

Anesteziologie a intenzivní medicína

2026 / 2

ISSN 1805-4412 (ON-LINE)

ROČNÍK 37, ROK 2026, ČÍSLO 2 (ČERVENEC)

Z obsahu

PŮVODNÍ PRÁCE / ORIGINAL PAPER

Selhání bezpečnostních bariér v prevenci medikačních chyb v perioperační péči
Failure of safety barriers in the prevention of medication errors in perioperative care

Predikce obtížného žilního přístupu u dospělých: analýza dostupných škál a návrh implementace do klinické praxe v České republice
Prediction of difficult venous access in adults: an analysis of available scales and a proposal for implementation in clinical practice in the Czech Republic

PŘEHLEDOVÉ ČLÁNKY / REVIEW ARTICLES

Antigeny buněčné stěny hub – úskalí jejich interpretace
Fungal cell wall antigens – the pitfalls in their interpretation

Dynamická arteriální elastance – současný pohled
Dynamic arterial elastance – current perspectives

Arginin-vazopresin u dárců orgánů s diagnózou smrti mozku: patofyziologické zdůvodnění, mezinárodní doporučení a praktický postup
Arginine vasopressin in brain dead organ donors: pathophysiological rationale, international recommendations, and a practical approach

KLINICKÁ FYZIOLOGIE / CLINICAL PHYSIOLOGY

Propofol – nové poznatky k fyziologii účinku a metabolické souvislosti
Propofol – new insights into the physiology of action and metabolic connections

...

Impaktováno v Emerging Sources Citation Index.
Indexováno v EMBASE, Excerpta Medica, Scopus,
Emerging Sources Citation Index.
Excerpováno v Bibliographia medica čechoslovaca,
EBSCO – ACADEMIC SEARCH COMPLETE.



SOLEN
MEDICAL EDUCATION

Anesteziologie a intenzivní medicína

2026 / 2

REDAKČNÍ RADA / EDITORIAL BOARD

VEDOUcí REDAKTOR / EDITOR-IN-CHIEF

doc. MUDr. Jiří Málek, CSc.

ZÁSTUPCI VEDOUcíHO REDAKTORA / ASSOCIATE EDITORS

prof. MUDr. Vladimír Černý, Ph.D., FCCM, FESAIC, FGIN

prof. MUDr. Jan Beneš, Ph.D., MHA

EMERITNÍ VEDOUcí REDAKTORI / EMERITE EDITORS-IN-CHIEF

MUDr. Ivan Herold, CSc.

prof. MUDr. Milan Adamus, Ph.D., MBA

REDAKTORI / EDITORS

doc. MUDr. David Astapenko, Ph.D., MBA

doc. MUDr. Martina Hůlková, Ph.D., FESAIC

EXTERNÍ PORADNÍ SBOR / ADVISORY BOARD

prof. MUDr. Karel Cvachovec, CSc., MBA

prof. MUDr. František Duška, Ph.D., AFICM, EDIC

prof. MUDr. Martin Matějovič, Ph.D.

prof. MUDr. Vladimír Šrámek, Ph.D., EDIC

doc. MUDr. Roman Záhorec, CSc.

EDITORI SEKCI / EDITORS OF THE SECTIONS

Anesteziologie a perioperační medicína

prof. MUDr. Vladimír Černý, Ph.D.,
FCCM, FESAIC, FGIN

doc. MUDr. Jan Bláha, Ph.D., MHA, LL.M.

prof. MUDr. Ivan Čundrle, Ph.D.

prof. MUDr. Tomáš Drábek, Ph.D., FASA

MUDr. Michal Kalina

MUDr. Dušan Mach

MUDr. Peter Merjavý, Ph.D., EDRA, FRCA, CETC

prof. MUDr. Pavel Michálek, Ph.D., DESA, MSc.,
MBA, FEAMS

MUDr. Daniel Nalos

prof. MUDr. Petr Štourač, Ph.D., MBA, FESAIC

prof. MUDr. Tomáš Vymazal, Ph.D., MHA

Algeziologie

doc. MUDr. Jiří Málek, CSc.

doc. MUDr. Tomáš Gabrhelík, Ph.D.

MUDr. Jan Lejčko

prof. MUDr. Pavel Ševčík, CSc.

Intenzivní medicína

prof. MUDr. Jan Beneš, Ph.D., MHA

prof. MUDr. Martin Balík, Ph.D., EDIC

doc. MUDr. Pavel Dostál, Ph.D., MBA

doc. MUDr. Jan Máca, Ph.D.

MUDr. Bronislav Stibor

Jiné

doc. MUDr. David Astapenko, Ph.D., MBA

prof. MUDr. Vladimír Černý, Ph.D.,
FCCM, FESAIC, FGIN

MUDr. Renata Černá Pařížková, Ph.D., LL.M.

prof. MUDr. František Duška, Ph.D., AFICM, EDIC

doc. MUDr. Tomáš Gabrhelík, Ph.D.

MUDr. Michal Horáček, DEAA

doc. MUDr. Martina Hůlková, Ph.D., FESAIC

doc. MUDr. Jozef Klučka, Ph.D.

MUDr. Jana Kubalová

doc. MUDr. Roman Škulec, Ph.D.

MUDr. Anatolij Truhlář, Ph.D., FERC

Rok 2026; Ročník/volume 37

Číslo/number 2 (červenec)

Vychází: 5x ročně

ISSN 1805-4412 (on-line)

Evidováno u Ministerstva kultury ČR

pod č. j. E 6101

Cit. zkratka: **Anest intenziv Med.**

Webová stránka časopisu včetně archivu

www.aimjournal.cz

Vydavatel:

Česká lékařská společnost

J. E. Purkyně, o. s.

Sokolská 31, 120 26 Praha 2, IČ: 00444359



Nakladatel:

SOLEN
MEDICAL EDUCATION

Solen, s. r. o., www.solen.cz

Lazecká 297/51, 779 00 Olomouc, IČ: 25553933

Odpovědná redaktorka:

Mgr. Hana Ševčíková

e-mail: sevcikova@solen.cz / tel.: 778 976 986

Grafická úprava, sazba:

DTP Solen, Milan Matoušek

Zasílání rukopisů:

Zasílejte prostřednictvím
redakčního systému ACTAVIA

na webových stránkách **www.aimjournal.cz**.

Předplatné:

Pro ČR i SR zajišťuje:

Solen, s. r. o., Lazecká 297/51, 779 00 Olomouc
Tel.: 585 209 206, e-mail: predplatne@solen.cz

Předplatné objednávejte pomocí objednávkového formuláře na webových stránkách **www.aimjournal.cz**.

Cena pro ČR: předplatné na rok 2026 **700 Kč**,
jednotlivé číslo 150 Kč

Cena pro SR: předplatné na rok 2026 **35 €**,
jednotlivé číslo 7,5 €

Jednotlivé pdf článku 40 Kč / 2 €.

Vydavatel získává otištěním příspěvku výlučné nakladatelské právo k jeho užití. Vydavatel nenese odpovědnost za údaje a názory autorů jednotlivých článků či inzerátů. Jakákoliv reprodukce obsahu je povolena pouze s přímým souhlasem redakce a písemným souhlasem vlastníka autorských práv. Redakce si vyhrazuje právo příspěvky krátit či stylisticky upravovat. Na otištění rukopisu není právní nárok.

Impaktováno v Emerging Sources Citation Index.
Indexováno v EMBASE, Excerpta Medica, Scopus,
Emerging Sources Citation Index. Excerptováno
v Bibliographia medica checoslovaca,
EBSCO – ACADEMIC SEARCH COMPLETE.

Nová rubrika v časopise

Klinická rozhodnutí v anesteziologii, resuscitaci a intenzivní medicíně se stále více opírají o přesně definované postupy, kvalitní data a transparentně plánovaný výzkum. V prostředí, kde metodologické nuance mohou zásadně ovlivnit interpretaci výsledků i jejich dopad na klinickou praxi, představuje jasně formulovaný výzkumný protokol základní předpoklad důvěryhodného a reprodukovatelného výzkumu. Kvalita protokolu určuje kvalitu celé studie – od definice výzkumné otázky až po interpretaci výsledků.

V mezinárodní literatuře se publikace výzkumných protokolů stala standardem, který umožňuje odborné komunitě posoudit vědeckou racionalitu, proveditelnost a etickou přijatelnost projektu ještě před zahájením sběru dat. Tento přístup podporuje metodologickou integritu, snižuje riziko selektivního reportingu a posiluje transparentnost celého výzkumného procesu. Doporučení SPIRIT 2013 a ICHGCP E6(R2) zdůrazňují nutnost strukturovaného a detailního popisu výzkumného designu bez ohledu na to, zda jde o studii observační, intervenční, pilotní, metodickou či multicentrickou.

Rozvoj klinického výzkumu na českých pracovištích zároveň přináší potřebu metodicky konzistentních protokolů, transparentního plánování a sdílení jednotných postupů napříč institucemi. Publikace protokolu v recenzovaném časopise představuje přirozené rozšíření těchto požadavků a umožňuje transparentní komunikaci výzkumného plánu v rámci odborné komunity.

Rubrika **Study Protocols / Protokoly klinických studií** v časopise *Anesteziologie a intenzivní medicína (AIM)* vzniká jako platforma pro systematické zveřejňování výzkumných protokolů napříč celým spektrem klinických a metodických projektů. Nabízí autorům prostor pro detailní popis výzkumného plánu, definici primárních a sekundárních outcome measures, popis intervenčních či observačních postupů, metod sběru dat a analytických strategií. Rukopisy mohou být předkládány v českém i anglickém jazyce, přičemž anglické verze podporují mezinárodní čitelnost, citovatelnost a možnost zapojení do zahraničních výzkumných sítí.

Zavedením této rubriky časopis AIM reaguje na:

- **rostoucí požadavky grantových agentur, etických komisí a regulačních autorit** na preregistraci klinických studií v oblasti anesteziologie, resuscitace a intenzivní medicíny, včetně transparentního zveřejnění protokolů, které umožňují posoudit vědeckou racionalitu, bezpečnost a etickou přijatelnost plánovaných intervencí u kriticky nemocných pacientů,
- **potřebu harmonizace metodologických standardů v českém výzkumu oboru Anesteziologie, resuscitace a intenzivní medicíny**, zejména s ohledem na komplexitu intervenčních studií, heterogenitu kriticky nemocných populací a vysoké nároky na validní definici outcome measures, randomizačních postupů

a monitoringu bezpečnosti v souladu s doporučeními SPIRIT 2013, ICHGCP E6(R2) a CONSORT,

- **mezinárodní trend posilování transparentnosti, replikovatelnosti a datové integrity** v klinickém výzkumu, který je v anesteziologii a intenzivní medicíně obzvláště důležitý vzhledem k riziku selektivního reportingu, posthoc úprav protokolů a vysoké citlivosti výsledků na metodologické nuance,
- **zvyšující se důraz na hodnotově orientovanou péči (value-based critical care)**, kde kvalitní výzkumné plánování představuje klíčový předpoklad pro generování klinicky relevantních, implementovatelných a bezpečných výsledků, které mohou ovlivnit rozhodování u pacientů v kritických stavech.

Cílem návrhu je vytvořit stabilní, odborně garantovanou publikační platformu, která:

- **podporuje přípravu klinických, observačních, intervenčních a multicentrických studií v oboru** včetně vymezení výzkumné otázky, definice primárních a sekundárních outcome measures (např. mortalita, ventilatorfree days, hemodynamická stabilita), plánovaných intervencí a statistických strategií,
- **sjednocuje strukturu protokolů podle mezinárodně uznávaných doporučení**, čímž zvyšuje srovnatelnost, transparentnost a metodologickou kvalitu projektů v oblasti anesteziologie, resuscitace a intenzivní medicíny,
- **umožňuje odborné komunitě včasné posouzení metodologické kvality, proveditelnosti a bezpečnostních aspektů studie**, což je v oboru zásadní vzhledem k vysokému riziku bias, komplexitě péče a etickým limitům výzkumu u kriticky nemocných,
- **zvyšuje transparentnost a důvěryhodnost celého výzkumného procesu**, posiluje vědeckou integritu a podporuje otevřenou vědu (open science) v oboru, kde je replikovatelnost a standardizace postupů klíčová,
- **a posiluje pozici AIM jako časopisu, který se metodologicky i obsahově přibližuje respektovaným mezinárodním periodikům**, jako jsou *JAMA*, *Critical Care Medicine*, *Intensive Care Medicine*, *Anesthesiology*, *BMJ Open* či *BMC Anesthesiology*, a který se profiluje jako platforma pro kvalitní, transparentní a klinicky relevantní výzkum.

Pro zařazení do rubriky je nezbytné splnění základních etických a registračních požadavků, včetně schválení etickou komisí a registrace studie v mezinárodním registru, například ClinicalTrials.gov, ISRCTN nebo ANZCTR. Důraz je kladen na jasně definovaný primární cíl, klinickou relevanci outcome measures, transparentní statistický plán a popis bezpečnostních aspektů. Součástí rukopisu mohou být také doplňkové materiály, jako jsou CRF formuláře, SPIRIT checklist, statistický analytický plán nebo technické protokoly, které podporují reprodukovatelnost

a otevřenou vědu. Detailní popis požadavků je na internetových stránkách časopisu v Pokynech pro autory.

Věříme, že rubrika **Study Protocols / Protokoly klinických studií** přispěje k posílení metodologické kultury v české anesteziologii, resuscitaci a intenzivní medicíně, podpoří kvalitní výzkumné projekty

a umožní jejich transparentní prezentaci odborné komunitě. Autoři jsou zváni k předkládání svých protokolů a k aktivnímu zapojení do rozvoje této nové rubriky, která má ambici stát se stabilní součástí odborného diskurzu v našem oboru.

Gabrielík T., Málek J.

Oznámení redakce...



NOVÁ RUBRIKA

Od čísla 3 bude v časopise otevřená nová rubrika **Studijní protokoly** (viz Úvodník). [Pokyny pro autory](#) jsou na internetových stránkách časopisu.

ORCID

U všech rukopisů bude od čísla 3 požadován kromě pracoviště i [ORCID](#) (identifikátor autora).

Tabulka PODÍL AUTORŮ

Pro nové příspěvky do rubriky Původní práce, Přehledový článek, Krátké sdělení a Kazuistika je třeba před zasláním vyplnit tabulku Podíl autorů. Tabulka je ke stažení v [Pokynech pro autory](#) na webu časopisu.

Reforma intenzivní a perioperační péče v ČR – po 50 letech máme možnost (z)měnit systém

Anesteziologie, perioperační medicína a intenzivní péče patří k nejvýznamnějším oblastem moderní medicíny. V České republice (ČR) se jejich současná podoba utvářela postupně po dobu desetiletí. Přinesla nesporné úspěchy, vysokou odbornost a schopnost zvládat i složité klinické situace. Současně je však zřejmé, že organizační model, který vznikl v jiných demografických, personálních, ekonomických i medicínských podmínkách, již neodpovídá požadavkům současného zdravotnictví. Po více než 50 letech – Metodické opatření MZd ČSR č. 35/1974, nazvané Konceptce oboru anesteziologie a resuscitace, pochází z roku 1974 – má náš obor jedinečnou možnost připravit novou koncepci organizace intenzivní a perioperační péče v ČR.

Důvodů ke změně je řada a všechny jsou průkazné. Český zdravotnický systém disponuje relativně vysokým počtem lůžek intenzivní péče, avšak jejich využití není vždy spojeno s odpovídající efektivitou (z pohledu dlouhodobých klinických výsledků), jednotnou indikací ani s jasně definovanou úrovní poskytované péče, pracoviště typu JIP často poskytují odlišný rozsah orgánové podpory. Výsledkem je „systém“, který není řízený, říditelný ani hodnotitelný. Namísto skutečného systému intenzivní péče často existují autonomní pracoviště, jejichž kapacity, kompetence a procesy nejsou dostatečně propojeny jak v rámci nemocnice, tak v rámci systému zdravotní péče. Potřeba změny je dále umocněna širším kontextem českého zdravotnictví – stárnutí populace, rostoucí počet odborně komplexních pacientů, tlak na kvalitu a bezpečnost péče, nedostatek zdravotnického personálu i požadavek na vyšší efektivitu využívání omezených zdrojů vytvářejí prostředí, ve kterém již nelze spoléhat pouze na historicky vzniklé organizační zvyklosti. Intenzivní péče musí být indikována pouze tam, kde pacientovi přináší reálný medicínský prospěch. Perioperační péče musí být organizována tak, aby byla koordinovaná, bezpečná a kapacitně udržitelná. Pandemie covidu-19 navíc ukázala, že zdravotnický systém musí být připraven nejen na běžný provoz, ale i na situace mimořádného zatížení, kdy rozhoduje schopnost koordinace, přehled o kapacitách, jasná pravidla eskalace péče a jednotné řízení. Současně je třeba vnímat i časový rámec změny. Požadavek na rychlou přípravu změn v systému zdravotní péče ze strany politiků je nepřehlédnutelný a Ministerstvo zdravotnictví čelí tlaku připravovat návrhy řešení v řadě oblastí zdravotní péče v co nejkratším čase. V tomto kontextu je oslovení ČSARIM k přípravě Věstníku Ministerstva zdravotnictví vymezující rámec organizace intenzivní a perioperační péče příležitostí, kterou musíme využít. Nemáme prostor pro další několikaleté debaty – ostatně většina aspektů, které dnes potřebujeme promítnout do nové organizace intenzivní a perioperační péče, se na našich kongresech a odborných fórech diskutuje již desítky let a při mém zapojení v naprosté většině formálních diskuzí k předmětné problematice si dovoluji tvrdit, že i přes odlišnosti v detailech je ve všech diskuzích rámcová shoda.

Reforma intenzivní a perioperační péče není pouze administrativní změnou názvů pracovišť nebo počtu lůžek. Je příležitostí k vytvoření funkčního organizačního rámce, který jasně definuje a formálně ukotví typy intenzivní péče v souladu s klasifikací většiny vyspělých zemí, redefiniuje personální, technické a odborné požadavky, pravidla příjmu, překladu a propouštění pacientů, mechanismy eskalace a deeskalace péče, vazby na urgentní příjem, operační sály, standardní oddělení, paliativní péči i následnou péči. Cílem musí být systém, ve kterém je

pacient umístěn na správné místo ve správný čas, podle medicínské potřeby, nikoli podle historické dostupnosti lůžka nebo lokálních zvyklostí. To neznamená, že všechny aspekty reformy budou vyřešeny okamžitě. Na vlastní implementaci, nastavení jednotlivých nástrojů, indikátorů a prováděcích mechanismů bude čas. Nyní však musíme připravit základní rámec reformy – odborně správný, srozumitelný a systémově uchopitelný – který bude možné dále naplňovat ve spolupráci s Ministerstvem zdravotnictví, Národním institutem kvality a excelence zdravotnictví, odbornými společnostmi a v neposlední řadě s plátcí péče – jejich role je zásadní.

Pro náš obor jde o mimořádnou příležitost. Máme možnost prosadit a ukotvit prvky a principy, které považujeme za nezbytné pro moderní péči: strukturovanou perioperační medicínu, odborné koncepty (ERAS, PBM aj.), plošně prosadit pracoviště poanestetické péče, koordinaci činnosti operačních sálů a plánování kapacit anestezie, sjednotit kategorie časové naléhavosti operačních výkonů, systematické sledování kvality a výsledků péče, a také propojení intenzivní, perioperační, urgentní a paliativní medicíny. Mají-li skutečně ovlivnit kvalitu a efektivitu péče, musí se stát součástí organizační architektury systému.

Zásadní podmínkou úspěchu je aktivní účast odborné komunity. Právě lékaři i NLZP našeho oboru nejlépe vědí, kde jsou slabá místa současného systému, které změny jsou nezbytné a které návrhy jsou v klinické praxi reálně proveditelné. O to více je třeba otevřeně říci, že reakce na veřejnou výzvu k zasílání připomínek a podnětů k reformě byla omezená a přišla pouze od několika jednotlivců. Nejde o výtku, ale o důležité upozornění: reforma tohoto rozsahu nemůže být projektem úzké skupiny lidí. Má-li být přijata jako společná odborná agenda, musí, resp. měla by být i společně diskutována. Stejně důležité je, aby reforma nevznikala izolovaně v rámci jedné odborné perspektivy. Intenzivní péče je ze své podstaty mezioborová a její budoucí organizace se dotýká více odborností. Proto je příprava návrhu vedena v úzké spolupráci s Českou společností intenzivní medicíny. Cílem není vymezovat kompetenční hranice, ale vytvořit společný, odborně obhajitelný rámec, který bude respektovat realitu poskytování intenzivní péče v České republice a posílí kvalitu, koordinaci a dostupnost péče o kriticky nemocné pacienty.

Zásadní podmínkou úspěchu je také to, aby reforma nevznikala proti oboru, ale s oborem a prostřednictvím oboru. Anesteziologie a intenzivní medicína má odbornou kompetenci, zkušenost i odpovědnost být hlavním nositelem této změny. Pokud novou koncepci nepřipravíme aktivně sami, bude systém dříve či později měněn pod tlakem ekonomických, personálních nebo politických okolností bez dostatečného respektu k našim strategickým prioritám a cílům. Nyní máme možnost formulovat vlastní návrh – odborně podložený, argumentačně racionální a proveditelný. Po 50 letech vývoje stojíme před možností posunout náš obor od historicky vzniklé struktury k modernímu, koordinovanému a datově sledovatelnému systému. Tuto příležitost nemůžeme a nesmíme promarnit.

*prof. MUDr. Vladimír Černý, Ph.D., FCCM, FESAIC, FGIN
předseda výboru ČSARIM
předseda Pracovní skupiny Ministerstva zdravotnictví
pro restrukturalizaci intenzivní péče*

EDITORIAL

Nová rubrika v časopise

New section in the journal

Gabrhelík T., Málek J. - - - - - 67

Reforma intenzivní a perioperační péče v ČR – po 50 letech máme možnost (z)měnit systém

Reforming intensive and perioperative care in the Czech Republic: after 50 years, a chance to change the system

Černý V. - - - - - 69

PŮVODNÍ PRÁCE / ORIGINAL PAPER

Selhání bezpečnostních bariér v prevenci medikačních chyb v perioperační péči

Failure of safety barriers in the prevention of medication errors in perioperative care

Fišera V., Vojtíšek P., Novotný T. - - - - - 72

Predikce obtížného žilního přístupu u dospělých: analýza dostupných škál a návrh implementace do klinické praxe v České republice

Prediction of difficult venous access in adults: an analysis of available scales and a proposal for implementation in clinical practice in the Czech Republic

Horáčková K., Doležal J., Marková K., Žižan M., Chovanec V. - - - - - 78

PŘEHLEDOVÉ ČLÁNKY / REVIEW ARTICLES

Antigeny buněčné stěny hub – úskalí jejich interpretace

Fungal cell wall antigens – the pitfalls in their interpretation

Müller J., Valešová L., Raděj J., Kříž M., Horák J., Huňková E., Pavlík R., Matějovič M. - - - - - 94

Dynamická arteriální elastance – současný pohled

Dynamic arterial elastance – current perspectives

Klimovič A., Smékalová O., Kletečka J., Beneš J., Zatloukal J. - - - - - 101

Arginin-vazopresin u dárců orgánů s diagnózou smrti mozku: patofyziologické zdůvodnění, mezinárodní doporučení a praktický postup

Arginine vasopressin in brain dead organ donors: pathophysiological rationale, international recommendations, and a practical approach

Píza P., Kieslichová E. - - - - - 106

KLINICKÁ FYZIOLOGIE / CLINICAL PHYSIOLOGY

Propofol – nové poznatky k fyziologii účinku a metabolické souvislosti

Propofol – new insights into the physiology of action and metabolic connections

Skříšovská T., Astapenko D., Černý V. - - - - - 111

ZPRÁVY ODBORNÝCH SPOLEČNOSTÍ / REPORTS FROM PROFESSIONAL SOCIETIES

Stanovisko výboru ČSARIM k otázce minimální doby poanestetické péče

Position statement of the ČSARIM board on the minimum duration of post-anaesthesia care

Balík M., Beneš J., Bláha J., Černá Pařízková R., Černý V., Duška F., Dostál P., Gabrhelík T., Mach D.,

Michálek P., Stern M., Ševčík P., Štourač P., Truhlář A., Vymazal T. - - - - - 115

ABSTRAKTY Z KONGRESU / CONGRESS ABSTRACTS

(LIVES) Physiology is the only polar star we have – unikátní akce proběhla již potřetí v Praze

(LIVES) Physiology is the only polar star we have – a unique event held in Prague for the third time

Duška F., Balík M. - - - - - 116

ZAJÍMAVOSTI Z LITERATURY - - - - - 126

www.aimjournal.cz



Selhání bezpečnostních bariér v prevenci medikačních chyb v perioperační péči

Fišera V.¹, Vojtíšek P.², Novotný T.³

¹Úsek ředitele UL – manažer kvality, Krajská zdravotní, a. s. – Masarykova nemocnice v Ústí nad Labem, o. z.

