Zdravotně sociální fakulta
Faculty of Health and Social Sciences

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

Monitorace v neurointenzivní péči

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Studijní program:
Specializace v ošetřovatelství

Autor: Bc. Radim Baxa, DiS.

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

České Budějovice 2024

Prohlášení

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

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

V Českých Budějovicích dne 6.5. 2024

Poděkování

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

Monitorace v neurointezivní péči

Abstrakt

Monitorace v neurointenzivní péči je jednou z důležitých částí péče o pacienta v kritickém stavu. Monitorace umožňuje sledování hodnot a parametrů kontinuálně, či intermitentně v průběhu času. Monitorace vyhodnocuje aktuální stav pacienta a upozorňuje na možné změny, které mohou nastat vývojem primárního postižení, a včasně varovat před rozvojem sekundárního postižení. Neuromonitorace je rozdělena na monitoraci invazivního a neinvazivního charakteru.

Hlavními cíli předkládané práce bylo zjistit znalosti sester a zdravotnických záchranářů z prostředí anesteziologicko-resuscitačního oddělení v oblasti neuromonitorace. Zjistit, zda sestry a zdravotničtí záchranáři na anesteziologicko-resuscitačním oddělení znají postupy neuromonitorace. Posledním cílem bylo zjistit, zda jsou dodržovány doporučené postupy v rámci neuromonitorace v intenzivní péči.

Empirická část práce byla provedena skrze kvantitativní výzkumné šetření s využitím nestandardizovaného dotazníku. Výzkum byl prováděn mezi sestrami a zdravotnickými záchranáři, kteří mají zkušenosti s neuromonitorací na anesteziologicko-resuscitačním oddělení. Analýze výsledků bylo podrobeno 158 úplných dotazníků.

Na základě provedené statistické analýzy výsledků byla zjištěna souvislost mezi nejvyšším dosaženým vzděláním respondentů a mírou znalostí. Souvislost byla zjištěna i mezi délkou praxe respondentů a mírou znalostí. Naopak souvislost se neprokázala ve vztahu mezi věkem respondentů a mírou znalostí.

Klíčová slova

Nervový systém, neuromonitorace, intenzivní péče, mikrodialýza, sestra, zdravotnický záchranář

Monitoring in neurointensive care

Abstract

Monitoring in neurointensive care is one of the important parts of caring for a patient in critical condition. Monitoring enables tracking of values and parameters continuously or intermittently over time. It evaluates the patient's current condition and draws attention to possible changes that may occur as a result of the development of a primary disability, and warns in time of the development of a secondary disability. Neuromonitoring is divided into invasive and non-invasive monitoring.

The main goals of the presented work were to detect the knowledge of nurses and paramedics from the environment of the anesthesiology-resuscitation department in the field of neuromonitoring. To discover whether nurses and paramedics in the anesthesia-resuscitation department are familiar with neuromonitoring procedures. And the final goal was to find out whether the recommended procedures are followed in the framework of neuromonitoring in intensive care.

The empirical part of the analysis was carried out through quantitative research using a non-standardized questionnaire. The research was conducted among nurses and paramedics who have experience with neuromonitoring in the anesthesia-resuscitation department. To the analysis were subjected 158 complete questionnaires.

Based on the statistical analysis of the results, a connection was established between the respondents' highest level of education and the level of knowledge. A connection was also found between the respondents' length of experience and level of knowledge. On the contrary, the connection was not shown in the relationship between the age of the respondents and the level of knowledge.

Key words

Nervous system, neuromonitoring, intensive care, microdialysis, nurse, paramedic

OBSAH

ÚVOD **8**

1 MONITORACE V INTENZIVNÍ A NEUROINTENZIVNÍ PÉČI **10**

1.1 NEUROLOGICKÉ VYŠETŘENÍ PACIENTA V KRITICKÉM STAVU 11

1.2 NEINVAZIVNÍ MONITORACE 15

1.2.1 *Neuroimaging* *15*

1.2.2 *Transkraniální dopplerovská ultrasonografie.* *16*

1.2.3 *Near-Infrared spectroscopy – NIRS oxymetrie* *18*

1.2.4 *Sublinguální kapnometrie* *20*

1.2.5 *Ortogonální polarizační spektroskopie a sidestream dark field imaging* *20*

1.2.6 *Evokované potenciály* *21*

1.2.7 *Elekromyografie* *24*

1.2.8 *Elektroencefalografie* *25*

1.2.9 *Bispektrální index* *26*

1.2.10 *Kvantitativní pupilometrie* *27*

1.3 INVAZIVNÍ MONITORACE 29

1.3.1 *Nitrolební tlak* *30*

1.3.2 *Jugulární oxymetrie* *32*

1.3.3 *Tkáňová oxymetrie* *32*

1.3.1 *Mikrodialýza v neurointenzivní péči* *33*

1.4 MULTIMODÁLNÍ NEUROMONITORACE 43

1.5 PRŮKAZ SMRTI MOZKU 44

1.6 KOMPETENCE SESTER A VZDĚLÁVÁNÍ V INTENZIVNÍ PÉČI 45

2 CÍLE PRÁCE A HYPOTÉZY **47**

2.1 CÍLE PRÁCE 47

2.2 HYPOTÉZY 47

3 METODIKA **48**

3.1 POUŽITÉ METODY A TECHNIKY SBĚRU DAT 48

3.2 CHARAKTERISTIKA VÝZKUMNÉHO SOUBORU 49

3.3 OPERACIONALIZACE POJMŮ 49

4 VÝSLEDKY **51**

4.1 ANALÝZA DOTAZNÍKOVÝCH OTÁZEK 51

4.2 STATISTICKÉ VYHODNOCENÍ HYPOTÉZ 78

5 DISKUSE 81

6 ZÁVĚR 89

7 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ 91

8 SEZNAM ZKRATEK 109

9 PŘÍLOHY 112

Úvod

S rostoucím vědeckým poznáním a současně s vývojem moderních technologií dochází k dynamickému rozvoji i na poli medicíny. Zároveň se zvyšují i nároky kladené na lékaře a nelékařský zdravotnický personál.

Ruku v ruce dochází k rozvoji intenzivní péče o pacienty v kritickém stavu, jejichž přežití a návrat do plnohodnotného kvalitního života závisí na cílené podpoře vitálních funkcí a samotné léčbě primárního onemocnění. Jedná se péči, která je poskytována na jednotkách intenzivní péče, popř. na jednotkách věnujících se anesteziologicko-resuscitační a intenzivní medicíně.

Pro adekvátní nastavení včetně udržování léčby a podpory fyziologických, funkcí je nesmírně důležitý monitoring pacienta. Zejména pak sledování, jak na zavedenou terapii organismus reaguje, jak probíhá vývoj primárního onemocnění v proměně času a zda nedochází ke vzniku dalších poškození tkání a organismu, jenž jsou souhrnně označovány jako sekundární poškození.

Intenzivní medicína (Intensive care medicine) je v současné době oborem, který cílí péči na pacienta v kritickém stavu. Zabývá se diagnostikou, kontinuální monitorací a terapií nemocných s život ohrožujícími chorobami, úrazy a přidruženými komplikacemi, které jsou potenciálně léčitelné (Ševčík et al., 2014). Morton a Thurman (2023) definují zjednodušeně intenzivní a resuscitační péči jako pomoc, podporu, či šanci danou pacientovi a jeho organismu zvládnout těžký stav a napomoci mu k uzdravení.

Sama neurointenzivní péče v současné době není v rámci českého zdravotnického systému nijak ukotvena. Obvykle je tato péče poskytována na různých pracovištích s odborností patřící k danému onemocnění. Pacienti s akutní cévní mozkovou příhodou jsou centralizováni do specializovaných cerebrovaskulárních center a do center vysoce specializované péče pro pacienty s iktem. Pacienti s kraniocerebrálním poraněním jsou ošetřováni v centrech vysoce specializované traumatologické péče. Péče o nemocné s neuromuskulárními akutními stavy je poskytována v Centrech pro diagnostiku a léčbu nervosvalových onemocnění (Tomek, 2018).

Jelikož poruchy nervové soustavy mají výrazný dopad na kvalitu života po zotavení se pacienta z kritického stavu, je kladen důraz na konzistentní a přesnou monitoraci mnohých fyziologických ukazatelů (Rajagopalan a Sarwal, 2023). Rajagopalan a Sarwal (2023) navíc zmiňují, že neuromonitorační techniky s bedside vizualizací dat umožňují kontinuální přístup ošetřovatelského personálu k aktuálním datům tykajících se fyziologie nervové soustavy, které nejen upozorňují na patologické změny, ale mohou i prokázat účinnost a efektivnost, nebo i neúčinnost, poskytované léčby předtím, než se vznikající patologické změny stanou nevratnými. Na druhou stranu Šeblová a Matějek (2023) varují, že dochází na zaměření se pouze na přístrojovou techniku, a s tím související menší zájem o pacienta. Současně však upozorňují, že pacientovi odnímá individualitu a jím subjektivně vnímané potíže a nahrazuje je výsledky měření, laboratorních testů a mnoha snímky zobrazovacích metod.

Důvodem zvolení tématu předkládané diplomové práce bylo mé působení na anesteziologicko-resuscitačním oddělení, kde jsem se s problematikou neuromonitorace setkával denně. Současně jsem chtěl získat povědomí o dalších možnostech využívaných na jiných pracovištích, včetně pozitiv a negativ využívaných metod v péči o nemocné v kritickém stavu.

1 Monitorace v intenzivní a neurointenzivní péči

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

Anglicko-českým výkladovým slovníkem (1998) je monitorace definována jako aktivní, opakovaný nebo kontinuální děj v čase. To znamená, že je využíváno metod, které snímají určitou hodnotu kontinuálně a případný výskyt patologie je ihned zřejmý. Objektem monitorování je pacient, u kterého probíhá nějaký patologický děj vlivem primárného inzultu, anebo je velký přepoklad vzniku sekunárního poškození (Tomek, 2018). Při interpretaci údajů je rozhodující lidský prvek a Tomek (2018) ve své publikaci upozorňuje na nutnost, aby znalosti interpretace měli nejen ošetřující lékaři, ale i sestry starající se o pacienta v kritickém akutním stavu.

Monitorovací techniky jsou v textech Ševčíka et al. (2014) děleny na invazivní a neinvazivní. I přesto, že invazivní metody mají svá úskalí, benefitem jsou přesně získaná data. Tyll et al. (2020) uvádí, že neinvazivními metodami jsou označovány způsoby získávání validních informací na základě pozorování stavu zornic, hodnocení stavu vědomí, nebo používání systému monitorace NIRS (Near-infrared Spectroscopy). Volba, jakým způsobem bude monitorace probíhat, záleží na úvaze lékaře v souvislosti s charakterem onemocnění a vždy by měla být ku prospěchu pacienta (Tyll et al, 2020).

Intenzivní péče v neurologii a neurochirurgii se specializuje na akutní neurologická a neurochirurgická onemocnění, úrazy a pooperační stavy. Dle primárního poškození nervové soustavy je poskytována na oborových jednotkách intenzivní péče nebo na multioborových pracovištích, které poskytují vysoce specializovanou péči (Ševčík et al., 2014).

Do neurointenzivní péče je zařazena nejen diagnostika, monitorace a terapie primárního poškození nervového systému, ale i na prevenci a terapii možného sekundárního poškození (Tomek, 2018). Z textů Barrata et al. (2010) je zřejmé, že sekundární poškození může vzniknout jednak přímo v mozkové tkání po primárním inzultu, nebo

vzniká jako následek rozdílných extracerebrálních příčin. Předcházení, či včasné zjištění vznikajícího sekundárního poškození, má velký vliv na výslednou kvalitu života, přežití pacienta, a na konečný klinický výsledek (Barrat et al., 2010).

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

Je nutno uvést, že v rámci neurointenzivní péče je stěžejní časová naléhavost, neboť neurony patří v organismu k nejcitlivějším buňkám k hypoxii. Mají vysoký stupeň metabolismu, ale nemají metabolické rezervy a neumí regenerovat (Ševčík et al., 2014).

V současné klinické praxi již snad nikdo nezpochybňuje význam provádění invazivní a neinvazivní neuromonitorace, díky níž jsou získávány hodnoty, které není možné zjistit klinickým vyšetřením u lůžka nemocného. Funkčnost je nicméně podmíněna integrováním získaných dat, a to jak pomocí přístrojové neuromonitorace, tak údajů zjištěných neurologickým vyšetřením. Získaná data musí být poté kriticky vyhodnocena a terapie musí být cíleně řízena dle získaných údajů v benefit pacienta s cílem obnovení mozkové homeostázy (Vitt et al., 2023).

1.1 Neurologické vyšetření pacienta v kritickém stavu

Vyšetření pacienta s kvalitativní, či kvantitativní poruchou vědomí by mělo zahrnovat posouzení reflexů mozkového kmene a motorických odpovědí (Mishra et al., 2019). Motorickou odpovědí jsou rozuměny lokalizační pohyby, úhybné manévry, polohovací reflexy, popř. není žádná odpověď. Weiss et al. (2015) popisují vyšetření mozkového kmene, které zahrnuje posouzení zornic a zornicové reaktivity, dále spontánní polohu a pohyby bulbů, vestibulo-okulocefalický reflex, rohovkový reflex, kašel a dávivý reflex (Weiss et al., 2015).

Na existenci různých stupnic, které přiřazují číselnou hodnotu úrovni vědomí, přičemž Glasgow Coma Scale (dále jen GCS) převažuje jako nejpoužívanější škálovací metoda, poukazují McNett et al., 2014. Oproti tomu Anestis et al. (2020) reagují na hlavní omezení GCS, které spočívá v nemožnosti verbální odpovědi u mechanicky ventilovaných pacientů, u tracheostomovaných pacientů nebo pacientů trpících afázií, čímž se verbální odpověď stane nehodnotitelnou. Díky této skutečnosti odkazují na doporučované skóre Full Outline Of Unresponsiveness (dále jen FOUR) v rozsahu bodů 0-16 (Příloha 2) (Anestis et al., 2020). FOUR skóre blíže představují ve svých textech McNett et al. (2014), kde uvádějí, že v rámci FOUR skóre je hodnocena oční odezva, motorická odezva, reflexy mozkového kmene a dechový vzorec. Nutno upozornit, že skóre FOUR bylo testováno v řadě klinických prostředí a v různých zemích (McNett et al., 2014). Anestis et al. (2020) dále poukazují na využití FOUR skóre u pacientů s nejnižším skóre GCS a zdůrazňují skutečnost, že FOUR skóre má větší spolehlivost nebo prognostickou hodnotu než GCS (Anestis et al., 2020). Dokonce i Amirtharaj et al. (2023) ve své systematické studii dospěli k závěru, že FOUR je adekvátním nástrojem pro hodnocení a monitorování všech pacientů v bezvědomí, či výraznou poruchou vědomí (Amirtharaj et al., 2023).

Ale vraťme se zpět ke GCS, které je celosvětově v praxi stále nejvíce využíváno pro škálování kvantity vědomí. GCS (Příloha 1) (Tyll et al., 2020). Jedná se o univerzální škálu, která je pro velmi malé děti modifikovaná na Paediatric Glasgow coma scale (PGCS) (Mixa et al., 2021). Díky jednoduchosti jejího využití v klinické praxi dochází ke sledování vývoje stran vědomí v čase a může být jen velmi obtížně subjektivizovaná. V rámci GCS dochází k hodnocení tří faktorů v rozsahu bodů 3 – 5. A to: motorická odpověď, verbální odpověď a otevírání očí.

Vzhledem k hodnocení skóre vědomí nelze opomenout kvalitativní poruchy vědomí, které jsou charakteristické změnou kvality vědomí pacienta. Obvykle v rámci GCS dosahuje pacient hodnoty 14 – 15, je plně při vědomí, ale nemusí být lucidní (Bartůněk et al., 2016). K hodnocení kvality vědomí patří vnímání prostředí, jeho orientovanost či adekvátnost reakcí na pacientovo okolí. Mezi kvalitativní poruchy vědomí patří zmatenost, delirium, stavy amence, halucinace nebo dezorientace, které lze zhodnotit skrze kvalitativní skórovací systémy, jako např. The confusion assessment method for

the intensive care unit (CAM-ICU) nebo Intensive care delirium screening checklist (ICDSC) (Tyll et al., 2020).

Příčina poruchy vědomí, ať už na podkladě jeho kvality nebo kvantity, může být z různých důvodů. Bazálně je lze v podání Šeblové et al. (2018) rozdělit na ložiskové a systémové. Ložiskové příčiny jsou na podkladě strukturních změn v lebce. Systémové jsou zapříčiněny poruchami vnitřního prostředí, poruchami metabolismu, intoxikacemi, či hypoxií (Šeblová et al., 2018).

Vyšetření motoriky, tedy svalového aparátu, je skrze testování zkouškou svalové síly, svalového tonu a trofiky svalů. Jak upozorňuje Tyll et al. (2020), svalová síla se neurčuje pro daný sval ani míšní kořen, ale pro pohyb v určitém kloubu. Svalová síla je hodnocena svalovým testem, nejčastěji dle Jandy, nebo pomocí skóre MRC (Medical research council). Obě škály mají hodnoty od 0 do 5 bodů, přičemž norma je při 5 bodech a plegie je hodnocena 0. Toto hodnocení je využíváno například i u pacientů s míšní lézí k určení umístění léze vzhledem k vlivu na nervovou inervaci (Tyll et al., 2020).

Svalový test však nelze využít u pacientů se spasticitou, která je označována jako soubor příznaků vlivem centrální poruchy, kdy dochází k přílišné excitaci svalu. Projevuje se zvýšeným svalovým napětím při začátku pohybu. Opakováním pohybu se spasticita snižuje. Tato porucha je dána lézí působící inhibičně na nervové dráhy a okruhy (Kittnar, 2021). Spasticitě je podobná rigidita, nicméně je způsobena extrapyramidovou poruchou, není závislá na protahování svalů ani na rychlosti provedení (Kittnar, 2021). Léčba těchto poruch, například u morbus Parkinson, se nesmí náhle přerušit ani vlivem jiné intenzivní a resuscitační péče (Tyll et al., 2020).

Mezi vyšetření neurologického stavu pacienta se řadí i vyšetření čití, byť je považována za subjektivní. Záleží na výpovědi pacienta, který musí být ochoten a schopen spolupracovat. Pro vyšetření čití se zkoumají různé faktory: algické, taktilní nebo termické (Ševčík et al., 2014).

National institute of Health Stroke, zabývající se komplexní problematikou Cévních mozkových příhod, vytvořil škálovací systém The National Institute of Health Stroke Scale (dále jen NIHSS), který je zaměřen na konkrétní příznaky napovídající o možné

lokalizaci poškození. Jeho prostřednictvím lze sledovat změny v mluvení, motorice a v senzorickém vnímání. Tento systém je využíván u pacientů s podezřením na akutní cerebrovaskulární příhodu a napomáhá k časné indikaci pro provedení léčebné intervence (Feigin et al., 2021).

Nabízí se zmínit, že současný konsenzus odborníků doporučuje provádění komplexního neurologického vyšetření u všech pacientů v kritickém stavu, bez ohledu na druh poranění, či onemocnění, alespoň jednou denně, kdy musí dojít k přerušení podávání analgosedace. Frekvence vyšetření a komplexnost musí být přizpůsobena riziku vzniku poškození. Znamená to, že nemá být zkrácena denní frekvence, ale naopak by mělo dojít k častějšímu, i když ne již komplexnímu, vyšetření (Kapounová, 2020). Cervantes-Arslanian (2022) upozorňuje, že vysoký počet vyšetření by neměl ovlivňovat kvalitu odpočinku a spánku pacienta, jelikož tím hrozí riziko deprivace základních potřeb a vznik deliria.

Na sledování neurologického stavu pacienta a jeho vyhodnocování se nemalou mírou podílí ošetřovatelský personál, zejména sesterský (Rajagopalan a Sarwal, 2023). Tomuto tématu se věnují ve své studii i Amirtharaj et al. (2023), kde popisují náročnost monitorace pacienta s poruchou vědomí na odděleních intenzivní péče. Zároveň uvádějí, že změny vědomí se nejlépe zaznamenají, pokud sestra monitoruje změny reflexů mozkového kmene, s využitím škálování FOUR. Změny dechové aktivity upozorňují sestru na možnou vznikající patologii a zároveň je v těchto situacích nutné, aby byla sestra připravena s pomůckami na možnou intubaci a napojení pacienta na umělou plicní ventilaci. Jak potvrzuje i studie Olsona et al. (2021), nejvíce pozornosti musí sestra věnovat pacientovi během počátečních 72 hodin od přijetí, kde dochází k největším progresím pacientova stavu. Progrese může být jak pozitivní, kdy se pacientův stav lepší, nebo negativní, kdy dochází k prohlubování postižení (Olson et al., 2021).

Sestra nebo zdravotnický záchranář pracující v intenzivní péči má standardně k pacientovi daleko bližší vztah než lékař. Důvodem je, že sestra nebo zdravotnický záchranář tráví péčí o pacienta a vedením ošetřovatelské dokumentace s pacientem podstatně více času. Znají jeho potřeby, pomáhají je saturovat a zároveň se snaží rozvíjet jeho soběstačnost (Kapounová, 2020). Šeblová a Matějek (2023) doplňují, že

pacient v akutní fázi onemocnění trpí úzkostmi a důvěra získaná v ošetřující personál výrazně napomáhá psychické pohodě pacienta.

1.2 Neinvazivní monitorace

Tato podkapitola pojednává o neuromonitoračních technikách, které nijak neporušují kožní kryt pacienta.

1.2.1 Neuroimaging

Pojmem neuroimaging jsou označovány metody, pomocí nichž lze převést tkáně a nervové struktury do čitelných snímků, konkrétně počítačová tomografie a magnetická rezonance.

Vyšetřením počítačovou tomografií (CT) lze dle Spears et al. (2022) odhalit mozkový infarkt, intrakraniální krvácení nebo mozkový edém a je obecně prvním neurozobrazovacím vyšetřením u pacientů v kritickém stavu. CT vyšetření je primárně provedeno jen jako nativní snímkování, které odhaluje struktury tkání (Spears et al., 2022). V dalším kroku může být CT vyšetření spojeno s CT angiografií, která může být užitečná při diagnostice intrakraniálních aneuryzmat, vazospasmů, arteriálních okluzí, stenóz nebo disekcí tepen a mozkové žilní trombózy. Vyšetření probíhá podáváním kontrastní látky do krve pacienta, která detailně zobrazuje pacientovo krevní řečiště spolu s možnými patologiemi. Další možností CT vyšetření je provedení CT perfuze, která se využívá pro hodnocení regionální mozkové abnormality průtoku krve v rámci protokolu při suspektní ischemické cévní mozkové příhodě (Correa et al., 2022). Avšak Greer et al. (2022) upozorňují, že magnetická rezonance (MRI) mozku má větší citlivost k detekci časného iktu a je podstatně diagnosticky přesnější než CT i při identifikaci lézí v zadní jámě base lební. MRI mozku může mít prognostickou hodnotu u pacientů s hypoxicko-ischemickou nebo septickou encefalopatií. Zobrazovací nálezy nejsou diagnosticky izolované, tudíž vyhodnocení výsledků vyšetření vyžaduje vysokou zkušenost radiologa (Greer et al., 2022).

Počítačová tomografie (CT) je doporučována i jako primární zobrazovací metoda pro vyšetření pacientů s fokálním neurologickým deficitem nebo poruchou vědomí (Buchlak et al., 2022). Nicméně z textů Vitt et al. (2023) je zřejmé, že u pacientů s akutním neurologickým deficitem nebo akutní změnou duševního stavu, kde CT

vyšetření neodhalí žádnou výraznou patologii, se MRI mozku doporučuje. Dále je MRI doporučováno u pacientů s refrakterním status epilepticus, kteří nemohou být klinicky hodnoceni kvůli kontinuálnímu užívání velkých dávek neurodepresiv. Výjimkou není podezření na cerebrální tukovou embolii, osmotickou myelinolýzu, syndrom zadní reverzibilní encefalopatii a pacienti, kteří se nezotaví po hypoxicko-ischemickém poranění nebo po déletrvající hypoglykémii. Provedení MRI je doporučeno u pacientů se sepsí spojenou se změněným duševním stavem, fokálními neurologickými příznaky nebo s abnormálními reflexy mozkového kmene (Vitt et al., 2023).

Příprava pacienta sestrou před samotným vyšetřením spočívá v edukaci pacienta a ověření alergické anamnézy, zda pacient nemá známou alergii na podávanou kontrastní látku. Nesmí se opomenout sejmutí šperků, piercingů a jiných kovových materiálů, které by mohly ovlivnit kvalitu pořizovaných snímku, nebo v případě MRI by mohly být magnetické a poškodit přístroj a způsobit pacientovi zranění (Kapounová, 2020).

1.2.2 *Transkraniální dopplerovská ultrasonografie.*

Transkraniální dopplerovská ultrasonografie je neurosonografická vyšetřovací metoda, umožňující neinvazivně měřit průtok nitrolebními tepnami přes neporušenou kost lebky. K vyšetření se využívá dopplerovský režim zobrazení (Ševčík et al., 2014). Cardim et al. (2016) poukazují na speciální typ sondy, který je při tomto vyšetření nezbytný. Tzv. fokus sondy musí dosahovat minimální hloubky 40-60 mm s možností stanovení vzorkovacího objemu (Cardim et al., 2016).

Texty Tylla et al. (2020) a Sandroniho et al. (2020) se shodují, že základními indikacemi pro využití ultrasonografického vyšetření jsou cévní malformace s arteriovenózním zkratem, vyšetřování stenóz nebo okluzí extrakraniálních tepen, ischemická cévní mozková příhoda (CMP), dále pak vyšetření karotického a vertebrobasilárního povodí, sledování vazospazmů při subarachnoideálních krváceních a po kraniotraumatech, diferenciální diagnostika bolestí hlavy a migrén a v neposlední řadě potvrzování mozkové smrti (Tyll et al., 2020; Sandroni et al., 2020). Kumar et al. (2016) navíc zmiňují nutnost, aby vyšetřující lékař měl dostatečnou zkušenost a atest pro provádění nejen průkazu mozkové smrti, ale i pro vyšetření stavů dějících se na tepnách, jakými mohou být vazospazmy (Kumar et al., 2016).

Speciální indikací pro využití ultrasonografie je dle Tylla et al. (2020) i Cardima et al. (2016) perioperační monitorování při provádění karotické endarektomie, angioplastiky a stentování extrakraniálních a intrakraniálních arterií, pooperační monitorování a detekování mikroembolizací (Tyl et al., 2020; Cardim et al., 2016).

Při využití dopplerovské ultrasonografie jsou na lebce stanovena tři okna, kde je tloušťka lebky anatomicky zeslabena. Jedná se o přístup transtemporální, transforaminální a transorbitální. Transtemporálním přístupem se vyšetřuje především arteria cerebri media, anterior a posterior. Transforaminálním přístupem se vyšetřující úseky vertebrálních tepen a basilární kmen. Transorbitálním přístupem se obvykle vyšetřuje takzvaný karotický sifon a arteria oftalmica (Tomek, 2018). Důležitým pravidlem je provádět vyšetření bilaterálně s porovnáním výsledku obou stran. Tato metoda je dle Cardima et al. (2016) využívána i jako kontinuální monitorace průtoku tepnami a kontrola vzniku vazospazmů, kdy se používá sonda připevněná na hlavu pacienta, která snímá záznam kontinuálně (Příloha 4).

Sestra nebo zdravotnický záchranář připravují pacienta především z hlediska edukace a přípravy místa, kde bude probíhat vyšetření. Pokud je detekční místo pokryté vlasy nebo vousy, je nutné toto místo vyholit (Kapounová, 2020). U neklidného pacienta je na místě zvážit mírnou dávku sedace, aby bylo možno provést vyšetření s validním výsledkem (Bartůněk et al., 2016).

Měření průtoku tepnami je možné i invazivně. Jedná se o termální difuzní flowmetrii a laserovou dopplerovskou flowmetrii. Obě metody vyžadují zavedení katetru do mozkové tkáně a umožňují kontinuální monitoraci průtoku krve cévami (Jones at al., 2017). Ze studie Mazya et al. (2018) vyplývá, že využití průtokové flowmetrie je indikováno pro velmi úzký počet onemocnění, respektive invazivních výkonů družících se k danému onemocnění, kdy se sleduje efektivnost zákroku. Jedná se například o mozkové by-passy apod. Samagh et al. (2019) k invazivní metodě doplňují, že není využívaná pro sledování vznikajícího sekundárního poškození mozku, ale nevyvrací její použitelnost. O neinvazivní dopplerovské ultrasonografii pojednávají více jako o metodě diagnostické, než-li o metodě preventivní.

Využití transkraniální dopplerovské ultrasonografie představují Huang et al. (2020) v rámci intenzivní péče jako metodu k detekci neočekávaných změn ve vaskulárním systému, kde popisují detekci stenóz, spazmů a embolií ovlivňujících hemodynamiku mozku. Mazya et al. (2018) navíc zmiňují, že je možné použitím ultrazvukové flowmetrie detekovat změny v mozkové autoregulaci ovlivňující mozkovou perfuzi lépe, než průtokové vyšetření pomocí CT flometrie. I American Heart and Stroke Association guidelines 2023 (Hoh et al., 2023) doporučují primárně využití ultrazvukové flometrie pro monitoraci spazmů mozkových tepen v případě akutního subarachnoideálního krvácení, kdy včasné odhalení vznikajících vazospazmů a nastavení adekvátní léčby může výrazně zvýšit kvalitu přežití pacienta.

1.2.3 Near-Infrared spectroscopy – NIRS oxymetrie

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

Bensaidane et al. (2020) popisují využití podobného principu této metody v případě měření pulzním oxymetrem. Jedná se o sledování absorpce elektromagnetického vlnění v infračerveném pásmu v případě NIRS, ale nikoli v arteriálním řečišti, nýbrž v mozkové tkáni. Prostřednictvím získaných hodnot udává NIRS informace v reálném čase o regionální cerebrální oxygenaci a průtoku krve mozkem (Bensaidane et al., 2020). Základem této technologie je vyzařování blízkého infračerveného zdroje světla v rozsahu 700–1 100 nm, které proniká kůží, lebkou a nejpovrchnějšími několika centimetry mozku (Weigel et al., 2016). V závislosti na různých vlastnostech tkání a buněčných rozhraních může být emitované světlo buď rozptýleno, odraženo zpět do detektoru, nebo absorbováno různými chromofory, jako jsou proteiny, lipidy a voda (Gomez et al., 2021). Rizikem nepřesnosti měření bývá snímání extrakraniálních tkání a tlumení záření nitrolebními hematomy. Monitorace NIRS se využívá u pacientů s těžkým kraniocerebrálním poraněním či těžkým subarachnoideálním krvácením, u kterého je předpoklad vzniku vazospazmů (Bensaidane et al., 2020).

NIRS monitorace se skládá ze dvou kožních senzorů, které se standardně umísťují do frontální krajiny (Příloha 5). Hloubka měření je uváděna v rozmezí 30–50 mm. Normohodnoty jsou mezi 55–75 %, tedy měly by být podobné hodnotám naměřeným jugulární oxymetrií (Tyll et al., 2020). Collete et al. (2022) upozorňují na hemoglobin,

jako na jednu z důležitých organických makromolekul, která vykazuje různé charakteristiky absorpčního spektra v závislosti na stavu okysličení, což umožňuje stanovení relativních koncentrací oxyhemoglobinu (HbO) a deoxyhemoglobinu (HHb) ve tkáni podle Modified Beer-Lambert law (Collete et al., 2022). Tato technika poskytuje odhady celkové koncentrace hemoglobinu (HbT) a také poměr, který je označován jako regionální cerebrální saturace kyslíkem nebo také jako Tissue Oxygenation Index v závislosti na výrobci (Gomez et al., 2021). Podobně jako PbtO2, i NIRS monitoruje poměr mezi dodávkou a spotřebou kyslíku v arteriální, venózní a kapilární krvi. Souhrnné studie navíc prokázaly dobrou korelaci s invazivně získanými absolutními hodnotami průtoku krve mozkem u pacientů v kritickém stavu (Keller et al., 2015). Nutno zmínit, že většina aplikací NIRS zahrnuje umístění snímačů na čelo a měření signálu vedeného přes šedou hmotu mozkovou v oblasti frontálního laloku a oblast rozvodí přední a střední cerebrální arterie. Normální rozsah NIRS je ohraničen rozsahem 55–80 % (Collete et al., 2022).

Nízké hodnoty hloubky měření, definované jako hodnoty pod 50–60 %, se obvykle vyskytují v rámci ischemického poškození mozku. Ve studii Bensaidane et al. (2020), která zkoumala hodnoty hloubky měření nad 75 % je uvedeno, že se často shodují s hodnotami CPP nad 70 mmHg (Bensaidane et al., 2020). Ačkoli tyto limitové hodnoty slouží jako referenční, optické měření u pacienta se může významně lišit v závislosti na geometrii lebky a je nutné vyhodnocovat další parametry ke zjištění mozkové ischemie (Gomez et al., 2021).

