení ICP, informuje Varghese et al. (2017). Ugras a Yüksel (2014) se také zmiňují o polohování neurochirurgických pacientů. Píší, že kontraindikovaná je Trendelenburgerova poloha. Poloha na břiše, nadměrné ohnutí nohou v kyčli směrem k břichu, ohyb a prodloužení krku vede ke zvyšování ICP. K nesprávné poloze krku může dojít v důsledku špatně umístěného polštáře, nevhodné polohy na boku nebo při otáčení pacienta. U pacientů, kteří neudrží hlavu v neutrální poloze, je doporučeno použít ručník stočený do válce, nebo malý polštář. Dle Ugrase a Yüksela (2014) je nevhodné provádět s pacientem rychlé změny polohy při otáčení během ošetrovatelské péče, a to platí i při přemísťování, jelikož rychlé změny polohy zvyšují ICP.

Varghese et al. (2017) ještě upozorňují, že pacienti s kraniocerebrálním poraněním jsou náchylní k rozvoji dekubitů. Úkolem sestry je pravidelná identifikace rizik, určování, zda je pacient v ohrožení a provádění případných opatření. Sestra zajišťuje, aby měl pacient vhodnou matraci a polohovací pomůcky, aby na pacientovi neležely žádné hadičky a zařízení a používá speciální krémy pro ochranu pokožky.

Při jakékoli manipulaci s pacientem se musí postupovat pomalu a jemně, aby se zabránilo bolesti a rozrušení (Ugras a Yüksel, 2014) nebo extrakci čidel (Hejšl et al., 2010). Před manipulací s pacientem je doporučováno podat sedativa a relaxancia (Ugras a Yüksel, 2014).

Pokud je pacient přepravován mimo jednotku intenzivní péče, musí být přepravován s velkou opatrností, vhodně chráněn, v doprovodu s vyškoleným a vybaveným personálem s pečlivým dohledem, podporou životně důležitých orgánů, průběžným sledováním, prevencí poškození páteře a kompletní dokumentací (Varghese et al., 2017).

5.5 Péče o nitrolební čidla

Existují dva způsoby zavádění čidel. Čidla jsou buď zavedena na konci operace operačním přístupem, tunelizována pod kůží, vyvedena zevně a napojena na monitor. Výhodou je přesná aplikace do požadované oblasti mozku, nevýhodou je riziko vytažení čidla při manipulaci s pacientem, například během hygieny, převazování rány, transportu atd. Druhý způsob je zavedení pomocí šroubu, který se po návrtu lebky umístí do kosti a přes něj se poté implantují čidla. Výhodou je pevná fixace. Sestra by měla být seznámena se způsobem zavedení čidla, být si vědoma rizika extrakce a dbát zvýšené opatrnosti (Hejčl et al., 2010).

Vedle těchto důležitých informací upozorňuje Hejčl et al. (2010) ještě na nutnost správně pečovat o ránu a okolí zavedeného čidla. Streitová et al. (2015) píše, že úlohou sestry je pravidelná kontrola okolí čidla každých 24 hodin včetně záznamu do dokumentace. Po celou dobu zavedení čidla musí sestra dbát na aseptické zacházení. Z krycích materiálů lze použít sterilní náplast s polštářkem, průhledné fólie, sterilní náplasti s polštářkem s obsahem stříbra nebo chlorhexidinu. Převazy se provádějí dle zvoleného krycího materiálu v průběhu 24-72 hodin. V případě krytí s chlorhexidinem je interval převazu až sedm dnů. Zásadou ale zůstává, že převaz by měl být proveden ihned po znečištění nebo prosáknutí krytí.

Sestra si musí všimnout i komplikací, které mohou nastat následkem zavedení čidla. Kawoos et al. (2015) tyto komplikace uvádějí. Patří mezi ně infekce, krvácení, dislokace senzoru, porucha, drift a nepřesné umístění. Tyto komplikace mohou potenciálně způsobit nepřesnost v hodnotách a způsobit další poškození již zraněného mozku.

5.6 Péče o zevní komorovou drenáž

V klinické praxi se běžně používají dvě metody monitorování ICP. Pacienti s kraniocerebrálním poraněním mají převážně zavedené intraventrikulární ICP katetry do jedné z mozkových komor, které umožňují drenáž mozkomíšního moku k léčbě intrakraniální hypertenze (Smith, 2018).

Intraventrikulární drén je napojen na speciální set, u kterého je možné regulovat přepouštěcí tlak principem spojitých nádob. Hodnota přepouštěcího tlaku se většinou

nastavuje mezi 12-20 cmH₂O a množství odpadního likvoru bývá mezi 120-250 ml za den (Kapounová, 2007).

Sestra musí umět správně pracovat s komorovou drenáží. Musí umět nastavit nulový bod, který je v úrovni středního ucha. Přepouštěcí tlak v cmH₂O nastavuje dle ordinace lékaře. Sleduje funkčnost a odpad z drénu (likvor) jeho charakter, množství, barvu a příměsi. Odběr likvoru odebírá asepticky s dezinfekcí kohoutků. Pravidelně vyměňuje sáčky. Při měření ICP se musí zastavit zevní komorová drenáž (Kocí a Streitová, [2013]). Obrázky zevní komorové drenáže jsou v příloze č.13.

Sestra se může setkat s neprůchodností zevní komorové drenáže. Drén se může ucpat například krví. V tomto případě může být systém jemně propláchnut fyziologickým roztokem, aby se obnovil průtok (Roux, 2016).

5.7 Plicní ventilace a odsávání

U pacientů s těžkým kraniocerebrálním poraněním je často vyžadována dlouhodobá ventilace. Hlavním cílem mechanické ventilace je zamezení hypoxie. Během odsávání z dýchacích cest může precipitace kašle dramaticky zvýšit ICP. Úkolem sestry je před odsáváním použít povolený bolus kratších činidel, například lék Propofol. U pacientů na JIP platí taková doporučení pro odsávání z dýchacích cest, která se používají i u pacientů s kraniocerebrálním poraněním. Používá se minimální sací podtlak, odsává se krátkou dobu (<15 s), minimalizuje se stimulace kariny (místa větvení trachey hlavního bronchu) a odsává se pouze tehdy, je-li to nezbytně nutné, sdělují Chowdhury et al. (2014).

Sestra musí sledovat u ventilovaného pacienta, jestli nedochází k vlastní dechové aktivitě a k interferenci s nastaveným ventilátorem. Pokud pacient vyvíjí vlastní dechovou aktivitu proti nastavenému ventilačnímu režimu, způsobuje si špičkovou intrakraniální hypertenzi a je nutné rychle reagovat, upozorňují Mayer et al. (2012).

5.8 Řízená hypotermie

Mírná hypotermická terapie je nově vyvinutý způsob léčby pacientů s kraniocerebrálním poraněním. Použití fyzikálních prostředků pro snížení tělesné teploty na 32–35 °C může snížit metabolismus mozku a spotřebu kyslíku, snížit produkci škodlivých látek produkovaných v akutní fázi poranění, zmírnit edém mozku a snížit ICP (Zhang et al., 2016).

Stibor (©2019) popisuje metody chlazení. První z nich je povrchové chlazení, na které se používají vaky s ledem, polévání studenou vodou a alkoholem. Další metodou je chlazení cirkulující vodou. Jde o velmi účinnou a rychlou metodu. Chladicí systém s podtlakem je přiložen na pacienta, který musí být ale sedován. Méně efektivní a ošetrovatelsky náročné je chlazení studeným vzduchem. Používá se i intravenózní chlazení chladnými roztoky typu 0,9% NaCl, Ringer, které jsou zchlazené na 4 °C a podávají se i.v. 30 ml/kg. Pro nejlépe regulovatelnou teplotu se používá intravaskulární chlazení. Jde o intravenózně zavedený katetr, ve kterém cirkuluje chladný roztok 0,9% NaCl. Poslední zde uvedenou metodou je transnazální evaporativní ochlazování, které cíleně ochlazuje mozek.

Pacientovi při hypotermii je podávána analgosedace, je relaxován, zaintubován a ventilován. Úlohou sestry při hypotermii je sledování kontinuální monitorace fyziologických funkcí a tělesné teploty, sledování účinnosti analgosedace, monitorování bilance tekutin, kontrola kožního krytu v místech kontaktu s chladícími prostředky, péče o invazivní vstupy dle použité metodiky, šetrná hygiena, polohování a péče o pokožku, informuje Brázdilová (2013).

5.9 Bazální stimulace

Bazální stimulace patří v zahraničí k nejpoblárnějším ošetrovatelským konceptům. Není potřeba žádných nadstandardních pomůcek či přístrojů, ani finančně nezatežuje. Potřeba je jen vyškoleného personálu, pochopení a spolupráci všech členů týmů (Kapounová, 2007).

Bazální stimulace podporuje všechny oblasti lidských potřeb, podporuje vnímání, komunikaci a pohybové schopnosti člověka. Péče o pacienta v tomto konceptu je strukturovaná tak, aby podporovala a aktivovala jeho zachovalé komunikační a pohybové schopnosti (Nemocnice TGM Hodonín, ©2019).

Nejvíce používanými prvky jsou doteky, správné polohování, koupele, masáže, vestibulární stimulace, kontaktní dýchání, stimulace chuťovými, zvukovými, čichovými, optickými podněty a stimulace kožních receptorů (Nemocnice TGM Hodonín, ©2019).

Prvky bazální stimulace jsou vybírány jednak na základě tzv. autobiografické anamnézy a jednak na základě aktuálního zdravotního stavu (Kapounová, 2007). Například v Íránu

prováděli studii u pacientů s těžkým kraniocerebrálním poraněním na senzoričnou stimulaci sestrami a rodinami. Program senzoričné stimulace u pacientů s kraniocerebrálním poraněním začali používat od čtvrtého dne od přijetí a skládal se z probouzení (představování se, otevření očí a určitý pohyb), ze sluchové stimulace (oblíbená hudba, hlasy rodinných příslušníků), z vizuální stimulace (otevření očí, ukazování fotografií, zrcadla, světla), taktilní stimulace (doteky měkkými předměty, doteky na rtech lžící) a z čichové stimulace (aromatické předměty, oblíbené vůně pacienta). Závěrečné výsledky studie naznačují, že bazální stimulace, pokud je poskytována sestrami a rodinnými příslušníky, může vést ke zlepšení úrovně vědomí a kognitivních funkcí u pacientů s těžkým kraniocerebrálním poraněním (Moattari et al., 2016).

5.10 Dekompresivní kraniektomie

Dekompresivní kraniektomie je chirurgický zákrok, při kterém se oboustranně odstraní velká část kalvy v čelní krajině s otevřením a uvolněním tvrdé pleny (Bartůněk et al., 2016). Nejčastější indikací je kraniocerebrální poranění. Provádí se u pacientů s intrakraniální hypertenzí po selhání konzervativní léčby (Mráček, 2016).

Na stránkách Critical Care Services Ontario (© 2019) píší o intervencích sestry u pacientů s dekompresivní kraniektomií. Sestra sleduje operační ránu na hlavě. Kontroluje sešití rány a okolí kolem řezu, zda nejeví příznaky infekce. Rána bývá obvykle bez krytí, sestra aplikuje na incizi antibiotickou mast (dle ordinace lékaře). Při hygieně se nesmí incize na hlavě ponořovat do vody, pokud nebyly ještě odstraněny stehy. Při manipulaci s pacientem sestra musí být opatrná, aby nebyl vyvíjen velký tlak na oblast hlavy bez kalvy. Lůžko by mělo být opatřeno vhodnými podložkami, aby se pacient neudeřil do hlavy například o postranici postele při spánku, polohování nebo záchvatu. Sestra musí udržovat pozici hlavy tak, aby se zabránilo tlaku na mozek. K tomu může používat například ručník, polštáře nebo různé polohovací pomůcky. Sestra pravidelně kontroluje i neurologický stav pacienta.

