

Diagnostika smrti mozgu v Českej a Slovenskej republike a jej predpoklady a kontraindikácie

prof. MUDr. Štefan Sivák, PhD.¹, doc. MUDr. Eva Pokorná, CSc., CETC², doc. MUDr. Svatopluk Ostrý, Ph.D.^{3,4}, MUDr. Petr Holý^{5,6}, MUDr. Denisa Osinová, PhD.⁷, doc. MUDr. Juraj Miklušica, PhD.⁸, prof. MUDr. Egon Kurča, PhD., FESO¹

¹Neurologická klinika, Jesseniova lekárska fakulta v Martine Univerzity Komenského v Bratislave, Univerzitná nemocnica Martin

²Odborné edukačné pracovisko pro dárcovství orgánů, Institut klinické a experimentální medicíny, Praha

³Neurologické oddělení Nemocnice České Budějovice, a. s., České Budějovice

⁴Neurochirurgická a neuroonkologická klinika, 1. lékařská fakulta Univerzita Karlova v Praze

a Ústřední vojenská nemocnice – Vojenská fakultní nemocnice Praha

⁵Neurologická klinika a Centrum klinických neurověd 1. lékařské fakulty Univerzity Karlovy a Všeobecné fakultní nemocnice v Praze

⁶Ústav soudního lékařství a toxikologie 1. lékařské fakulty Univerzity Karlovy

a Všeobecné fakultní nemocnice v Praze, Praha

⁷Klinika anesteziologie a intenzivní medicíny, Jesseniova lekárska fakulta v Martine Univerzity Komenského v Bratislave, Univerzitná nemocnica Martin

⁸Klinika všeobecnej, viscerálnej a transplantáčnej chirurgie, Jesseniova lekárska fakulta v Martine Univerzity Komenského v Bratislave, Univerzitná nemocnica Martin

Kritériá mozgovej smrti sú medicínsky a legislatívne akceptované vo svete už viac ako polstoročie. Cieľom predkladaného článku je definovať legislatívny rámec diagnostiky smrti mozgu a postup diagnostiky v Slovenskej a Českej republike. V diskusii na základe súčasných vedeckých poznatkov bližšie rozoberáme predpoklady a kontraindikácie diagnostiky smrti mozgu.

Kľúčové slová: mozgová smrť, kritériá diagnostiky, predpoklady a kontraindikácie

Diagnosis of Brain Death in the Czech and Slovak Republics and Its Preconditions and Contraindications

The criteria for brain death have been medically and legally accepted worldwide for more than half a century. The aim of the presented article is to describe the legal framework for brain death diagnostics and the diagnostic procedure in the Slovak and Czech Republics. In the discussion, based on current scientific knowledge, we further analyze the preconditions and contraindications for brain death diagnostics.

Key words: brain death, diagnostic criteria, preconditions and contraindications

Úvod

Kritériá mozgovej smrti (*brain death*, BD) alebo kritériá smrti podľa neurologických kritérií (*death by neurologic criteria*, DNC) sú medicínsky a legislatívne akceptované vo svete už viac ako polstoročie. Lekár je však povinný zisťovať smrť v súlade so súčasnými poznatkami vedy. Cieľom predkladaného článku je priblížiť legislatívny rámec diagnostiky smrti mozgu, opísať postup diagnostiky v Slovenskej a Českej republike (SR, ČR) a diskutovať problematiku predpokladov a kontraindikácií diagnostiky vo vzťahu k aktuálnym vedeckým poznatkom.

Legislatíva

Podľa súčasných legislatívnych podmienok v SR a ČR sa potenciálnym darcom stáva každý pacient po stano-

vení smrti, ktorý sám počas svojho života (alebo zákonný zástupca osoby plne nespôsobilej na právne úkony) oficiálne nevyjadril nesúhlas s odobratím orgánov (SR – § 5 zákona č. 317/2016 Z. z.; ČR – § 16 zákona č. 285/2002 Sb.).

Diagnóza smrti mozgu je klinická diagnóza a pre diagnostiku smrti mozgu u darcov orgánov platia špeciálne právne predpisy. Diagnostika smrti mozgu u darcov orgánov má v SR a ČR oporu v nasledujúcich právnych predpisoch v zmysle ich najnovších novelizácií:

- Slovenská republika
 - Zákon č. 576/2004 Z. z. o zdravotnej starostlivosti, službách súvisiacich s poskytovaním zdravotnej starostlivosti a o zmene a doplnení niektorých zákonov (ďalej „ZoZS“)

Declarations:

Declaration of originality:

The manuscript is original and has not been published or submitted elsewhere.

Ethical principles compliance:

The authors attest that their study was approved by the local Ethical Committee and is in compliance with human studies and animal welfare regulations of the authors' institutions as well as with the World Medical Association Declaration of Helsinki on Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects adopted by the 18th WMA General Assembly in Helsinki, Finland, in June 1964, with subsequent amendments, as well as with the ICMJE Recommendations for the Conduct, Reporting, Editing, and Publication of Scholarly Work in Medical Journals, updated in December 2018, including patient consent where appropriate.

Conflict of interest:

Not applicable.

Consent for publication:

Not applicable.

prof. MUDr. Štefan Sivák, PhD.

sivakste@gmail.com

- Odborné usmernenie MZ SR č. 28610/2006 o darcovstve, odberoch ľudských orgánov z tiel živých a mŕtvych darcov, o testovaní darcov a o prenose ľudských orgánov na príjemcu (ďalej „OU MZ SR“)
- Česká republika
 - Zákon č. 285/2002 Sb. o darovaní, odberech a transplantáciách tkání a orgánů a o zmene některých zákonů (Transplantační zákon, ďalej „TZ“)
 - Vyhláška č. 115/2013 Sb. o stanovení specializované způsobilosti lékařů zjišťujících smrt a lékařů provádějících vyšetření potvrzující nevratnost smrti pro účely odběru tkání nebo orgánů určených pro transplantaci
 - Vyhláška č. 114/2013 Sb. o stanovení bližších podmínek posuzování zdravotní způsobilosti a rozsahu vyšetření žijícího nebo zemřelého dárce tkání nebo orgánů pro účely transplantací. Obsahuje vzor „Protokolu o zjištění smrti“.