U pacientů s traumatickým poškozením mozku, kteří byli monitorování pomocí NIRS, bylo Rondán et al. (2021) zjištěno, že může dojít k mozkové hypoxii a hypoperfuzi i v případě normálních hodnot, popř. akceptovatelných hodnot, a je tedy nutné tato rizika monitorovat další možnou technikou. Ze studie Rondána et al. (2021) vyplynulo, že pacienti sledováni pouze pomocí NIRS měli ve výsledném hodnocení těžší stupeň poškození mozku s vyšší pravděpodobností mortality.

V souvislosti s NIRS se nabízí uvést, že byla také rozsáhle komparována s jinými metodami pro monitoraci a hodnocení množství kyslíku v mozkové tkáni včetně SVjO2, což je globální měřítko přísunu a spotřeby kyslíku mozkovou tkání. Forcione et al. (2021) zjistili, že je oproti jiným technikám o něco pomalejší ve vyhodnocení

náhlých změn v oxygenaci a perfuzi mozku (Forcione et al., 2021). Vzhledem k této skutečnosti je pravděpodobně v různých studiích uváděno, že NIRS není schopno zaznamenat krátké epizody hyposaturace. Rondán et al. (2021) pojednávají o chybných údajích měření z důvodu špatného kontaktu senzoru a kůže, hematomu na hlavě a subdurálního vzduchu po kraniálních výkonech. Naopak ve studii provedené Forcionem et al. (2021) se 42 pacienty s úrazem hlavy bylo prokázáno, že NIRS a transkraniální dopplerovská ultrasonografie měly paralelní nálezy s PbtO2, i když o něco rychleji PbtO2 vyhodnocovalo změny v acidobazické rovnováze a ICP. Toto zjištění poukazuje na fakt, že žádná jednotlivá monitorovací technika nepředstavuje jedno jasné řešení pro cerebrální oxygenaci, ale že každé zařízení je vhodné pro konkrétní sledování cerebrální oxygenace a ideálně pokud se skloubí dvě a více monitorovacích technik dohromady (Forcione et al., 2021).

Při využití NIRS je úlohou sestry nebo zdravotnického záchranáře zaznamenávání získaných hodnot a komparace s dalšími monitoračními metodami. Jelikož se čidla NIRS přímo lepí na pacientovu kůži, je doporučeno sledování zarudnutí kůže okolo nalepovacích čidel z důvodu rizika alergie na náplast, popř. možnosti vzniku vyrážek a podráždění kůže (Pieciak et al., 2023).

1.2.4 Sublinguální kapnometrie

Sublinguální kapnometrie ($P_{sl}CO_2$) je metoda je založená na monitoraci, zvláště na detekci hyperkapnie, ve sledované tkáňové oblasti. Tkáňová hyperkapnie je sice nepřímý, ale za to univerzální indikátor hypoperfuzních tkáňových stavů. Měření probíhá vložením fibrooptické technologie k měření parciálního tlaku CO_2 sublinguálně. Technologie je označována jako CapnoProbe systém (Ševčík et al., 2014).

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

1.2.5 Ortogonální polarizační spektroskopie a sidestream dark field imaging

OPS neboli Orthogonal polarization spectral imaging a metoda Sidestream field (SDF) jsou neinvazivní technologie na optické bázi k vyhodnocování a vizualizaci kvality

mikrocirkulace tkání. Využívají se především ke sledování mikrocirkulace u kriticky nemocných (Ševčík et al., 2014).

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

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

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

1.2.6 Evokované potenciály

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

Evokovaných potenciálů se rozlišuje více druhů, a to podle způsobu jejich vzniku. Jedná se o sluchové kmenové EP (NAEP), somato-senzorické EP (SSEP), kognitivní EP (CEP) a EP vázané na událost (ERP) (Tyll et al., 2020). Vyšetření evokovaných potenciálů se využívá při těžkých komatózních poškozeních mozku vzniklých kraniotraumaty, hypoxií či hemoragickým iktem. Vyšetření objasňuje stav mozkových funkcí, prognózu pacienta a v neposlední řadě se využívá jako jedna z metod pro diagnostiku mozkové smrti (Tomek, 2008).

V klinické praxi se EP vyžívají k vyšetření pacientů s podezřením na roztroušenou sklerózou. Intraoperačně pak k monitorování integrity senzorických drah během chirurgické korekce zakřivení páteře a jako vodítko k prognóze u posttraumatického a anoxicko-ischemického kómatu u pacienta hospitalizovaného na JIP, jak již bylo zmíněno výše v textu (Walsh et al., 2024).

Nabízí se zmínit, že s příchodem zobrazování magnetickou rezonancí (MRI) klinická diagnostika a monitorování pacientů s roztroušenou sklerózou již nevyžaduje EP. Nicméně mohou být požadovány u pacientů s nejednoznačným diagnostickým hodnocením, tedy v případě, kdy je nález na MRI nejednoznačný. Abnormalit je příliš málo nebo nesplňují specifická radiologická kritéria. Pokud dojde k demyelinizaci v centrálních vláknech, vede to ke zpoždění nebo dokonce absenci EP. Casarotto et al. (2022) poukazují na skutečnost, že takové nálezy jsou přítomny asi u 80 % pacientů s roztroušenou sklerózou, kteří nemají senzorické symptomy. U pacientů se smyslovým postižením je vyšetření EP jasně průkazné, zejména po stimulaci dolních končetin. Tento jev je pravděpodobně způsoben fyziologicky delší délkou bílé hmoty, kterou EP hodnotí. Pokud jsou reakce dolních končetin v normě, reakce horních končetin budou vykazovat další abnormality pouze u méně než 10 % sledovaných pacientů. Vyplatí se však stimulovat všechny čtyři končetiny, protože abnormality mohou postihnout pouze jednu stranu u třetiny sledovaných pacientů. I Dufler et al. (2023) představují nedávné zkušenosti s 250 případy pacientů. Dospěli k závěru, že pokud jsou symptomy pacienta omezeny pouze na senzorický systém, obvykle jde o hemismyslovou poruchu, tedy výtěžek abnormalit je nízký, tj. méně než 10 %.

Abnormality vyplývající ze studie Bodarta et al. (2017) nemusí být ale vždy spojené s demyelinizací a jako u všech laboratorních vyšetření musí být analyzovány v kontextu klinických nálezů a dalších výsledků testů. EP jsou často abnormální i u řady dalších stavů, a proto se někdy využívají při jejich diagnostice, včetně neurogenního hrudního vývodového syndromu, myeloradikulopatií, Friedreichovy ataxie, hereditární spastické paraplegie a leukodystrofií, spolu s infarkty a nádory míchy, mozkového kmene, a thalamu. U „MRI negativních“ lézí nervových kořenů lze detekovat izolované cervikální a lumbální radikulopatie modifikovanou technikou záznamu EP (Bodart et al., 2017).

Vzhledem ke skutečnosti, že Biabani et al. (2019) zjistili přehnanou EEG odpověď na elektrický šok u pacienta s myoklonickou epilepsií, byly EP široce používány pro podporu diagnózy a terapeutického řízení kortikální myoklonie. Evokované potenciály lze pozorovat ve skupině poruch známých jako progresivní myoklonické epilepsie, stejně jako juvenilní myoklonické epilepsie, post-anoxický myoklonus (Lance-Adamsův syndrom), Alzheimerova choroba, pokročilá Creutzfeldt-Jacobova choroba, metabolická encefalopatie, olivopontocerebelární atrofie (OPCA) a Rettův syndrom (Biabani et al., (2019).

Další využití záznamu EP může být prakticky nepřetržitě během chirurgické korekce spinální skoliózy a kyfózy, aby bylo možné detekovat zhoršenou neurologickou funkci v důsledku ischemie míchy ve fázi, kdy korektivní opatření může zabránit pooperačním neurologickým následkům. Velký multicentrický průzkum ukázal ve studii Nwachuka et al. (2015), že monitorování přispívá ke snížení pooperační paraplegie o 50–60 %. Somatosenzorické techniky byly také využity ke sledování při křížovém upnutí a. carotis interna, operaci mozkového aneuryzmatu a excizi vnitřních nádorů míchy, i když jejich užitečnost je méně prokázána a může být omezena falešně negativními výsledky (Nwachuku et al., 2015).

I přesto, že klinické hodnocení pacienta na JIP v kómatu je omezeno na vyšetření reflexů mozkového kmene a motorických odpovědí, lze EP využít ke zlepšení prognostických predikcí u posttraumatického a anoxicko-ischemického kómatu. Výsledky získané vyšetřením EP jsou méně náchylné k účinkům metabolických změn a sedativních látek než klinické příznaky, jako jsou motorické reakce a v menší míře pupilární světelné reakce. Bilaterální absence kortikálních odpovědí zaznamenané po 72 hodinách mohou s vysokou přesností předpovědět smrt nebo přetrvávající vegetativní stav (Bartůněk et al., 2016).

Vyšetření evokovaných potenciálů může provádět speciálně vyškolená sestra, přičemž získaná data posléze vyhodnotí specializovaný lékař (Tomek, 2018). Edukace pacienta probíhá vysvětlením samotného vyšetření a upozorněním na poměrně časovou náročnost vyšetření. Jedná se řádově o desítky minut. Úlohou sestra nebo zdravotnického záchranáře je nalepit na odmaštěnou pokožku hlavy 4 elektrody a nesmí být opomenuto zadání věku a pohlaví pacienta, jelikož pro různé kategorie pacientů

existují různé normativní hodnoty. Po dobu vyšetření by měl být pacient co nejvíce uvolněný. Z tohoto důvodu je nutné u dětí a neklidných pacientů přistoupit po dobu vyšetření k sedaci (Zheng et al., 2020).

1.2.7 Elekromyografie

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

Elektromyografie (EMG), jakožto záznam elektrické aktivity ve svalech, by měla být považována za rozšíření klasického klinického neurologického vyšetření. Dokáže odlišit myopatie od neurogenního ochabování a oslabování svalů. EMG dokáže detekovat abnormality, kterými jsou chronické denervace nebo fascikulace. Stanovením distribuce neurogenních abnormalit může odlišit patologii ložiskového nervu, plexu nebo radikuly a současně může poskytnout podpůrný důkaz pro vzniklou periferní neuropatii. Ta vzniká axonální degenerací nebo demyelinizací. EMG je považováno za důležité vyšetření u onemocnění motorických neuronů pro prokázání rozšířené denervace a fascikulace (Farago et al., 2022).

V klinické praxi se využívají dva druhy EMG: povrchové a jehlové (Bartůněk et al., 2016). Cílem povrchového EMG je přesné změření rychlosti vedení stimulovaného nervu a odpověď cílového svalu. K povrchovému EMG se využívají lepící snímací a stimulační elektrody. Jehlové EMG se používá pro měření akčních potenciálů svalových vláken, které jsou inervované jedním nervovým vláknem. K vyšetření se používají velmi tenké snímací jehly (Tyll et al., 2020).

Co se samotného měření týče, provádí se jednorázovou koncentrickou jehlou s elektrodou zavedenou do svalu. Jemný drát v ose jehly je izolován a konec jehly je odříznut pod ostrým úhlem. Plocha záznamové plochy určuje objem svalu, který jehla snímá. Konvenční EMG jehly zaznamenávají polokoule o poloměru asi 1 mm (Farago

et al., 2022). V tomto objemu je asi 100 svalových vláken. Mnoho stovek svalových vláken patřících k jedné motorické jednotce je rozmístěno široce po celém průřezu svalu, a proto v oblasti sběru jehly může být pouze 4–6 vláken jedné motorické jednotky. Diagnostické informace může poskytnout analýza křivek (Tyll et al., 2020). Samotná interpretace záznamu elektromyografie probíhá analýzou jak získané křivky svalové aktivity, tak zvuku, který je vydáván přístrojem během vyšetření. Pokud svalová vlákna nejeví patologii, žádný zvuk není produkován. Singh et al. (2023) doplňují, že pacienti během vyšetření mají často problém s dostatečným vůlním uvolněním svalu.

1.2.8 Elektroencefalografie

Elektroencefalografie (EEG) je neinvazivní metoda založená na sběru a zesilování spontánní bioelektrické aktivity kortikálních neuronů. Záznam EEG představuje změny elektrického napětí, kterými si neurony mezi sebou předávají signály (Příloha 8). K vyšetření se obvykle používá 18–32 velmi citlivých elektrod, které jsou umístěny na povrchu hlavy (Ševčík et al., 2014). Vyšetření EEG se využívá v rozmanité diagnostické škále, například diagnostika epilepsie, smrti mozku, nádorů mozku či různých degenerativních onemocnění (Tomek, 2018).

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

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

Vyšetření EEG může stejně jako vyšetření evokovaných potenciálů provádět vyškolená sestra a výsledky vyhodnocuje specializovaný lékař (Tomek, 2018). Před vyšetřením sestra zajistí edukaci a přípravu pacienta, aby měl pacient čisté a suché vlasy, na kterých nesmí být aplikován lak ani jiné kosmetické přípravky. Pacient nesmí mít nic v ústech. Vyšetření probíhá několik desítek minut přiložením elastické čepice s elektrodami napuštěnými speciálním gelem. Sestra instruuje pacienta, že vyšetření probíhá se zavřenýma očima, ale v jednotlivých částech vyšetření může být pacient vyzván, aby oči otevřel, či zhluboka dýchal (Bareham et al., 2020).

1.2.9 Bispektrální index

Bispektrální index (BIS) je parametr vyvinutý bispektrální analýzou EEG. Tato monitorace analyzuje vzorec frekvencí mozkových vln (podíl rychlých frekvencí a podíl pomalých frekvencí) a převádí je na bezrozměrné číslo hloubky anestezie, která odhaduje stupeň elektrické aktivity v mozku (Fritz et al., 2016).

Jedná se o neinvazivní metodu, protože data se získávají aplikací specifického nalepovacího senzoru na čelo pacienta a samotná analýza získaných dat se zobrazuje na monitoru spolu s dalšími parametry, užitečnými pro potvrzení správného posouzení (Rajagopalan et al., 2023). Peréz-Otal et al. (2022) popisují, že bispektrální index je zobrazen jako číslo od 0 do 100. Od úplného nedostatku aktivity EEG (0) po normální aktivitu EEG: pacient je vzhůru (100). Tento index se klinicky využívá k posouzení účinku anestetik a titraci jejich dávky (Peréz-Otal et al., 2022).

Pro zamezení interferencí při monitorování BIS je nezbytná hluboká svalová relaxace, protože svalová aktivita potvrzená kontinuálním monitorováním elektromyografie produkuje beta vlny, které by mohly být chybně interpretovány jako mozková aktivita a došlo by tak ke zvýšení monitorovaných hodnot (Peréz-Otal, 2022).

Za zmínku stojí komparativní studie provedená Schülerem et al. (2021), dle níž pro farmakologické vedení anestezie bylo vyloučeno použití propofolu jako kontinuální infuze, stejně jako použití ketaminu. Obě anestetika totiž vytvářejí beta vlny, které způsobují falešně vysokou hodnotu BIS během hluboké anestezie. Stejně tak není určen pro anestezii při BIS dexmedetomidin, který způsobuje vytváření delta vln, což vede opět k nespolehlivým hodnotám hloubky anestezie (Schüler et al., 2021).

V souvislosti s BIS Rengel et al. (2019) upozorňují i na hladiny BIS, kdy od 40 do 60 jsou považovány za dostatečnou hloubku anestezie pro chirurgický zákrok. Po celou dobu chirurgického zákroku je nutné se vyhnout rovinám pod hodnotu 40 kvůli riziku vzniku potenciálních neurologických komplikací, a také nad 60 kvůli riziku probuzení se v průběhu operace, které mohou zapříčinit negativní vegetativní odpověď organismu. Rengel et al. (2019) dále ve své studii uvádí, že hloubka anestezie s hodnotou BIS pod 40 je považována za nadměrně hlubokou a rizikovou.

1.2.10 Kvantitativní pupilometrie

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

Vyšetření pupilometrem je neivazivní jednoduché vyšetření založené na videosnímání reakce zornice během osvitu. Samo vyšetření probíhá použitím pupilometru, na který se nasadí snímací senzor, který se spodní částí umisťuje po orbitu oka. Zamezí se tím nechtěnému zkreslení reakce zornice třesem rukou, čímž by mohly vznikat výrazné artefakty (Rajagopalan et al., 2023).

Kryll et al. (2020) v případě využití neinvazivních monitorovacích metod doporučují validační zopakování, zda se výsledky shodují. Pokud dochází k výrazné výchylce v měření, je reálný předpoklad, že došlo k chybě provedení, nebo k poruše přístroje a měla by být použita jiná monitorovací technika. Jahns et al. (2019) doplňují, že ze získaných hodnot přístroj vypočítá Neurogical pupil index (NPi), který udává hodnotu rychlosti konstrikce a dilatace zornice a zároveň uchovává jednotlivá vyšetření nahraná v paměti zařízení pod identifikačním číslem, které je unikátní pro každého pacienta (Jahns et al., 2019).

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

V této souvislosti se nabízí zmínit, že má velikost zornic a zhoršení reakce na osvit – pupillary light reflex (PLR), fyziologickou spojitost s nitrolební hypertenzí v průběhu akutního stádia onemocnění (Panchala et al., 2020).

Tradičně využívané prostředky pro osvit zornic a jejich vyhodnocení sestrou nebo zdravotnickým záchranářem jsou metodou pouze orientační a tato metoda by neměla být použita jako finální zhodnocení šířky a reakce zornic. Proto by mělo být dle Bowera et al. (2021) využito automatizované pupilometrie, která poskytuje vyšetření pupilometrem. Toto vyšetření dodává objektivitu, konzistenci a přesnost měření vyšetření zornic. Jako hlavní argument udávají možnost detekce jen velmi málo reagujícím zornicím, či zornicím miotickým, u kterých je vysoká pravděpodobnost lidské chyby během neautomatizovaného odečtu. Samotná metoda automatizované pupilometrie může dle Warrena et al. (2022) a Godaua et al. (2022) jasně predikovat výsledný neurologický stav pacienta.

I přes to, že fyziologické údaje z měření pupilometrem byly spojeny s dobrým neurologickým outcomem pacientů po srdečních zástavě, hemicraniectomi a nekonvulzivním statutu epilepticu, Rajagopalan et al. (2023) se shodují, že je nutné provádět další výzkumná šetření se sběrem dat a jejich vyhodnocením pro získání jasných závěrů o neurologickém outcomu pacientů, zvláště těch s patologickou reakcí zornic.

Nevýhodou automatizované pupilometrie je pořizovací cena přístroje oproti běžně užívaným prostředkům pro zhodnocení stavu zornic. Existují i možné nepřesnosti měření vlivem rozdílného osvětlení místnosti, dle počtu a intenzity umělého osvětlení a také střídání denního světla a tmy (Bartůněk et al., 2018). V neposlední řadě je potřeba upozornit, že Couret et al. (2016) popisují vliv podávaného druhu medikace a proměnlivého množství na variabilitě intermitentního měření.

Vyšetření provádí obvykle sestra nebo zdravotnický záchranář. Každý pacient má svůj unikátní nástavec na pupilometr, který je spojen číselným kódem se zdravotnickou dokumentací pacienta. Před měřením by sestra nebo zdravotnický záchranář měli zajistit rovnoměrné osvětlení obličeje, nedoporučuje se v noci používat lampičky a podobné zdroje světla, která by mohla osvětlovat více jednu zornici. Samotné vyšetření probíhá

přiložením nástavce na lícní kost. Sestra nebo zdravotnický záchranář provedou na každém oku dvojí měření a poté nechají přístroj vyhodnotit reaktivitu zornic, přičemž si mohou přístrojem nechat přehrát video ukazující reakci obou zornic současně (Hsu et al., 2023)

1.3 Invazivní monitorace

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

Úloha sestry a zdravotnického záchranáře při péči o pacienta s invazivní monitorací spočívá nejen ve vyhodnocování monitorace, ale i ve vyhodnocování rizik spojenými se zavedenými invazivními vstupy (Kapounová, 2020). Horáčková et al. (2018) definují přípravu místa invazivního vstupu takto: „*před zavedením invazivního katetru a při výměnách krytí očistěte pokožku roztokem> 0,5% chlorhexidinu s alkoholem, v případě kontraindikace chlorhexidinu může být jako alternativa použita jodová tinktura, jodofor, nebo 70% alkohol (Horáčková et al., 2018, s. 17)*“. Dále Horáčková et al. (2018) upozorňují, že pokud místo vstupu krvácí nebo mokvá, je nutné místo ošetřit sterilním krytím s dostatečnou sekvencí kontrol a převazů. Pokud je místo vpichu klidné, nabízí se využít CHG Tegaderm. Dle Kapounové (2020) je důležité, aby sestra nebo zdravotnický záchranář předcházeli vzniku infekce, dodržovali předepsané aseptické postupy a vyhodnocovali zavedené invazivní vstupy. Mezi projevy zánětu patří projevy lokální, tedy zarudnutí a mokvání místa vpichu, mezi celkové patří zvýšení tělesné teploty a bakteriémie související se zavedeným katetrem. Pokud sestra nebo zdravotnický záchranář zaznamenají známky infekce, měli by o této skutečnosti neprodleně informovat lékaře. Dle Horáčkové et al. (2018) jsou celkové příznaky infekce život ohrožující a úmrtnost pacientů v kritickém stavu je 10–20 % postižených pacientů.

1.3.1 *Nitrolební tlak*

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

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

Mechanismem kompenzace při zvýšeném ICP může být přesun mozkomíšního moku z lebky do spinální dutiny, zvýšené vstřebávání mozkomíšního moku do cévního systému a snížení objemu krve z cévního systému mozku, jak zmiňuje Prabhaker et al. (2014). Pokud dojde k vyčerpání zmíněných tří mechanismů, dojde k útlaku arterií, čímž dochází ke zhoršení přívodu živin do mozku, exponenciálně vzrůstá hodnota ICP a adekvátně k tomu dochází ke snižování hodnoty CPP, což vede k fatálním poškozením mozkové tkáně, hypoxii a mozkové herniaci. Monitorací ICP je primárně snaha o zabránění zmíněné nitrolební hypertenze (ATLS, 2018).

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

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

Absolutní kontraindikací zavedení ICP čidla je koagulopatie. Relativními kontraindikacemi jsou infekce CNS a nezkušenost operatéra (Tyll et al., 2020).

Pro monitoraci ICP se nejčastěji používá intraventrikulární a intraparenchymové čidlo (Příloha 3). Intraventrikulární čidlo je napojené na tlakovou komůrku a zároveň jej lze využít pro dekompresní drenáž mozkové komory, do které je zavedeno pro odvod mozkomíšního moku. Zároveň umožňuje odebírat mozkomíšní mok pro laboratorní rozbory a také vizuálně kontrolovat možnou příměs krve v likvoru (Tyll ET al., 2020). V rámci ošetřovatelské péče Kapounová (2020) upozorňuje, že před manipulací s pacientem je nutné komorovou drenáž uzavřít a otevřít ji až po dokončení manipulace s pacientem a jeho zklidněním. Důležité je správné umístění odkapové komůrky na odvod mozkomíšního moku a sledování barvy moku, zakalení a možné příměsi, jako například krev. Intraparenchymové čidlo je výrazně dražší oproti intraventrikulárnímu (Tyll et al., 2020). Lze jej využít pro multimodální monitoraci ICP, teploty a parciálního tlaku kyslíku mozkové tkáně (Ševčík et al., 2014). Parenchymové ICP čidlo musí sestra nebo zdravotnický záchranář zkalibrovat na úroveň atmosférického tlaku vynulováním modulu na úrovni středního ucha (Kapounová, 2020).

ICP čidlo zavádí neurochirurg. Mezi komplikace zavedení ICP čidla patří krvácení v místě operační rány nebo v podobě epidurálního, subdurálního či intracerebrálního krvácení. Dále jsou mezi komplikace řazeny poškození mozkové tkáně a infekce (Tyll et al., 2020). I přes mnohé snahy o neinvazivní monitoraci ICP dopadla dosud prováděná měření prozatím neúspěšně a k dnešnímu dni není vytvořena klinicky platná metoda monitorace. Jedinou alternativou bedside monitorace je ultrazvukové měření šířky pochvy optického nervu (Scarboro a McMQuillan, 2021).

1.3.2 Jugulární oxymetrie

Za jugulární oxymetrii bývá označeno dvojí měření monitorace saturace kyslíku na hemoglobin. V prvním případě se jedná o kontinuální monitorování optickým katetrem v jugulárním bulbu. Ve druhém jde o intermitentní monitoraci pomocí odebírání a analyzování vzorku krve. Jugulární oxymetrie se označuje zkratkou $SvjO_2$ a norma činí rozmezí mezi 55–75 % (Tomek, 2018).

Snížená hodnota $SvjO_2$ poukazuje na sníženou systémovou dodávku kyslíku nebo na zvýšenou extrakci kyslíku. $SvjO_2$ pod 50 % je považována za kritický stav. Naopak vyšší hodnota $SvjO_2$ demonstruje zvýšené množství systémového kyslíku nebo poukazuje na snížení extrakce kyslíku (Tyll et al., 2020).

Indikace pro použití invazivní jugulární oxymetrie jsou především rozsáhlejší poškození mozku způsobená kraniocerebrálním poraněním, subarachnoideálním krvácením a různou etiologií nitrolební hypertenze (Santafé et al., 2019). Kontraindikací zavedení optického katetru je infekce v místě zavedení, porucha srážlivosti nebo významné ovlivnění průtoku krve žílou (Tyll et al., 2020).

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

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

1.3.3 Tkáňová oxymetrie

Tkáňová oxymetrie je přesnější variantou jugulární oxymetrie. Tato monitorovací invazivní metoda je zaměřena na malá hypoperfuzní ložiska, neboť je citlivá i k malým

regionálním změnám perfuze. Zkratka pro monitoraci tkáňové oxymetrie je $PtiO_2$. Monitorace probíhá kontinuálně přímo v mozkové tkáni a ukazuje přesnější informace o metabolismu monitorované oblasti. Do tkáně ohrožené ischemií se zavádí oxymetrické čidlo měřící okolní parciální tlak kyslíku (Sinha a Parnia, 2017; Tyll et al., 2020).

K měření se využívají dva druhy katetrů: nově vyvinutý fibrooptický katetr využívající fluorescenční metodu nebo starší miniaturní Clarkova polarografická elektroda (Tomek, 2018).

Fyziologická hodnota $PtiO_2$ by měla dosahovat více jak 15 mmHg. Za kritickou hodnotu je považováno 10 mmHg a níže po dobu delší než 30 minut. K poklesu $PtiO_2$ může dojít až za 5 dní od primárního poranění a obvykle značí vzrůstající ICP. Pokud nelze zvýšit hodnotu tkáňové oxymetrie terapeutickými zásahy, přistupuje se k neurochirurgické intervenci, obvykle k dekompresní kraniektomii (Tyll et al., 2020).

1.3.1 Mikrodialýza v neurointenzivní péči

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

Tato metoda umožňuje monitorování metabolitů z extracelulárního prostoru v mozkové tkáni a slouží k časné detekci sekundárních změn v regionální oblasti mozku (Ševčík et al., 2014) (Příloha 6).

1.3.1.1 Princip mikrodialýzy

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

Sterilní sonda obsahuje dva koncentrické katetry se semipermeabilní membránou, která je umístěna na konci vnějšího katetru (Pierce et al., 2021). Tyto katetry mají délku

membrány 1 cm a velikost pórů 20 nebo 100 kDa (Helbok et al., 2017). Membrána s velikostí 20 kDa se využívá k zachycení menších molekul, jako je glukóza, pyruvát, laktát, glycerol, glutamát a další malé hydrofilní molekuly. K zachycení větších molekul se využívá membrána s velikostí pórů 100 kDa a ta je navíc schopná i mimo malé molekuly získat také zánětlivé mediátory a cytokiny (Hutchinson et al., 2015). Díky této specifické velikosti pórů je umožněna difuze volných a ve vodě rozpustných látek (Koenig et al., 2018).

Difuze je samovolný pohyb molekul, který díky tepelnému pohybu směřuje k rovnoměrnému rozptýlení v prostoru. Podle koncentračního spádu gradientu je umožňován pohyb látky z jednoho místa na druhé, to znamená z místa vyšší koncentrace do místa s nižší koncentrací. Tento proces je nevratný. Rychlost difuze se řídí Fickovými zákony, kdy u plynů a kapalin je rychlost relativně vysoká (Vokurka a Hugo, 2015). Takto umožněným sběrem dat metabolitů je zobrazen stav metabolismu pouze v blízkosti zavedeného katetru (Suková a Knechtová, 2022).

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

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

adsorpcí makromolekul intersticia s možností následného zkreslení výsledků (Tyll et al., 2020).

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

K dialýze dochází, když pokud proudí podél semipermeabilní vnější membrány sondy, která je v kontaktu s cílovou oblastí mozku (Pierce et al., 2021). Jakmile projde membránou, dialyzovaná tekutina se shromáždí ve vnějším katetru a proudí do výstupu. Poté se tento tzv. dialyzát odčerpá a shromáždí do mikrozkumavek (Koenig et al., 2018). Odebraný dialyzát lze rozdělit na poměrné části a uložit pro pozdější analýzu nebo pro studium v reálném čase za podmínky dispozice analyzátoru u lůžka pacienta (Pierce et al., 2021).

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

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

Efektivitou sondy neboli recovery látky je označován procentuální poměr mezi koncentrací v intersticiální tekutině a dialyzátu. Její hodnotu můžeme určit za předpokladu znalosti koncentrace látky ve tkáni nebo ji lze změřit přímou metodou, kdy

je hodnota nepřímo úměrná k rychlosti pohybu perfuzátu sondou. Při rychlosti perfuzátu < 0,1 µl/min je dosahováno téměř 100% recovery, kdy koncentrace dialyzátu odpovídá koncentraci v extracelulárním prostoru. Avšak tato rychlost se v praxi nevyužívá, protože díky ní není získaný vzorek dialyzátu pro analýzu dostatečně velký (Tyll et al., 2020). Při standardní rychlosti perfuzátu 0,3 µl/min je recovery přibližně 70 % (Hejčl et al., 2013). Recovery je dále ovlivňováno plochou membrány a jejím materiálem. Pokud se při rychlosti 0,3 µl/min nevyužije sonda s délkou membrány 10 mm, ale 30 mm, zvýší se recovery z již zmíněných 70 % na téměř 100 % (Tyll et al., 2020).

1.3.1.2 Interpretace výsledků

V klinické praxi by měly být mikrodialyzační biomarkery odebírány každou hodinu a měly by být okamžitě analyzovány u lůžka nemocného (Carteron et al., 2017). Hutchinson et al. (2015) uvádí, že i když je možný častější odběr vzorků, tak hodinový se zdá být dostatečným k detekci metabolických změn, které mohou předcházet epizodám intrakraniální hypertenze. Nutno upozornit, že interpretace výsledků by měla probíhat vždy v kontextu místa sledování, typu poranění, klinického stavu pacienta a ve spojení s dalšími sledovanými parametry, mezi které patří ICP, CPP, PbtO2 a systémová vyšetření (Carteron et al., 2017; Hutchinson et al., 2015)

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

Standardními markery ischemie jsou laktát, pyruvát a jejich poměr. V rámci klinické praxe se hodnotí i hladina glycerolu, glutamátu a glukózy. Pro experimentální účely se navíc analyzují hodnoty acetylcholinu, cholinu, cytosinu, antibiotik, monoaminů, neurotransmiterů, antikonvulziv a cytostatik (Tyll et al., 2020).

Pyruvát vzniká v buňce zejména při metabolismu glukózy za přítomnosti dostatku kyslíku. Díky tomu se může dále metabolizovat na acetyl-CoA, a tak vstoupit do Krebsova cyklu s možností maximálního zisku energie (Vokurka a Hugo, 2015). Při nedostatku kyslíku, takzvaném anaerobním metabolismu, nevstupuje pyruvát do

mitochnodrií, ale je v cytoplazmě měněn na laktát-dehydrogeázu a laktát. Jeho tvorba ve velkém rozsahu způsobuje okyselení vnitřního prostředí a následnou metabolickou acidózu (Galková, 2015).