5.11 Kontrola glykémie

U pacientů s kraniocerebrálním poraněním byl zjištěn vztah mezi hyperglykemií a špatnou prognózou. Hyperglykémie zhoršuje poškození mozku a edém mozku. Bylo

prokázáno, že adekvátní kontrola a udržování glykémie významně zvýšila míru přežití u pacientů s poraněním mozku, píše Dilmen et al. (2015). Dash a Chavali (2018) doplňují, že je potřeba se vyhnout tekutinám s obsahem glukózy a monitorovat hladinu cukru v krvi, aby se hladiny udržely mezi 4-8 mmol/l. Haddad a Arabi (2012) píše, že snížení hladiny cukru inzulinovou terapií je spojeno se sníženou extracelulární glukózou v mozku a zvýšeným výskytem energetické krize mozku, což zase souvisí se zvýšenou mortalitou.

Makarová (2013) informuje o odběru glykémie u pacientů na JIP. Píše, že podstatnou složkou v udržování a kontrole glykémie je sestra. Sestra je na většině pracovišť JIP odpovědná za kontrolu glykémie a ovládá množství podané výživy a inzulínu. Makarová (2013) popisuje i nejčastější postup kontroly glykémie. Sestra odebere vzorek krve. Vzorek vyhodnotí pomocí analyzátoru nebo glukometru. Na základě výsledku upraví rychlost inzulínu dle protokolu nebo lékaře. Závěrem zapíše veškeré hodnoty do pacientovy dokumentace. Vzorky krve na kontrolu glykémie mohou být z kapilárního, arteriálního či venózního řečiště a pravidlem bývá, že v tomto ohledu záleží na sestře, kterou cestu zvolí.

5.12 Péče o vyprazdňování stolice

Pacienti s kraniocerebrálním poraněním mají poruchu motility a narušený defekační model. Porucha motility může být dána podáváním analgosedace, což vede k nedostatečnému pohybu střev, a dokonce ke stavu připomínajícímu paralytický ileus. To může mít za následek zvýšení intraabdominálního tlaku a potenciálně zvýšený intrakraniální tlak. Nedostatečná míra defekace má navíc za následek prodlouženou ventilaci, zvýšený výskyt bakteriální infekce a vyšší úmrtnost, informuje Kieninger et al. (2015).

Sestra by měla mít znalosti v této problematice a s těmito informacemi při ošetřování nemocného pracovat. Při přehlédnutí příznaků nedostatečné defekace, nedostatků informací nebo jejich špatné vyhodnocení může přinést nemocnému další komplikace a nepohodlí, upozorňuje Vytejková et al. (2013).

Chowdhury et al. (2014) doporučují podávat pacientům s kraniocerebrálním poraněním laxativa, aby docházelo k pravidelnému vyprazdňování střev a snížilo se riziko intraabdominální hypertenze a jejich systémových následků.

6 Možnosti vzdělávání sester v monitoringu nervového systému

Akutní péče o pacienty s kraniocerebrálním poraněním dosahuje v posledních letech maximálního rozvoje na úrovni intenzivní péče a monitoringu nervového systému. Nové modality monitoringu nervového systému výrazně vstupují do titrace intenzity konzervativní terapie, timingu CT kontrol a neurochirurgických intervencí, sdělují Juráň a Smrčka (2013). Hejčl et al. (2010) píše v jejich článku o multimodálním monitoringu v intenzivní péči, že v posledních letech se objevují nové metody monitoringu nervového systému, které se postupně zavádějí do praxe a upozorňují, že je důležité seznámit zdravotnický personál s principem a fungováním jednotlivých metod a systémů a obzvláště apelují na sestry, které považují za nejdůležitější skupinu. Tím se nabízí otázka, zda vzdělávání sester v monitoringu nervového systému dosahuje také rozvoje a zda mají sestry možnost se v této oblasti vzdělávat.

Jednou z možností pro rozšiřování znalostí sester je specializační vzdělávání, které zřizuje Ministerstvo zdravotnictví ČR s pověřením organizace Národní centrum ošetrovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, kterým sestra získá specializovanou způsobilost. Specializační obory jsou stanoveny nařízením vlády č. 31/2010 Sb., o oborech specializačního vzdělávání a označení odbornosti zdravotnických pracovníků se specializovanou způsobilostí (Vévoda et al., 2013).

V rámci specializačního vzdělávání může sestra dosáhnout znalosti v oblasti monitoringu nervového systému v oboru Intenzivní péče a získat specializovanou způsobilost s označením „*Sestra pro intenzivní péči*“. Monitoring nervového systému je zahrnut v odborném modulu tohoto oboru s tématem Diagnostika, monitoring a komplementární vyšetření (MZČR, ©2019). Sestry způsobilost získávají většinou složením atestační zkoušky po splnění podmínek specializačního vzdělávání. Do specializačního vzdělávání žadatele zařazuje Ministerstvo zdravotnictví ČR. Uchazeč si vybírá akreditované pracoviště, kam chce být zařazen, které poté zodpovídá za průběh vzdělávání. Sestry nemusí být v průběhu specializačního vzdělání zaměstnány v daném oboru, nebo nemusí být zaměstnány vůbec, ale musí absolvovat praktickou výuku v daném rozsahu (Vévoda et al., 2013).

Další možností vzdělávání, kde mohou sestry získat informace v oblasti monitoringu nervového systému, je absolvování navazujícího vysokoškolského programu v oboru

Intenzivní péče, které může sestra studovat například na 1. lékařské fakultě Univerzity Karlovy, nebo na Lékařské fakultě Univerzity Palackého v Olomouci (Vévoda et al., 2013). Podmínkou k přijetí ke studiu v navazujícím studijním programu Intenzivní péče je úspěšné ukončení bakalářského studijního oboru Ošetřovatelství či studijního oboru Všeobecná sestra, tyto podmínky jsou stanovené zákonem. Pro kombinovanou formu studia je nutné doložit výkon povolání v oboru intenzivní péče po dobu minimálně jednoho roku z období posledních šesti let, v rozsahu minimálně poloviny stanovené týdenní pracovní doby, nebo po dobu minimálně dvou let v rozsahu minimálně pětiny stanovené týdenní pracovní doby (Masarykova univerzita, ©2019).

Okrajově v oblasti monitoringu nervového systému mají možnost sestry získat informace v monitoringu EEG na certifikovaném kurzu Epileptologie a encefalografie pro nelékařské zdravotnické pracovníky pořádaný organizací Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů. Náplní kurzu jsou principy a technické parametry EEG a hodnocení EEG (NCO NZO, ©2019).

V zahraničí, v některých evropských zemích, je specializační vzdělání sester podmínkou pro práci v oborech intenzivní péče (Danyi, 2016). V České republice není podmínkou k samostatnému výkonu povolání (Vévoda et al., 2013). Země, které nemají specializační vzdělávání, např. Slovinsko, Španělsko, je vzdělání realizováno v univerzitních nemocnicích a v ošetřovatelských institucích. V zemích, kde mají specializační vzdělání, jsou vzdělávací programy v oboru intenzivní péče poměrně srovnatelné s Českou republikou. Naopak výrazně odlišná je situace ve Spojených státech, kde vzdělání probíhá výhradně na vysokých školách, s vysokou mírou praktického nácviku, kde na základě získaného vzdělání má sestra vlastní autonomii a zodpovědnost (Danyi, 2016).

Vzdělávání sester, které by bylo přímo zaměřené na monitoring nervového systému v podobě certifikačních kurzů nebo jiného způsobu vzdělávání nebylo nalezeno.

7 Závěr

Tato diplomová práce byla zaměřena na monitoring nervového systému u pacientů s kraniocerebrálním poraněním a roli sestry v této problematice. Monitoring nervového systému u pacientů s kraniocerebrálním poraněním se stává s přibývajícím pacienty s tímto poraněním a s neustálým rozvojem technologií stále více aktuální.

Cílem diplomové práce bylo na základě prostudování dostupných a odborných zdrojů, poskytnout všeobecný a komplexní přehled o kraniocerebrálním poranění a možnostech monitoringu nervového systému u pacientů s tímto poraněním a poté zmapovat roli sestry při monitoringu nervového systému u pacientů s kraniocerebrálním poraněním.

Diplomová práce měla přinést informace, kterých by mohla sestra využít při své práci nebo student pro svá studia. Práce je rozdělena na několik částí. V první části si sestra či student může přečíst o etiologii a patofyziologii kraniocerebrálního poranění, která je stručně a přehledně popsána. V další části práce jsou zpřehledněny a rozepsány jednotlivé metody a techniky monitoringu nervového systému. Jedná se například o monitoring intrakraniálního tlaku, který je považován za základ monitoringu nervového systému, nebo o moderní cerebrální mikrodialýzu, která se vyvíjí jako potenciální nástroj pro testování nových terapeutických a lékových účinků. V této části práce jsou uvedené i různé názory autorů na některé monitorovací techniky a je zakončena informacemi o multimodálním neuromonitoringu. Další dvě části práce jsou věnované roli sestry v monitoringu nervového systému u pacientů s kraniocerebrálním poraněním a specifikám ošetrovatelské péče u pacientů s tímto poraněním a s multimodálním monitoringem. Role sestry je nejprve stručně popsána v přednemocniční péči, na urgentním příjmu a v intenzivní péči. Poté je role sestry soustředěna na jednotlivé monitorovací techniky monitoringu nervového systému. Zde bohužel nedošlo k úplnému naplnění cíle z důvodů nedostupnosti vhodných zdrojů. Některé kapitoly bohužel nejsou tak rozsáhlé, jak bylo předpokládáno na začátku psaní práce. V předposlední části práce jsou uvedena některá specifika ošetrovatelské péče u pacientů s kraniocerebrálním poraněním a s multimodálním monitoringem, protože určité ošetrovatelské intervence mohou ovlivnit hodnoty monitoringu nervového systému a mít negativní vliv na vývoj poranění. Poslední část práce je věnována možnostem vzdělávání sester v oblasti monitoringu nervového systému.

Závěrem lze říct, že role sestry v monitoringu nervového systému u pacientů s kranio cerebrálním onemocněním je velmi náročná a specifická. Pokud budou sestry s touto rolí dobře seznámeny a budou mít v této problematice dostatek informací, může se jednat o velmi zajímavou a naplňující práci sestry. Doufám, že tato diplomová práce bude přínosem a sestry nebo studenti si tak budou moci oživit své dosavadní znalosti či získat nové informace. Diplomová práce se případně stane impulsem či návrhem pro podrobnější studium jednotlivých monitorovacích metod a rolí sestry v jednotlivých metodách.

8 Seznam literatury

ABBEY, M. et al., 2012. Understanding the Work of Intensive Care Nurses: A Time and Motion Study. *Australian Critical Care* [online]. 25(1), 13-22 [cit. 2019-05-15].

DOI: 10.1016/j.aucc.2011.08.002. ISSN 10367314. Dostupné také z:

<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1036731411001378>.

ADAMUS, M. et al., 2010. *Základy anesteziologie, intenzivní medicíny a léčby bolesti*.

Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. 344 s. ISBN 978-802-4424-255.

AMBLER, Z., 2011. *Základy neurologie*. 7. vydání. Praha: Galén. 352 s. ISBN 978-80-7262-707-3.

ANDERSON, M. et al., 2018. Integrating Quantitative Pupillometry Into Regular Care in a Neurotrauma Intensive Care Unit. *Journal of Neuroscience Nursing* [online]. 50(1), 30-36 [cit. 2019-07-01]. DOI: 10.1097/JNN.0000000000000333. ISSN 0888-0395.

Dostupné z: <http://Insights.ovid.com/crossref?an=01376517-201802000-00009>.

Anesthesia Key, 2017. Monitoring of Jugular Venous Oxygen Saturation. In: *Anesthesia Key: Fastest Anesthesia & Intensive Care & Emergency Medicine Insight*

Engine [online]. [cit. 2019-07-15]. Dostupné z: [https://aneskey.com/monitoring-of-](https://aneskey.com/monitoring-of-jugular-venous-oxygen-saturation/)

[jugular-venous-oxygen-saturation/](https://aneskey.com/monitoring-of-jugular-venous-oxygen-saturation/).

BADENES, R. a A. MARUENDA, 2017. Advanced Monitoring in Neurocritical Care: Brain Tissue Oxygen Pressure. *Challenging Topics in Neuroanesthesia and*

Neurocritical Care [online]. Cham: Springer International Publishing. [cit. 2019-07-27].

DOI: 10.1007/978-3-319-41445-4_2. ISBN 978-3-319-41443-0. Dostupné z:

http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-41445-4_2.

BADER, M. K., 2013. Nursing Strategies for Neuro PROTECT-ION. *Australian Critical Care* [online]. 26(2), 45-46 [cit. 2019-05-15]. DOI:

10.1016/j.aucc.2013.03.001. ISSN 10367314. Dostupné také z:

<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1036731413000957>.

BARTŮŇEK, P. et al., 2016. *Vybrané kapitoly z intenzivní péče*. Praha: Grada. 752 s.

ISBN 978-80-247-4343-1.

- BENEŠ, J. et al., 2015. *Základy fyziky pro lékařské a zdravotnické obory: pro studium i praxi*. Praha: Grada. 228 s. ISBN 978-80-247-4712-5.
- BHARDWAJ, A. et al., 2018. Jugular Venous Oximetry. *Journal of Neuroanaesthesiology and Critical Care* [online]. 2(3), 225-231 [cit. 2019-06-13]. DOI: 10.4103/2348-0548.165046. ISSN 2348-0548. Dostupné z: <http://www.thieme-connect.de/DOI/DOI?10.4103/2348-0548.165046>.
- BRABCOVÁ, I. et al., 2015. *Management v ošetrovatelské praxi*. Praha: Nakladatelství Lidové noviny. 288 s. ISBN 978-80-7422-402-7.
- Brain Trauma Foundation*, ©2019. Palo Alto [online]. [cit. 2019-07-28]. Dostupné z: www.braintrauma.org.
- BRAKSICK, S. A. et al., 2018. Application of the FOUR Score in Intracerebral Hemorrhage Risk Analysis. *Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases* [online]. 27(6), 1565-1569 [cit. 2019-07-12]. DOI: 10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2018.01.008. ISSN 10523057. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1052305718300132>.
- BRÁZDILOVÁ, L., 2013. *Řízená hypotermie* [online]. [cit. 2019-05-26]. Dostupné z: <http://www.akutne.cz/res/publikace/rizena-hypotermie-brazdilova-l.pdf>.
- BUSCH, D. R. et al., 2019. Detection of Brain Hypoxia Based on Noninvasive Optical Monitoring of Cerebral Blood Flow with Diffuse Correlation Spectroscopy. *Neurocritical Care* [online]. 30(1), 72-80 [cit. 2019-06-21]. DOI: 10.1007/s12028-018-0573-1. ISSN 1541-6933. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s12028-018-0573-1>.
- CARANDANG, R. A., 2015. The Role of Invasive Monitoring in Traumatic Brain Injury. *Current Trauma Reports*. [online]. 1(3), 125-132 [cit. 2019-07-20]. DOI: 10.1007/s40719-015-0022-y. ISSN 2198-6096. Dostupné také z: <http://link.springer.com/10.1007/s40719-015-0022-y>.
- CECIL, S. et al., 2011. Traumatic Brain Injury: Advanced Multimodal Neuromonitoring From Theory to Clinical Practice. *Critical Care Nurse* [online]. 31(2), 25-37 [cit. 2019-07-15]. DOI: 10.4037/ccn2010226. ISSN 0279-5442. Dostupné z: <http://ccn.aacnjournals.org/cgi/doi/10.4037/ccn2010226>.

- CITERIO, G., 2017. Quantitative EEG in ICU: Useful and Feasible. In: *ICU Management* [online]. [cit. 2019-07-28]. Dostupné z: <https://healthmanagement.org/c/icu/issuearticle/quantitative-eeeg-in-icu-useful-and-feasible>.
- COLDUVELL, K., 2017. Understanding the Glasgow Coma Scale. *Nurse.org* [online] [cit. 2019-07-25]. Dostupné z: <https://nurse.org/articles/glasgow-coma-scale/>.
- Critical Care Services Ontario, ©2019. *Care of Patient Post – Craniectomy* [online]. Toronto [cit. 2019-07-28]. Dostupné z: <https://www.criticalcareontario.ca/EN/Neurosurgical%20Care/Craniectomy%20%20Webinar%20Slide%20deck%20-%20Dec%202017.pdf>.
- DANYI, P., 2016. Aktuální problematika vzdělávání sester v anesteziologii a intenzivní péči ve vztahu k potřebě navyšování jejich kompetencí. *Zdravotnictví a medicína* [online]. [cit. 2019-06-26]. Dostupné z: <https://zdravi.euro.cz/clanek/postgradualni-medicina/aktualni-problematika-vzdelavani-sester-v-anesteziologii-a-intenzivni-peci-ve-vztahu-k-potrebe-navysovani-jejich-kompetenci-483658>.
- DASH, H. H. a S. CHAVALI, 2018. Management of Traumatic Brain Injury Patients. *Korean Journal of Anesthesiology* [online]. 71(1) [cit. 2019-07-15]. DOI: 10.4097/kjae.2018.71.1.12. ISSN 2005-6419. Dostupné z: <http://ekja.org/journal/view.php?doi=10.4097/kjae.2018.71.1.12>.
- DAVIES, D. J. et al., 2015. Near-Infrared Spectroscopy in the Monitoring of Adult Traumatic Brain Injury: A Review. *Journal of Neurotrauma* [online]. 32(13), 933-941 [cit. 2019-05-15]. DOI: 10.1089/neu.2014.3748. ISSN 0897-7151. Dostupné také z: <http://www.liebertpub.com/doi/10.1089/neu.2014.3748>.
- DILMEN, Ö. K. et al., 2015. Intensive Care Treatment in Traumatic Brain Injury. *Turkish Journal of Anesthesia and Reanimation* [online]. 43(1), 1-6 [cit. 2019-05-15]. DOI: 10.5152/TJAR.2014.26680. ISSN 13040871. Dostupné také z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4917118/>.
- DOBIÁŠ, V. 2007. *Urgentní zdravotní péče*. Martin: Osveta. 180 s. ISBN 978-80-8063-258-8.

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

FAUL, M. et al., 2016. Hospitalized Traumatic Brain Injury: Low Trauma Center Utilization and High Interfacility Transfers among Older Adults. *Prehospital Emergency Care* [online]. 20(5), 594-600 [cit. 2019-05-15]. DOI: 10.3109/10903127.2016.1149651. ISSN 1090-3127. Dostupné také z: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.3109/10903127.2016.1149651>.

FAUL, M. et al., 2016. Hospitalized Traumatic Brain Injury: Low Trauma Center Utilization and High Interfacility Transfers among Older Adults. *Prehospital Emergency Care* [online]. 20(5), 594-600 [cit. 2019-05-15]. DOI: 10.3109/10903127.2016.1149651. ISSN 1090-3127. Dostupné také z: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.3109/10903127.2016.1149651>.

FEYEN, B. F et al., 2012. Neuromonitoring in Traumatic Brain Injury. *Minerva Medica* [online]. 78(8) [cit. 2019-07-28]. ISSN 949-58. Dostupné z: <https://www.minervamedica.it/en/journals/minerva-anestesiologica/article.php?cod=R02Y2012N08A0949>.

FONGHONG, L. a J. MILLER, ©2019. Implementing Microdialysis and the Implications for the ICU Nurse. In: *Jackson Health System* [online]. [cit. 2019-07-28]. Dostupné z: <https://jacksonhealth.org/library/nursing/implementing-microdialysis-implications.pdf>.

GODOY, D.A., 2013. *Intensive Care in Neurology and Neurosurgery: Pathophysiological Basis for the Management of Acute Cerebral Injury*. Torino: SEEd. 1791 s. ISBN 978-88-9741-940-2.

HADDAD, S. H. a Y. M. ARABI, 2012. Critical Care Management of Severe Traumatic Brain Injury in Adults. *Scandinavian Journal of Trauma, Resuscitation and Emergency Medicine* [online]. 20(1) [cit. 2019-07-16]. DOI: 10.1186/1757-7241-20-12. Dostupné z: <http://sjtrem.biomedcentral.com/articles/10.1186/1757-7241-20-12>.

HANNAWI, Y. et al., 2016. Abnormal Movements in Critical Care Patients with Brain Injury: a Diagnostic Approach. *Critical Care* [online]. 20(1) [cit. 2019-07-01]. DOI:

10.1186/s13054-016-1236-2. ISSN 1364-8535. Dostupné z:
<http://ccforum.com/content/20/1/60>.

HARARY, M. et al., 2018. Intracranial Pressure Monitoring—Review and Avenues for Development. *Sensors* [online]. 18(2) [cit. 2019-05-27]. DOI: 10.3390/s18020465. ISSN 1424-8220. Dostupné z: <http://www.mdpi.com/1424-8220/18/2/465>.

HARRIS, C., 2014. Neuromonitoring Indications and Utility in the Intensive Care Unit. *Critical Care Nurse* [online]. 34(3), 30-40 [cit. 2019-05-15]. DOI: 10.4037/ccn2014506. ISSN 0279-5442. Dostupné také z: <http://ccn.aacnjournals.org/cgi/doi/10.4037/ccn2014506>.

HEJČL, A. et al., 2010. Multimodální monitorování v intenzivní péči u těžkých neurotraumat. *Anesteziologie a intenzivní medicína*. 21(2), 104-111. ISSN 1214-2158.

HEJČL, A. et al., 2013. Význam a možnosti vyšetřování metabolismu mozku pomocí mikrodialýzy v neurointenzivní péči. *Klin. Biochem. Metab.* 21(42), 13-20. ISSN 1210-7921.

HERMAN, S. et al., 2015. Consensus Statement on Continuous EEG in Critically Ill Adults and Children, Part II. *Journal of Clinical Neurophysiology* [online]. 32(2), 96-108 [cit. 2019-05-15]. DOI: 10.1097/WNP.000000000000165. ISSN 0736-0258. Dostupné také z: <https://insights.ovid.com/pubmed?pmid=25626777>.

CHAN, M. et al., 2013. Investigating Factors that Tave an Impact on Nurses' Performance of Patients' Conscious Level Assessment: a Systematic Review. *Journal of Nursing Management* [online]. 21(1), 31-46 [cit. 2019-07-14]. DOI: 10.1111/j.1365-2834.2011.01344.x. ISSN 09660429. Dostupné také z: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1365-2834.2011.01344.x>.

