

Moždana smrt - uloga medicinske sestre/ tehničara

Žužić, Antonela

Master's thesis / Diplomski rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zadar / Sveučilište u Zadru**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:162:230399>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-02**



Sveučilište u Zadru
Universitas Studiorum
Jadertina | 1396 | 2002 |

Repository / Repozitorij:

[University of Zadar Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJ

Sveučilište u Zadru
Odjel za zdravstvene studije
Sveučilišni diplomski studij
Sestrinstvo

Antonela Žužić

**MOŽDANA SMRT- Uloga medicinske
sestre/tehničara**

Diplomski rad

Zadar, 2024.

Sveučilište u Zadru
Odjel za zdravstvene studije
Sveučilišni diplomski studij
Sestrinstvo

MOŽDANA SMRT- Uloga medicinske sestre/tehničara

Diplomski rad

Student/ica:

Antonela Žužić bacc.med.techn.

Mentor/ica:

doc.prim. dr. sc. Klaudia Duka Glavor

Zadar, 2024.



Izjava o akademskoj čestitosti

Ja, **Antonela Žužić**, ovime izjavljujem da je moj **diplomski** rad pod naslovom **MOŽDANA SMRT- Uloga medicinske sestre/ tehničara** rezultat mojega vlastitog rada, da se temelji na mojim istraživanjima te da se oslanja na izvore i radove navedene u bilješkama i popisu literature. Ni jedan dio mojega rada nije napisan na nedopušten način, odnosno nije prepisan iz necitiranih radova i ne krši bilo čija autorska prava.

Izjavljujem da ni jedan dio ovoga rada nije iskorišten u kojem drugom radu pri bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj, obrazovnoj ili inoj ustanovi.

Sadržaj mojega rada u potpunosti odgovara sadržaju obranjenoga i nakon obrane uređenoga rada.

Zadar, 23. rujna 2024.

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorici doc.prim.dr.sc Klaudiji Duki Glavor na ugodnoj suradnji tijekom pisanja ovoga rada, kao i na trudu i vremenu uloženom u njega.

Hvala mojim kolegicama i kolegama sa preddiplomskog i diplomskog studija na zajedničkom druženju, učenju i dijeljenju klupe kroz ove godine, te na kraju i zajedničkog radnog mjesta.

Najveću zahvalu zaslužuju moji roditelji Marijana i Ivica koji su me tijekom cijelog mog školovanja poticali, bodrili i bili podrška i pružili ljubav u svakom teškom ali i lijepom i sretnom trenutku.

Hvala vam sto ste mi omogućili da po svom putu kroz život koračam čvrsto iz sigurno, uz vas pokraj sebe. Mama i tata bez vas ništa ne bi bilo moguće.

SAŽETAK

Moždana smrt označava trajni prestanak svih funkcija mozga, uključujući moždano stablo, koje regulira vitalne funkcije poput disanja i rada srca. Moždana smrt je nepovratno stanje klinički definirano kao potpuni i nepovratni gubitak moždane aktivnosti, iako uz medicinsku intervenciju, drugi organi mogu privremeno nastaviti funkcionirati. U medicinskom kontekstu, moždana smrt je ključna jer služi kao kriterij za određivanje zakonskog i medicinskog trenutka smrti, osobito u kontekstu doniranja organa. Dijagnoza moždane smrti se postavlja prema jasno definiranim kliničkim kriterijima te dijagnostičkim postupcima. Kriteriji uključuju klinički pregled i niz neuroloških testova za potvrdu gubitka moždane aktivnosti. Dijagnostički proces uključuje provjeru odsutnosti refleksa moždanog debla, nemogućnosti spontane respiracije, i provođenja drugih testova kako bi se isključili reverzibilni uzroci kome, poput metabolički poremećaja ili hipotermije. Moždana smrt se razlikuje od stanja poput kome ili vegetativnog stanja. U slučajevima kome ili vegetativnog stanja, određeni stupanj moždane aktivnosti može biti prisutan, dok kod moždane smrti nema nikakve moždane aktivnosti. Ovaj koncept izaziva etičke, pravne i religijske dileme jer određuje trenutak kada se osoba može smatrati preminulom. U suvremenom zdravstvu, osobito u jedinicama intenzivne njege i u kontekstu doniranja organa, dijagnoza moždane smrti je od presudne važnosti. Ona pruža zakonsku osnovu za prekid terapije održavanja života i za transplantaciju organa, čime se pacijent smatra klinički mrtvim. Medicinske sestre i tehničari imaju važnu ulogu u procesu dijagnosticiranja moždane smrti. Sudjeluju u dijagnostičkom postupku provođenjem ili asistiranjem pri različitim testovima i postupcima, osiguravajući pravilnu dokumentaciju te pružajući podršku medicinskom timu i obitelji pacijenta tijekom ovog složenog procesa. Njihov doprinos osigurava da je dijagnoza točna i da se postupak provodi prema utvrđenim medicinskim i etičkim standardima. Medicinske sestre i tehničari imaju važnu ulogu u procesu dijagnosticiranja moždane smrti. Sudjeluju u dijagnostičkom postupku provođenjem ili asistiranjem pri različitim testovima i postupcima, osiguravajući pravilnu dokumentaciju te pružajući podršku medicinskom timu i obitelji pacijenta tijekom ovog složenog procesa. Njihov doprinos osigurava da je dijagnoza točna i da se postupak provodi prema utvrđenim medicinskim i etičkim standardima.

Ključne riječi: moždana smrt, dijagnostika, intenzivna njega, transplantacija organa, medicinska sestra/tehničar

SUMMARY

Brain death – the role of a nurse/technician

Brain death refers to the irreversible cessation of all brain functions, including the brain stem, which regulates vital functions such as breathing and heart rate. Brain death is a permanent condition, clinically defined as a complete and irreversible loss of brain activity, even though, with medical interventions, other organs may continue to function temporarily. In the medical context, brain death is critical because it serves as a criterion to determine the legal and medical moment of death, particularly in the context of organ donation. The diagnosis of brain death must follow strict clinical guidelines, which involve a series of neurological tests to confirm the absence of brain activity. The diagnostic process includes checking for the absence of brain stem reflexes, spontaneous respiration, as well as other tests to rule out reversible causes of coma, such as metabolic disorders and/or hypothermia. Brain death differs from conditions like coma or a vegetative state. In patients in a coma or vegetative state, brain activity can or may remain, whereas in brain death there is none. This concept raises ethical, legal, and religious challenges, as it determines when a person is considered deceased. In modern healthcare, particularly within intensive care units and in context to organ donation, the diagnosis of brain death is crucial. It provides a legal basis for discontinuing life-sustaining treatments and for the organ transplantation, establishing the patient clinically dead. The nurse/technician play essential roles in the diagnosis. They participate in the diagnostic process by conducting or assisting with various tests and procedures, ensuring proper documentation, and supporting both the medical team and the patient's family throughout this complex process. Their contributions help ensure that the diagnosis is accurate and that the process is carried out according to established medical and ethical standards. Brain death in the patient and participating in various diagnostic procedures and tests are key aspects of this process.

Keywords: braindeath, diagnostics, intensive care, organ transplantation, nurse/technician

POPIS KRATICA:

AAN – Američka akademija za neurologiju (eng. American Academy of Neurology, AAN)

ABS – acidobazni

AT – apneja test

BQCC – Centar za kontrolu kvalitete procjene ozljede mozga Nacionalnog zdravstvenog povjerenstva (eng. Brain Injury Evaluation Quality Control Center of National Health Commission, BQCC)

CO₂ – ugljikov dioksid

CPAP-AT – kontinuirani pozitivni tlak dišnih puteva (eng. continuous positive airway pressure CPAP-AT)

CPD – kardiorespiratorna smrt (eng. Cardiopulmonary death)

CT – kompjuterizirana tomografija (eng. computed tomography, CT)

DSA – digitalna supstrakcijska angiografija

ECMO – ekstrakorporalna membranska oksigenacija (eng. extracorporeal membrane oxygenation, ECMO)

EEG – elektroencefalogram

EET – endotrahealni tubus

FiO₂ – frakcija udahnutog kisika

GCS – Glasgow skala kome (eng. Glasgow Coma Scale, GCS)

ICV – unutarnja cerebralna vena (eng. internal cerebral vein, ICV)

ICP – intrakranijski tlak (eng. intracranial pressure, ICP)

MCA-M4 – distalni segment srednje cerebralne arterije (eng. cortical segment middle cerebral artery)

MR – magnetna rezonanca

MRA – MR angiografija (eng. magnetic resonance angiography, MRA)

MS – moždana smrt (eng. brain death, BD)

n. – živac (lat. nervus)

PaCO₂ – parcijalni tlak ugljikova dioksida u arterijskoj krvi

PaO₂ – parcijalni tlak kisika u arterijskoj krvi

PEEP – pozitivan tlak na kraju ekspirija (eng. positive end-expiratory pressure, PEEP)

PET – pozitronska emisijska tomografija

SAD – Sjedinjene Američke Države

SBP – sistolički tlak (eng. systolic blood pressure, SBP)

SŽS – središnji živčani sustav

TCD – transkranijski Doppler (eng. Transcranial Doppler, TCD)

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. POVIJESNE NAPOMENE	2
3. EPIDEMIOLOGIJA, ETIOLOGIJA I PATOFIZIOLOGIJA MOŽDANE SMRTI.....	4
3.1 Epidemiologija	4
3.2. Etiologija	4
3.3. Patofiziologija	5
4. KRITERIJI ZA UTVRĐIVANJE MOŽDANE SMRTI	6
4.1. Poznati ireverzibilni uzrok kome.....	7
4.2. Isključivanje reverzibilnih uzroka kome	7
5. KLINIČKA DIJAGNOZA MOŽDANE SMRTI.....	9
5.1. Duboka koma	9
5.2. Gubitak refleksa moždanog debla	10
5.2.1. Reaktivnost zjenica na svjetlo	10
5.2.2. Kornealni refleks	11
5.2.3. Reakcija na bolni podražaj u području inervacije trigeminalnog živca.....	11
5.2.4. Okulocefalni refleks	11
5.2.5. Okulovestibularni refleks	12
5.2.6. Faringealni i trahealni refleks	12
5.2.7. Atonija muskulature	12
5.2.8. Atropinski test	13
5.3. Apneja test.....	13
5.3.1. Preduvjeti.....	13
5.3.2. Postupak	14
5.3.3. Komplikacije	15
5.4. Paraklinički testovi	15
5.4.1. Selektivna panangiografija mozga	16
5.4.2. Transkranijaska Doppler sonografija	17
5.4.3. Perfuzijska radionuklearna scintigrafija	18
5.4.4. CT angiografija.....	18
5.4.5. Perfuzijski CT.....	19
5.4.6. MR angiografija	19
5.4.7. Pozitronska emisijska tomografija	19
6. ELEKTROENCEFALOGRAM	20
7. PROGLAŠENJE MOŽDANE SMRTI	24

8. ULOGA MEDICINSKE SESTRE/TEHNIČARA U PROCESU DOKAZIVANJA MOŽDANE SMRTI.....	26
8. ZAKLJUČAK	28
9. LITERATURA.....	29
10. ŽIVOTOPIS	33

1.UVOD

U drugoj polovici 20. stoljeća, pojavom jedinica intenzivne njege, a time i sveobuhvatnih reanimacijskih napora, liječnici su se suočili s, prema riječima Henryja Beechera, "beznadno nesvjesnih pacijenata". Intubacija, mehanička ventilacija, uporaba vazopresora i reanimacija tekućinom omogućili su pacijentima s teškom neurološkom ozljedom glave "da prežive." Utvrđeno je da su neki pacijenti i bez refleksa moždanog debla. Neurolozi su brzo istaknuli da ti pacijenti ne samo da su imali neurološku ozljedu koja se ne može preživjeti, već su bili i "moždano mrtvi". Takav izraz se u ranim danima koristio naizmjenično s ireverzibilnom komom. Kod pacijenata bez refleksa moždanog debla, na obdukciji je zabilježena izražena nekroza velikog i malog mozga. Ti su dijelovi mozga često bili toliko oštećeni da su se fragmentirali u rukama neuropatologa prilikom vađenja iz lubanje. Ono što razlikuje moždanu smrt od drugih komatoznih postalo je jasno te je bio potreban znanstveni rad da se razjasni i objasni ovo neurološko stanje (1). Prve detaljne opise moždane smrti prikazali su u svojim radovima Dr. Wertheimer, Jouviet, Mollaret, Goulon, Pallis, Jennett, Schwab, i Adams. Iz navedenih znanstvenih radova ali i temeljem svojih medicinskih i neuroloških iskustava, bila je jasno da ovo stanje nije samo nepovratno već da predstavlja smrt (2). Više od 50 godina nakon prvih opisa, klinička praksa i dosadašnje iskustvo učinili su moždanu smrt općeprihvaćenom kao neurološku definiciju smrti. Jasno je da ovo "neurološko stanje" zahtijeva pažljivu procjenu.. Razvijeni su detaljni kriteriji i smjernice utvrđivanje dijagnoze moždane smrti koji su povećali pouzdanost kliničkog pregleda. Moždana smrt označava nepovratno stanje potpunog i trajnog otkazivanja funkcija velikog i malog mozga te moždanog debla, što predstavlja granicu između života i smrti. Ovaj pojam uveden je u kliničku praksu jer omogućuje održavanje srčane i respiratorne funkcije uz pomoć mehaničke ventilacije i lijekova, dok su sve neurološke funkcije trajno izgubljene (3). Patofiziološki gledano, moždana smrt je najčešće uzrokovana sekundarnim učincima dugotrajnog edema mozga, do kojeg može doći uslijed primarne ozljede mozga, poput traumatske ozljede, moždanog udara ili drugog uzroka. Ovi događaji dovode do smanjene perfuzije mozga, hipoksije, edema (nakupljanja tekućine) u moždanom tkivu i porastu intrakranijskog tlaka, što na kraju rezultira nekrozom i smrti moždanih stanica. Klinička dijagnoza moždane smrti ima ključnu ulogu u procesu donacije organa. Najveći broj organa za transplantaciju dolazi od osoba kod kojih je potvrđena moždana smrt. Proces uključuje potvrđivanje moždane smrti, komunikaciju s članovima obitelji, održavanje vitalnih funkcija donora stabilnih do eksplantacije te uzimanje organa za liječenje pacijenata s nepovratnim zatajenjem funkcija organa (4).