Základními markery pro hodnocení ischemie a buněčného poškození mozku je laktát, pyruvát a jejich poměr. Fyziologická hodnota laktátu v dialyzátu u pacienta v sedaci je 2 mmol/l, u pyruvátu je to 0,12 mmol/l. Normální hodnota poměru laktát pyruvát je přibližně 20 a je pro všechny tkáně stejný. Časným varovným příznakem pro počínající ischemii je hodnota poměru > 25 (Tyll et al., 2020). Poměr laktát pyruvát se používá jako ukazatel aerobního nebo anaerobního metabolismu (Tsidall a Smith, 2006). V souvislosti s metabolickou krizí je hodnota > 40 již znepokojující. Možnou příčinou je nedostatečný průtok krve mozkem a jeho následná ischemie, anebo snížená dodávka kyslíku (Jones et al., 2017). V souvislosti s dramatickým zvýšením těchto hodnot může být současně pozorován pokles pyruvátu a glukózy (Carteron et al., 2017). Pokud je poměr hodnot laktát pyruvát zvýšen, měly by být zváženy intervence, jejichž cílem je zlepšení dodávky kyslíku. Mezi tyto intervence patří zvýšení mozkového perfuzního tlaku, zvýšení paCO2, zvýšení vdechované koncentrace kyslíku a úprava anémie. Před využitím těchto intervencí je důležité zvážit jejich potenciální vedlejší účinky, aby nedošlo k ohrožení a zhoršení stavu pacienta (Hutchinson et al., 2015).

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

mmol/l, je potřeba zvážit intervenci, která by zvýšila hladinu glukózy v séru, nejčastěji nitrožilním podáním.

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

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

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

Dle výsledků mikrodialýzy a vztahů mezi jednotlivými hodnotami lze predikovat prognózu pacienta. Například pokud jsou pozorovány zvýšené hodnoty excitačních aminokyselin a zároveň pokles metabolitů nitrátu a nitratinu, a je vyšší předpoklad nedobrého klinického výsledku. Naopak nízké hladiny kalia a glutamátu bývají spojovány s funkčním a neurologicky dobrým výsledkem (Tyll et al., 2020).

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

1.3.1.3 Indikace a využití MCD v klinické praxi

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

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

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

Využití mikrodialýzy přispívá i k lepší definici terapeutických prahů pro několik rutinních intervencí. Jako příklad lze uvést optimalizaci mozkového perfuzního tlaku, kyslíkové terapie, transfuze červených krvinek a metabolické kontroly, zejména glykemie a výživy (Winberg et al., 2022). Zároveň také mikrodialýza přispěla k lepšímu pochopení důležitých poúrazových mechanismů v mozku. Je jimi například energetická dysfunkce, hyperglykolýza, kortikální šířící se deprese nebo edém mozku (Carptner et al., 2017).

Skrze využití mozkové mikrodialýzy se zlepšilo pochopení patofyziologických mechanismů u pacientů se subarachnoideálním krvácením, protože změny v metabolismu mozku jsou spojeny s již známými komplikacemi a mikrodialýza může také pomoci včasně rozpoznat sekundární poškození mozku ischemií, a to dříve, než budou tyto změny ireverzibilní (Helbok et al, 2017). I Sarrafzadeh (2002) uvádí, že má mikrodialýza potenciál nástroje včasného varování před ischemií mozkové tkáně již hodiny před inzultem, i když je ještě klinicky němá. V pojetí Torné et at. (2020) je až 30 % pacientů se subarachnoideálním krvácením ohroženo sekundární mozkovou ischemií, která se vyskytuje mezi čtvrtým a desátým dnem po krvácení. Tato ischemie vzniká na podkladě mozkového vazospasmu (Winberg et al., 2022).

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

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

Nabízí se připomenout, že mikrodialýza se využívá u pacientů s kraniocerebrálním poraněním, která mohou být jak difuzní, tak fokální poranění lokalizované v určitém ložisku (Hutchinson et al., 2015). Patologickým determinantem těchto poranění je metabolická dysfunkce charakterizovaná hypometabolismem glukózy. I Eiden et al. (2019) popisují využití mikrodialýzy u pacientů v akutní fázi kraniocerebrálního poranění. U difuzního poranění je doporučováno umístit sondu do pravého frontálního laloku. U fokálních poranění existují různé varianty umístění a vždy záleží, jakou tkáň chceme monitorovat: zda poraněnou nebo zdravou (Hutchinson et al., 2015). V případě mozkové kontuze se zavádí dva katetry. První se zavádí 1 cm od postiženého ložiska a druhý do zdravé tkáně. Katetr se nikdy se nezavádí přímo do kontuzního ložiska. Hlavními sledovanými parametry jsou laktát pyruvát a jejich poměr a dále pro detekci ischemie glukóza, glycerol a glutamát (Tyll et al., 2020).

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

V neposlední řadě lze mikrodialýzu využít k monitoraci koncentrace léků v mozkové extracelulární tekutině poskytnout tak cenné informace o farmakokinetických změnách v čase v mozkové tkáni oproti plazmě a tím pomoci při navrhování budoucí terapie (Thelin et al., 2017).

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

Mikrodialýzu lze využít i perioperačně k detekci ischemie, nejčastěji při dočasném klipování (Tyll et al., 2020). Nutno upozornit, že při operacích aneurysmatu nemusí být změny v metabolismu mozku detekovány pouze při hodinovém měření. V případě managementu aneurysmatu existuje prostor pro zlepšení technologie s častějšími odečty mikrodialýzy v budoucnu, které mohou vést k efektivnějšímu varování před nežádoucími událostmi v podobě ischemie mozku (Hutchinson et al., 2015). Mikrodialýza je také využívána u dalších neurologických stavů jako je cévní mozková příhoda, nádory mozku, hydrocefalus, jaterní encefalopatie a epilepsie (Hejčl a Sameš 2009; Hutchinson et al., 2015; Young et al., 2016).

1.3.1.4 Nevýhody, slabiny, komplikace a rizika mikrodialýzy

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

I přesto, že technika mikrodialýzy je poměrně bezpečná (Hutchinson et al., 2015), invazivní povaha této metody přináší s sebou i některá rizika pro pacienty. Komplikace spojené s využitím této metody jsou shodné s komplikacemi při zavedení ICP čidla (Tyll et al., 2020). Nejčastějšími komplikacemi jsou krvácení, infekce a s ní spojená meningitida, či samotné selhání techniky (Jones et al., 2017). Ale jak uvádí Winber et al. (2022), tyto nežádoucí komplikace jsou vzácné. Například ve srovnání s ICP čidlem je menší roziko vzniku komplikací dáno vyšší relativní flexibilitou a menším průměrem mikrodialyzačního katetru (Young et at., 2016).

1.3.1.5 Úloha sestry při monitoraci pomocí mikrodialýzy

Ošetřovatelství hraje nedílnou součást v úspěšné implementaci mikrodialýzy do komplexní péče o pacienta. Sestra je zodpovědná za asistenci poskytovateli při zavádění katetru, obsluhu analyzátoru, dokumentaci laboratorních výsledků, sdělování výsledků příslušnému lékaři a je zodpovědná za funkčnost a údržbu samotného katetru a pumpy (Young et al., 2016). Nordstöm et al. (2022) uvádějí, že pro obsluhu a monitorování pomocí mikrodialýzy by měl být určován ošetřovatelský personál, který podstoupil kurz provádění mikrodialýzy. Zároveň by mělo být toto školení periodicky opakováno skrze praktické vyzkoušení postupu včetně praktického nácviku.

Sestra je také zodpovědná za pravidelný odběr dialyzátu, který je prováděn a analyzován obvykle každou hodinu, v případě potřeby i častěji (Jones et al., 2017). Po celou dobu monitorování sestra kontroluje jakýkoli únik tekutiny nebo známky infekce v místě zavedení katetru a sleduje životnost baterie u pumpy (Young et al., 2016). Mahajan et al. (2018) ve své studii popisují, že riziko infekce je vysoké vhledem ke kritickému stavu pacienta a jeho snížené obranyschopnosti organismu. Sestra tedy musí dbát na sterilitu výkonů a zároveň postupovat přísně asepticky ke všem portům. Infekce a ucpání katetru jsou v práci Mahajana et al. (2018) uváděny jako nejčastější komplikace této monitorovací techniky.

Vzhledem k náročnosti této využívané vyšetřovací metody a obtížnosti intenzivní ošetřovatelské péče je vhodné, aby se jedna sestra pro intenzivní péči starala pouze o jednoho pacienta s mikrodialyzačním katetrem (Jones et al., 2017).

Dokumentace výsledků mikrodialýzy je rozhodující pro úspěšnou implementaci do praxe. Hodinové výsledky analýzy lze vytisknout z analyzátoru. Nejčastěji musí sestra tyto výsledky ručně přepisovat do papírového schématu dokumentace (Příloha 7). Je vhodné, aby grafické rozložení tohoto dokumentu umožňovalo snadné porovnání trendů mikrodialýzy s jinými parametry neuromonitorace. Veškeré ošetřovatelské a lékařské intervence u pacienta by měly být zaznamenávány ve stejném dokumentu. Díky uvedeným skutečnostem je umožněno pozorování vztahu mezi intervencemi a hodnotami mikrodialýzy (Young et al., 2016).

1.4 Multimodální neuromonitorace

Kontinuální monitorace pacienta v kritickém stavu umožnuje sledování interference neurologických a systémových fenoménů. Časově synchronizovaná monitorace neurologických funkcí s dalšími systémovými parametry pomocí invazivních a neinvazivních metod se nazývá monitorací multimodální (MMM) (Vitt et al., 2023).

Rajagopalan et al. (2021) poukazují, že multimodální monitorace může být seskupení více metod pro sledování neurologických ukazatelů s jedním a více systémovými ukazateli. Pokud jsou využity dvě monitorovací metody, jedná se o duální neuromonitoraci. Rajagopalan et al. (2021) zdůrazňují a současně studie Burtona et al. (2022) se shodují, že dochází k výraznému zpřesnění měření a zároveň dochází k časnější detekci rozvoje ischemických a jiných sekundárních poškození. Za zmínku stojí i tvrzení Sharmy et al. (2022), kteří doplňují, že duální či multimodální neuromonitorace snižuje riziko lidské chyby, či chyby přístroje, jelikož dochází u jednotlivých měření k rozdílným výsledkům.

Chesnut et al. (2012) ve své studii jasně prokázali, že pokud je klinická monitorace zaměřená jednostranně s využitím pouze jediného monitorovacího parametru, ať jím je například měření CPP a ICP, dochází k prokazatelně horšímu outcomu pacientů, než u těch s duální či multimodální neuromonitorací. Kargiotis et al. (2019) poukazují na skutečnost, že využití různých monitorovacích metod ve vzájemné kombinaci je předmětem budoucích výzkumů a šetření a současně v nich spatřuje možnost výrazného zlepšení outcomu pacientů.

I přestože monitorovací technologie umožňují více způsobů monitorování pacienta, Livesay (2016) zdůrazňuje, že klinické vyšetření zůstává stále prvořadé a je nezbytné pro syntézu dat ze získaných monitorovacích měření, a to z důvodu implementace do smysluplných informací. Je však zapotřebí poznatky z pokročilého neurologického zobrazování, monitorování intrakraniálního tlaku, okysličení mozkové tkáně a dalších technologií stále dávat do kontextu s klinickým vývojem stavu pacienta. V situacích, kdy je neurologické vyšetření zakryto kómatem nemocného nebo intervencí, jako je sedace, je však multimodální monitorace nezbytná (Zeiler et al., 2022). Jak potvrzují Vitt et al. (2023), získané hodnoty spolu musí korelovat a musí být kriticky hodnoceny,

aby nedošlo k nepozorovanému zhoršování stavu pacienta, které by zapříčinilo jeho zhoršení zdravotního stavu či jeho smrt.

V posledních letech se mnohé vědecké i klinické studie vytvořené například Vittem et al. (2023) nebo Zeilerem et al. (2022) zaměřují na monitoraci a cílené ovlivňování mozkových parametrů, kterými jsou tlak krve v mozku, průtok krve mozkem a metabolismus mozku, a uvádějí, že lze ovlivnit neurologický výsledek. Nicméně tyto studie se shodují, že je stále nedostatek údajů pro podporu multimodální monitorace jako celku a stále chybí ukotvení těchto údajů v konkrétních doporučeních pro využití a cílenou aplikaci neuromonitoringu (Vitt et al., 2023; Zeiler et al., 2022).

Jak uvádí Baig et al. (2022), je velkou otázkou, jak přispěje k neuromonitoraci a to nejen k vyhodnocení, ale i k získávání dat, rozmach umělé inteligence (AI). Je i otázkou, zda AI bude schopna detekovat a předvídat na základě multimodálně získaných dat rizika a možný vznik sekundárního poškození, včas na ně upozornit a například navrhnout v kontextu získaných údajů možnou léčbu a intervenci. V praxi by to znamenalo, že by byla využita možnost preventivních zásahů, nicméně podložených daty, a ne zásahů jako reakcí na vznikající nebo vzniklý stav, což by jistě přineslo velký benefit pro pacienta (Baig et al., 2022).

1.5 Průkaz smrti mozku

Neuromonitorace je využívána také pro stanovení klinické smrti pacienta, tedy pro diagnostiku mozkové smrti. O mozkové smrti, či o podezření na ni, se usuzuje v případě vymizelých kmenových reflexů včetně spontánní dechové aktivity (Bartůněk et al., 2016). Za využití neurologického vyšetření se zkoumají kmenové reflexy, zornicová areflexie, korneální areflexie, vestibulo-okulární areflexie, absence motorické odpovědi hlavových nervů, apnoe a nereaktivita na bronchiální dráždění (Bartůněk et al., 2016).

K potvrzení mozkové smrti je využíváno několik diagnostických a monitorovacích metod (Spears et al., 2022). V první řadě se využívá angiografie mozkových tepen, kdy se zavedeným katetrem do oblouku aorty či selektivně do karotických nebo vertebrálních tepen, aplikuje kontrastní látka do krevního řečiště a na získaných snímcích se hodnotí, zda dochází k zástavě cirkulace mozkovými tepnami. Druhou možností je vyšetření transkraniální dopplerovskou sonografií, kdy se opět prokazuje

vymizení průtoku krve mozkovými tepnami. Třetí možností je vyšetření kmenových evokovaných potenciálů, které je upřednostňováno při diagnostice mozkové smrti u pacientů se ztrátovým poraněním části mozku, eventuálně po provedených dekompresních kraniektomiích (Bartůněk et al., 2016).

1.6 Kompetence sester a vzdělávání v intenzivní péči

Bartůněk et al. (2016) popisuje, že vzdělávání sester pro specializovanou péči bylo započato v Československu v roce 1960 a to vznikem Střediskem pro další vzdělávání středních zdravotnických pracovníků v Brně jako reakce na absolutně chybějící specializační vzdělávání sester. Nyní je toto středisko nahrazeno Národním centrem ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů v Brně a Bratislavě. Právě jedním z prvních oborů specializačního vzdělávání bylo studium intenzivní péče. Tyto sestry byly školeny také v práci na operačním středisku zdravotnické záchranné služby.

V roce 2006 byl akreditován první vysokoškolský magisterský program ve vzdělávání všeobecných sester pro intenzivní péči. Jednalo se konkrétně o výuku na 1. Lékařské fakultě Univerzity Karlovy a od roku 2020 na Zdravotně sociální fakultě Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích (Bartůněk et al., 2016; ZSF JU, 2021).

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

provádět weaning u pacientů napojených na umělou plicní ventilaci. Sestra pro intenzivní péči, která pracuje na zdravotnické záchranné službě vykonává činnosti podle §17.

Další nelékařský zdravotnický pracovník je dle vyhlášky 55/2011 Sb. Zdravotnický záchranář (ZZ), který může vykonávat mimo poskytování přednemocniční neodkladné péče také odbornou činnost na akutní lůžkové intenzivní péči, včetně péče na oddělení urgentního příjmu. Na základě indikace lékaře může ZZ zajišťovat dýchací cesty dostupnými pomůckami a udržovat ventilaci pacienta s parametry indikovanými lékařem a dále podávat léčivé a tranfuzní přípravky. Bez indikace a odborného dohledu může ZZ zajišťovat intraoseální vstup, provádět laboratorní vyšetření či zavádět inhalační terapii pacientovi (Vyhláška 55/2011).

Specializace pro neurointenzivní péči není v současné době v našich podmínkách vytvořena. Nabízí se pouze možnost absolvovat různé kurzy a vzdělávací akce, jakými jsou například semináře na neurologické klinice Fakultní nemocnice Ostrava, které jsou dostupné i v online formě (Fakultní nemocnice Ostrava, 2022).

2 Cíle práce a hypotézy

2.1 Cíle práce

Cíl 1: Zjistit znalosti sester a zdravotnických záchranářů z prostředí anesteziologicko-resuscitačního oddělení v oblasti neuromonitorace.

Cíl 2: Zjistit, zda sestry a zdravotničtí záchranáři na anesteziologicko-resuscitačním oddělení znají postupy neuromonitorace.

Cíl 3: Zjistit, zda jsou dodržovány doporučené postupy v rámci neuromonitorace v intenzivní péči.

2.2 Hypotézy

Hypotéza 1: Znalosti v oblasti neuromonitorace se liší věkem sester a zdravotnických záchranářů.

Hypotéza 2: Znalosti v oblasti neuromonitorace se liší délkou praxe sester a zdravotnických záchranářů.

Hypotéza 3: Znalosti v oblasti nových monitoračních technik (mikrodialýza, škála FOUR) se liší dosaženým vzděláním sester a zdravotnických záchranářů.

Hypotéza 4: Sestry a zdravotničtí záchranáři dodržují doporučené postupy v oblasti neuromonitorace v intenzivní péči.

3 Metodika

3.1 Použité metody a techniky sběru dat

Pro vytvoření výzkumné části diplomové práce byla zvolena metoda kvantitativního výzkumného šetření. Získávání dat bylo realizováno metodou dotazování, technikou nestandardizovaného dotazníku (Příloha 9). Vytvořený dotazník vlastní konstrukce obsahoval 26 otázek, kdy 2 otázky byly polootevřené, aby umožnily respondentům doplnit vlastní specifickou odpověď. Otázky byly rozděleny do tří kategorií. Část otázek byla identifikačních, kdy 7 otázek mělo za cíl zjistit informace o respondentovi, konkrétně jeho věku, vzdělání a praxi, 8. otázka zjišťovala zkušenosti respondentů s mikrodialýzou. Následujících 16 otázek se dotýkalo již specifické problematiky neuromonitorace, metod a aktuálních doporučených postupů. 2 otázky byly zařazeny jako informační, tedy blíže mapovaly role respondenta v péči o nemocného v kritickém stavu a kombinaci monitorovací techniky s mikrodialýzou. Dotazníkové šetření probíhalo on-line cestou za využití webové stránky Survio. Sběr dat byl zahájen v měsíci březnu 2024 a ukončen první týden v měsíci dubnu roku 2024. Před zahájením dotazníkového šetření byl proveden předvýzkum s 8 sestrami a zdravotnickými záchranáři, kteří pracovali na anesteziologicko-resuscitačním oddělení. Na základě vyplněných dotazníků (100 % návratnost) bylo zjištěno, že je dotazník srozumitelný a nevyžaduje další zásadní úpravy.

Po získání dat byla provedena kontrola dotazníků a zanesení odpovědí do matice v MS Excel. Získaná data jsou prezentována prostřednictvím sloupcových grafů a tabulek. Znalostní otázky dotazníku (8-25) týkající se neuromonitorace měly vždy 1 správnou odpověď, která byla pro zjištění znalostí respondentů ohodnocena 1 bodem. Výsledné skóre znalostí je prostý součet bodů, který může maximálně dosahovat 16 bodů. Po statistickém přezkoumání byl charakter souboru vyhodnocen jako nenormální rozložení souboru. Z tohoto důvodu byla k následnému testování pro ověření hypotéz využita korelační neparametrická analýza Spearmanovým korelačním koeficientem. K vyhodnocení hypotéz byl použit statistický software IBM SPSS Statistics 27.0. Zvolená hladina významnosti α byla 0,05.

3.2 Charakteristika výzkumného souboru

Výzkumný soubor tvořili zdravotničtí záchranáři a sestry pracující na anesteziologicko-resuscitačních odděleních, kteří měli zkušenosti s neuromonitorací. Jednalo se o záměrný výběr, kdy kritéria výběru byla: nelékařská profese (všeobecná sestra, zdravotnický záchranář), práce na anesteziologicko-resuscitačním oddělení, zkušenost s neuromonitorací v péči o pacienty. Na výzkumný soubor bylo poté pohlíženo jako na celek, bez rozlišení sester a zdravotnických záchranářů. Dotazníkového šetření probíhalo on-line cestou za využití webové stránky Survio. Celkem bylo získáno 158 kompletně vyplněných dotazníků (100 %).

3.3 Operacionalizace pojmů

Pro testování hypotéz je pojmem *neuromonitorace* míněna velmi široká škála úkonů, vyšetřovacích metod a monitoračních technik. Cílem vytvořeného dotazníku a výzkumného šetření bylo nalézt smysluplný průnik danou problematikou a ověřit předpokládané vztahy mezi znalostmi a věkem respondentů, délkou praxe a dosaženým vzděláním, které byly stanoveny jako kritéria. Ze širokého spektra neuromonitorace byly zvoleny následující témata: Intrakraniální parenchymová a komorová čidla se zaměřením na ošetřovatelskou problematiku; Doporučené postupy ošetřování invazivních vstupů a dezinfekce; Škálovací systémy vědomí FOUR, GCS a pGCS; Vyhodnocení hodnot získaných pupilometrií; Místo zavedení jugulární oxymetrie; Metody potvrzení smrti mozku; Využití mikrodialýzy a znalosti její problematiky.

Sestry a zdravotničtí záchranáři jsou nelékařské profese, které v rámci svých kompetencí pracují na anesteziologicko-resuscitačním oddělení a setkávají se s neuromonitoračními metodami a technikami při poskytování péče pacientům.

Vzděláním je myšleno dosažené kvalifikační vzdělání v bakalářském studijním programu (Všeobecná sestra, Zdravotnický záchranář), popř. v rámci celoživotního vzdělávání, a to: specializační vzdělávání (ARIP, magisterské specializační), absolvování odborných seminářů na téma neuromonitorace – středoškolské, vyšší odborné, bakalářské, magisterské, doktorské.

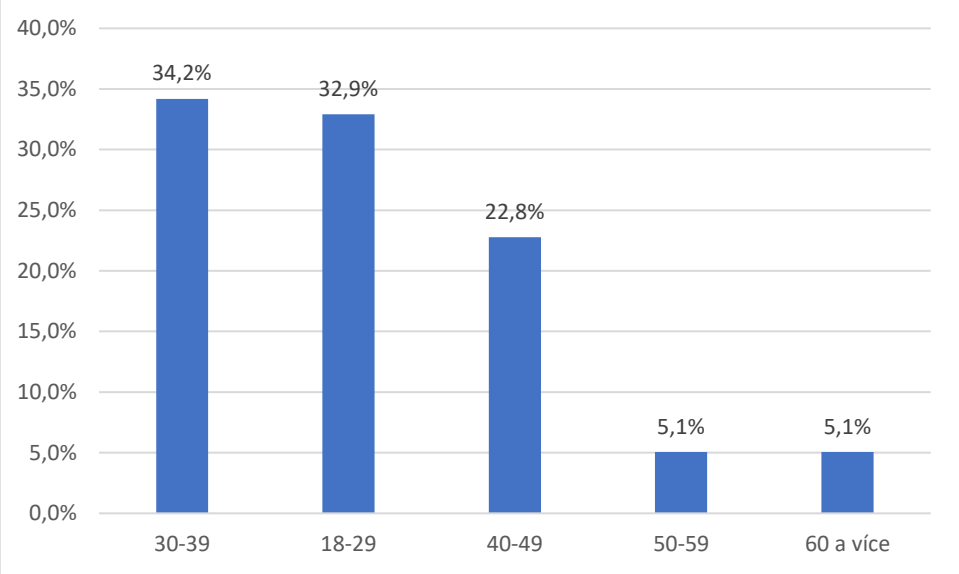
Nové monitorační techniky zahrnují mikrodilaýzu a škálu FOUR.

Dodržování doporučených postupů vychází z předpokladu znalostí sester a zdravotnických záchranářů v těchto konkrétních oblastech: Intrakraniální parenchymová a komorová čidla se zaměřením na ošetřovatelskou problematiku; Doporučené postupy ošetřování invazivních vstupů a dezinfekce; Škálovací systémy vědomí FOUR, GCS a pGCS; Vyhodnocení hodnot získaných pupilometrií; Místo zavedení jugulární symetrie; Metody potvrzení smrti mozku; Využití mikrodialýzy a znalosti její problematiky.

4 Výsledky

4.1 Analýza dotazníkových otázek

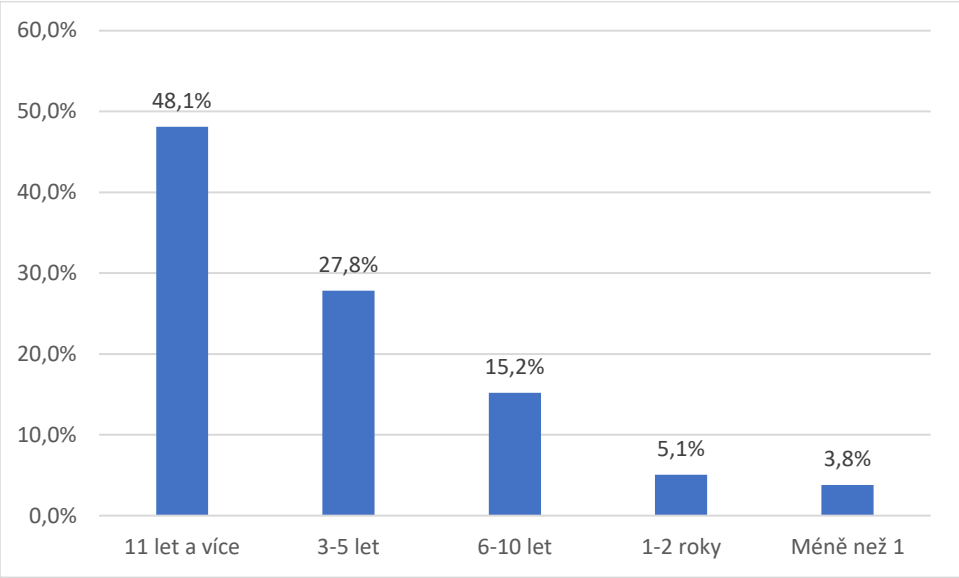
Graf 1 Věk respondentů



Zdroj: vlastní výzkum

Z celkového počtu 100 % (158 respondentů) byla nejvíce zastoupena věková kategorie 30–39 let, a to 34,2 % (54 respondentů). V těsné blízkosti navazovala věková kategorie 18–29 let s procentuálním zastoupením ve výši 32,9 % (52 respondentů). Třetí nejvíce zastoupenou skupinou byla věková kategorie 40–49 let, která měla podíl 22,8 % (36 respondentů). Shodný počet respondentů, a to 8 (5,1 %), měly věkové kategorie 50–59 let a 60 let a více.

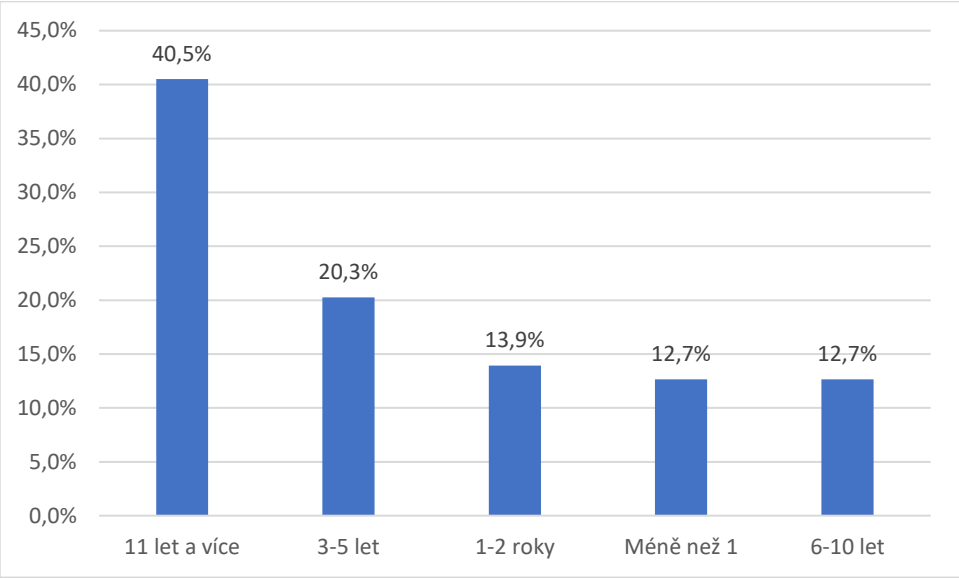
Graf 2 Celková praxe ve zdravotnictví



Zdroj: vlastní výzkum

Z celkového počtu 100 % (158 respondentů) byla se 48,1 % (76 respondentů) nejvíce zastoupena celková praxe o délce 11 let a více. Poté následovala skupina 3–5 let se zastoupením 27.8 % (44 respondentů). Délka praxe 6–10 let byla zastoupena 15,2 % (24 respondentů. 5,1 % (8 respondentů) byla zastoupena kategorie 1–2 roky celkové praxe a nejméně byla zastoupena kategorie celkové praxe méně než 1 rok, a to 3,8 % (6 respondentů).

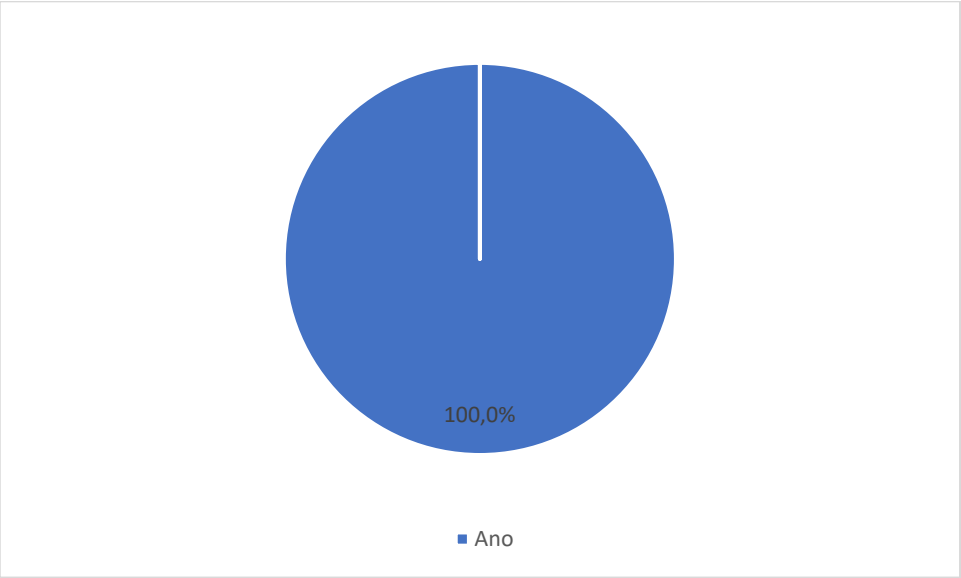
Graf 3 Délka praxe v intenzivní péči



Zdroj: vlastní výzkum

Z celkového počtu 100 % (158 respondentů) byla dominantně zastoupena kategorie praxe v intenzivní péči 11 let a více, celkově s 40,5 % (64 respondentů). Následovala kategorie 3–5 let zastoupená 20,3 % (32 respondentů). Velmi podobné zastoupení měli zbývající kategorie délky praxe v intenzivní péči, 1–2 roky se 13,9 % (22 respondentů), a kategorie méně než 1 rok praxe a kategorie 6–10 let, které měly shodné zastoupení 12,7 % (20 respondentů).

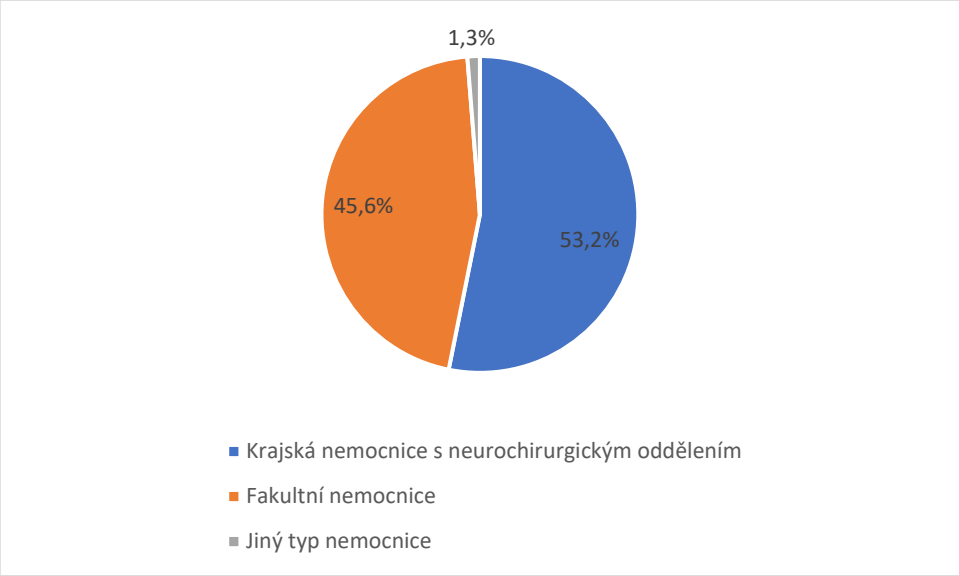
Graf 4 Zkušenosti s neuromonitoračními technikami



Zdroj: vlastní výzkum

Za celkového počtu 100 % (158 respondentů) v této otázce odpovědělo 100 % (158 respondentů), že má zkušenosti s neuromonitoračními technikami. Jednalo se o podmínku přípustnosti k další části dotazování.