Stanovenie smrti mozgu podľa aktuálnej legislatívy

Smrť mozgu je v SR a ČR definovaná rovnako – ako nezvratná strata funkcie celého mozgu (vrátane mozgo-

vého kmeňa) (SR – § 43 ods. 3 ZoZS.; ČR – § 10 odst. 3 TZ). Postup pri stanovení mozgovej smrti je však v našich krajinách rozdielny.

Slovenská republika

Smrť mozgu musí **jednomyselne potvrdiť lekárske konzílium s bezprostredným spísaním Zápisnice o smrti mozgu** (Obr. 1) (§ 43 ods. 4 a ods. 7 ZoZS; Príloha č. 1 k OU MZ SR). Členom trojčlenného konzília je ošetrujúci lekár, lekár so špecializáciou v odbore neurológia a lekár so špecializáciou v odbore anestéziológia a intenzívna medicína alebo anestéziológia a resuscitácia. Členom konzília nesmie byť lekár odberovej alebo transplantáčnej skupiny. Rozhodnutie konzília je pre ošetrujúceho lekára záväzné (§ 43 ods. 5 a 6 ZoZS; OU MZ SR).

Medzi **nevyhnutné kritériá na stanovenie smrti mozgu** patrí: hlboké bezvedomie (a); stanovenie cerebrálnej areflexie nad spinálnym segmentom C1 a strata reaktivity na vonkajšie a vnútorné podnety, ktoré sprostredkuje mozog (b); neprítomnosť spontánneho dýchania (c); neprítomnosť dočasných alebo trvalých kontraindikácií (d). V Zápisnici o smrti mozgu sú horeuvedené nevyhnutné kritériá bližšie špecifikované

a rozdelené do 3 častí: **Predpoklady stanovenia smrti mozgu, Dočasné alebo trvalé kontraindikácie a Neprítomnosť funkcií mozgového kmeňa** (Obr. 1) (Príloha č. 1 k OU MZ SR).

Klinické určenie mozgovej smrti **musí byť vykonané konzíliom dvakrát s časovým odstupom**: u detí do 1 roka minimálne 24 hodín, u detí od 1 roka do 18 rokov minimálne 12 hodín a u dospelých nad 18 rokov minimálne 2 hodiny (čl. VI OU MZ SR). Personálne zloženie obidvoch lekárskeho konzília sa môže alebo nemusí líšiť.

Konfirmačný test potvrdenia klinickej diagnózy mozgovej smrti je indikovaný doplnkovo v prípade nejednoznačného klinického vyšetrenia alebo v prípade nemožnosti vylúčiť prítomnosť dočasných alebo trvalých kontraindikácií. Výnimku tvoria deti do 1 roka života, u ktorých sa musí povinne vykonať konfirmačný test (čl. VI OU MZ SR).

Za čas smrti sa považuje čas určenia smrti mozgu po druhom klinickom vyšetrení alebo po vykonaní konfirmačného testu (čl. VII OU MZ SR).

Po stanovení smrti mozgu sa môžu vykonávať len zdravotné výkony potrebné na účely odberu orgánov (čl. VIII OU MZ SR).

Obr. 1. Zápisnica o smrti mozgu (SR)

Príloha č. 1
k odbornému usmerneniu
č. 28610/2006-OZSO

ZÁPISNICA O SMRTI MOZGU
(§ 43 ods. 7 zákona č. 576/2004 Z.z. o zdravotnej starostlivosti, službách súvisiacich s poskytovaním zdravotnej starostlivosti a o zmene a doplnení niektorých zákonov)

Meno a priezvisko pacienta Rodné číslo
Pracovisko Číslo chorobopisu
Základná diagnóza Počet ovnia

	1. vyšetrenie	2. vyšetrenie
Predpoklady stanovenia smrti mozgu		
1. Znám a nevyšleťelná lézia mozgu	áno - nie	áno - nie
2. Glasgow Coma Scale 3b.	áno - nie	áno - nie
3. Umelá pľúčna ventilácia	áno - nie	áno - nie
4. Izhod bez blokátorov neuromuskulárneho prenosu a liekov tlmiacich CNS	áno - nie	áno - nie
Dočasné alebo trvalé kontraindikácie		
1. Akútna intoxikácia	áno - nie	áno - nie
2. Kombinácia miechovej lézie a intoxikácie	áno - nie	áno - nie
3. Primárna hypotermia	áno - nie	áno - nie
4. Metabolický rozvrat	áno - nie	áno - nie
5. Endokrinný rozvrat	áno - nie	áno - nie
Neprítomnosť funkcií mozgového kmeňa		
1. Pupilárna areflexia bilaterálne	áno - nie	áno - nie
2. Korneálna areflexia bilaterálne	áno - nie	áno - nie
3. Vestibulookulárna areflexia bilaterálne	áno - nie	áno - nie
4. Okulocefalická areflexia	áno - nie	áno - nie
5. Areflexia v inervačnej oblasti n. trigeminus	áno - nie	áno - nie
6. Neprítomnosť reflexu zvracania	áno - nie	áno - nie
7. Neprítomnosť kašľacieho reflexu pri odsávaní z dýchacích ciest	áno - nie	áno - nie
8. Neprítomnosť spontánnej dýchovej aktivity pomocou testu apnoickej oxygenácie (pa CO ₂ mmHg na začiatku a pa CO ₂ mmHg pri ukončení testu)	áno - nie	áno - nie