2. POVIJESNE NAPOMENE

Prvi korak modernom konceptu moždane smrti napravljen je sredinom 20. vijeka s razvojem tehnologije mehaničke ventilacije, koja je omogućila održavanje srčane i respiratorne funkcije i nakon prestanka moždane aktivnosti. Ovo je postavilo etička i medicinska pitanja o trenutku kada osoba zaista prestaje biti živa. Godine 1959. francuski liječnici Pierre Mollaret i Maurice Goulon uveli su termin "comadépassé" kako bi opisali pacijente koji su pokazivali potpuni nedostatak moždane aktivnosti, ali je srce i dalje kucalo uz pomoć mehaničke ventilacije (4). Ovaj koncept postao je temelj za daljnji razvoj definicije i kriterija moždane smrti. Veliki pomak u prepoznavanju moždane smrti dogodio se 1968. godine, kada je engleskog povjerenstvo pod nazivom Ad Hoc Committee na Harvardu objavio svoje kriterije za određivanje moždane smrti. Poznati su kao Harvardski kriteriji, a postavili su prve formalne medicinske smjernice za dijagnosticiranje moždane smrti, iste uključuju:

- nepovratnu komu-pacijent mora biti u komi koja ne reagira na stimulaciju,
- odsustvo refleksa moždanog stabla-nema reakcije na svjetlost, zvuk, niti drugih refleksa povezanih s moždanim deblom
- prestanak spontane respiracije- pacijent ne može samostalno disati bez pomoći aparata (5).

Obilježili su prekretnicu u medicinskoj definiciji smrti, a prihvaćeni su i u pravnim okvirima mnogih zemalja. Krajem 20. stoljeća, mnoge zemlje su usvojile zakonske definicije moždane smrti kao pravno validan kriterij za smrt. Prva zemlja koja je zvanično priznala moždanu smrt kao pravni kriterij bila je su Sjedinjene Američke države (SAD). Sjedinjene Američke Države su bile pioniri u ovom polju, pa je 1981. godine usvojen Zakon o uniformnoj definiciji smrti (eng. Uniform Determination of Death Act), koji je definirao smrt kao: „Nepovratni prestanak vaskularnih i respiratornih funkcija, ili Nepovratni prestanak funkcija cijelog mozga, uključujući moždano stablo“ (6). Ovaj zakon postavio je jasnu razliku između biološke smrti mozga i smrti izazvane prestankom rada srca i disanja. Smrt definira kao nepovratni prestanak funkcija cijelog mozga, uključujući moždano deblo, ili prestanak kardiopulmonalnih funkcija. Kako bi se dokazala moždana smrt, razvijeni su različiti klinički pregledi, kriteriji kao i dijagnostički protokoli.. Najvažniji je neurološki pregled kojim se utvrđuje odsustvo refleksa moždanog stabla, odsustvo spontane respiracije i nepovratna koma. Apneja testom ili testom s prestankom disanja se procjenjuje sposobnost pacijenta da samostalno diše kada se smanji količina potpore disanja mehaničkom ventilacijom. Dodatni testovi koji se koriste mogu biti neinvazivni i poput elektroencefalograma (EEG), kojim mjerimo bioelektričnu aktivnosti mozga.. U slučaju moždane smrti, EEG pokazuje potpuno odsustvo moždane aktivnosti. Testovi protoka krvi kroz mozak koji uključuju cerebralnu angiografiju i scintigrafiju koriste se za potvrđivanje odsustva krvotoka u mozgu, što je ključno za potvrdu moždane smrti (7). S vremenom su ovi testovi postali standardizirani i univerzalno primjenjivani u bolničkim protokolima širom svijeta. Koncept moždane smrti se razvio kao odgovor na napredak medicinskih tehnologija i potrebe za novom definicijom smrti u kontekstu umjetnog/mehaničkog održavanja vitalnih funkcija. Jedan od najvažnijih aspekata moždane smrti je njena povezanost sa donacijom organa. Budući da organi pacijenata s moždanom smrću, uz medicinsku potporu, mogu ostati funkcionalni, često se koriste za transplantaciju. To je omogućilo spašavanje mnogih života, jer organi poput srca,

jetre, bubrege i pluća mogu biti preuzeti i donirani pacijentima kojima su neophodni. Proces započinje identifikacijom pacijenta s moždanom smrću, nakon čega se obavlja formalna potvrda smrti. Sljedeća faza uključuje komunikaciju s porodicom, koja daje pristanak za donaciju organa. Nakon toga, timovi liječnika i medicinskog osoblja započinju održavanje vitalnih funkcija organa donora dok se ne organizira sam proces eksplantacije. Kroz godine koncept moždane smrti izazvao je brojne etičke i filozofske rasprave. Neki se pitaju može li se osoba zaista smatrati mrtvom ako joj srce i dalje kuca, iako je mozak nepovratno oštećen (8). Ove rasprave postale su još intenzivnije u kontekstu donacije organa, gdje je neophodno što ranije utvrditi moždanu smrt kako bi organi bili iskorišteni u svrhu eksplantacije i donacije. Različite religije i kulture imaju različita viđenja smrti, pa tako neke zajednice ne prihvaćaju moždanu smrt kao stvarnu smrt. Ovi sukobi mišljenja povremeno su doveli do pravnih problema i nesuglasica između medicinskih profesionalaca, porodica i pravnog sustava. Moždana smrt predstavlja medicinski pravnu i etičku prekretnicu u definiranju smrti(9). Njena povijesna evolucija od „stanja“ koje je tek u 20. stoljeću prepoznato, do moderne kliničke prakse s naprednim dijagnostičkim metodama, pokazuje kako medicina neprestano redefinira granice života i smrti. Usprkos tehničkim i pravnim dostignućima, rasprave o moždanoj smrti i dalje se vode, naglašavajući važnost između naučnih činjenica i kulturnih uvjerenja. Razvijanje kriterija i tehnika u dijagnosticiranju moždane smrti omogućilo je jasnu distinkciju između živih i preminulih pacijenata, posebno u vezi s etičkim pitanjima donacije organa (7).

3. EPIDEMIOLOGIJA, ETIOLOGIJA I PATOFIZIOLOGIJA MOŽDANE SMRTI

3.1 Epidemiologija

Moždana smrt čini oko 1-2% svih smrtnih slučajeva, dok na jedinicama intenzivne njege taj postotak značajno raste i iznosi čak 15% (10). Ovaj porast je povezan s visokim brojem pacijenata koji su životno ugroženi, često uslijed primarnih ili sekundarnih ozljeda mozga. Istraživanja pokazuju da pacijenti s dijagnozom moždane smrti imaju prosječno 48 godina, dok pacijenti s kardiorespiratornim uzrokom smrti umiru znatno stariji, s prosjekom od 70 godina. To ukazuje da pacijenti s moždanom smrću umiru relativno mlađi (11). Najčešći uzroci moždane smrti su traumatske povrede mozga i intrakranijska krvarenja, poput subarahnoidalnog ili intracerebralnog krvarenja. Pored toga, napredak u intenzivnom liječenju doprinosi ovoj promjeni. Danas, cerebrovaskularni incident (CVI) postao je glavni uzrok moždane smrti u većini europskih zemalja (10). Ova promjena objašnjava razliku u starosnoj dobi između pacijenata s dijagnozom moždane smrti (MS; eng. brain death, BD) i kardiorespiratorne smrti (eng. Cardiopulmonary death, CPD), jer su cerebrovaskularni incidenti i traumatske ozljede mozga češći kod mlađih osoba. Povećanje broja dijagnoza moždane smrti može se pripisati različitim čimbenicima, uključujući napredniju edukaciju zdravstvenih radnika, optimizaciju protokola za utvrđivanje moždane smrti, tehnološki napredak u dijagnostičkim metodama te kontinuirani razvoj transplantacijske medicine (11).

3.2. Etiologija

Etiologija moždane smrti je raznolika i obuhvaća široki spektar patoloških procesa koji rezultiraju nepovratnim oštećenjem mozga. Najčešći uzroci uključuju:

- Traumatske ozljede mozga: Teške povrede glave uslijed saobraćajnih nesreća, padova ili fizičkog nasilja mogu dovesti do teškog oštećenja mozga i razvoja moždane smrti. Ovo je jedan od vodećih uzroka, naročito kod mlađih osoba.
- Cerebrovaskularne ozljede (moždani udar): Hemoragijski ili ishemijski moždani udari mogu izazvati opsežan moždani edem, kompresiju mozga i smrt moždanog tkiva i konačno smrt moždanog tkiva.. Hemoragijski moždani udari, u kojima dolazi do krvarenja u moždano tkivo, češće su povezani s moždanom smrću. S druge strane, hipoksično-ishemijska oštećenja do kojih dolazi uslijed nedostatka kisika u mozgu, primjerice zbog srčanog zastoja, teškog gušenja, utapanja ili trovanja mogu izazvati opsežnu degeneraciju moždanih stanica i razvoja moždane smrti.
- Tumori mozga ; agresivni tumori mozga uzrokuju povećanje intrakranijskog tlaka, a njihov rast može rezultirati nepovratnim oštećenjem moždanog tkiva.
- Teške infekcije kao što su meningitis ili encefalitis mogu izazvati i ekstenzivni edem moždanog tkiva i dovesti do moždane smrti.
- Anoksija (nedostatak kisika): stanja u kojima dolazi do potpunog prekida dotoka kisika u mozak, poput srčanog zastoja ili teških respiratornih problema. Ove situacije često rezultiraju trajnim oštećenjima moždanih struktura.

- Metabolički poremećaji kao što su teške hipoglikemije, poremećaji elektrolita ili različite intoksikacija mogu dovesti do moždane smrti ukoliko se ne prepoznaju na vrijeme i adekvatno liječe. (12).

3.3. Patofiziologija

Patofiziologija moždane smrti uključuje niz složenih mehanizama koji dovode do nepovratnog gubitka funkcija cijelog moždanog tkiva, uključujući moždano deblo . Ključni patofiziološki procesi uključuju:

Moždani edem i porast intrakranijskog tlaka (eng. intracranial pressure, ICP) najčešći je patofiziološki mehanizam moždane smrti jer dolazi do razvoj difuznog moždanog edema. Edem predstavlja nakupljanje tekućine u moždanom tkivu, što izaziva porast intrakranijskog tlaka. Kako tlak unutar lubanje raste, dolazi do kompresije mozga i smanjenja cerebralnog perfuzijskog tlaka (tlak potreban za dotok krvi u mozak). Smanjena cerebralna perfuzija koja nastaje zbog povećanog intrakranijskog tlaka, što rezultira hipoksijom (nedostatkom kisika) moždanih stanica. Mozak je izrazito osjetljiv na nedostatak kisika, a dugotrajna hipoksija uzrokuje oštećenje i smrt neurona (12). Nadalje, metabolički poremećaji dovode do prelaska na anaerobni metabolizam, što dovodi do akumulacije laktata i razvoja acidoze. Ova metabolička neravnoteža dodatno oštećuje neurone. Nakupljanjem slobodnih radikala zbog poremećenog metabolizma dolazi i do oksidativnog stresa, pri čemu se u moždanom tkivu nakupljaju slobodni radikali, koji izazivaju oštećenje staničnih membrana, proteina i DNK (deoksiribonukleinska kiseline). Ovaj proces ubrzava smrt neurona. Terminalna nekroza moždanog tkiva , kao kombinacija hipoksije, acidoze i oksidativnog stresa dovodi do nepovratne smrti moždanih stanica. Mozak gubi sve vitalne funkcije, uključujući kontrolu disanja, srčanog ritma i homeostaze. Povećanjem intrakranijskog tlaka, moždano tkivo može biti potisnut prema nižim intrakranijskim dijelovima (tentorijski usjek, mozgovni srp te veliki otvor zatiljne kosti), što uzrokuje protruziju (hernijaciju) moždanog tkiva. (13). Ovo je kritično stanje u kojem dolazi do kompresije moždanog debla – vitalne strukture koja kontrolira disanje i srčani rad. Hernijacija moždanog debla nepovratno oštećuje ove vitalne funkcije, što označava posljednju fazu moždane smrti (14).

4. KRITERIJI ZA UTVRĐIVANJE MOŽDANE SMRTI

Moždana smrt označava nepovratni gubitak moždane funkcije, a proces utvrđivanja sastoji se od tri ključna koraka.

1. Prvi korak u utvrđivanju moždane smrti zahtijeva ispunjavanje svih preduvjeta potrebnih za primjenu protokola. Ovi preduvjeti uključuju dva osnovna aspekta, a to su nepovratno oštećenje mozga i odgovarajući vitalni parametri.

Nepovratno oštećenje mozga odgovara ozljedi mozga koja mora biti fatalna i ireverzibilna, a njen uzrok mora biti jasan i utvrđen. Odgovarajući vitalni parametri prije započinjanja postupka, moraju biti stabilni unutar referentnih vrijednosti. To uključuje krvni tlak (≥ 100 mmHg), tjelesnu temperaturu ($\geq 35^{\circ}\text{C}$), te normalne vrijednosti elektrolita, acidobaznog statusa i endokrinih hormona. Važno je napomenuti da sedativi i miorelaksansi ne smiju biti prisutni u organizmu pacijenta kako bi se izbjeglo pogrešno tumačenje kliničke slike.

2. Drugi korak uključuje klinički pregled pacijenta, a ima tri ključna cilja:

-Dokazivanje kome: pacijent je bez reakcije na bol ili bilo kakve druge podražaje.

- Odsutnost refleksa moždanog debla: podrazumijeva gubitak refleksa kao što su: refleks zjenica na svjetlost, kornealni refleks, okulocefalni i okulovestibularni refleks, te odsutnost refleksa kašlja i gutanja.

Apneja testom se potvrđuje da pacijent ne može spontano disati. Test se smatra pozitivnim ako pacijent, nakon isključivanja s mehaničke ventilacije, ne započne spontano disanje. Treći korak može biti obavezan, opcionalan ili nepotreban, sukladno nacionalnim protokolima svake države (15).