CHEN, J. et al., 2011. Pupillary Reactivity as an Early Indicator of Increased Intracranial Pressure: The Introduction of the Neurological Pupil Index. *Surgical Neurology International* [online]. 2(1) [cit. 2019-07-27]. DOI: 10.4103/2152-7806.82248. ISSN 2152-7806. Dostupné také z: <http://www.surgicalneurologyint.com/text.asp ?2011/2/1/82/82248>.

CHESNUT, R. et al., 2014. Intracranial Pressure Monitoring: Fundamental Considerations and Rationale for Monitoring. *Neurocritical Care* [online]. 21(2), 64-84

[cit. 2019-05-15]. DOI: 10.1007/s12028-014-0048-y. ISSN 1541-6933. Dostupné také z: <http://link.springer.com/10.1007/s12028-014-0048-y>.

CHOWDHURY, T. et al., 2014. General Intensive Care for Patients with Traumatic Brain Injury: An update. *Saudi Journal of Anaesthesia* [online]. 8(2) [cit. 2019-04-11]. DOI: 10.4103/1658-354X.130742. ISSN 1658-354X. Dostupné z: <http://www.saudija.org/text.asp?2014/8/2/256/130742>.

JAMAL, A. et al., 2017. Full Outline of Unresponsiveness Score and the Glasgow Coma Scale in Prediction of Pediatric Coma. *World Journal of Emergency Medicine* [online]. 8(1) [cit. 2019-07-27]. DOI: 10.5847/wjem.j.1920-8642.2017.01.010. ISSN 1920-8642. Dostupné z: <http://www.wjem.com.cn/default/articlef/index/id/529>.

JONES, S. et al., 2017. Brain Monitoring in Critically Neurologically Impaired Patients. *International Journal of Molecular Sciences* [online]. 18(1) [cit. 2019-07-13]. DOI: 10.3390/ijms18010043. ISSN 1422-0067. Dostupné z: <http://www.mdpi.com/1422-0067/18/1/43>.

JURÁŇ, V. a M. SMRČKA, 2013. Novinky v akutní péči o kraniocerebrální poranění. *Neurol. praxi*. 14(2), 67-71. ISSN 1213-1814.

JURÁŇ, V. et al., ©2019. Poranění mozku. In: *MUNI MED: Masarykova univerzita – Lékařská fakulta* [online]. [cit. 2019-07-29]. Dostupné z: https://www.med.muni.cz/Traumatologie/Neurochirurgie/Medici_traum.htm.

KAPOUNOVÁ, G., 2007. *Ošetrovatelství v intenzivní péči*. Praha: Grada. 352 s. ISBN 978-80-247-1830-9.

KAWOOS, U. et al., 2015. Advances in Intracranial Pressure Monitoring and Its Significance in Managing Traumatic Brain Injury. *International Journal of Molecular Sciences* [online]. 16(12), 28979-28997 [cit. 2019-05-15]. DOI: 10.3390/ijms161226146. ISSN 1422-0067. Dostupné také z: <http://www.mdpi.com/1422-0067/16/12/26146>.

KHAN, M. et al., 2017. Noninvasive Monitoring Intracranial Pressure – A review of Available Modalities. *Surgical Neurology International* [online]. 8(1) [cit. 2019-08-01]. DOI: 10.4103/sni.sni_403_16. ISSN 2152-7806. Dostupné z:

<http://surgicalneurologyint.com/surgicalint-articles/noninvasive-monitoring-intracranial-pressure-a-review-of-available-modalities/>.

KHAWAJA, A. et al., 2017. Continuous Electroencephalography (cEEG) Monitoring and Outcomes of Critically Ill Patients. *Medical Science Monitor* [online]. 23(3), 649-658 [cit. 2019-07-27]. DOI: 10.12659/MSM.900826. ISSN 1643-3750. Dostupné také z: <http://www.medscimonit.com/abstract/index/idArt/900826>.

KIENINGER, M. et al., 2015. *Frequency of Disturbed Defecation Pattern in Neurosurgical Critically Ill Patients and Influence on Intracranial Pressure and Intensive Care Treatment* [online]. 06(12) [cit. 2019-07-03]. DOI: 10.4172/2155-6148.1000588. ISSN 21556148. Dostupné z: <https://www.omicsonline.org/open-access/frequency-of-disturbed-defecation-pattern-in-neurosurgical-critically-ill-patients-and-influence-on-intracranial-pressure-and-inte-2155-6148-1000588.php?aid=66175>.

KIRKMAN, M.A. a M. SMITH, 2014. Intracranial Pressure Monitoring, Cerebral Perfusion Pressure Estimation, and ICP/ CPP-Guided Therapy: a Standard of Care or Optional Extra after Brain Injury?. *British Journal of Anaesthesia* [online]. 112(1), 35-46 [cit. 2019-04-27]. DOI: 10.1093/bja/aet418. ISSN 00070912. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0007091217319670>.

KOČÍ, M. a D. STREITOVÁ, [2013]. *Problematika péče o pacienty s intrakraniálním čídem* [online]. [cit. 2019-05-26]. Dostupné z: <http://www.akutne.cz/res/publikace/problematika-pece-o-pacienty-s-intrakraniálním-cídem.pdf>.

KOENIG, M. a P. KAPLAN, 2015. Clinical Applications for EPs in the ICU. *Journal of Clinical Neurophysiology* [online]. 32(6), 472-480. DOI: 10.1097/WNP.0000000000000215 [cit. 2019-07-27]. ISSN 0736-0258. Dostupné také z: <https://insights.ovid.com/pubmed?pmid=26629757>.

KOVÁŘOVÁ, M. a V. OUTLÝ, ©2019. Neuromonitoring. *Docplayer* [online]. [cit. 2019-05-15]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/4291402-Magda-kovarova-vojtech-outly.html>.

KULIŠŤÁK, P. et al., 2017. *Klinická neuropsychologie v praxi*. Praha: Karolinum. 914 s. ISBN 978-80-246-3068-7.

- KUMAR, A.B., 2015. Traumatic Brain Injury- Monitoring the Injured Brain. In: *ResearchGate* [online]. [cit. 2019-07-28]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/271443813_Traumatic_Brain_Injury-_Monitoring_the_Injured_Brain.
- LASKOWITZ, D. a G. GRANT, 2016. *Translational Research in Traumatic Brain Injury*. Boca Raton: CRC Press. 436 s. ISBN 978-1-4665-8491-4.
- LEE, M. et al., 2018. The use and Uptake of Pupillometers in the Intensive Care Unit. *Australian Critical Care* [online]. 31(4), 199-203 [cit. 2019-07-27]. DOI: 10.1016/j.aucc.2017.06.003. ISSN 10367314. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1036731416301357>.
- LIPPERTOVÁ GRÜNEROVÁ, M., 2009. *Trauma mozku a jeho rehabilitace*. Praha: Galén. 148 s. ISBN 978-807-2625-697.
- MAKARENKO, S. et al., 2016. Multimodal Neuromonitoring for Traumatic Brain Injury: A Shift Towards Individualized Therapy. *Journal of Clinical Neuroscience* [online]. 26(2), 8-13 [cit. 2019-07-27]. DOI: 10.1016/j.jocn.2015.05.065. ISSN 09675868. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0967586815005500>.
- MAKAROVÁ, A., 2013. Kontrola glykémie z pohledu zdravotní sestry. *Medical tribune* [online]. 9(2) [cit. 2019-04-26]. ISSN 1214-8911. Dostupné z: <https://www.tribune.cz/clanek/29173-kontrola-glykemie-z-pohledu-zdravotni-sestry>.
- MARKLUND, N., 2017. The Neurological Wake-up Test—A Role in Neurocritical Care Monitoring of Traumatic Brain Injury Patients?. *Frontiers in Neurology* [online]. 8(2) [cit. 2019-05-15]. DOI: 10.3389/fneur.2017.00540. ISSN 1664-2295. Dostupné také z: <http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fneur.2017.00540/full>.
- Masarykova univerzita: Navazující magisterské studium*, ©2019. [online]. [cit. 2019-07-01]. Dostupné z: <https://www.muni.cz/uchazeci/navazujici-magisterske-studium/vyberte-si-obor/23414-intenzivni-pece>.
- MASSAROLI, R. et al., 2015. Nursing Work in the Intensive Care Unit and its Interface with Care Systematization. *Escola Anna Nery – Revista de Enfermagem* [online]. 19(2)

[cit. 2019-05-15]. DOI: 10.5935/1414-8145.20150033. ISSN 1414-8145. Dostupné také 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. *Lékař a technika*. 42(1), 10-15. ISSN 0301-5491.

Ministerstvo zdravotnictví České republiky, ©2019. MZČR, [online]. [cit. 2019-07-15]. Dostupné z: <https://www.mzcr.cz/>.

MOATTARI, M. et al., 2016. Effects of a Sensory Stimulation by Nurses and Families on Level of Cognitive Function, and Basic Cognitive Sensory Recovery of Comatose Patients With Severe Traumatic Brain Injury: A Randomized Control Trial. *Trauma Monthly* [online]. 21(4) [cit. 2019-04-15]. DOI: 10.5812/traumamon.23531. ISSN 2251-7464. Dostupné také z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5282942/>.

MORAVČÍK, B., ©2019. Kontinuální EEG v intenzivní péči. *Česká společnost anesteziologie, resuscitace a intenzivní medicíny* [online]. [cit. 2019-02-14]. Dostupné z: <https://www.csarim.cz/content/uploads/2018/11/kontinualni-eeg-v-intenzivni-peci.pdf>.

MOSCOTE-SALAZAR, L.R. a T. JANJUA, 2019. Letter: Patients Who Benefit From Intracranial Pressure Monitoring Without Cerebrospinal Fluid Drainage After Severe Traumatic Brain Injury. *Neurosurgery* [online]. 84(4), 260-260 [cit. 2019-07-27]. DOI: 10.1093/neuros/nyy617. ISSN 0148-396X. Dostupné z: <https://academic.oup.com/neurosurgery/article/84/4/E260/5253296>.

MOUNT, A. C., 2019. Cerebral Perfusion Pressure. *Statpearls* [online]. [cit. 2019-03-04]. Dostupné z: <http://knowledge.statpearls.com/chapter/0/19189/>.

MRAČEK, J., 2016. Indikace dekompresivní kraniektomie. *Česká a slovenská neurologie a neurochirurgie*. 79/112(1), 7-21. DOI: 10.14735/amcsnn20167. ISSN 12107859. Dostupné také z: <http://www.csn.eu/en/czech-slovak-neurology-article/indications-for-decompressive-craniectomy-57232>.

MUNAKOMI, S., 2019. Intracranial Pressure Monitoring. *Statpearls* [online]. [cit. 2019-07-24]. Dostupné z: <http://knowledge.statpearls.com/chapter/0/23700/>.

Národní centrum ošetrovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, ©2019. Brno: NCO NZO [online]. [cit. 2019-07-15]. Dostupné z: www.nconzo.cz.

Návraty.info: Program ucelené podpory lidí po poškození či poranění mozku, ©2019 [online]. [cit. 2019-03-01]. Dostupné z: <http://www.navraty.info/>.

NEJEDLÁ, M., 2015a. *Fyzikální vyšetření pro sestry*. 2. vydání. Praha: Grada. 296 s. ISBN 978-80-247-4449-0.