Na základe vyššie uvedených vyšetrení stanovujem
KLINICKÚ DIAGNÓZU SMRTI MOZGU

Konfirmačný test indikovaný / neindikovaný

1. vyšetrenie: dátum hod min

podpis anestéziológa podpis neurológa podpis oš. lekára

2. vyšetrenie: dátum hod min

podpis anestéziológa podpis neurológa podpis oš. lekára

Česká republika

V ČR je diagnostika smrti mozgu podľa Transplantačného zákona vykonávaná minimálne **dvoma od seba nezávislými lekármi** s príslušnou špecializačnou spôsobilosťou (§ 10 odst. 2 TZ). Aspoň jeden lekár musí byť lekárom so špecializovanou spôsobilosťou v odbore anestéziológia a intenzívna medicína, neurológia alebo neurochirurgia. U detí podľa príslušnej vekovej skupiny (do 27. dňa života, do ukončených 18 rokov života) je možná aj diagnostika lekármí so špecializáciou v detskej neurológii, pediatrii a neonatológii (§ 2 vyhlášky č. 115/2013 Sb.).

Stanovenie mozgovej smrti pozostáva z posúdenia hlavných predpokladov, na základe ktorých je možné uvažovať o smrti mozgu (1), preukázania klinických známkov smrti mozgu pacienta (2) a povinného vyšetrenia potvrdzujúceho nezvratnosť smrti mozgu (3) (Obr. 2) (§

10 odst. 5 a odst. 6 a Príloha TZ; Príloha č. 3 vyhlášky č. 114/2013 Sb.). Výnimku tvorí jediní s jasne preukázanou ťažkou štrukturálnou infratentoriálnou léziou, u ktorých sa vykonáva iba klinické vyšetrenie. U detí do 1 roka života sa vyšetrenie klinických známk smrti mozgu vykonáva dvakrát s časovým odstupom minimálne 48 hodín (Príloha k TZ). Lekári vykonávajúci konfirmačné vyšetrenia nezvratnosti stavu musia mať špecializovanú spôsobilosť v príslušnom odbore: angiografia mozgových ciev (rádiológia a zobrazovacie metódy), CT angiografia (rádiológia a zobrazovacie metódy), transkraniálna dopplerovská sonografia s minimálne trojročnou sústavnou praxou (rádiológia a zobrazovacie metódy, neurológia, neurochirurgia, anestéziológia a intenzívna medicína, detská neurológia), sluchové kmeňové evokované potenciály s minimálne trojročnou sústavnou praxou (neuroló-

gia, otorinolaryngológia, detská neurológia) (bližšie § 3 vyhlášky č. 115/2013 Sb.).

Závěrečnú diagnózu na základe posúdenia všetkých podmienok a vyšetroaní stanovujú dvaja klinici (4) a pre potreby presného stanovenia okamžiku smrti je rozhodujúci čas zistenia smrti druhým lekárom. Všetky vykonané vyšetrovania a zhodnotenia sa uvádzajú do povinného Protokolu o zistení smrti preukázaním nezvratného zlyhania funkcie celého mozgu (Príloha TZ; Príloha č. 3 vyhlášky č. 114/2013 Sb.). V tabuľke 1 pre prehľadnosť uvádzame presnejší postup diagnostiky mozgovej smrti v českom jazyku. Vyplnený Vzor protokolu je na obrázku 2.

Diskusia

Aj napriek širokému medzinárodnému súhlasu s potrebou diagnostiky mozgovej smrti sa samotné kritériá a klinická prax diagnostiky BD/DNC

Obr. 2. Protokol o zistení smrti preukázaním nezvratného zlyhania funkcie celého mozgu (ČR)

život²

život²

Příloha č. 3 k vyhlášce č. 114/2013 Sb. - Vzor protokolu o zjištění smrti

Protokol o zjištění smrti (k §10 zákona č. 285/2002 Sb.)			
II. Zjištění smrti průkazem nevratné ztráty funkce celého mozku			
Jméno a příjmení: Jan NOVÁK		Rodné číslo: 771231 / 3333	
Nebylo-li přiděleno RČ datum narození:			
Pracoviště poskytovatele zdravotních služeb: ARO, nemocnice Kolin			
1. lékař zjišťující smrt (lékař A) MUDr. Josef JANŮ jméno a příjmení vedoucí lékař ARO pracovní zařazení		2. lékař zjišťující smrt (lékař B) MUDr. Eva PĚKNÁ jméno a příjmení lékař JIP neurologie pracovní zařazení	
1. Předpoklady, na základě kterých lze uvažovat o diagnóze smrti mozku			
Diagnóza základního mozkového poškození:			
lékař A: KRANIOTRAUMA		lékař B: KRANIOTRAUMA	
Datum a čas úrazu nebo onemocnění:			
lékař A: 11.12.2024 20:15 datum, čas (hodina:minuta)		lékař B: 11.12.2024 20:15 datum, čas (hodina:minuta)	
Bylo vyloučeno, že na bezvědomí se v okamžiku vyšetření podílí			
	lékař A	lékař B	
intoxikace	☒ ano ☐ ne	☒ ano ☐ ne	
tlumivé a relaxační účinky léčiv	☒ ano ☐ ne	☒ ano ☐ ne	
metabolický nebo endokrinní rozvrat	☒ ano ☐ ne	☒ ano ☐ ne	
primární podchlazení	☒ ano ☐ ne	☒ ano ☐ ne	