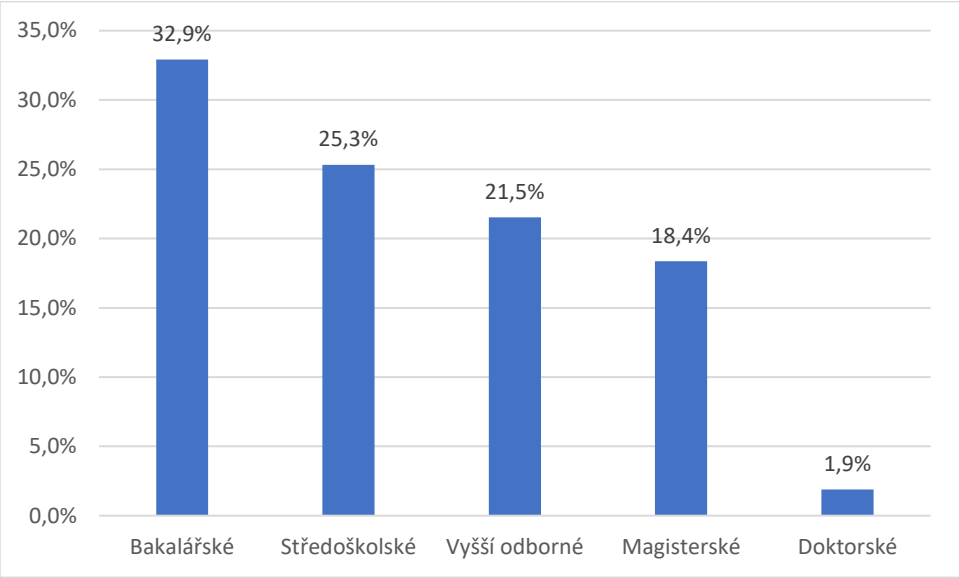
Graf 5 Typ nemocničního zařízení pracujících respondentů



Zdroj: vlastní výzkum

Z celkového počtu 100 % (158 respondentů), 53,2 % (84 respondentů) uvedlo, že jsou zaměstnaní v jedné z republikových fakultních nemocnic. 72 respondentů (45,6 %) uvedlo, že pracují v krajské nemocnici s neurochirurgickým oddělením. Minoritně zastoupená kategorie byla s odpovědí *jiný typ nemocnice* 1,3 % (2 respondenti), kdy využili možnosti otevřené odpovědi a uvedli, že pracují v soukromém zdravotnickém zařízení, které využívá neuromonitorační techniky.

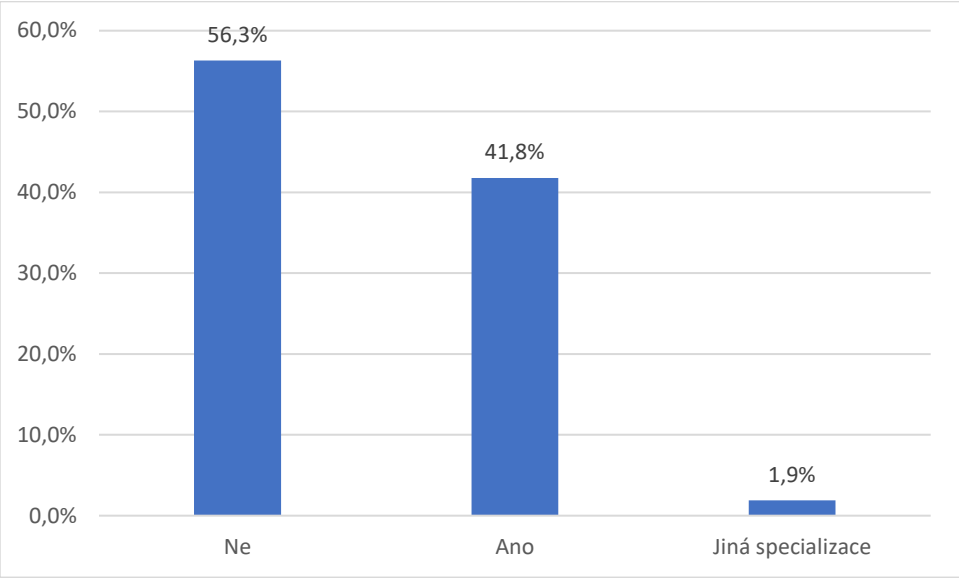
Graf 6 Nejvyšší dosažené vzdělání respondentů



Zdroj: vlastní výzkum

Z celkového počtu 100 % (158 respondentů) 32,9 % (52 respondentů) uvedlo, že je jejich nejvyšší dosažené vzdělání bakalářské. S 25,3 % (40 respondentů) byla zastoupena kategorie se středoškolským vzděláním. Třetí nejpočetnější kategorií bylo vzdělání získané na vyšší odborné škole s 21,5 % (34 respondentů). Následovala kategorie magisterského vzdělání 18,4 % (29 respondentů). Nejnižší zastoupení měla kategorie doktorského vzdělání 1,9 % (3 respondenti).

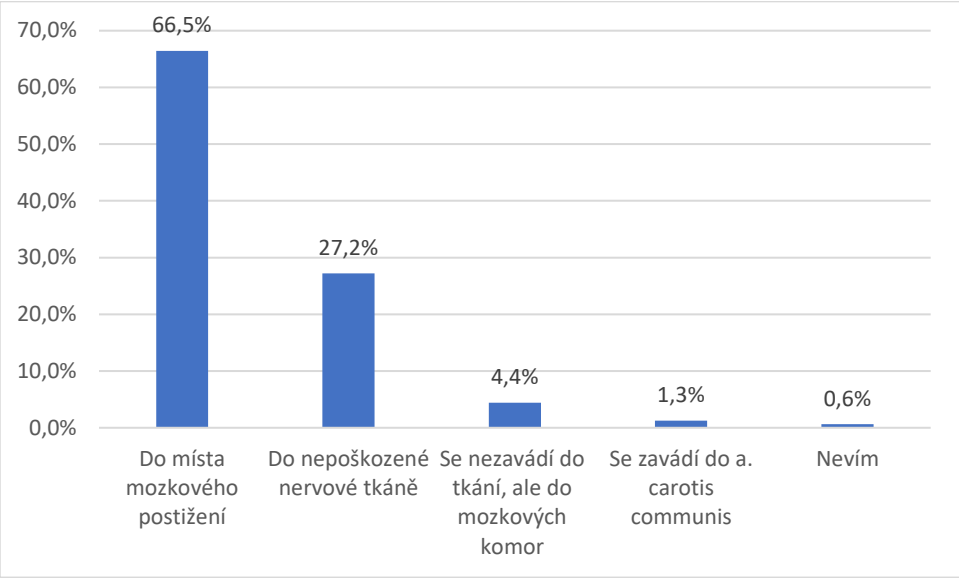
Graf 7 Specializace v intenzivní péči



Zdroj: vlastní výzkum

Z celkového počtu 100 % (158 respondentů) odpovědělo 56,3 % (89 respondentů), že nemá žádnou specializaci v intenzivní péči. 41,8 % (66 respondentů) uvedlo, že specializaci v intenzivní péči (ARIP, mgr v intenzivní péči,…) mají. Se zastoupením 1,9 % (3 respndenti) byla možnost *jiná specializace*, kdy respondenti shodně uvedli specializaci pro intenzivní péči v pediatrii.

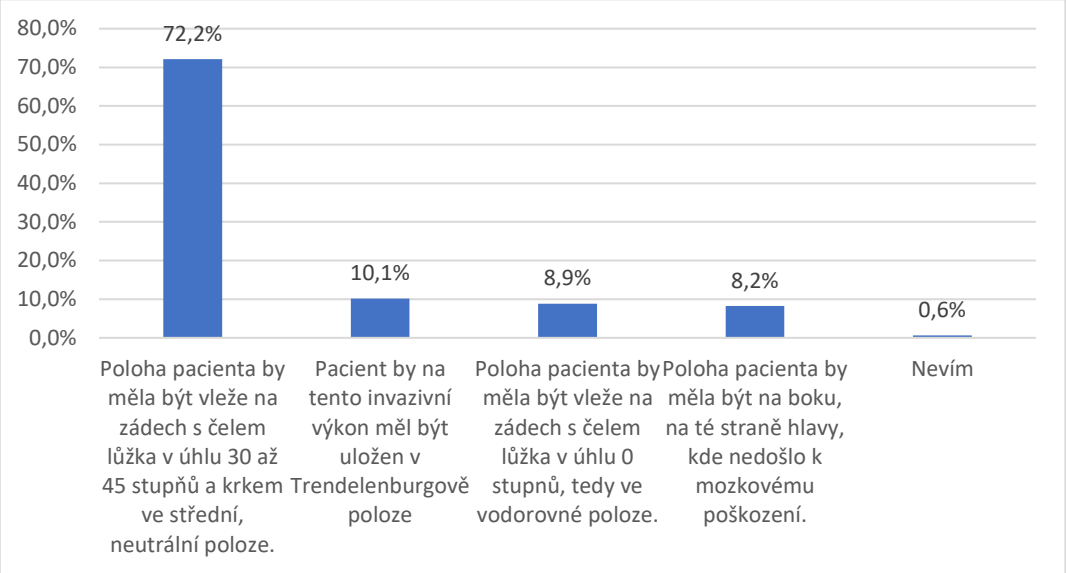
Graf 8 Místo zavedení parenchymového intrakraniálního čidla



Zdroj: vlastní výzkum

Z celkového počtu 100 % (158 respondentů) byla nejvíce zastoupena odpověď *do místa mozkového postižení*, a to 66,5 % (105 respondentů). Odpověď *do nepoškozené nervové tkáně* označilo 27,2 % (43 respondentů). Možnost zavedení čidla *do mozkových komor* uvedlo 4,4 % (7 respondentů). 0,6 % (2 respondenti) byla zastoupena možnost *zavedení do a. carotis communis* a 1 respondentem (0,6 %) byla označena možnost *nevím*.

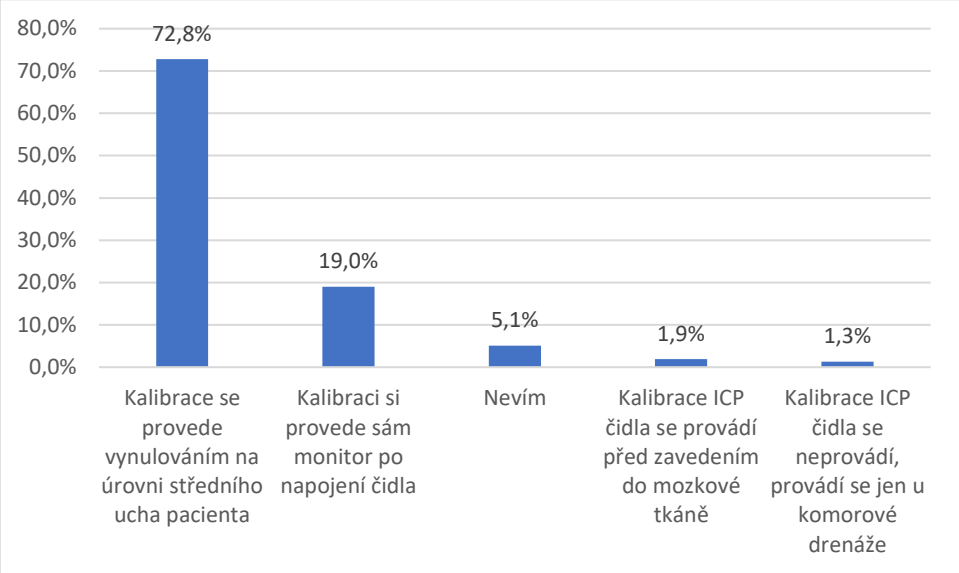
Graf 9 Doporučená poloha pacienta při zavádění a po zavedení ICP čidla



Zdroj: vlastní výzkum

Z celkového počtu 100 % (158 respondentů) uvedlo 72,2 % (114 respondentů) možnost *s polohou pacienta na zádech s vyvýšením čela lůžka v úhlu 30-45°.* 10,1 % (16 respondentů) označila odpověď, která uvádí, že by měl být *pacient uložen v Trendelenburgově poloze. Polohu pacienta na zádech ve vodorovné poloze* označilo 8,9 % (14 respondentů). Odpověď *uložení pacienta na boku, kde nedošlo k postižení mozku* označila skupina zastoupena 8,2 % (13 respondentů). Nejméně zastoupená skupina, a to 1 respondentem (0,6 %) byla možnost *nevím*.

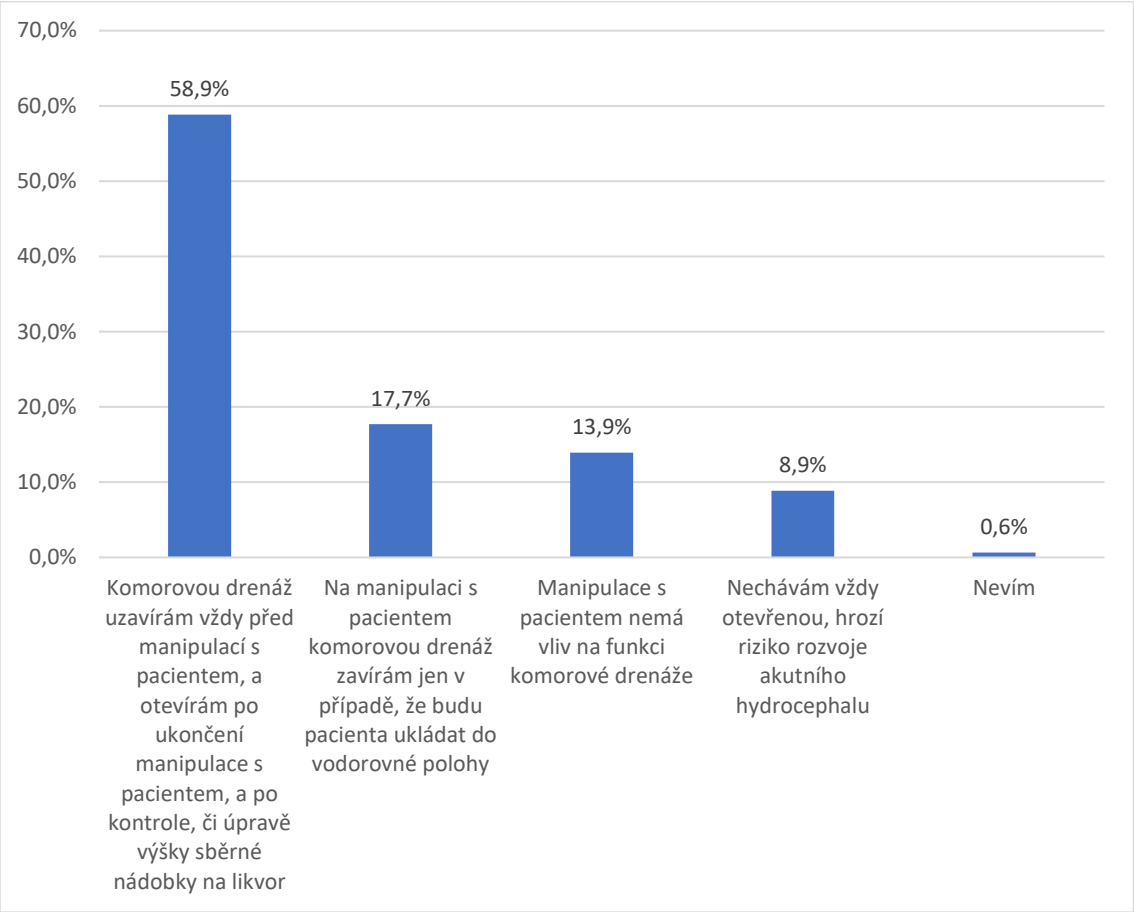
Graf 10 Kalibrace ICP čidla



Zdroj: vlastní výzkum

Z celkového počtu 100 % (158 respondentů) byla nejvíce uváděná odpověď *kalibrace vynulováním na úrovni středního ucha*, a to 72,8 % (115 respondentů). Druhá v pořadí s 19,0 % (30 respondentů) byla možnost, kdy *kalibraci provede sám monitor, po napojení ICP čidla*. Možnost nevím odpovědělo 5,1 % (8 respondentů). Skupinka 1,9 % (3 respondenti) uvedla odpověď, že se *kalibrace provádí přes samotným zavedením ICP čidla do tkáně*. 2 respondenty (1,3 %) byla uvedena možnost, že se *kalibrace čidla neprovádí.*

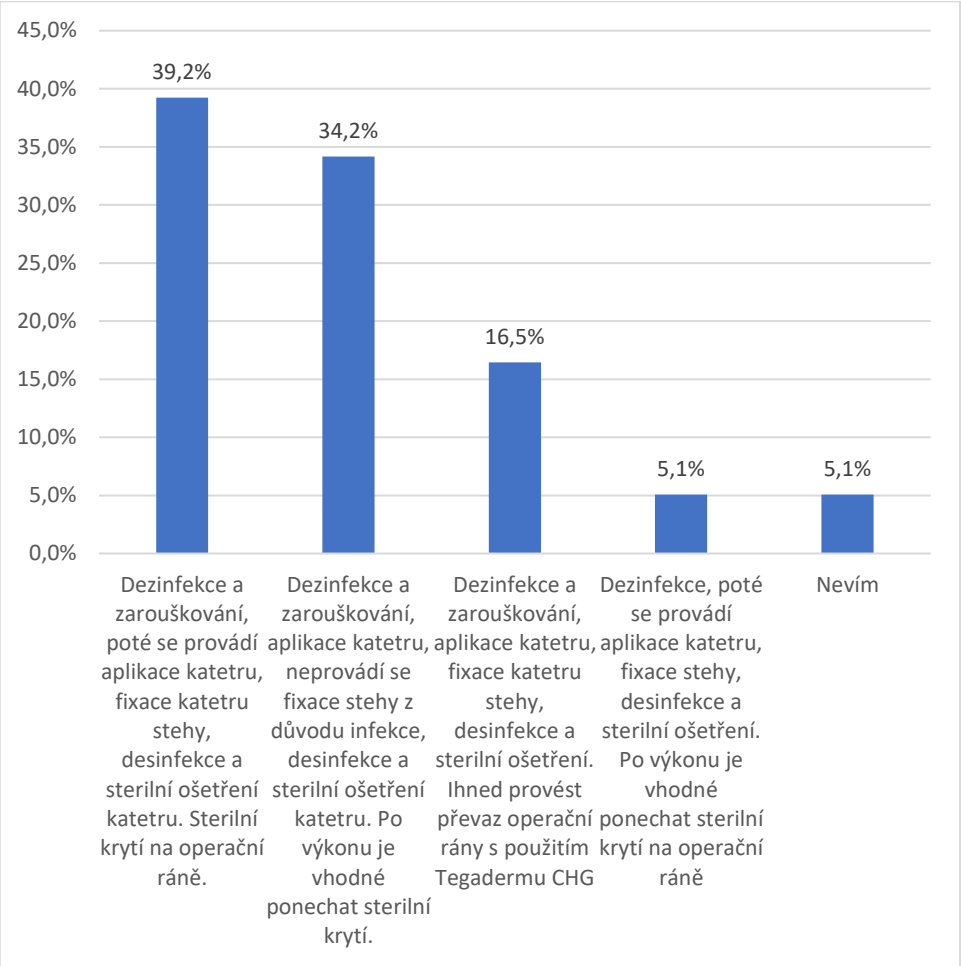
Graf 11 Manipulace s pacientem s komorovou drenáží



Zdroj: vlastní výzkum

Z celkového počtu 100 % (158 respondentů) byla nejčastěji zvolena odpověď *uzavření komorové drenáže před manipulací s pacientem*, a to 58,9 % (93 respondentů). Možnost *uzavření komorové drenáže, pouze pokud bude pacient uložen do vodorovné polohy* zvolilo 17,7 % (28 respondentů). 13,9 % (22 respondentů) byla zastoupena možnost, že *manipulace s pacientem nemá vliv na funkci komorové drenáže*. 8,9 % (14 respondentů) odpovědělo, že komorovou drenáž *nechává vždy otevřenou*. Pouze 1 respondent (0,6 %) uvedl, že na danou otázku nezná odpověď.

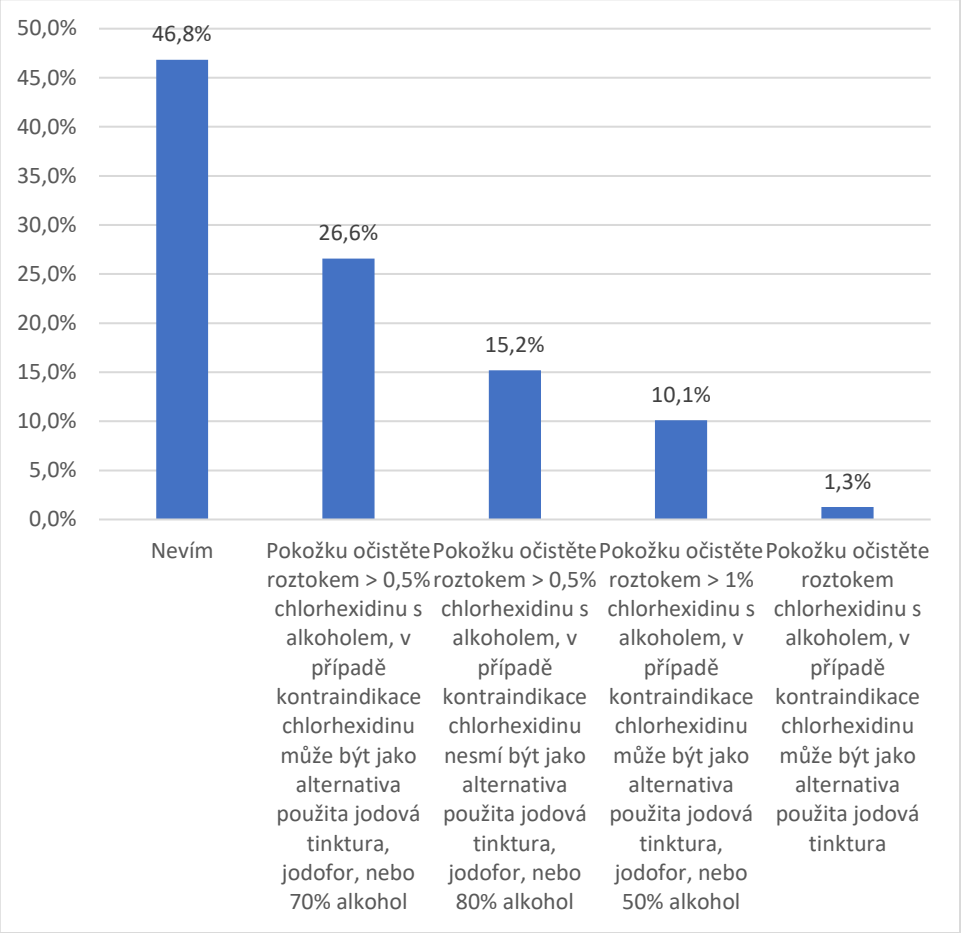
Graf 12 Doporučený postup při zavádění invazivní monitorace



Zdroj: vlastní výzkum

Z celkového počtu 100 % (158 respondentů) zvolilo možnost, která zahrnuje *zarouškování operačního pole a fixaci stehy* celkem 39,2 % (62 respondentů). Druhou nejčastěji označovanou odpovědí byla možnost, že *fixace stehy se z důvodu rizika infekce neprovádí*, a to 34,2 % (54 respondentů). Možnost nabízející *okamžitě po kanylaci krytí vstupu Tegadermem CHG* zvolilo 16,5 % (26 respondentů). Poslední dvě možnosti, a to možnost *nevím* a možnost, kdy se *nerouškuje operační pole* měly stejné procentuální zastoupení 5,1 % (8 respondentů).

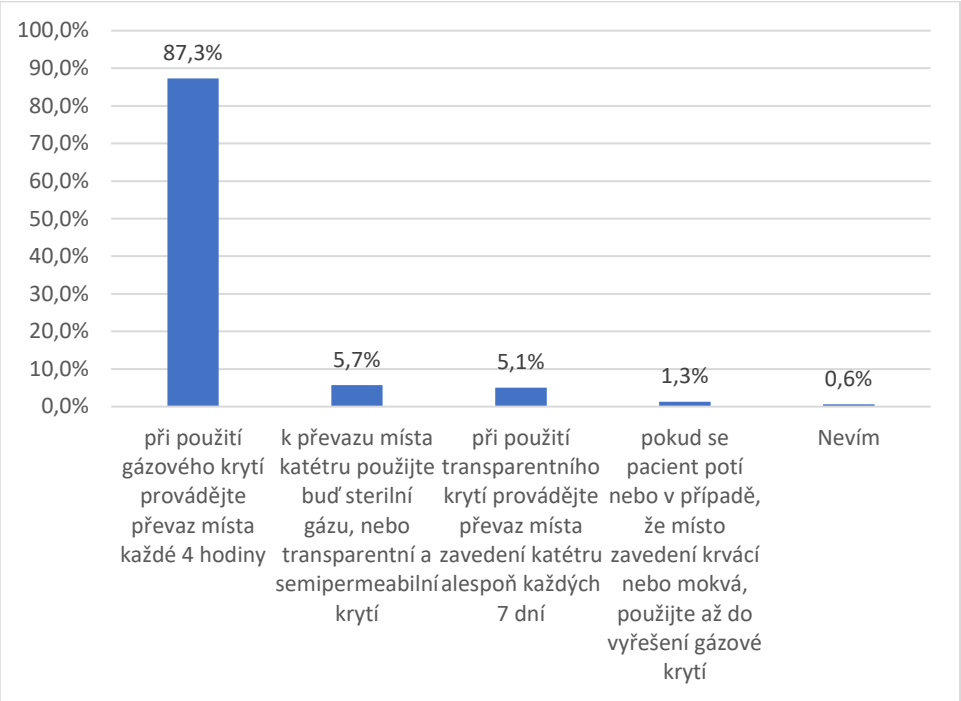
Graf 13 Doporučený postup pro dezinfekci místa kanylace



Zdroj: vlastní výzkum

Z celkového počtu 100 % (158 respondentů) odpovědělo 46,8 % (74 respondentů) *nevím*. Dalších 26,6 % (42 respondentů) zvolilo odpověď *>0,5% chlorhexidin s alkoholem s alternativou 70% akoholu.* Třetí nejpočetnější skupinou byla *>0,5% chlorhexidin s alkoholem s alternativou 80% alkoholu* zastoupenou 15,2 % (24 respondentů). 10,1 % (16 respondentů) označilo odpověď s použitím *>1% chlorhexidinu s alkoholem s alternativou 50% akoholu*. Nejméně zastoupenou odpovědí byla možnost *bez uvedené koncentrace chlorhexidinu*, tuto možnost uvedli 2 respondenti (1,3 %).

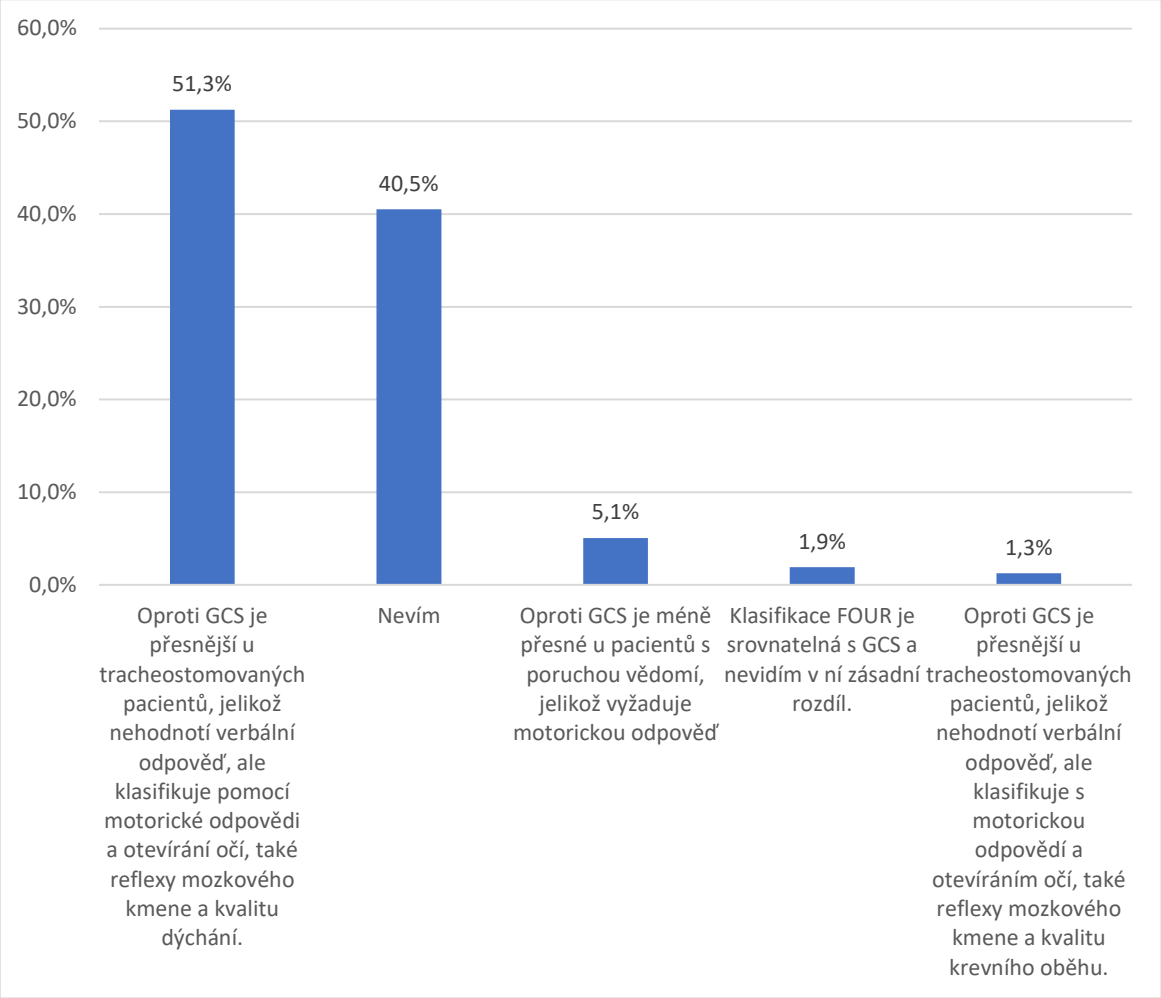
Graf 14 Doporučená režimová opatření při převazech



Zdroj: vlastní výzkum

Z celkového počtu 100 % (158 respondentů) převažovala dominantně odpověď ve znění, že *při využití gázového krytí má dojít k převazu každé 4 hodiny* s podílem 87,3 % (138 respondentů). Na druhém místě s pouhými 5,7 % (9 respondentů) byla odpověď *s využitím sterilní gázy nebo semipermeabilním krytím*. Dále byla 5,1 % (8 respondentů) označována odpověď uvádějící *četnost převazu místa zavedení katetru nejméně každých 7 dní*. 1,3 % (2 respondenti) označilo *striktní použití gázového krytí při komplikacích*. 1 respondent (0,6 %) uvedl možnost *nevím***.**

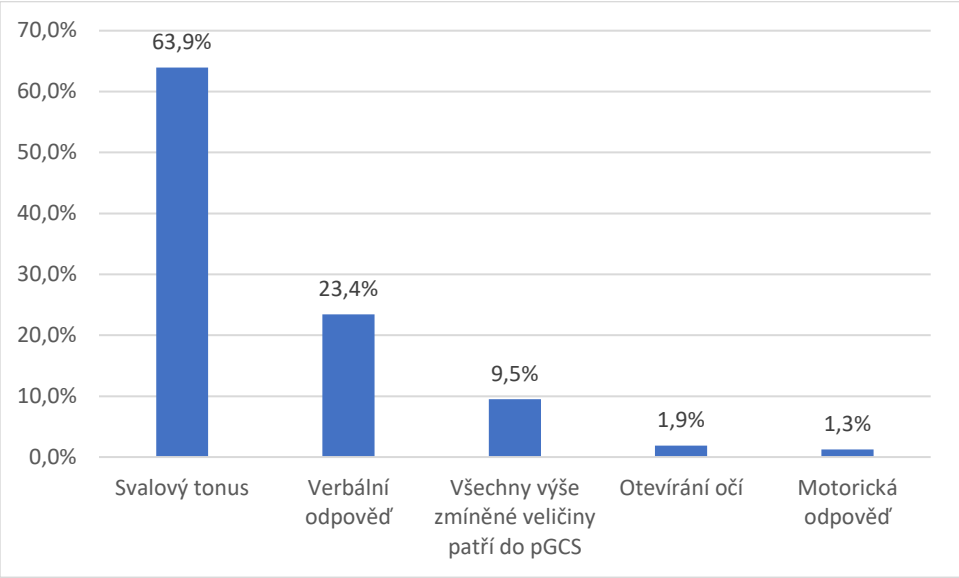
Graf 15 Využití škály FOUR



Zdroj: vlastní výzkum

Z celkového počtu 100 % (158 respondentů) označilo 51,3 % (81 respondentů) možnost, že je *škála FOUR přesnější, jelikož namísto verbální odpovědi hodnotí reflexy mozkového kmene a kvalitu dýchání*. Na druhém místě figurovala skupina 40,5 % (64 respondentů), která na tuto otázku odpověděla *nevím*. 5,1 % (8 respondentů) uvedlo, že je *GCS přesnější, jelikož vyžaduje motorickou odpověď*. 3 respondenti (1,9 %) uvedli, že *jsou obě škály srovnatelné bez zásadních rozdílů*. 2 respondenti (1,3 %) odpověděli, že *klasifikace FOUR hodnotí i krevní oběh.*

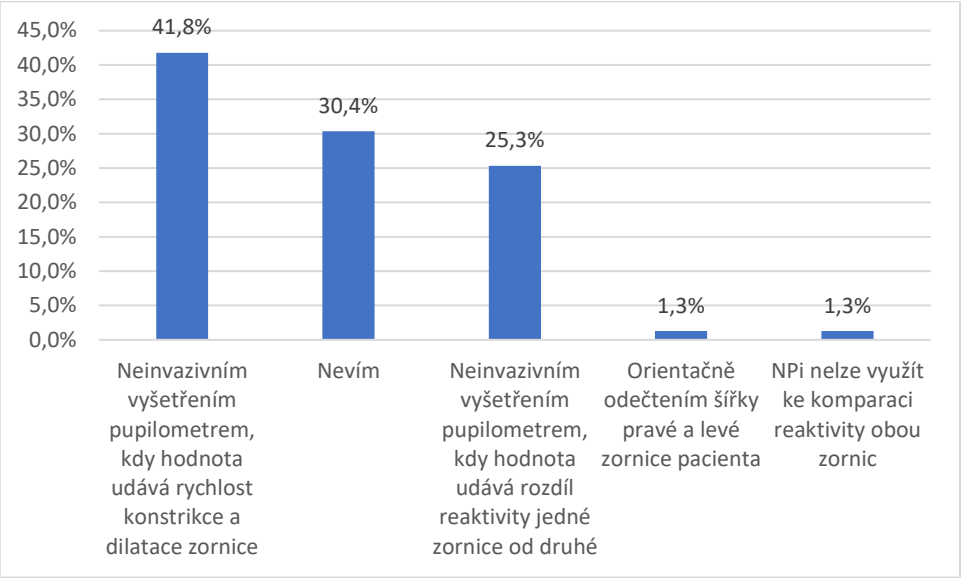
Graf 16 Znalost pGCS



Zdroj: vlastní výzkum

Z celkového počtu 100 % (158 respondentů) odpovědělo 63,9 % (101 respondentů), že *mezi části pGCS nepatří svalový tonus*. 23,4 % (37 respondentů) označilo za nesprávnou *verbální odpověď*. Skupina 9,5 % (15 respondentů) soudí, že *mezi pGCS patří všechny zmíněné veličiny*. 1,9 % (3 respondenti) vyloučilo *otevírání očí*. 2 respondenti soudí, že *mezi veličiny pGCS nepatří motorická odpověď*.