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

Nemocnice České Budějovice a.s., ©2019. České Budějovice [online]. [cit. 2019-05-18]. Dostupné z: <http://www.nemcb.cz/>.

Nemocnice Na Homolce, © 2017. Praha [online]. [cit. 2019-06-28]. Dostupné z: <https://www.homolka.cz/nase-oddeleni/11635-neuroprogram/11635-neurochirurgie-nch/11751-nase-sluzby/11752-urazova-neurochirurgie-kranio-cerebrální-traumatologie/>.

Nemocnice TGM Hodonín, ©2019. Bazální stimulace. Hodonín [online]. [cit. 2019-05-18]. Dostupné z: <http://www.nemho.cz/bazalni-stimulace>.

ODDO, M. a J. BÖSEL, 2014. Monitoring of Brain and Systemic Oxygenation in Neurocritical Care Patients. *Neurocritical Care* [online]. 21(2), 103-120 [cit. 2019-05-27]. DOI: 10.1007/s12028-014-0024-6. ISSN 1541-6933. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s12028-014-0024-6>.

ODDO, M. a P. J. HUTCHINSON, 2018. Understanding and Monitoring Brain Injury: The Role of Cerebral Microdialysis. *Intensive Care Medicine* [online]. 44(11), 1945-1948. [cit. 2019-07-20]. DOI: 10.1007/s00134-017-5031-6. ISSN 0342-4642. Dostupné také z: <http://link.springer.com/10.1007/s00134-017-5031-6>.

OKONKWO, D. et al., 2017. *Critical Care Medicine* [online]. 45(11) [cit. 2019-05-15]. DOI: 10.1097/CCM.0000000000002619. ISSN 0090-3493. Dostupné také z: <http://Insights.ovid.com/crossref?an=00003246-201711000-00015>.

OLIVEIRA, M. et al., 2014. Cerebral Microdialysis in Traumatic Brain Injury and Subarachnoid Hemorrhage: State of the Art. *Neurocritical Care* [online]. 21(1) [cit.

2019-05-15]. DOI: 10.1007/s12028-013-9884-4. ISSN 1541-6933. Dostupné také z: <http://link.springer.com/10.1007/s12028-013-9884-4>.

OSLER, T. et al., 2016. The Differential Mortality of Glasgow Coma Score in Patients with and Without Head Injury. *Injury* [online]. 47(9), 1879-1885 [cit. 2019-07-07]. DOI: 10.1016/j.injury.2016.04.016. ISSN 00201383. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0020138316301176>.

OYESANYA, O. et al., 2016. Nurses' Beliefs About Caring for Patients With Traumatic Brain Injury. *Western Journal of Nursing Research* [online]. 38(9), 1114-1138 [cit. 2019-05-15]. DOI: 10.1177/0193945916636629. ISSN 0193-9459. Dostupné také z: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0193945916636629>.

PAFKO, P. et al., 2008. *Základy speciální chirurgie*. Praha: Galén. 385 s. ISBN 978-80-246-1451-9.

PEACOCK, S. H. a A. D. TOMLINSON, 2018. Multimodal Neuromonitoring in Neurocritical Care. *AACN Advanced Critical Care* [online]. 29(2), 183-194 [cit. 2019-06-14]. DOI: 10.4037/aacnacc2018632. ISSN 1559-7768. Dostupné také z: <http://acc.aacnjournals.org/lookup/doi/10.4037/aacnacc2018632>.

PENG, J. et al., 2015. Validation of the Chinese Version of the FOUR Score in the Assessment of Neurosurgical Patients with Different Level of Consciousness. *BMC Neurology* [online]. 15(1) [cit. 2019-07-27]. DOI: 10.1186/s12883-015-0508-9. ISSN 1471-2377. Dostupné také z: <http://bmcneurol.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12883-015-0508-9>.

PINTO, V. et al., 2019. Increased Intracranial Pressure. *Statpearls* [online]. [cit. 2019-05-27]. Dostupné z: <http://knowledge.statpearls.com/chapter/0/23440/>.

Poranění mozku.cz, ©2013. Praha: Sdružení osob se získaným poškozením mozku a jejich rodin, [online]. [cit. 2019-07-15]. Dostupné z: <http://www.poranenimozku.cz/>.

PRAŽSKÝ, B., 2012. *Obecné zásady neurointenzivní péče* [online]. In: *Zdravotnictví a medicína*. [cit. 2019-04-16]. Dostupné z: <https://zdravi.euro.cz/clanek/sestra/obecne-zasady-neurointenzivni-pece-467710>.

- PROVAZNÍKOVÁ, E., 2017. Tkáňová oxymetrie v intenzivní péči. In: *Česká společnost anesteziologie resuscitace a intenzivní medicíny* [online]. [cit. 2019-08-01]. Dostupné z: <https://www.csarim.cz/content/uploads/2018/11/tkanova-oxymetrie-v-neurointenzivni-peci.pdf>.
- REITH, F. et al., 2017. Factors Influencing the Reliability of the Glasgow Coma Scale: A Systematic Review. *Neurosurgery* [online]. 80(6), 829-839 [cit. 2019-07-27]. DOI: 10.1093/neuros/nyw178. ISSN 0148-396X. Dostupné také z: <https://academic.oup.com/neurosurgery/article-lookup/doi/10.1093/neuros/nyw178>.
- ROBINSON, J. D., 2016. Management of Refractory Intracranial Pressure. *Critical Care Nursing Clinics of North America* [online]. 28(1), 67-75 [cit. 2019-07-28]. DOI: 10.1016/j.cnc.2015.09.004. ISSN 08995885. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0899588515000829>.
- ROUX, P. L., 2016. Intracranial Pressure Monitoring and Management. LASKOWITZ, D. a G. GRANT. *Translational Research in Traumatic Brain Injury*. Boca Raton: CRC Press. 436 s. ISBN 9781466584921.
- RUBENSON WAHLIN, R. et al., 2018. Patients with Head Trauma: A Study on Initial Prehospital Assessment and Care. *International Emergency Nursing* [online]. 36(3), 51-55 [cit. 2019-06-27]. DOI: 10.1016/j.ienj.2017.10.001. ISSN 1755599X. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1755599X16301367>.
- SADAKA, F. et al., 2014. Management of Traumatic Brain Injury in the Intensive Care Unit. *Traumatic Brain Injury*[online]. [cit. 2019-07-27]. DOI: 10.5772/57298. ISBN 978-953-51-1222-8. Dostupné z: <http://www.intechopen.com/books/traumatic-brain-injury/management-of-traumatic-brain-injury-in-the-intensive-care-unit>.
- SAHERWALA, A. et al., 2018. Increasing Adherence to Brain Trauma Foundation Guidelines for Hospital Care of Patients With Traumatic Brain Injury. *Critical Care Nurse* [online]. 38(1), 11-20 [cit. 2019-06-01]. DOI: 10.4037/ccn2018691. ISSN 0279-5442. Dostupné z: <http://ccn.aacnjournals.org/lookup/doi/10.4037/ccn2018691>.
- SEIDL, Z., 2008. *Neurologie pro nelékařské zdravotnické obory*. Praha: Grada. 168 s. ISBN 978-80-247-2733-2.

SEIDL, Z., 2015. *Neurologie pro studium i praxi*. 2. vydání. Praha: Grada. 384 s. ISBN 978-802-4752-471.

SHANNON, R. et al., 2014. Monitoring Vigabatrin in Head Injury Patients by Cerebral Microdialysis: Obtaining Pharmacokinetic Measurements in a Neurocritical Care Setting. *British Journal of Clinical Pharmacology* [online]. 78(5), 981-995 [cit. 2019-07-20]. DOI: 10.1111/bcp.12414. ISSN 03065251. Dostupné také z: <http://doi.wiley.com/10.1111/bcp.12414>.

SCHILLING, J. et al., 2008. *Sestra a urgentní stavy*. Praha: Grada. 552 s. ISBN 978-80-247-2548-2.

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

SMITH, M. E. a M. SMITH, 2017. Neuromonitoring. *Anaesthesia and Intensive Care Medicine* [online]. 18(5), 224-229 [cit. 2019-07-15]. DOI: 10.1016/j.mpaic.2017.02.009. ISSN 14720299. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1472029917300498>.

SMITH, M., 2018. Multimodality Neuromonitoring in Adult Traumatic Brain Injury. *Anesthesiology* [online]. 128(2), 401-415 [cit. 2019-07-03]. DOI: 10.1097/ALN.0000000000001885. ISSN 0003-3022. Dostupné z: <http://Insights.ovid.com/crossref?an=00000542-201802000-00033>.

SMRČKA, M., 2011. Monitoring pacientů s těžkým poraněním mozku. *Česká a slovenská neurologie a neurochirurgie*. 74/107(1), 9-21. ISSN 1210-7859.

STIBOR, B., ©2019. Targetet Temperature Management. In: *AKUTNE.CZ* [online]. Brno, [cit. 2019-07-28]. Dostupné z: <http://www.akutne.cz/res/publikace/stibor-bronislav-baden-bei-wien-rakousko-target-temperature-management-jak-a-m-pacienta-chladit.pdf>.

STOCCHETTI, N. et al., 2017. Severe Traumatic Brain Injury: Targeted Management in the Intensive Care Unit. *The Lancet Neurology* [online].16(6), 452-464. DOI: 10.1016/S1474-4422(17)30118-7 [cit. 2019-07-14]. ISSN 14744422. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1474442217301187>.

STOCCHETTI, N., 2014. Traumatic Brain Injury: Problems and Opportunities. *The Lancet Neurology* [online]. 13(1), 14-16 [cit. 2019-05-15]. DOI: 10.1016/S1474-4422(13)70280-1. ISSN 14744422. Dostupné také z:

<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1474442213702801>.

STOCKER, R. A., 2019. Intensive Care in Traumatic Brain Injury Including Multi-Modal Monitoring and Neuroprotection. *Medical Sciences* [online]. 7(3) [cit. 2019-05-15]. DOI: 10.3390/medsci7030037. ISSN 2076-3271. Dostupné také z:

<http://www.mdpi.com/2076-3271/7/3/37>.

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

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 978-807-4920-660.

ŠTEFÁNEK, J., 2011. Kraniocerebrální traumata. *Medicína, nemoci, studium na 1. LF UK* [online]. [cit. 2019-07-26]. Dostupné z: <https://www.stefajir.cz/?q=2-int-kraniocerebralni-traumata>.

TASNEEM, N. et al., 2017. Brain Multimodality Monitoring: A New Tool in Neurocritical Care of Comatose Patients. *Critical Care Research and Practice* [online]. 1-8 [cit. 2019-07-16]. DOI: 10.1155/2017/6097265. ISSN 2090-1305. Dostupné z: <https://www.hindawi.com/journals/ccrp/2017/6097265/>.

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

TYLL, T. et al., 2014. *Neuroanestezie a základy neurointenzivní péče*. Praha: Mladá fronta. 310 s. ISBN 978-80-204-3148-6.

UGRAS, G. A. a S. YÜKSEL, 2014. Factors Affecting Intracranial Pressure and Nursing Interventions. *Nurs Care* [online]. 1(1), 1-6 [cit. 2019-07-28]. 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. *Indian Journal of Critical Care Medicine* [online]. 21(10), 684-697 [cit. 2019-08-03]. DOI: 10.4103/ijccm.IJCCM_233_17. ISSN 0972-5229. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5672675/>.