²Klinika anesteziologie, perioperační a intenzivní medicíny, Fakulta zdravotnických studií Univerzity J. E. Purkyně v Ústí nad Labem a Krajská zdravotní, a. s. – Masarykova nemocnice v Ústí nad Labem, o. z.

³Ortopedická klinika, Fakulta zdravotnických studií Univerzity J. E. Purkyně v Ústí nad Labem a Krajská zdravotní, a. s. – Masarykova nemocnice v Ústí nad Labem, o. z.

Medikační chyby představují významnou příčinu preventabilního poškození pacientů v perioperační péči, zejména u dětské populace, u níž je riziko dávkovacích chyb zvýšeno nutností individuálního přepočtu dávek podle hmotnosti a současnou variabilitou koncentrací léčiv a nízkou tolerancí k dávkovacím odchylkám. Přestože byly zavedeny standardizované bezpečnostní postupy, včetně perioperačního bezpečnostního checklistu Světové zdravotnické organizace, jejich schopnost účinně zabránit chybám ve farmakoterapii zůstává nejednoznačná.

Cíl práce: Posoudit funkčnost perioperačních bezpečnostních bariér v prevenci medikačních chyb na základě systematické analýzy reálné nežádoucí události a konfrontovat tato zjištění s dostupnou odbornou literaturou.

Typ studie: Retrospektivní systémová analýza kvality péče doplněná cíleným literárním přehledem.

Materiál a metoda: Práce analyzuje závažnou medikační chybu u dětského pacienta pomocí analýzy kořenových příčin provedené nezávislým multidisciplinárním týmem pracoviště řízení kvality. Zjištění byla konfrontována s odbornou literaturou zaměřenou na lidské faktory a bezpečnostní bariéry v perioperační péči.

Výsledky: Analýza ukázala, že i při formálním dodržení perioperačního bezpečnostního procesu může dojít k selhání klíčových bezpečnostních bariér. Identifikována byla absence strukturované kontroly dávky, jednotek a koncentrace léčiv, chybějící uzavřená komunikační smyčka a neprovedení nezávislé kontroly před podáním léčiva.

Závěr: Medikační chyba představovala především selhání systému bezpečnostních bariér. Efektivní prevence vyžaduje cílený redesign perioperačních bezpečnostních procesů se systematickým zahrnutím kontroly farmakoterapie.

Klíčová slova: medikační chyby, perioperační péče, bezpečnost pacientů, perioperační bezpečnostní proces, analýza kořenových příčin, lidské faktory.

Failure of safety barriers in the prevention of medication errors in perioperative care

Medication errors represent a significant cause of preventable patient harm in perioperative care, particularly in the pediatric population, where the risk of dosing errors is increased due to weight-based dose calculations, variability in drug concentrations, and a limited tolerance to dosing deviations. Although standardized safety procedures, including the surgical safety checklist of the World Health Organization, have been implemented, their effectiveness in preventing pharmacotherapy-related errors remains uncertain.

Objective: To assess the functionality of perioperative safety barriers in the prevention of medication errors based on a systematic analysis of a real adverse event and to compare these findings with available literature.

Study design: Retrospective system-based quality analysis combined with a targeted literature review.

Material and methods: A serious medication error involving a pediatric patient was analyzed using root cause analysis conducted by an independent multidisciplinary hospital quality management team. The findings were compared with published evidence focusing on human factors and safety barriers in perioperative care.

Results: The analysis demonstrated that critical safety barriers may fail despite formal adherence to the perioperative safety

KORESPONDENČNÍ ADRESA AUTORA:

Mgr. Bc. Vojtěch Fišera, MBA, vojtech.fisera@kzcr.eu

Článek přijat redakcí: 11. 2. 2026; Článek přijat k tisku: 20. 4. 2026

Cit. zkr.: Anest intenziv Med. 2026;37(2):72-77

process. The absence of structured verification of drug dose, units, and concentration, lack of closed-loop communication, and failure to perform independent verification before drug administration were identified as key contributing factors.

Conclusion: The medication error primarily reflected a failure of the system of safety barriers rather than an individual mistake. Effective prevention requires a targeted redesign of perioperative safety processes with systematic integration of pharmacotherapy control.

Key words: medication errors, perioperative care, patient safety, surgical safety checklist, root cause analysis, human factors.

Úvod

Medikační chyby představují jednu z nejčastějších a nejzávažnějších příčin preventabilního poškození pacientů v perioperační péči [1]. Prostředí operačního sálu je charakterizováno vysokou časovou zátěží, paralelními činnostmi, nutností rychlého rozhodování a intenzivní týmovou komunikací, což vytváří podmínky pro vznik chyb v ordinaci, přípravě i podání léčiv [2]. Pediatrickí pacienti jsou v tomto ohledu zvláště rizikovou skupinou vzhledem k nutnosti individuálního dávkování podle hmotnosti, používání různých koncentrací léčiv a omezené toleranci k dávkovacím odchylkám [1].

V posledních dvou dekadách byla zavedena řada bezpečnostních opatření zaměřených na snížení výskytu nežádoucích událostí v perioperační péči, především perioperační bezpečnostní checklist Světové zdravotnické organizace. Skládá se ze tří na sebe navazujících fází:

- „**Sign-in**“: probíhá před úvodem do anestezie za přítomnosti anesteziologa a sestry; zaměřuje se na potvrzení identity pacienta, místa výkonu, souhlasu a kontrolu anesteziologické techniky a vybavení.
- „**Time-out**“: představuje krátké pozastavení celého týmu bezprostředně před kožním řezem; slouží k finální verbální verifikaci pacienta, plánovaného výkonu, antibiotické profylaxe a předpokládaných kritických momentů operace.
- „**Sign-out**“: následuje před odjezdem pacienta z operačního sálu; zahrnuje revizi provedeného výkonu, kontrolu počtu nástrojů a materiálu a instrukce pro pooperační péči [3].

Tyto nástroje vedou ke zlepšení týmové komunikace a jsou spojovány s poklesem chirurgických komplikací a chyb [4]. Jejich role v prevenci medikačních chyb však zůstává méně jednoznačná a v literatuře není systematicky popsána [5].

Dosavadní literatura se převážně zaměřuje na incidenci medikačních chyb, identifikaci rizikových léčiv a hodnocení jednotlivých preventivních opatření, jako jsou standardizace přípravy léčiv, dvojí kontrola či elektronická podpora ordinací [6]. Méně pozornosti je však věnováno otázce, zda stávající perioperační bezpečnostní procesy skutečně fungují jako účinné bariéry, které dokáží odlišit bezpečné a rizikové jednání ještě před realizací chyby.

Z pohledu moderní teorie bezpečnosti není klíčovou otázkou, proč jednotlivec pochybil, ale zda byl systém navržen tak, aby chybě dokázal aktivně zabránit. Tento přístup vychází z modelu „Swiss cheese“ (model švýcarského sýra) autora Jamese Reasona, který popisuje bezpečnostní systém jako soustavu vícevrstevných bariér, z nichž každá obsahuje latentní slabiny („díry“). K poškození pacienta dochází tehdy, když se tyto slabiny v jednotlivých vrstvách náhodně seřadí a umožní průchod chybného

postupu celým systémem [7]. Pokud bezpečnostní bariéry nerozlišují mezi správným a nesprávným postupem, stává se vznik chyby předvídatelným důsledkem nastavení procesu [8]. Analýza této události byla proto vedena v souladu s principy „Just Culture“ (kultura spravedlnosti). Tento koncept zásadně mění pohled na bezpečnost v medicíně tím, že se odklání od tradičního hledání individuální viny a trestání (tzv. „blame culture“). „Just Culture“ vytváří prostředí, ve kterém je jasně rozlišeno mezi lidskou chybou (neúmyslným uklouznutím v dobře navrženém procesu), rizikovým chováním (např. vědomým obcházením bariér) a hrubou nedbalostí. Cílem není pouhé formální zbavení jednotlivce viny, ale hloubkové pochopení, proč se v daném kontextu zdálo chybné jednání akterovi jako logické a správné, a následná oprava systémových nedostatků, aby se zabránilo opakování události jiným pracovníkem [9, 13].

Cílem této práce je proto analyzovat funkčnost perioperačních bezpečnostních bariér, zejména procesu „Time-out“, na podkladě systematické analýzy reálné medikační chyby u dětského pacienta a konfrontovat tato zjištění s dostupnou odbornou literaturou.

Metodika / Způsob zpracování

Práce má charakter původní retrospektivní analýzy kvality péče doplněné cílenou rešerší odborné literatury. Cílem bylo propojit současné poznatky v oblasti prevence medikačních chyb s detailní analýzou funkčnosti bezpečnostních bariér v konkrétní klinické situaci.

Podkladem pro případovou část byla analýza kořenových příčin (Root Cause Analysis, RCA) závažné medikační chyby u dětského pacienta v perioperační péči, provedená v souladu s mezinárodně doporučenými postupy analýzy závažných nežádoucích událostí ve zdravotnictví [10]. Analýza byla provedena v rámci standardního systému řízení kvality a bezpečnosti zdravotnického zařízení nezávislým multidisciplinárním týmem, vedeným pracovištěm řízení kvality, organizačně odděleným od klinického provozu. Tento způsob vedení analýzy umožnil nezávislé hodnocení události bez vazby na hierarchické struktury perioperačního týmu a bez rizika konfliktu zájmů.

Cílem RCA nebylo hodnocení individuálního pochybení, ale identifikace systémových faktorů, selhání procesních bariér a návrh preventivních opatření v souladu s principy „Just Culture“ a moderní teorií bezpečnosti [11, 13].

Data použitá pro analýzu zahrnovala zdravotnickou dokumentaci, časovou osu události, strukturované rozhovory se zúčastněnými členy perioperačního týmu a interní předpisy upravující perioperační bezpečnostní proces. Analýza byla provedena podle standardizované metodiky RCA se zaměřením na lidské faktory, komunikační procesy a funkčnost bezpečnostních bariér [9, 12].

Současně byla provedena cílená rešerše odborné literatury v databázích PubMed, Scopus a Web of Science zaměřená na medikační chyby v perioperační péči, perioperační bezpečnostní checklist, lidské faktory a koncept „Just Culture“. Výsledky případové analýzy byly následně konfrontovány s dostupnými doporučeními a publikovanými poznatky.

Vzhledem k anonymizaci dat, auditnímu charakteru práce a absenci intervence do péče nebyl vyžadován souhlas etické komise ani informovaný souhlas pacienta.

Popis klinického případu

K nežádoucí události došlo na dětském operačním sále u 2měsíční kojanky (3,5 kg) připravované k plánované operaci tříselné kýly. Anesteziologickou péči poskytoval lékař v předatestační přípravě pod přímým dozorem atestovaného konzultanta.

Po úvodu do anestezie byla ordinována intravenózní dávka paracetamolu ve výši 26 mg (odpovídá doporučené pediatrické dávce 7,5 mg/kg pro kojence). V témže okamžiku začal operatér provádět perioperační bezpečnostní proces (fázi „Time-out“). Anesteziologická sestra, která byla paralelně vytížena přípravou farmakoterapie a sledováním perioperačního procesu, připravila paracetamol (o koncentraci 10 mg/ml) v objemu 26 ml namísto odpovídajícího objemu 2,6 ml (Obr. 1).

Při verbálním hlášení sestra uvedla: „Podávám 26 mililitrů“, přičemž oba přítomní lékaři slyšeli hodnotu „26“, kterou pod vlivem probíhajícího

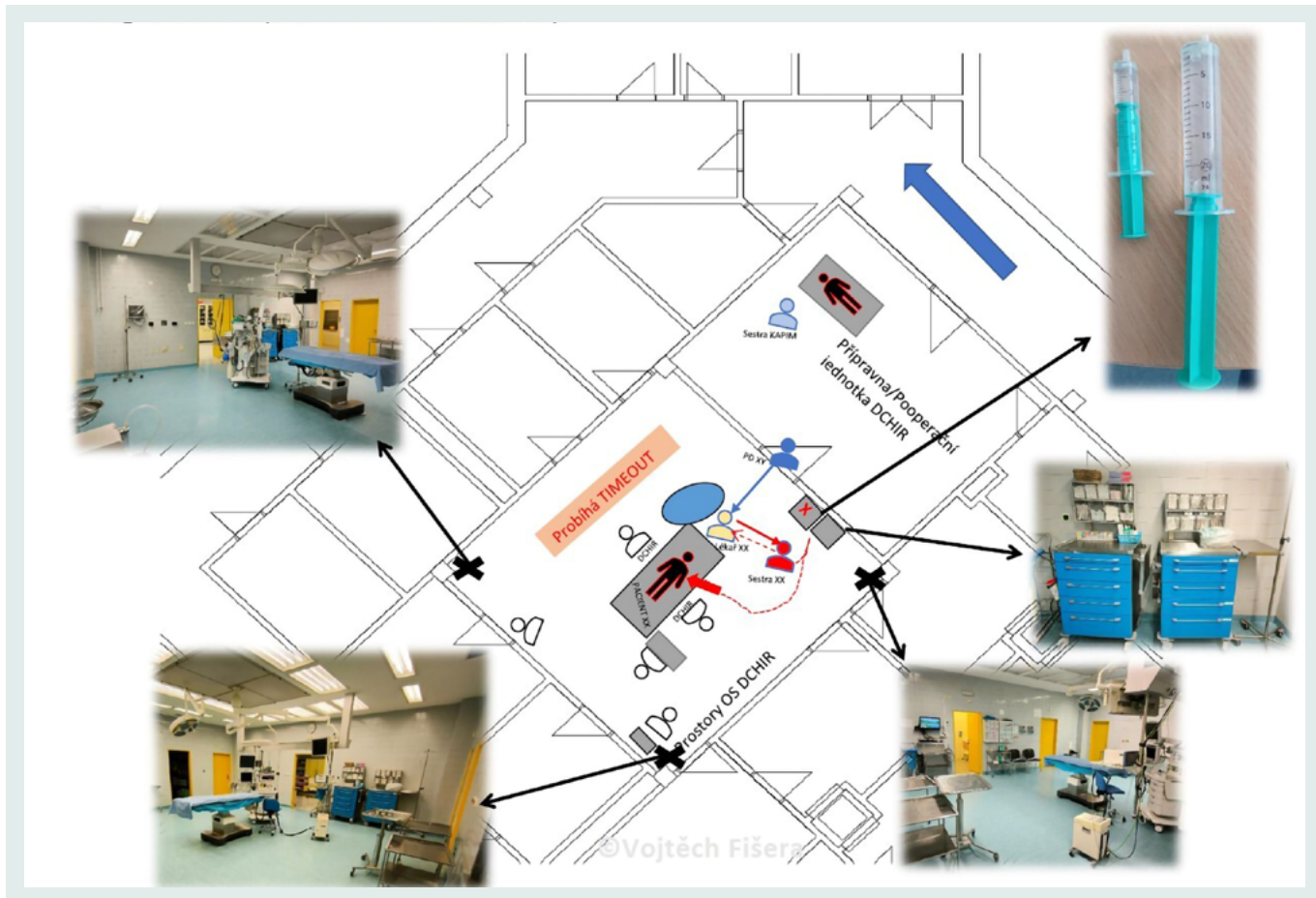
Time-outu a kognitivního nastavení na očekávanou dávku interpretovali jako správných 26 miligramů. V důsledku této divergence pozornosti nebyla včas odhalena záměna jednotek (mg vs. ml) a pacientce bylo podáno celkem 260 mg paracetamolu, což představuje desetinásobné předávkování (cca 74 mg/kg) (Obr. 2). Jednalo se o typickou chybu záměny jednotek v kombinaci s nesprávnou konverzí dávky na objem, potencionovanou kognitivním zkreslením (expectation bias).

Chyba byla identifikována lékařem bezprostředně po aplikaci při kontrole prázdné stříkačky. Operační výkon byl urychleně dokončen

Obr. 1. Grafické znázornění desetinásobné záměny objemu léčiva (Paracetamol) u pediatrického pacienta. Horní injekční stříkačka znázorňuje ordinovanou dávku (2,6 ml = 26 mg), dolní stříkačka objem skutečně připravený a aplikovaný (26 ml = 260 mg). Obrázek demonstrovuje kognitivní past „číselné shody“, kdy sluchový vjem „26“ odpovídal očekávanému schématu, avšak bez ověření jednotek (mg vs. ml)



Obr. 2. Situační plán rozmístění personálu a probíhajících procesů během vzniku nežádoucí události. Schéma ilustruje kritický moment divergence pozornosti: zatímco u operačního pole probíhá proces „Time-out“ řízený operatérem, v anesteziologické zóně paralelně probíhá ústní ordinace a příprava léčiva. Šipky znázorňují tok informací a hlukové pozadí, které znemožnilo efektivní nezávislou kontrolu a uzavření komunikační smyčky (Closed-loop)



Tab. 1. Funkčnost bezpečnostních bariér v procesu podání léčiva v perioperační péči

Fáze procesu	Očekávaná bezpečnostní bariéra	Funkce bariéry	Zjištěné selhání
Ordinace léčiva	Jednoznačná verbální ordinace s uvedením dávky a jednotek	Prevence záměny dávky a jednotek	Ordinace proběhla během „Time-out“ bez zopakování dávky a jednotek
Komunikace	Uzavřená komunikační smyčka (read-back)	Ověření správnosti ordinace	Neprovedena žádná zpětná vazba
Time-out	Aktivní týmová kontrola kritických kroků	Zachycení nesrovnalostí před výkonem	Kontrola farmakoterapie nebyla součástí procesu
Příprava léčiva	Nezávislá kontrola dávky a koncentrace	Odhalení chyby před podáním	Nezavedena žádná kontrolní bariéra
Podání léčiva	Poslední kontrola před aplikací	Prevence poškození pacienta	Chyba odhalena až po podání

(15 min), a pacientka byla ve stabilizovaném stavu předána na dětskou JIP. Po konzultaci s Toxikologickým informačním střediskem byla preventivně zahájena terapie acetylcysteinem (NAC). Matka i chirurgický tým byli o události neprodleně informováni. Díky včasné identifikaci a následné péči nedošlo k poškození zdraví pacientky a případ se stal podnětem pro nezávislou kořenovou analýzu systému.

Výsledky případové systémové analýzy

Analýza kořenových příčin identifikovala selhání několika klíčových bezpečnostních bariér v procesu ordinace, přípravy a podání léčiva v perioperační péči. Hlavní identifikovaná selhání bezpečnostních bariér jsou shrnuta v **Tabulce 1**. Kritickým bodem byla ústní ordinace analgetika v průběhu fáze „Time-out“, která proběhla souběžně s ověřováním identity pacienta a výkonu, což je situace považovaná za vysoce rizikovou z hlediska lidských faktorů a komunikačních chyb.

Proces „Time-out“ byl formálně proveden v souladu s platným perioperačním bezpečnostním postupem, avšak neobsahoval strukturovanou kontrolu farmakoterapie. Kontrola dávky, jednotek ani koncentrace léčiva nebyla součástí ověřovacího procesu a nebyla provedena žádná uzavřená komunikační smyčka mezi ordinujícím lékařem a připravujícím zdravotnickým pracovníkem, přestože uzavřená komunikační smyčka (read-back) je považována za základní nástroj prevence chyb při ústních ordinacích.

Nebyla zavedena nezávislá kontrola dávky před přípravou ani před podáním léčiva. V důsledku toho nebyl systém schopen odlišit správné a chybné podání léčiva a zachytit rizikové jednání před jeho realizací. Medikační chyba byla odhalena až po podání léčiva.

Zásadním zjištěním analýzy je skutečnost, že v daném systému bylo možné provést správné i chybné podání léčiva stejným procesem, bez existence aktivní bezpečnostní bariéry, která by rizikové jednání odhalila před jeho realizací (**Tab. 1**).

Diskuze

Předložená analýza ukazuje, že i při formálním dodržení perioperačního bezpečnostního procesu může dojít k selhání klíčových bezpečnostních bariér v prevenci medikačních chyb. Zásadním zjištěním je skutečnost, že proces „Time-out“ v analyzovaném případě neplnil funkci účinné bariéry proti chybám ve farmakoterapii, přestože byl proveden v souladu s platnými doporučeními [5, 15]. Tento nález naznačuje, že samotný proces „Time-out“ nemusí být dostatečný k prevenci medikačních chyb, pokud není doplněn o specifické farmakoterapeutické kontrolní mechanismy.

Perioperační bezpečnostní checklist Světové zdravotnické organizace byl původně navržen především k prevenci záměny pacienta, výkonu a operační strany a ke zlepšení týmové komunikace [3, 4]. Jeho přínos v oblasti prevence medikačních chyb však zůstává méně jednoznačný, zejména pokud není doplněn o specifické farmakoterapeutické kontrolní prvky [5, 15]. Naše zjištění naznačují, že současná struktura fáze „Time-out“ neposkytuje systematickou kontrolu ordinace, dávky ani jednotek léčiv a nemusí být dostatečná k zachycení rizikových situací spojených s farmakoterapií [15, 16].

Významným faktorem analyzované události byla ústní ordinace léčiva probíhající souběžně s prováděním „Time-out“. Kombinace paralelních činností, časového tlaku a absence uzavřené komunikační smyčky představuje známý rizikový scénář popsáný v literatuře zabývající se lidskými faktory v perioperační péči [2, 17]. V podmínkách souběžné kognitivní zátěže dochází k automatickému zpracování sluchových vjemů podle očekávaného vzorce, čímž je potlačena analytická kontrola – mechanismus, který vysvětluje, proč ani zkušený klinický pracovník nemusel záměnu jednotek zachytit [2]. Přestože uzavřená komunikační smyčka (read-back) je dlouhodobě doporučována jako standard bezpečné komunikace, její systematická implementace v perioperačním prostředí zůstává v praxi nejednotná [18, 19].

Pojem nezávislé kontroly dávky v perioperačním prostředí vyžaduje konkrétní operační definici. V praxi může jít například o ověření dávky a koncentrace anesteziologickou sestrou u anesteziologického stolu nebo o paralelní kontrolu ordinace a připraveného léčiva dvěma nezávislými členy týmu před podáním. Analýza navíc odhalila, že v daném kritickém momentu nebyly stříkačky opatřeny standardizovaným označením a popisem koncentrace léčiva, což významně oslabilo jednu z klíčových vizuálních bezpečnostních bariér a znemožnilo efektivní křížovou kontrolu jiným členem týmu. Absence jasně definovaného postupu nezávislé kontroly významně snižuje účinnost této bezpečnostní bariéry [20, 21].

Z pohledu moderní teorie bezpečnosti představuje klíčový problém skutečnost, že v analyzovaném systému nebylo možné jednoznačně odlišit bezpečné a rizikové jednání před realizací chyby. Bezpečnostní bariéry nebyly konstruovány tak, aby aktivně zachycovaly nesprávné dávkování léčiv, a selhání bylo odhaleno až po podání léčiva. Tento nález je v souladu s modelem „Swiss cheese“, podle něhož ke vzniku nežádoucí události dochází v důsledku kumulace latentních systémových selhání a nedostatečně účinných bezpečnostních bariér [7, 8].

Zvláštní pozornost si zaslouží pediatriká populace, u níž je riziko dávkovacích chyb významně vyšší v důsledku nutnosti individuálního přepočtu dávek a používání různých koncentrací léčiv [1, 10]. Za klíčové

preventivní bariéry jsou v pediatrické anesteziologii považovány standardizované ředící protokoly, limitní tabulky dávek a standardizované postupy přípravy a označování léčiv, jejichž systematická implementace může významně snížit riziko závažných odchylek v dávkování [21, 22].