2. Klinické známky smrti mozku		
hluboké bezvědomí (Glasgow coma scale - skóre)	3	3
fatoreakce - oboustranně chybí	☒ ano ☐ ne	☒ ano ☐ ne
korneální reflex - oboustranně chybí	☒ ano ☐ ne	☒ ano ☐ ne
vestibulookulární reflex - oboustranně chybí	* ☒ ano ☐ ne	* ☒ ano ☐ ne
motorická reakce při algickém podráždění v inervační oblasti n. trigeminus - oboustranně chybí	☒ ano ☐ ne	☒ ano ☐ ne
kašlací reflex provokovaný hlubokým tracheobronchiálním odsáváním - chybí	☒ ano ☐ ne	☒ ano ☐ ne
trvalá zástava spontánního dýchání - apnoický test při $p_a\text{CO}_2$ 63 mmHg / p_{pO_2} 100% - splněn	☒ ano ☐ ne	☒ ano ☐ ne
poznámka: *levá ano, pravá nelze, trauma a tamponáda pravého zvukovodu		
lékař A 20.12.24 9:30 datum, čas (hodina:minuta) podpis lékař B 20.12.24 9:30 datum, čas (hodina:minuta) podpis		
3. Potvrzení nevratnosti klinických známek smrti mozku - jedna z metod ☐ Angiografie mozkových tepen ☐ Mозková perfúzní scintigrafie ☒ Počítačová tomografická angiografie ☐ Transkraniální dopplerovská ultrasonografie ☐ Vyšetření sluchových kmenových evokovaných potenciálů (BAEP) 20.12.2024 14:20 datum čas (hodina:minuta) Záznam vyšetření je součástí zdravotnické dokumentace. ☐ Instrumentální vyšetření nebylo provedeno při průkazu těžké strukturální infratentoriální léze		
4. Závěrečná diagnóza: Na základě výše uvedených vyšetření byla zjištěna smrt mozku: lékař A: 20.12.2024 14:50 datum čas (hodina:minuta) lékař B: 20.12.2024 14:51 datum čas (hodina:minuta) MUDr. Josef Janů jméno, příjmení a podpis MUDr. Eva PĚKNÁ jméno, příjmení a podpis		

Důvody, pro které nelze vyšetření klinických známk smrti mozku uvedené v části 2 provést, zaznamená lékař provádějící vyšetření klinických známk smrti mozku do poznámky tohoto protokolu.

Pro potřeby přesného stanovení **okamžiku smrti** je rozhodný čas zjištění smrti uvedený v protokolu lékařem B.

Musí se shodovat s časem uvedeným v listu o prohlídce zemřelého

v jednotlivých krajinách sveta líšia (pozri Lewis et al., 2020). V roku 2020 boli publikované medzinárodné odporúčania *The World Brain Death Project* (WBDP) diagnostiky BD/DNC, ktoré vznikli konsenzom 5 svetových odborných federácií vrátane Svetovej neurologickej federácie (WFN). Autori zhodnotili viac než 700 relevantných vedeckých prác publikovaných v rokoch 1992–2020. Cieľom WBDP bolo navrhnúť na dôkazoch založené minimálne štandardy pre diagnostiku BD/DNC a prispieť tak k zníženiu celosvetových rozdielov v lokálnych odporúčaníach (Greer et al., 2020; Lewis, 2024). V roku 2023 boli schválené BD/DNC odporúčania v USA a Kanade (Greer et al., 2023; Shemie et al., 2023).

Koncept mozgovej smrti

Väčšina krajín sveta (82 %) vrátane ČR a SR si osvojila BD/DNC kritériá, ktoré sú založené na koncepte smrti celého mozgu (*whole-brain death*). Výnimku tvorí napríklad Veľká Británia, kde je diagnóza založená na koncepte smrti mozgového kmeňa (*brainstem death*) (Lewis et al., 2020; Spears et al., 2023). Najväčší rozdiel medzi obidvoma konceptmi je viditeľný pri izolovaných devastáčných léziách mozgového kmeňa (napr. pri trombóze a. basilaris) so zachovanými prietokmi ciev supratentoriálne. Diagnóza mozgovej smrti je pri jednom koncepte možná (*brainstem death*) a pri druhom vylúčená (*whole-brain death*) (Neves Briard et al., 2023). Teoreticky, pri prechodne zachovaných supratentoriálnych prietokoch sa nedajú jednoznačne vylúčiť zachované funkcie dôležitých štruktúr mozgu vrátane vedomia (*locked-in syndróm* alebo MCS-minimálny stav vedomia). Preto sa podľa recentných odporúčaní u pacientov s primárnymi infratentoriálnymi léziami vyžaduje aj dôkaz sekundárne vzniknutej závažnej supratentoriálnej lézie pri konvenčnom štruktúrnom zobrazení (WBDP, USA) alebo pomocou konfirmačných testov (Kanada) (Greer et al., 2020; Greer et al., 2023; Shemie et al., 2023). V ČR odporúčaníach nie je pri ťažkej štruktúrnej infratentoriálnej lézii povinná konfirmačná metóda a vykonáva sa iba klinické vyšetrenie. Avšak ak ťažká štruktúrna infratentoriálna lézia nie je spojená so

Tab. 1. Diagnostika smrti mozku u darcu orgánov v ČR pro kliniky souhrnně a přehledněji