Velký lékařský slovník online...., ©2019. *VELKÝ LÉKAŘSKÝ SLOVNÍK* [online]. [cit. 2019-07-09]. Dostupné z: <http://lekarske.slovniky.cz/>.

VÉVODA, J. et al., 2013. *Motivace sester a pracovní spokojenost ve zdravotnictví*. Praha: Grada. 160 s. ISBN 978-802-4747-323.

VINCIGUERRA, L. a J. BÖSEL, 2017. Noninvasive Neuromonitoring: Current Utility in Subarachnoid Hemorrhage, Traumatic Brain Injury, and Stroke. *Neurocritical Care* [online]. 27(1), 122-140 [cit. 2019-07-02]. DOI: 10.1007/s12028-016-0361-8. ISSN 1541-6933. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s12028-016-0361-8>.

VYTEJČKOVÁ, R. et al., 2013. *Ošetrovatelské postupy v péči o nemocné II: speciální část*. Praha: Grada. 288 s. ISBN 978-80-247-3420-0.

YOUNG, B. et al., 2016. Cerebral Microdialysis. *Critical Care Nursing Clinics of North America* [online]. 28(1), 109-124 [cit. 2019-07-28]. DOI: 10.1016/j.cnc.2015.09.005. ISSN 08995885. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0899588515000830>.

ZADÁK, Z. et al., 2017. *Intenzivní medicína na principech vnitřního lékařství*. 2. vydání. Praha: Grada. 484 s. ISBN 978-80-271-0282-2.

ZHANG, Ch. et al., 2016. Clinical Study on Acute Craniocerebral Injury Treated with Mild Hypothermia Auxiliary Therapy. *Journal of Acute Disease* [online]. 5(4), 311-314 [cit. 2019-05-13]. DOI: 10.1016/j.joad.2016.04.003. ISSN 22216189. Dostupné také z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2221618916300658>.

9 Seznam příloh

- Příloha č. 1 Hodnotící škály vědomí
- Příloha č. 2 Kocherův bod
- Příloha č. 3 Umístění optické monitorovací sondy neinvazivního CBF
- Příloha č. 4 Schéma cerebrální mikrodiálýzy
- Příloha č. 5 Screenshot zobrazující pokročilé počítačové multimodální neuromonitorování
- Příloha č. 6 Pupilometr s jednorázovým krytem pro pacienta
- Příloha č. 7 ICP křivka
- Příloha č. 8 NIRS sonda na čele pacienta
- Příloha č. 9 Rám pro ultrazvukovou sondu k monitoringu TCD
- Příloha č. 10 Formulář sester z USA pro zapisování výsledků z CMD
- Příloha č. 11 EEG monitoring
- Příloha č. 12 Fotografie pacienta s technikou multimodálního monitoringu nervového systému
- Příloha č. 13 Zevní komorová drenáž

Příloha č. 1

Hodnotící škály vědomí

Hodnotící škála vědomí Glasgow Coma Scale

TESTOVANÁ ODPOVĚĎ	BODY
OTEVŘENÍ OČÍ	
Spontánní	4
Na oslovení (zvuk)	3
Na bolest	2
Nepřítomno	1
NEJLEPŠÍ SLOVNÍ ODPOVĚĎ	
Orientovaná	5
Zmatená	4
Nepřiléhavá	3
Nesrozumitelná	2
Žádná	1
NEJLEPŠÍ MOTORICKÁ ODPOVĚĎ	
Uposlechne příkazů	6
Lokalizuje bolest (ožene se)	5
Ustupuje, odtahuje se	4
Flexe HK na bolest (dekortikace)	3
Extenze HK na bolest (decerebrace)	2
Žádná	1

GLASGOW COMA

SCALE (GCS)

- Nejužívanější orientační škála hodnocení poruch vědomí,
- standard na JIP a IJ
- Lékaři i sestry...
- Minimum = 3 (coma dépassé)
- Maximum = 15 (norma)
- Snadná, ale nelze správně skórovat např. u poruch řeči či specifické klinické syndromy (locked-in sy., perzistentní vegetativní stav)

Zdroj: KOPÁČIK, R., ©2019. Poruchy vědomí (příčiny, projevy, diagnostika, léčba). In: *Docplayer* [online] [cit. 2019-07-25]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/18701611-Poruchy-vedomi-priciny-projevy-diagnostika-lecba-roman-kopacik.html>.

Hodnotící škála vědomí Alert, Verbal, Pain and Unresponsive

ZÁKLADNÍ LINIE NEUROLOGICKÉHO VYŠETŘOVÁNÍ TRAUMATIZOVANÉHO PACIENTA

Level 1 - AVPU Systém

A – Alert = bdělý

V – Response to verbal stimuli = odpovídá na slovní výzvu

P – Response to painful stimuli (motor activity of extremities) = odpovídá na bolestivý podnět (je přítomná motorická aktivita končetin)

U – unresponsive = neodpovídá

Level 2 - Glasgow Coma Scale

skóre 8

hluboké bezvědomí, vážné poranění hlavy, špatný výsledek

skóre 9–12

pacient při vědomí se středně těžkým poraněním

skóre 13–15

mírné poranění

Zdroj: BARASH, P. et al., 2015. *Klinická anesteziologie*. 6. vydání. Praha: Grada. 816 s. ISBN 978-80-247-4053-9.

Hodnotící škála vědomí National Institute of Health Stroke Scale

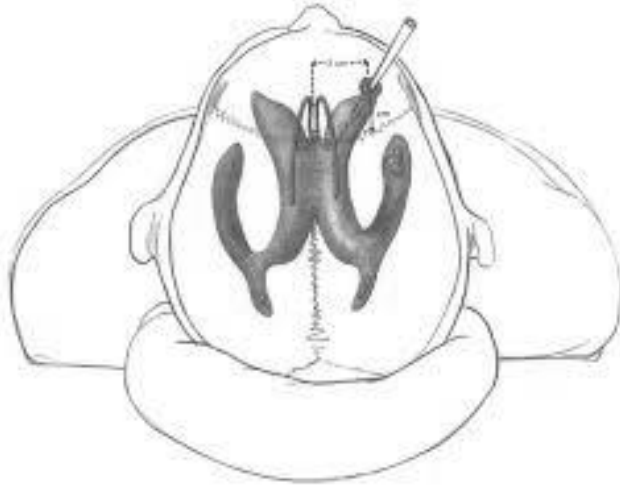
National Institute of Health Stroke Scale (NIHSS)	
<p>1a. Úroveň vědomí zvolit takový testovací impuls, aby obešel případné překážky (orostrach, trauma, jazyk, bariéra, intubace). Testuje se vždy.</p>	<p>0 - plně při vědomí, spolupracující 1 - spavý, po mírné stimulaci poslechne, odpoví 2 - opakovaná stimulace k pozornosti, sopor 3 - koma (reflexní či žádná odpověď)</p>
<p>1b. Slovní odpovědi ptáme se na věk pacienta a měsíc správná odpověď, bez nápovědy zcela počítá se první a pouze</p>	<p>0 - obě odpovědi zcela správně 1 - jedna správně, těžká dysarthrie či jiná bariéra (OTI) 2 - obě špatně, afázie, kóma</p>
<p>1c. Vyhovění výzvám požádat o otevření očí a stisknutí a otevření neparetické ruky, úkon lze pacientovi předvést.</p>	<p>0 - oba úkoly správně 1 - jeden úkol správně 2 - žádný správně, kóma</p>
<p>2. Okulomotorika testuje se pouze horizontální pohyb, pacient s bariérou (slepota, bandáž, trauma) je testován reflexními pohyby (ne kalorické testování!). Testujeme i pac. v komatu.</p>	<p>0 - bez patologie 1 - izol. paresa oko-hybného nervu, deviace či pohledová paresa potlačitelná OC manévry 2 - nepotlačitelná deviace či pohledová paresa</p>
<p>3. Zorné pole vyšetřovat i simultánní pohyb prstů kvůli fenoménu extinkce. Testujeme i u pac. s poruchou vědomí pomocí mrkacího reflexu.</p>	<p>0 - bez postižení 1 - částečná hemianopsie, fenomén extinkce 2 - kompletní hemianopsie 3 - oboustranná hemianopsie (slepota, včetně kortikální slepoty)</p>
<p>4. Faciální paresa Cenění zubů, zavření očí, elevace obočí.</p>	<p>0 - symetrický pohyb, bez postižení 1 - lehká paresa (např. asymetrie NL rýhy) 2 - úplná nebo částečná paréza dolní větve (centrální paresa) 3 - kompletní (perif.) paréza uni- či bilaterální, kóma</p>
<p>5. a 6. Motorika HKK do 90 st v sedě resp. 45 st. vleže DKK do 30 st., kolísání na HKK je tehdy, pokud klesá dříve než za 10 sekund a na DKK dříve než za 5 sekund. Testují se všechny končetiny, 9 se uděluje při jiném postižení končetiny – vysvětlit.</p>	<p>0 - bez kolísání 1 - kolísání nebo pokles, bez úplného pádu na podložku 2 - určitý pohyb proti gravitaci, neudrží nad podložkou 3 - pohyb po podložce 4 - plegie, bez pohybu, kóma (pro šechny konč.) 9 - amputace, ankylóza aj. příčiny patolog. nálezu nesouvisející s příhodou</p>
	PHK
	LHK
	PDK
	LDK
<p>7. Ataxie končetin testování prst-nos-prst na HKK na DKK pata-koleno. Nehodnotí se u pac., který nerozumí. U slepých: nos-natažená HK. V komatu, při plegii atd. se hodnotí 0.</p>	<p>0 - nepřítomna, nebo jen důsledek paresy. Kóma. 1 - na jedné končetině 2 - přítomna na více končetinách 9 - amputace, ankylóza aj.</p>
<p>8. Senzitivita zkouší se ostřejším předmětem, u nespolu-pracujících algickým podnětem (úniková reakce, grimasa). Kóma hodnotíme 2.</p>	<p>0 - bez poruchy čítí 1 - lehká a střední porucha sense (hypestezie, hypalgezie) 2 - těžká porucha sense až anestezie uni, či bilat. Kóma.</p>
<p>9. Řeč testovací slova: MÁMA, PÍSEK, TRÁVA DĚKUJI, ELEKTRINA, FOTBALOVÝ MÍČ Víte jak, Dolů na zem, Jsem už z práce doma. Popis obrázku.</p>	<p>0 - bez afázie 1 - lehká fatická porucha, lze porozumět 2 - těžká fatická porucha 3 - globální afázie, mutismus, kóma</p>
<p>10. Dysarthrie Při fatické poruše hodnotíme výslovnost. Při hodnocení 9 vysvětlit (např. OTI).</p>	<p>0 - nepřítomna 1 - setřelá řeč, je mu rozumět 2 - výrazně setřelá výslovnost, není rozumět, mutismus, kóma 9 - intubace, jiná bariéra</p>
<p>11. Neglect Použij simultánní stimulaci zraku a sense. Hodnotí se pouze, pokud přítomen.</p>	<p>0 - nepřítomen 1 - neglektuje 1 kvalitu, anosognoze 2 - neglektuje více jak 1 kvalitu, kóma.</p>

Zdroj: NIHSS, ©2019. In: *Cerebrovaskulární manuál* [online] [cit. 2019-07-25].

Dostupné z: <http://www.cmp-manual.cz/921-NIHSS.html>.