3. Treći korak uključuje paraklinički testovi koji služe kao dodatna potvrda dijagnoze moždane smrti. Ovi testovi uključuju: angiografiju ili transkranijски kolor duplex (eng. *transcranial colour Doppler*, TCD) čime se potvrđuje odsutnost intrakranijskog krvotoka, što je znak prestanka moždane funkcije. EEG (elektroencefalografija) dokazuje odsustvo moždane električne aktivnosti, te potvrđuje dijagnozu moždane smrti. Prema smjernicama Američke akademije za neurologiju (AAN, eng. American Academy of Neurology), utvrđivanje moždane smrti se prvenstveno temelji na kliničkim testovima, a paraklinički testovi se koriste samo ako nije moguće kompletirati klinički pregled na odgovarajući način. Nasuprot tome, smjernice Centra za kontrolu kvalitete procjene ozljede mozga Nacionalnog zdravstvenog povjerenstva – Brain Injury Evaluation Quality Control Center of National Health Commission (BQCC) preporučuju dopunu kliničke dijagnoze s barem dva od tri paraklinička testa kako bi se potvrdila moždana smrt (15).

Preduvjeti potrebni za dijagnostiku moždane smrti su:

4.1. Poznati ireverzibilni uzrok kome

Prema dostupnoj literaturi, etiopatogeneza moždane smrti mora biti jasno poznata i dokazana kao ireverzibilna. Na primjer, ako je uzrok kome nepoznat, nije moguće proglasiti moždanu smrt jer osnovni kriterij nije ispunjen. Uzrok kome se, nakon kliničkog pregleda, najčešće potvrđuje primjenom neuroslikovitih dijagnostičkih metoda poput kompjuterizirane tomografije (CT) i/ili magnetne rezonance (MR). U određenim slučajevima potrebno je primijeniti dodatne dijagnostičke metode za utvrđivanje uzroka stanja, kao što su lumbalna punkcija i dodatne laboratorijske analize likvora i krvi, koje su od ključne važnosti kod sumnje na meningoencefalitis ili Guillain-Barreov sindrom, kao diferencijalnim dijagnozama mogućih ireverzibilnih uzroka kome.(15).

4.2. Isključivanje reverzibilnih uzroka kome

Kako bi se postavila dijagnoza moždane smrti (MS) (eng.*braindeath*, BD), kliničar/ neurolog mora provesti pouzdan neurološki pregled, pri čemu moraju biti ispunjeni određeni preduvjeti. Tjelesna temperatura mjerena rektalno mora biti $\geq 36^{\circ}\text{C}$. Temperatura niža od 32°C može dovesti do gubitka refleksa moždanog debla, čime je pregled nepouzdan. Za postizanje optimalne tjelesne temperature najčešće se koriste deke i pokrivači. Posebnu pažnju treba posvetiti pacijentima koji su bili dugotrajno izloženi hipotermiji, poput onih koji su doživjeli utapanje ili su bili podvrgnuti terapijskoj hipotermiji. Pacijent mora biti hemodinamski stabilan, uz osiguranu odgovarajuću oksigenaciju i održavanje normalnog volumena tekućine u tijelu (euvolemija). Sistolički krvni tlak treba biti ≥ 100 mmHg, a srednji arterijski tlak ≥ 65 mmHg. Ako su tlakovi niži, potrebno je primijeniti vazopresore (12). Elektrolitski, acidobazni i teži oblik endokrinonološkog poremećaja (kao što su hepatalna ili uremička encefalopatija te hipoglikemija ili hiperglikemija) moraju biti isključeni. Jedinu izuzetak je teška refraktorna hipernatrijemija, koja ne isključuje dijagnozu MS-a, pod uvjetom da nije jedini uzrok kome (16). Kliničar mora isključiti mogućnost intoksikacije depresorima središnjeg živčanog sustava (SŽS), kao što su opiodi, benzodiazepini, barbiturati, etilni alkohol, triciklički antidepresivi, litij, antipsihotici i ugljikov monoksid, korištenjem rutinskim probirnim testovima na određene supstance u serumu, plazmi ili krvi. Budući da bi testiranje na sve potencijalne tvari koje mogu oponašati kliničku sliku moždane smrti bilo preskupo i neisplativo, plazmatske koncentracije se određuju samo za najčešće štetne tvari. Ako je pronađena supstanca u terapijskom rasponu, dijagnostički postupak za MS može se nastaviti. Preporučuje se pričekati minimalno pet poluživota verficirane supstance ako je poznato koja je tvar uzrokovala predoziranje, ali nije dostupna metoda za mjerenje njene plazmatske koncentracije. U slučaju smanjene funkcije jetre ili bubrega, taj period treba biti duži, iako točno vrijeme nije precizno definirano u literaturi. Ako postoji sumnja na trovanje nepoznatom supstancom, preporučuje se produljenje perioda promatranja na 48 sati kako bi se utvrdilo da li je došlo do promjene u kliničkom i neurološkom statusu. U liječenju takvih pacijenata koristi se antidot za opioide-nalokson, dok je flumazenilantidot za intoksikacije benzodiazepinima (17).

Neuromuskularni blokatori uzrokuju mišićnu slabost i zbog toga ne smiju biti prisutni u tijelu prilikom dijagnosticiranja. Ako su prethodno korišteni, mora proći najmanje pet poluživota lijeka. Određene neurološke kliničke slike mogu djelomično oponašati moždanu smrt, pa je

nužno obratiti posebnu pozornost na njihovu diferencijalnu dijagnozu. Locked-in sindrom i vegetativno stanje su primjeri ireverzibilnih stanja koja se ne smiju zamijeniti s MS. Locked-in sindrom je stanje u kojem je svijest očuvana, ali pacijent ne može kontrolirati mišiće lica, tijelo, govoriti ili komunicirati osim putem pokreta očiju. Najčešće nastaje kao posljedica moždanog udara u irigaciji bazilarne arterije (18). Vegetativno stanje predstavlja produljeno stanje poremećaja svijesti, gdje je budnost očuvana, ali nema svijesti o okolini. Nastaje uslijed difuznog oštećenja moždanih hemisfera, dok su međumozak (diencefalon) i moždano deblo očuvani (19). Prisutnost spontanih pokreta, disanja ili bilo kakve naznake svijesti ključna je za isključenje MS. Guillain-Barreov sindrom, akutni uzlazni poliradikuloneuritis koji zahvaća kranijске i periferne živce, u svom teškom obliku predstavlja reverzibilno neurološko stanje koje se ne smije zamijeniti s MS (18).

5. KLINIČKA DIJAGNOZA MOŽDANE SMRTI

Kriteriji kliničkog pregleda potrebni za dijagnozu moždane smrti :

1. duboka koma (GCS 3),
2. refleksi moždanog debla moraju biti odsutni,
3. apneja test ne smije potaknuti spontanu respiratornu aktivnost (19)

5.1. Duboka koma

Kvantitativna procjena stanja svijesti ispituje se putem Glasgow koma ljestvice (eng. *Glasgow Coma Scale*, GCS), koja je vrijedan sustav bodovanja s rasponom od 3 do 15 bodova (tablica 1.). GCS se temelji na ocjeni budnosti (otvaranje očiju) te najboljeg verbalnog i motoričkog odgovora. Ukupan zbroj manji od 8 upućuje na komu, dok je stanje duboke kome označeno s GCS=3. Utvrđivanje GCS-a obično se provodi primjenom intenzivnog bolnog podražaja, poput snažnog pritiska palcem na supraorbitalnu incizuru ili nokatnu ploču. Kod pacijenata u dubokoj komi, motorni i senzorički odgovori bit će potpuno odsutni (20) (Tablica 1)

Tablica 1. Glasgow Coma Scale (GCS)

REAKCIJA	OPIS	SAT					
Otvaranje očiju	4 spontano						
	3 na govor						
	2 na bolni podražaj						
	1 ne otvara oči						
Najbolja verbalna reakcija	5 orijentiran						
	4 smeten						
	3 neprikladno						
	2 nerazumljivo						
	1 ne odgovara						
Najbolja motorna reakcija	6 izvršava naloge						
	5 lokalizira bol						
	4 fleksija na bolni podražaj						
	3 abnormalna fleksija na bol						
	2 ekstenzija na bolni podražaj						
	1 ne reagira						
Analiza procjene skale							

Glasgow Coma Scale (GCS) (Preuzeto 11.09.2024., izvor: <https://pznj-mfpu.unipu.hr/i-faza-procesa-zdravstvene-njege-utvrdivanje-potreba-za-zdravstvenom-njegovom-i-podfaza/>)

5.2. Gubitak refleksa moždanog debla

Testiranje refleksa moždanog debla treba provoditi uz adekvatnu mehaničku ventilaciju. Preporučuje se ventilacija s frakcijom udahnutog kisika (FiO₂) od 100%, uz održavanje normokapnije 15-30 minuta prije početka pregleda. Uzglavlje kreveta treba podići za 30°. Također, potrebno je pregledati zvukovod i bubnjić kako bi se isključila prisutnost cerumena ili rupture membrane, što bi moglo ugroziti valjanost okulovestibularnog refleksa. Ako se u zvukovodu nađu krv, ugrušci ili oštećenja sluznice ili kosti, postoji i mogućnost prijeloma temporalne kosti. Fragmenti kosti mogu oštetiti facijalni i vestibularni živac, pa treba biti oprezan pri interpretaciji testova pokretljivosti facijalnih mišića i vestibularnih refleksa, jer moždano deblo može biti očuvano, iako su refleksi odsutni (10). Prema „Pravilniku o načinu, postupku i medicinskim kriterijima za utvrđivanje smrti osobe čiji se dijelovi tijela mogu uzimati radi presađivanja“, kliničkim pregledom utvrđuju se klinički znakovi moždane smrti. Testiraju se sljedeći kriteriji: odsutnost reakcije zjenica na svjetlo, odsutnost kornealnog refleksa, odsutnost reakcije na bolni podražaj u području inervacije trigeminačnog živca (n. trigeminusa), odsutnost okulocefalnih refleksa, odsutnost okulovestibularnih refleksa, odsutnost faringealnog refleksa, odsutnost trahealnog refleksa, atonija miškulature, atropinski test, odsutnost spontanog disanja pri apneja testu (21).

5.2.1. Reaktivnost zjenica na svjetlo

U refleksu reakcije zjenica na svjetlost sudjeluju očni živac (eng. nervus opticus) kao aferentni i okulomotorni živac (n. oculomotorius) kao eferentni živac. Njihove jezgre smještene su u srednjem mozgu (mesencephalon). Kod zdravih osoba, osvjetljavanje jednog oka uzrokuje suženje (konstrukciju) zjenice na istoj strani (ipsilateralna reakcija) i na suprotnoj strani (kontralateralna reakcija), što je znak normalne reakcije zjenica na svjetlost i konsenzualnog refleksa. Kod moždane smrti, zjenice su fiksirane i nereaktivne, srednje veličine (4-6 mm), zbog oštećenja simpatičkih (nucleus cervicalis superior) i parasimpatičkih (nucleus Edinger-Westphal) živčanih jezgara. U slučaju midrijatičnih (proširenih) zjenica (6-9 mm), dijagnoza moždane smrti ne može se isključiti, jer simpatička jezgra može ostati netaknuta, budući da nije smještena unutar mozga. Međutim, miotične (sužene) zjenice koje možemo vidjeti kod ozljeda moždanog tkiva u području mosta (ponsa) ukazuju na očuvanost Edinger-Westphalove jezgre i ne potvrđuju dijagnozu moždane smrti. Najvažniji nalaz kod MS je fiksiranost i nereaktivnost zjenica na svjetlo, dok se veličina zjenica razmatra s oprezom (22). Testiranje refleksa zjenica izvodi se osvjetljavanjem otvorenog oka prikladnim izvorom svjetlosti (npr. džepnom svjetiljkom) i promatranjem reakcije. Prvo se obasjava jedno oko i prati direktna reakcija zjenice, a zatim se isti postupak ponavlja na drugom oku. Zatim se obasjava prvo oko dok se promatra indirektna, konsenzualna reakcija na suprotnoj zjenici, a isti postupak se ponavlja i na drugom oku. Svaka zjenica se promatra minimalno jednu minutu kako bi se uočila čak i spora reakcija (20). Očne bolesti i složene ozljede lica i glave mogu negativno utjecati na nalaz, pa se takvi rezultati moraju pažljivo interpretirati (21).

5.2.2. Kornealni refleksi

Kornealni refleksi uključuju trigeminalni živac (n. trigeminus) kao aferentni i facijalni živac (n. facialis) kao eferentni. Njihove jezgre smještene su u produženoj moždini, mostu (pons). Normalan kornealni refleksi manifestira se bilateralnim treptanjem nakon podražaja rožnice. Izostanak bilateralnog ili unilateralnog treptanja ili suženja oka ukazuje na odsutnost kornealnog refleksa (20). Tijekom testa, kliničar podiže vjeđu i lagano dodiruje periferni dio rožnice vatom na vrhu štapića, prateći hoće li doći do treptaja i psilateralnog oka. Postupak se ponavlja i na drugom oku. Ne preporučuje se dirati središnji dio rožnice zbog mogućnosti oštećenja centralnog vida. Alternativno, može se koristiti kapanje fiziološke otopine u oko. Faktori poput edema, sušenja oka, teške traume lica ili glave, bolesti facijalnog živca ili poremećaja koji utječu na periokularne mišiće mogu otežati procjenu kornealnog refleksa u dijagnostici moždane smrti. (22).