Výsledky analýzy podporují potřebu striktního oddělení jednotlivých bezpečnostních procesů v perioperační péči a rozšíření konceptu perioperačního bezpečnostního procesu o systematictější kontrolu perioperační farmakoterapie, zejména u rizikových skupin pacientů, jako jsou děti. Fáze „Time-out“ by měla být řízena operátorem jako vedoucím týmu a probíhat v režimu „sterilního kokpitu“, tedy bez paralelních činností a bez nesouvisející komunikace [23]. Rutinní ústní ordinace léčiv by v této fázi neměly být preferovaným postupem, neboť kombinace paralelních činností a komunikační zátěže zvyšuje riziko chyb. Pokud je však z klinických důvodů nezbytné podat léčivo právě během této fáze (např. v akutní situaci), musí být verbální ordinace strukturovaná, adresná a potvrzená uzavřenou komunikační smyčkou, aby se minimalizovalo riziko přeslechnutí jednotek nebo dávků (např. mg vs. ml) [18, 19]. V takovém případě je nezbytné verifikační proces Time-outu přerušit, ordinaci provést strukturovaně a teprve po potvrzení uzavřenou komunikační smyčkou v něm pokračovat [18, 19]. Součástí takto rozšířeného procesu může být strukturovaná verbální verifikace podávaného léčiva během fáze „Time-out“ ve formátu: „Lék: sufentanil, koncentrace: 5 µg/ml, dávka: 10 µg, tedy 2 ml do stříkačky – potvrzují.“ Jednoznačné vyslovení názvu léčiva, koncentrace, dávky a odpovídajícího objemu představuje jednoduchou, avšak účinnou bariéru proti záměně jednotek a koncentrací.

Za potenciálně přínosná opatření lze dále považovat důslednou implementaci uzavřené komunikační smyčky při ústních ordinacích a zavedení nezávislé kontroly dávky před podáním léčiva. Zejména u léčiv s vysokým rizikem (High-Alert Medications) může být vhodným standardem uplatnění principu „čtyř očí“, tedy paralelní ověření ordinace a připraveného léčiva dvěma nezávislými členy perioperačního týmu při natahování a aplikaci léčiva [20, 21].

Současně je třeba zdůraznit význam nezávislého systému řízení kvality a bezpečnosti péče. RCA vedená organizačně odděleným pracovištěm řízení kvality umožnila systematickou identifikaci příčin

události bez zaměření na individuální vinu a v souladu s principy „Just Culture“ [9]. Metodika RCA je v literatuře popisována jako standardní nástroj pro identifikaci systémových příčin nežádoucích událostí, přičemž její efektivita je významně podmíněna kvalitou implementace nápravných opatření [14]. Tento přístup může představovat účinný nástroj pro systematické zlepšování bezpečnosti perioperační péče [11]. V kontextu českého zdravotnictví představují navrhovaná opatření zároveň praktický nástroj pro naplňování požadavků na systém řízení kvality a bezpečnosti péče [11].

Limitem práce je skutečnost, že analýza vychází z jedné reálné nežádoucí události a nelze ji přímo zobecnit na všechny typy perioperačních situací. Přesto prezentovaná zjištění ilustrují potenciální slabiny současných bezpečnostních bariér a mohou sloužit jako podnět k dalšímu výzkumu i praktickým úpravám klinických procesů.

Závěr

Předložená práce ukazuje, že vznik medikační chyby v perioperační péči nelze vysvětlit pouze individuálním pochybením, ale především selháním systému, který nedokázal včas odlišit bezpečné a rizikové jednání [6]. Přestože byl perioperační bezpečnostní proces formálně dodržen, klíčové bezpečnostní bariéry neplnily funkci dostatečně účinné prevence farmakoterapeutických chyb [5].

Analýza reálné nežádoucí události naznačuje, že současná podoba fáze „Time-out“ nemusí být samostatně dostatečná jako bariéra proti chybám v dávkování léčiv [5, 15]. Absence strukturované kontroly dávky, jednotek a koncentrace léčiv, nedostatečná implementace uzavřené komunikační smyčky a chybějící nezávislá kontrola představují významné slabiny současného procesu.

Efektivní prevence medikačních chyb proto vyžaduje nejen důsledné dodržování stávajících postupů, ale především jejich cílený redesign. Za klíčové lze považovat rozšíření perioperačního bezpečnostního procesu o systematickou kontrolu farmakoterapie, standardizaci verbálních ordinací a posílení role nezávislých bezpečnostních bariér [21]. Skutečným problémem medikačních chyb totiž není jednotlivá chyba, ale skutečnost, že bezpečnostní systém nedokáže odlišit bezpečné a rizikové jednání ještě před poškozením pacienta [7, 8].

PROHLÁŠENÍ AUTORŮ: Prohlášení o použití AI: Autoři při přípravě rukopisu využili nástroje umělé inteligence k jazykovým a stylistickým úpravám textu. Odborný obsah, analýza dat a interpretace výsledků byly plně v kompetenci autorů. **Prohlášení o původnosti:** Práce je původní a nebyla publikována ani není zaslána k recenznímu řízení do jiného média. Výsledky uvedené v práci nebyly prezentovány formou přednášky, posteru nebo abstraktu konference. **Střet zájmů:** Autoři prohlašují, že nejsou v žádném střetu zájmů ve vztahu k tématu této práce. **Souhlas se zněním článku:** Potvrzujeme, že všichni autoři rukopis četli, souhlasí s jeho zněním a zasláním do redakce časopisu Anesteziologie a intenzivní medicína. **Podíl autorů na práci:** VF, PV: koncepce a návrh studie. VF: návrh metodiky, provedení kořenové analýzy (RCA), sběr a analýza dat. VF, PV, TN: interpretace výsledků a příprava rukopisu. VF: systematická interpretace funkčnosti bezpečnostních bariér. VF, PV, TN: revize rukopisu, připomínkování a finální úprava textu. PV, TN: odborná supervize z pohledu perioperační a anesteziologické praxe. Všichni autoři se významně podíleli na této práci, kriticky revidovali její obsah a schválili konečnou verzi rukopisu. **Poděkování:** Autoři děkují prof. MUDr. Vladimíru Černému, Ph.D., FCCM, za cenné metodické rady, kritické připomínky k rukopisu a odborné vedení při zpracování této systémové analýzy. **Financování:** Pro vypracování práce nebyla zajištěna finanční podpora. **Etické aspekty:** Práce má charakter retrospektivní analýzy kvality péče a interní kořenové analýzy anonymizované nežádoucí události. V souladu s platnou legislativou a metodickými doporučeními nebyl vyžadován souhlas etické komise ani informovaný souhlas pacienta.

LITERATURA

1. Abbasi S, Rahimi M, Khosravi N, Alizadeh M, Farahani A, Rezaei F, et al. Medication errors and adverse drug events in perioperative pediatric anesthesia. BMC Anesthesiol. 2025;25:112. doi: 10.1186/s12871-025-03109-8.
2. Jones CPL, Fawker-Corbett J, Groom P, Smith A, Brown R, Taylor D, et al. Human factors in

preventing complications in anaesthesia: a systematic review. *Anaesthesia*. 2018;73(Suppl 1):12-24. doi: 10.1111/anae.14136.

3. Gul F, Nazir M, Abbas K, Khan AA, Malick DS, Khan H, et al. Surgical safety checklist compliance: The clinical audit. *Ann Med Surg*. 2022;81:104397. doi: 10.1016/j.amsu.2022.104397.

4. Haynes AB, Weiser TG, Berry WR, Lipsitz SR, Breizat AH, Dellinger EP, et al. A surgical safety checklist to reduce morbidity and mortality in a global population. *N Engl J Med*. 2009;360(5):491-499. doi: 10.1056/NEJMsa0810119.

5. Wahr JA, Abernathy JH 3rd, Lazarra EH, Keebler JR, Wall MH, Lynch I, et al. Medication safety in the operating room: literature and expert-based recommendations. *Br J Anaesth*. 2017;118(1):32-43. doi: 10.1093/bja/aew379.

6. Stipp MM, Deng H, Kong K, Moore S, Hickman RL Jr, Nanji KC. Medication safety in the perioperative setting: a comparison of methods for detecting medication errors and adverse medication events. *Medicine (Baltimore)*. 2022;101(44):e31432. doi: 10.1097/MD.00000000000031432.

7. Reason J. Human error: models and management. *BMJ*. 2000;320:768-770. doi: 10.1136/bmj.320.7237.768.

8. Agency for Healthcare Research and Quality. Systems approach to error. Rockville: AHRQ; 2024.

9. Dekker S, Dekker S. Just Culture: Restoring Trust and Accountability in Your Organization. CRC Press; 2016. doi: 10.1201/9781315590813.

10. Goyal N, Nemani S, Sharma A, Gupta R, Patel P, Verma S, et al. Medication errors in the practice of paediatric anaesthesia – a narrative review. *Anaesthesiol Intensive Ther*. 2023;55(3):229-236. doi: 10.5114/ait.2023.130837.

11. Agency for Healthcare Research and Quality. Root Cause Analysis and Actions (RCA²). Rockville: AHRQ; 2024.

12. World Health Organization. Patient safety incident reporting and learning systems. Geneva: WHO; 2020.

13. Marx D. Patient safety and the Just Culture. *Obstet Gynecol Clin North Am*. 2019;46(2):239-245. doi: 10.1016/j.ogc.2019.01.003.

14. Percarpio KB, Watts BV, Weeks WB. The effectiveness of root cause analysis: What does the literature tell us? *Jt Comm J Qual Patient Saf*. 2008;34(7):391-398. doi: 10.1016/S1553-7250(08)34049-5.

15. Kanjia MK, Adler AC, Buck D, Varughese AM. Increasing compliance of safe medication administration in pediatric anesthesia by use of a standardized checklist. *Paediatr Anaesth*. 2019;29(3):258-264. doi: 10.1111/pan.13578.

16. Ribed A, Giménez-Manzorro Á, de Lorenzo-Pinto A, Torroba-Sanz B, Ginel-Feito MD, Cabrerizo-Torrente P, et al. Improving medication safety in the perioperative setting: development of a medication use process. *Br J Anaesth*. 2025;135(4):997-1006. doi: 10.1016/j.bja.2025.04.034.

17. McMullan RD, Urwin R, Gates P, Sunderland N, Westbrook JL. Are operating room distractions, interruptions and disruptions associated with performance and patient safety? A systematic review and meta-analysis. *Int J Qual Health Care*. 2021;33(2):mzab068. doi: 10.1093/intqhc/mzab068.

18. Mo L, Wu Z. Investigating risk factors for medication errors during perioperative care: a retrospective cohort study. *Medicine (Baltimore)*. 2024;103(22):e38429. doi: 10.1097/MD.00000000000038429.

19. Agency for Healthcare Research and Quality. TeamSTEPPS® 2.0: Communication tools – Check-Back and Closed-Loop Communication. Rockville: AHRQ; 2023.

20. Institute for Safe Medication Practices. Independent double checks: Undervalued and misused – selective use recommended. ISMP Medication Safety Alert; 2023.

21. Merry AF, Webster CS, Hannam J, Mitchell SJ, Henderson R, Reid P, et al. Multimodal system designed to reduce errors in recording and administration of drugs in anaesthesia. *BMJ*. 2011;343:d5543. doi: 10.1136/bmj.d5543.

22. Boytim J, Ulrich B. Factors contributing to perioperative medication errors: a systematic literature review. *AORN J*. 2018;107(1):91-107. doi: 10.1002/aorn.12005.

23. Helmreich RL, Merritt AC, Wilhelm JA. The evolution of crew resource management training in commercial aviation. *Int J Aviat Psychol*. 1999;9(1):19-32. doi: 10.1207/s15327108ijap0901_2.

LÉKAŘ/KA – INTENZIVNÍ PÉČE JIP chirurgických oborů Krajská nemocnice Liberec

Nabízíme:

- **zkušený tým** a možnost odborného růstu,
- **moderní přístrojové vybavení,**
- široké spektrum zaměstnaneckých benefitů...

Uvítáme lékaře se **specializací v oboru anesteziologie a intenzivní medicína** nebo se **zájmem o intenzivní péči** s možností doplnění specializace.

volnamista@nemlib.cz



Krajská nemocnice Liberec, a.s.



Článek je uveřejněn v dvojazyčné verzi. / The article is published in a bilingual version.

Predikce obtížného žilního přístupu u dospělých: analýza dostupných škál a návrh implementace do klinické praxe v České republice

Horáčková K.^{1,2}, Doležal J.^{1,3}, Marková K.^{1,4}, Žiaran M.^{3,5}, Chovanec V.⁶¹Katedra ošetrovatelství, Fakulta zdravotnických studií, Univerzita Pardubice²Katedra ošetrovatelství, Vojenská lékařská fakulta, Univerzita obrany, Hradec Králové³Oddělení klinické a radiační onkologie, Nemocnice Pardubického kraje, a. s., Pardubická nemocnice⁴Anesteziologicko-resuscitační oddělení, Kanyláčnické centrum, Nemocnice Pardubického kraje, a. s., Pardubická nemocnice⁵Multiscan, s. r. o., Onkologické a radiologické centrum Multiscan, Pardubice⁶Radiologická klinika, Kanyláčnické středisko, Fakultní nemocnice Hradec Králové, Lékařská Fakulta v Hradci Králové, Univerzita Karlova

Cíl: Obtížný periferní intravenózní přístup (DIVA) postihuje významnou část dospělé populace a představuje problém na straně pacienta i personálu. V Čechách dosud chybí validované predikční nástroje pro identifikaci DIVA. Cílem studie bylo identifikovat dostupné škály, porovnat jejich vlastnosti a posoudit možnosti jejich zavedení do praxe.

Soubor a metoda: Studie představuje kombinovanou metodologickou analýzu, která probíhala ve dvou fázích: systematická identifikace s výběrem predikčních škál DIVA (rešerše databází Web of Science a Scopus) a expertní posouzení vybraných nástrojů formou panelu odborníků, který posuzoval obsahovou a klinickou relevanci škál, jejich proveditelnost, míru subjektivity a potenciální přínos pro praxi.

Výsledky: Analyzovány byly tyto predikční nástroje: A-DIVA, SAFE Rule, A-DICAVE, EA-DIVA a DIVA-CP. První tři škály jsou dle výzkumu nejvhodnější pro širokou veřejnost dospělých pacientů. A-DIVA prokázala dobrou prediktivní hodnotu a externí validitu, avšak je primárně zaměřena na selhání prvního pokusu o kanylaci. SAFE Rule představuje jednoduché screeningové pravidlo založené na nejčastějších prediktorech DIVA, bohužel bez skórování a stratifikace rizika. A-DICAVE je rychlá třípoložková škála vhodná zejména pro urgentní příjem, je však jen interně validovaná.

Závěr: Neexistuje jednotný univerzální predikční nástroj, avšak dostupné škály poskytují účinný rámec pro identifikaci rizikových pacientů a pro optimalizaci volby techniky kanylace. V českém zdravotnictví je nezbytná překladová a validační studie nejperspektivnějších nástrojů pro širší populaci (A-DIVA, SAFE Rule, A-DICAVE) a specifickou populaci onkologicky nemocných (DIVA-CP), vytvoření standardizovaných algoritmů péče s preferencí ultrazvuku a limitací „slepých“ pokusů.

Klíčová slova: DIVA (Difficult Intravenous Access), implementace v klinické praxi, periferní žilní kanylace, predikční škály, ultrazvuková navigace.

Úvod

Změny v demografii a klinickém stavu současné populace zásadně ovlivňují podobu zdravotní péče. S prodlužujícím se životem a rostoucím výskytem chronických onemocnění přibývá pacientů vyžadujících opakované odběry, hospitalizace, infuzní léčbu, parenterální výživu, intravenózní (dále i. v.) podání léků, krevních derivátů a další diagnostické či terapeutické výkony. Primární péče se profesionalizuje a nabízí širší spektrum služeb v ambulantním

i domácím prostředí. Uvedený trend tak vede k potřebě zajištění kvalitního cévního vstupu [1, 2].

Počet pacientů, u nichž je obtížné zajistit spolehlivý periferní intravaskulární přístup, stoupá (30–60 % dospělé populace). DIVA (*Difficult Intravenous Access*) označuje pacienty, u nichž je zavedení žilního katétru běžnou technikou velmi obtížné. Jedná se o nemocné všech věkových skupin, jejichž periferní žíly jsou viditelné, ale nedostatečné, nebo nejsou viditelné či hmatné. Rizikovi jsou také pacienti,

KORESPONDENČNÍ ADRESA AUTORKY:

PhDr. Kateřina Horáčková, Ph.D., katerina.horackova@upce.cz

Článek přijat redakcí: 11. 3. 2026; Článek přijat k tisku: 5. 5. 2026

Cit. zkr: Anest intenziv Med. 2026;37(2):78-93

u nichž lze kanylovat pouze jednu horní končetinu. Bahl et al. definovali v roce 2021 DIVA jako dva a více neúspěšné pokusy o zavedení periferního žilního katétru (dále PŽK) tradiční technikou, absenci viditelných či hmatných žil nebo dokumentovanou historii obtížné kanylace PŽK [3, 4].

PŽK potřebuje 70–85 % hospitalizovaných pacientů a míra selhání prvního pokusu může dosahovat až 30 %. Selhání výkonu je spojeno s vyšší bolestivostí, úzkostí, nedůvěrou pacienta, vyšší pracovní zátěží zdravotníků a zvýšenou incidencí komplikací, včetně hematomů, extravazací či infekcí, stejně jako s opožděním diagnostiky a léčby. Je nutné rovněž připomenout i ekonomickou zátěž pro zdravotnické zařízení. Zcela zásadní jsou i důsledky pro anesteziologický tým. Zajištění periferního žilního vstupu u DIVA pacientů prodlužuje čas do zahájení operace, zvyšuje tlak na tým v kritických minutách a omezuje jeho schopnost plynule provádět další invazivní úkony. Každé prodlení či opakovaný pokus snižuje pracovní komfort a zvyšuje zátěž během celého operačního programu [5].

Z uvedeného vyplývá potřeba systematického screeningu rizikových pacientů a využívání prediktivních nástrojů založených na důkazech. Přestože žádný z existujících nástrojů nezískal plošné uplatnění, tak novější přístupy, jako SAFE Rule, usilují o jednodušší a na důkazech založený způsob identifikace DIVA pacientů a snížení počtu neúspěšných invazivních pokusů o kanylaci [3, 5].

Cílem článku je představit aktuálně dostupné predikční nástroje k identifikaci DIVA pacienta, analyzovat jejich pozitiva i negativa a možné přínosy pro klinickou praxi v podmínkách České republiky (ČR).

Soubor a metoda

Studie byla koncipována jako dvoufázová kombinovaná metodologická analýza spojující narativně-systematickou identifikaci prediktivních nástrojů obtížného periferního intravenózního přístupu (fáze 1) se strukturovaným expertním posouzením jejich klinické relevance a implementační použitelnosti (fáze 2). Pro transparentní popis první fáze byla využita doporučení rámce PRISMA-ScR.

1. fáze: Výběr prediktivních škál na základě rešerše

V první fázi výzkumu byla provedena narativní rešerše zaměřená na dostupné aktuální predikční nástroje určené k identifikaci DIVA pacientů. Rešeršní otázka byla: Jaké predikční nástroje existují pro identifikaci dospělých DIVA pacientů a jaké jsou jejich konstrukční charakteristiky, validita, reliabilita, prediktivní síla a klinická použitelnost.

Vyhledávání proběhlo ve dvou hlavních vědeckých databázích: Web of Science (WoS) a Scopus, bylo omezeno na období 2010–2026, články v anglickém jazyce zaměřené na dospělou populaci (≥ 18 let). Recenzenti se zaměřili na původní výzkumné studie, validační studie prediktivních nástrojů, metodologické studie popisující vývoj prediktivních škál, systematická review a metaanalýzy relevantní k DIVA.

Pro vyhledávání byly použity kombinace klíčových slov („difficult intravenous access“, „DIVA“, „vascular access“, „predictive scale“, „risk assessment tool“, „peripheral intravenous catheter“) a Booleovských operátorů. Screening literatury a výběr jednotlivých studií prováděli tři recenzenti

(2 všeobecné sestry s akademickým přesahem a 1 lékař s klinickou praxí i akademickým přesahem).

V rámci prvního vyhledání bylo nalezeno 36 záznamů na WoS a 35 na Scopus. Následně byly odstraněny duplicity a záznamy nesouvisející s tématem. Do závěrečné analýzy bylo zařazeno 11 publikací zaměřených na predikci obtížného periferního intravenózního přístupu u dospělých pacientů, které popisovaly vývoj, validaci nebo klinické využití prediktivních škál či screeningových pravidel.

K analýze expertního týmu bylo vybráno 5 škál, které měly jasně definovanou konstrukci a byly určeny pro dospělé pacienty. Vybrány byly škály: A-DIVA, EA-DIVA, SAFE Rule, A-DICAVE a DIVA-CP. Tato pětice nástrojů tvořila základ pro analytickou část studie.

2. fáze: Expertní panel (Expert panel review)

Pro druhou fázi byla vytvořena expertní skupina složená z pěti odborníků se zkušenostmi v oblasti intravenózních vstupů, klinické medicíny, ošetřovatelství a výzkumu (lékař – onkolog, lékař – radiolog, všeobecná sestra se specializací v interních oborech, všeobecná sestra se specializací v intenzivní péči, všeobecná sestra se zkušeností v metodologii zdravotnického výzkumu). Každý z expertů disponoval dlouhodobou praxí (10 a více let) v oblasti zavádění cévních vstupů a péčí o DIVA pacienty.

K hodnocení byla použita metoda *expert panel review*, kdy se experti zaměřili na hodnocení obsahové a klinické posouzení nástrojů, identifikaci silných a slabých stránek, posouzení implementační použitelnosti a vyhodnocení klinické relevance položek.

Hodnocení probíhalo ve strukturované podobě dle doporučení Kristen:

- samostatné prostudování každým odborníkem,
- individuální posouzení škál dle předem definovaných kritérií,
- společné panelové setkání (online) – diskuze k jednotlivým položkám řízená nezávislým moderátorem, který po setkání provedl zápis, každý člen mohl zápis komentovat, doplnit,
- dosažení společného konsenzu u každé škály a celkového konsenzu včetně návrhu pro praxi i dalšího výzkumu [6].

Experti hodnotili zejména jasnost položek, míru subjektivity, praktickou proveditelnost, přenositelnost do prostředí ČR, potřebu ultrazvuku, míru zatížení personálu, klinickou prediktivní hodnotu. Experti hodnotili škály do hodnotícího archu, kde si rovněž zapisovali své postřehy a komentáře, které následně diskutovali ve skupině. Moderátor setkání provedl zápis. Výstupem této fáze byla kvalitativní analýza s identifikací klíčových přínosů a limitů každé škály a jejího potenciálu pro implementaci v ČR. U všech zapojených osob došlo k dosažení obecné shody většiny expertů.

Výzkum pracoval výhradně s publikovanými daty a odbornými názory expertů. Nezahrnoval pacienty ani jakékoli osobní údaje, proto nepodléhal etickému schválení dle národních předpisů.

Výsledky

V této části jsou prezentovány výsledky systematické rešerše a expertního posouzení pěti vybraných prediktivních nástrojů určených

k identifikaci dospělých DIVA pacientů. Kapitola nabízí přehled jejich konstrukčních parametrů, validačních údajů a klinické relevance, a tvoří tak základ pro následnou diskuzi o jejich implementačním potenciálu v podmínkách české klinické praxe. Přehledný popis a porovnání citovanosti, validace, senzitivity/specificity, zda škála obsahuje algoritmus/postup zajištění žilního vstupu u DIVA pacientů a validaci škály v České republice popisuje **Tabulka 1**. **Tabulka 2** popisuje jednotlivé sledované parametry vybraných škál a **Tabulky 3–6** jsou volnými překlady vybraných prediktivních škál. Následující text je komentář ke všem zmíněným.