Příloha č.2

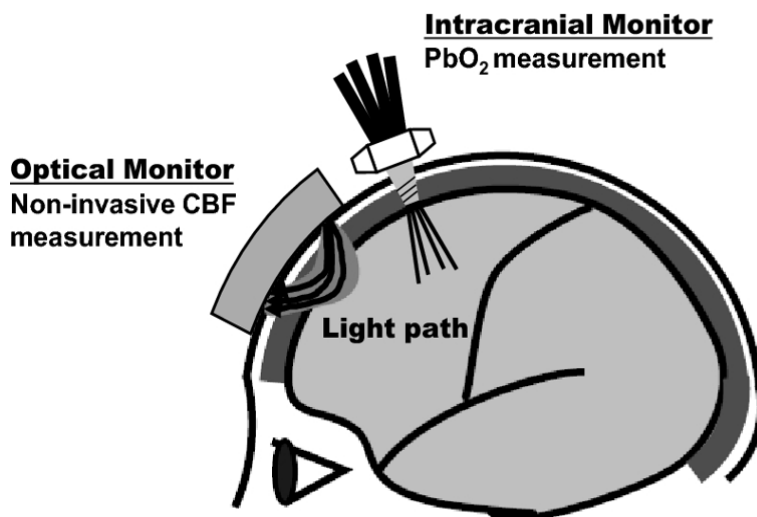
Kocherův bod



Zdroj: SMRČKA, M., 2011. Monitoring pacientů s těžkým poraněním mozku. *Česká a slovenská neurologie a neurochirurgie*. 74/107(1), 9-21. ISSN 1210-7859.

Příloha č. 3

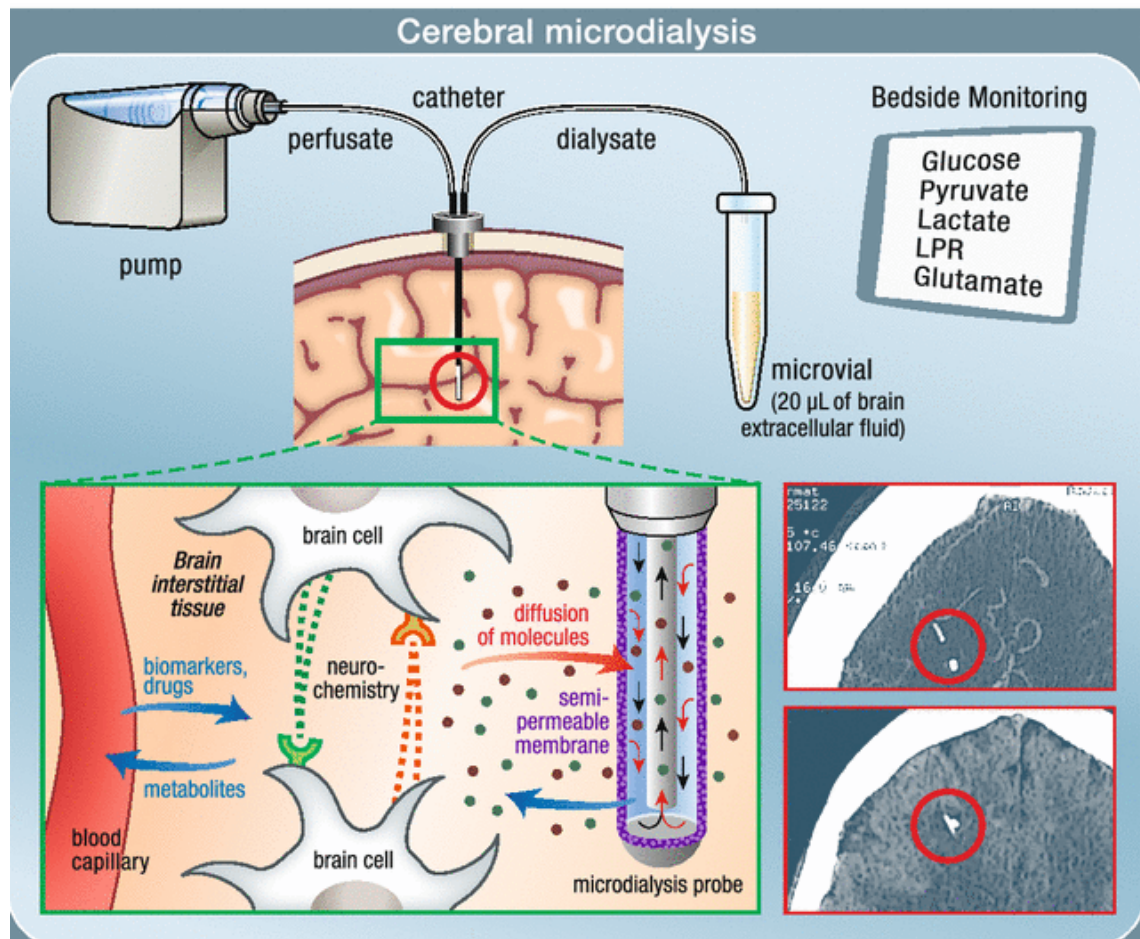
Umístění optické monitorovací sondy neinvazivního CBF



BUSCH, D. R. et al., 2019. Detection of Brain Hypoxia Based on Noninvasive Optical Monitoring of Cerebral Blood Flow with Diffuse Correlation Spectroscopy. *Neurocritical Care* [online]. 30(1), 72-80 [cit. 2019-06-21]. DOI: 10.1007/s12028-018-0573-1. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s12028-018-0573-1>.

Příloha č. 4

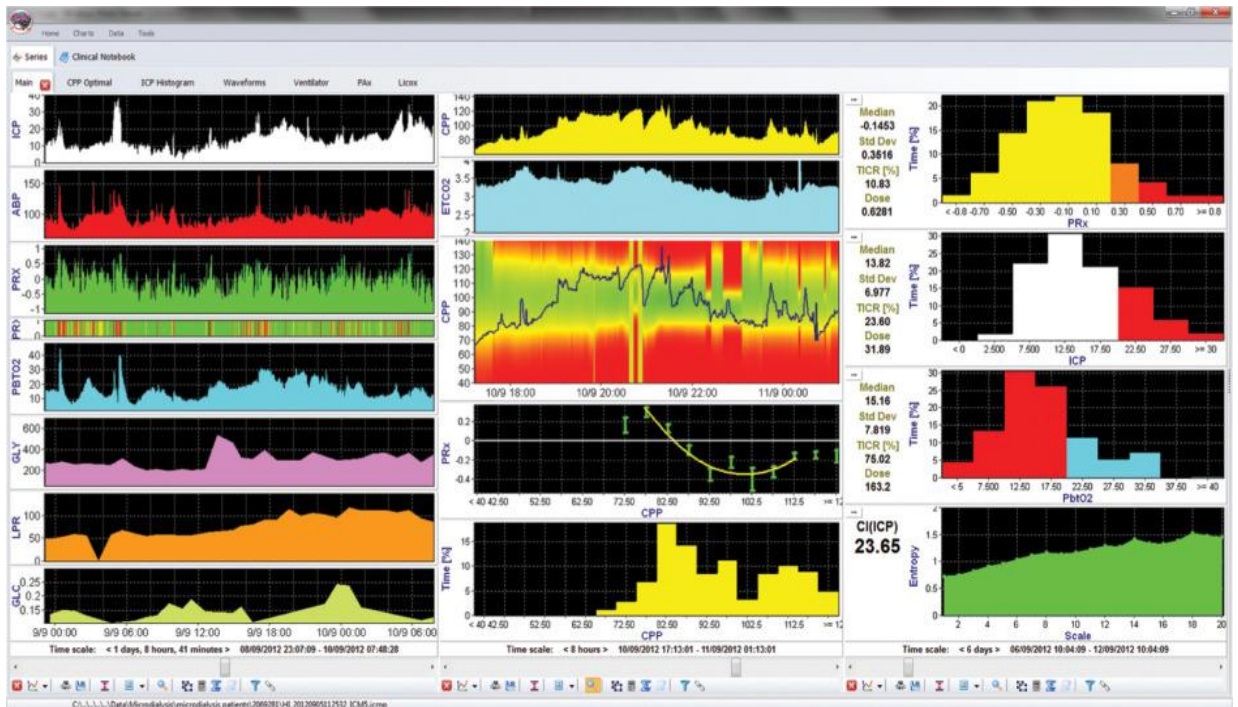
Schéma cerebrální mikrodialýzy



Zdroj: ODDO, M. a P. J. HUTCHINSON, 2018. Understanding and Monitoring Brain Injury: The Role of Cerebral Microdialysis. *Intensive Care Medicine* [online]. 44(11), 1945-1948. [cit. 2019-07-20]. DOI: 10.1007/s00134-017-5031-6. ISSN 0342-4642. Dostupné také z: <http://link.springer.com/10.1007/s00134-017-5031-6>.

Příloha č. 5

Screenshot zobrazující pokročilé počítačové multimodální neuromonitorování



Zdroj: STOCCHETTI, N., 2014. Traumatic Brain Injury: Problems and Opportunities. *The Lancet Neurology* [online]. 13(1), 14-16 [cit. 2019-05-15]. DOI: 10.1016/S1474-4422(13)70280-1. ISSN 14744422. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1474442213702801>.

Příloha č. 6

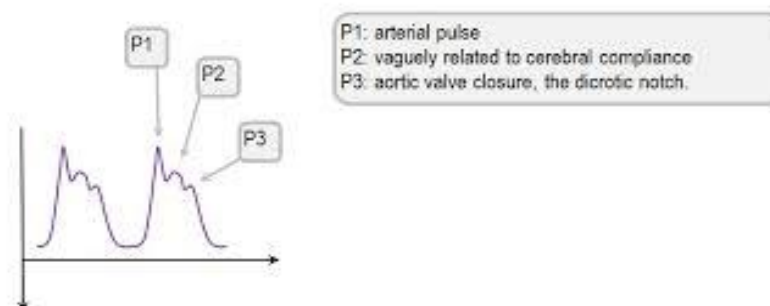
Pupilometr s jednorázovým krytem pro pacienta



Zdroj: LEE, M. et al., 2018. The use and Uptake of Pupillometers in the Intensive Care Unit. *Australian Critical Care* [online]. 31(4), 199-203 [cit. 2019-07-27]. DOI: 10.1016/j.aucc.2017.06.003. ISSN 10367314. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1036731416301357>.

Příloha č. 7

ICP křivka



Zdroj: YARTSEV, A., 2019. *Interpretation of intracranial pressure waveforms* [online]. In: . 2019 [cit. 2019-07-20]. Dostupné z: <https://derangedphysiology.com/main/required-reading/neurology-and-neurosurgery/Chapter%201.0.5/interpretation-intracranial-pressure-waveforms>.

Příloha č. 8

NIRS sonda na čele pacienta



Zdroj: VÁGNEROVÁ, Z., 2014 Úvod do problematiky intenzivní a resuscitační péče. In: *Digitální knihovna Univerzity Pardubice* [online] [cit. 2019-08-01]. Dostupné z: https://dk.upce.cz/bitstream/handle/10195/56668/VagnerovaZ_PaktickaCast.pdf?sequence=3&isAllowed=y.

Příloha č. 9

Rám pro ultrazvukovou sondu k monitoringu TCD



Zdroj: Transcranial doppler TCD system - LMY-2 probe holder instructions using Digi-Lite system of Rimed, 2013. In: *Youtube* [online] [cit. 2019-07-02]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?reload=9&v=aCkQZf3AkXY>.

Příloha č. 10

Formulář sester z USA pro zapisování výsledků z CMD

Place pt label here.