1. Diagnóza smrti mozku je **klinická diagnóza**, nikoli radiologická či jiná dle typu instrumentálního vyšetření.
2. **Povinně musí být vyplněn Protokol o zjištění smrti** průkazem nevratné zástavy funkce celého mozku (Obr. 2):
 - Část 1 – Předpoklady, na základě kterých lze uvažovat o diagnóze smrti mozku.
 - Část 2 – Klinické známky smrti mozku (areflexie vyjmenovaných všech kmenových reflexů a apnoický test).
 - Část 3 – Potvrzení klinických známek smrti mozku jednou z uvedených instrumentálních metod (angiografie mozgových tepen, mozková perfúzní scintigrafie, počítačová tomografická angiografie, transkraniální dopplerovská ultrasonografie, vyšetření BAEP). **Instrumentální vyšetření je povinné** s výjimkou objektivně prokázané infratentoriální léze, kdy se provádí pouze klinické vyšetření. Popis vyšetření je součástí dokumentace pacienta (možného dárce). Zákon, provádějící vyhlášky ani jiné právní normy neuvádí, jaké musí být diagnostické závěry u uvedených instrumentálních vyšetření, aby z nich klinik udělal závěr o smrti mozku.
 - Část 4 – **Diagnózu smrti mozku uzavírají dva klinici** (lékař A a lékař B) po zhodnocení všech nálezů.
3. **Okamžik smrti je čas podpisu lékaře B v 4. části Protokolu** o zjištění smrti. Stejný čas musí být uveden i v dalších dokumentech například Listu o prohlídce zemřelého.
4. Pokud nelze některé z předepsaných klinických vyšetření provést, zaznamenaná lékař důvod do Protokolu a pokračuje v dalších vyšetřeních.
5. Oba lékaři diagnostikující smrt mozku (lékař A a lékař B) musí mít specializovanou způsobilost v příslušném oboru a **alespoň jeden z nich** musí mít specializovanou způsobilost nejméně v jednom z oborů, kterým je anesteziologie a intenzivní medicína, neurologie nebo neurochirurgie (u dětí do 18 let může mít navíc i specializovanou způsobilost v oboru dětské lékařství, pediatrie, neonatologie, dětská neurologie).
6. U dětí **do 1 roku života** se provádějí **dvě klinická vyšetření s odstupem minimálně 48 hodin**, v obou se provádí apnoický test, instrumentální vyšetření jedno po ukončení druhého klinického vyšetření. U dětí od 1 roku života se diagnostika shoduje s postupem jako u dospělých.

Každý pacient s klinickými známkami smrti mozku by měl být zvažován jako možný dárce orgánů a mělo by být o něm informováno příslušné transplantáční centrum. Tato povinnost pro poskytovatele zdravotních služeb vyplývá z Transplantáčního zákona (§ 20 odst. 3). Kontakty na transplantáční centra jsou uvedeny v tabulce 2. Koordinátor vám bude ve všem nápomocen a povede vás v jednotlivých krocích. S výhodou je kontaktovat intenzivisty vaší nemocnice, kteří jsou s celým postupem zcela obeznámeni a mají praktické zkušenosti

Tab. 2. Kontakty na transplantáční centra a koordinátorů v ČR a SR

Transplantačné centrá v ČR		Sieť transplantačných koordinátorov v SR
k dispozícii 24 hodín denne		
IKEM Praha	+420 602 202 809	https://www.health.gov.sk/?siet-transplantacnych-koordinatorov-sr
CKTCH Brno	+420 603 144 124	
FN Hradec Králové	+420 602 116 496	
FN Motol	+420 602 228 657	
FN Olomouc	+420 602 571 764	
FN Ostrava	+420 603 882 709	
FN Plzeň	+420 602 216 623	
Koordináční středisko transplantací (Praha)	+420 736 623 603	

závažným postihnutím hemisfér mozgu, stanovenie diagnózy smrti mozgu nie je možné vzhľadom na platnosť základného konceptu smrti celého mozgu. V podobných prípadoch je potrebné zopakovať zobrazenie mozgu s časovým odstupom, prípadne indikovať konfirmačný test.

V posledných rokoch sa ukazuje, že koncept smrti celého mozgu s nezvratnou stratou všetkých jeho funkcií je nepresný. Všetky recentné odporúčania kritérií BD/DNC akceptujú, že reziduálna ostrovčekovitá neuronálna a neuroendokrinná aktivita vybraných buniek mozgu, akou je pretrvávajúca aktivita hypotalamo-hypofyzárneho komplexu (napr. neprítomnosť diabetes insipidus, artériovej hypotenzie alebo poikilotermie), by nemali byť dôvodom na vylúčenie pacienta z diagnostického procesu

BD/DNC (Greer et al., 2020; Greer et al., 2023; Shemie et al., 2023). Tieto rozdiely medzi konceptom smrti celého mozgu (vrátane hypotalamu) a bežnou klinickou praxou (okrem hypotalamu) vedú k vzniku nových konceptov mozgovej smrti (Kurča et al., 2025).

Známa etiológia

Prvým predpokladom diagnostiky smrti mozgu podľa SR a ČR kritérií je známa etiológia (*diagnóza*) a závažné (*nevyliciteľné, nezvratné*) postihnutie mozgu (Obr. 1, Obr. 2). Bez známej etiológie, ktorá nespochybniteľne vysvetlí devastáčne poškodenie mozgu, nie je možné stanovovať BD/DNC. V medicínskej literatúre sú opísané viaceré kazuistiky pacientov s prechodnou areflexnou kómou alebo locked-in syndrómom

napríklad pri fulminantných formách Guillain-Barrého syndrómu (Sarna et al., 2024), pri pôsobení neuroparalytických jedov (Freund et al., 2017; ALFaifi et al., 2020) alebo pri intoxikácii liekmi, alkoholmi, insekticídmi (Murphy et al., 2021).