Tab. 1. Základní charakteristiky prediktivních škál

	A-DIVA (2019)	EA-DIVA (2019)	SAFE Rule (2024)	A-DICAVE (2022)	DIVA-CP (2016)
Citovanost WoS/Scopus	90/105	32/36	7/9	9/12	25/33
Validace	Externí	Interní	---	Interní	Interní (pilotní)
Specifita/Senzitivita	Významné OR (OR 2,6–5,9)	85,5 % / 89,2 % Pozitivní prediktivní hodnota: 56 % Negativní prediktivní hodnota: 97,5 % AUC (ROC): 0,94	---	93,75 % / 78,99 % AUC = 0,91	---
Algoritmus dalšího postupu	NE	ANO	NE	NE	NE
Překlad a validace v České republice	NE	NE	NE	NE	NE

Tab. 2. Jednotlivé faktory predikce obtížného zavedení PŽK ve vybraných škálách

Faktory DIVA	A-DIVA	EA-DIVA	SAFE Rule	A-DICAVE	DIVA-CP
DIVA anamnéza	ANO	ANO	ANO	ANO	NE
Předpoklad neúspěšné kanylace	ANO	NE	NE	NE	NE
Palpace žíly HK	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO
Viditelnost žíly HK	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO
Průměr žíly HK	ANO	NE	NE	NE	ANO
Pohyblivost žil	NE	ANO	NE	NE	ANO
Porucha koagulace	NE	ANO	NE	NE	NE
Insuficience periferního žilního systému (chemoterapie, abúzus i. v. drog, častá venepunkce)	NE	ANO	ANO (i. v. abúzus drog)	NE	ANO (častá venepunkce)
Neurovaskulární onemocnění	NE	ANO	NE	NE	NE
Hodnocení kvality kůže	NE	ANO	NE	NE	NE
Nadváha (BMI)	NE	ANO	ANO	NE	NE
Jednostranná dostupnost žil	NE	ANO	NE	NE	ANO
Kvalita žil	NE	NE	NE	NE	ANO
Typ chemoterapie	NE	NE	NE	NE	ANO
Rozsah škály	0–5	0–13	0–4	0–5	0–11
Interpretace	0–1 nízké riziko 2–3 střední riziko 4–5 vysoké riziko	≥ 8 vysoké riziko	---	0–2 snadná kanylace 3–5 obtížná kanylace	---

Vysvětlivky: HK – horní končetina, BMI – Body mass index, i. v. – intravenózní

Tab. 3. A-DIVA skóre (volný překlad autorů do češtiny) [5]

Rizikový faktor	Body
Měl pacient v minulosti problémy se zavedením žilního vstupu?	1
Lze předpokládat neúspěch při první kanylaci?	1
Nelze nahmatat dilatovanou žílu k punkci na horní končetině?	1
Není viditelná vhodná žíla k punkci?	1
Má největší dilatovaná žíla průměr menší než 3 mm?	1
A-DIVA skóre (celkový počet bodů)	Míra selhání prvního pokusu
0–1	Nízká (4 %)
2–3	Střední (37 %)
4–5	Vysoká (94 %)

Tab. 4. EA-DIVA skóre (volný překlad autorů do češtiny) [8]

Kritérium	Body
Anamnéza obtížné kanylace	3
Vaskulární deplece (chemoterapie, abúzus i.v. drog, časté venepunkce)	2
Koagulační poruchy/antikoagulancia/antiagregancia	2
Neurovaskulární onemocnění (periferní neuropatie či vaskulopatie)	1
Kožní patologie (tmavá, tenká či křehká kůže)	1
Nadváha (BMI > 25)	1
Hodnocení žil (neviditelné/nehmatné/pohyblivé)	2
Jednostranná dostupnost	1

z roku 2019 (viz **Tabulka 3**) přinesla zpřesnění prediktorů v široké dospělé populaci pacientů ($n = 3\,587$) bez omezení dle indikace k PŽK, demografie či anamnézy. Výstupy studie potvrzují pět klíčových prediktorů a tím i strukturu modifikované A-DIVA. Externí validace ukázala, že škála je reprodukovatelná napříč nemocnicemi a klinickými situacemi [2, 5, 7].

Škála vykazuje velmi vysokou senzitivitu i specifitu. Za hlavní pozitivum lze považovat dobrou prediktivní sílu a použitelnost v různých klinických prostředích. Z hlediska uživatelského je to nástroj jednoduchý s jasným škálováním a hodnocením. Za negativum můžeme považovat fakt, že predikce se vztahuje primárně k prvnímu pokusu o periferní kanylaci. Vícenásobné neúspěchy nejsou přímým předmětem modelu. Stejně tak adekvátní postup řešení daného nálezu. Jako uživatelsky nepříznivý je vnímán faktor měření průměru žíly < 3 mm. Aby výsledek byl přesný, je nutné mít pravítko, což je často sestrou vnímáno jako obtěžující. Problém může být také položka „očekávaná obtížná kanylace“, která je založena na subjektivním klinickém odhadu, což může vést k variabilitě mezi hodnotiteli [5].

Praktické využití A-DIVA skóre je v prostředích, kde jsou běžné opakované pokusy různě zkušenými zdravotníky. Doporučujeme skóre doplnit lokálním algoritmem limitujícím počet „slepých“ pokusů a preferujícím včasnou asistenci ultrazvuku. Expertní tým apeluje ve vztahu k analogii výsledků na využívání ultrazvuku u pacientů se středním a vysokým rizikem DIVA. Dále zdůrazňují nutnost školení a tréninku zejména nelékařského zdravotnického personálu v práci s ultrazvukem. Vzhledem k tomu, že nástroj A-DIVA je v klinickém prostředí nejčastěji používaným nástrojem, je více než žádoucí provést překlad a validaci v České republice. Následně stanovit jednotlivé kroky v péči o jednotlivé rizikové skupiny DIVA pacientů.

EA-DIVA score (Enhanced adult DIVA score)

EA-DIVA je výsledkem studie autorského kolektivu Civetta et al. Jejich cílem bylo vyvinout a validovat predikční škálu, která umožní identifikovat dospělé pacienty s rizikem DIVA v rámci předoperačního vyšetření. Výzkum byl proveden na chirurgických pracovištích jedné italské nemocnice u pacientů ($n = 1\,006$) před urgentní i elektivní operací.

EA-DIVA skóre (**Tabulka 4**) je osmipoložková validovaná škála s různorodou bodovou zátěží. Jednotlivé faktory jsou i zde formovány jako otázky s odpověďmi ANO/NE s různou vahou odpovědi. Z hlediska rizika platí závěr, že pokud pacient získá 8 a více bodů, je zařazen do vysokého rizika a mělo by se tak automaticky přistoupit k pokročilejším technikám kanylace, zejména kanylaci pod ultrazvukovou kontrolou [8].

Za hlavní pozitivum EA-DIVA škály lze považovat její vysokou přesnost, komplexnost a rychlou použitelnost. Jejich jasně definovaných osm kritérií prokazuje vysokou prediktivní hodnotu. Škála má vysokou senzitivitu i specifitu a má potenciál být využita v širším spektru klinických prostředích, například v urgentní medicíně či přednemocniční péči. Jako negativum je vnímán fakt, že byla validována pouze na populaci dospělých pacientů jednoho zdravotnického zařízení. Pro plošnou aplikaci v klinické praxi by bylo vhodné provést externí validaci, ve více nemocnicích, regionech, státech či kulturách. Otázkou je, zda je možné jako úskalí vnímat to, že dvě ze skórovacích položek (hodnocení kůže a hodnocení žil) mají subjektivní charakter, což znamená, že výsledky

EA-DIVA mohou být do jisté míry závislé na zkušenosti konkrétního zdravotníka, který pacienta hodnotí. V praxi to může vést k variabilitě mezi pracovišti i mezi jednotlivými hodnotiteli. Jako obtěžující faktor může být sestrami vnímán vyšší počet hodnocených faktorů. Z výše uvedených důvodů expertní tým nedoporučuje škálu k překladu a validaci v českém prostředí.

SAFE Rule

SAFE Rule byl v roce 2024 autorským týmem Bahl a kol. vytvořen jako výstup rozsáhlé systematické literární revize a multivariální metaanalýzy, která identifikovala nejkonzistentnější a nejsilnější prediktory DIVA napříč dostupnými studiemi. Jejím cílem bylo sjednotit nejednotné poznatky ze 20 studií a nahradit chybějící jednotnou definici DIVA jednoduchým, rychle použitelným klinickým pravidlem. Výsledkem je mnemotechnická pomůcka SAFE – See, Ask, Feel, Evaluate BMI (Body Mass Index), založená na pěti nejvýznamnějších rizikových faktorech: neviditelné žíly, anamnéza DIVA a anamnéza nitrožilního abúzu, nehmátné žíly, BMI > 30 .

- **S (See – Vidět):** Jsou na končetině viditelné nějaké vhodné žíly?
- **A (Ask – Ptát se):** Má pacient v anamnéze obtížnou kanylaci nebo nitrožilní užívání drog?
- **F (Feel – Hmatat):** Jsou na končetině hmatné nějaké vhodné žíly?
- **E (Evaluate BMI – Vyhodnotit BMI):** Pacient je obézní a jeho BMI je vyšší než 30 (obezita)? [3]

Hlavním pozitivem SAFE Rule je jeho jednoduché a rychlé použití oproti složitějším skórovacím systémům, které mohou být v praxi časově náročnější. Zaměřuje se pouze na hlavní rizikové faktory, podložené *evidence based practice*. Stejně jako ostatní škály pomáhá odhalit pacienty s DIVA ještě před prvním vpichem, čímž může významně snížit počet neúspěšných pokusů a tím i bolest, úzkost a vyčerpání žilního řečiště. Dále je SAFE Rule vhodný pro široké použití napříč patientskou populací. Za negativum lze považovat fakt, že i SAFE Rule není zatím klinicky validován jako plnohodnotný prediktivní nástroj. Vzhledem k tomu, že jednotlivé faktory nejsou vážené (nemají přidělené body), tak SAFE je screeningové pravidlo, nikoliv skórovací nástroj. Chybí mu tedy skórování, stratifikace pacientů a následná pravidla péče. Stejně jako EA-DIVA, tak i zde položky viditelnost a palpce žil mohou být subjektivní a závislé na zkušenosti hodnotitele.

Pokud je pacient označen jako DIVA podle SAFE, měl by být okamžitě zváženo pokročilý přístup (ultrazvukem asistovaná kanylace, zkušenější personál, alternativní cévní vstup). I když SAFE Rule zatím nebylo klinicky validováno jako skórovací nástroj, představuje praktický a dobře použitelný screening, který může snížit počet neúspěšných pokusů, zátěž pacienta i spotřebu zdrojů. I v tomto případě se nabízí potřeba překladu a validace na populaci v České republice.

A-DICAVE (Adult–difficult venous catheterization scale)

A-DICAVE je validovaná, jednoduchá a spolehlivá predikční škála, která slouží k časné identifikaci DIVA dospělých pacientů na urgentních příjmech. Byla vyvinuta ve Španělsku autorským týmem Salleras-Duran et al. v roce 2020. Metodika vzniku škály A-DICAVE vycházela z podrobné

literární rešerše nástrojů hodnotících DIVA a následného výběru položek s dostatečnou vědeckou oporou, přičemž nerelevantní či nedostatečně podložené faktory byly vyřazeny. Následně proběhl tříkolový Delphi proces s pěti zkušenými sestrami z urgentního příjmu, který vedl ke konsenzu nad třemi finálními položkami (viditelnost, hmatatelnost žil a anamnéza DIVA). Tyto položky byly použity k vytvoření aditivní třípoložkové škály (**Tabulka 5**), která byla nejprve pilotně ověřena u deseti pacientů a následně validována v prospektivní observační studii s 392 dospělými pacienty na urgentním příjmu. Statistická analýza potvrdila vysokou validitu i reliabilitu škály, což umožnilo její zavedení jako jednoduchého a objektivního nástroje pro predikci DIVA [9].

Mezi pozitiva škály A-DICAVE patří její jednoduchost, rychlost a přesnost díky vysoké senzitivitě a specificitě. Mezi její negativa patří určitá míra subjektivity při hodnocení viditelnosti a hmatatelnosti žil, skutečnost, že byla validována pouze interně v podmínkách jednoho pracoviště, a také nezahrnutí některých potenciálně relevantních rizikových faktorů, pro které v době jejího vzniku neexistovala dostatečná evidence.

Tab. 5. A-DICAVE (volný překlad autorů do češtiny) [9]

Položka	Body	Popis
Viditelnost žíly	0	Žíla je zřetelně viditelná a vhodná k punkci.
	1	Žíla je sotva viditelná, tenká nebo vinutá, přístupná s kanylou malého průměru (22G).
	2	Žíla není viditelná – žádná žíla vhodná k punkci není vidět.
Hmatatelnost žíly	0	Žíla je jasně hmatná a vhodná k punkci.
	1	Žíla je sotva hmatná, tenká nebo vinutá, přístupná pouze s malým průměrem kanyly.
	2	Žílu nelze nahmatat – není hmatatelná.
Anamnéza DIVA	0	Pacient neuvádí obtížný žilní přístup / není uvedeno v dokumentaci.
	1	Pacient uvádí obtížnou kanylaci v minulosti / je uvedena v dokumentaci.

Výpočet a interpretace skóre: **0–2 body**: snadná kanylace; **3–5 bodů**: obtížná kanylace (doporučení k použití ultrazvuku při kanylaci PŽK).

Škála A-DICAVE je určena k detekci DIVA pacientů zejména na odděleních urgentního příjmu. Expertní tým vnímá její potenciál pro širší využití, a tak navrhuje škálu k provedení překladu a externí validaci.

DIVA-CP (Difficult intravenous access in cancer patients)

Nástroj DIVA-CP představuje pilotně validovaný klinický nástroj určený k hodnocení obtížnosti zavedení PŽK u onkologicky nemocných pacientů podstupujících ambulantní chemoterapii. Byl vyvinut v onkologickém centru v severovýchodní Itálii multidisciplinárním týmem zkušených onkologických sester, které při tvorbě nástroje vycházely z literárního přehledu a vlastních klinických zkušeností. Škála tvoří 10 položek seskupených do čtyř faktorů (dostupnost preferovaných žil, žilní křehkost, pravděpodobné obtíže při výkonu a opakovaná zátěž žilního řečiště – viz **Tabulka 6**). Rozsah celkového skóre je 0–11. Čím vyšší celkové skóre, tím větší riziko obtížného periferního přístupu [10].

Mezi pozitiva nástroje patří jeho zaměření na specifické potřeby onkologických pacientů, vysoká shoda mezi hodnotiteli (u většiny položek kappa > 0,61), možnost rychlého použití v běžné klinické praxi a schopnost identifikovat pacienty, kteří mohou těžit z časného zavedení centrálního žilního vstupu. DIVA-CP tak podporuje prevenci venózního poškození, redukuje riziko extravazace a přispívá k bezpečnějšímu podávání chemoterapie. Negativa nástroje souvisejí především s jeho pilotním charakterem a faktem, že výzkum proběhl v jediném centru, vyžaduje tedy externí validaci. Autoři navíc upozorňují, že kombinace binárních a ordinálních položek není ideální pro faktoro-ovou analýzu a nástroj potřebuje další metodologické zpřesnění. Bohužel také škála nenabízí cut-off hodnoty a nejsou definovány rizikové kategorie. V klinické praxi může DIVA-CP významně usnadnit rozhodování o optimálním typu žilního přístupu u pacientů léčených chemoterapií. Vzhledem k narůstající incidenci nádorových onemocnění a potřebě efektivní a komplexní péče o tyto pacienty, navrhuje autoři překlad

Tab. 6. DIVA-CP (volný překlad autorů do češtiny) [10]

Faktor	Položka	Popis	Možné hodnoty	Max. bodů
Dostupnost preferovaných žil	Špatně viditelné / nehmatné žíly	Žíly nejsou dobře patrné	0 = Ne 1 = Ano	1
	Malý kalibr žil	Tenké, úzké žíly	0 = Ne 1 = Ano	1
	Žíly na jedné horní končetině nedostupné	Např. po mastektomii / lymfadenektomii	0 = Ne 1 = Ano	1
Žilní křehkost	Sklerotické žíly	Tuhé, rigidní žíly	0 = Ne 1 = Ano	1
	Známky flebitidy	Bolest, zarudnutí, zánět	0 = Ne 1 = Ano	1
	Typ chemoterapie	Non-vesikant Irritant Vesikant	0 = Non-vesikant 1 = Irritant 2 = Vesikant	2
Pravděpodobné obtíže při výkonu	Vinuté žíly	Výrazné klikaté žíly	0 = Ne 1 = Ano	1
	Pohyblivé žíly	Žíla „ujíždí“ při vpichu	0 = Ne 1 = Ano	1
Opakovaná zátěž žilního řečiště	Léčba > 6 měsíců	Dlouhodobé opakované venepunkce	0 = Ne 1 = Ano	1
	Mnoho předchozích venepunkcí	Jasně známky opakovaných vpichů	0 = Ne 1 = Ano	1

i validaci nástroje v České republice u onkologicky nemocných pacientů.

Diskuze

Článek je analýzou a komparací nejčastěji citovaných predikčních nástrojů pro identifikaci dospělých DIVA pacientů v kontextu různých klinických prostředí. Cílem autorů bylo nejen shrnout dostupné důkazy, ale také zhodnotit aplikační potenciál v podmínkách českého zdravotnictví, kde v současnosti chybí oficiálně přeložené a externě validované nástroje pro dospělou populaci. Stejná situace je i v oblasti pediatrie, což není předmětem této studie.

Analýza vybraných predikčních škál je důkazem toho, že žádný univerzální „zlatý standard“ pro dospělé pacienty k identifikaci DIVA napříč všemi prostředím zatím neexistuje. Uvedené škály reflektují specifické potřeby daného klinického prostředí a populace.

A-DIVA škála poskytuje jednoduché binární skóre (0–5) s jasnou stratifikací rizika selhání prvního pokusu o kanylaci periferní žíly. Škála byla úspěšně externě validována v multicentrickém prostředí, což zvyšuje její generalizovatelnost v běžné nemocniční praxi. Praktickou využitelnost škály dokládá implementační studie Arango Miller et al., která při jejím zavedení do dokumentace u onkologických pacientů popsala lepší rozhodování o volbě žilního vstupu, snížení rizika extravazací a zlepšení spolupráce mezi sestrami a lékaři, přičemž autoři hodnotili nástroj jako snadno použitelný a vhodný pro běžný klinický provoz [11]. **EA-DIVA** rozšiřuje záběr o faktory relevantní v předoperační i perioperační péči, přináší však zatím jen interní validaci v jedné instituce. Její síla a zároveň negativum spočívá v komplexnějším modelu, nevýhodou je potenciální subjektivita některých položek (kůže, žilní nálezy) a omezená přenositelnost bez externí validace. Nástroj nebyl aktuálně testován jiným autorským týmem. **A-DICAVE** nabízí velmi pragmatickou třípoložkovou škálu s rychlou administrací pro urgentní příjem, ale i zde je limitací monocentrická validace a riziko subjektivity v posouzení viditelnosti a palpability žil. Studie autorů Pinkham et al. potvrzuje, že A-DICAVE je snadno použitelný predikční nástroj posilující význam využití ultrazvuku u rizikových pacientů [12]. **SAFE Rule** je syntetické screeningové pravidlo (nikoli skórovací škála) vytvořené z metaanalytických zjištění. Přínosem SAFE Rule je jednoduchost a univerzální použitelnost, nevýhodou absence váženého skórování, a tudíž i formální stratifikace. SAFE Rule dosud nebylo nezávisle klinicky validováno, nicméně jeho princip časně identifikace rizikových pacientů a eskalace péče je v souladu s expertním stanoviskem Infusion Nurses Society, jež ve svých Infusion Therapy Standards of Practice (2024) doporučuje včasné rozpoznání obtížného žilního přístupu a využití pokročilých technik ještě před opakovanými neúspěšnými pokusy o kanylaci [13]. Poslední analyzovaná škála je **DIVA-CP**, která představuje specificky onkologicky zaměřený nástroj, který integruje charakteristiky pacienta i jeho periferního žilního systému a reflektuje kumulativní žilní zátěž během chemoterapie. Pilotní validace identifikovala 10 položek ve 4 faktorech a ukázala významnou shodu mezi hodnotiteli u většiny položek. Rozsah skóre 0–11 kvantifikuje riziko obtížného periferního přístupu, byť bez stanovených cut-off hodnot pro klinickou stratifikaci. V kontextu ambulantní chemoterapie tak DIVA-CP doplňuje obecněji

zaměřené nástroje a může pomoci chránit periferní žilní řečiště včasným zvažováním ultrazvukem asistované kanylace nebo časnou indikací centrálního žilního vstupu u onkologicky nemocných. Nástroj DIVA-CP byl dosud hodnocen pouze v rámci původní pilotní studie jeho autorů, přičemž chybí nezávislé externí validace i ověření klinické využitelnosti jinými výzkumnými skupinami.

Z **metodologického hlediska** se srovnávané nástroje liší jak konstrukcí položek (binární vs. víceúrovňové/ordinální), tak rozsahem a kvalitou validace (interní vs. externí; monocentrická vs. multicentrická). U DIVA-CP autoři upozorňují na limit pilotní fáze, vysokou shodu mezi hodnotiteli a smíšenou povahu položek, která komplikuje faktorovou analýzu. Zdůrazňují, že explorační faktorová analýza by měla být primárně aplikována na kontinuální proměnné a že pro binární položky jsou adekvátnější tetrachorické korelace. Pro navazující výzkum doporučují převést binární položky na ordinální škály (např. „žilna velmi dobře/částečně/ neviditelná“) s cílem zlepšit psychometrické vlastnosti nástroje. Tato úvaha je obecně relevantní i pro další škály, kde subjektivní posouzení viditelnosti a hmatnosti žil představuje potenciální zdroj variability mezi hodnotiteli. Formální ukotvení v jasně definovaných úrovních by mohlo zvýšit spolehlivost nástroje.

Dalším společným tématem je míra subjektivity u položek, které vyžadují klinický úsudek (např. „očekávaná obtížná kanylace“ v A-DIVA nebo „rolující/klikatá žíla“ v EA-DIVA). Aby byla prediktivní schopnost těchto nástrojů zachována i v běžném provozu, je nezbytné zajistit kvalitní zaškolení personálu a sjednocení způsobu hodnocení. Ideální je také pravidelné ověřování shody mezi hodnotiteli (*interrater reliability*).

Z **praktického hlediska** využití nástrojů v praxi se nabízí diferencovaný přístup: (i) rychlý a jednoduchý screening pomocí SAFE Rule v přednemocniční péči a urgentních i směnných provozech, v situacích, kdy je klíčová okamžitá identifikace DIVA a potřeba technické pomoci; (ii) strukturované skórování pomocí A-DIVA (ambulance a standardní oddělení) či A-DICAVE (urgentní příjem), kdy je žádoucí formální stratifikace rizika selhání první kanylace; (iii) nástroj DIVA-CP v onkologii s opakovanou periferní chemoterapií.

Praktickým přínosem identifikace DIVA pacienta je primárně vyžít možnost ultrazvukem navigovaného zavedení periferního žilního vstupu anebo místo PŽK zavést jiný typ žilního vstupu s ohledem na léčbu.

Implementace predikčních nástrojů do klinické praxe České republiky je ovlivněna několika specifickými faktory. Zavedení PŽK je ve většině zařízení primárně kompetencí všeobecných sester, přičemž dostupnost ultrazvukem asistované kanylace, existence vaskulárních týmů a standardizovaných eskalačních algoritmů se mezi pracovišti významně liší. Tyto rozdíly mohou limitovat přenositelnost některých komplexnějších škál vyvinutých v jiných zdravotnických systémech. Absence oficiálně přeložených a validovaných predikčních nástrojů DIVA dále podtrhuje potřebu systematického výběru a adaptace nástrojů vhodných pro lokální klinický kontext. Z českého pohledu je tak naléhavá potřeba překladu, kulturní adaptace a externí validace nejperspektivnějších nástrojů, včetně vypracování lokálních algoritmů péče s limitací počtu „slepých“ pokusů, definovanou indikací ultrazvukem navigované techniky a jasnou eskalační cestou k midline / PICC (*Peripherally Inserted Central Catheter*) / CVC (*Central Venous Catheter*) / TIVAD (*Totally Implantable*

Venous Access Device). Implementace by měla jít ruku v ruce s programy školení v point-of-care ultrazvuku pro nelékařský personál, protože technická dostupnost a dovednost obsluhy jsou pro úspěch klíčové.