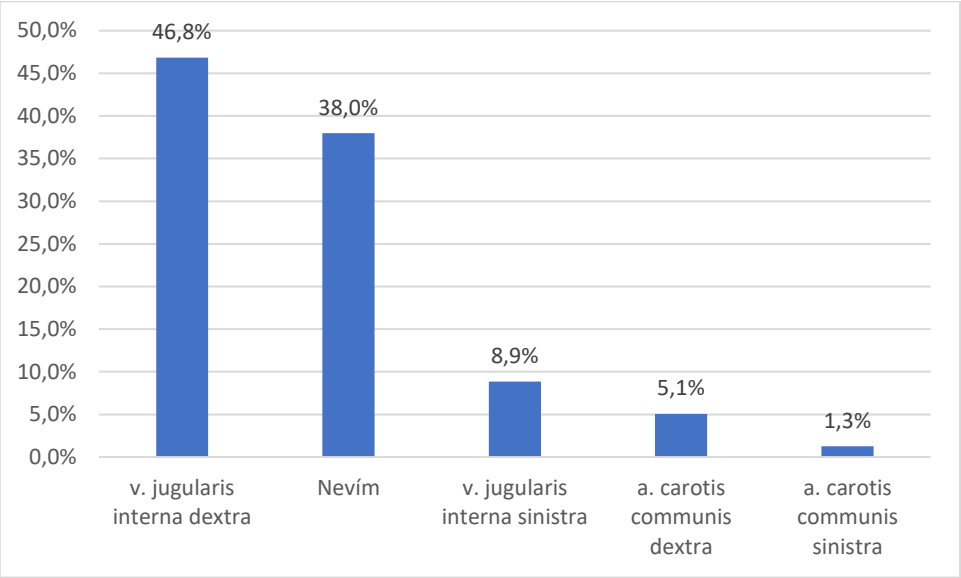
Graf 17 Neurological pupil index (NPi)



Zdroj: vlastní výzkum

Z celkového počtu 100 % (158 respondentů) označilo odpověď *hodnota udávající rychlost konstrikce a dilatace zornic* celkem 41,8 % (66 respondentů). Druhá v pořadí byla odpověď *nevím* s 30,4 % (48 respondentů). 25,3 (40 respondentů) uvedlo, že *hodnota udává rozdíl reaktivity jedné zornice od druhé*. Poslední dvě možnosti *hodnota NPi je získatelná odečtením šířky pravé a zornice* a *NPi nelze využít ke komparaci obou zornic* byly shodně zastoupeny 1,3 % (2 respondenti).

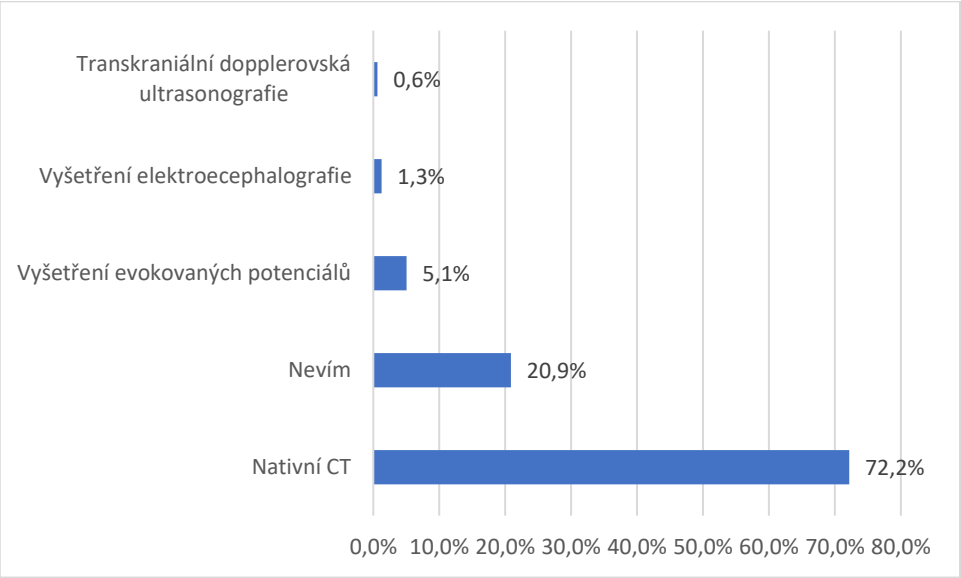
Graf 18 Místo zavedení katetru jugulární oxymetrie



Zdroj: vlastní výzkum

Z celkového počtu 100 % (158 respondentů) 46,8 % (74 respondentů) označilo místo zavedení katetru do *v. jugularis interna dextra*. Skupina 38 % (60 respondentů) na uvedou otázku odpověděla *nevím*. Místo zavedení do *v. jugularis interna sinistra* udalo 8,9 % (14 respondentů). *A. carotis communis dextra* byla procentuálně zmíněna 5,1 % (8 respondentů). 2 respondenty (1,3 %) byla zvolena za místo zavedení *a. carotis communis sinistra.*

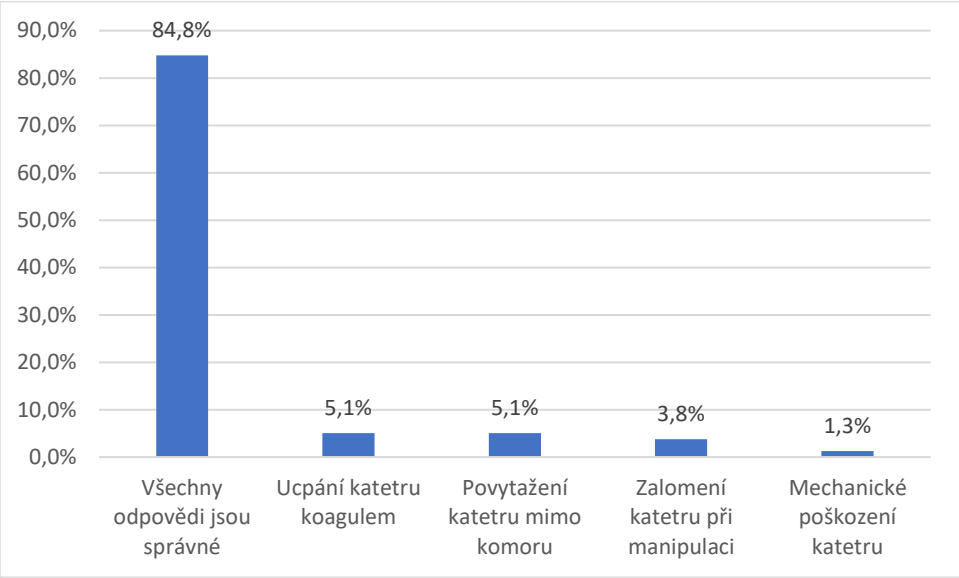
Graf 19 Potvrzení smrti mozku



Zdroj: vlastní výzkum

Z celkového počtu 100 % (158 respondentů) 72,2 % (114 respondentů) uvedlo, že se k potvrzení smrti mozku *nevyužívá nativní CT*. Na druhém místě byla označována odpověď *nevím* 20,9 % (33 respondentů). 5,1 % (8 respondentů) označilo odpověď *vyšetření evokovaných potenciálů*. 2 respondenti (1,3 %) označili, že k potvrzení mozkové smrti nelze využít *vyšetření EEG*. 1 respondent (0,6 %) považuje za nesprávné, pro využití diagnostiky mozkové smrti použití *Dopplerovské ultrasonografie*.

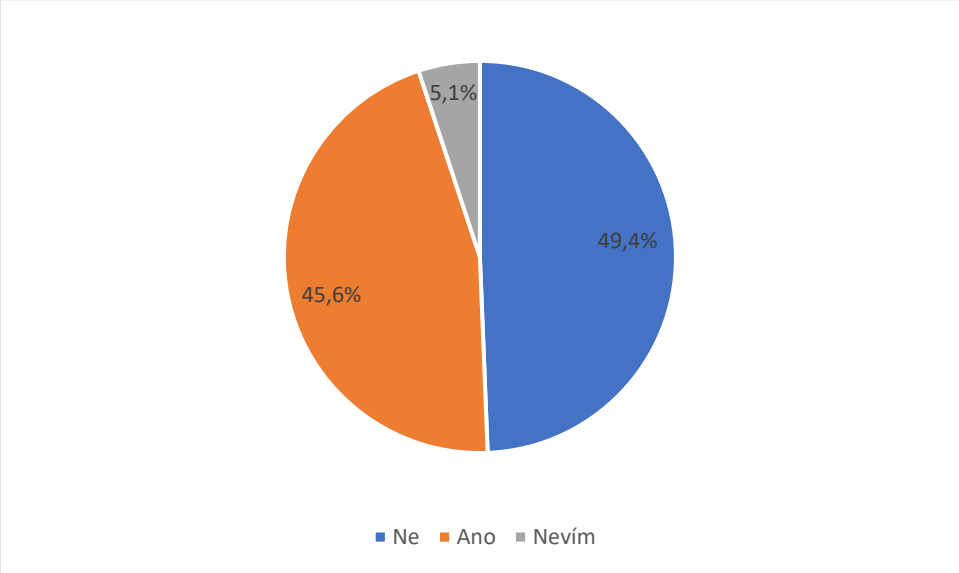
Graf 20 Možnosti nefunkčnosti komorové drenáže



Zdroj: vlastní výzkum

Z celkového počtu 100 % (158 respondentů) 84,8 % (134 respondentů) určilo, že *jsou všechny odpovědi správné. Ucpání katetru koagulem* a možnost nefunkčnosti z důvodu *povytažení katetru mimo komoru* shodně 5,1 % (8 respondentů). 3,8 % (6 respondentů) uvedlo jako možnost nefunkčnosti komorové drenáže *zalomení katetru. Mechanické poškození katetru* bylo uvedeno 2 respondenty (1,3 %).

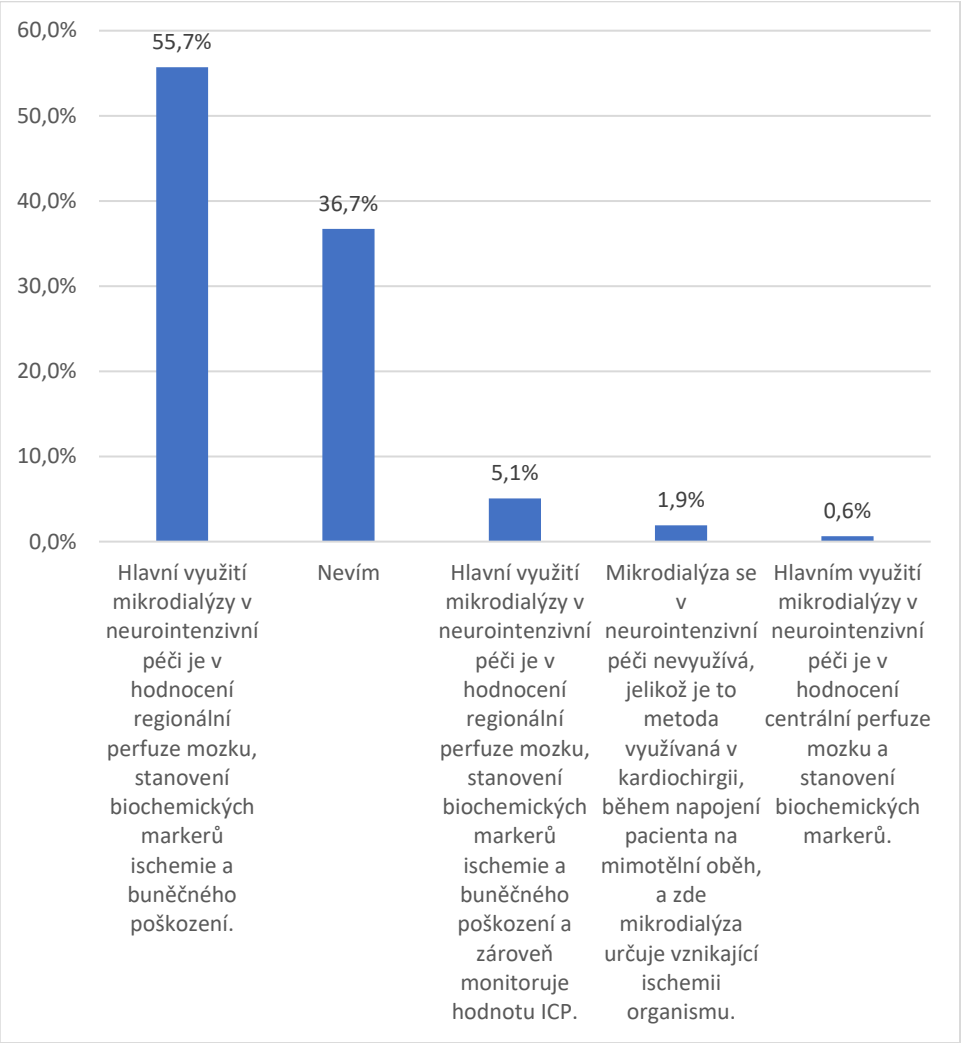
Graf 21 Využívání mikrodialýzy



Zdroj: vlastní výzkum

Z celkového počtu 100 % (158 respondentů), takřka polovina respondentů uvedlo, 49,4 % (78 respondentů), že na svém pracovišti *mikrodialýzu využívají*. Na druhou stranu 45,6 % (72 respondentů) uvedlo, že jejich pracoviště *mikrodialýzu nevyužívá*. Skupina 5,1 % (8 respondentů) uvedla, že *neví, zda jejich pracoviště mikrodialýzu využívá*.

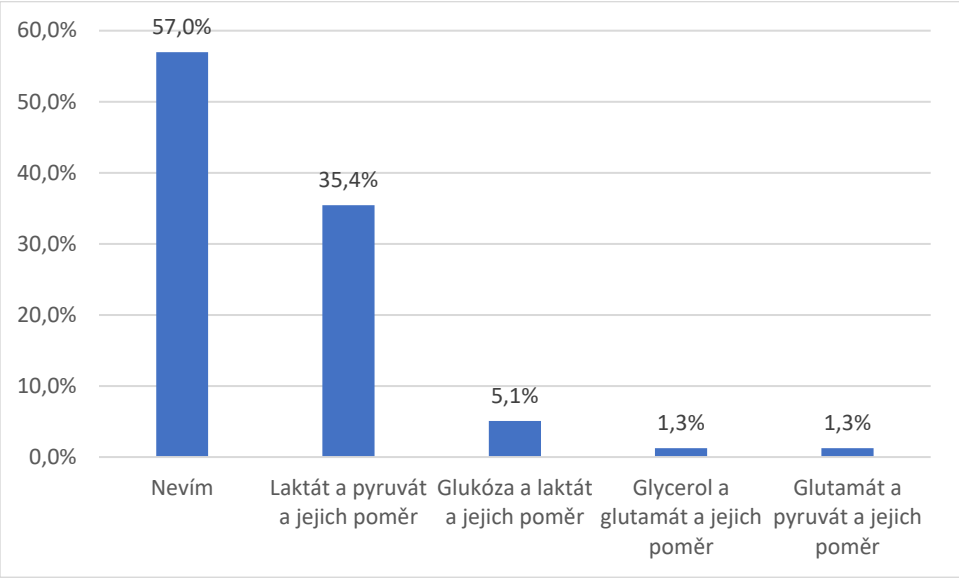
Graf 22 Hlavní využití mikrodialýzy



Zdroj: vlastní výzkum

Z celkového počtu 100 % (158 respondentů) označilo 55,7 % (88 respondentů) jako *hlavní funkci mikrodialýzy hodnocení regionální perfuze mozku a stanovení ischemie*. 36,7 % (58 respondentů) označilo odpověď *nevím*. 5,1 % (8 respondentů), že *mikrodialýza mimo sledování regionální perfuze monitoruje i ICP*. Na druhou stranu 1,9 % (3 respondenti) označilo mikrodialýzu jako *metodu využívanou jen v kardiochirurgii*. Nejméně zastoupenou odpovědí s 0,6 % (1 respondent) bylo *využití mikrodialyzy jako nástroje pro hodnocení centrální perfuze mozku*.

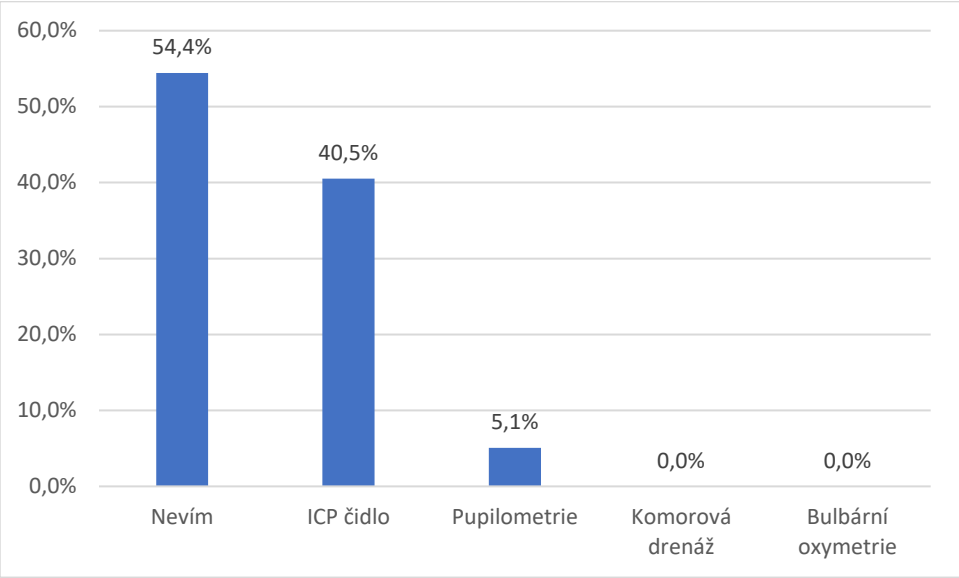
Graf 23 Standardní markery ischemie sledované mikrodialýzou



Zdroj: vlastní výzkum

Z celkového počtu 100 % (158 respondentů) odpovědělo *nevím* 57 % (90 respondentů). 35,4 % (56 respondentů) označilo za standardní markery ischemie *laktát a pyruvát*. *Glukózu a laktát* označilo 5,1 % (8 respondentů). Poslední dvě odpovědi *glycerol a glutamát* a *glutamát a pyruvát* byly označeny shodně 2 respondenty (1,3 %).

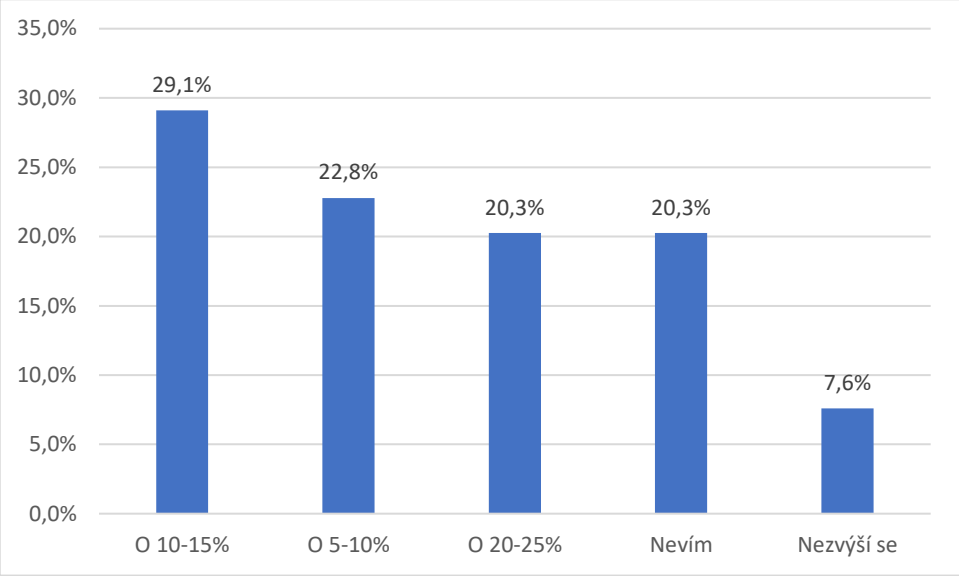
Graf 24 Nejčastější kombinace monitorace s mikrodialýzou



Zdroj: vlastní výzkum

Z celkového počtu 100 % (158 respondentů) odpovědělo *nevím* 54,4 % (86 respondentů). 40,5 % (64 respondentů) uvedlo jako nejčastější kombinaci s mikrodialýzou *ICP čidlo*. *Pupilometrii* uvedlo 5,1 % (8 respondentů). *Komorovou drenáž* ani *bulbární oxymetrii* neuvedl žádný respondent.

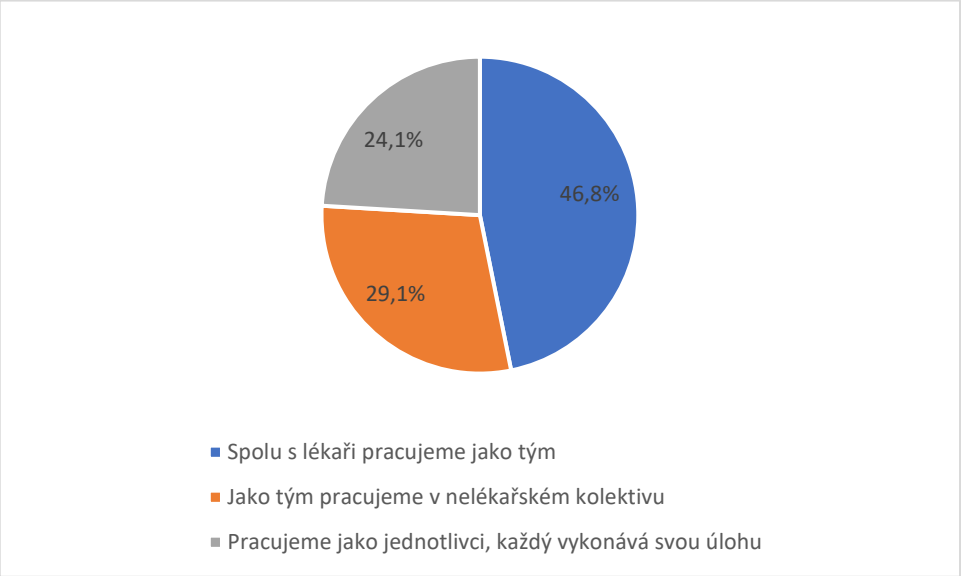
Graf 25 Zvýšení energetických nároků mozkové tkáně při zvýšení tělesné teploty



Zdroj: vlastní výzkum

Z celkového počtu 100 % (158 respondentů) označilo *o 10–15 %* 29,1 % dotazovaných (46 respondentů). Odpověď *o 5–10 %* byla zastoupena 22,8 % (36 respondentů). *Zvýšení nároků o 20–25 %* odpovědělo 20,3 % dotazovaných (32 respondentů). Shodně 32 respondentů (20,3 %) označilo odpověď *nevím*. S nejnižším zastoupením 7,6 % (12 respondentů) byla zmíněna odpověď *nezvýší se.*

Graf 26 Role sester a zdravotnických záchranářů při péči o nemocného v kritickém stavu



Zdroj: vlastní výzkum

Z celkového počtu 100 % (158 respondentů) uvedlo 46,8 % dotazovaných (74 respondentů), že *s lékaři spolupracují jako tým. Práci v týmu pouze v nelékařském kolektivu* udává 29,1 % dotazovaných (46 respondentů). 24, 1 % (38 respondentů) uvedlo, že vnímá svou roli *jako jednotlivec a každý jednotlivec vykonává svou úlohu*.

Tabulka 1 Získané množství bodů respondentů

Skóre znalosti (součet bodů)	Četnosti	Procenta
1	9	5,7%
2	15	9,5%
3	14	8,9%
4	8	5,1%
5	1	0,6%
6	7	4,4%
7	9	5,7%
8	3	1,9%
9	10	6,3%
10	8	5,1%
11	1	0,6%
12	16	10,1%
13	20	12,7%
14	14	8,9%
15	15	9,5%
16	8	5,1%
Celkem	158	100%

Zdroj: vlastní výzkum

Maximální počet získaných bodů ze znalostních otázek dotazníku bylo 16 bodů (100 % úspěšnost). Maximální počet bodů získalo 5,1 % dotazovaných (8 respondentů). 15 bodový zisk mělo 9,5 % dotazovaných (15 respondentů). 14 respondentů (8,9 %) dosáhlo 14 bodů. 13 bodů získalo 12,7 % dotazovaných (20 respondentů). 12 bodů obdrželo 10,1 % dotazovaných (16 respondentů). 11 bodů získal pouze 1 respondent (0,6 %). 5,1 % dotazovaných (8 respondentů) získalo 10 bodů, 9 bodů získalo 6,3 % dotazovaných (10 respondentů). 3 respondenti (1,9 %) obdrželi 8 bodů. 7 bodů získalo 5,7 % (9 respondentů). 6 bodů obdrželo 4,4 % (7 respondentů). Pouze 1 respondent obdržel (0,6 %) 5 bodů. 4 body získalo 5,1 % dotazovaných (8 respondentů). 8,9 % dotazovaných (14 respondentů) bylo hodnoceno 3 body. 2 body obdrželo 9,5 % (15 respondentů). Pouhý 1 bod obdrželo 5,7 % dotazovaných (9 respondentů). Znalosti, měřené součtem bodů, byly překvapivě rozložené v celém teoretickém rozmezí 0–16 bodů. Ačkoliv nikdo z respondentů neměl všechny odpovědi špatně, značná část (skoro 30 % respondentů) získala pouze 1 až 4 body. 58 % respondentů mělo nadpoloviční úspěšnost.

4.2 Statistické vyhodnocení hypotéz

Tato část práce se věnuje vyhodnocení stanovených hypotéz.

H1: Znalosti v oblasti neuromonitorace se liší věkem sester a zdravotnických záchranářů.

H2: Znalosti v oblasti neuromonitorace se liší délkou praxe sester a zdravotnických záchranářů.

H3: Znalosti v oblasti nových monitoračních technik (mikrodialýza, škála FOUR) se liší dosaženým vzděláním sester a zdravotnických záchranářů.

H4: Sestry a zdravotničtí záchranáři dodržují doporučené postupy v oblasti neuromonitorace.

Tabulka 2 Výsledky Spearmanovy korelační analýzy

Vztah skóre znalosti a	Korelační koeficient	P
Věkové kategorie	–0,012	0,884
Kategorie celkové praxe	0,189	0,017
Kategorie intenzivní praxe	0,184	0,021
Vzdělání	0,539	<0,001

Zdroj: vlastní výzkum

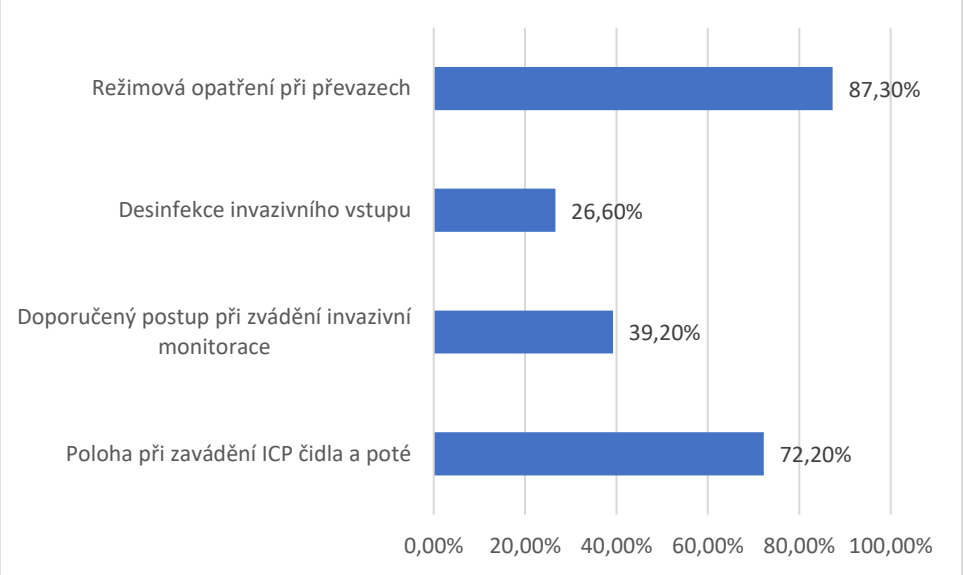
Vztah mezi znalostmi a věkem respondentů dosáhl korelačního koeficientu –0,012. Záporná hodnota koeficientu by naznačovala pokles znalostí se stoupajícím věkem. Dosažená hladina významnosti $p = 0,884$ (která je větší než zvolená hladina významnosti 0,05) svědčí o nevýznamné souvislosti mezi věkem respondenta a jeho znalostmi.