5.2.3. Reakcija na bolni podražaj u području inervacije trigeminalnog živca

Trigeminalni živac (n. trigeminus) je mješoviti živac koji se sastoji od osjetnih i motoričkih vlakana. Aferentna osjetna vlakana opskrbljuju cijelo lice preko oftalmičkog, maksilarnog i mandibularnog živca (n. ophthalmicus, n. maxillaris i n. mandibularis). Iz motoričke jezgre smještene u mostu izlaze motorička živčana vlakna koja trećom granom trigeminalnog živca stižu do žvačnog mišića (masetera). Vlakna koja prenose bolne podražaje s područja lica i glave završavaju u gornjim segmentima leđne moždine. Općenito, primjena snažnog pritiska na supraorbitalni luk ili temporomandibularni zglob uzrokuje bolnu reakciju i refleksnu promjenu tonusa mimične muskulature lica. Kod pacijenata s moždanom smrću, takva reakcija izostaje. Također, pritisak na nokatnu ploču ili bolna stimulacija drugih dijelova tijela (poput udova, vrata, prsa ili abdomena) neće izazvati nikakvu reakciju ili grimase na licu takvih pacijenata (20).

5.2.4. Okulocefalni refleksi

U okulocefalnom refleksu, vestibulokohlearni živac (n. vestibulocochlearis) djeluje kao aferentni krak, dok okulomotorni živac (n. oculomotorius) i živac odmičać oka (n. abducens) čine eferentni krak refleksnog luka. Jezgre ovih živaca nalaze se u moždanom deblu, a koordinirani horizontalni pokreti očiju rezultat su integracije medijalnog longitudinalnog fascikulusa (lat. fasciculuslongitudinalismedialis). Kada je refleksi prisutan, rotacija glave u jednu stranu uzrokuje pomicanje očiju u suprotnu stranu (npr. rotacija glave lijevo dovodi do adukcije lijevog oka i abdukcije desnog oka). Ako okulocefalni refleksi odsutan, očne jabučice će ostati fiksirane i nepomične (17). Kliničar drži pacijentovu glavu podižući vjeđe prstima i naglo rotira glavu u jednu stranu, a zatim promatra reakciju očne jabučice. Isti postupak se ponavlja s druge strane. Kod pacijenata s moždanom smrću očne jabučice neće se pomaknuti u suprotnu stranu od smjera rotacije glave. Testiranje ovog refleksa treba izbjegavati kod pacijenata s ozljedama cervikalnog dijela kralježnice zbog rizika od dodatnih povreda kralježničke moždine. Također, teške traume glave mogu dovesti do prekida kontinuiteta eferentnih živaca i posljedične nemogućnosti pomicanja ekstraokularnih mišića (16).

5.2.5. Okulovestibularni refleks

Okulovestibularni refleks uključuje vestibularni živac (n. vestibulocochlearis) kao aferentni krak te okulomotorni, trohlearni i živac odmicačoka (n. oculomotorius, n. trochlearis, n. abducens) kao eferentne krakove. Njihove jezgre smještene su u mostu i produženoj moždini. Normalan refleks očituje se kao tonička devijacija očne jabučice u suprotnom smjeru od uha u koje je ubrizgana hladna voda pomoću štrcaljke (npr. aplikacija hladne vode u lijevo uho izazvat će konjugiranu toničku devijaciju očiju u desnu stranu). Ako se primijeti bilo kakav pomak očiju, bilo konjugiran ili nekonjugiran, dijagnoza moždane smrti se isključuje. Oči će ostati nepomične ako refleks izostane nakon aplikacije vode u oba uha. Prije izvođenja testa, kliničar treba otoskopirati oba uha. Testiranje je kontraindicirano kod perforacije bubnjića ili bilo kakvog traumatskog oštećenja zvukovoda. Zvukovodi moraju biti potpuno prohodni, pa je potrebno ukloniti sav cerumen ili ugruške. Pacijentova glava treba biti podignuta za 30° u odnosu na horizontalni položaj. U štrcaljku se priprema 20-ak mililitara hladne vode (temperatura 0-4°C) koja se zatim ubrizga u jedno uho. Medicinska sestra/tehničar drži pacijentove oči otvorene tijekom testa. Preporučuje se promatrati potencijalnu reakciju očiju jednu minutu, a zatim čekati pet minuta prije ponavljanja postupka na drugom uhu. U pacijenata s moždanom smrću, okulovestibularni refleks će biti odsutan (17). Fraktura baze lubanje ili bilo koje traumatsko oštećenje zvukovoda, bubnjića ili ekstraokularnih mišića može nalaz okulovestibularnog refleksa prikazati nerelevantnim za dijagnostiku moždane smrti (22).

5.2.6. Faringealni i trahealni refleks

U faringealnom i trahealnom refleksu sudjeluju glosofaringealni živac (n. glossopharyngeus) kao aferentni krak te vagalni živac (n. vagus) kao eferentni krak. Jezgre ovih živaca smještene su u produženoj moždini. Stimulacija nepčanih lukova ili stražnjeg dijela nepca izaziva refleks povraćanja, dok stimulacija karine ili stijenke traheje uzrokuje refleks kašljanja. U slučaju moždane smrti, oba refleksa su odsutna. Kliničar koristi obično drvenu špatulu za podražaj nepčanih lukova i stražnjeg zida ždrijela, prateći hoće li doći do refleksa i nagona za povraćanje. Nakon toga, kateter za sukciju se umetne kroz endotrahealni tubus i koristi za podražaj karine dušnika, promatrajući hoće li doći do refleksa kašljanja ili bilo kakvog pomicanja prsnog koša ili trbuha (10). Testiranje faringealnog refleksa može biti otežano zbog prisutnosti endotrahealnog tubusa u usnoj šupljini. Ako je potrebno ekstubirati pacijenta prije testiranja, test se ne provodi (22).

5.2.7. Atonija mišića

Atonija mišića, označena kao mlohavost i gubitak tonusa mišića, predstavlja ključan kriterij za dijagnozu moždane smrti (23). Kod moždane smrti (MS) može se javiti prisutnost spinalnih refleksa, što može biti zbunjujuće, jer neiskusni kliničar može pomisliti da je riječ o spontanom pokretu. Stoga je važno razlikovati spinalne reflekse od epileptičkih napadaja, dekortikacije i decerebracije, jer ova stanja isključuju dijagnozu MS-a

(10).Moždana smrt se ne smije zamijeniti s visokom cervikalnom transekcijom, pri kojoj spinalni refleksi mogu biti održani zbog gubitka supranuklearne kontrole (19). Ti refleksi mogu uključivati plantarnu fleksiju/ekstenziju, spinalni mioklonus, i različite refleksne pokrete koji se mogu pojaviti u MS-u, kao što su fleksija stopala nakon plantarne stimulacije i facijalna miokimija (23). Lazarov znak ili refleks, koji se najčešće pojavljuje tijekom apneja testa uslijed hipoksije ili hipotenzije, ima spinalno porijeklo. Ovaj znak uključuje niz pokreta: fleksija obje ruke prema prsima, addukcija i elevacija ramena, izvijanje leđa u luk, ekspanzija prsnog koša bez značajnog udaha, posezanje rukama prema vratu i njihovo križanje, te konačno spuštanje ruku uz tijelo. Iako Lazarovznak uključuje kompleksne pokrete, njegova prisutnost ne isključuje odmah i dijagnozu moždane smrti. Također, simptomi poput znojenja, crvenjenja, tahikardije i normalnih vrijednosti krvnog tlaka mogu biti rezultat očuvane hormonalne aktivnosti i ne isključuju MS (20).

5.2.8. Atropinski test

Ovaj test se izvodi tako da se primjeni atropin. Intravenska primjena atropina u dozi od 0.04 mg/kg trebala bi povećati srčanu frekvenciju za više od 10% kod pacijenata koji nisu moždano mrtvi. Eferentni krak ovog autonomnog refleksa uključuje vagalni živac, čija jezgra se nalazi u produženoj moždini. Kod pacijenata s moždanom smrću srčana frekvencija će ostati nepromijenjena nakon primjene atropina (20).

5.3. Apneja test

Apneja test (AT) predstavlja posljednji korak u dijagnostici moždane smrti. Ovaj test procjenjuje odgovor respiratornog centra na visoke razine ugljikovog dioksida (CO₂) u krvi. Respiratorni centar nalazi se u ventrolateralnom dijelu produžene moždine. Osobe s ireverzibilnim oštećenjem produžene moždine neće spontano disati, čak i uz adekvatnu stimulaciju respiratornog centra. Tijekom testa, parcijalni tlak CO₂ u arterijskoj krvi (PaCO₂) će se povećati. Visok PaCO₂ uzrokuje snižavanje pH, što dovodi do acidoze, a to su glavni okidači respiratornog centra. PaCO₂ od 60 mmHg ili povećanje od 20 mmHg u odnosu na početne vrijednosti snažno stimulira kemoreceptore, respiratorni centar i potiče disanje. Stoga se ove vrijednosti koriste kao ključne za dijagnozu moždane smrti. U pacijenata s moždanom smrću, respiratorni naponi će izostati tijekom testa (24).

5.3.1. Preduvjeti

Kako bi se pristupilo apneja testu (AT), potrebno je zadovoljiti određene preduvjete kako bi se smanjile komplikacije i osigurala točnost testa. Ovi preduvjeti uključuju normotermiju (temperatura > 36.5°C) , u slučaju da je pacijent hipotermičan, tijelo treba zagrijati npr. dekamama. Normotenzija koja označava sistolički tlak > 90 mmHg ili srednji arterijski tlak > 60 mmHg. U slučaju niskog krvnog tlaka, potrebno je održati tlak vazopresorima. Treba održavati pozitivnu ravnotežu između intravenskog unosa tekućine i

izlučivanja urinom najmanje 6 sati prije testa što nazivamo euvolemijom kao još jednim preduvjetom. Eukapnija obuhvaća PaCO₂ 35-45 mmHg a postiže se prilagodbom frekvencije disanja ili volumena udaha. Kod kroničnih bolesti koje uzrokuju zadržavanje CO₂ (npr. kronična opstruktivna plućna bolest, pretilost), preporučuje se održavanje PaCO₂ blizu gornje granice. Odsustvo hipoksije je vrlo bitan parametar cijelog postupka, a da bi se osigurala odgovarajuća oksigenacija, povećava se udio kisika u udahutoj smjesi plinova (FiO₂). Pacijent treba biti „preoksigeniran“ s 100% FiO₂ barem 10 minuta prije testa, s ciljem postizanja PaO₂ > 200 mmHg. Na mehaničkom respiratoru treba prilagoditi parametre za održavanje normokapnije. Uzima se uzorak arterijske krvi za analizu acidobaznog statusa prije skidanja pacijenta s respiratora. Nakon što su svi preduvjeti ispunjeni, može se započeti s apneja testom (24).

5.3.2. Postupak

Apneja test (AT) može se izvoditi na dva načina (24):

- Prva metoda je bez mehaničke ventilacije (klasična metoda):

Kod klasične metode prvo se odspoji endotrahealni tubus (ETT) s respiratora. U ETT se uvede kateter koji se postavlja na razini karine dušnika, kroz koji se insufliira 100% kisik (6 L/min). Promjer katetera treba biti <70% promjera ETT-a da bi se izbjegli visoki plućni tlakovi (19). Apneja test (AT) trebaju izvoditi najmanje tri osobe: dva liječnika i jedan medicinski tehničar./sestra Jedan liječnik prati vitalne parametre, uključujući respiracijske napore na monitoru, srčanu frekvenciju, krvni tlak, aritmije na EKG-u i saturaciju kisikom. Drugi liječnik promatra moguće respiratorne pokrete na prsima i abdomenu pacijenta. Tehničar upravlja respiratorom i kateterom za insuflaciju kisika te uzima uzorak arterijske krvi za analizu acidobaznog statusa (ABS) na kraju testa (16). AT traje 8-10 minuta. Ako se PaCO₂ poveća za više od 20 mmHg ili dosegne >60 mmHg, test je pozitivan za BD. Nakon testa, pacijent se ponovno spaja na respirator (25).

- Druga metoda apneja testa je uz pomoć posebne mehaničke ventilacije -kontinuiranim pozitivnim tlakom dišnih puteva (eng. continuous positive airway pressure CPAP-AT):

Respirator se postavlja na CPAP modus s pozitivnim tlakom na kraju izdaha (eng. *positive end-expiratory pressure, PEEP*) od 10 cm H₂O i FiO₂ 100%. Ako respirator nema opciju za apneju, kliničar mora ručno prilagoditi postavke. Vitalni parametri i spontane respiracije se prate kao i kod klasične metode. CPAP-AT je sigurniji s manje komplikacija poput hipoksije. Test traje 8-10 minuta, a izostanak spontane respiracije i PaCO₂ veći od 60 mmHg ili povećanje za više od 20 mmHg potvrđuju MS. Ako PaCO₂ ne postigne potrebne razine, test se nastavlja dok se ne dosegne potreban prag. Kapnometrija može pomoći u procjeni CO₂ razine i ranijem završetku testa kako bi se smanjile komplikacije (26).

Apneja test (AT) se prekida u sljedećim slučajevima ako saturacija kisikom padne ispod 85% dulje od 30 sekundi, ako je sistolički krvni tlak (eng. Systolic blood pressure – SBP)

ispod 90 mmHg unatoč odgovarajućoj primjeni vazopresora, ako se pojave spontane respiracije. Spontane respiracije prepoznaju se po adekvatnoj ekspanziji pluća i dovoljnom respiratornom volumenu. Na kraju AT-a mogu se pojaviti spinalni refleksi, Lazarov znak ili slični pokreti, koji se razlikuju od pravih respiratornih pokreta. U slučaju sumnje, praćenje respiratornih volumena na monitoru može pomoći u potvrdi odsutnosti respiracija (26).

Ako AT treba prekinuti, pristupa se dodatnim dijagnostičkim testovima za potvrdu MS-a. Postoje i varijacije AT-a, poput AT pomoću izvantjelesne membranske oksigenacije (eng. extracorporeal membrane oxygenation, ECMO). Istraživanje iz 2009. godine, potvrdilo je da je 28% pacijenata na ECMO-u zadovoljavalo kriterije za MS. (27). Trenutno ne postoje jasne smjernice za AT kod pacijenata na ECMO-u, ali preporučuje se povećanje brzine uklanjanja plinova na 1 L/min i FiO₂ na 100%. Također postoji i elevacija PaCO₂ prije AT-a. Ova metoda uključuje povećanje razine CO₂ u dišnom sustavu na 60 mmHg prije početka testa kako bi se smanjilo vrijeme odvojenosti od respiratora. Iako se smatra korisnom za pacijente s niskim PaO₂, zahtijeva specijaliziranu opremu (čelične boce CO₂), što nije uvijek dostupno, i nije standardizirana u svim smjernicama (24).