Z aktuálního výzkumu Pratec et al. vyplývá, že využití zobrazovacích technologií – zejména ultrazvuku – významně zvyšuje úspěšnost kanylace DIVA pacientů již na první pokus a snižuje počet neúspěšných vpichů. Tato data podporují nutnost rutinního zavádění moderních asistivních technologií při kanylaci, protože u DIVA pacientů je bez nich pravděpodobnost selhání výrazně vyšší [14]. Rozpoznání rizika DIVA považuje za klíčové i INS (*Infusion Nurses Society*), zejména u pacientů s anamnézou opakovaných neúspěšných vpichů, obezitou, chronickým onemocněním či špatnou viditelností/hmatatelností. K predikci DIVA doporučují využívat validované hodnotící nástroje, dostupná EMR (*Electronic Medical Record*), technologii pro vizualizaci cév (ultrazvuk, NIR – *Near Infrared Light*), protože zlepšují úspěšnost prvního vpichu a snižují komplikace u DIVA pacientů. Zvláštní pozornost je kladena na vznik týmů odborníků na vaskulární přístup (VAST – *Vascular Access Specialist Team*). INS klade důraz na kompetentní personál, pravidelnou odbornou přípravu a trénink na simulátorech, protože péče o dospělé DIVA pacienty vyžaduje vysoce odborné dovednosti [13].

Doporučení prezentují i další odborné autority, např. AVATAR Group (*Alliance for Vascular Access Teaching & Research*), která propaguje „umbrella“ přehled mezinárodních guidelines v oblasti žilních vstupů a zdůrazňuje zavádění ultrazvukem navigované kanylace jako preferované strategie u DIVA a používání algoritmů pro správnou indikaci periferních (vč. midline) vs. centrálních vstupů s důrazem na zachování kvality cév („*vessel health & preservation*“) [15]. Efektivnost prediktivních nástrojů, využití ultrazvuku jako preferovaná metoda u DIVA pacientů včetně systematického školení v USG technikách a nutnost dalších výzkumů zdůrazňuje aktuální literární review z roku 2025 autorů Dewi a Astrid [16].

Implementace prediktivních škál do klinického prostředí může vést nejen ke snížení počtu neúspěšných venepunkcí a souvisejících komplikací, ale zároveň přináší i medikoekonomický benefit díky redukc

zátěže personálu, materiálových nákladů a času potřebného k zajištění žilního vstupu. Studie ALCOV upozorňuje, že DIVA pacienti představují významnou ekonomickou zátěž v důsledku častějších komplikací, opakovaných výkonů a pozdního zahájení léčby, což podtrhuje nutnost systematické predikce. Zavedení standardizovaného algoritmu založeného na prediktivní škále proto může znamenat nejen zvýšení bezpečnosti a komfortu pacienta, ale také efektivnější využití zdrojů zdravotnického zařízení [17].

Doporučení pro další výzkum

Do budoucna považujeme za prioritní: (1) překlad a transkulturní externí multicentrickou validaci všech výše uvedených nástrojů; (2) vývoj jednotných, klinicky odvozených cut-off hodnot a rizikových kategorií pro škály, které je nemají stanovené, včetně prospektivního testování dopadu na výsledky péče (úspěšnost první kanylace, extravazace, bolest, doba zpoždění léčby); (3) implementační studie hodnotící nákladovou efektivitu algoritmů, které kombinují screening/škálování s limity počtu pokusů a přístupem s časným použitím ultrazvukem navigované kanylace; (5) studie interrater reliability u začínajících i zkušených sester.

Závěr

Výzkum potvrzuje, že neexistuje jednotný „zlatý standard“ pro všechny klinické situace a prostředí. Zároveň potvrzuje, že u dospělých DIVA pacientů se konzistentně prosazuje včasná predikce a první volba ultrazvukem navigované kanylace. Vybrané škály (A-DIVA, EA-DIVA, A-DICAVE, DIVA-CP) a SAFE Rule poskytují použitelný rámec pro screening a stratifikaci rizika, avšak vyžadují lokální překlad, kulturní adaptaci a externí validaci. Shoda napříč mezinárodními autoritami směřuje k algoritmům s limitací slepých pokusů, rychlou eskalací vzhledem k vzniku, „*Vascular Access Specialist Team*“ a racionální volbě cévního vstupu s důrazem na *vessel health & preservation*. Implementace má stát na kompetenci personálu, měření ukazatelů kvality a dostupnosti technologií (US/NIR). V českém kontextu je realistickým krokem již probíhající překlad a validace nejperspektivnějších nástrojů (A-DIVA, SAFE Rule a A-DICAVE).

PROHLÁŠENÍ AUTORŮ: Prohlášení o použití AI: Autoři prohlašují, že při psaní odborného článku nepoužili umělou inteligenci. **Prohlášení o původnosti:** Autoři prohlašují, že práce je původní a nebyla publikována (celá ani její část), není zaslána k recenznímu řízení do jiného média. Výsledky zatím nebyly prezentovány v tištěné ani orální podobě. **Střet zájmů:** Autoři prohlašují, že v souvislosti s tématem práce nejsou ve střetu zájmu. **Souhlas se zněním článku:** Všichni uvedení autoři rukopis četli, souhlasí s jeho zněním a zasláním do redakce časopisu Anesteziologie a intenzivní medicína. **Podíl autorů:** konceptualizace (HK, DJ, ChV), metodologie (HK), osobní účast při provádění průzkumu nebo experimentu (HK, DJ, ChV, MK, ŽM), psaní (HK), psaní (DJ, ChV, ŽM, MK), vedení a koordinace (HK), validace (x), formální analýza (HK, DJ, ChV, ŽM, MK), správa dat (HK), administrace projektu (HK), získávání financí (HK). **Financování:** Práce byla finančně podpořena Interní grantovou soutěží Univerzity Pardubice – IGSFZS_2024_004 Kanylace periferního žilního řečiště pod ultrazvukovou navigací – nová výzva v ošetřovatelství. **Poděkování:** N/A **Registrace:** N/A **Projednání etickou komisí:** N/A

LITERATURA

- Pinto FJ. Ageing population & chronic disease management. HealthManagement. 2025;25(3):214. Available from: <https://healthmanagement.org/c/healthmanagement/IssueArticle/ageing-population-chronic-disease-management>.
- van Loon FHJ, van Hooff LWE, de Boer HD, Koopman SSHA, Buise MP, Korsten HHM, et al. The Modified A-DIVA Scale as a Predictive Tool for Prospective Identification of Adult Patients at Risk of a Difficult Intravenous Access: A Multicenter Validation Study. J Clin Med. 2019;8(2):144.
- Bahl A, Alsbrooks K, Zazyczny KA, Johnson S, Hoerauf K. An Improved Definition and SAFE Rule for Predicting Difficult Intravascular Access (DIVA) in Hospitalized Adults. Journal of Infusion Nursing. 2024; 47(2):96-107.
- Douglas M, Trobil M. Patient s DIVA. In: Charvát P, Chovanec J, editors. Cévní vstupy. 1st ed. Praha: Grada; 2025.
- van Loon FHJ, Puijn LAPM, Houterman S, Bouwman ARA. Development of the A-DIVA Scale: A Clinical Predictive Scale to Identify Difficult Intravenous Access in Adult Patients Based on Clinical Observations. Medicine (Baltimore). 2016;95(16):e3428.
- Olson K. An examination of questionnaire evaluation by expert reviewers. Field Methods. 2010;22(4):295-318.
- Doellman D, Wuerz L. Difficult IV Access (DIVA): Strategies and Solutions for Insertion Success. AVA Position Paper. 2025. Available from: <https://cdn.ymaws.com/www.avainfo>.

org/resource/resmgr/files/position_statements/diva_aug_2025_final.pdf.

8. Civetta G, Cortesi S, Mancardi M, De Pirro A, Vischio M, Mazzocchi M, et al. EA-DIVA score (Enhanced Adult DIVA score): A new scale to predict difficult preoperative venous cannulation in adult surgical patients. *J Vasc Access*. 2019;20(3):281-289.
9. Salleras-Duran L, Fuentes-Pumarola C, Ballester Ferrando D, Congost-Devesa L, Delclós-Rabassa J, Fontova-Almató A. Development, diagnostic sensitivity, and prognostic accuracy of the Adult-Difficult Venous Catheterization Scale for Emergency Departments. *J Emerg Nurs*. 2020;46(6):827-837.e2
10. Pagnutti L, Bin A, Donato R, Di Lena G, Fabbro C, Fornasiero L, et al. Difficult intravenous access tool in patients receiving peripheral chemotherapy: A pilot-validation study. *Eur J Oncol Nurs*. 2016;20:58-63.
11. Arango Miller M, Frazier Warmack V, Kimble N, et al. The "A DIVA" in You: Adult Difficult Intravenous Access Screening Scale to Reduce Venous Events. Poster / Quality improvement project. UChicago Medicine Hyde Park IV Therapy Department; 2022.
12. Pinkham E, Russ C, Pflugeisen C. Implementation of the Adult Difficult Venous Catheterization (A DICA VE) Scale: A Quality Improvement Study in the Emergency Department. Poster presentation. National Association of Clinical Nurse Specialists Annual Conference; 2023. Available from: <https://nacns.org/wp-content/uploads/2023/02/S1-Implementation-of-the-A-DICA VE-E-Pinkham.pdf>.
13. Infusion Nurses Society. Infusion therapy standards of practice. *J Infus Nurs*. 2024;47(1S Suppl 1):S1-S285.
14. Prates JDS, Hansel LA, Junges M, Cavalcanti ACD, de Almeida Neto OP, Nunes CR. Prediction of failure risk on the first attempt of peripheral puncture: Secondary analysis of the SPECTRA control group. *J Vasc Access*. 2026 Jan 16.
15. AVATAR Group. Clinical practice guidelines [Internet]. AVATAR Group; 2024 [cited 2026 Mar 8]. Available from: <https://www.avatargroup.org.au/clinical-practice-guidelines.html>.
16. Dewi S, RA, Astrid M. Effectiveness of using DIVA scores in assessing intravenous access difficulty in adult patients: A literature review. *KESANS Int J Health Sci*. 2025;4(12): 1118-1125.
17. Slosse C. Development and evaluation of an algorithm for vascular access management (ALCOV) [Internet]. ICH GCP; 2025 [cited 2026 Mar 8]. Available from: <https://ichgcp.net/clinical-trials-registry/NCT05935228>.

Prediction of difficult venous access in adults: an analysis of available scales and a proposal for implementation in clinical practice in the Czech Republic

Horáčková K.^{1,2}, Doležal J.^{1,3}, Marková K.^{1,4}, Žiaran M.^{3,5}, Chovanec V.⁶

¹Department of Nursing, Faculty of Health Studies, University of Pardubice, Czech Republic

²Department of Nursing, Faculty of Military Health Sciences, University of Defence, Hradec Králové, Czech Republic

³Department of Clinical and Radiation Oncology, Pardubice Regional Hospital, Pardubice Hospital, Czech Republic

⁴Department of Anesthesiology and Resuscitation, Cannulation Centre, Pardubice Regional Hospital, Pardubice Hospital, Czech Republic

⁵Multiscan, Oncological and Radiological Centre Multiscan, Pardubice, Czech Republic

⁶Department of Radiology, University Hospital Hradec Králové, Cannulation Centre, Faculty of Medicine in Hradec Králové, Charles University, Czech Republic

Objective: Difficult peripheral intravenous access (DIVA) affects a substantial proportion of the adult population and presents challenges for both patients and healthcare staff. In the Czech Republic, no validated predictive tools for identifying DIVA are currently available. The aim of this study was to identify available prediction scales, compare their characteristics, and assess the feasibility of their implementation in clinical practice.

Methods: This study is a combined methodological analysis conducted in two phases: (1) systematic identification and selection of DIVA prediction scales (Web of Science and Scopus databases) and (2) expert evaluation of the selected tools by a clinical expert panel. The panel assessed the content and clinical relevance of the scales, their feasibility, degree of subjectivity, and potential contribution to practice.

Results: The analysis included the following predictive tools: A-DIVA, SAFE Rule, A-DICAVE, EA-DIVA, and DIVA-CP. According to current evidence, the first three scales appear most suitable for a broad adult population. A-DIVA demonstrates good predictive value and external validity, but focuses primarily on first-attempt cannulation failure. The SAFE Rule is a simple screening rule based on the most common DIVA predictors, but lacks formal scoring and risk stratification. A-DICAVE is a fast three-item tool suitable particularly for emergency departments, although it has only been internally validated.

Conclusion: Although no universal predictive instrument exists, the available tools provide an effective framework for identifying high-risk patients and optimizing cannulation techniques. For Czech healthcare, translation and validation studies of the most promising tools for the general adult population (A-DIVA, SAFE Rule, A-DICAVE) and for the oncology population (DIVA-CP) are essential, along with the development of standardized care algorithms that prioritize ultrasound guidance and limit “blind” attempts.

Key words: DIVA (Difficult Intravenous Access), implementation in clinical practice, peripheral venous cannulation, prediction scales, ultrasound guidance.

Introduction

Changes in the demographic and clinical profile of the contemporary population are fundamentally transforming the landscape of healthcare. With increasing life expectancy and the growing prevalence of chronic diseases, the number of patients requiring repeated blood sampling, hospitalizations, infusion therapy, parenteral nutrition, intravenous administration of medications and blood products, as well as other diagnostic and therapeutic procedures, continues to rise. Primary care is becoming increasingly professionalized, providing a broader range of services in both outpatient and home settings.

This trend consequently underscores the need to ensure high-quality vascular access [1, 2].

The number of patients in whom it is difficult to establish reliable peripheral intravascular access is steadily increasing (affecting 30–60% of the adult population). DIVA (Difficult Intravenous Access) refers to patients in whom the insertion of a venous catheter using standard techniques proves very difficult. These patients belong to all age groups and typically present with peripheral veins that are visible but inadequate, or entirely non-visible and non-palpable. Individuals in whom only one upper limb can be cannulated also constitute an at-risk

group. Bahl et al. defined DIVA in 2021 as the occurrence of two or more unsuccessful attempts to insert a peripheral intravenous catheter (PIVC) using traditional techniques, the absence of visible or palpable veins, or a documented history of difficult PIVC cannulation [3, 4].

Between 70% and 85% of hospitalized patients require a PIVC, and the failure rate on the initial attempt may reach as much as 30%. Procedural failure is associated with increased pain, anxiety, diminished patient trust, greater workload for healthcare professionals, and a higher incidence of complications, including haematomas, extravasation, or infections, as well as delays in diagnosis and treatment. The economic burden on the healthcare facility must also be explicitly mentioned. The implications for the anaesthesiology team are entirely critical. Securing peripheral venous access in DIVA patients prolongs the time to surgery initiation, increases pressure on the team in critical minutes, and limits its capacity to smoothly perform other invasive procedures. Each delay or repeated attempt reduces working comfort and increases the cumulative strain during the entire surgical programme [5].

The above highlights the need for systematic screening of at-risk patients and the utilization of evidence-based predictive tools. Although none of the existing instruments have achieved widespread adoption, newer approaches, such as the SAFE Rule, aim to provide a simpler and evidence-based method for identifying DIVA patients and reducing the number of unsuccessful invasive cannulation attempts [3, 5].

The aim of this article is to present currently available predictive tools for identifying DIVA patients, analyse their positive and negative aspects, and evaluate their potential benefits for clinical practice within the context of the Czech Republic (CR).

Sample and Method

The study was designed as a two-phase mixed-method analysis combining a narrative-systematic identification of prediction tools for difficult peripheral intravenous access (Phase 1) with a structured expert evaluation of their clinical relevance and implementation feasibility (Phase 2). To ensure transparent reporting of the first phase, the recommendations of the PRISMA-ScR framework were applied.

Phase 1: Selection of Predictive Scales Based on Literature Review

In the first phase of the research, a narrative review was conducted focusing on currently available prediction tools designed to identify DIVA (Difficult Intravenous Access) patients. The review question was: What predictive tools exist for the identification of adult DIVA patients, and what are their design characteristics, validity, reliability, predictive power, and clinical applicability?

The literature search was conducted in two major scientific databases: Web of Science (WoS) and Scopus, limited to the period 2010–2026, and restricted to articles in English focused on the adult population (≥ 18 years). The reviewers focused on original research studies, validation studies of prediction tools, methodological studies describing the development of predictive scales, and systematic reviews and meta-analyses relevant to DIVA.

Combinations of the following keywords (“difficult intravenous access”, “DIVA”, “vascular access”, “predictive scale”, “risk assessment tool”, “peripheral intravenous catheter”) and Boolean operators were used for the search. Literature screening and study selection were carried out by three reviewers (two registered nurses with academic experience and one physician with both clinical and academic background).

In the initial review, 36 and 35 records were found in WoS and Scopus, respectively. Duplicates and records unrelated to the topic were subsequently removed. The final analysis included 11 publications focusing on the prediction of difficult peripheral intravenous access in adult patients, describing the development, validation, or clinical application of predictive scales or screening rules.

For the expert team’s analysis, five scales were selected that had a clearly defined structure and were intended for adult patients. The selected scales were A-DIVA, EA-DIVA, SAFE Rule, A-DICAVE, and DIVA-CP. These five tools formed the foundation for the analytical part of the study.

Phase 2: Expert Panel Review

For the second phase, an expert group was formed, consisting of five specialists with experience in the field of intravenous access, clinical medicine, nursing, and research (an oncologist physician, a radiologist physician, a general nurse specialized in internal medicine fields, a general nurse specialized in intensive care, and a general nurse with experience in health research methodology). Each of the experts had extensive practical experience (10 or more years) in vascular access insertion and caring for DIVA patients.

The expert panel review method was used for evaluation, where experts focused on assessing the content and clinical aspects of the tools, identifying strengths and weaknesses, assessing implementation feasibility, and evaluating the clinical relevance of items. The evaluation followed a structured form according to Kristen’s recommendations:

- independent study by each expert;
- individual assessment of scales according to predefined criteria;
- joint panel meeting (online): discussion on individual items under the guidance of an independent moderator. After the meeting, the moderator prepared the minutes for the panel members to comment on and supplement;
- reaching a mutual consensus for each scale and an overall consensus including proposals for practice and further research [6].

The experts specifically evaluated the clarity of items, degree of subjectivity, practical feasibility, transferability to the CR environment, the need for ultrasound, the level of staff burden, and clinical predictive value. Experts scored the scales on an evaluation sheet, where they also recorded their observations and comments, which were subsequently discussed in the group. The meeting moderator recorded the proceedings. The output of this phase was a qualitative analysis identifying the key benefits and limitations of each scale and its potential for implementation in the CR. Overall, a broad consensus among the participating experts was achieved.

The research relied exclusively on published data and professional opinions of the experts. It did not involve patients or any personal data and, therefore, did not require ethical approval under national regulations.

Results

In this section, the results of the systematic literature search and the expert assessment of the five selected prediction tools intended for identifying adult DIVA patients are presented. The chapter offers an overview of their structural parameters, validation data, and clinical

relevance, thus forming the basis for the subsequent discussion about their implementation potential in Czech clinical practice.

A clear description and comparison of citations, validation, sensitivity/specificity, whether the scale includes an algorithm/procedure for securing venous access in DIVA patients, and the validation of the scale in the CR is described in Table 1. Table 2 describes the individual monitored parameters of the selected scales, and Tables 3–6 are free translations of the selected predictive scales. The following text is a commentary on all of the above.

Tab. 1. Basic Characteristics of Predictive Scales

	A-DIVA (2019)	EA-DIVA (2019)	SAFE Rule (2024)	A-DICAVE (2022)	DIVA-CP (2016)
WoS/Scopus Citations	90/105	32/36	7/9	9/12	25/33
Validation	External	Internal	---	Internal	Internal (pilot)
Specificity/Sensitivity	Significant OR (OR: 2.6–5.9)	85.5% / 89.2% PPV: 56% NPV: 97.5% AUC (ROC): 0.94	---	93.75% / 78.99% AUC: 0.91	
Next-Step Algorithm	NO	YES	NO	NO	NO
Translation & Validation in the Czech Republic	NO	NO	NO	NO	NO

Tab. 2. Individual DIVA Prediction Factors Assessed in Selected Scales

DIVA factors	A-DIVA	EA-DIVA	SAFE Rule	A-DICAVE	DIVA-CP
DIVA history	YES	YES	YES	YES	NO
Expected Failed Cannulation	YES	NO	NO	NO	NO
Vein Palpability UE	YES	YES	YES	YES	YES
Vein Visibility UE	YES	YES	YES	YES	YES
Mean Vein Diameter UE	YES	NO	NO	NO	YES
Vein Mobility/Fragility	NO	YES	NO	NO	YES
Coagulation Disorder	NO	YES	NO	NO	NO
Insufficient Peripheral Veins (Chemotherapy, IV Drug Abuse, Frequent Venipunctures)	NO	YES	YES (IV Drug Abuse)	NO	YES (Frequent Venipunctures)
Neurovascular Disease	NO	YES	NO	NO	NO
Skin Quality Assessment	NO	YES	NO	NO	NO
Overweight (BMI)	NO	YES	YES	NO	NO
One-side Only Vein Availability	NO	YES	NO	NO	YES
Vein Quality	NO		NO	NO	YES
Chemotherapy Type	NO	NO	NO	NO	YES
Scale Range	0–5	0–13	0–4	0–5	0–11
Interpretation	0–1 low risk 2–3 moderate risk 4–5 high risk	≥ 8 high risk	---	0–2 easy cannulation 3–5 difficult cannulation	

Definitions: UE – Upper extremity, BMI – Body mass index, IV – intravenous

Tab. 3. A-DIVA SCALE [5]

Risk factor	Score
Is there a known history of a difficult intravenous access?	1
Do you expect a failed first attempt at cannulation?	1
Is there an inability to identify a dilated vein by palpating the upper extremity?	1
Is there an inability to identify a dilated vein by visualizing the upper extremity?	1
Has the largest dilated vein a diameter of less than 3 millimetres?	1
A-DIVA score	First-attempt failure rates
0 – 1	Low (4%)
2 – 3	Moderate (37%)
4 – 5	High (94%)

Tab. 4. A-DICAVE [9]

Criteria	Body
History of difficult peripheral venous cannulation	3
Vascular depletion (previous use of chemotherapeutic agents, intravenous drug abuse, previous venipunctures)	2
Coagulative disorder and/or intake of anticoagulant or antiplatelet drugs	2
Neurovascular disease Peripheral neuropathy and/or vasculopathy	1
Dark, thick, or fragile skin	1
Overweight (BMI > 25)	1
Vein evaluation (not visible, not palpable, rolling, or winding vein)	2
One-side only vein availability	1

A-DIVA (Adult Difficult Intravenous Access Scale)

A-DIVA was developed for the early identification of DIVA patients in a population of adult surgical patients in 2016 by van Loon et al. In 2019, it was modified and externally validated in a multicentre setting across five hospitals in the Netherlands. The scale was designed as a rapid, clinically easy-to-use tool for the prospective identification of adult patients at risk of difficult peripheral cannulation. Structurally, it is an additive score based on a binary evaluation of five clinical items (0/1 point), the sum of which (0–5) quantifies the risk of failure on the initial cannulation attempt.

The 2019 modification (see Table 3) refined the predictors in a broad adult patient population ($n = 3587$) without restrictions based on PIVC indication, demographics, or medical history. The study's outputs confirm five key predictors and thus the structure of the modified A-DIVA. External validation showed that the scale is reproducible across hospitals and clinical situations. The scale has very high sensitivity and specificity [2, 5, 7].

Its main positive aspect is its good predictive power and applicability in various clinical settings. From a user's perspective, it is a simple tool with clear scaling and evaluation. A negative aspect is the fact that the prediction relates primarily to the initial attempt at peripheral cannulation. Multiple failures are not the direct subject of the model, nor is the adequate procedure for managing the given findings. Measuring a vein diameter of < 3 mm is perceived as a user-unfriendly factor. To obtain an accurate result, it is necessary to use a ruler, which is often perceived by nurses as cumbersome. Another problem might be the "expected difficult cannulation" item which is based on subjective clinical estimation, which can lead to inter-rater variability [5].

The practical application of the A-DIVA score is in environments where repeated attempts by healthcare professionals of varying experience are common. We recommend supplementing the score with a local algorithm limiting the number of "blind" attempts and prioritizing early ultrasound assistance. The expert team, drawing on the analogy of the results, calls for the use of ultrasound in patients with moderate and high DIVA risk. Furthermore, they emphasize the necessity of training and education, particularly for non-medical healthcare personnel, in working with ultrasound. Given that the A-DIVA tool is the most frequently used instrument in the clinical setting, it is more than desirable to perform translation and validation in the CR. Subsequently, specific steps in the care of individual DIVA patient risk groups should be established.

EA-DIVA score (Enhanced Adult DIVA score)

EA-DIVA is the result of a study by Civetta and colleagues. Their goal was to develop and validate a predictive scale that enables the identification of adult patients at risk of DIVA during preoperative assessment. The research was conducted in surgical departments of one Italian hospital on patients ($n = 1006$) prior to urgent and elective surgeries.