Výsledkem hodnocení H2, ve které byl zkoumán vztah mezi znalostmi a délkou praxe celkové a intenzivní péče, je korelační koeficient v případě celkové praxe 0,189 a v případě praxe v intenzivní péči 0,184. Obě tyto hodnoty jsou statisticky významně odlišné od nuly ($p < 0,05$). V obou případech došlo k prokázání významné souvislosti ve vztahu znalostí a délkou praxe – vyšší znalosti prokázali respondenti s delší praxí.

Hodnocení H3, ve které byl zkoumán vztah nejvyššího dosaženého vzdělání se znalostmi respondentů, dosáhlo nejsilnější korelace v podobě korelačního koeficientu 0,539. Dosažená hladina významnosti ($p<0,001$) dokládá významnou souvislost mezi znalostmi a nejvyšším dosaženým vzděláním respondentů – čím vyšší vzdělání, tím vyšší znalosti respondenti měli.

K ověření H4 bylo vyhodnoceno zastoupení správných odpovědí v otázkách č. 9, 12, 13 a 14. Na základě těchto zvolených otázek, které jsou přímo založeny na aktuálních doporučených postupech, byly zjišťovány znalosti sester a zdravotnických záchranářů.

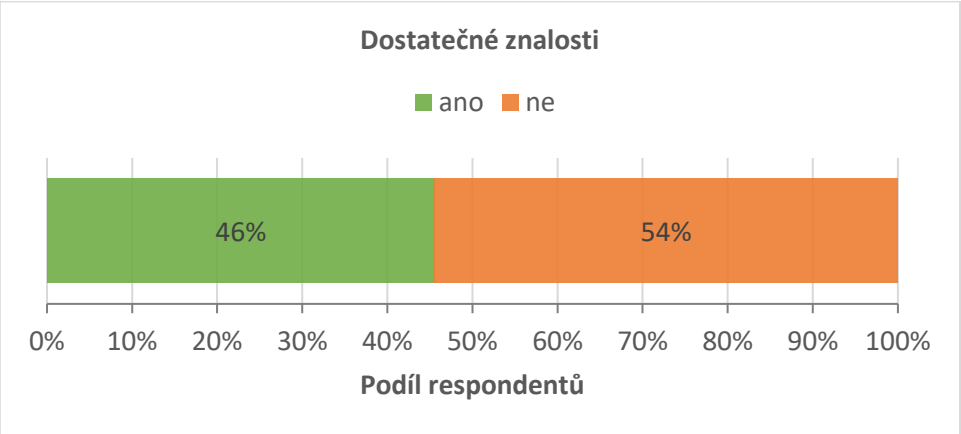
Graf 27 Doporučené postupy v neuromonitoraci



Zdroj: vlastní výzkum

Z celkového počtu 100 % (158 respondentů) odpovědělo správně na otázku týkající se doporučených režimových opatření při převazech 87,3 % dotazovaných (138 respondentů). Na otázku týkající se dezinfekce místa invazivního vstupu odpovědělo správně 26,6 % (42 respondentů). 39,2 % (62 respondentů) správně odpovědělo na otázku ohledně doporučeného postupu při zavádění invazivní monitorace. Na poslední zkoumanou otázku týkající se polohy při zavádění ICP čidla a poté správně odpovědělo 72,2 % (114 respondentů).

Graf 28 Znalost dle doporučených postupů



Zdroj: vlastní výzkum

Z celkového počtu 158 respondentů, 46 % prokázalo dostatečné znalosti. Tento podíl byl vyhodnocen binomickým testem proti teoretickému podílu 50 %. Výsledek tohoto testu uvádí Tabulka 3. Dosažená hladina významnosti dokazuje nevýznamný rozdíl pozorovaného podílu od očekávaných 50 %. Můžeme tedy tvrdit, že polovina respondentů má dostatečné znalosti.

Tabulka 3. Výsledek binomického testu.

Znalost	Četnosti	Procenta	Testovaný podíl	P
ano	72	46%	50%	0,301
Ne	86	54%		
Celkem	158	100%		

Zdroj: vlastní výzkum

5 Diskuse

Předložený text diplomové práce pojednává o problematice monitorace v neurointenzivní péči. Teoretická část je zaměřena na metody invazivní a neinvazivní neuromonitorace. Empirická část v podobě kvantitativního výzkumného šetření má stanovené 3 cíle a 4 hypotézy, kdy technikou získání dat byl nestandardizovaný dotazník. Pro vyhodnocení nestandardizovaných dotazníků byly klíčové otázky bodově ohodnoceny, a to jedním bodem za správnou odpověď. Maximální počet získaných bodů dosáhli respondenti, kteří získali 16 bodů (100 %). Za dobré znalosti byla považována úspěšnost 70 %, tj. získaných 11 bodů.

Prvním zvoleným cílem bylo *zjistit znalosti sester a zdravotnických záchranářů z prostředí anesteziologicko-resuscitačního oddělení v oblasti neuromonitorace*. Předpokladem vyvozeným z tohoto cíle bylo, že *znalosti v oblasti neuromonitorace se liší věkem sester a zdravotnických záchranářů*, a že se *znalosti v oblasti neuromonitorace liší délkou praxe sester a zdravotnických záchranářů*. Za dobré znalosti bylo považováno získání 11 a více bodů (70 %). Potřebnou znalostní úroveň respondentů splnilo 74 z nich, tedy 46,84 %. Ze získaných statistických údajů tedy vyplývá, že více než polovina respondentů nemá dostatečné znalosti v oblasti neuromonitorace. Medián činil 56,6 %, což je oproti potřebným 70 % významný rozdíl. S ohledem na vztah mezi znalostmi a věkem respondentů nedošlo k potvrzení výše zmíněného předpokladu, že věk respondenta má vliv na míru znalostí, jelikož dosažená hladina významnosti činila p=0,884. Hypotéza 1 tedy nebyla *potvrzena* i přesto, že negativní hodnota koeficientu -0,012 naznačovala pokles znalostí se stoupajícím věkem respondenta. Druhý předpoklad, ve které byl zkoumán vztah mezi znalostmi a délkou praxe celkové a praxe v intenzivní péči, je korelační koeficient v případě celkové praxe 0,189 a v případě praxe v intenzivní péči 0,184. Obě tyto hodnoty jsou statisticky významně odlišné od nuly ($p < 0,05$). V obou případech došlo k prokázání významné souvislosti ve vztahu znalostí a délkou praxe – vyšší znalosti prokázali respondenti s delší praxí. Hypotéza 2 tedy byla *potvrzena*.

Tématu parenchymového ICP čidla se věnovaly 2 dotazníkové otázky. Otázka 8 zjišťovala umístění ICP čidla. Správnou odpověď *na stranu mozkového postižení* uvedlo 66,5 % dotazovaných (105 respondentů). *Do nepoškozené mozkové tkáně* uvedlo 43

respondentů (27,2 %) (Graf 8). Ševčík et al. (2014) potvrzují místo zavedení do místa s poškozenou tkání, aby byly patrny možné změny, které by mohlo způsobovat vznikající sekundární poškození. Otázka 10 navazovala na problematiku ICP monitorace a dotazovala se na *kalibraci ICP čidla.* Správnou odpověď *kalibrace se provede vynulováním na úrovni středního ucha pacienta* uvedlo 72,8 % dotazovaných (115 respondentů), tedy většina dotazovaných. Z výsledků odpovědí těchto dvou otázek lze usuzovat, že povědomí respondentů o problematice parenchymového ICP čidla je na dobré úrovni.

Manipulaci s pacientem, který má komorovou drenáž se věnovala otázka 11. Správnou odpovědí bylo, že *komorovou drenáž na manipulaci s pacientem vždy uzavírám a otevírám po ukončení manipulace, a po kontrole a úpravě sběrné nádobky na likvor.* Takto odpovědělo 58,9 % dotazovaných (93 respondentů). Jedná se o potešující zjištění, neboť Kapounová (2020) označuje tento postup za správný, protože jiné zacházení s komorovou drenáží je rizikové pro pacienta.

Neuromonitorační, či neurodiagnostické metody jsou využívány i pro dignostiku mozkové smrti. Těmto metodám se věnovala otázka 19, kdy respondenti označovali metodu, která není využitelná l*ege artis* pro stanovení smrti mozku. Správně odpovědělo 72,2 % dotazovaných (114 respondentů), že mezi tyto metody nepatří *nativní CT mozku*. Druhou nejvíce zastoupenou odpovědí bylo *nevím* s 20,9 % (33 respondentů). V souvislosti s těmito výsledky se nabízí zmínit, že kritéria určení mozkové smrti jsou stanoveny zákonem č. 285/2002 Sb. Jako zajímavost, při vyhledávání informací týkajících se mozkové smrti, lze uvést tako-tsubo syndromu, který je prozaicky označen syndromem zlomeného srdce. Některými dostupnými zdroji bývá označován jako tako-tsubo kardiomyopatie nebo také stresová kardiomyopatie. Vazba k diagnostice mozkové smrti je taková, že tento syndrom provází masivní subarachnoideální krvácení s fatálními následky, a v rámci přednemocniční neodkladné péče je velmi snadno zaměnitelné s akutním koronárním syndromem. V systematickém review Pelliccia et al. (2015) jsou zahrnuty případy 1109 pacientů, u kterých se vyskytl tako-tsubo syndrom. Je nutné dodat, že ne všichni pacienti měli subarachnoideální krvácení, ale z textu je zřejmé, že se na vzniku zmiňovaného syndromu podílelo subarachnoideální krvácení z přibližně 2–4 % (Pelliccia et al., 2015). Samotná etiopatogeneze onemocnění není příliš známá a ze samotného počtu pacientů

s podezřením na akutní koronární syndrom tvoří tako-tsubo 1–2 % případů. Jako spouštěče bývají označovány fyzické a emocionální faktory a ze studie Arcariho et al. (2022) vyplývá, že se jedná majoritně o ženy. Průběh je popsán jako náhlé vyplavení katecholaminů do krevního oběhu, které zapříčiní vznik bolesti na hrudi, dušnosti či synkopy. V pojetí teorie Pellicia et al. (2015) za daný stav mohou neurotransmitery sympatiku a katecholaminy působí jen jako kompenzační mechanismy. Stav může i na EKG imitovat akutní infarkt myokardu a vést pacienta až do kardiogenního šoku. Ve většině případů je tento stav reverzibilní (Pellicia et al., 2015).

Z grafu 25 jsou zřejmé výsledky vlivu vzrůstající teploty, kde je nejčastěji uvedena správná odpověď *o 10–15 %* 29,1 % dotazovaných (46 respondentů). Je potřebné zmínit, že odpovědi *o 5–10 %, o 20–25 % a nevím,* měly také významné zastoupení nad úrovní 20 %. I Barťůňek et al. (2016) potvrzují, že s každým stupněm Celsia, o který se zvýší tělesná teplota pacienta, dochází k nárůstu metabolických požadavků mozkové tkáně, procentuálně je hodnota stanovena na 10–15 %. I Wettervik et al. (2021) ve své studii uvádějí, že je nutné aktivně léčit hypertermii a předejít horečnatým epizodám, neboť v jejich pojetí sice zvýšená teplota nemá vliv na zvyšování ICP, ale má zcela zásadní vliv na možný rozvoj sekundárního poškození. Za zmínku stojí, že bylo výzkumu podrobeno 114 pacientů se závažným poraněním mozku, u kterých bylo zjištěno, že v průběhu epizod zvýšené tělesné teploty, byly detekovány v mozkové tkáni markery ischemie. Avšak je velmi zajímavé, že u těchto pacientů nebyl zaznamenán, oproti pacientům bez zvýšené tělesné teploty rozdílný neurologický outcome (Wettervik et al., 2021). Tomek (2018) navíc doporučuje primárně farmakologické řešení, tedy podávání antipyretik. Pokud by organismus na antipyretika nereagoval, doporučuje pacienta aktivně ochlazovat na fyziologickou hodnotu a zároveň zdůrazňuje, že je nezbytné zabránit vzniku hypotermie pacienta, neboť ta, stejně jako hypertermie, způsobuje zhoršování stavu pacienta a výrazným způsobem se podílí na morbiditě a především mortalitě daného primárního onemocnění.

Druhým zvoleným cílem bylo *zjistit, zda sestry a zdravotničtí záchranáři na anesteziologicko-resuscitačním oddělení znají postupy neuromonitorace*. Pro tento cíl byl zvolený předpoklad pojat z pohledu nových neuromonitoračních metod v závislosti na dosaženém vzdělání. Předpoklad byl, že *znalosti v oblasti nových monitoračních technik (mikrodialýza, škála FOUR) se liší dosaženým vzděláním sester a*

zdravotnických záchranářů. Statistickým šetřením byla pro vztah mezi nejvyšším dosaženým vzděláním a znalostmi respondentů prokázána významná souvislost ($p<0,001$). Hypotéza 3 byla *potvrzena*. Je zde tedy platná přímá úměrnost, tj. čím vyšší vzdělání respondenta, tím vyšší znalosti v oblasti neuromonitoračních technik.

V rámci nestandardizovaného dotazníku byly novým neuromonitoračním metodám věnovány otázky 15, 17, 22 a 23. Respondenti byly dotazováni na škálu hodnotící vědomí FOUR, Neurological Pupil index, mikrodialýzu a markery ischemie hodnocené pomocí mikrodialýzy.

Na otázku 15 týkající se škály FOUR, která zjišťovala úroveň vědomí pacienta, který nemůže adekvátně verbálně odpovědět, například z důvodu tracheostomie, správně odpovědělo 51,3 % dotazovaných (81 respondentů) (Graf 15). V pořadí na druhém místě odpovědělo 40,5 % dotazovaných (64 respondentů) *nevím.* Z našeho pohledu se jedná o potěšující výsledky, neboť skóre FOUR je zatím poměrně málo rozšířená metoda hodnocení poruchy vědomí, která je ale oproti GCS přesnější a získané hodnoty jsou validnější, což potvrzují Bajrami et al. (2024). Nicméně Musthafa et al. (2024) ve své kvantitativní studii uvádějí, že hodnoty GCS a FOUR jsou srovnatelné v případě, že pacient z důvodu poruchy vědomí není schopen verbální odpovědi.

Mechanické měření reaktivity zornic za využití přístroje Pupilometr zjišťovala otázka 17. Konkrétně bylo dotazováno, co znamená hodnota NPi. Na tuto otázku správně odpovědělo 41,8 % dotazovaných (66 respondentů) (Graf 17), kteří uvedli, že *hodnota udává rychlost konstrikce a dilatace zornice na osvit. Nevím* odpovědělo 48 respondentů (30,4 %) a *rozdíl reaktivity obou zornic* označilo 25,3 % dotazovaných (40 respondentů). Využití a správné vyhodnocení zná necelá polovina respondentů, nicméně získané výsledky našeho výzkumného šetření napovídají o faktu, že pupilometrie začíná být stále častěji využívána. Vyšetření pupilometrem se v posledních letech na jednotkách intenzivní péče rozšiřuje, a při správném použití přístroje, jsou získané hodnoty relevantní. V této souvislosti se nabízí zmínit, že Vrettou et al. (2024) ve své studii označují přístrojovou pupilometrii, potažmo NPi, za biomarker s dobrou prognostickou hodnotou.

Využití mikrodialýzy se věnovala otázka 22 (Graf 22). Správně odpovědělo 55,7 % dotazovaných (88 respondentů), což bylo překvapivé zjištění, jelikož se jedná o

poměrně málo rozšířenou monitorovací metodu, což dokládají i Paiva et al. (2024). Výsledky našeho šetření ukázaly, že druhou nejčastější odpovědí bylo *nevím*, kterou označilo 58 respondentů (36,7 %). Hlubší analýzou byly zjišťovány *standardní markery ischemie sledované mikrodialýzou.* Z výsledků vyplynulo, že nejvíce zastoupena byla odpověď *nevím* 57 % (90 respondentů). Správné odpovědi, že *markery ischemie jsou laktát, pyruvát a jejich poměr* byly zastoupeny 56 respondenty (35,4 %). Z těchto výsledků lze usuzovat, že z 88 respondentů znajících mikrodialýzu má hlubší znalosti 63,64 % z nich. Z grafu 24 je zřejmé, s jakou další monitorovací metodou je mikrodialýza nejčastěji na daném pracovišti kombinována. Dle našeho očekávání bylo nejčastější odpovědí *nevím*, zastoupené 54,4 % (86 respondentů). *ICP čidlo* uvedlo 40,5 % dotazovaných (64 respondentů) a variantu *pupilometrii* 5,1 % dotazovaných (8 respondentů). Jak již bylo v teoretické části práce uvedeno, mikrodialýza má být součástí duální nebo multimodální neuromonitorace. Stovell et al. (2023) navíc uvádějí, že mikrodialýza bývá nejčastěji použita v kombinaci s ICP monitorací a současně se sledováním stavu zornic.

Třetím stanoveným cílem bylo *zjistit, zda jsou dodržovány doporučené postupy v rámci neuromonitorace v intenzivní péči.* K tomuto cíli byl stanoven výzkumný předpoklad, že *sestry a záchranáři dodržují doporučené postupy v oblasti neuromonitorace v intenzivní péči.* Z celkového počtu 158 respondentů, 46 % prokázalo dostatečné znalosti. Tento podíl byl vyhodnocen binomickým testem proti teoretickému podílu 50 %. Dosažená hladina významnosti dokazuje nevýznamný rozdíl pozorovaného podílu od očekávaných 50 %. Můžeme tedy tvrdit, že polovina respondentů má dostatečné znalosti pro to, aby mohla dodržovat doporučené postupy v rámci neuromonitorace, tudíž je hypotéza 4 *potvrzena*.

Aktuálním doporučeným postupům se věnují výsledky znázorněné v grafu 9, 12, 13 a 14. Výsledek pojednávající o *poloze pacienta při zavádění ICP čidla a poté* přinesla správně označená odpověď *poloha pacienta by měla být vleže na zádech s čelem lůžka 30 až 45 stupňů,* na kterou správně odpovědělo 72,2 % dotazovaných (114 respondentů). Jedná se o potěšující výsledky, neboť z textů Walshe et al. (2024) je zřejmé, že vyvýšená poloha trupu napomáhá k udržování optimální hodnoty ICP, a zároveň napomáhá k lepší drenáži tekutin z lebeční dutiny. Figueiredo et al. (2024) navíc doplňují, že tato ošetřovatelská intervence působí preventivně vůči riziku vzniku

sekundárního poškození mozku. Graf 12 představuje výsledky *doporučeného postupu při zavádění invazivní monitorace.* Správnou odpovědí byla možnost *lékař provede dezinfekci a zarouškování operačního pole, poté se provádí aplikace monitorovací techniky (katetru), provede se fixace katetru stehy, následuje opět dezinfekce a sterilní ošetření katetru. Po výkonu je vhodné ponechat sterilní krytí na operační ráně.* Správně odpovědělo 39,2 % dotazovaných, tedy 62 respondentů (Graf 12). Méně potěšující výsledky, 54 respondentů (34,2 %), přinesla odpověď *lékař provede dezinfekci a zarouškování operačního pole, poté se provádí aplikace monitorovací techniky (katetru), již se neprovádí fixace katetru stehy z důvodu vzniku infekce, následuje opět dezinfekce a sterilní ošetření katetru. Po výkonu je vhodné ponechat sterilní krytí na operační ráně.* Jak uvádí Horáčková et al. (2018), doporučeným postupem při kanylaci invazivních žilních vstupů je kladen důraz na nevyužívání fixace stehy, což je pravděpodobně důvodem odpovědi 54 respondentů (34,2 %) (Graf 12). Současně však Horáčková et al. (2018) doplňují, že v případě invazivní monitorace je fixace stehy doporučována, jelikož dislokace katetru může negativně ovlivnit získané hodnoty. Na riziko dislokace katetru upozorňují ve své systematické review i Pinheiro Guimaraes a Fonseca de Cruz (2023) a zároveň doplňují důležitost aseptického ošetřování vstupu katetru do tkáně.

Na problematiku ošetřování invazivních vstupů se vztahují výsledky uvedené v grafu 13, zabývající se *doporučeným postupem pro přípravu místa zavedení invazivního katetru,* kde je zřejmá odpověď 74 respondentů (46,7 %) *nevím*. Správně *pokožku očistěte roztokem > 0,5% chlorhexidinu s alkoholem, v případě kontraindikace chlorhexidinu může být jako alternativa použita jodová tinktura, jodofor, nebo 70% alkohol,* odpovědělo 26,6 % dotazovaných (42 respondentů). 15,2 % dotazovaných jako alternativu chlohexidinu uvedlo *80% alkohol* (Graf 13). Nabízí se zmínit, že v doporučených postupech je uvedena i možnost použití 2% chlorhexidinu, širokospektrého antibakteriálního přípravku, který je vhodný pro každodenní péči o kůži ke snížení rizika infekce (Horáčková et al., 2018).

Neméně důležitými doporučenými postupy jsou i *režimová opatření při převazech,* kterým se věnovala otázka 14 (Graf 14). Naprostá většina respondentů (87,3 %) správně označila nesprávnou odpověď, že *při využití gázového krytí se provádí převaz místa každé 4 hodiny.* Z našeho hlediska se jedná o zarážející výsledek, neboť i Kapounová

(2020) zmiňuje převaz místa při využití gázového krytí, pokud je rána klidná, jedenkrát za 24 hodin. Za zmínku stojí i možnost převazu dokonce až po 48 hodinách, kterou uvádí Horáčková et al. (2018). Navíc texty publikací Kapounové (2020) a Horáčkové et al. (2018) se shodují, že pokud místo zavedení krvácí, či mokvá, je nutné interval převazu zkrátit dle potřeby.

V péči o pacienta v kritickém stavu by nemělo být opomenuto vnímání vlastní role pečujících sester a zdravotnických záchranářů. Nejčastěji (46,8 %) byla zastoupena odpověď, že *spolu s lékaři pracujeme jako jeden tým.* Odpověď, že *pracujeme jako jednotlivci, a každý vykonává svou úlohu* uvedlo 24,1 % dotazovaných (38 respondentů) (Graf 26). *Jako tým pracujeme v nelékařském kolektivu* uvedlo 46 respondentů (19,1 %). V této souvislosti se nabízí upozornit, že role sestry a zdravotnického záchranáře se v posledních desetiletích výrazně proměnily. Z primárně ošetřovatelky se skrze vzdělávání proměnila ve vzdělaného odborníka. Nároky na sesterskou profesi jsou kladeny stále na vyšší pozice a činnost sestry, ale i zdravotnického záchranáře mnohdy nahrazuje přítomnost lékaře. I Baek et al. (2023) zmiňují, že sestra je rovnocennou členkou nemocničního multidisciplinárního týmu, který se věnuje péči a léčbě pacienta. Neméně důležité je i fungování týmové práce v rámci poskytování intenzivní péče, což přináší nejen benefit pro pacienta z hlediska poskytování adekvátní péče, ale i pro lékařský a nelékařský personál příjemnějšího a důvěryhodného prostředí (Nobahar et al., 2023).

Ruku v ruce s nároky kladenými na práci sester a zdravotnických záchranářů je již zmiňovaná důležitost jejich vzdělávání. Z pohledu Fooa et al. (2019) vzdělání sester musí být postaveno na nejnovějších získaných poznatcích odborníků a zároveň musí být kladen důraz na uplatnění v praxi, aby byla sestra schopna poskytovat kvalitní, bezpečnou a holistickou péči o pacienta. Studenti mají být systematicky připravováni na další vzdělávání ve svém oboru, doplňováním a rozšiřováním si vzdělání, podílením se na klinických výzkumech a mít získanou schopnost kriticky třídit, hodnotit a využívat nové poznatky. S tím souhlasí i texty Olson et al. (2021), kteří doplňují, že podílení se na výzkumu ve zdravotnictví napomáhá dosahovat sestrám vyšší úrovně vzdělání, respektu a zároveň jim přidává větší odpovědnost. Z textů autorů analyzovaných studií lze sledovat, že výše zmíněné aktivity v klinické praxi dodávají sestrám možnost

působení v profesi, která díky svým vědeckým aktivitám vytváří obor s vlastními jedinečnými znalostmi a dovednostmi, a který je globálně uznáván.

6 Závěr

Předložená diplomová práce se věnovala problematice neuromonitorace využívané u nemocného v kritickém stavu. Stanovené cíle byly dosaženy analýzou výsledků dotazníkového šetření sester a zdravotnických záchranářů. Hlavními sledovanými parametry byly vztahy mezi znalostmi respondentů a jejich věkem, nejvyšším dosaženým vzděláním a celkovou délkou praxe a praxí v intenzivní péči. Na kvantitativním výzkumném šetření se podíleli sestry se specializací v intenzivní péči a bez specializace a zdravotničtí záchranáři z prostředí intenzivní péče, konkrétně anesteziologicko-resuscitačního oddělení.

Z výzkumného šetření vyplynulo, že vztahy mezi znalostmi a nejvyšším dosaženým vzděláním spolu souvisí, přičemž respondenti s vyšším vzděláním dosahovali výrazně lepších výsledků v dotazníkovém šetření. Neparametrickou korelací byl též prokázán vztah mezi znalostmi a celkovou délkou praxe a praxí v intenzivní péči. Naopak prokázán nebyl vztah mezi věkem respondentů a jejich znalostmi. Z analýzy výzkumného šetření dále vyplynulo, že více než 50 % respondentů má dobré znalosti týkající se doporučených postupů v péči o nemocného v kritickém stavu s využitím neuromonitoračních technik.

Práce sester a zdravotnických záchranářů na pracovištích, které se zabývají neurointenzivní péčí, si vyžaduje nejen dobrou znalost zmiňované problematiky, ale také snahu sester a zdravotnických záchranářů se v této zajímavé a vysoce náročné práci dále vzdělávat a udržovat rychlý krok, kterým se neurointenzivní péče a neurointenzivní monitorace posouvá kupředu. Vhodné je specializační vzdělávání v anesteziologické, resuscitační a intenzivní péči, neboť je známo, že je to jakýsi standard pro péči o pacienta v kritickém stavu.

Neuromonitorace a péče o pacienta v kritickém stavu v neurointenzivní péči je velmi specifická. V této souvislosti se nabízí, na základě zrealizovaného výzkumného šetření, zvážit začlenění neurointenzivní péče do vzdělávání, a to buď do vzdělávání specializačního nebo prostřednictvím certifikovaných kurzů, kterými by si sestry a zdravotničtí záchranáři mohli upevňovat dříve získané znalosti a dovednosti a zároveň se získávat povědomí o nových trendech v neuromonitoračních metodách. Zvláště

v kontextu, kdy pracovníci oborových jednotek intenzivní péče pečují o pacienty v kritickém stavu, kteří vyžadují ventilační a oběhovou podporu a neuromonitorace se ukazuje jako stěžejní součástí péče o pacienta.

7 Seznam použitých zdrojů

1. AMERICAN COLLEGE OF SURGEONS, 2018. *ATLS - Advanced Trauma Life Support*. 10. vydání. USA. 420 s. ISBN 78-0-9968262-3-52.
2. AMIRTHARAJ, A.D. et al., 2023. Comparison of Full Outline of Unresponsiveness (FOUR) and Glasgow Coma Scale (GCS) in Determining Outcome among Patients in Critical Care Units – A Prospective Study: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019. *International Journal of Nutrition, Pharmacology, Neurological Diseases* [online]. 13(3), 145-151 [cit. 2023-8-5]. ISSN 2231-0738. Dostupné z: https://journals.lww.com/10.4103/ijnpnd.ijnpnd_6_23
3. ANESTIS, D.M. et al., 2020. The current significance of the FOUR score: A systematic review and critical analysis of the literature. *Journal of the Neurological Sciences* [online]. 409(3), 145-151 [cit. 2023-10-5]. ISSN 0022510X. Dostupné z: https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022510X19323652
4. *Anglicko-český výkladový slovník*, 1998. Praha: Nakladatelství Lidové noviny. ISBN 80-710-6304-5.
5. ARCARI, L. et al., 2022. Pathophysiology of Takotsubo Syndrome: a clinical overview. *Journal of the American College of Cardiology* [online]. 79(21), 2426-2441 [cit. 2023-5-5]. ISSN 07351097. Dostupné z: https://www.ahajournals.org/doi/10.1161/CIRCULATIONAHA.116.027121
6. BADENES, R. et al., 2017. *Hemoglobin Concentrations and RBC Transfusion Thresholds in Patients with Acute Brain Injury: an International Survey* [online]. Critical care. [cit. 2022-08-09]. 21(1), pp. 1-10. ISSN 1364-8535. Dostupné z DOI: http://dx.doi.org/10.1186/s13054-017-1748-4
7. BAEK, H. et al., 2023. Nursing teamwork is essential in promoting patient-centered care: a cross-sectional study. *BMC Nursing* [online]. 22(1) [cit. 2023-10-5]. ISSN 1472-6955. Dostupné z: https://bmcnurs.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12912-023-01592-3
8. BAIG, Z. et al., 2024. Accuracy of Treatment Recommendations by Pragmatic Evidence Search and Artificial Intelligence: An Exploratory Study. *Diagnostics* [online]. 14(5), 1477-1494 [cit. 2023-10-6]. ISSN 2075-4418. Dostupné z: https://www.mdpi.com/2075-4418/14/5/527

9. BAJRAMI, A. et al., 2024. A comparison of Full Outline of UnResponsiveness (FOUR) score with Glasgow Coma Scale (GCS) in predicting outcomes among patients with acute stroke patients in neurointensive care unit: A single-center prospective observational study. *Turkish Journal of Cerebrovascular Diseases* [online]. Cham: Springer International Publishing, 30(1), 30-38 [cit. 2023-11-30]. Hot Topics in Acute Care Surgery and Trauma. ISSN 1301-1375. Dostupné z: https://journals.lww.com/10.4103/jpcc.jpcc_98_23
10. BAREHAM, C.A. et al., 2020. Bedside EEG predicts longitudinal behavioural changes in disorders of consciousness. *NeuroImage: Clinical* [online]. 28 [cit. 2023-11-8]. ISSN 22131582. Dostupné z: https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2213158220302096
11. BARRATT, H. et al., 2010. *The Implications of the NICE Guidelines on Neurosurgical Management for All Severe Head Injuries: Systematic Review* [online]. Emergency Medicine Journal. [cit. 2022-08-10]. 27(3), pp. 173-178. ISSN 1472-0205. Dostupné z DOI: http://dx.doi.org/10.1136/emj.2009.075382
12. BARTŮNĚK, P. et al., 2016. *Vybrané kapitoly z intenzivní péče*. Praha: Grada. 752 s. ISBN 978-80-247-4343-1.
13. BENSAIDANE, M. R. et al., 2020. *Neuromonitoring With Near-Infrared Spectroscopy (NIRS) in Aneurysmal Subarachnoid Haemorrhage: a Systematic Review Protocol* [online]. BMJ Open. [cit. 2022-8-13]. 10(11). ISSN 2044-6055. Dostupné též z: https://bmjopen.bmj.com/lookup/doi/10.1136/bmjopen-2020-043300
14. BIABANI, M. et al., 2019. Characterizing and minimizing the contribution of sensory inputs to TMS-evoked potentials: A call for data sharing, standard procedures and effective experimental control. *Brain Stimulation* [online]. 12(6), 1537-1552 [cit. 2023-11-9]. ISSN 1935861X. Dostupné z: https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1935861X19302931
15. BODART, O. et al., 2017. Measures of metabolism and complexity in the brain of patients with disorders of consciousness: A call for data sharing, standard procedures and effective experimental control. *NeuroImage: Clinical* [online].