5.3.3. Komplikacije

Najčešće komplikacije apneja testa su hipotenzija (7-39%) - nastaje zbog dilatacije perifernih krvnih žila i smanjene kontraktilnosti miokarda zbog povećanja PaCO₂. Hipoksija se javlja u 4-6.3%. U vrlo rijetke komplikacije ubrajaju se srčane aritmije (0-1%), srčani arrest (0-0.7%), pneumotoraks, pneumomediastinum, pneumoperitoneum. U slučaju bilo koje komplikacije, apneja test se odmah prekida. Kliničar brzo uzima uzorak arterijske krvi za analizu acidobaznog statusa (ABS) i ponovno spaja pacijenta na respirator. (23) Ako dođe do komplikacija, preporučuje se nastavak dijagnostike MS-a pomoću parakliničkih testova. Rizični faktori za neuspjeh AT-a uključuju nizak sistolički krvni tlak (SKT), acidozu, hipoksemiju i visok alveolarno-arterijski gradijent prije testa. Granične vrijednosti za predviđanje neuspjeha AT-a su: SKT < 105 mmHg, pH < 7.326 i alveolarno-arterijski gradijent > 556.4 mmHg. Ove vrijednosti se mjere neposredno prije izvođenja AT-a (28).

5.4. Paraklinički testovi

Moždana smrt temelji se na kliničkoj dijagnostici. Paraklinički testovi često služe kao potvrda kliničke procjene. Iako su u većini nacionalnih smjernica paraklinički testovi opcionalni, nijedan od njih nije 100% osjetljiv i specifičan, što ponekad dovodi do nejasnih rezultata i sumnje u dijagnozu moždane smrti (MS). Paraklinički testovi provode se u slučaju dvojbe u kliničku dijagnozu ili kada klinički pregled nije moguć (npr. zbog KOPB-a, hipoksije, toksičnih razina u krvi, hipotermije) (29). Neke zemlje, uključujući Hrvatsku, zahtijevaju obaveznu uporabu parakliničkih testova pri dijagnosticiranju moždane smrti. Prednosti ovih testova uključuju smanjenje rizika pogrešne dijagnoze, brže potvrđivanje moždane smrti, bolju kvalitetu organa za transplantaciju te smanjenje troškova liječenja

Postoje dvije glavne skupine parakliničkih testova (30) :

A) Neuroslikovne metode koje prikazuju odsutnost cerebrovaskularnog protoka:

1. Selektivna panangiografija mozga
2. Transkranijaska Doppler sonografija (TCD)
3. Perfuzijska radionuklearna scintigrafija
4. CT angiografija (engl. *Computed tomography angiography* CT)
5. MR angiografija (eng. *Magnetic resonance angiography* MRA)
6. Perfuzijski CT (engl. *Computed tomography angiography* CT)
7. Pozitronska emisijska tomografija (PET)

B) Neurofiziološke metode kojima prikazuju odsutnost kortikalne električne aktivnosti:

1. Elektroencefalogram (EEG)
2. Evocirani moždani potencijali

Američka akademija za neurologiju (AAN) preporučuje upotrebu EEG-a, selektivne panangiografije, TCD sonografije i perfuzijske radionuklearne scintigrafije, dok druge metode nisu dovoljno istražene. U Hrvatskoj se koristi najčešće EEG kojeg se snima dva puta u jednakim vremenskim razmacima. Ne postoji najbolji univerzalni test. Izbor testa ovisi o kliničkoj slici i okolnostima pacijenta te ustanove u kojoj se bolesnik liječi. Klinički tim mora poznavati prednosti i nedostatke svakog testa pri donošenju odluke (31).

5.4.1. Selektivna panangiografija mozga

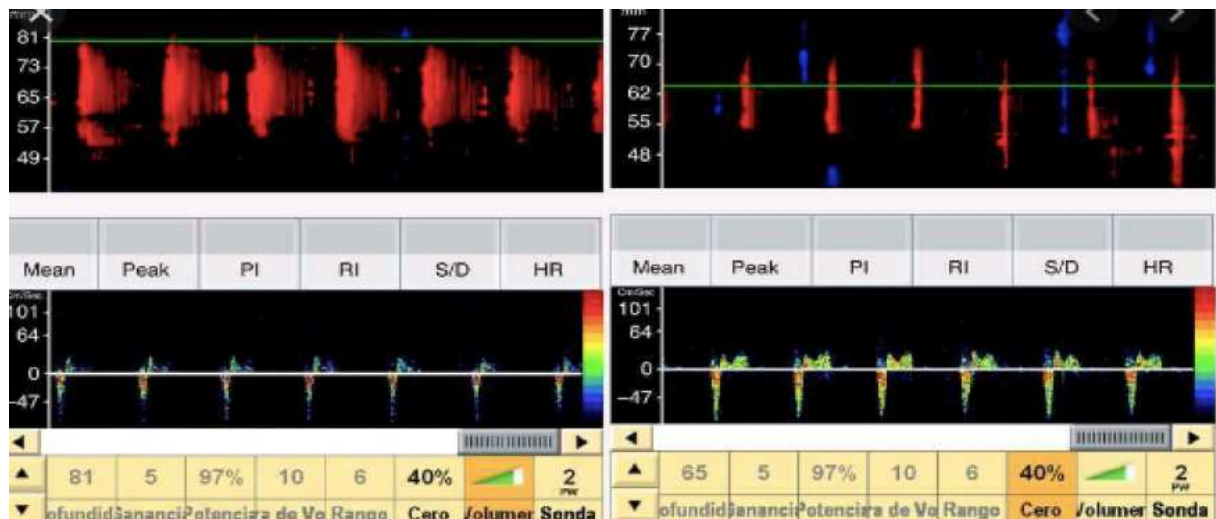
Klasična cerebralna angiografija, poznata i kao "four-vessel angiogram", smatra se zlatnim standardom za procjenu prisutnosti cerebrovaskularnog krvnog protoka. Riječ je o invazivnoj dijagnostičkoj metodi koja nije podložna utjecajima depresora središnjeg živčanog sustava (SŽS) i hipotermije. Ubrizgavanjem kontrastnog sredstva u krvnu žilu, uz primjenu rendgenskog zračenja, moguće je prikazati cjelokupnu cerebralnu cirkulaciju. Smanjenje i prestanak cerebrovaskularnog protoka ne događaju se naglo, već postupno, što rezultira različitim nalazima koji ukazuju na moždanu smrt (MS), poput usporavanja arteriovenskog cirkulacijskog vremena (>15 sekundi). Nepostojanje prikaza kontrastnog sredstva u Willisovom krugu, upućuje na gubitak cerebrovaskularnog protoka u tom području (31). Međutim, protok može biti prisutan u vanjskoj karotidnoj arteriji te čak i u proksimalnim segmentima srednje i prednje cerebralne arterije kod pacijenata s MS-om. Glavna prednost ove metode je to što na rezultate ne utječu hipotermija ni depresori SŽSa. Međutim, selektivna panangiografija mozga zahtijeva premještanje pacijenta s odjela intenzivne skrbi na odjel radiologije te nije dostupna u svim bolnicama. Kontrastno sredstvo može biti nefrotoksično, a kod hipotenzivnih pacijenata (<100 mmHg) mogući su lažno negativni

rezultati. Također, kod pacijenata s otvorenim ozljedama lubanje ili dekompresijskim kraniotomijama mogući su lažno pozitivni nalazi, koji prikazuju protok krvi.

5.4.2. Transkranijaska Doppler sonografija

Chang i suradnici proveli su 2016. godine meta-analizu koja je procijenila učinkovitost Transkranijaska Doppler sonografije (TCD) u dijagnostici moždane smrti (MS-a), pri čemu je specifičnost bila 98%, a osjetljivost 89%, čime se TCD pokazao kao pouzdan test (32). Prije TCD pregleda pacijent mora biti u ležećem položaju, hemodinamski stabilan, bez značajnih metaboličkih poremećaja ili hipotermije. Pregled se izvodi pomoću niskofrekventnih sonda kroz transorbitalne, transtemporalne i subokcipitalne prozore, pri čemu ultrazvuk prolazi kroz najtanje dijelove lubanje (33). Reverberacija protoka, sistolički šiljci u ranoj sistoli ili potpuni gubitak signala protoka u prednjoj i stražnjoj intrakranijskoj cirkulaciji ključni su znakovi za dijagnozu MS-a. U Hrvatskoj je potrebno provesti dva TCD pregleda u razmaku od 30 minuta, a pregled se provodi kroz sva tri akustička prozora. Karakteristični znakovi za MS moraju se dokazati u najmanje tri intrakranijske žile, a nalaz u ekstrakranijskim krvnim žilama (zajedničke i unutarnje karotidne arterije te vertebralne arterije) mora biti identičan. Pregled se može ponavljati, neinvazivan je i ne zahtijeva kontrastno sredstvo, no njegova učinkovitost ovisi o iskustvu kliničara, a u određenim slučajevima može dati lažno pozitivne rezultate (31).

Slika 1. Transkranijaska doppler sonografija bazilarne arterije (A) i vertebralne arterije (B)



Transkranijaska doppler sonografija bazilarne arterije (A) i vertebralne arterije (B) (preuzeto 12.09.2024.; Edukativna medicinska platforma za studente i zdravstvene radnike; ABC/DOC; <https://www.abc-doctors.com/utvrivanje-mozdane-smrti>)

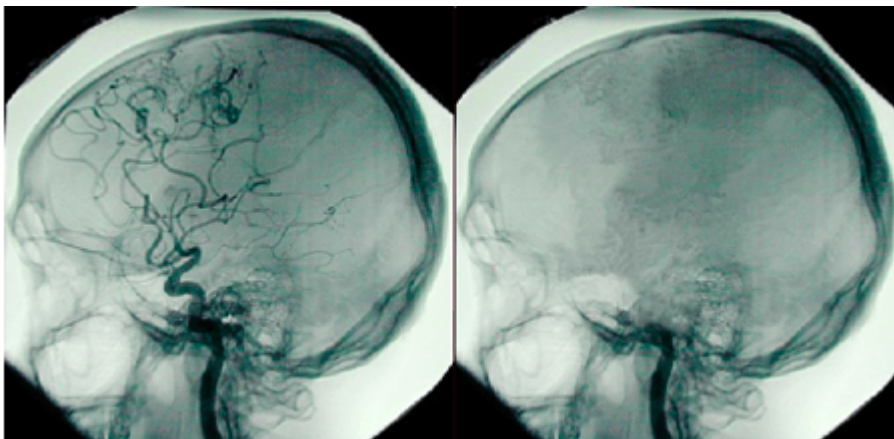
5.4.3. Perfuzijska radionuklearna scintigrafija

Scintigrafija je neinvazivna dijagnostička metoda koja koristi radioizotope za procjenu funkcije organa, a u slučaju dijagnostike moždane smrti (MS) procjenjuje moždanu perfuziju. Najčešće se koristi radioizotop Tc-99m HMPAO. Prema Američkoj akademiji za neurologiju, scintigrafija ima visoku osjetljivost (78-100%) i specifičnost (100%). Pretraga se sastoji od dvije faze: prvo se procjenjuje cerebralni protok, a potom apsorpcija radioizotopa u moždani parenhim. Izostanak unosa radioizotopa („hollowskullphenomenon“) potvrđuje dijagnozu MS-a. Prednosti scintigrafije uključuju otpornost na utjecaj depresora SŽS, hipotermije i metaboličkih poremećaja, a radioizotopi nisu nefrotoksični. Međutim, pretraga traje dugo, nije dostupna svugdje, i nije moguće odmah ponoviti dok se radioizotop ne eliminira. Također, može biti manje učinkovita u prikazu stražnje lubanjske jame i postoji rizik od lažno pozitivnih rezultata kod ozljeda lubanje ili kraniotomija (34).

5.4.4. CT angiografija

Računalna tomografija (eng. Computedtomography, CT) angiografija je neinvazivna i novija metoda za dijagnosticiranje moždane smrti (MS). Nakon intravenske primjene kontrastnog sredstva, CT provodi spiralno skeniranje od razine drugog vratnog kralješka (C2) do vrha glave. Prva faza skeniranja počinje 5 sekundi nakon primjene kontrasta, dok odgođena faza počinje nakon 55-60 sekundi kako bi se potvrdilo odsustvo opacifikacije (zamućenja). Najčešće se koristi sustav bodovanja od 4 točke, prema Frampasu i sur., koji ocjenjuje opacifikaciju distalnih segmenata srednjih cerebralnih arterija (MCA-M4) i unutarnjih cerebralnih vena (eng. intracranial vein, ICV). Odsustvo opacifikacije ovih krvnih žila potvrđuje MS (34). Metoda ima visoku specifičnost (100%) i osjetljivost (85.7%) (35).

Slika 2. Angiogram- odsustvo intrakranijalne cirkulacije desno



Angiogram- odsustvo intrakranijalne cirkulacije desno (preuzeto 12.09.2024.; Edukativna medicinska platforma za studente i zdravstvene radnike ; ABC/DOC; <https://www.abc-doctors.com/utvrivanje-mozdane-smrti>)

Jedan od izazova CT angiografije je fenomen "stasisfilling", odgođena i slaba opacifikacija intrakranijskih arterija između arterijske i venske faze, što može rezultirati lažno negativnim nalazima. Kako bi se poboljšala osjetljivost, uvedeni su modificirani Frampas kriteriji, koji promatraju srednje cerebralne arterije u arterijskoj, a vene u venskoj fazi. CTA je brza, jednostavna i široko dostupna.(34).

5.4.5. Perfuzijski CT

Perfuzijski CT prikazuje izostanak perfuzije moždanog parenhima, čime brzo potvrđuje ili isključuje sumnju na moždanu smrt (MS). Budući da cerebrovaskularni arest najprije zahvaća moždane kapilare, ova metoda je izuzetno osjetljiva. Perfuzijski CT ima veću osjetljivost od CT angiografije (CTA), dok im je specifičnost jednaka (100%) (36). Kombiniranje perfuzijskog CT-a s CTA, posebno kod pacijenata s otvorenim kraniocefalnim ozljedama, dodatno povećava dijagnostičku osjetljivost (37). Ključni nalazi za dijagnozu MS-a su cerebralni protok manji od 10 ml/100g/min i volumen manji od 1 ml/100g u svim moždanim regijama (34).