The EA-DIVA score (Table 4) is an eight-item validated scale with heterogeneous point weighting. Individual factors are again formulated as YES/NO questions with different response weights. In terms of risk, the conclusion is that if a patient scores 8 or more points, they

are classified as high risk, and one should automatically proceed to more advanced cannulation techniques, particularly ultrasound-guided cannulation [8].

The main positives of the EA-DIVA scale are its high accuracy, comprehensiveness, and rapid applicability. Its eight clearly defined criteria demonstrate a high predictive value. The scale has high sensitivity and specificity as well as the potential to be used in a wider range of clinical settings, such as emergency medicine or pre-hospital care. A perceived negative is the fact that it was validated only on adult patient population of a single healthcare facility. For widespread application in clinical practice, it would be appropriate to conduct external validation in more hospitals, regions, countries, or cultures.

The question is whether it can be perceived as a pitfall that two of the scoring items (skin assessment and vein assessment) are subjective in nature, meaning that the EA-DIVA results can be somewhat dependent on the experience of the specific healthcare professional assessing the patient. In practice, this can lead to variability between departments and between individual raters. A higher number of evaluated factors may also be perceived as cumbersome by nurses. For the reasons mentioned above, the expert team *does not recommend* the scale for translation and validation in the Czech setting.

SAFE Rule

The SAFE Rule was created in 2024 by Bahl et al. as the output of an extensive systematic literature review and multivariable meta-analysis, which identified the most consistent and strongest predictors of DIVA across available studies. Its aim was to unify disparate findings from 20 studies and replace the missing unified definition of DIVA with a simple, quickly applicable clinical rule. The result is the mnemonic tool SAFE – See, Ask, Feel, Evaluate BMI (Body Mass Index), based on the five most significant risk factors: invisible veins, DIVA history and intravenous drug abuse history, impalpable veins, and BMI > 30 .

- **S (See):** Are there any suitable veins visible on the extremity?
- **A (Ask):** Does the patient have a history of difficult cannulation or intravenous drug use?
- **F (Feel):** Are there any suitable veins palpable on the extremity?
- **E (Evaluate BMI):** Is the patient obese with a BMI higher than 30 (obesity)? [3]

The main positive of the SAFE Rule is its simple and quick use compared to more complex scoring systems, which can be more time-consuming in practice. It focuses only on the main risk factors, supported by evidence-based practice. Similar to the other scales, it helps detect DIVA patients even before the first puncture, which can significantly reduce the number of unsuccessful attempts, thus decreasing pain, anxiety, and depletion of the venous bed. Furthermore, the SAFE Rule is suitable for broad use across the patient population.

A negative aspect is the fact that the SAFE Rule itself has not yet been clinically validated as a fully-fledged predictive tool. Given that individual factors are not weighted (do not have assigned points), SAFE is a screening rule, not a scoring tool. It lacks scoring, patient stratification, and subsequent care rules. Similar to EA-DIVA, vein

visibility and palpation items can be subjective and dependent on the rater's experience. If a patient is identified as DIVA according to SAFE, an advanced approach (ultrasound-assisted cannulation, more experienced staff, alternative vascular access) should be considered immediately.

Even though the SAFE Rule has not yet been clinically validated as a scoring tool, it represents a practical and highly usable screening tool that can reduce the number of unsuccessful attempts, patient burden, and resource consumption. Even in this case, the need for translation and validation for the population in the Czech Republic is apparent.

A-DICAVE (Adult–Difficult Venous Catheterization Scale)

A-DICAVE is a validated, simple, and reliable predictive scale used for the early identification of adult DIVA patients in emergency departments. It was developed in Spain by Salleras-Duran et al. in 2020. The methodology for creating the A-DICAVE scale was based on a detailed literature

review of DIVA assessment tools and the subsequent selection of items with sufficient scientific backing, while irrelevant or inadequately supported factors were excluded.

Subsequently, a three-round Delphi process took place with five experienced emergency department nurses, leading to a consensus on three final items (vein visibility, vein palpability, and DIVA history). These items were used to create an additive three-item scale (Table 5) which was first pilot-tested on ten patients and then validated in a prospective observational study with 392 adult patients in an emergency department. Statistical analysis confirmed a high validity and reliability of the scale, enabling its implementation as a simple and objective tool for DIVA prediction [9].

The positive aspects of the A-DICAVE scale include its simplicity, speed, and accuracy due to its high sensitivity and specificity. Its negative aspects include a certain degree of subjectivity in assessing the visibility and palpability of veins, the fact that it was only validated internally in the setting of a single facility, and the exclusion of some potentially relevant risk factors for which there was insufficient evidence at the time of its creation. The A-DICAVE scale is intended for detecting DIVA patients, particularly in emergency departments. The expert team perceives its potential for broader use and thus suggests that the scale be translated and externally validated.

DIVA-CP (Difficult Intravenous Access in Cancer Patients)

The DIVA-CP tool is a pilot-validated clinical instrument designed to assess the difficulty of PIVC insertion in cancer patients undergoing out-patient chemotherapy. It was developed in a cancer centre in Northeast Italy by a multidisciplinary team of experienced oncology nurses who based the tool's creation on a literature review and their own clinical experience. The scale consists of ten items grouped into four factors (availability of preferred veins, vein fragility, probable procedural difficulties, and repeated strain on the venous network; see Table 6).

Tab. 5. A-DICAVE [9]

Item	Score	Description
Vein visibility	0	Vein is clearly visible and suitable for puncture.
	1	Vein is barely visible, thin, or tortuous; accessible with a small calibre cannula (22 gauge or smaller).
	2	Vein is not visible (no vein suitable for puncture is visible).
Vein palpability	0	A vein suitable for puncture is palpable.
	1	A vein is barely palpable, thin, or tortuous; accessible with a small calibre cannula.
	2	Vein is not palpable (no vein suitable for puncture is palpable).
DIVA history	0	Patient denies difficult venous access/DIVA not documented.
	1	Patient reports prior difficult cannulation/DIVA documented.

Score Calculation and Interpretation: 0–2 points: easy cannulation; 3–5 points: difficult cannulation, consider using ultrasound.

Tab. 6. DIVA-CP [10]

Factor	Item	Description	Possible Values	Max Points
Availability of preferred veins	Poorly visible / non palpable veins	Veins are not well distinguishable	0 – No 1 – Yes	1
	Small vein calibre	Thin, narrow veins	0 – No 1 – Yes	1
	Veins on one upper limb unavailable	e.g., after mastectomy	0 – No 1 – Yes	1
Vein fragility	Sclerotic veins	Vein fragility	0 – No 1 – Yes	1
	Signs of phlebitis	Pain, redness, inflammation	0 – No 1 – Yes	1
	Type of chemotherapy	Non-vesicant Irritant Vesicant	0 – Non-vesicant 1 – Irritant 2 – Vesicant	2
Probable difficulties during procedure	Tortuous veins	Pronouncedly winding veins	0 – No 1 – Yes	1
	Mobile veins	Vein “moves/ slips” during puncture	0 – No 1 – Yes	1
Repeated venous system load	Treatment > 6 months	Long term repeated venipunctures	0 – No 1 – Yes	1
	Many previous venipunctures	Clear signs of repeated punctures	0 – No 1 – Yes	1

The total score ranges from 0–11. The higher the total score, the greater the risk of difficult peripheral access [10].

Positive aspects of the tool include its focus on the specific needs of cancer patients, high inter-rater agreement ($\kappa > 0.61$ for most items), the possibility of rapid use in routine clinical practice, and the ability to identify patients who may benefit from the early insertion of a central venous access. DIVA-CP thus supports the prevention of venous damage, reduces the risk of extravasation, and contributes to a safer administration of chemotherapy. The negative aspects of the tool are primarily related to its pilot nature and the fact that the research took place in a single centre, thus requiring external validation. Furthermore, the authors note that the combination of binary and ordinal items is not ideal for factor analysis, and the tool requires further methodological refinement. Unfortunately, the scale also does not offer cut-off values, and risk categories are not defined. In clinical practice, DIVA-CP can significantly facilitate decision-making about the optimal type of venous access in chemotherapy patients. Due to the increasing incidence of oncological diseases and the need for effective and comprehensive care for these patients, the authors propose the translation and validation of the tool in the CR for cancer patients.

Discussion

The article provides an analysis and comparison of the most frequently cited predictive tools for identifying adult DIVA patients in the context of various clinical settings. The authors' goal was not only to summarize the available evidence, but also to evaluate the application potential within the Czech healthcare setting, where officially translated and externally validated tools for the adult population are currently lacking. The same situation exists in paediatrics, which is not the focus of this study.

An analysis of the selected predictive scales demonstrates that no universal "gold standard" for adult patients to identify DIVA across all settings currently exists. The above-mentioned scales reflect the specific needs of the given clinical environment and population.

The **A-DIVA scale** provides a simple binary score (0–5) with a clear risk stratification of failure on the initial peripheral vein cannulation attempt. The scale was successfully externally validated in a multicentre setting, which increases its generalizability in routine hospital practice. The practical utility of the scale is supported by the implementation study by Arangoa-Miller et al. who reported that introducing it into documentation for cancer patients improved decision-making about venous access selection, reduced the risk of extravasation, and enhanced collaboration between nurses and physicians. The authors described the tool as easy to use and suitable for routine clinical practice [11]. **EA-DIVA** broadens the scope to include factors relevant in preoperative and perioperative care, but currently only offers internal validation from a single institution. Its strength (and simultaneous limitation) lies in a more complex model; a disadvantage is the potential subjectivity of some items (skin, vein findings) and limited transferability without external validation. The tool has not yet been tested by another research team. **A-DICAVE** offers a highly pragmatic three-item scale with rapid administration for the emergency department,

but here too, the limitation is single-centre validation and the risk of subjectivity in assessing vein visibility and palpability. The study by Pinkham et al. confirms that A-DICAVE is an easy-to-use predictive tool that strengthens the rationale for using ultrasound in at-risk patients [12]. The **SAFE Rule** is a synthetic screening rule (not a scoring scale) created from meta-analytical findings. The benefit of the SAFE Rule is its simplicity and universal applicability; a disadvantage is the absence of weighted scoring and, therefore, formal stratification. The SAFE Rule has not yet been independently validated in clinical practice; however, its principle of early identification of at-risk patients and escalation of care is consistent with the expert position of the Infusion Nurses Society, which in its Infusion Therapy Standards of Practice (2024) recommends early recognition of difficult venous access and the use of advanced techniques before repeated failed cannulation attempts [13].

The last scale analysed in this study is **DIVA-CP**, which represents a specifically oncology-focused tool that integrates patient characteristics and their peripheral venous system and reflects cumulative venous strain during chemotherapy. Pilot validation identified ten items across four factors and showed significant inter-rater agreement for most of the items. The score range of 0–11 quantifies the risk of difficult peripheral access, albeit without established cut-off values for clinical stratification. In the context of outpatient chemotherapy, DIVA-CP thus complements more generally focused tools and can aid in protecting the peripheral venous bed through timely consideration of ultrasound-assisted cannulation or early indication of central venous access in cancer patients. External validation of the tool is also required here. The DIVA-CP tool has so far been evaluated only within the authors' original pilot study, and no independent external validation or confirmation of its clinical utility by other research groups is currently available.

From a **methodological standpoint**, the compared tools differ in item construction (binary vs. multi-level/ordinal) as well as the scope and quality of validation (internal vs. external; single centre vs. multi-centre). For DIVA-CP, the authors point out the limitation of the pilot phase, high inter-rater agreement, and the mixed nature of the items, which complicates factor analysis. They emphasize that exploratory factor analysis should be primarily applied to continuous variables and that tetrachoric correlations are more adequate for binary items. For follow-up research, they recommend converting binary items to ordinal scales (e.g., "very well visible/partially visible/non-visible veins") to improve the psychometric properties of the tool.

This consideration is generally relevant for other scales as well, where the subjective assessment of vein visibility and palpability represents a potential source of inter-rater variability. Formal anchoring in clearly defined levels could increase tool reliability. Another common theme is the degree of subjectivity for items requiring clinical judgment (e.g., "expected difficult cannulation" in A-DIVA or "rolling/tortuous vein" in EA-DIVA). To maintain the predictive capability of these tools in routine operations, it is essential to ensure high-quality staff training and unify the assessment method. Regular verification of inter-rater reliability is also ideal.

From a **practical perspective** regarding tool utilization, a differentiated approach is suggested: (i) rapid and simple screening using

the SAFE Rule in pre-hospital care and emergency and shift operations, in situations where immediate identification of DIVA and the need for technical assistance are crucial; (ii) structured scoring using A-DIVA (outpatient clinics and standard wards) or A-DICAVE (emergency departments) when a formal risk stratification model for initial cannulation failure is desired; and (iii) the DIVA-CP tool in oncology with repeated peripheral chemotherapy.

The practical benefit of identifying a DIVA patient is primarily to utilize the option of ultrasound-guided peripheral venous access insertion or, depending on the treatment, to insert a different type of venous access instead of a PIVC.

The implementation of prediction tools in routine clinical practice in the Czech Republic is influenced by several specific factors. In most healthcare settings, peripheral venous cannulation is primarily the responsibility of general nurses, while access to ultrasound-guided cannulation, the presence of vascular access teams, and standardized escalation algorithms vary considerably between institutions. These differences may limit the transferability of some more complex scales developed in other healthcare systems. The absence of officially translated and validated DIVA prediction tools further underlines the need for systematic selection and adaptation of tools suited to the local clinical context.

From the Czech perspective, there is an urgent need for translation, cultural adaptation, and external multicentre validation of the most promising tools, including the development of local care algorithms with limitations on “blind” attempts, defined indications for ultrasound-guided techniques, and a clear escalation pathway to midline/PICC (Peripherally Inserted Central Catheter)/CVC (Central Venous Catheter)/TIVAD (Totally Implantable Venous Access Device). Implementation should go hand in hand with point-of-care ultrasound training programmes for non-medical personnel, since technical availability and operator skill are key to success. Current research by Pratec et al. shows that the use of imaging technologies – particularly ultrasound – significantly increases cannulation success rates in DIVA patients on the very first attempt and reduces the number of failed punctures. These data support the necessity of routinely introducing modern assistive technologies during cannulation, because without them, the likelihood of failure is significantly higher in DIVA patients [14]. Recognizing DIVA risk is also considered key by the INS (Infusion Nurses Society), particularly in patients with a history of repeated failed punctures, obesity, chronic disease, or poor visibility/palpability. For DIVA prediction, they recommend using validated assessment tools, available EMR (Electronic Medical Records), and vein visualization technology (ultrasound, NIR – Near Infrared Light), as they improve first-attempt success and reduce complications in DIVA patients. Special attention is paid to the creation of Vascular Access Specialist Teams (VAST). The INS emphasizes competent personnel, regular professional preparation, and simulation training, since caring for adult DIVA patients requires highly specialized skills [13].

Recommendations are also presented by other professional authorities, e.g., the AVATAR Group (Alliance for Vascular Access Teaching & Research) which promotes an “umbrella” overview of

international guidelines in venous access and emphasizes the implementation of ultrasound-guided cannulation as the preferred strategy in DIVA, and the use of algorithms for the correct indication of peripheral (including midline) vs. central access with an emphasis on preserving vessel quality (“vessel health & preservation”) [15]. The effectiveness of predictive tools, the use of ultrasound as a preferred method for DIVA patients including systematic training in ultrasound techniques, and the necessity of further research are highlighted by the current literature review by Dewi and Astrid [16].

The implementation of predictive scales into the clinical environment can lead not only to a reduction in the number of unsuccessful venipunctures and related complications, but also brings a medico-economic benefit by reducing staff workload, material costs, and the time needed to secure venous access. The ALCOV study points out that DIVA patients represent a significant economic burden due to more frequent complications, repeated procedures, and delayed initiation of treatment, underscoring the need for systematic prediction. The introduction of a standardized algorithm based on a predictive scale can therefore mean not only increased patient safety and comfort, but also more efficient use of healthcare facility resources [17].

Recommendations for Future Research

In the future, we consider the following as priorities: (1) Translation and transcultural external multicentre validation of all the above-mentioned tools; (2) Development of unified, clinically derived cut-off values and risk categories for scales that lack them, including prospective testing of the impact on care outcomes (initial cannulation success rate, extravasation, pain, treatment delay time); (3) Consideration of methodological adjustment of DIVA-CP: converting binary items to ordinal scales, using appropriate correlation techniques, and more comprehensive verification of internal structure; (4) Implementation studies evaluating the cost-effectiveness of algorithms that combine screening/scoring with limits on the number of attempts and an approach utilizing early ultrasound-guided cannulation; and (5) Inter-rater reliability studies among novice and experienced nurses.

Conclusion

This study confirms that there is no unified “gold standard” for all clinical environmental and situations. At the same time, it confirms that early prediction and ultrasound-guided cannulation as a first choice are consistently establishing themselves for adult DIVA patients. The selected scales (A-DIVA, EA-DIVA, A-DICAVE, DIVA-CP) and the SAFE Rule provide a usable framework for screening and risk stratification, but require local translation, cultural adaptation, and external validation. Consensus across international authorities points towards algorithms limiting blind attempts, rapid escalation to the creation of a “Vascular Access Specialist Team”, and a rational choice of vascular access with an emphasis on vessel health & preservation. Implementation must be built on staff competency, measurement of quality indicators, and technology availability (US/NIR). In the Czech context, the already ongoing translation and validation of the most promising tools (A-DIVA, SAFE Rule, and A-DICAVE) is a realistic step forward.

AUTHORS' DECLARATION: AI use statement: The authors declare that no artificial intelligence was used in the preparation of this scientific article. **Originality statement:** The authors declare that the work is original and has not been published previously (either in whole or in part), nor has it been submitted for peer review to any other journal or publication. The results have not yet been presented in either printed or oral form. **Conflict of interest:** The authors declare that they have no conflict of interest related to the subject of this work. **Agree with the article's content:** All listed authors have read the manuscript, agree with its content, and consent to its submission to the editorial office of the journal *Anesteziologie a intenzivní medicína*. **Indicate the authors' contribution:** conceptualization (HK, DJ, ChV), methodologies (HK), personal participation in the conduct of the research or experiment (HK, DJ, ChV, MK, ŽM), writing (original proposal) (HK), writing (review and editing) (DJ, ChV, ŽM, MK), guidance and coordination (HK), validation (x), formal analysis (HK, DJ, ChV, ŽM, MK), data management (HK), project administration (HK), fundraising (HK). **Funding:** This work was financially supported by the Internal Grant Competition of the University of Pardubice – IGSFZS_2024_004 Kanylace periferního žilního řečiště pod ultrazvukovou navigací – nová výzva v ošetrovatelství. **Acknowledgements:** N/A **Registration in databases:** N/A **Ethics committee consideration:** N/A

REFERENCES

1. Pinto FJ. Ageing population & chronic disease management. *HealthManagement*. 2025;25(3):214. Available from: <https://healthmanagement.org/c/healthmanagement/IssueArticle/ageing-population-chronic-disease-management>
2. van Loon FHJ, van Hooff LWE, de Boer HD, Koopman SSJA, Buise MP, Korsten HHM, et al. The Modified A-DIVA Scale as a Predictive Tool for Prospective Identification of Adult Patients at Risk of a Difficult Intravenous Access: A Multicenter Validation Study. *J Clin Med*. 2019;8(2):144.
3. Bahl A, Alsbrooks K, Zazyczny KA, Johnson S, Hoerauf K. An Improved Definition and SAFE Rule for Predicting Difficult Intravascular Access (DIVA) in Hospitalized Adults. *Journal of Infusion Nursing*. 2024; 47(2):96-107.
4. Douglas M, Trobil M. Patient s DIVA. In: Charvát P, Chovanec J, editors. *Cévní vstupy*. 1st ed. Praha: Grada; 2025.
5. van Loon FHJ, Puijn LAPM, Houterman S, Bouwman ARA. Development of the A-DIVA Scale: A Clinical Predictive Scale to Identify Difficult Intravenous Access in Adult Patients Based on Clinical Observations. *Medicine (Baltimore)*. 2016;95(16):e3428.
6. Olson K. An examination of questionnaire evaluation by expert reviewers. *Field Methods*. 2010;22(4):295-318.
7. Doellman D, Wuerz L. Difficult IV Access (DIVA): Strategies and Solutions for Insertion Success. AVA Position Paper. 2025. Available from: https://cdn.ymaws.com/www.avainfo.org/resource/resmgr/files/position_statements/diva_aug_2025_final.pdf
8. Civetta G, Cortesi S, Mancardi M, De Pirro A, Vischio M, Mazzocchi M, et al. EA-DIVA score (Enhanced Adult DIVA score): A new scale to predict difficult preoperative venous cannulation in adult surgical patients. *J Vasc Access*. 2019;20(3):281-289.
9. Salleras-Duran L, Fuentes-Pumarola C, Ballester Ferrando D, Congost-Devesa L, Delclós-Rabassa J, Fontova-Almató A. Development, diagnostic sensitivity, and prognostic accuracy of the Adult-Difficult Venous Catheterization Scale for Emergency Departments. *J Emerg Nurs*. 2020;46(6):827-837.e2
10. Pagnutti L, Bin A, Donato R, Di Lena G, Fabbro C, Fornasiero L, et al. Difficult intravenous access tool in patients receiving peripheral chemotherapy: A pilot-validation study. *Eur J Oncol Nurs*. 2016;20:58-63.
11. Arangoa Miller M, Frazier Warmack V, Kimble N, Castelo K, Seals S, Solorio B. The "A-DIVA" in You: Adult Difficult Intravenous Access Screening Scale to Reduce Venous Events. Poster / Quality improvement project. UChicago Medicine Hyde Park IV Therapy Department; 2022.
12. Pinkham E, Russ C, Pflugeisen C. Implementation of the Adult Difficult Venous Catheterization (A-DICAVE) Scale: A Quality Improvement Study in the Emergency Department. Poster presentation. National Association of Clinical Nurse Specialists Annual Conference; 2023. Available from: <https://nacns.org/wp-content/uploads/2023/02/S1-Implementation-of-the-A-DICAVE-E-Pinkham.pdf>
13. Infusion Nurses Society. Infusion therapy standards of practice. *J Infus Nurs*. 2024;47(1S Suppl 1):S1-S285.
14. Prates JDS, Hansel LA, Junges M, Cavalcanti ACD, de Almeida Neto OP, Nunes CR. Prediction of failure risk on the first attempt of peripheral puncture: Secondary analysis of the SPECTRA control group. *J Vasc Access*. 2026 Jan 16.
15. AVATAR Group. Clinical practice guidelines [Internet]. AVATAR Group; 2024 [cited 2026 Mar 8]. Available from: <https://www.avatargroup.org.au/clinical-practice-guidelines.html>
16. Dewi S, RA, Astrid M. Effectiveness of using DIVA scores in assessing intravenous access difficulty in adult patients: A literature review. *KESANS Int J Health Sci*. 2025;4(12): 1118-1125.
17. Slosse C. Development and evaluation of an algorithm for vascular access management (ALCOV) [Internet]. ICH GCP; 2025 [cited 2026 Mar 8]. Available from: <https://ichgcp.net/clinical-trials-registry/NCT05935228>

Antigeny buněčné stěny hub – úskalí jejich interpretace

Müller J.^{1,2}, Valešová L.¹, Raděj J.¹, Kříž M.¹, Horák J.^{1,2}, Huňková E.¹, Pavlík R.¹, Matějovič M.^{1,2}

¹Jednotka intenzivní péče, I. interní klinika, Fakultní nemocnice Plzeň

²Biomedicínské centrum, Lékařská fakulta v Plzni, Univerzita Karlova

Mikromycety jsou významnými oportunními patogeny imunokompromitovaných a kriticky nemocných pacientů. S ohledem na rostoucí zastoupení jedinců léčených imunitu-modifikujícími léky stoupá také incidence, morbidita a mortalita těchto život ohrožujících onemocnění. Beta-D-glukan a galaktomanan, komponenty buněčné stěny hub označované souhrnně jako fungální antigeny, můžeme detekovat v séru i jiných tělesných tekutinách. Přestože jsou v současné době etablovány jako významná komponenta diagnostického algoritmu fungální invaze, doprovází jejich stanovení řada limitací. Správná indikace a interpretace těchto nekultivačních diagnostických testů je nezbytnou prerekvizitou úspěšné diagnostiky a včasné léčby invazivních mykotických infekcí.

Klíčová slova: beta-D-glukan, galaktomanan, invazivní mykotické infekce, *Candida*, *Aspergillus*, imunosuprese.