DATE:

	0700	0800	0900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800
<u>Exam Change:</u>												
<u>Intervention:</u>												
ICP												
CPP												
$P_{\text{t}}\text{O}_2$												
Brain temperature												
CBF												
K Value												
<u>Microdialysis Values:</u>												
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.

Zdroj: YOUNG, B. et al., 2016. Cerebral Microdialysis. *Critical Care Nursing Clinics of North America* [online]. 28(1), 109-124 [cit. 2019-07-28]. DOI: 10.1016/j.cnc.2015.09.005. ISSN 08995885. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0899588515000830>.

Příloha č. 11

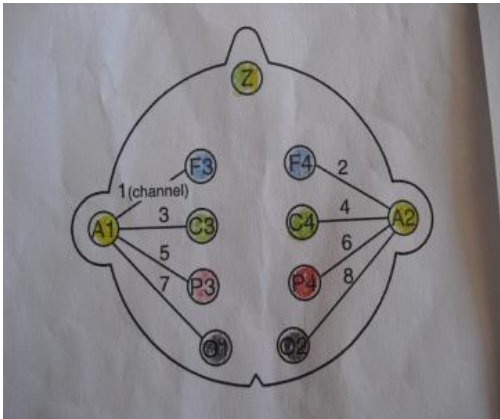
EEG monitoring

Schéma zapojení 10 elektrod cEEG

Správné napojení EEG elektrod

A

B



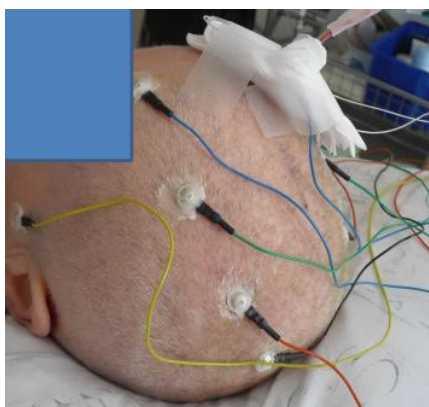
Zdroj A i B: MORAVČÍK, B., ©2019. Kontinuální EEG v intenzivní péči. *Česká společnost anesteziologie, resuscitace a intenzivní medicíny* [online]. [cit. 2019-02-14]. Dostupné z: <https://www.csarim.cz/content/uploads/2018/11/kontinualni-eeg-v-intenzivni-peci.pdf>.

Screenshot monitoru vitálních funkcí s EEG křivkou



Zdroj: MORAVČÍK, B., ©2019. Kontinuální EEG v intenzivní péči. *Česká společnost anesteziologie, resuscitace a intenzivní medicíny* [online]. [cit. 2019-02-14]. Dostupné z: <https://www.csarim.cz/content/uploads/2018/11/kontinualni-eeg-v-intenzivni-peci.pdf>.

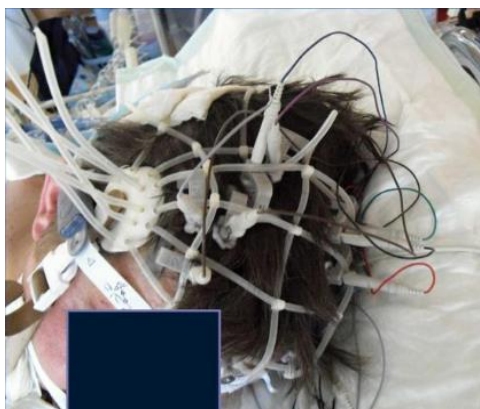
Diskové EEG elektrody



Zdroj: MORAVČÍK, B., ©2019. Kontinuální EEG v intenzivní péči. *Česká společnost anesteziologie, resuscitace a intenzivní medicíny* [online]. [cit. 2019-02-14]. Dostupné z: <https://www.csarim.cz/content/uploads/2018/11/kontinualni-eev-intenzivni-peci.pdf>.

EEG čepice

A



B



Zdroj A: KOVÁŘOVÁ, M. a V. OUTLÝ, ©2019. Neuromonitoring. *Docplayer* [online]. [cit. 2019-05-15]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/4291402-Magda-kovarova-vojtech-outly.html>.

Zdroj B: MORAVČÍK, B., ©2019. Kontinuální EEG v intenzivní péči. *Česká společnost anesteziologie, resuscitace a intenzivní medicíny* [online]. [cit. 2019-02-14]. Dostupné z: <https://www.csarim.cz/content/uploads/2018/11/kontinualni-eev-intenzivni-peci.pdf>.

Jehlové elektrody

A



Lepené elektrody

B



Zdroj A: Jednorázové Ambu jehlové elektrody EEG, ©2019. *CHEIRÓN: ...dýcháme za Vás* [online]. Praha [cit. 2019-07-28]. Dostupné z:

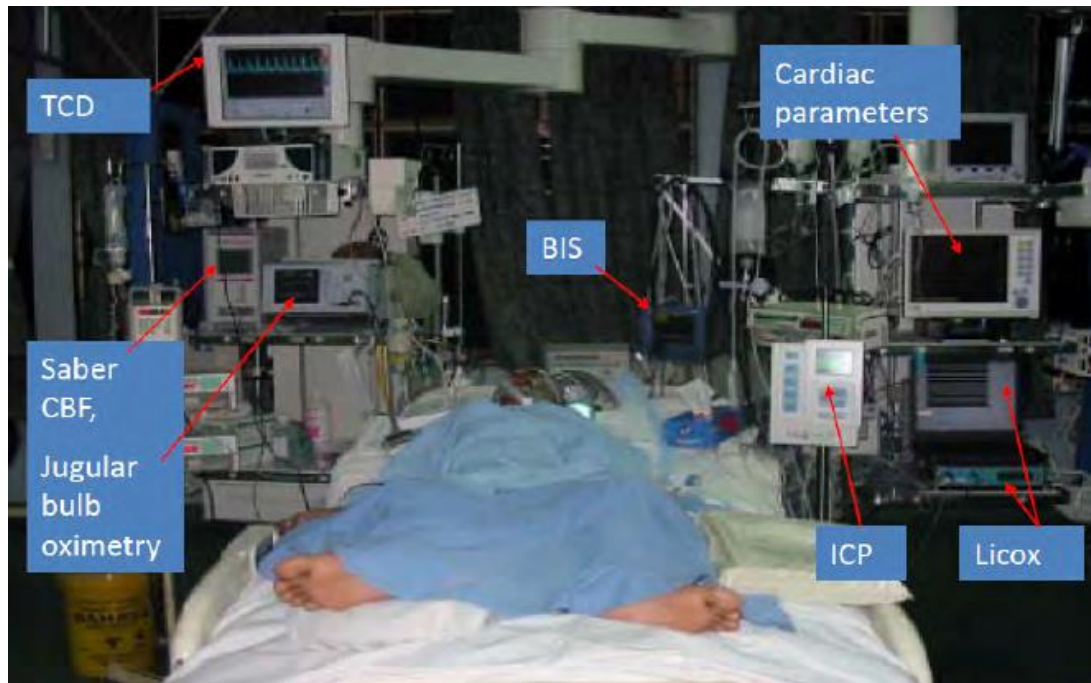
<https://www.cheiron.eu/blog/product/jednorazove-ambu-jehlove-elektrody-eeg/>.

Zdroj B: KOČÍ, M. a D. STREITOVÁ, [2013]. *Problematika péče o pacienty s intrakraniálním čidlem* [online]. [cit. 2019-05-26]. Dostupné z:

<http://www.akutne.cz/res/publikace/problematika-pecce-o-pacienty-s-intrakranialnim-cidlem.pdf>.

Příloha č. 12

Fotografie pacienta s technikou multimodálního monitoringu nervového systému



Zdroj: ZAMZURI, I. et al., 2011. *Multimodality monitoring for a patient with severe traumatic brain injury*. [online]. In: *Researchgate* [cit. 2019-08-02]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/figure/Multimodality-monitoring-for-a-patient-with-severe-traumatic-brain-injury_fig12_221921426.

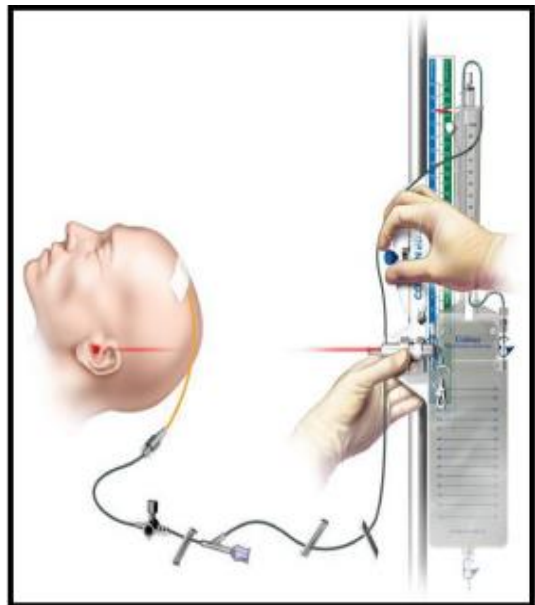
Příloha č. 13

Zevní komorová drenáž

Zavedené intraventrikulární ICP čidlo



Schéma zevní komorové drenáže nastavení nulového bodu



Fotografie systému zevní komorové drenáže



Zdroj celé přílohy č. 13: KOČÍ, M. a D. STREITOVÁ, [2013]. *Problematika péče o pacienty s intrakraniálním čidlem* [online]. [cit. 2019-05-26]. Dostupné z: <http://www.akutne.cz/res/publikace/problematika-pecce-o-pacienty-s-intrakranialnim-cidlem.pdf>.

10 Seznam zkratek

BAEP	Sluchové kmenové evokované potenciály
CBF	Průtok krve mozkem
cEEG	Kontinuální elektroencefalografie
CEP	Kognitivní evokované potenciály
CNS	Centrální nervová soustava
CMD	Cerebrální mikrodialýza
CPP	Mozkový perfuzní tlak
CT	Počítačová tomografie
CVP	Centrální žilní tlak
DCS	Difuzní korelační spektroskopie
DOS	Difuzní optická spektroskopie
ECog	Elektrokortikografie
EEG	Elektroencefalografie
EKG	Elektrokardiografie
EP	Evokované potenciály
ERP	Evokované potenciály vázané na události
FiO ₂	Inspirační koncentrace kyslíku
FOUR	Full Outline of UnResponsiveness
GCS	Glasgow Coma Scale
ICP	Intrakraniální tlak
JIP	Jednotka intenzivní péče
MAP	Střední arteriální tlak

MEPs Motorické evokované odpovědi

mmHg Milimetr rtuťového sloupce

MR Magnetická resonance

NIRS Blízká infračervená spektroskopie

paCO₂ Parciální tlak oxidu uhličitého v tepenné krvi

paO₂ Parciální tlak kyslíku v tepenné krvi

PbtO₂ Parciální tlak kyslíku v mozkové tkáni

PbtCO₂ Parciální tlak oxidu uhličitého v mozkové tkáni

PEEP Pozitivní tlak v respiračních cestách na konci výdechu

PET Pozitronová emisní tomografie

pH Potenciál vodíku

RTG Rentgen

SaO₂ Saturace arteriální krve kyslíkem

SEEG Stereoencefalografie

SPECT Jednofotonová emisní výpočetní tomografie

SpO₂ Saturace krve kyslíkem

SSEP Somato-senzorické evokované potenciály

SvjO₂ Saturace kyslíku v jugulárním bulbu

TCD Transkraniální dopplerovská sonografie

VEPs Zrakové evokované potenciály