5.4.6. MR angiografija

Paramagnetsko kontrastno sredstvo ne prodire u cerebrovaskularne krvne žile kod pacijenata s moždanom smrću. Zbog toga, intenzitet signala na MR ostaje nepromijenjen, dok se kod normalne cerebrovaskularne perfuzije signal smanjuje za 25-30% (38). MR angiografija mogla bi u budućnosti postati alternativa CT angiografiji. Međutim, trenutno je njezina primjena ograničena potrebom za MR kompatibilnim uređajima (npr. respiratori bez metalnih dijelova) i nedostatkom dokaza o superiornosti u odnosu na CTA (34).

5.4.7. Pozitronska emisijska tomografija

PET/CT (pozitronska emisijska tomografija u kombinaciji s kompjuteriziranom tomografijom) je dijagnostička metoda koja omogućava istovremeni prikaz strukture i funkcije mozga. U dijagnostici moždane smrti, najčešće se koristi fluorodeoksiglukozu obilježena izotopom fluora, koja služi kao marker metabolizma glukoze u moždanim stanicama. Izostanak metabolizma fluorodeoksiglukozu pokazuje prekid moždane aktivnosti i neizravan je znak cerebrovaskularnog aresta, što podržava dijagnozu moždane smrti (39).

Neuroslikovne metode koje prikazuju odsutnost cerebrovaskularnog protoka ključne su za potvrdu dijagnoze moždane smrti (MS-a) u slučajevima kada klinički testovi nisu dovoljni ili pouzdani. Te metode, poput CT angiografije (CTA), MR angiografije (MRA), transkranijuskog dopplera (TCD) i digitalne supstrakcijske angiografije (DSA), omogućuju vizualizaciju protoka krvi u mozgu. U dijagnozi moždane smrti, odsutnost cirkulacije unutar kranijskiharterija ukazuje na ireverzibilni gubitak moždane funkcije. Zaključno, neuroslikovne metode su precizne, pouzdane i često neophodne u složenim dijagnostičkim slučajevima, gdje pružaju objektivni dokaz odsutnosti moždane cirkulacije i time potvrđuju dijagnozu moždane smrti (40)

6. ELEKTROENCEFALOGRAM

Elektroencefalografija (EEG) je dijagnostička metoda koja mjeri električnu aktivnost mozga putem elektroda postavljenih na vlasište. Test je neinvazivan, bezbolan i pruža korisne informacije o radu moždanih stanica, što je važno za kliničku neurologiju i neurofiziologiju.

Prijenos informacija kroz živčani sustav i mozak temelji se na elektrokemijskim procesima. Električna aktivnost neurona manifestira se kao električni potencijal, pri čemu aktivnost pojedinog neurona ima minimalnu vrijednost. Međutim, kada se aktivnost većeg broja neurona zbroji, generira se električni potencijal dovoljan za mjerenje površinskim elektrodama postavljenim na koži glave. Tkiva mozga, lubanje i kože imaju sposobnost provođenja električne struje koja nastaje kao rezultat sinaptičke aktivnosti, što omogućuje registraciju električnih potencijala. Signal snimljen na pojedinoj elektrodi predstavlja sumu aktivnosti izravno ispod te elektrode, a također može uključivati signale iz udaljenijih dijelova mozga.

Metoda registracije električne aktivnosti mozga naziva se elektroencefalografija, a snimljena aktivnost se zove elektroencefalogram (EEG). EEG bilježi spontanu aktivnost mozga, koja je prisutna u svim stanjima i patologijama. Koristi se za otkrivanje abnormalnosti u moždanim valovima, poput epilepsije, poremećaja spavanja, moždanih udara ili drugih neuroloških stanja. EEG može pomoći u procjeni funkcije mozga u različitim stanjima svijesti, uključujući dijagnozu moždane smrti.

EEG se dijeli na ritmičke aktivnosti u određenim frekvencijskim područjima, a najčešće podjele uključuju alfa, beta, delta, theta, mu i gama ritmove. (41)

Alfa-ritam (8–12 Hz) se tipično javlja u zatiljnom dijelu mozga i povezan je s potpunom relaksacijom, nestajući pri bilo kakvoj mentalnoj ili fizičkoj aktivnosti.

Beta-ritam (12–30 Hz) povezan je sa stanjem budnosti i intenzivne mentalne aktivnosti.

Delta-ritam (niske frekvencije, velike amplitude) javlja se tijekom dubokog sna i može ukazivati na patološke promjene kada se pojavi u budnom stanju.

Theta-ritam (4–7 Hz) češće se pojavljuje kod djece i u stanju pospanosti.

Mu-ritam (8–13 Hz) aktivira se tijekom zamišljanja ili izvođenja pokreta.

Gama-ritam (20–100 Hz) odgovara na senzorne podražaje, poput akustičnih i vizualnih stimulansa.

Sustav za snimanje EEG-a sastoji se od elektroda koje registriraju električnu aktivnost, pojačala koja prenosi te signale, te računala za kontrolu snimanja i analizu. Prije snimanja, koža se priprema uklanjanjem površinskog sloja kako bi se smanjio otpor između kože i elektrode, a kvaliteta signala ovisi o vrsti materijala od kojeg je elektroda napravljena, obliku elektrode i mjestu postavljanja. Elektrode mogu biti površinske (neinvazivne), igla elektrode (u obliku igle, bolje kvalitete) ili ugrađene elektrode (invazivne, s najboljim signalima). Da bi

se omogućilo praćenje pacijenata kroz različite ustanove, važno je standardizirati pozicije elektroda prema 10-20 sustavu, koji uključuje 21 elektrodu i jasno definira njihove pozicije. Tijekom snimanja, bitno je obratiti pažnju na frekvenciju uzorkovanja i granične frekvencije filtara. Donja granična frekvencija treba biti postavljena tako da izbjegne zasićenje pojačala i analognog/digitalnog pretvornika, dok je područje od interesa između 1 Hz i 70 Hz. Notch filtar na 50 Hz koristi se za uklanjanje smetnji iz gradske mreže, ali se ne preporučuje tijekom snimanja jer može izbrisati korisne informacije. Umjesto toga, važno je minimizirati izvore smetnji u blizini pacijenta. Diferencijalna pojačala koriste tri elektrode: aktivnu, referentnu i uzemljenu. Ova pojačala pojačavaju razliku između signala aktivne i referentne elektrode, čime se smetnje iz okoline poništavaju. Snimanje EEG-a može biti bipolarno (mjerenje razlike između dviju aktivnih elektroda) ili monopolarno (jedna aktivna elektroda s referentnom). Odabir referentne elektrode može značajno utjecati na izgled snimljenog signala, pa je važno odabrati je prema ciljevima mjerenja. (41)

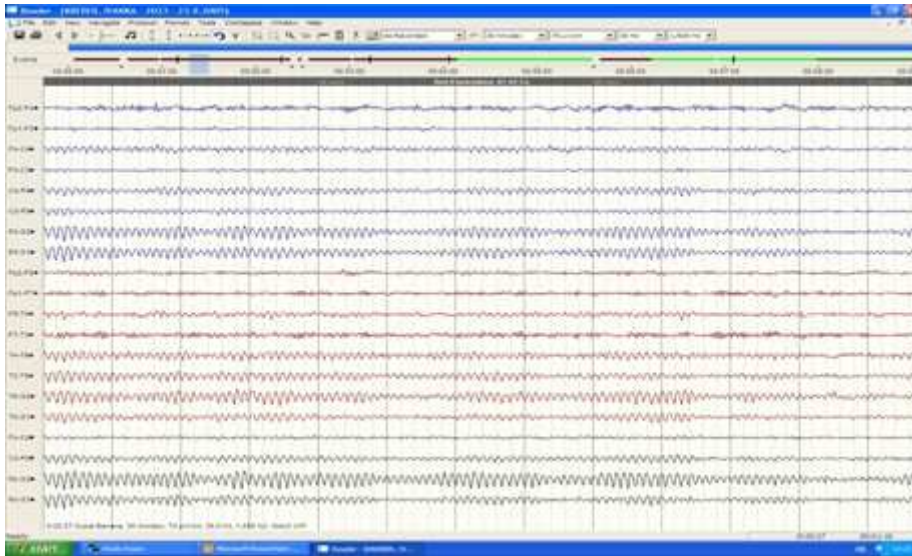
EEG, uz kliničku sliku, igra ključnu ulogu u postavljanju dijagnoze u bolesnika s epilepsijom. Nalaz EEG-a ne može ocijeniti učinak antiepileptičke terapije, a uredan nalaz ne isključuje dijagnozu epilepsije. Senzitivnost EEG-a varira od 25 do 56%, dok je specifičnost između 78 i 98%. EEG pomaže u prepoznavanju interiktalne aktivnosti i lokalizaciji iktalne ili interiktalne aktivnosti, a također je koristan u dijagnostici različitih vrsta epileptičkih napadaja. Standardni EEG često ne detektira epileptogenu aktivnost u gotovo 50% slučajeva, pa se koriste aktivacijske tehnike (hiperventilacija, fotostimulacija, san ili deprivacija sna) koje povećavaju detekciju na gotovo 90%. Kada klasično snimanje ne donese zadovoljavajuće rezultate, provodi se dugotrajno EEG monitoriranje, koje može trajati od nekoliko sati do nekoliko dana. Ova metoda se može izvoditi u EEG laboratorijima ili uz portabilne uređaje, a optimalno je uključiti sinkronizirano video snimanje radi boljeg razumijevanja kliničke slike. Preporučuje se snimanje EEG-a s otvorenim i zatvorenim očima kako bi se osigurala potpuna analiza, budući da alfa-ritam pri zatvorenim očima može maskirati druge važne ritmove. EEG snimci se mogu dodatno obraditi matematičkim programima poput BESA (Brain Electric Source Analysis), koji modeliraju strujne izvore i pomažu u lokalizaciji područja odgovornog za napadaje. Ova analiza povećava iskoristivost kliničkih EEG podataka dodavanjem nove dimenzije. (41)

Elektroencefalogram (EEG) je jedan od najčešće korištenih parakliničkih testova kod dokazivanja moždane smrti. EEG je neinvazivna i široko korištena dijagnostička metoda, najčešće primijenjena u svijetu za praćenje moždane aktivnosti. Stanje električne tišine (izoelektrična linija) povezano je s dijagnozom moždane smrti.

Prije snimanja, pacijent mora biti hemodinamski stabilan, bez prisutnih znakova hipotermije, prisutnosti depresora CNS -ali teških metaboličkih poremećaja u krvi ili drugim analizama. Postupak je sličan standardnom snimanju EEG-a, s tim da se na skali postave najmanje 14 elektroda simetrično prema sustavu "10-20", s razmakom većim od 5 cm i impedancom između 100 i 10.000 ohma, kod ovog snimanja amplifikacija mora biti $\geq 2 \mu\text{V}/\text{mm}$, uz kalibraciju na defleksiju od 5mm za signal od $10 \mu\text{V}$.

Snimanje traje najmanje 20 minuta, a svaka aktivnost iznad $2 \mu\text{V}$ koja se pojavi u nalazu isključuje dijagnozu moždane smrti. Reaktivnost mozga na nociceptivne i akustične podražaje također se ispituje. Ako nalaz nije jasan, drugi EEG treba ponoviti nakon 6 sati (41).

Slika 3. Prikaz urednog EEG nalaza



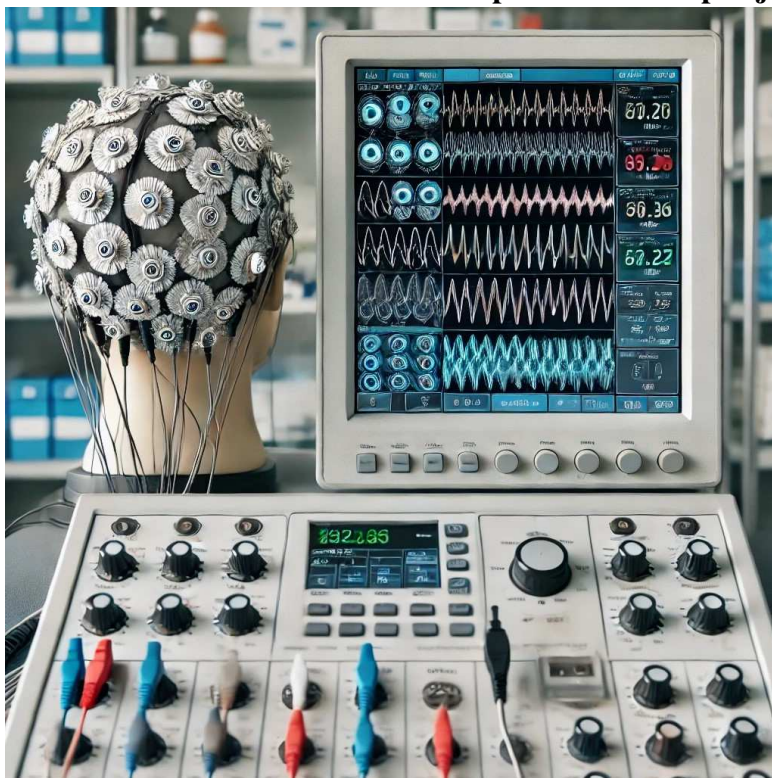
Prikaz urednog EEG nalaza (preuzeto 13.09.2024.; <https://www.poliklinikaabr.hr/o-dijagnostici/17-eeg-elektroencefalografija>)

Slika 4. Prikaz postavljanja elektroda na pacijenta



Prikaz postavljanja elektroda na pacijenta(preuzeto 13.09.2024.,<https://lifeimpuls.rs/elektroencefalografija-eeeg/>)

Slika 5. Prikaz EEG uredaja u kliničkom okruženju, s monitorom koji prikazuje moždane valove i elektrode povezane s pacijentom.(preuzeto 13.09.2024.)