Fungal cell wall antigens – the pitfalls in their interpretation

Micromycetes have emerged as a significant cause of opportunistic infection in immunocompromised and critically ill patients. The increasing utilisation of immune-modifying drugs has been accompanied by a rise in the incidence, morbidity and mortality of these life-threatening diseases. Beta-D-glucan and galactomannan, components of the fungal cell wall referred to as fungal antigens, can be detected in serum and other body fluids. Despite their well-established role in the diagnostic algorithm of fungal invasion, there are several major limitations associated with their evaluation. The accurate indication and interpretation of these non-culture diagnostic tests is imperative for the successful diagnosis and timely treatment of invasive fungal infections.

Key words: beta-D-glucan, galactomannan, invasive fungal infections, candida, aspergillus, immunosuppression.

Úvod

Invazivní fungální infekce (IFI) představují zásadní medicínskou hrozbu pro imunokompromitované pacienty. Epidemiologická data ukazují, že vývoj medicíny 21. století, který charakterizuje stále vyšší frekvence multimorbidních pacientů a rychlý rozvoj imunitu-modifikujících léků, doprovází také posun v incidenci a mortalitě mykotických oportunních infekcí [1]. Diagnostika těchto jednotek se dynamicky rozvíjí. Mezi rychlé nekultivační metody přímé detekce invaze mikromycet patří vedle molekulárně-genetických vyšetření také stanovení některých komponent buněčné stěny hub, souhrnně označovaných fungální antigeny. Jejich významné postavení v komplexním diagnostickém procesu podtrhuje recentní konsenzus evropských odborných společností, který tyto metody zařazuje do diagnostických kritérií pravděpodobné invazivní mykotické infekce [2]. Znalost, správná indikace a zejména interpretace jejich výsledků je nezbytná pro včasnou diagnostiku

a optimální léčbu infekcí vyvolaných těmito oportunními patogeny. Cílem tohoto přehledového článku je seznámení s diagnostickými vlastnostmi a limitacemi antigenních metod diagnostiky IFI.

Beta-D-glukan – panfungální marker

Beta-D-glukan (BDG) je polysacharid, který tvoří nejzastoupenější komponentu buněčné stěny většiny mikromycet. Při invazi se v rámci životního cyklu uvolňuje do krve, a je tak snadno prokazatelný v séru jako nespecifický ukazatel fungální infekce. Označení „panfungální“ je ale zavádějící. Přestože nejtypičtější lidské oportunní patogeny (*Candida*, *Aspergillus* a *Pneumocysta*) produkují beta-D-glukanu velká množství, u jiných medicínsky významných hub je sekrece minimální či žádná a díky tomu nelze jeho stanovení v diagnostice využít. To je typické pro *Cryptococcus spp.*, některé blastomycety a zygomycety (mimo jiné také významný rod *Mucor*, způsobující mukormykózu) [3]. Zatím žádná práce

KORESPONDENČNÍ ADRESA AUTORKY:

MUDr. Valešová Lenka, valesoval@fnplzen.cz

Článek přijat redakcí: 10. 2. 2026; Článek přijat k tisku: 15. 4. 2026

Cit. zkr.: Anest intenziv Med. 2026;37(2):94-100

nepotvrdila diagnostický přínos stanovení beta-D-glukanu v broncho-alveolární laváži [4, 5] nebo likvoru [6]. Absence průkazu BDG v ascitu může napomoci k vyloučení intra-abdominální kandidózy při vysoké negativně-prediktivní schopnosti testu [7]. Z dostupných dat vyplývá, že vyšší prahové hodnoty a opakované stanovení antigenu významně zvyšují spolehlivost testu [8, 9]. Dynamika beta-D-glukanu navíc může sloužit jako ukazatel responze na léčbu [10].

Beta-D-glukan a jeho přínos u jednotlivých mykotických infekcí

Pohled na data zkoumající charakteristiky beta-D-glukanu u invazivních mykotických infekcí bez další specifikace fungálního patogenu ukazuje souhrnnou senzitivitu 27–100 % a specifitu 0–100 % [11]. Příčin této heterogenity je celá řada, od různých typů diagnostických testů a zvolených cut-off, přes významné rozdíly ve zkoumaných populacích až po problémy s jednoznačnou definicí invazivní mykotické infekce jako takové. White et al. v metaanalýze 19 pečlivě selektovaných studií s nízkým rizikem zkreslení pozorovali u rizikových pacientů senzitivitu 80 % (95% CI 74–89) a specifitu 63 % (95% CI 64–88) [12]. Podobně jako další metaanalýzy naznačuje tato práce jednoznačný trend – BDG není testem, který by přesně a spolehlivě diagnostikoval IFI v široké populaci pacientů, ale u selektovaných rizikových jedinců má zásadně vyšší přínos, což dále ovlivňuje konkrétní etiologické agens zodpovědné za oportunní infekci.

Kvasinky typicky syntetizují velká množství beta-D-glukanu. Studie zkoumající stanovení BDG u invazivní kandidózy ukazují opět variabilní hodnoty senzitivity a specifity. Jakkoliv optimisticky vyznívá nejnovější meta-analýza se senzitivou 73 % (95% CI 66–80 %) a specifikou 80 % (95% CI 74–87 %), zůstává pohledem Bayesovské statistiky pozitivní prediktivní hodnota při nízké předtestové pravděpodobnosti nízká [13, 14]. Multicentrická, randomizovaná studie CandiSep z roku 2022, ve které Bloos et al. zkoumal efektivitu beta-D-glukanem řízené antimykotické léčby u pacientů se sepsí a vysokým rizikem invazivní kandidózy, neprokázala jednoznačný benefit z jeho stanovení. V kontrolní skupině byla sice antimykotika podávána později (4,4 dne versus 1,1 dne ve skupině řízené BDG) a menšímu počtu pacientů (27,5 % versus 57,6 %), ale procento jedinců s definitivně prokázanou invazivní kandidózou se mezi skupinami nelišilo a časnější léčba neměla dopad na mortalitu [15]. Výsledky této studie se pak odrážejí i v nových evropských doporučeních, která nepovažují izolované stanovení beta-D-glukanu v séru za diagnostické a důrazně nabádají používat ho pouze ve spojení s klinickým obrazem a dalšími vyšetřovacími metodami [16]. Také pracovní skupina Evropské společnosti intenzivní medicíny pro léčbu invazivní kandidózy se k BDG staví rezervovaně a navrhuje navýšení cut-off hodnoty testu nebo alespoň dva pozitivní výsledky za sebou k potvrzení kvasinkové invaze [17]. Naopak některé pozitivní signály podporují využití beta-D-glukanu jako nástroje antimykotického stewardshipu. Zejména opakovaný negativní výsledek BDG umožňuje časné de-eskalovat antimykotickou léčbu [18]. Vzhledem k výsledkům studií, které ukazují, že až u poloviny kriticky nemocných jsou antimykotika předepisována nadbytečně a protrahovaně, je tato role v kontextu rostoucí rezistence k antimykotikům zásadní [19].

Přestože buněčná stěna *Aspergillus spp.* obecně obsahuje vysoká kvanta beta-D-glukanu, přinášejí data zkoumající jeho přínos v diagnostice invazivní aspergilózy konfliktní výsledky. Zatímco některé práce poukazují na superioritu galaktomananu [20], jiné prokazují přesný opak [21] nebo nepozorují žádný větší rozdíl mezi oběma metodami [22]. Reálnou situaci možná nejlépe ilustruje metaanalýza z roku 2024, ve které jsou při vysoké předtestové pravděpodobnosti invazivní aspergilózy galaktomanan i beta-D-glukan srovnatelné a jsou spolehlivé zejména v okamžiku, kdy jsou interpretovány v kombinaci [23].

Pneumocystová pneumonie je v současnosti stále častěji diagnostikována u HIV negativní populace, zejména hemato-onkologických pacientů a jedinců užívajících vyšší dávky kortikoidů [24]. Životní cyklus pneumocysty obsahuje několik stadií. Trofická forma rostoucí ve formě pseudohyf beta-D-glukan prakticky netvoří. Teprve v průběhu pohlavního dělení dochází při vzniku cystické formy (které ale nutně neodpovídá makroskopickému obrazu plicních cyst) k uvolňování BDG [25]. Studie zkoumající využití beta-D-glukanu v diagnostice pneumocystové pneumonie obecně ukazují dobrou výtěžnost testu, a to i při porovnání s molekulárně-genetickým vyšetřením [26]. Postavení tohoto ukazatele v diagnostickém procesu pneumocystové pneumonie podtrhuje i metaanalýza, ve které Prosty et al. prokázali senzitivitu 83,5 % (95% CI 72,8–90,6 %) a specifitu 75,5 % (95% CI 66–83 %) [27]. Přičemž zejména extrémně vysoké hodnoty mají vysokou specifitu a pozitivně prediktivní hodnotu. Navíc kromě samotné diagnostiky může mít stanovení dynamiky beta-D-glukanu roli v monitoraci aktivity onemocnění a účinnosti léčby. Jeho hladiny totiž korelují s plicní náloží této oportunní mykózy [28]. Tento fakt ale může být teoretickou příčinou nižší senzitivity u pacientů s non-HIV pneumocystovou pneumonií, u kterých byly pozorovány menší plicní nálože pneumocysty v porovnání s HIV pozitivními pacienty [29]. Negativní výsledek BDG tak sám o sobě automaticky nevylučuje možnosti pneumocystové pneumonie, ale ve správném klinickém kontextu ji činí vysoce nepravděpodobnou [30].

Příčiny nepřesnosti beta-D-glukanu

Hodnocení fungálních antigenů je zatíženo velkou mírou nepřesnosti. Rozmanitost faktorů spojovaných různými autory s falešně pozitivním či negativním výsledkem reflektuje komplexnost pacientů, u kterých tyto markery nejčastěji stanovujeme.

Falešnou negativitu může způsobovat fakt, že v rámci jednoho rodu některé mikromycety produkují menší množství beta-D-glukanu než jiné. Například non-albicans kmeny ho mají ve své buněčné stěně podstatně méně než *Candida albicans*. U *Candida auris* a *Candida parapsilosis* jsou opakovaně pozorovány nižší kvantita BDG v séru, a tedy i vyšší riziko falešné negativity [31]. Také hluboce uložené infekce typu intra-abdominální kandidózy mohou způsobovat jen přechodnou antigenemii. Navíc již bylo zmíněno, že široká paleta významných fungálních patogenů nemusí BDG produkovat vůbec. Naopak falešnou pozitivitu může zřejmě způsobit i masivní kolonizace houbami. Někteří autoři upozorňují, že jednorázové stanovení beta-D-glukanu nedokáže spolehlivě odlišit vysoký stupeň kolonizace *Candidou* od invazivní kandidózy [32].

Z ostatních příčin falešné positivity je třeba zmínit některé léky a léčivé přípravky. Zejména transfuzní přípravky [33] či krevní deriváty typu albuminu [34], koagulačních faktorů [35] nebo intravenózních imunoglobulinů [36]. Příčinou je zřejmě kontaminace při jejich výrobě. Přestože novější technologické postupy výroby toto riziko minimalizují, možnost indukce falešné positivity vyloučit nelze. Druhým často zmiňovaným viníkem falešné positivity jsou antibiotika. Beta-D-glukan je *in vitro* prokazatelný v roztoku řady antibiotik zejména beta-laktamové řady [37]. Celkové množství takto podaného antigenu je zpravidla malé a po podání dochází k jeho rychlému naředění, takže spíše není příčinou zásadního zvýšení BDG, pokud není dané antibiotikum podáváno kontinuálně a ve vysokých dávkách [38]. Jedním z možných vodítek rozpoznání těchto příčin elevace panfugálního markeru je jejich přechodná povaha. Zatímco u invazivních mykotických infekcí dochází typicky k velmi pozvolnému poklesu beta-D-glukanu, což je zřejmě dáno postupnou a pomalou degradací fagocytovaných fungálních buněk, je pozitivita vyvolaná léky bezprostředně vázána na jejich podání a titry rychle klesají.

Kontroverzní jsou data asociující bakteriemi s pozitivitou beta-D-glukanu, zejména u *Pseudomonas aeruginosa*, *Enterococcus faecalis* nebo *Enterobacteriales* [39–41]. Proponenti této teorie vysvětlují pozitivitu testu přítomností některých bakteriálních polysacharidů, které jsou strukturálně podobné beta-D-glukanu fungálních patogenů a nachází se v kapsle opouzdřených grampozitivních bakterií a periplazmatickém prostoru gramnegativních bakterií. V kontrastu toho ale řada jiných autorů opakovaně prokazuje, že bakteriemi samotná je nepravděpodobnou příčinou elevace beta-D-glukanu [42, 43]. Spojujícím článkem mezi těmito konfliktními daty může být gastrointestinální translokační původ zmíněných bakterií. Výjimkou jsou specifické bakterie připomínající houby, jako jsou nokardie, u kterých je významná pozitivita BDG opakovaně popsána [44].

Intestinální translokace při prolomení střevní bariéry (doprovázená potenciální bakteriemi) je validní možností elevace BDG bez průkazu invazivní mykotické infekce. Patří sem stavy spojené s poruchou epiteliální výstelky, jako je tomu u hemato-onkologických pacientů s těžkou mukosítidou [9] nebo u jedinců s idiopatickým střevním zánětem [45]. Preklinické animální modely navíc naznačují, že samotná sepse a septický šok jsou možnou příčinou falešné positivity [46]. Jiným faktorem přispívajícím k translokaci může být také změna mykobiomu a zvýšená fungální kolonizace trávicího traktu. Zhai et al. pozorovali, že u pacientů po transplantaci krevetvorných buněk předchází rozvoji invazivní kandidózy s kandidemií expanze mykobiomu s nárůstem zastoupení *Candida spp.* [47]. Mykotické přerůstání je pak mimo jiné popsáno také při užívání některých antibiotik [48] nebo u chronického etylismu [49]. Neopomenutelnou příčinou falešné positivity BDG, jejímž mechanismem je minimálně částečně poškození střevní bariéry, jsou chirurgické výkony v dutině břišní [50].

Nespolehlivost průkazu beta-D-glukanu je svízelným problémem u pacientů s jaterní cirhózou. Důvodem je komplexní souhra změny mykobiomu společně se sníženou schopností odstraňování beta-D-glukanu z cirkulace [51]. Kombinace této limitace s relativně častým výskytem oportunních mykotických infekcí činí z diagnostiky

Tab. 1. Příčiny nepřesnosti stanovení beta-D-glukanu

falešná negativita
■ infekce některými mikromycetami neprodukujícími BDG (<i>Cryptococcus</i>, <i>Mucor</i>, <i>Blastomyces spp.</i>) ■ infekce specifickými zástupci mikromycet jinak produkujícími BDG (<i>C. auris</i>, <i>C. parapsilosis</i>) ■ hluboce uložené mykotické infekce bez antigenemie
falešná pozitivita
■ masivní kolonizace mikroskopickými houbami ■ léky (zejména některá antibiotika ve vysokých dávkách) ■ bakterie (dominantně <i>Nocardia spp.</i>, nelze vyloučit i u bakteriemi způsobené jinými bakteriemi, prototypicky <i>Pseudomonas</i>, <i>E. faecalis</i> nebo <i>Enterobacteriales</i>) ■ transfuzní přípravky a krevní deriváty (zejména intravenózní imunoglobuliny, albumin a koagulační faktory) ■ chirurgické operace (především rozsáhlé intraabdominální výkony) ■ stavy zvyšující propustnost gastrointestinální bariéry (neinfekční i infekční příčiny mukositivity včetně sepse, šokových stavů a idiopatických střevních zánětů) ■ změna mykobiomu (některá antibiotika, chronický alkoholismus, cirhóza) ■ jaterní cirhóza (kombinovaným mechanismem imunitní dysregulace, snížené clearance antigenu a změnou mykobiomu) ■ chronická renální dysfunkce (kombinovaným mechanismem chronické inflamace, fagocytární dysfunkce a snížené clearance, vliv samotné dialýzy je pravděpodobně minimální)

mykotické infekce u této populace výzvu. Také pacienti s chronickým onemocněním ledvin mají bazálně vyšší hladiny beta-D-glukanu. Dříve popisovaná asociace s dialyzační procedurou v dnešní době již neplatí, protože celulózní membrány nahrazují syntetické materiály, které výsledek testu neovlivňují [52]. Příčinou tak může být spíše podíl chronické inflamace, fagocytární dysfunkce a také malé množství antigenu za normálních okolností vylučované ledvinami [53]. Všechny tyto faktory shrnuté v **Tabulce 1** představují kumulativní vlivy, které ve své kombinaci vedou k vysoké frekvenci falešně pozitivního výsledku BDG u neselektovaných pacientů.

Galaktomanan – antigen aspergilla

Aspergillus fumigatus je saprofytická houba, která může u predisponovaných jedinců způsobovat kolonizaci či invazi v dýchacích cestách. V klinické praxi se můžeme setkat s několika fenotypy onemocnění – kolonizační formou (chronická plicní aspergilóza), hypersenzitivní formou (alergická bronchopulmonální aspergilóza) a invazivní formou. Diagnostika těchto jednotek je náročná a zásadní roli hraje stanovení antigenu jejich buněčné stěny – galaktomananu. Ten je sice specifický pro fungální říši, ale nikoliv výlučně pro *Aspergillus spp.* Jedná se opět o komplexní polysacharid, který ale nacházíme také například u *Penicillium spp.*, což má praktické dopady v interpretaci jeho stanovení. Naopak poměrně s jistotou víme, že kvasinkami produkovan není, ačkoliv i u nich lze prokazovat podobné, i když jinak chemicky komponované manany.

Stanovení galaktomananu v séru má z pochopitelných důvodů význam zejména v diagnostice invazivních forem aspergilózy. Zda se jedná o přímý marker angioinvaze s jistotou nevíme. Některé nepřímé signály ale ukazují, že tato relativně velká molekula volně nepřestupuje endoteliální bariéru plicních kapilár a k průkazu antigenemie je tak angioinvaze pravděpodobně nezbytná [54]. Studie a metaanalýzy zkoumající tento test opět ukazují široký rozptyl senzitivity 0–100 %

a specifity 21–100 % [55]. Důvodem není nezbytně výlučně špatná charakteristika testu, ale také nízké zastoupení pacientů s prokázanou nebo pravděpodobnou invazivní aspergilózou, a naopak relativně vysokým počtem možných infekcí, jak tyto nozologické jednotky definují současná evropská doporučení [56]. Pokud bychom analyzovali pouze populaci pacientů se suspektní infekcí, je výtěžnost testu relativně vysoká [23]. To potvrzují i studie dokumentující, že stanovení galaktomananu nemá přínos jako screeningový nástroj mykotické invaze u pacientů s efektivní protiplísňovou profylaxí [57].

V kontrastu k beta-D-glukanu je průkaz galaktomananu v bronchoalveolární laváži jednoznačně přínosný. A to jak v diagnostice plicních [58], tak invazivních forem aspergilózy, kde studie a jejich metaanalýzy opakovaně naznačují vynikající výtěžnost. Souhrnná senzitivita se pohybuje kolem 88 % a specifita kolem 81 %, a dá se tak říct, že v diagnostice aspergilózy je stanovení v broncho-alveolární laváži zřejmě spolehlivější než stanovení v séru [59]. Do jaké míry se zde promítá nejasná hranice mezi bronchoinvazí a angioinvazí nelze z dostupných dat usuzovat. S relativní jistotou lze ale extrapolovat, že podobně přínosná jako vyšetření broncho-alveolární laváže a bronchiálního aspirátu je také analýza validně získaného sputa, což je zásadní informace pro diagnostiku neventilovaných pacientů [60, 61].

I u antigenu aspergilla se potýkáme s relativně častou falešnou pozitivitou. Jen minimálně strukturálně odlišný galaktomanan je komponentou hub z rodu *Penicillium*. Řada autorů na tomto základě popisuje falešnou pozitivitu způsobenou antibiotiky beta-laktamové řady, zejména piperacilin-tazobaktamem, u kterého byla sérová pozitivita prokázána i při vrcholových koncentracích běžně dosahovaných při obvyklém dávkování antibiotika [62–64]. Podobně jako u BDG i zde ale zůstává řada otázníků. Preparáty antibiotik (včetně piperacilin-tazobaktamu) v současnosti dostupné na trhu obsahují jen naprosto minimální množství galaktomananu [65] a některé studie poukazují na to, že velká část pacientů s falešnou pozitivitou k ní má také jiné důvody anebo je ve skutečnosti správně pozitivní, a výsledek stanovení antigenu aspergilla jen předchází diagnostiku jinými konvenčními metodami [66]. Enzymatický aparát plísní se využívá při výrobě řady léčivých přípravků. Typickým příkladem je glukamyláza *Aspergillus niger* při získávání glukózy ze škrobu. Díky tomu může část galaktomananu tohoto aspergilla kontaminovat glukózu obsahující roztoky včetně parenterální nutrice [67]. Podobně jsou enzymy plísní využívány při výrobě některých komponent balancovaných krystaloidů (nejznámější je natrium glukonát obsažený v Plasmalyte). Množství galaktomananu v těchto roztocích je malé, ale i po naředění v plazmě může při intenzivnější tekutinové resuscitaci překročit detekční práh testu [68].

Obr. 1. Čtyři praktické typy k interpretaci výsledků stanovení antigenů buněčné stěny hub



Negativní test obvykle činí diagnózu IFI nepravděpodobnou, nikoliv však nemožnou (zejména u mikromycet, které antigeny neprodukují vůbec či jen v malém množství).



Izolovaný pozitivní náběr není diagnostický. Zásadní je jeho korelace s klinickým obrazem, nálezem na zobrazovacích metodách a výsledky dalších mikrobiologických testů.



Opakované stanovení antigenů buněčné stěny může přinést důležité informace o **fungální náloži, efektivitě léčby** a také optimalizovat **dobu trvání systémové antimykotické terapie**.



Zejména při nízké předtestové pravděpodobnosti je nezbytné **zvážit falešnou pozitivitu** obou mykotických antigenních testů.

Legenda: IFI – invazivní fungální infekce.

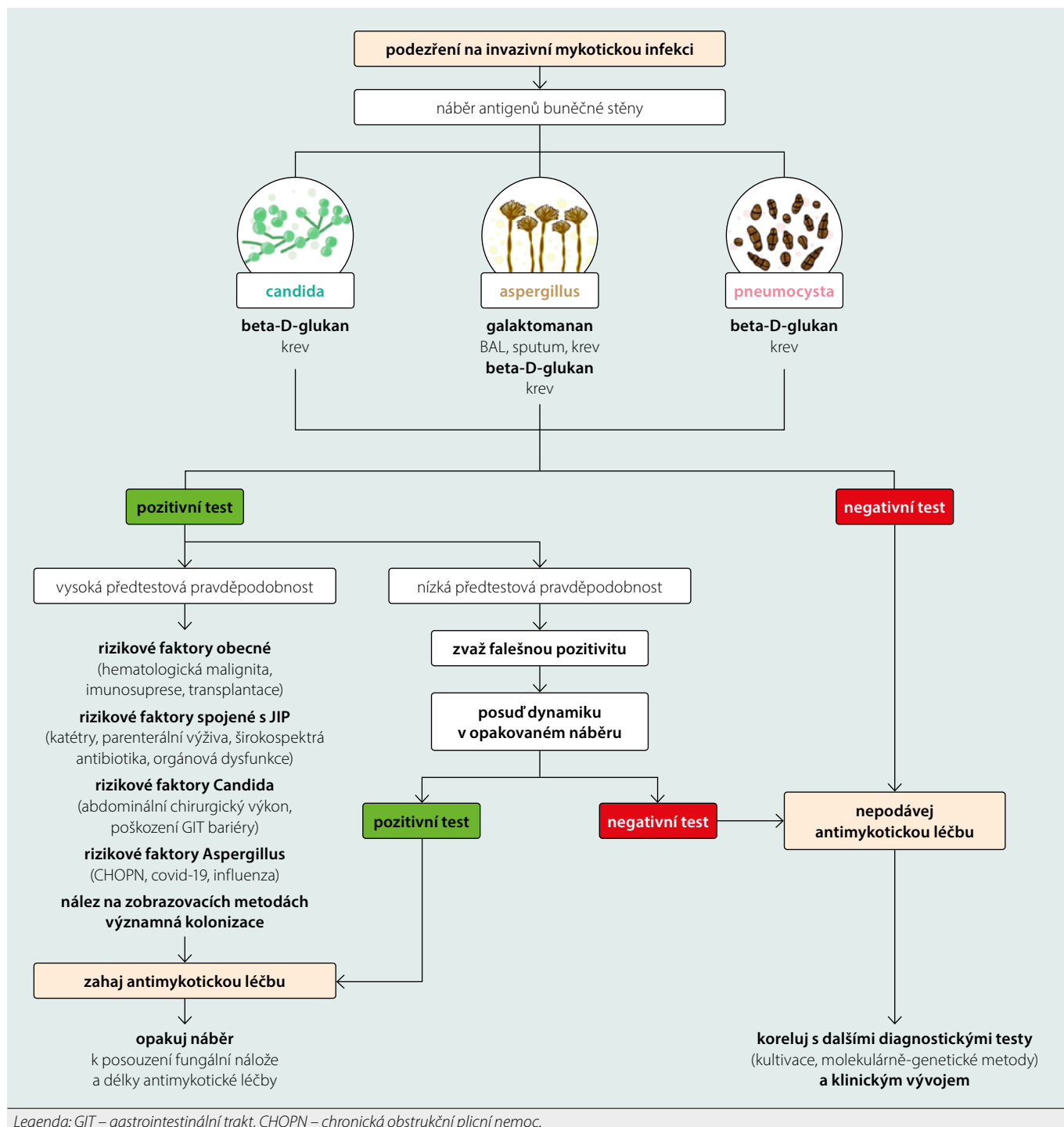
Některé medicínsky významné mikromycety mohou exprimovat polysacharidy strukturálně a antigenně velmi podobné galaktomananu aspergillů, čímž dochází ke zkřížené pozitivitě. Tento fenomén byl popsán u blastomycózy [69], histoplazmózy [70], ale také kryptokokózy [71]. Masivní kolonizace kandidou, zejména *C. glabrata* (díky vyššímu poměru manózy ke glukóze v buněčné stěně), může indukovat falešnou pozitivitu galaktomananu v broncho-alveolární laváži [72].