Závažné štrukturálne postihnutie mozgu

Pri hodnotení závažnosti postihnutia mozgu má svoje pevné miesto zobrazenie mozgu. V SR a ČR kritériách smrti mozgu nie je presne definovaný charakter a závažnosť štrukturálneho postihnutia mozgu. V SR odporúčaníach sa hovorí o nevyhľaditeľnej lézii mozgu a v ČR odporúčaníach o nezvratnom štrukturálnom poškodení mozgu. WBDP za minimálne kritérium závažnosti pri zobrazení mozgu považujú potvrdenie prejavov intrakraniálnej hypertenzie v zmysle závažného edému mozgu s kónusovými prejavmi. V prípade nepotvrdenia kónusov sa odporúča zvýšená opatrnosť pri klinickej diagnostike mozgovej smrti (Greer et al., 2020). Medzi typické CT prejavy mozgového edému patrí zaniknutie hraníc medzi sivou a bielou hmotou, zánik subarachnoidálnych priestorov, komôr, bazálnych cisterien a rozvoj konusov. Relatívne poddiagnostikovaným prejavom difúzneho edému mozgu pri CT zobrazení je príznak bieleho mozočka (white cerebellum sign) s nepriaznivou prognózou (obrázok 3). Vzniká ako prejav relatívne zníženej denzity edematózných supratentoriálnych štruktúr mozgu v porovnaní s mozočkom (Corrêa et al., 2022).

Nezvratnosť stavu

Pri diagnostike BD/DNC si musí byť vyšetrujúci klinik istý, že na základe presne určenej etiológie, závažnosti štrukturálneho mozgového postihnutia, neprítomnosti kontraindikácií a na základe priebehu klinického stavu alebo výsledkov konfirmačných vyšetrení ide o nezvratnú stratu funkcií mozgu. V ČR odporúčaníach, na rozdiel od odporúčaní v SR, je navyše povinne indikovaný potvrdzujúci test nezvratnosti klinických známok smrti mozgu (Obr. 2).

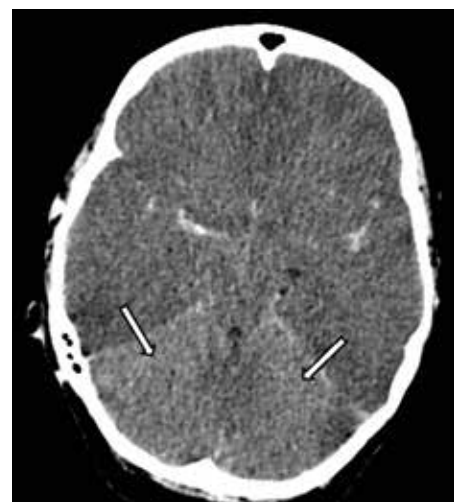
Začiatku diagnostiky BD/DNC musí predchádzať dostatočný stav observácie klinického stavu pacienta s are-

flexnou kómou s cieľom posúdiť jeho nezvratnosť. SR, ČR ani WBDP kritériá všeobecne nedefinujú absolútnu dĺžku sledovania. Podľa WBDP kritérií by mala byť dĺžka observácie individuálna a dostatočne dlhá, aby sa odstránila každá pochybnosť o ireverzibilite stavu. Keďže ireverzibilita stavu sa stala predpokladom začatia diagnostiky BD/DNC, význam opakovaného vyšetrenia je v znížení rizika diagnostickej chyby pri prvom vyšetrení.

V špecifickom prípade sekundárneho difúzneho ischemického postihnutia mozgu po kardiopulmonálnom zlyhaní s potenciálnou možnosťou pomalšej úpravy neurologických funkcií a rizikom falošnej pozitivity nálezu mozgovej areflexie WBDP kritériá odporúčajú čas observácie minimálne 24 hodín (Greer et al., 2020). Podobne CT vyšetrenie mozgu v prvých hodinách po resuscitácii nemusí vykazovať známky devastácie štrukturálneho poškodenia mozgu a je vhodné čakať ho až s odstupom minimálne 24 až 48 hodín.

Ďalším špecifickým prípadom je dekompresívna kraniektómia, ktorá je indikovaná s cieľom znížiť intrakraniálny tlak (ICP), ku ktorému obyčajne dochádza okamžite po výkone (Bor-Seng-Shu et al., 2012). Walter et al. opisujú prípad 72-ročného muža po dekompresívnej kraniektómii pre závažné cerebelárne krvácanie s príznakmi areflexie mozgového kmeňa, u ktorého došlo po 35 hodinách od výkonu k prechodnej spontánnej respiračnej aktivite (Walter et al., 2022). V ojedinelých prípadoch k zníženiu ICP nedochádza hneď po výkone, ale môže nastať až po niekoľkých hodinách vrátane markantného zlepšenia neurologického stavu (Cunan et al., 2023). Vzhľadom na podobné kazuistiky pacientov s oddialeným (prechodným alebo trvalým) zlepšením neurologického stavu nabádajú recentné odporúčania na zvýšenú opatrnosť a predĺženie observácie alebo indikáciu konfirmačného vyšetrenia u pacientov po dekompresii (Greer et al., 2020; Greer et al., 2023; Shemie et al., 2023). Recentne vo Veľkej Británii zaraďuje Faculty of Intensive Care Medicine dekompresívnu kraniektómiu medzi indikácie konfirmačného vyšetrenia pri diagnostike BD/DNC (Gardiner, 2022).

Obr. 3. Príznak bieleho mozočka (hyperdenzný mozoček u 21-ročnej ženy, stav po kardiopulmonálnej resuscitácii pre asystóliu)



Kontraindikácie diagnostiky

Ďalším pilierom správnej diagnostiky BD/DNC je vylúčiť *prechodné alebo trvalé kontraindikácie*, čiže všetky stavy, ktoré majú potenciál ovplyvniť a skresliť klinické vyšetrenie a viesť k falošnej pozitivite mozgovej smrti. Kontraindikácie sú v SR a ČR kritériách určené, ale nie sú bližšie presne definované (Obr. 1 a Obr. 2).