7. PROGLAŠENJE MOŽDANE SMRTI

Broj kliničkih pregleda, broj liječnika uključenih u preglede te broj potrebnih parakliničkih testova za potvrdu dijagnoze moždane smrti (MS) varira i nije univerzalno propisan. Hrvatski sabor je još 2005. godine donio „Pravilnik o postupku, načinu i medicinskim kriterijima za utvrđivanje smrti osobe čiji se dijelovi tijela mogu uzimati radi transplantacije“, koji detaljno opisuje sve korake i postupke u dijagnostici moždane smrti. Moždana smrt se utvrđuje kroz dva uzastopna klinička pregleda, pri čemu mora proći najmanje 3 sata između pregleda kod odraslih osoba i djece starije od 12 godina, 12 sati kod djece od 2 do 12 godina, te 24 sata kod djece od 2 mjeseca do 2 godine. Kliničke preglede provodi povjerenstvo sastavljeno od dva liječnika specijalista. Za pacijente mlađe od 12 godina pregled obavljaju anesteziolog i pedijatar koji radi u intenzivnoj medicini, dok anesteziolog i neurolog ili neurokirurg pregledavaju stariju djecu i odrasle. Vrijeme smrti pacijenta smatra se trenutkom završetka drugog kliničkog pregleda i potpisivanja standardnog obrasca „Zapisnik o utvrđivanju smrti“, koji je definiran „Pravilnikom o načinu, postupku i medicinskim kriterijima za utvrđivanje moždane smrti“. Nakon proglašenja moždane smrti, daljnji dijagnostički i terapijski postupci postaju nepotrebni, osim u slučajevima kada je pacijent darivatelj organa za transplantaciju. U Hrvatskoj se, nakon što je utvrđena smrt mozga, traži pristanak rodbine za eksplantaciju organa, iako je, prema zakonskim propisima, eksplantacija moguća ako se potencijalni davatelj za života nije izričito tome (pismeno) protivio(42). Zakon ne zahtijeva dozvolu obitelji za eksplantaciju organa, iako se u kliničkoj praksi često traži pristanak obitelji. Osobe koje se protive darivanju organa nakon smrti mogu potpisati „Izjavu o ne darivanju organa“ kod svog liječnika, dok osobe koje podržavaju darivanje mogu izraditi donorsku karticu. Međutim, čak i kada pokojnik posjeduje donorsku karticu, liječnici će ipak konzultirati obitelj, koja u većini slučajeva poštuje želje preminule osobe (43). Moždana smrt uzrokuje značajne hemodinamske i hormonalne poremećaje koji zahtijevaju odgovarajuće liječenje kako bi se spriječilo oštećenje tkiva i organa namijenjenih za transplantaciju. Također se javlja sindrom sistemskog upalnog odgovora, koji dodatno oštećuje organe, zbog čega je važno da vremenski period između proglašenja moždane smrti i eksplantacije bude što kraći. Protokol za donore kod kojih je potvrđena moždana smrt temelji se na tzv. "pravilu 100", pri čemu se preporučuje održavanje sistoličkog krvnog tlaka (SKT) ≥ 100 mmHg, diureze ≥ 100 ml/h, hemoglobina ≥ 100 g/L i parcijalnog tlaka kisika (PaO₂) ≥ 100 mmHg. Temperatura tijela treba biti iznad 35°C, a potrebno je nadomjestiti tekućine i kalorije. U slučaju razvoja pojedinih kliničkih slika kao što su diabetes insipidusa- primjenjuje se dezmopresin, za liječenje hiperglikemije daje se inzulin, metilprednizolon za adrenalnu insuficijenciju, a često se provodi i nadoknada hormona štitnjače (44). Nastupanjem moždane smrti i proglašenjem iste nastupa prekid liječenja bolesnika. U slučaju odluke donorstva organa, započinje proces održavanja donora koji je ujedno i najzahtjevniji dio. Održavanje donora do trenutka eksplantacije odvija se u jedinici intenzivnog liječenja, gdje medicinska sestra/tehničar pruža cjelokupnu zdravstvenu njegu, prati vitalne funkcije te vodi medicinsku dokumentaciju (45).

Ključni aspekti ovog procesa uključuju procjenu općeg stanja donora, s naglaskom na procjenu hemodinamskog statusa te potrebu za primjenom vazoaktivnih ili inotropnih lijekova. Također, važno je odrediti morfološke i funkcionalne karakteristike organa kako bi se procijenila podobnost darivatelja. U tu svrhu provodi se niz pregleda i pretraga, uključujući višestruko uzimanje uzoraka za laboratorijske analize te složenije dijagnostičke postupke poput kompjuterizirane tomografije trbuha i prsnog koša (MSCT), bronhoskopije u slučaju planirane eksplantacije pluća te koronarografije kada je predviđena eksplantacija srca. Zbog mogućnosti kolonizacije ili latentne infekcije, obavezno je uzimanje uzoraka za mikrobiološku analizu, uključujući hemokulturu, urinokulturu, trahealni aspirat te bris rane, ako postoji. Osnovni postupci u održavanju donora uključuju praćenje vitalnih funkcija, kao što su EKG monitoring, SpO₂, satna diureza, mjerenje centralnog venskog tlaka, invazivno mjerenje krvnog tlaka te kontinuirano praćenje tjelesne temperature. Važno je održavati tjelesnu temperaturu iznad 35°C, koristeći metode vanjskog zagrijavanja poput grijanja infuzijskih otopina i toplih pokrivača. Prevencija infekcije je ključna, jer infekcija može ugroziti eksplantaciju i kasnije preživljavanje primatelja. Redovita aspiracija dišnih puteva provodi se kako bi se spriječila kolonizacija bolničkim patogenima i infekcijama uzrokovanim rezistentnim mikroorganizmima. Također, rožnica se održava primjenom antibiotičke masti i kapi te prekrivanjem sterilnim tupferima namočenim u fiziološku otopinu. Održavanje hematoloških i koagulacijskih pokazatelja unutar normalnih granica, po potrebi uz transfuziju eritrocita, trombocita ili svježe smrznute plazme, kao i regulacija elektrolitskog statusa i volumena, najčešće putem elektrolitnih otopina, također su ključni. Satna diureza kod darivatelja više organa trebala bi iznositi minimalno 1 ml/kg kako bi se očuvala bubrežna funkcija. Iako se većina odluka temelji na pretragama i nadzoru, konačna odluka o upotrebi određenih organa ponekad se donosi na temelju makroskopske procjene eksplantacijskog kirurga. Ipak, zbog tehničkih ograničenja u izvođenju određenih dijagnostičkih postupaka uz krevet pacijenta, donori se povremeno moraju transportirati (46). Priprema za transport predstavlja jedan od najzahtjevnijih zadataka za anesteziološku sestru/tehničara. Anesteziološka sestra/tehničar mora biti osposobljena za prepoznavanje komplikacija i neželjenih događaja koji mogu nastati tijekom transporta. Ti problemi mogu biti uzrokovani ljudskom greškom (nepažnja u monitoriranju, slučajna ekstubacija, gubitak venskog puta, neadekvatna ventilacija) ili kvarovima na opremi (nestanak struje, kvarovi na uređajima, prekid monitoringa). Pažljiva priprema i provjera opreme prije transporta ključni su za sprječavanje ili smanjenje rizika od komplikacija. Preporučuje se korištenje provjerene opreme s kojom su medicinski djelatnici dobro upoznati. Također, važno je provjeriti stanje baterija na uređajima i osigurati dovoljne količine kisika i tekućina. Popratnu opremu treba svesti na minimum kako bi se olakšao transport. Tijekom transporta, ključno je odabrati najkraći put, provjeriti ispravnost i dostupnost lifta te kontinuirano nadzirati pacijenta u određenim vremenskim intervalima kako bi se pravovremeno uočile eventualne komplikacije (47).

8. ULOGA MEDICINSKE SESTRE/TEHNIČARA U PROCESU DOKAZIVANJA MOŽDANE SMRTI

Uloga medicinske sestre/tehničara u timu pri dokazivanju moždane smrti je ključna u pripremi bolesnika za klinički pregled i paraklinička testiranja. Nadalje, medicinske sestre pružaju podršku, osiguravaju pravilnu njegu i koordiniraju sa zdravstvenim timom. Medicinska sestra igra važnu ulogu u pripremi pacijenta za dijagnostičke postupke kojima se potvrđuje moždana smrt. Medicinska sestra/tehničar sudjeluje u postupcima isključivanja drugih stanja koja mogu oponašati moždanu smrt, poput metaboličkih poremećaja ili trovanja. Njena odgovornost uključuje kontinuirano praćenje i stabilizaciju vitalnih funkcija pacijenta, kao što su krvni tlak, oksigenacija i ravnoteža tekućina, kako bi se osiguralo pravilno izvođenje dijagnostičkih testova. Također, medicinska sestra nadzire prestanak primjene sedativa ili drugih lijekova koji mogu utjecati na neurološku funkciju, osiguravajući time uvjete za pouzdanu procjenu stanja pacijenta

Suradnja s liječnicima i drugim članovima tima je iznimno važna u samoj koordinaciji postupka dokazivanja moždane smrti. Medicinska sestra usko surađuje s neurologom, neurokirurgom i anesteziologom te ostalim članovima tima u procesu dokazivanja moždane smrti. U ovom timu, sestra prikuplja podatke i prati vitalne parametre. Kontinuirano prati vitalne parametre pacijenta, kao što su respiracija, krvni tlak i puls, i evidentira sve promjene koje su relevantne za procjenu moždane smrti. Sestra osigurava točne i pravovremene informacije o pacijentovom stanju koje su važne za dijagnostički proces. Proces dokazivanja moždane smrti nosi mnoge etičke izazove, posebno u komunikaciji s porodicom pacijenta (48). U procesu dokazivanja moždane smrti izvode se određeni testovi kao što su refleksi moždanog stabla, test apneje i doppler ultrazvuk. Iako medicinske sestre ne obavljaju ove testove samostalno, one često pomažu liječnicima. Uloga medicinske sestre/tehničara u izvođenju kliničkih testova obuhvaća niz zadataka, uključujući pripremu potrebnog pribora, osiguravanje venskog puta i arterijske kanile, te provjeru funkcionalnosti monitora (EKG, krvni tlak, pulsni oksimetar). Također, medicinska sestra/tehničar asistira pri izvođenju testova i uzima uzorke arterijske krvi tijekom apneja testa. Posebno je značajna uloga anesteziološke sestre/tehničara prilikom apneja testa, koji je najzahtjevniji i zahtijeva koordinaciju s laboratorijem radi brze analize acidobazičnog statusa (ABS) svakih 2 minute, kako bi se ispunili kriteriji za porast PaCO₂ u arterijskoj krvi. Preporuča se postavljanje dviju arterijskih kanila kako bi se omogućilo kontinuirano hemodinamsko praćenje bez prekida invazivnog mjerenja tlaka prilikom uzimanja uzoraka za ABS. Anesteziološka sestra/tehničar također igra ključnu ulogu u dokazivanju odsutnosti trahealnog refleksa. Ovaj refleks se testira stimulacijom dušnika putem katetera umetnutog kroz endotrahealni tubus, a njegov izostanak označava posljednji refleks koji nestaje u procesu utvrđivanja moždane smrti. Medicinska sestra može pripremati opremu i pacijenta za testiranje te asistirati liječnicima u izvođenju testova. Prilikom testiranja, medicinska sestra prati vitalne funkcije pacijenta kako bi pravovremeno reagirala u slučaju komplikacija. Medicinske sestre/tehničari imaju ključnu ulogu u dokumentiranju svih aspekata njege i testiranja pacijenta tijekom procesa dokazivanja moždane smrti. Vrlo je bitno precizno vođenje medicinske dokumentaciji. Medicinska sestra/tehničar dokumentira sve postupke, rezultate testova i promjene u stanju pacijenta, što

je ključno za donošenje konačne dijagnoze (49). Sestra prati da svi dijagnostički postupci budu izvedeni u skladu s važećim smjericama i protokolima koji definiraju dokazivanje moždane smrti. Medicinska sestra igra važnu ulogu u osiguravanju profesionalnog i suosjećajnog pristupa komunicirajući s porodicom pacijenta, pružajući im emocionalnu podršku. Iako medicinske sestre ne donose odluke o dijagnozi, važno je da budu prisutne i dostupne za pojedina pitanja iz njihove ovlasti djelovanja. Medicinska sestra/tehničar mora poštivati odluke pacijenta (ako su poznate) i porodice, kao i osigurati da se sve medicinske intervencije provode u skladu s etičkim normama i pravilima bolnice. Nakon što je moždana smrt potvrđena, medicinska sestra/tehničar često pomaže porodici da razumije situaciju i počne proces žalovanja. Može im pružiti informacije o mogućnostima doniranja organa, ako je to u skladu s željama pacijenta i porodice. Nastavlja pružati emocionalnu podršku porodici tijekom svih faza procesa, osiguravajući osjećaj suosjećanja i ljudske pažnje. Medicinske sestre igraju ključnu ulogu u procesu dokazivanja moždane smrti, od pripreme pacijenta, preko komunikacije s porodicom, do koordinacije s timom i praćenja vitalnih funkcija. Njihova stručnost, empatija i profesionalizam su od presudne važnosti za pravilno vođenje ovog kompleksnog i emocionalno izazovnog procesa (50).