14(6), 354-362 [cit. 2023-11-30]. ISSN 22131582. Dostupné z: https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2213158217300360

16. BOWER, M.M. et al., 2021. Quantitative Pupillometry in the Intensive Care Unit: Screening, Prevention, and Management. *Journal of Intensive Care Medicine* [online]. Cham: Springer International Publishing, 36(4), 383-391 [cit. 2023-11-5]. Acta Neurochirurgica Supplement. ISSN 0885-0666. Dostupné z: http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0885066619881124
17. BURTON, E. et al., 2022. A Trial of Intracranial-Pressure Monitoring in Traumatic Brain Injury: a randomised controlled trial evaluating the effect of a multimodal exercise programme on physical performance, falls, quality of life and cognition for people with mild cognitive impairment—study protocol. *BMJ Open* [online]. Cham: Springer International Publishing, 2022-04-12, 12(4), 2471-2481 [cit. 2023-11-22]. Acta Neurochirurgica Supplement. ISSN 2044-6055. Dostupné z: https://bmjopen.bmj.com/lookup/doi/10.1136/bmjopen-2021-054725
18. CARDIM, D. et al., 2016. *Non-invasive Monitoring of Intracranial Pressure Using Transcranial Doppler Ultrasonography: Is It Possible?* [online]. Neurocritical Care. [cit. 2022-8-13]. 25(3), pp. 473-491. ISSN 1541-6933. Dostupné též z: http://link.springer.com/10.1007/s12028-016-0258-6
19. CARPENTER, K. L. H. et al., 2017. *Advanced Monitoring in Traumatic Brain Injury* [online]. Current Opinion in Critical Care. [cit. 2022-08-15]. 23(2), pp. 103-109. ISSN 1070-5295. Dostupné z DOI: http://dx.doi.org/10.1097/MCC.0000000000000400
20. CARTERON, L. et al., 2017. *Cerebral Microdialysis Monitoring to Improve Individualized Neurointensive Care Therapy: An Update of Recent Clinical Data* [online]. Frontiers in Neurology. [cit. 2022-8-13]. 8. ISSN 1664-2295. Dostupné z: http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fneur.2017.00601/full
21. CASAROTTO, S. et al., 2022. The rt-TEP tool: real-time visualization of TMS-Evoked Potentials to maximize cortical activation and minimize artifacts. *Journal of Neuroscience Methods* [online]. 370 [cit. 2023-11-8]. ISSN 01650270. Dostupné z: https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0165027022000139

22. CERVANTES-ARSLANIAN, A.M. et al., 2022. *Critical Care Explorations* [online]. 4(4) [cit. 2023-11-8]. ISSN 2639-8028. Dostupné z: https://journals.lww.com/10.1097/CCE.0000000000000686
23. COURET, D. et al., 2016. Reliability of standard pupillometry practice in neurocritical care: an observational, double-blinded study. *Critical Care* [online]. Cham: Springer International Publishing, 20(1), 148-156 [cit. 2023-11-9]. Acta Neurochirurgica Supplement. ISSN 1364-8535. Dostupné z: http://ccforum.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13054-016-1239-z
24. CORRÊA, D.G. et al., 2022. The role of neuroimaging in the determination of brain death: a systematic review and meta-analysis. *Radiologia Brasileira* [online]. 55(6), 365-372 [cit. 2023-11-9]. ISSN 1678-7099. Dostupné z: https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1097664723011742
25. DULFER, S., 2023. *Optimising motor evoked potentials for spinal cord monitoring*. Groningen: University of Groningen. ISBN 9789464197990.
26. EIDEN, M. et al., 2019. *Discovery and Validation of Temporal Patterns Involved in Human Brain Ketometabolism in Cerebral Microdialysis Fluids of Traumatic Brain Injury Patients* [online]. EbioMedicine. [cit. 2022-08-15]. 44, pp. 607-617. ISSN 2352-3964. Dostupné z DOI: http://dx.doi.org/ 10.1016/j.ebiom.2019.05.054
27. FAKULTNÍ NEMOCNICE OSTRAVA, 2022. *Plán seminářů neurologické kliniky FNO* [online]. Ostrava [cit. 2022-8-15]. Dostupné z: https://www.fno.cz/neurologicka-klinika/plan-seminaru-neurologicke-kliniky-na-rok-2022
28. FARAGO, E. et al., 2023. A Review of Techniques for Surface Electromyography Signal Quality Analysis: From depth (needle) to surface: electromyography as a diagnostic tool in identifying neuromuscular changes associated with neurological disorders. *IEEE Reviews in Biomedical Engineering* [online]. 16(17), 472-486 [cit. 2023-11-5]. ISSN 1937-3333. Dostupné z: https://ieeexplore.ieee.org/document/9749945/
29. FEIGIN, V.L. et al., 2021. Neurologic Manifestations of Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2 Infection in Hospitalized Patients During the First Year of the COVID-19 Pandemic. *The Lancet Neurology* [online]. 20(10) [cit. 2023-11-9].

ISSN 14744422. Dostupné z: https://journals.lww.com/10.1097/CCE.0000000000000686

30. FIGUEIREDO, R. et al., 2024. Nursing Interventions to Prevent Secondary Injury in Critically Ill Patients with Traumatic Brain Injury: A Scoping Review. *Journal of Clinical Medicine* [online]. Cham: Springer International Publishing, 13(8), 73-75 [cit. 2023-11-29]. Hot Topics in Acute Care Surgery and Trauma. ISSN 2077-0383. Dostupné z: https://www.mdpi.com/2077-0383/13/8/2396
31. FRITZ, B.A. et al., 2016. Intraoperative Electroencephalogram Suppression Predicts Postoperative Delirium: a randomised controlled trial evaluating the effect of a multimodal exercise programme on physical performance, falls, quality of life and cognition for people with mild cognitive impairment—study protocol. *Journal of Neurosurgical Anesthesiology* [online]. Cham: Springer International Publishing, 122(1), 234-242 [cit. 2023-11-29]. Acta Neurochirurgica Supplement. ISSN 0003-2999. Dostupné z: https://journals.lww.com/00000539-201601000-00034
32. FOO, C.C. et al., 2019. The Relationship of the FOUR Score to Patient Outcome: A Systematic Review. *Journal of Neurotrauma* [online]. 2019-09-01, 36(17), 2469-2483 [cit. 2023-11-20]. ISSN 0897-7151. Dostupné z: https://www.liebertpub.com/doi/10.1089/neu.2018.6243
33. FORCIONE, M. et al., 2021. Mismatch between Tissue Partial Oxygen Pressure and Near-Infrared Spectroscopy Neuromonitoring of Tissue Respiration in Acute Brain Trauma: The Rationale for Implementing a Multimodal Monitoring Strategy. *International Journal of Molecular Sciences* [online]. 22(3) [cit. 2023-11-5]. ISSN 1422-0067. Dostupné z: https://www.mdpi.com/1422-0067/22/3/1122
34. GALKOVÁ, K., 2015. *Laktát–marker metabolického stresu pacientov s kritickým ochorením* [online]. Anesteziol Intenzivna Med. [cit. 2022-08-10]. 4(1), pp. 8-11. Dostupné z: https://www.solen.sk/storage/file/article/0ae57d792ee6bbf9d72a07232a733396.pdf
35. GODAU, J. et al., 2022. Automated Pupillometry for Assessment of Treatment Success in Nonconvulsive Status Epilepticus: Screening, Prevention, and Management. *Neurocritical Care* [online]. Cham: Springer International Publishing, 36(1), 148-156 [cit. 2023-9-5]. Acta Neurochirurgica Supplement. ISSN 1541-6933. Dostupné z: https://link.springer.com/10.1007/s12028-021-01273-6

36. GOMEZ, A. et al., 2021. Near Infrared Spectroscopy for High-Temporal Resolution Cerebral Physiome Characterization in TBI: A Narrative Review of Techniques, Applications, and Future Directions. *Frontiers in Pharmacology* [online]. Cham: Springer International Publishing, 2021-11-5, 12(5), 243-247 [cit. 2023-9-5]. Acta Neurochirurgica Supplement. ISSN 1663-9812. Dostupné z: https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fphar.2021.719501/full
37. GREER, J.S. et al., 2022. Improved catheter tracking during cardiovascular magnetic resonance-guided cardiac catheterization using overlay visualization: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Cardiovascular Magnetic Resonance* [online]. 24(1), 1257-1264 [cit. 2023-9-11]. ISSN 10976647. Dostupné z: https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1097664723011742
38. HEJČL, A. et al., 2013. *Význam a možnosti vyšetřování metabolismu mozku pomocí mikrodialýzy v neurointenzivní péči*. Klin. Biochem. Metabol. 21(42), pp. 13-20.ISSN 1210-7921.
39. HEJČL, A., SAMEŠ, M., 2009. *Mikrodialýza v neurochirurgii*. Cesk. Slov. Neurol. N. 72(105), pp. 511-517. ISSN: 1210-7859.
40. HELBOK, R. et al., 2017. *Clinical Use of Cerebral Microdialysis in Patients with Aneurysmal Subarachnoid Hemorrhage—State of the Art* [online]. Frontiers in Neurology. [cit. 2022-8-13]. 8. ISSN 1664-2295. Dostupné též z: http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fneur.2017.00565/full
41. HOH, B.L. et al., 2023. 2023 Guideline for the Management of Patients With Aneurysmal Subarachnoid Hemorrhage: A Guideline From the American Heart Association/American Stroke Association. *Stroke* [online]. Cham: Springer International Publishing, 54(7), 232-239 [cit. 2023-11-5]. Acta Neurochirurgica Supplement. ISSN 0039-2499. Dostupné z: https://www.ahajournals.org/doi/10.1161/STR.0000000000000436
42. HORÁČKOVÁ, K. et al., 2018. *Prevence infekcí ve vztahu k ošetřovatelské péči*. 1. Pardubice: Univerzita Pardubice. ISBN 978-80-7560-121-6.
43. HSU, C.-H. et al., 2023. Application of Pupillometry in Neurocritical Patients. *Journal of Personalized Medicine* [online]. 13(7) [cit. 2023-10-7]. ISSN 2075-4426. Dostupné z: https://www.mdpi.com/2075-4426/13/7/1100

44. CHESNUT, R.M. et al., 2012. A Trial of Intracranial-Pressure Monitoring in Traumatic Brain Injury: How much can we rely on transcranial Doppler. *New England Journal of Medicine* [online]. Cham: Springer International Publishing, 2012-12-27, 367(26), 2471-2481 [cit. 2023-11-6]. Acta Neurochirurgica Supplement.. ISSN 0028-4793. Dostupné z: http://www.nejm.org/doi/abs/10.1056/NEJMoa1207363
45. HUTCHINSON, P. J. et al., 2015. *Consensus Statement from the 2014 International Microdialysis Forum* [online]. Intensive Care Medicine. [cit. 2022-08-15]. 41(9), pp. 1517-1528. ISSN 0342-4642. Dostupné z DOI: http://dx.doi.org/10.1007/s00134-015-3930-y
46. JAHNS, F. P. et al., 2019. *Quantitative Pupillometry for the Monitoring of Intracranial Hypertension in Patients with Severe Traumatic Brain Injury* [online]. Critical Care. [cit. 2022-8-13]. 23(1). ISSN 1364-8535. Dostupné z: https://ccforum.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13054-019-2436-3
47. JONES, S. et al., 2017. *Brain Monitoring in Critically Neurologically Impaired Patients* [online]. International Journal of Molecular Sciences. [cit. 2022-8-13]. 18(1). ISSN 1422-0067. Dostupné též z: http://www.mdpi.com/1422-0067/18/1/43
48. KAPOUNOVÁ, G., 2020. *Ošetřovatelství v intenzivní péči*. 2. vydání. Praha: Grada. 404 s. ISBN 978-802-7101-306.
49. KARGIOTIS, O. et al., 2019. The Role of Transcranial Doppler Monitoring in Patients with Multi-Territory Acute Embolic Strokes: A Review. *Journal of Neuroimaging* [online]. Cham: Springer International Publishing, 29(3), 309-322 [cit. 2023-10-11]. Acta Neurochirurgica Supplement. ISSN 1051-2284. Dostupné z: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jon.12602
50. KELLER, E. et al., 2015. Detection of Delayed Cerebral Ischemia (DCI) in Subarachnoid Haemorrhage Applying Near-Infrared Spectroscopy: Elimination of the Extracerebral Signal by Transcutaneous and Intraparenchymatous Measurements in Parallel. *Neurovascular Events After Subarachnoid Hemorrhage* [online]. Cham: Springer International Publishing, 21(5), 243-247 [cit. 2023-11-9]. Acta Neurochirurgica Supplement. ISSN 1424-8220. Dostupné z: https://link.springer.com/10.1007/978-3-319-04981-6_41

51. KHAWAJA, A.M. et al., 2017. Continuous Electroencephalography (cEEG) Monitoring and Outcomes of Critically Ill Patients: A Guideline From the American Heart Association/American Stroke Association. *Medical Science Monitor* [online]. Cham: Springer International Publishing, 23(7), 649-658 [cit. 2023-10-11]. Acta Neurochirurgica Supplement. ISSN 1643-3750. Dostupné z: http://www.medscimonit.com/abstract/index/idArt/900826
52. KHO, Ch. M. et al., 2017. *A Review on Microdialysis Calibration Methods: the Theory and Current Related Efforts* [online]. Molecular Neurobiology. [cit. 2022-08-15]. 54(5), pp. 3506-3527. ISSN 0893-7648. Dostupné z DOI: http://dx.doi.org/10.1007/s12035-016-9929-8
53. KITTNAR, O., 2021. *Přehled lékařské fyziologie*. Praha: Grada. 336 s. ISBN 978-80-271-1025-4.
54. KO, T. S. et al., 2021. *Non-Invasive Diffuse Optical Neuromonitoring During Cardiopulmonary Resuscitation Predicts Return of Spontaneous Circulation* [online]. Scientific Reports. [cit. 2022-8-13]. 11(1). ISSN 2045-2322. Dostupné též z: http://www.nature.com/articles/s41598-021-83270-5
55. KOENIG, M. et al., 2018. *Microdialysis and Its Use in Behavioural Studies: Focus on Acetylcholine* [online]. Journal of Neuroscience Methods. [cit. 2022-08-15]. 300, pp. 206-215. ISSN 01650270. Dostupné z DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.jneumeth.2017.08.013
56. KORBAKIS, G., VESPA, P. M., 2017. *Multimodal Neurologic Monitoring* [online]. Critical Care Neurology Part I Elsevier. [cit. 2022-8-13]. 32(1), pp. 91-105. ISSN 1559-7768. Dostupné z: https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780444636003000064
57. KUMAR, G. et al., 2016. Vasospasm on transcranial Doppler is predictive of delayed cerebral ischemia in aneurysmal subarachnoid hemorrhage: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Neurosurgery* [online]. 124(5), 1257-1264 [cit. 2023-11-0]. ISSN 0022-3085. Dostupné z: https://thejns.org/view/journals/j-neurosurg/124/5/article-p1257.xml
58. KURTZ, P. et al., 2010. *Anemia is Associated with Metabolic Distress and Brain Tissue Hypoxia After Subarachnoid Hemorrhage* [online]. Neurocritical Care. [cit.

2022-08-15]. 13(1), pp. 10-16. ISSN 1541-6933. Dostupné z DOI: http://dx.doi.org/10.1007/s12028-010-9357-y

59. LIVESAY, S.L., 2016. The Bedside Nurse. *Critical Care Nursing Clinics of North America* [online]. 28(1), 1-8 [cit. 2023-11-30]. ISSN 08995885. Dostupné z: https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S089958851500101X
60. MAHAJAN, C. et al., 2018. Cerebral microdialysis: an observational, double-blinded study. *Journal of Neuroanaesthesiology and Critical Care* [online]. Cham: Springer International Publishing, 2018-05-02, 02(03), 232-239 [cit. 2023-11-17]. Acta Neurochirurgica Supplement. ISSN 2348-0548. Dostupné z: http://www.thieme-connect.de/DOI/DOI?10.4103/2348-0548.165049
61. MAZYA, M.V. et al., 2018. Impact of Transcranial Doppler Ultrasound on Logistics and Outcomes in Stroke Thrombolysis: a clinical overview. *Stroke* [online]. 49(7), 1695-1700 [cit. 2023-11-9]. ISSN 0039-2499. Dostupné z: https://www.ahajournals.org/doi/10.1161/STROKEAHA.118.021485
62. MCNETT, M. et al., 2014. The FOUR Score and GCS as Predictors of Outcome After Traumatic Brain Injury. *Neurocritical Care* [online]. 21(1), 52-57 [cit. 2023-11-9]. ISSN 1541-6933. Dostupné z: http://link.springer.com/10.1007/s12028-013-9947-6
63. MIXA, V. et al., 2021. *Dětská přednemocniční a urgentní péče*. 2. vydání. Praha: Grada. 640 s. ISBN 978-80-271-3088-7.
64. MORTON, P.G., THURMAN, P., 2023. *Critical Care Nursing A Holistic Approach*. 12. vydání. United States of America: Wolters Kluwer Health. ISBN 9781975174453.
65. MUSTHAFA, S. et al., 2024. Utility of the Full Outline of UnResponsiveness score in children with altered sensorium: A single-center prospective observational study. *Journal of Pediatric Critical Care* [online]. Cham: Springer International Publishing, 11(2), 65-71 [cit. 2024-4-5]. Hot Topics in Acute Care Surgery and Trauma. ISSN 2349-6592. Dostupné z: https://journals.lww.com/10.4103/jpcc.jpcc_98_23
66. NAG, D. S. et al., 2019. *Intracranial Pressure Monitoring: Gold Standard and Recent Innovations* [online]. World Journal of Clinical Cases. [cit. 2022-8-13].

7(13), pp. 1535-1553. ISSN 2307-8960. Dostupné z: https://www.wjgnet.com/2307-8960/full/v7/i13/1535.htm

67. NOBAHAR, M. et al., 2023. The relationship between teamwork, moral sensitivity, and missed nursing care in intensive care unit nurses: a cross-sectional study. *BMC Nursing* [online]. 22(1) [cit. 2023-11-17]. ISSN 1472-6955. Dostupné z: https://bmcnurs.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12912-023-01400-y
68. NORDSTRÖM, C.-H. et al., 2022. Bedside interpretation of cerebral energy metabolism utilizing microdialysis in neurosurgical and general intensive care: an observational, double-blinded study. *Frontiers in Neurology* [online]. Cham: Springer International Publishing, 2022-8-10, 13(1), 148-156 [cit. 2023-11-30]. Acta Neurochirurgica Supplement. ISSN 1664-2295. Dostupné z: https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fneur.2022.968288/full
69. NWACHUKU, E.L. et al., 2015. Diagnostic Value of Somatosensory Evoked Potential Changes During Carotid Endarterectomy: From depth (needle) to surface: electromyography as a diagnostic tool in identifying neuromuscular changes associated with neurological disorders. *JAMA Neurology* [online]. 2015-01-01, 72(1), 472-486 [cit. 2023-11-30]. ISSN 2168-6149. Dostupné z: http://archneur.jamanetwork.com/article.aspx?doi=10.1001/jamaneurol.2014.3071
70. OLSON, D.W.M. et al., 2021. Nurses Do Not Need an Order to Assess the Patient. *Journal of Neuroscience Nursing* [online]. 53(4), 158-159 [cit. 2023-10-9]. ISSN 1945-2810. Dostupné z: https://journals.lww.com/10.1097/JNN.0000000000000597
71. PAIVA, W.S. et al., 2024. Future Directions: Multimodality Monitoring and Machine Learning. *Traumatic Brain Injury* [online]. Cham: Springer International Publishing, 13(2), 211-226 [cit. 2024-4-5]. Hot Topics in Acute Care Surgery and Trauma. ISSN 2077-0383. Dostupné z: https://link.springer.com/10.1007/978-3-031-50117-3_12
72. PATET, C. et al., 2015. *Neuroenergetic Response to Prolonged Cerebral Glucose Depletion After Severe Brain Injury and the Role of Lactate* [online]. Critical Care. [cit. 2022-08-15]. 19(1). ISSN 1364-8535. Dostupné z DOI: http://dx.doi.org/10.1186/cc14528

73. PEACOCK, S. H., TOMLINSON, A. D., 2018. *Multimodal Neuromonitoring in Neurocritical Care* [online]. AACN Advanced Critical Care. [cit. 2022- 08-14]. 29(2), pp. 183-194. ISSN 1559-7768. Dostupné z: http://acc.aacnjournals.org/lookup/doi/10.4037/aacnacc2018632.
74. PELLICCIA, F. et alar., 2017. Pathophysiology of Takotsubo Syndrome: a clinical overview. *Circulation* [online]. 2017-06-13, 135(24), 2426-2441 [cit. 2023-10-19]. ISSN 0009-7322. Dostupné z: https://www.ahajournals.org/doi/10.1161/CIRCULATIONAHA.116.027121
75. PÉREZ-OTAL, B. et al., 2022. Neuromonitoring depth of anesthesia and its association with postoperative delirium: a randomised controlled trial evaluating the effect of a multimodal exercise programme on physical performance, falls, quality of life and cognition for people with mild cognitive impairment—study protocol. *Scientific Reports* [online]. Cham: Springer International Publishing, 12(1), 234-242 [cit. 2023-11-9]. Acta Neurochirurgica Supplement. ISSN 2045-2322. Dostupné z: https://www.nature.com/articles/s41598-022-16466-y
76. PIECIAK, K. et al., 2023. Nurses' perceptions and use of near infrared spectroscopy in paediatric cardiac intensive care: A Review. *Nursing in Critical Care* [online]. 28(6), 1045-1052 [cit. 2023-11-19]. ISSN 1362-1017. Dostupné z: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/nicc.12861
77. PIERCE, Ch. F. et al., 2021. *Cerebral Microdialysis as a Tool for Assessing the Delivery of Chemotherapy in Brain Tumor Patients* [online]. World Neurosurgery. [cit. 2022-08-15]. 145, pp. 187-196. ISSN 1878-8750. Dostupné z DOI: http://dx.doi.org/ 10.1016/j.wneu.2020.08.161
78. PINHEIRO GUIMARÃES, M.A., FONSECA DA CRUZ, I.C., 2023, The importance of nursing care in monitoring intracranial pressure of critically ill patients – Sistematic Literature Review. *Journal of specialized nursing care* [online]. Brazil, 1 [cit. 2023-11-19]. Dostupné z: http://www.jsncare.uff.br/index.php/jsncare/article/view/3512/945
79. PONCETTE, A. S. et al., 2020. *Improvements in Patient Monitoring in the Intensive Care Unit: Survey Study* [online]. Journal of Medical Internet Research. [cit. 2022-8-13]. 22(6). ISSN 1438-8871. Dostupné též z: http://www.jmir.org/2020/6/e19091/

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

81. RAJAGOPALAN, S., SARWAL, A., 2023. Neuromonitoring in Critically Ill Patients. *Critical Care Medicine* [online]. 51(4), 525-542 [cit. 2023-4-24]. ISSN 0090-3493. Dostupné z: https://journals.lww.com/10.1097/CCM.0000000000005809

82. RAJAGOPALAN, A. et al., 2023. Predictors of cognitive changes in patients with schizophrenia undergoing electroconvulsive therapy: a randomised controlled trial evaluating the effect of a multimodal exercise programme on physical performance, falls, quality of life and cognition for people with mild cognitive impairment—study protocol. *PLOS ONE* [online]. Cham: Springer International Publishing, 2023-5-9, 18(5), 2471-2481 [cit. 2023-11-19]. Acta Neurochirurgica Supplement. ISSN 1932-6203. Dostupné z: https://dx.plos.org/10.1371/journal.pone.0284579

83. RAJAGOPALAN, S. et al., 2021. Physiological Signatures of Brain Death Uncovered by Intracranial Multimodal Neuromonitoring: a randomised controlled trial evaluating the effect of a multimodal exercise programme on physical performance, falls, quality of life and cognition for people with mild cognitive impairment—study protocol. *Journal of Neurosurgical Anesthesiology* [online]. Cham: Springer International Publishing, 33(4), 347-350 [cit. 2023-11-30]. Acta Neurochirurgica Supplement. ISSN 0898-4921. Dostupné z: https://journals.lww.com/10.1097/ANA.0000000000000672

84. RENGEL, K.F. et al., 2023. Perioperative Neurocognitive Disorders in Adults Requiring Cardiac Surgery: Screening, Prevention, and Management. *Seminars in Cardiothoracic and Vascular Anesthesia* [online]. Cham: Springer International Publishing, 27(1), 25-41 [cit. 2023-11-28]. Acta Neurochirurgica Supplement. ISSN 1089-2532. Dostupné z: http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/10892532221127812

85. ROMAGNOLI, S. et al., 2019. *Processed EEG Monitoring for Anesthesia and Intensive Care Practice* [online]. Minerva Anestesiologica. [cit. 2022-8-13]. 85(11). ISSN 0375-9393. Dostupné též z: https://www.minervamedica.it/index2.php?show=R02Y2019N11A1219
86. ROLDÁN, M. et al., 2021. Near-Infrared Spectroscopy (NIRS) in Traumatic Brain Injury (TBI): The Rationale for Implementing a Multimodal Monitoring Strategy. *Sensors* [online]. 21(5) [cit. 2023-10-18]. ISSN 1424-8220. Dostupné z: https://www.mdpi.com/1424-8220/21/5/1586
87. ROSTAMI, E., BELLANDER, B. M., 2011. *Monitoring of Glucose in Brain, Adipose Tissue, and Peripheral Blood in Patients with Traumatic Brain Injury: A Microdialysis Study* [online]. Journal of Diabetes Science and Technology. [cit. 2022-08-15]. 5(3), pp. 596-604. ISSN 1932-2968. Dostupné z DOI: http://dx.doi.org/10.1177/193229681100500314
88. SAMAGH, N. et al., 2019. Monitoring cerebral vasospasm: How much can we rely on transcranial Doppler. *Journal of Anaesthesiology Clinical Pharmacology* [online]. Cham: Springer International Publishing, 35(1), 1825-1843 [cit. 2023-11-18]. Acta Neurochirurgica Supplement. 0970-9185. Dostupné z: https://journals.lww.com/10.4103/joacp.JOACP_192_17
89. SANDRONI, C. et al., 2020. *Prediction of Poor Neurological Outcome in Comatose Survivors of Cardiac Arrest: a Systematic Review* [online]. Intensive Care Medicine. [cit. 2022-8-13]. 46(10), pp. 1803-1851. ISSN 0342-4642. Dostupné též z: http://link.springer.com/10.1007/s00134-020-06198-w
90. SANTAFÉ COLOMINA, M. et al., 2019. *Optimization of the Neurosurgical Patient in Intensive Care* [online]. Medicina Intensiva (English Edition). [cit. 2022-8-13]. 43(8), pp. 489-496. ISSN 21735727. Dostupné též z: https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2173572719301432
91. SARRAFZADEH, A. S. et al., 2002. *Bedside Microdialysis: A Tool to Monitor Cerebral Metabolism in Subarachnoid Hemorrhage Patients?* [online]. Critical Care Medicine. [cit. 2022-08-15]. 30(5), pp. 1062-1070. ISSN 0090-3493. Dostupné z DOI: http://dx.doi.org/10.1097/00003246-200205000-00018
92. SCARBORO, M., MCQUILLAN, K. A., 2021. *Traumatic Brain Injury Update* [online]. AACN Advanced Critical Care. [cit. 2022-8-13]. 32(1), pp. 29-50. ISSN

1559-7768. Dostupné též z: https://aacnjournals.org/aacnacconline/article/32/1/29/31390/Traumatic-Brain-Injury-Update

93. SCHMIDT, J. M. et al., 2011. *Cerebral Perfusion Pressure Thresholds for Brain Tissue Hypoxia and Metabolic Crisis After Poor-Grade Subarachnoid Hemorrhage* [online]. Stroke. [cit. 2022-08-15]. 42(5), pp. 1351-1356. ISSN 0039-2499. Dostupné z DOI: http://dx.doi.org/10.1161/STROKEAHA.110.596874
94. SCHÜLER, S.S. et al., 2021. The effect of ketamine on depth of hypnosis indices during total intravenous anesthesia—a comparative study using a novel electroencephalography case replay system: a randomised controlled trial evaluating the effect of a multimodal exercise programme on physical performance, falls, quality of life and cognition for people with mild cognitive impairment—study protocol. *Journal of Clinical Monitoring and Computing* [online]. Cham: Springer International Publishing, 35(5), 1027-1036 [cit. 2023-11-19]. Acta Neurochirurgica Supplement. ISSN 1387-1307. Dostupné z: https://link.springer.com/10.1007/s10877-020-00565-0
95. SINHA, N., PARNIA, S., 2017. *Monitoring the Brain After Cardiac Arrest: a New Era* [online]. Current Neurology and Neuroscience Reports. [cit. 2022-8-13]. 17(8). ISSN 1528-4042. Dostupné též z: http://link.springer.com/10.1007/s11910-017-0770-x
96. SINGH, R.E. et al., 2023. Editorial: From depth (needle) to surface: electromyography as a diagnostic tool in identifying neuromuscular changes associated with neurological disorders. *Frontiers in Human Neuroscience* [online]. 2023-6-7, 17(17), 2469-2483 [cit. 2023-11-28]. ISSN 1662-5161. Dostupné z: https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnhum.2023.1214106/fullfara
97. SPEARS, W. et al., 2022. Brain death: a clinical overview. *Journal of Intensive Care* [online]. 10(1), 1477-1494 [cit. 2034-11-16]. ISSN 2052-0492. Dostupné z: https://jintensivecare.biomedcentral.com/articles/10.1186/s40560-022-00609-4
98. SUKOVÁ, O., KNECHTOVÁ, Z., 2022. *Vybrané kapitoly z intenzivní ošetřovatelské péče.* Masarykova univerzita. 107 s. ISBN 978-80-280-0051-6.
99. ŠEBLOVÁ, J. et al., 2018. *Urgentní medicína v klinické praxi lékaře*. 2.vydání. Praha: Grada. 492 s. ISBN 978-80-271-0596-0.

100. ŠEBLOVÁ, J., MATĚJEK, J., 2023. *Etika urgentní medicíny z pohledu každodenní praxe*. Praha: Grada. ISBN 978-80-271-3007-8.