Hypotermia má signifikantný vplyv na diagnostiku BD/DNC, či už cez priamy tlmivý vplyv na metabolizmus a funkcie mozgu, alebo nepriamo cez akumuláciu tlmivých liekov pri hypotermiou indukovanej zmene ich farmakokinetiky. Vzhľadom na neuroprotektívny účinok hypotermie sú v literatúre opísané viaceré prípady úspešnej resuscitácie po dlhšom topení sa v ľadovej vode. Extrémnym príkladom prežitia je prípad švédskej lekárky Anny Bågenholm, ktorá prežila 80-minútové topenie v ľadovej vode, pričom jej telesná teplota klesla na 13,7 °C a došlo u nej ku kardiopulmonálnemu zlyhaniu a cerebrálnej areflexii. Jej zdravotný stav sa následne prakticky úplne upravil (Gilbert et al., 2000). WBDP určuje ako predpoklad diagnostiky BD/DNC teplotu telesného jadra minimálne 36 °C. V prípade riadenej hypotermie sa pred diagnostikou BD/DNC vyžaduje observácia stavu 24 hodín po zohriatí na teplotu minimálne 36 °C (Greer et al., 2020).

WBDP kritériá definujú hodnotu systolického krvného tlaku minimálne 100 mmHg alebo stredného arteriál-

neho tlaku krvi minimálne 60 mmHg u dospelých. Tlak krvi u detí by mal byť v hodnotách normy pre konkrétnu vekovú kategóriu (Greer et al., 2020).

V SR odporúčaniach je síce určené 12-hodinové okno bez blokátorov neuromuskulárneho prenosu a liekov tlmiacich CNS, avšak v bežnej klinickej praxi sa toto okno obyčajne predlžuje. Kanji et al. rozpracovali vo svojej prehľadovej práci faktory na strane pacienta, podaného lieku a ochorenia, ktoré môžu ovplyvniť predĺženie účinku lieku a tým aj signifikantne ovplyvniť klinické neurologické vyšetrenie diagnostiky BD/DNC (Kanji et al., 2023). Kritériá diagnostiky podľa WBDP sú v otázke vylúčenia pretrvávajúcich relaxačných a tlmiacich účinkov liekov, drog a alkoholu vrátane intoxikácií opatrné a odporúčajú: pri podozrení na intoxikáciu je indikované toxikologické vyšetrenie; vyšetrenie krvných koncentrácií liekov; v prípade nemožnosti vyšetrenia krvných koncentrácií liekov a normálnej funkcie pečene a obličiek sa odporúča ako čas observácie klinického stavu minimálne 5-násobok polčasu eliminácie látky; v prípade podozrenia na predĺženú elimináciu (poškodenie pečene, obličiek) alebo neznámu dĺžku biologického polčasu látky sa navrhuje vykonať konfirmačný test; koncentrácia alkoholu v krvi musí byť maximálne 0,8 ‰; pri použití blokátorov neuromuskulárneho prenosu je potrebné vylúčiť svalovú relaxáciu pomocou kvantitatívneho monitoringu neuromuskulárnej blokády (TOF stimulátor), poprípade vyšetrením šlachovo-okosticových reflexov (Greer et al., 2020). TOF (train-of-four) je zlatým štandardom peroperačného monitorovania hĺbky svalovej relaxácie. Štandardne sa stimuluje n. ulnaris štyrmi supramaximálnymi pulzami s frekvenciou 2 Hz. Hodnotí sa výbavnosť a amplitúda štyroch svalových odpovedí T1-T4 z m. adductor pollicis (bližšie Rodney et al., 2024).

Závažné metabolické a endokrinné poruchy musia byť korigované pred diagnostikou BD/DNC, pričom presné návrhy laboratórnych hodnôt v SR, ČR a ani vo WBDP odporúčaniach neexistujú. V roku 2021 bol publikovaný expertný konsenzus Spoločnosti pre neurointenzívnu starostlivosť ohľadom vybraných

laboratórnych hodnôt, ktoré sú kontraindikáciou diagnostiky BD/DNC (Lerner et al., 2021). Tieto parametre prebrali aj odporúčania diagnostiky v USA (Greer et al., 2023; dostupné na: links.lww.com/WNL/D76).

Špecifické úrazy v oblasti hlavy a krku môžu viesť k znemožneniu vykonania kompletného klinického vyšetrenia a mali by byť indikáciou na doplnkový konfirmačný test v podmienkach diagnostiky v SR. Do tejto skupiny úrazov patria napríklad úrazy horného úseku krčnej chrčtice (ovplyvnenie apnoického testu, vyšetrenie okulocefalických reflexov, hodnotenia motorických odpovedí končatín v rámci vyšetrenia GCS), fraktúra pyramídy temporálnej kosti (vestibulookulárny reflex na strane lézie), trauma tváre vrátane očí (pupilárny, korneálny, vestibulookulárny, okulocefalický reflex, odpoveď na bolestivý podnet) (Greer et al., 2020).

Záver

Kritériá smrti mozgu sú v SR a ČR definované legislatívne. Poznatky z posledných rokov presnejšie charakterizujú jednotlivé predpoklady a kontraindikácie diagnostiky mozgovej smrti a pomáhajú aspoň z časti odstraňovať vágnosť, s akou sú definované v odporúčaniach obidvoch krajín. Samotnej metodike klinického neurologického vyšetrenia a konfirmačným testom sa venujeme v ďalších článkoch hlavnej témy tohto čísla časopisu (Hollý et al., 2025; Ostrý et al., 2025; Vorčák et al., 2025).