8. ZAKLJUČAK

Moždana smrt je trajni gubitak svih funkcija mozga i moždanog debla, čineći 1-2% svih smrti. Pacijenti s moždanom smrću su najbolji su kandidati za doniranje organa, stoga je važno poznavati postupak dijagnosticiranja moždane smrti. Postupak utvrđivanja moždane smrti može započeti tek nakon što je identificiran i dokumentiran nepovratni uzrok kome, a svi reverzibilni uzroci koji mogu oponašati moždanu smrt isključeni. Moždana smrt prvenstveno se postavlja kao klinička dijagnoza, a fizikalnim pregledom potvrđuju se klinički znakovi. Za dijagnozu moždane smrti moraju biti ispunjena tri klinička kriterija: duboka koma, odsutnost refleksa moždanog debla i pozitivan apneja test. Pacijenti u moždanoj smrti su u dubokoj komi s Glasgow Coma Scale (GCS) vrijednošću 3. Svi refleksi moždanog debla moraju biti odsutni, a ispituju se: reaktivnost zjenica na svjetlo, kornealni refleks, reakcija na bol u području inervacije trigeminalnog živca, okulocefalični i okulovestibularni refleks, faringealni i trahealni refleks, atonija mišića te atropinski test. Apneja test je pozitivan ako ne dođe do spontane respiratorne aktivnosti, a PaCO₂ poraste iznad 60 mmHg ili za 20 mmHg u odnosu na početnu vrijednost. Klinički pregled može biti dopunjen parakliničkim testovima. Dodatni testovi uključuju: EEG, evocirane moždane potencijale, angiografiju mozga, transkranijску Doppler sonografiju, CT ili MR angiografiju, perfuzijsku radionuklearnu scintigrafiju, pozitronsku emisijsku tomografiju ili perfuzijski CT. Moždana smrt proglašava se nakon dva uzastopna klinička pregleda u razmaku od tri sata a koje provodi povjerenstvo sastavljeno od najmanje dva specijalista. Nakon proglašenja moždane smrti, daljnji dijagnostički i terapijski postupci su nepotrebni, osim u slučaju darivatelja organa za transplantaciju. Važnost uloge medicinske sestre/ tehničara u procesu dokazivanja moždane smrti naglašava važnost njene stručnosti i preciznosti u svim fazama postupka. Medicinska sestra/tehničar ima ključnu ulogu u pripremi opreme i pacijenta za testiranje, sudjeluje u praćenju vitalnih funkcija i znakova i asistiranju specijalistima tijekom kliničkih i parakliničkih testova koji su potrebni za dijagnozu. Njezina pažljiva priprema, kontrola opreme i nadzor nad pacijentom i njega, osiguravaju da se svi medicinski postupci provode sigurno i učinkovito. Također, važno je da medicinske sestre budu educirane o komplikacijama koje mogu nastati tijekom dijagnostičkog procesa, kako bi mogle brzo reagirati i spriječiti nepredviđene događaje. Kroz svoje djelovanje, medicinska sestra doprinosi preciznom i pravovremenom postavljanju dijagnoze moždane smrti, što je ključno za daljnje postupke, posebno u kontekstu darivanja organa.

9. LITERATURA

1. Shemie SD, Gardiner D. Circulatory Arrest, Brain Arrest and Death Determination. *Front Cardiovasc Med.* 2018;5:15.
2. A definition of irreversible coma. Report of the Ad Hoc Committee of the Harvard Medical School to Examine the Definition of Brain Death. *JAMA.* 1968 Aug 5;205(6):337–40.
3. Shemie SD, Hornby L, Baker A, Teitelbaum J, Torrance S, Young K, i sur. International guideline development for the determination of death. *Intensive Care Med.* 2014 Jun;40(6):788–97.
4. Ríos A, Carrillo J, López-Navas AI, Martínez-Alarcón L, Ayala-García MA, Sánchez Á, i sur. Does Knowledge of the Concept of Brain Death Affect the Attitude Toward Donation of Algerians Residing in Spain? *Transplant Proc.* 2020 Mar;52(2):465–8.
5. Gastala J, Fattal D, Kirby PA, Capizzano AA, Sato Y, Moritani T. Brain death: Radiologic signs of a non-radiologic diagnosis. *Clin Neurol Neurosurg.* 2019 Oct 1;185:105465.
6. Diagnosis of brain death. Statement issued by the honorary secretary of the Conference of Medical Royal Colleges and their Faculties in the United Kingdom on 11 October 1976. *Br Med J.* 1976 Nov 13;2(6045):1187–8.
7. Yoshikawa MH, Rabelo NN, Welling LC, Telles JPM, Figueiredo EG. Brain death and management of the potential donor. *Neurol Sci.* 2021;42(9):3541–52.
8. Barnes E, Greer D. Inconsistency in Brain Death Determination Should Not Be Tolerated. *AMA J Ethics.* 2020 Dec 1;22(12):1027–32.
9. Wijdicks EFM, Varelas PN, Gronseth GS, Greer DM, American Academy of Neurology. Evidence-based guideline update: determining brain death in adults: report of the Quality Standards Subcommittee of the American Academy of Neurology. *Neurology.* 2010 Jun 8;74(23):1911–8.
10. European Directorate for the Quality of Medicines & Health Care (EDQM). Determination of death by neurologic criteria. U: Guide to the quality and safety of organs for transplantation. 7. izd. Strasbourg (France): European Directorate for the Quality of Medicines & Health Care of the Council of Europe (EDQM); 2018. Str. 61-79.
11. Seifi A, Lacci JV, Godoy DA. Incidence of brain death in the United States. *Clin. Neurol. Neurosurg.* 2020 Aug;195:105885.
12. Starr R, Tadi P, Pflieger N. Brain Death. U: Stat Pearls [Internet]. Treasure Island (FL): Stat Pearls Publishing; c2022 (pristupljeno 13.9.2024.). Dostupno na: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK538159/>
13. Robba C, Iaquaniello C, Citerio G. Death by neurologic criteria: pathophysiology, definition, diagnostic criteria and tests. *Minerva Anestesiol.* 2019 Jul;85(7):774–81.
14. Essien EO, Fioretti K, Scalea TM, Stein DM. Physiologic Features of Brain Death. *Am Surg.* 2017 Aug 1;83(8):850–4.
15. Kondziella D. The Neurology of Death and the Dying Brain: A Pictorial Essay. *Front Neurol.* 2020 Jul 21;11:736.
16. Brain Injury Evaluation Quality Control Center of National Health Commission; Neurocritical Care Committee of the Chinese Society of Neurology (NCC/CSN); Neurocritical Care Committee of China Neurologist Association (NCC/CNA).

Criteria and practical guidance for determination of brain death in adults (2nd edition). Chin Med J(Engl). 2019 Feb 5;132(3):329–35.

17. Jorgensen EO. Technical contribution. Requirements for recording the EEG at high sensitivity in suspected brain death. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1974;36:65-69.
18. Sindrom zaključanog čovjeka. U: MSD priručnik dijagnostike i terapije (Internet). Split: Placebo d.o.o.; c2014 (pristupljeno 13.9.2024.). Dostupno na: <http://www.msdprirucnici.placebo.hr/msd-prirucnik/neurologija/stupor-i-koma/sindrom-zakljucanogcovjeka>
19. Vegetativno stanje. U: MSD priručnik dijagnostike i terapije (Internet). Split: Placebo d.o.o.; c2014 (pristupljeno 13.9.2024.). Dostupno na: <http://www.msdprirucnici.placebo.hr/msd-prirucnik/neurologija/stupor-i-koma/vegetativno-stanje>
20. Teasdale G, Jennett B. Assessment of coma and impaired consciousness. A practical scale. *Lancet Lond Engl.* 1974 Jul 13;2(7872):81–4
21. Pravilnik o načinu, postupku i medicinskim kriterijima za utvrđivanje smrti osobe čiji se dijelovi tijela mogu uzimati radi presađivanja – NN 3/2006 [Internet]. Zagreb: Narodne novine; 2006 (pristupljeno 14.9.2024.). Dostupno na: https://narodnenovine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2006_01_3_92.html
22. Stanišić M. Braindeath [Internet]. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Medicinski fakultet; 2017 (pristupljeno 14.9.2024.). Dostupno na: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:105:844227>
23. Kim DH, Kwon OY, Yang TW, Kim M, Lee J, Cho W, i sur. Reflex and Spontaneous Movements in Adult Patients during the Process of Determining Brain Death in Korea. *JKorean Med Sci.* 2020 Mar 23;35(11):e71.
24. Busl KM, Lewis A, Varelas PN. Apnea Testing for the Determination of Brain Death: A Systematic Scoping Review. *Neurocrit Care.* 2021 Apr;34(2):608–20.
25. Benzel EC, Gross CD, Hadden TA, Kesterson L, Landreneau MD. The apnea test for the determination of brain death. *J Neurosurg.* 1989 Aug;71(2):191–4
26. Sołek-Pastuszka J, Saucha W, Iwańczuk W, Bohatyrewicz R. Evolution of apnoea test in brain death diagnostics. *Anaesthesiol. Intensive. Ther.* 2015;47(4):363–7.
27. Thiagarajan RR, Brogan TV, Scheurer MA, Laussen PC, Rycus PT, Bratton SL. Extracorporeal membrane oxygenation to support cardiopulmonary resuscitation in adults. *Ann Thorac. Surg.* 2009 Mar;87(3):778–85.
28. Kim JJ, Kim EY. Identification of Hemodynamic Risk Factors for Apnea Test Failure During Brain Death Determination. *Transplant. Proc.* 2019 Aug;51(6):1655–60.

29. Citerio G, Crippa IA, Bronco A, Vargiolu A, Smith M. Variability in Brain Death Determination in Europe: Looking for a Solution. *Neurocrit Care*. 2014 Dec 1;21(3):376–82.
30. MacDonald D, Stewart-Perrin B, Shankar JJS. The Role of Neuroimaging in the Determination of Brain Death. *J Neuroimaging Off J Am Soc. Neuroimaging*. 2018 Jul;28(4):374–9.
31. Savard M, Turgeon AF, Gariépy JL, Trottier F, Langevin S. Selective 4 vessels angiography in brain death: a retrospective study. *Can J Neurol Sci J CanSciNeurol*. 2010 Jul;37(4):492–7.
32. Chang JJ, Tsivgoulis G, Katsanos AH, Malkoff MD, Alexandrov AV. Diagnostic Accuracy of Transcranial Doppler for Brain Death Confirmation: Systematic Review and Meta Analysis. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2016 Mar;37(3):408–14.
33. Kasapoğlu US, Haliloğlu M, Bilgili B, Cinel İ. The Role of Transcranial Doppler Ultrasonography in the Diagnosis of Brain Death. *Turk J Anaesthesiol. Reanim*. 2019 Oct;47(5):367–74.
34. Nunes DM, Maia ACM, Boni RC, da Rocha AJ. Impact of Skull Defects on the Role of CTA for Brain Death Confirmation. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2019 Jul;40(7):1177–83.
35. Frampas E, Videcoq M, de Kerviler E, Ricolfi F, Kuoch V, Mourey F, et al. CT angiography for brain death diagnosis. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2009 Sep;30(8):1566–70.
36. Shankar JJS, Vandorpe R. CT perfusion for confirmation of brain death. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2013 Jul;34(6):1175–9.
37. Akdogan AI, Pekcevik Y, Sahin H, Pekcevik R. Assessment of Cerebral Circulatory Arrest via CT Angiography and CT Perfusion in Brain Death Confirmation. *Korean J Radiol*. 2021 Mar;22(3):395–404.
38. Yildirim UM. Diagnostic Value of Perfusion MR Imaging as a Potential Ancillary Test for Brain Death. *J Belg. Soc. Radiol*. 2020 Sep 18;104(1):54.
39. Ozdemir S, Tan YZ, Ozturk FK, Battal F. Confirmation of Brain Death with Positron Emission Tomography. *J Pediatr. Intensive Care*. 2020 Mar;9(1):51–3.
40. "Neuroimaging in the Diagnosis of Brain Death" (*Journal of Neuroradiology*, 2017)
41. Petelin Gadže, Ž., Poljaković, Z., Nanković, S., & Šulentić, V. (Eds.). (2016). *Epilepsija: dijagnostički i terapijski pristup*. Zagreb: Medicinska naklada.

42. Zakon o presađivanju ljudskih organa u svrhu liječenja – NN 144/2012 (Internet). Zagreb: Narodne novine; 2012 (pristupljeno 14.9.2024.). Dostupno na: https://narodnenovine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2012_12_144_3071.html
43. eGrađani – Gov.hr [Internet]. Zagreb: Vlada Republike Hrvatske; c2022. Darivanje organa (pristupljeno 14.9.2024.). Dostupno na: <https://gov.hr/hr/darivanje-organa/782>
44. Gelb AW, Robertson KM. Anaesthetic management of the brain dead for organ donation. *Can J Anaesth J Can Anesth.* 1990 Oct;37(7):806–12
45. Kumar L. Braindeath and care of the organ donor. *J Anaesthesiol Clin Pharmacol.* 2016 Jun;32(2):146–52.
46. Ministarstvo zdravstva Republike Hrvatske; Naputak za eksplantaciju organa, Zagreb; 1998.
47. Žgrablić N. Dijagnostika moždane smrti, tečaj za transplantacijske koordinate, 87-92, Hrvatska donorska mreža i Tiskara Ježtisak, 2003.
48. "Brain Death: Assessment and Implications for Nursing Care" (*Journal of Intensive Care Nursing*, 2020). Preuzeto sa https://journals.lww.com/ajnonline/abstract/2020/03000/ce__brain_death__history,_updates,_and.21.aspx , pristupljeno 14.09.2024.
49. "Guidelines for the Determination of Brain Death in Adults" (*American Academy of Neurology*, 2018) Preuzeto sa : <https://academic.oup.com/book/24748/chapter-abstract/188295994?redirectedFrom=fulltext> , (pristupljeno 14.09.2024.)
50. "The Role of Critical Care Nurses in the Diagnosis of Brain Death" (*Critical Care Nurse*, 2019)

10. ŽIVOTOPIS

Osobni podatci:

Ime i prezime: Antonela Žužić

Adresa: Vukovarska 1a, 23 000 Zadar

Broj mobilnog telefona: 091/919-80620

E-mail: antonelazuziczd@gmail.com

Datum rođenja: 12/01/2000

Radno iskustvo:

1. Dom za starije i nemoćne osobe Filipi (2022.)
2. Opća bolnica Zadar/ JIL (2023, od veljače - trenutno)

Obrazovanje:

2014. – 2018 . Gimnazija Vladimira Nazora, Zadar

2019. – 2022. Sveučilište u Zadru, Odjel za zdravstvene studije, Prijediplomski sveučilišni studij Sestrinstva

2022. – 2024. Sveučilište u Zadru, Odjel za zdravstvene studije, Diplomski sveučilišni studij Sestrinstva