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

102. STOVELL, M.G. et al., 2023. An overview of clinical cerebral microdialysis in acute brain injury. *Frontiers in Neurology* [online]. 14 [cit. 2023-11-9]. ISSN 1664-2295. Dostupné z: https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fneur.2023.1085540/full

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

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

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

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

107. TORNÉ, R. et al., 2020. *Double Hemispheric Microdialysis Study in Poor-Grade SAH Patients* [online]. Scientific Reports. [cit. 2022-08-15]. 10(1). pp. 1-9. ISSN 2045-2322. Dostupné z: http://www.nature.com/articles/s41598-020-64543-x

108. TSENG, E. E. et al., 2010. *Glutamate Excitotoxicity Mediates Neuronal Apoptosis After Hypothermic Circulatory Arrest* [online]. The Annals of Thoracic Surgery. [2022-08-15]. 89(2), pp. 440-445. ISSN 0003-4975. Dostupné z DOI: http//dx.doi.org/10.1016/j.athoracsur.2009.10.059

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

110. VITT, J.R. et al., 2023. Multimodal and autoregulation monitoring in the neurointensive care unit. *Frontiers in Neurology* [online]. 14 [cit. 2023-11-5]. ISSN 1664-2295. Dostupné z: https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fneur.2023.1155986/full

111. Vyhláška Ministerstva zdravotnictví č. 55/2011 Sb., 2011, ze dne 1. března 2011, o činnostech zdravotnických pracovníků a jiných odborných pracovníků. [online]. [cit. 2022-08-15]. In: *Sbírka zákonů České republiky*, částka 20, s. 482-544. Dostupné z: http://aplikace.mvcr.cz/sbirkazakonu/GetAll.aspx

112. VOKURKA, M., HUGO, J., 2015. *Velký lékařský slovník*. 10. vydání. Praha: Maxdorf. 1113 s. ISBN 978-80-7345-456-2.

113. VRETTOU, C.S. et al., 2024. The Role of Automated Infrared Pupillometry in Traumatic Brain Injury: A Narrative Review. *Journal of Clinical Medicine* [online]. 13(2) [cit. 2024-4-5]. ISSN 2077-0383. Dostupné z: https://www.mdpi.com/2077-0383/13/2/614

114. WALSH, J. et al., 2024. Measuring Intracranial Pressure: Multimodality Monitoring and Machine Learning. *Critical Care Nurse* [online]. Cham: Springer International Publishing, 44(1), 73-75 [cit. 2024-4-5]. Hot Topics in Acute Care Surgery and Trauma. ISBN 978-3-031-50116-6. ISSN 0279-5442. Dostupné z: https://aacnjournals.org/ccnonline/article/44/1/73/32290/Measuring-Intracranial-Pressure

115. WARREN, A. et al., 2022. Early quantitative infrared pupillometry for prediction of neurological outcome in patients admitted to intensive care after out-of-hospital cardiac arrest: Screening, Prevention, and Management. *British Journal of Anaesthesia* [online]. Cham: Springer International Publishing, 128(5), 849-856 [cit. 2023-11-6]. Acta Neurochirurgica Supplement. ISSN 00070912. Dostupné z: https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S000709122200023X

116. WEIGL, W. et al., 2016. Application of optical methods in the monitoring of traumatic brain injury: A review. *Frontiers in Pharmacology* [online]. Cham: Springer International Publishing, 36(11), 1825-1843 [cit. 2023-9-7]. Acta Neurochirurgica Supplement. ISSN 0271-678X. Dostupné z: http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0271678X16667953

117. WETTERVIK, T.M. et al., 2021. Systemic Hyperthermia in Traumatic Brain Injury—Relation to Intracranial Pressure Dynamics, Cerebral Energy Metabolism, and Clinical Outcome: A single-center prospective observational study. *Journal of Neurosurgical Anesthesiology* [online]. Cham: Springer International Publishing, 33(4), 329-336 [cit. 2023-11-18]. Hot Topics in Acute Care Surgery and Trauma. ISSN 0898-4921. Dostupné z: https://journals.lww.com/10.1097/ANA.0000000000000695

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

119. YANG, Z.-K. et al., 2020. Vital Sign Detection during Large-Scale and Fast Body Movements Based on an Adaptive Noise Cancellation Algorithm Using a Single Doppler Radar Sensor: A review. *Sensors* [online]. Cham: Springer International Publishing, 20(15), 1825-1843 [cit. 2023-10-9]. Acta Neurochirurgica Supplement. ISSN 1424-8220. Dostupné z: https://www.mdpi.com/1424-8220/20/15/4183

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

121. *Zákon o darování, odběrech a transplantacích tkání a orgánů a o změně některých zákonů (transplantační zákon)*, 2002. In: *Zákony pro lidi* [online]. AION CS, [cit. 2023-03-19]. Dostupné z: https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2002-285

122. ZDRAVOTNĚ SOCIÁLNÍ FAKULTA JU ČB, 2022. *Specializace v ošetřovatelství* [online]. ZSF JCU ČB. [cit. 2022-08-03]. Dostupné z: https://www.zsf.jcu.cz/cz/prijimaci-zkousky/studijni-programy/studijni-program?program=2856&fbclid=IwAR2cyyAXr3-ngqQUfI5SZ-rumKxKmW-pbzbp_iv21uuKGKPNCgCHfVQFunY

123. ZEILER, F.A. et al., 2022. Cerebral Autoregulation Monitoring in Traumatic Brain Injury: An Overview of Recent Advances in Personalized Medicine. *Journal*

of Neurotrauma [online]. 39(21-22), 1477-1494 [cit. 2023-11-19]. ISSN 0897-7151. Dostupné z: https://www.liebertpub.com/doi/10.1089/neu.2022.0217

124. ZHENG, X. et al., 2020. Assessment of Human Visual Acuity Using Visual Evoked Potential: A Review. *Sensors* [online]. 20(19) [cit. 2023-11-8]. ISSN 1424-8220. Dostupné z: https://www.mdpi.com/2075-4426/13/7/1100

8 Seznam zkratek

ATLS	advanced trauma life support
AI	artificial intelligence
ARIP	anestezie, resuscitace a intenzivní péče
BIS	bispektrální index
CAM-ICU	The confusion assessment method for intensive care unit
cEEG	kontinuální elektroencefalografie
CEP	kognitivní evokované potenciály
CMP	cévní mozková příhoda
CNS	centrální nervová soustava
CO2	oxid uhličitý
CPP	cerebral perfusion pressure
CT	počítačová tomografie
ČR	Česká republika
EEG	elektroencefalografie
EKG	elektrokardiografie
EMG	elektromyelografie
EP	evokované potenciály
ERP	evokované potenciály vázané na události
FOUR	full outline of unresponsive
GCS	Glasgow coma scale
HHb	deoxyhemoglobin
HbO	oxyhemoglobin

HbT	celková koncentrace hemoglobinu
ICDSC	intensive care delirium screeniing checklist
ICP	intracranial pressure
JIP	jednotka intenzivní péče
kDa	kilodalton
LED	light emitting diode
MAP	střední arteriální tlak
mmHg	milimetry rtuťového sloupce
MMM	multimodal monitoration
MRC	medical research council
MRI	magnetic resonance imaging
NAEP	sluchové kmenové evokované potenciály
NIHSS	The National Institute of Health Stroke Scale
NIRS	near infrared spectroscopy
NPi	neurogical pupil index
OPCA	olivopontocerebelární atrofie
OPS	orthogonal polarization spectral imaging
paCO2	parciální tlak kyslíku
PbtO2	brain tissue oxygen
PGCS	paediatric glasgow coma scale
PLR	pupillary light reflex
PslCO2	sublinguální kapnometrie
PtiO2	tkáňová oxymetrie
SDF	sidestream field

SSEP	somato-senzorické evokované potenciály
SVjO2	jugulární oxymetrie
ZSF JU	Zdravotně sociální fakulta Jihočeské univerzity
ZZ	zdravotnický záchranář

9 Přílohy

Příloha 1 GCS

Příloha 2 Skóre FOUR

Příloha 3 Intrakraniální čidla

Příloha 4 „Přilba“ pro UZ systém

Příloha 5 NIRS

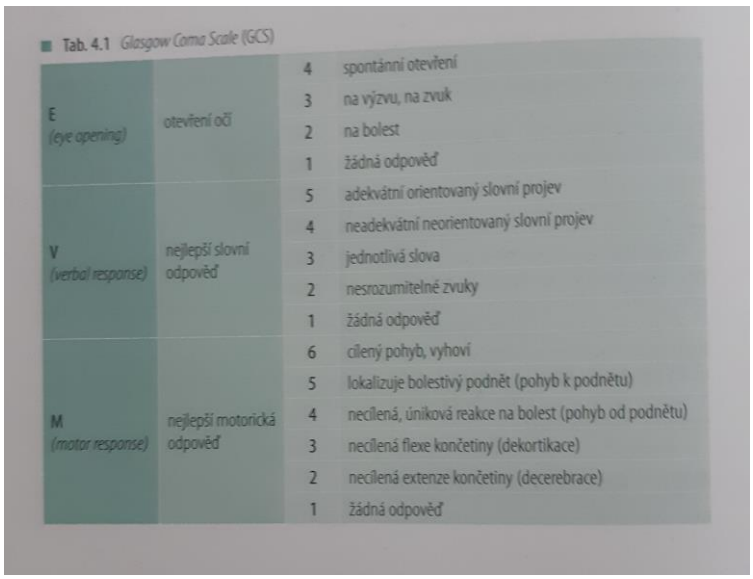
Příloha 6 Mikrodialýza

Příloha 7 Monitorovací tabulka mikrodialýzy

Příloha 8 EEG

Příloha 9 Dotazník

Příloha 1 GCS

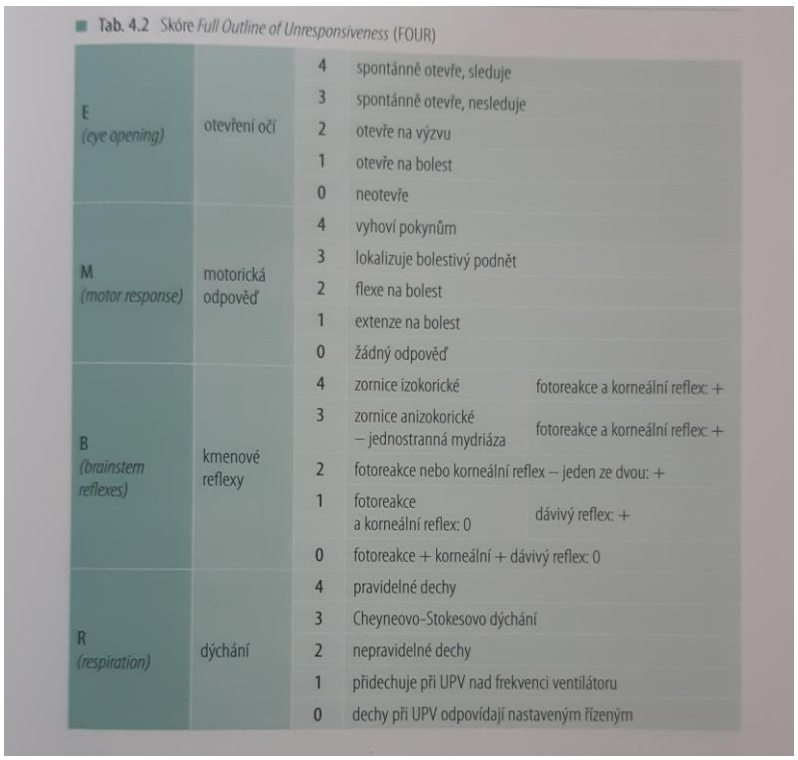


Tab. 4.1 *Glasgow Coma Scale (GCS)*

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

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

Příloha 2 Skóre FOUR

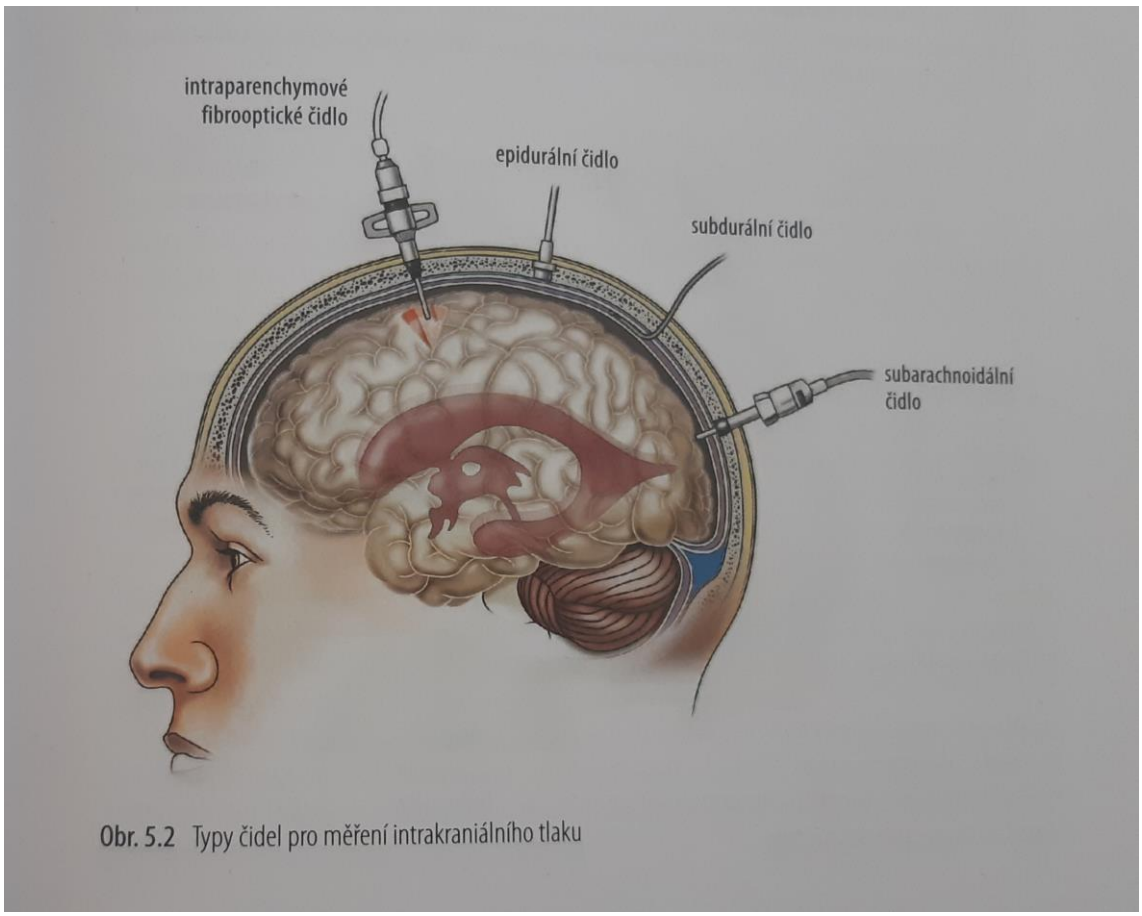


Tab. 4.2 Skóre *Full Outline of Unresponsiveness* (FOUR)

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

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

Příloha 3 Intrakraniální čidla



Obr. 5.2 Typy čidel pro měření intrakraniálního tlaku

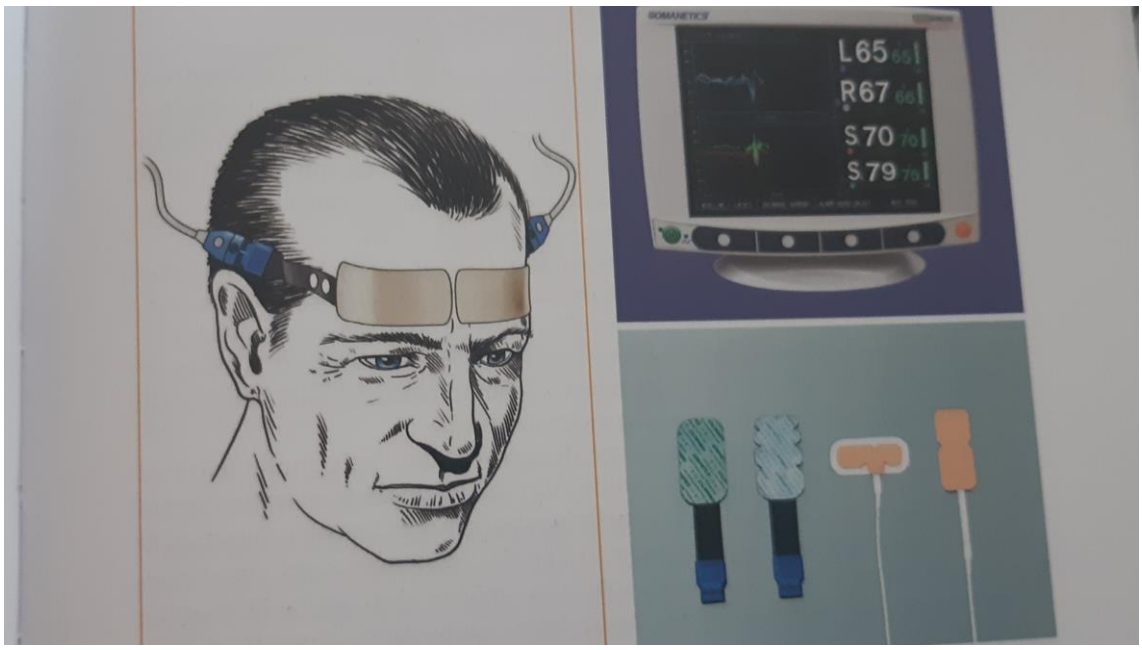
Zdroj: TYLL, T., et al., 2020. *Neuroanestezie a základy neurointenzivní péče*. 2. vydání. Praha: Maxdorf. 360 s. ISBN 978-80-7345-654-2.

Příloha 4 „Přilba“ pro UZ systém

Obr. 5.6 „Přilba“ pro robotický ultrazvukový systém

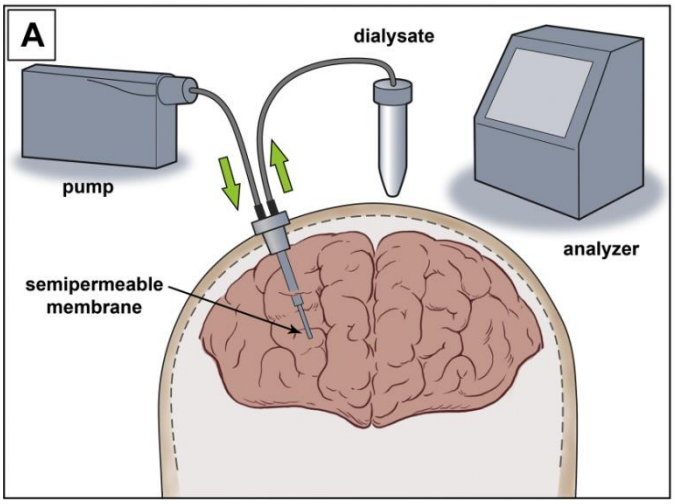
Zdroj: TYLL, T., et al., 2020. *Neuroanestezie a základy neurointenzivní péče*. 2. vydání. Praha: Maxdorf. 360 s. ISBN 978-80-7345-654-2.

Příloha 5 NIRS



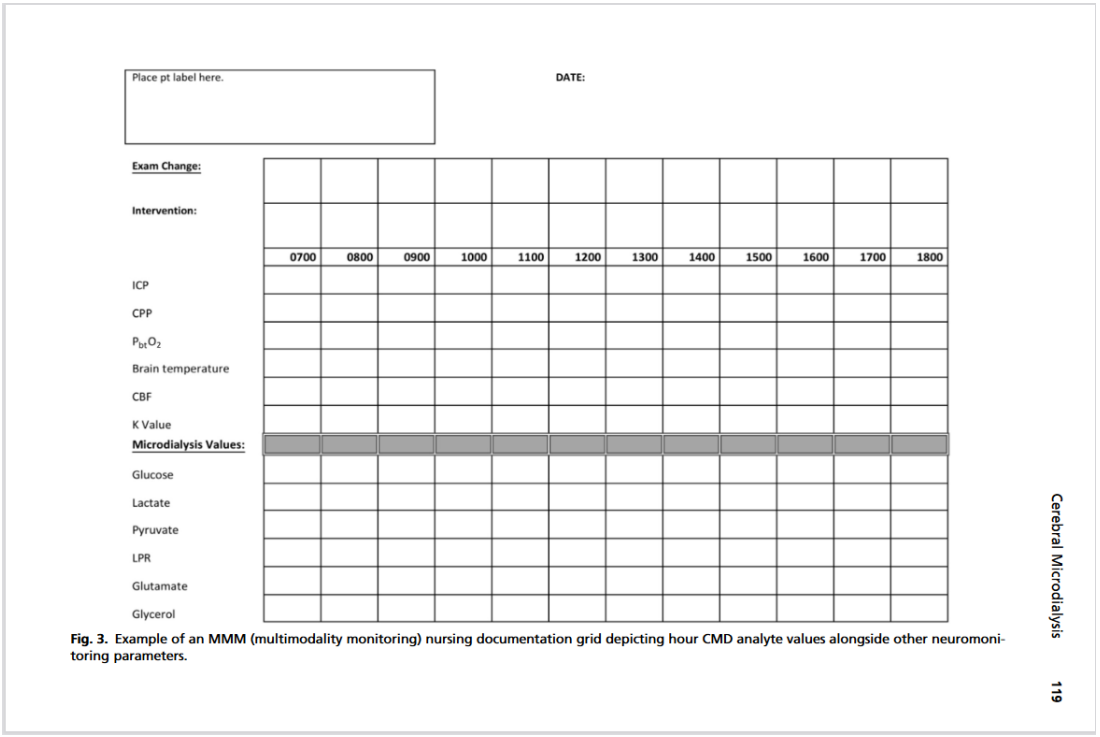
Zdroj: TYLL, T., et al., 2020. *Neuroanestezie a základy neurointenzivní péče*. 2. vydání. Praha: Maxdorf. 360 s. ISBN 978-80-7345-654-2.

Příloha 6 Mikrodialýza



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

Příloha 7 Tabulka na monitorování mikrodialýzy



Place pt label here.

DATE:

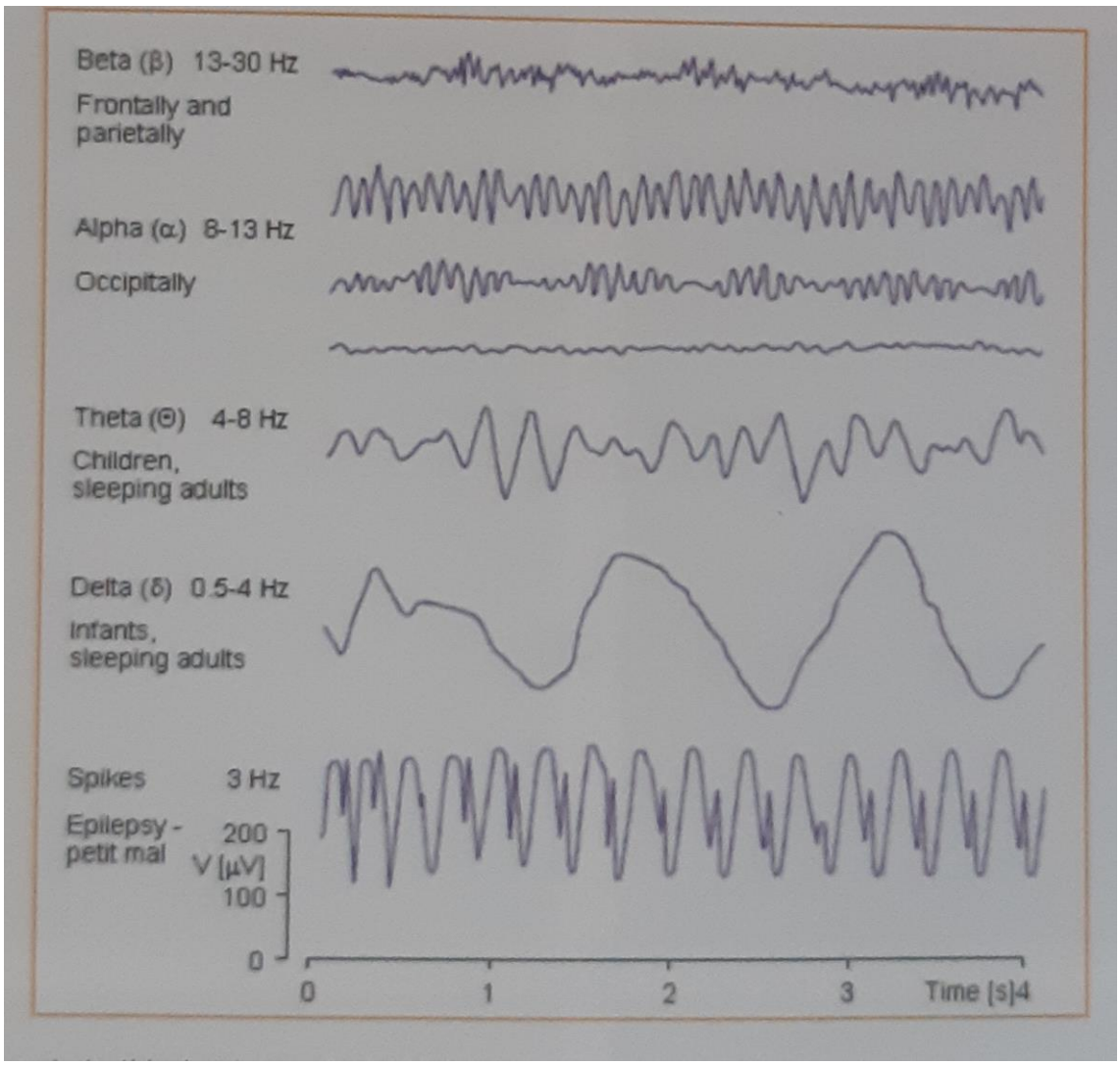
Exam Change:												
Intervention:												
	0700	0800	0900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800
ICP												
CPP												
$P_{bt}O_2$												
Brain temperature												
CBF												
K Value												
Microdialysis Values:												
Glucose												
Lactate												
Pyruvate												
LPR												
Glutamate												
Glycerol												

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

Cerebral Microdialysis 119

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

Příloha 8 EEG



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

Příloha 9 Dotazník

Vážená kolegyně, vážený kolegové,

mé jméno je Radim Baxa a studuji magisterský studijní program Specializace v ošetřovatelství, obor Ošetřovatelství v intenzivní péči na Zdravotně sociální fakultě Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích. Dovolte mi Vás požádat o několik minut Vašeho času k vyplnění dotazníku pro zpracování mé diplomové práce s názvem Monitorace v neurointenzivní péči. Dotazník je určen sestrám a zdravotnickým záchranářům pracujícím na anesteziologicko-resuscitačních odděleních. Dotazník je zcela anonymní.

Velmi Vám děkuji.

Radim Baxa

1. Kolik je Vám let?
    a. 18-29
    b. 30-39
    c. 40-49
    d. 50-59
    e. 60 a více

2. Jaká je Vaše celková praxe ve zdravotnictví (v letech)?
    a. Méně než 1
    b. 1-2
    c. 3-5
    d. 6-10
    e. 11 a více

3. Jaká je vaše celková praxe v intenzivní péči (v letech)?

a. Méně než 1
b. 1-2
c. 3-5
d. 6-10
e. 11 a více let

4. Setkal/a jste se a pracoval/a jste v rámci dosavadní praxe s neuromonitoračními technikami?
    a. Ano
    b. Ne

5. V jakém typu nemocnice pracujete?
    a. Fakultní nemocnice
    b. Krajská nemocnice s neurochirurgickým oddělením
    c. Jiný typ nemocnice (uveďte):……..

6. Jaké je Vaše nejvyšší dosažené vzdělání?
    a. Středoškolské
    b. Vyšší odborné
    c. Bakalářské
    d. Magisterské
    e. Doktorské
    f. Jiné (uveďte): …….

7. Máte specializaci pro práci v Anesteziologii, resuscitaci a intenzivní péči nebo v intenzivní péči (ARIP/IP)?
    a. Ano
    b. Ne

c. Ne, mám jinou specializaci (uveďte):…….

8. Parenchymové intrakraniální čidlo se zavádí:
    a. Do nepoškozené nervové tkáně
    b. Do místa mozkového postižení
    c. Se nezavádí do tkání, ale do mozkových komor
    d. Se zavádí do a. carotis communis
    e. nevím

9. Jaká je dle aktuálních doporučení vhodná poloha pro pacienta při zavádění ICP čidla a poté?
    a. Poloha pacienta by měla být vleže na zádech s čelem lůžka v úhlu 30 až 45 stupňů a krkem ve střední, neutrální poloze.
    b. Poloha pacienta by měla být na boku, na té straně hlavy, kde nedošlo k mozkovému poškození.
    c. Poloha pacienta by měla být vleže na zádech s čelem lůžka v úhlu 0 stupnů, tedy ve vodorovné poloze.
    d. Pacient by na tento invazivní výkon měl být uložen v Trendelenburgově poloze.
    e. nevím

10. Jakým způsobem probíhá kalibrace měření ICP čidla?
    a. Kalibraci si provede sám monitor po napojení čidla
    b. Kalibrace ICP čidla se neprovádí, provádí se jen u komorové drenáže
    c. Kalibrace se provede vynulováním na úrovni středního ucha pacienta
    d. Kalibrace ICP čidla se provádí před zavedením do mozkové tkáně
    e. Nevím

11. Pokud manipulujete s pacientem s komorovou drenáží (hygiena, transport mimo oddělení,…), komorovou drenáž:
    a. Nechávám vždy otevřenou, hrozí riziko rozvoje akutního hydrocephalu
    b. Na manipulaci s pacientem komorovou drenáž zavírám jen v případě, že budu pacienta ukládat do vodorovné polohy
    c. Komorovou drenáž uzavírám vždy před manipulací s pacientem, a otevírám po ukončení manipulace s pacientem, a po kontrole, či úpravě výšky sběrné nádobky na likvor
    d. Manipulace s pacientem nemá vliv na funkci komorové drenáže
    e. Nevím

12. Jaký je doporučený postup při zavádění invazivní monitorace?
    a. Lékař provede dezinfekci a zarouškování operačního pole, poté se provádí aplikace monitorovací techniky (katetru), již se neprovádí fixace katetru stehy z důvodu vzniku infekce, následuje opět dezinfekce a sterilní ošetření katetru. Po výkonu je vhodné ponechat sterilní krytí na operační ráně.
    b. Lékař provede dezinfekci a zarouškování operačního pole, poté se provádí aplikace monitorovací techniky (katetru), provede se fixace katetru stehy, následuje opět dezinfekce a sterilní ošetření katetru. Po výkonu je vhodné ihned provést převaz operační rány s použitím Tegadermu CHG.
    c. Lékař provede dezinfekci a zarouškování operačního pole, poté se provádí aplikace monitorovací techniky (katetru), provede se fixace katetru stehy, následuje opět dezinfekce a sterilní ošetření katetru. Po výkonu je vhodné ponechat sterilní krytí na operační ráně.
    d. Lékař provede dezinfekci, poté se provádí aplikace monitorovací techniky (katetru), provede se fixace katetru stehy, následuje opět dezinfekce a sterilní ošetření katetru. Po výkonu je vhodné ponechat sterilní krytí na operační ráně.
    e. Nevím

13. Jaký je aktuálně platný doporučený postup pro přípravu místa pro zavedení invazivního katetru a při převazu katetru?
    a. Pokožku očistěte roztokem > 0,5% chlorhexidinu s alkoholem, v případě kontraindikace chlorhexidinu může být jako alternativa použita jodová tinktura, jodofor, nebo 70% alkohol.
    b. Pokožku očistěte roztokem > 1% chlorhexidinu s alkoholem, v případě kontraindikace chlorhexidinu může být jako alternativa použita jodová tinktura, jodofor, nebo 50% alkohol.
    c. Pokožku očistěte roztokem > 0,5% chlorhexidinu s alkoholem, v případě kontraindikace chlorhexidinu nesmí být jako alternativa použita jodová tinktura, jodofor, nebo 80% alkohol.
    d. Pokožku očistěte roztokem chlorhexidinu s alkoholem, v případě kontraindikace chlorhexidinu může být jako alternativa použita jodová tinktura.
    e. Nevím

14. Mezi režimová opatření při převazech, dle aktuálního doporučení, nepatří:
    a. k převazu místa katetru použijte buď sterilní gázu, nebo transparentní a semipermeabilní krytí
    b. pokud se pacient potí nebo v případě, že místo zavedení krvácí nebo mokvá, použijte až do vyřešení gázové krytí
    c. při použití gázového krytí provádějte převaz místa každé 4 hodiny
    d. při použití transparentního krytí provádějte převaz místa zavedení katetru alespoň každých 7 dní
    e. nevím

15. Jaký spatřujete benefit ve využívání hodnocení FOUR (Full Outline of Unresponsivness):

a. Oproti GCS je přesnější u tracheostomovaných pacientů, jelikož nehodnotí verbální odpověď, ale klasifikuje pomocí motorické odpovědi a otevírání očí, také reflexy mozkového kmene a kvalitu dýchání.
b. Oproti GCS je méně přesné u pacientů s poruchou vědomí, jelikož vyžaduje motorickou odpověď
c. Oproti GCS je přesnější u tracheostomovaných pacientů, jelikož nehodnotí verbální odpověď, ale klasifikuje s motorickou odpovědí a otevíráním očí, také reflexy mozkového kmene a kvalitu krevního oběhu.
d. Klasifikace FOUR je srovnatelná s GCS a nevidím v ní zásadní rozdíl.
e. Nevím

16. Mezi jednotlivé veličiny pediatric GCS nepatří:
a. Otevírání očí
b. Svalový tonus
c. Verbální odpověď
d. Motorická odpověď
e. Všechny výše zmíněné veličiny patří do pGCS

17. Neurological pupil index (NPi) značí hodnotu, kterou získáme?
a. Orientačně odečtením šířky pravé a levé zornice pacienta
b. Neinvazivním vyšetřením pupilometrem, kdy hodnota udává rozdíl reaktivity jedné zornice od druhé
c. Neinvazivním vyšetřením pupilometrem, kdy hodnota udává rychlost konstrikce a dilatace zornice
d. NPi nelze využít ke komparaci reaktivity obou zornic
e. Nevím

18. Katetr pro monitoraci jugulární oxymetrie se zavádí, dle doporučených postupů, obvykle do:
a. v. jugularis interna dextra

b. v. jugularis interna sinistra
c. a. carotis communis dextra
d. a. carotis communis sinistra
e. nevím

19. Pro potvrzení mozkové smrti nelze využít:
a. Vyšetření evokovaných potenciálů
b. Transkraniální dopplerovská ultrasonografie
c. Nativní CT
d. Vyšetření elektroecephalografie
e. Nevím

20. Co může způsobit nefunkčnost komorové drenáže?
a. Mechanické poškození katetru
b. Ucpání katetru koagulem
c. Zalomení katetru při manipulaci
d. Povytažení katetru mimo komoru
e. Všechny odpovědi jsou správné

21. Využíváte na vašem pracovišti monitoraci pomocí mikrodialýzy?
a. Ano
b. Ne
c. Nevím

22. Jaké je hlavní využití mikrodialýzy?
a. Hlavním využití mikrodialýzy v neurointenzivní péči je v hodnocení centrální perfuze mozku a stanovení biochemických markerů.

b. Mikrodialýza se v neurointenzivní péči nevyužívá, jelikož je to metoda využívaná v kardiochirgii, během napojení pacienta na mimotělní oběh, a zde mikrodialýza určuje vznikající ischemii organismu.
c. Hlavním využití mikrodialýzy v neurointenzivní péči je v hodnocení regionální perfuze mozku, stanovení biochemických markerů ischemie a buněčného poškození a zároveň monitoruje hodnotu ICP.
d. Hlavním využití mikrodialýzy v neurointenzivní péči je v hodnocení regionální perfuze mozku, stanovení biochemických markerů ischemie a buněčného poškození.
e. Nevím

23. Jaké jsou standardní markery ischemie sledované při využití mikrodialýzy?
a. Glycerol a glutamát a jejich poměr
b. Laktát a pyruvát a jejich poměr
c. Glukóza a laktát a jejich poměr
d. Glutamát a pyruvát a jejich poměr
e. nevím

24. S jakou monitorovací technikou nejčastěji kombinujete mikrodialýzu?
a. ICP čidlo
b. Komorová drenáž
c. Bulbární oxymetrie
d. Pupilometrie
e. Nevím

25. O kolik procent se zvýší nároky mozkové tkáně, pokud dojde k nárůstu tělesné teploty o 1 °C?
a. O 10-15%
b. O 5-10%
c. Nezvýší se
d. O 20-25%

e. nevím

26. Jak vnímáte vaši roli při péči o kriticky nemocného pacienta?

a. Spolu s lékaři pracujeme jako tým
b. Pracujeme jako jednotlivci, každý vykonává svou úlohu
c. Jako tým pracujeme v nelékařském kolektivu