Literatúra

1. ALfaifi MS, ALotaibi AE, AlQahtani SA, et al. Cobra snakebite mimicking brain death treated with a novel combination of polyvalent snake antivenom and anticholinesterase. *Am J Emerg Med*. 2020 Nov;38(11):2490.e5-2490.e7.
2. Bor-Seng-Shu E, Figueiredo EG, Amorim RL, et al. Decompressive craniectomy: a meta-analysis of influences on intracranial pressure and cerebral perfusion pressure in the treatment of traumatic brain injury. *J Neurosurg*. 2012 Sep;117(3):589-96.
3. Corrêa DG, de Souza SR, Nunes PGC, et al. The role of neuroimaging in the determination of brain death. *Radiol Bras*. 2022 Nov-Dec;55(6):365-372.
4. Cunan ET, Dudley RWR, Shemie SD. Delayed recovery from severe refractory intracranial hypertension due to expansion of skin and pericranium stretch after decompressive craniectomy. *Can J Anaesth*. 2023 Apr;70(4):796-801.
5. Freund B, Hayes L, Rivera-Lara L, et al. Adult intestinal colonization botulism mimicking brain death. *Muscle Nerve*. 2017 Oct;56(4):E27-E28.

6. Gardiner D. Additional FICMPAS guidance for decompressive craniectomy and diagnosing death using neurological criteria (DNC). *Critical Eye*. 2022;21:38-39.
7. Gilbert M, Busund R, Skagseth A, et al. Resuscitation from accidental hypothermia of 13.7 degrees C with circulatory arrest. *Lancet*. 2000 Jan 29;355(9201):375-6.
8. Greer DM, Shemie SD, Lewis A, et al. Determination of Brain Death/Death by Neurologic Criteria: The World Brain Death Project. *JAMA*. 2020 Sep 15;324(11):1078-1097.
9. Greer DM, Kirschen MP, Lewis A, et al. Pediatric and Adult Brain Death/Death by Neurologic Criteria Consensus Guideline. *Neurology*. 2023 Dec 12;101(24):1112-1132.
10. Hollý P, Kunáš Z, Pokorná E, et al. Klinické stanovení smrti mozku – metodika neurologického vyšetření a apnoického testu. *Neurol. praxi*. 2025;26(2):109-116.
11. Kanji S, Williamson D, Hartwick M. Potential pharmacological confounders in the setting of death determined by neurologic criteria: a narrative review. *Can J Anaesth*. 2023 Apr;70(4):713-723.
12. Krause M, Hocker S. Toxin-Induced Coma and Central Nervous System Depression. *Neurol Clin*. 2020 Nov;38(4):825-841.
13. Kurča E, Sivák Š. História definovania a stanovenia smrti mozku. *Neurol. praxi*. 2025;26(2):97-102.
14. Lerner DP, Bassil R, Tadevosyan A, et al. Metabolic values precluding clinical death by neurologic Criteria/Brain death: Survey of neurocritical care society physicians. *J Clin Neurosci*. 2021 Jun;88:16-21.
15. Lewis A. An Update on Brain Death/Death by Neurologic Criteria since the World Brain Death Project. *Semin Neurol*. 2024 Jun;44(3):236-262.
16. Lewis A, Bakkar A, Kreiger-Benson E, et al. Determination of death by neurologic criteria around the world. *Neurology*. 2020 Jul 21;95(3):e299-e309.
17. Lewis A, Bernat JL. Death Determination by Neurologic Criteria. Areas of Consensus and Controversy. Springer (Cham). 2022.
18. Martinková J, Chrástina M, Cingelová M, Valkovič P. Mzgová smrť – medicínske aspekty, legislatívne normy v Slovenskej republike. *Neurol. praxi*. 2015;16(3):140-143.
19. Murphy L, Wolfer H, Hendrickson RG. Toxicologic Confounders of Brain Death Determination: A Narrative Review. *Neurocrit Care*. 2021 Jun;34(3):1072-1089.
20. Neves Briard J, Plourde G, Nitulescu R, et al. Infratentorial Brain Injury Among Patients Suspected of Death by Neurologic Criteria: A Systematic Review and Meta-analysis. *Neurology*. 2023 Jan 24;100(4):e443-e453.
21. Ostrý S, Holečková I, Sivák Š, et al. Elektrofyziologická vyšetření potvrzující smrt mozku. *Neurol. praxi*. 2025;26(2):117-121.
22. Rodney G, Raju P, Brull SJ. Neuromuscular block management: evidence-based principles and practice. *BJA Educ*. 2024 Jan;24(1):13-22.
23. Sarna MK, Shah S, Rijhwani P, et al. Guillain Barre syndrome mimicking brain death. *JR Coll Physicians Edinb*. 2024 Jun;54(2):138-143.
24. Shemie SD, Wilson LC, Hornby L, et al. A brain-based definition of death and criteria for its determination after arrest of circulation or neurologic function in Canada: a 2023 clinical practice guideline. *Can J Anaesth*. 2023 Apr;70(4):483-557.
25. Spears WE, Lewis A, Bakkar A, et al. What does "brainstem death" mean? A review of international protocols. *Can J Anaesth*. 2023 Apr;70(4):651-658.
26. Vorčák M, Poláček H, Trabalková Z, et al. Diagnóza mozgovej smrti a úloha pomocných zobrazovacích metód. *Neurol. praxi*. 2025;26(2):122-128.
27. Walter U, Eggert M, Walther U, et al. A red flag for diagnosing brain death: decompressive craniectomy of the posterior fossa. *Can J Anaesth*. 2022 Jul;69(7):900-906.

Článok je prevzatý z:
Neurol. praxi. 2025;26(2):103-108