Také u aspergillového antigenu je opakovaně popisována asociace pozitivního testu s poškozením gastrointestinální bariéry [73]. Přítomnost galakto-furanových epitopů (ekvivalentních těm, které prokazujeme u galaktomananu) na povrchu *Bifidobacterium spp.*, běžného komenzála trávicího traktu, je možnou příčinou této falešné positivity [74]. Na druhou stranu, přestože se galaktomanan nachází v řadě potravin, přímá spojitost mezi jejich příjmem a falešnou pozitivitou prokázána nikdy nebyla [75].

Shrnutí

Fungální antigeny hrají zásadní roli v časně diagnostice invazivních mykotických infekcí. Jejich možnou implementaci do klinického algoritmu diagnostiky a pět zásadních bodů jejich interpretace ukazují **Obrázky 1 a 2**. Jednoznačně ale platí, že dokud nebudeme mít k dispozici jednoznačná kritéria spolehlivě selektující jedince s vysokým rizikem invazivní mykotické infekce, je třeba výsledky těchto testů interpretovat opatrně a s přihlédnutím ke klinickému kontextu a limitacím.

PROHLÁŠENÍ AUTORŮ: Prohlášení o použití AI: Autoři prohlašují, že při psaní tohoto odborného článku nepoužili žádnou formu umělé inteligence. Všechny informace a analýzy jsou výsledkem jejich vlastních zkušeností a úsudku s důrazem na relevantní literaturu, primární zdroje a konzultace s odborníky v oboru. **Prohlášení o původnosti:** Práce je původní a nebyla publikována ani není zaslána k recenznímu řízení do jiného média. **Střet zájmů:** Autoři prohlašují, že nemají střet zájmů v souvislosti s tématem práce. **Podíl autorů:** JM, LV a MM jsou autory originálního textu. Všichni ostatní autoři poskytli recenzi a úpravu článku. **Financování:** N/A **Poděkování:** N/A **Registrace:** N/A **Projednání s etickou komisí:** N/A

Obr. 2. Algoritmus diagnostiky s využitím fungálních antigenů

LITERATURA

- Denning DW. Global incidence and mortality of severe fungal disease. *Lancet Infect Dis*. 2024;24(7):e428-38. doi: 10.1016/S1473-3099(23)00692-8.
- Bassetti M, Giacobbè DR, Agvald-Ohman C, Akova M, Alastruey-Izquierdo A, Arkan-Akdagli S, et al. Invasive fungal diseases in adult patients in intensive care unit (FUNDICU): 2024 consensus definitions from ESGCIP, EFISG, ESICM, ECMM, MSGERC, ISAC, and ISHAM. *Intensive Care Med*. 2024;50(4):502-15. doi: 10.1007/s00134-024-07341-7.
- Odabasi Z, Paetznick VL, Rodriguez JR, Chen E, McGinnis MR, Ostrosky-Zeichner L. Differences in beta-glucan levels in culture supernatants of a variety of fungi. *Med Mycol*. 2006;44(3):267-72. doi: 10.1080/13693780500474327.
- Theel ES, Jespersen DJ, Iqbal S, Bestrom JE, Rollins LO, Misner LJ, et al. Detection of (1, 3)- β -D-glucan in bronchoalveolar lavage and serum samples collected from immunocompromised hosts. *Mycopathologia*. 2013;175(1-2):33-41. doi: 10.1007/s11046-012-9579-y.
- Rose SR, Vallabhajosyula S, Velez MG, Fedorko DP, VanRaden MJ, Gea-Banacloche JC, et al. The utility of bronchoalveolar lavage beta-D-glucan testing for the diagnosis of invasive fungal infections. *J Infect*. 2014;69(3):278-83. doi: 10.1016/j.jinf.2014.04.008.
- Forster J, Hoenigl M, Suerbaum S, Wagener J, Dichtl K. Serologic biomarkers in Candida and Aspergillus infections of the central nervous system: A comparison of galactomannan, mannan and β -1,3-D-glucan testing from serum and cerebrospinal fluid. *Mycoses*. 2022;65(7):709-14. doi: 10.1111/myc.13451.
- Novy E, Rivière J, Nguyen M, Arfeuille G, Louis G, Bouhemad B, et al. Combination of serum and peritoneal 1,3-beta-D-glucan can rule out intra-abdominal candidiasis in surgical critically ill patients: a multicenter prospective study. *Crit Care*. 2023;27(1):470. doi: 10.1186/s13054-023-04761-7.
- He S, Hang J-P, Zhang L, Wang F, Zhang D-C, Gong F-H. A systematic review and meta-analysis of diagnostic accuracy of serum 1,3- β -D-glucan for invasive fungal infection: Focus on cutoff levels. *J Microbiol Immunol Infect*. 2015;48(4):351-61. doi: 10.1016/j.jmii.2014.06.009.
- Ellis M, Al-Ramadi B, Finkelman M, Hedstrom U, Kristensen J, Ali-Zadeh H, et al. Assessment

of the clinical utility of serial beta-D-glucan concentrations in patients with persistent neutropenic fever. *J Med Microbiol.* 2008;57(Pt 3):287-95. doi: 10.1099/jmm.0.47479-0.

10. Jaijakul S, Vazquez JA, Swanson RN, Ostrosky-Zeichner L. (1,3)- β -D-glucan as a prognostic marker of treatment response in invasive candidiasis. *Clin Infect Dis.* 2012;55(4):521-6. doi: 10.1093/cid/cis456.

11. White SK, Schmidt RL, Walker BS, Hanson KE. (1 $\rightarrow$ 3)- β -D-glucan testing for the detection of invasive fungal infections in immunocompromised or critically ill people. *Cochrane Database Syst Rev.* 2020;7(7):CD009833. doi: 10.1002/14651858.CD009833.pub2.

12. White SK, Walker BS, Hanson KE, Schmidt RL. Diagnostic accuracy of β -d-glucan (Fungitell) testing among patients with hematologic malignancies or solid organ tumors: A systematic review and meta-analysis. *Am J Clin Pathol.* 2019;151(3):275-85. doi: 10.1093/ajcp/aqy135.

13. Ullah N, Muccio M, Magnasco L, Sepulcri C, Giacobbe DR, Vena A, et al. Species-specific sensitivity and levels of beta-D-Glucan for the diagnosis of candidemia-A systematic review and meta-analysis. *J Fungi (Basel).* 2025;11(2):149. doi: 10.3390/jof11020149.

14. Rouzé A, Estella Á, Timsit J-F. Is (1,3)- β -D-glucan useless to guide antifungal therapy in ICU? *Intensive Care Med.* 2022;48(7):930-2. doi: 10.1007/s00134-022-06766-2.

15. Bloos F, Held J, Kluge S, Simon P, Kogelmann K, de Heer G, et al. (1 $\rightarrow$ 3)- β -D-Glucan-guided antifungal therapy in adults with sepsis: the CandiSep randomized clinical trial. *Intensive Care Med.* 2022;48(7):865-75. doi: 10.1007/s00134-022-06733-x.

16. Cornely OA, Sprute R, Bassetti M, Chen SC-A, Groll AH, Kurzai O, et al. Global guideline for the diagnosis and management of candidiasis: an initiative of the ECMM in cooperation with ISHAM and ASM. *Lancet Infect Dis.* 2025;25(5):e280-93. doi: 10.1016/S1473-3099(24)00749-7.

17. Martin-Loeches I, Antonelli M, Cuenca-Estrella M, Dimopoulos G, Einav S, De Waele JJ, et al. ESICM/ESCMID task force on practical management of invasive candidiasis in critically ill patients. *Intensive Care Med.* 2019;45(6):789-805. doi: 10.1007/s00134-019-05599-w.

18. Kritikos A, Poissy J, Croxatto A, Bochud P-Y, Pagani J-L, Lamoth F. Impact of the beta-glucan test on management of intensive care unit patients at risk for invasive candidiasis. *J Clin Microbiol.* 2020;58(6). doi: 10.1128/jcm.01996-19.

19. Leroy O, Bailly S, Gangneux J-P, Mira J-P, Devos P, Dupont H, et al. Systemic antifungal therapy for proven or suspected invasive candidiasis: the AmCAND 2 study. *Ann Intensive Care.* 2016;6(1):2. doi: 10.1186/s13613-015-0103-7.

20. Furfaro E, Giacobbe DR, Del Bono V, Signori A, Guolo F, Minetto P, et al. Performance of serum (1,3)- β -d-glucan screening for the diagnosis of invasive aspergillosis in neutropenic patients with haematological malignancies. *Mycoses.* 2018;61(9):650-5. doi: 10.1111/myc.12787.

21. Lahmer T, Rasch S, Schnappauf C, Beitz A, Schmid RM, Huber W. Comparison of serum galactomannan and 1,3-beta-D-glucan determination for early detection of invasive pulmonary aspergillosis in critically ill patients with hematological malignancies and septic shock. *Mycopathologia.* 2016;181(7-8):505-11. doi: 10.1007/s11046-016-0011-x.

22. Pazos C, Pontón J, Del Palacio A. Contribution of (1 $\rightarrow$ 3)-beta-D-glucan chromogenic assay to diagnosis and therapeutic monitoring of invasive aspergillosis in neutropenic adult patients: a comparison with serial screening for circulating galactomannan. *J Clin Microbiol.* 2005;43(1):299-305. doi: 10.1128/JCM.43.1.299-305.2005.

23. Huang Q-Y, Li P-C, Yue J-R. Diagnostic performance of serum galactomannan and β -D-glucan for invasive aspergillosis in suspected patients: A meta-analysis. *Medicine (Baltimore).* 2024;103(5):e37067. doi: 10.1097/MD.00000000000037067.

24. Kolbrink B, Scheikholeslami-Sabzewari J, Borzikowsky C, von Samson-Himmelstjerna FA, Ullmann AJ, Kunzendorf U, et al. Evolving epidemiology of pneumocystis pneumonia: Findings from a longitudinal population-based study and a retrospective multi-center study in Germany. *Lancet Reg Health Eur.* 2022;18(100400):100400. doi: 10.1016/j.lanepe.2022.100400.

25. Thomas CF Jr, Limper AH. Current insights into the biology and pathogenesis of Pneumocystis pneumonia. *Nat Rev Microbiol.* 2007;5(4):298-308. doi: 10.1038/nrmicro1621.

26. Damiani C, Le Gal S, Da Costa C, Virmaux M, Nevez G, Totet A. Combined quantification of pulmonary Pneumocystis jirovecii DNA and serum (1 $\rightarrow$ 3)- β -D-glucan for differential diagnosis of pneumocystis pneumonia and Pneumocystis colonization. *J Clin Microbiol.* 2013;51(10):3380-8. doi: 10.1128/JCM.01554-13.

27. Prosty C, Luo OD, Khalaf R, Del Corpo O, McDonald EG, Lee TC. Diagnostic test accuracy of the Fungitell serum (1 $\rightarrow$ 3)- β -D-glucan assay for the diagnosis of Pneumocystis jirovecii pneumonia: a systematic review and meta-analysis. *Clin Microbiol Infect.* 2025;31(4):542-50. doi: 10.1016/j.cmi.2024.11.004.

28. Costa J-M, Botterel F, Cabaret O, Foulet F, Cordonnier C, Bretagne S. Association between circulating DNA, serum (1 $\rightarrow$ 3)- β -D-glucan, and pulmonary fungal burden in Pneumocystis pneumonia. *Clin Infect Dis.* 2012;55(2):e5-8. doi: 10.1093/cid/cis412.

29. Limper AH, Offord KP, Smith TF, Martin WJ 2nd. Pneumocystis carinii pneumonia. Differences in lung parasite number and inflammation in patients with and without AIDS. *Am Rev Respir Dis.* 1989;140(5):1204-9. doi: 10.1164/ajrccm/140.5.1204.

30. Damiani C, Demey B, Pauc C, Le Govic Y, Totet A. A negative (1,3)- β -D-glucan result alone is not sufficient to rule out a diagnosis of Pneumocystis pneumonia in patients with hematological malignancies. *Front Microbiol.* 2021;12:713265. doi: 10.3389/fmicb.2021.713265.

31. Mikulska M, Ullah N, Magnasco L, Codda G, Bartalucci C, Miletich F, et al. Lower (1,3)-beta-

d-glucan sensitivity and in vitro levels in Candida auris and Candida parapsilosis strains. *Clin Microbiol Infect.* 2024;30(6):822-7. doi: 10.1016/j.cmi.2024.02.012.

32. León C, Ruiz-Santana S, Saavedra P, Castro C, Loza A, Zakariya I, et al. Contribution of Candida biomarkers and DNA detection for the diagnosis of invasive candidiasis in ICU patients with severe abdominal conditions. *Crit Care.* 2016;20(1):149. doi: 10.1186/s13054-016-1324-3.

33. Goudjil S, Chazal C, Moreau F, Leke A, Kongolo G, Chouaki T. Blood product transfusions are associated with an increase in serum (1-3)-beta-d-glucan in infants during the initial hospitalization in neonatal intensive care unit (NICU). *J Matern Fetal Neonatal Med.* 2017;30(8):933-7. doi: 10.1080/14767058.2016.1191064.

34. Nagasawa K, Yano T, Kitabayashi G, Morimoto H, Yamada Y, Ohata A, et al. Experimental proof of contamination of blood components by (1 $\rightarrow$ 3)-beta-D-glucan caused by filtration with cellulose filters in the manufacturing process. *J Artif Organs.* 2003;6(1):49-54. doi: 10.1007/s100470300008.

35. Hammarström H, Kondori N, Friman V, Wennerås C. How to interpret serum levels of beta-glucan for the diagnosis of invasive fungal infections in adult high-risk hematology patients: optimal cut-off levels and confounding factors. *Eur J Clin Microbiol Infect Dis.* 2015;34(5):917-25. doi: 10.1007/s10096-014-2302-9.

36. Duffner U, Abdel-Mageed A, Dahl K, Fogg G, Hester J. Serum (1 $\rightarrow$ 3)- β -D-glucan levels (Fungitell assay) is not useful as a screening test for recipients of an allogeneic HSCT while on immunoglobulin replacement. *Bone Marrow Transplant.* 2012;47(1):151-2. doi: 10.1038/bmt.2011.24.

37. Liss B, Cornely OA, Hoffmann D, Dimitriou V, Wisplinghoff H. 1,3- β -D-Glucan contamination of common antimicrobials. *J Antimicrob Chemother.* 2016;71(4):913-5. doi: 10.1093/jac/ckv419.

38. Ito S, Ashizawa M, Sasaki R, Ikeda T, Toda Y, Mashima K, et al. False-positive elevation of 1,3-beta-D-glucan caused by continuous administration of penicillin G. *J Infect Chemother.* 2018;24(10):812-4. doi: 10.1016/j.jiac.2018.06.008.

39. Mennink-Kersten MASH, Ruegebrink D, Verweij PE. Pseudomonas aeruginosa as a cause of 1,3-beta-D-glucan assay reactivity. *Clin Infect Dis.* 2008;46(12):1930-1. doi: 10.1086/588563.

40. Held J, Kohlberger I, Rappold E, Busse Grawitz A, Häcker G. Comparison of (1 $\rightarrow$ 3)- β -D-glucan, mannan/anti-mannan antibodies, and Cand-Tec Candida antigen as serum biomarkers for candidemia. *J Clin Microbiol.* 2013;51(4):1158-64. doi: 10.1128/JCM.02473-12.

41. Albert O, Toubas D, Strady C, Cousson J, Delmas C, Vernet V, et al. Reactivity of (1 $\rightarrow$ 3)- β -d-glucan assay in bacterial bloodstream infections. *Eur J Clin Microbiol Infect Dis.* 2011;30(11):1453-60. doi: 10.1007/s10096-011-1244-8.

42. Racil Z, Kocmanova I, Toskova M, Winterova J, Lengerova M, Timilsina S, et al. Reactivity of the 1,3- β -D-glucan assay during bacteraemia: limited evidence from a prospective study: 1,3-B-D-glucan and bacteraemia. *Mycoses.* 2013;56(2):101-4. doi: 10.1111/j.1439-0507.2012.02210.x.

43. Furfaro E, Mikulska M, Del Bono V, Guolo F, Minetto P, Gobbi M, et al. Bloodstream infections are an improbable cause of positive serum (1,3)- β -D-glucan in hematology patients. *Clin Vaccine Immunol.* 2014;21(9):1357-9. doi: 10.1128/CI.00214-14.

44. Sawai T, Nakao T, Yamaguchi S, Yoshioka S, Matsuo N, Suyama N, et al. Detection of high serum levels of β -D-Glucan in disseminated nocardial infection: a case report. *BMC Infect Dis.* 2017;17(1):272. doi: 10.1186/s12879-017-2370-4.

45. Shah J, Dutta U, Rudramurthy S, Chakrabarti A, Sinha SK, Sharma V, et al. Colonic mucosa-associated candida assessed by biopsy culture is associated with disease severity in ulcerative colitis: A prospective study. *J Dig Dis.* 2019;20(12):642-8. doi: 10.1111/1751-2980.12825.

46. Leelahavanichkul A, Worasilchai N, Wannalerdsakun S, Jutivorakool K, Somporn P, Issara-Amphorn J, et al. Gastrointestinal leakage detected by serum (1 $\rightarrow$ 3)- β -D-glucan in mouse models and a pilot study in patients with sepsis. *Shock.* 2016;46(5):506-18. doi: 10.1097/SHK.0000000000000645.

47. Zhai B, Ola M, Rolling T, Tosini NL, Joshowitz S, Littmann ER, et al. High-resolution microbiota analysis reveals dynamic intestinal translocation preceding invasive candidiasis. *Nat Med.* 2020;26(1):59-64. doi: 10.1038/s41591-019-0709-7.

48. Samonis G, Kofteridis DP, Maraki S, Alegakis D, Mantadakis E, Papadakis JA, et al. Levofloxacin and moxifloxacin increase human gut colonization by Candida species. *Antimicrob Agents Chemother.* 2005;49(12):5189. doi: 10.1128/AAC.49.12.5189.2005.

49. Yang A-M, Inamine T, Hochrath K, Chen P, Wang L, Llorente C, et al. Intestinal fungi contribute to development of alcoholic liver disease. *J Clin Invest.* 2017;127(7):2829-41. doi: 10.1172/JCI90562.

50. Szyzskowitz A, Zurl C, Herzeg A, Berger A, Gemes G, Mitteregger M, et al. Serum 1,3-beta-D-Glucan values during and after laparoscopic and open intestinal surgery. *Open Forum Infect Dis.* 2018;5(12):ofy296. doi: 10.1093/ofid/ofy296.

51. Egger M, Horvath A, Prüller F, Fickert P, Finkelman M, Kriegl L, et al. Fungal translocation measured by serum 1,3- β -D-glucan correlates with severity and outcome of liver cirrhosis-A pilot study. *Liver Int.* 2023;43(9):1975-83. doi: 10.1111/liv.15648.

52. Kanda H, Kubo K, Hamasaki K, Kanda Y, Nakao A, Kitamura T, et al. Influence of various hemodialysis membranes on the plasma (1 $\rightarrow$ 3)-beta-D-glucan level. *Kidney Int.* 2001;60(1):319-23. doi: 10.1046/j.1523-1755.2001.00802.x.

53. Wong J, Zhang Y, Swift O, Finkelman M, Patidar A, Ramanarayanan S, et al. Beta-glucans

in advanced CKD: role in endotoxaemia and inflammation. *BMC Nephrol.* 2020;21(1):118. doi: 10.1186/s12882-020-01779-9.

54. Verweij PE, Weemaes CM, Curfs JH, Bretagne S, Meis JF. Failure to detect circulating *Aspergillus* markers in a patient with chronic granulomatous disease and invasive aspergillosis. *J Clin Microbiol.* 2000;38(10):3900-1. doi: 10.1128/JCM.38.10.3900-3901.2000.
55. Leeflang MMG, Debets-Ossenkopp YJ, Wang J, Visser CE, Scholten RJP, Hooft L, et al. Galactomannan detection for invasive aspergillosis in immunocompromised patients. *Cochrane Database Syst Rev.* 2015;2017(12):CD007394. doi: 10.1002/14651858.CD007394.pub2.
56. Bassetti M, Azoulay E, Kullberg B-J, Ruhnke M, Shoham S, Vazquez J, et al. EORTC/MSGRC definitions of invasive fungal diseases: Summary of activities of the intensive care unit working group. *Clin Infect Dis.* 2021;72(Suppl 2):S121-7. doi: 10.1093/cid/ciaa1751.
57. Duarte RF, Sánchez-Ortega I, Cuesta I, Arnan M, Patiño B, Fernández de Sevilla A, et al. Serum galactomannan-based early detection of invasive aspergillosis in hematology patients receiving effective antimold prophylaxis. *Clin Infect Dis.* 2014;59(12):1696-702. doi: 10.1093/cid/ciu673.
58. Lai G, Zeng C, Mo J, Song W-D, Xu P. Diagnostic value of galactomannan in bronchoalveolar lavage fluid for chronic respiratory disease with pulmonary aspergillosis. *J Clin Microbiol.* 2020;58(3). doi: 10.1128/jcm.01308-19.
59. de Heer K, Gerritsen MG, Visser CE, Leeflang MM. Galactomannan detection in bronchoalveolar lavage fluid for invasive aspergillosis in immunocompromised patients. *Cochrane Database Syst Rev.* 2019;5(4):CD012399. doi: 10.1002/14651858.CD012399.pub2.
60. Nuh A, Ramadan N, Shah A, Armstrong-James D. Sputum galactomannan has utility in the diagnosis of chronic pulmonary aspergillosis. *J Fungi (Basel).* 2022;8(2):188. doi: 10.3390/jof8020188.
61. Chun JY, Jeong S-J, Kim S, Choi S, Lee JH, Chung HS, et al. Performance of the galactomannan test for the diagnosis of invasive pulmonary aspergillosis using non-invasive proximal airway samples. *J Infect.* 2024;88(6):106159. doi: 10.1016/j.jinf.2024.106159.
62. Zandijk E, Mewis A, Magerman K, Cartuyvels R. False-positive results by the platelia *Aspergillus* galactomannan antigen test for patients treated with amoxicillin-clavulanate. *Clin Vaccine Immunol.* 2008;15(7):1132-3. doi: 10.1128/CVI.00022-08.
63. Singh N, Obman A, Husain S, Aspinall S, Mietzner S, Stout JE. Reactivity of platelia *Aspergillus* galactomannan antigen with piperacillin-tazobactam: clinical implications based on achievable concentrations in serum. *Antimicrob Agents Chemother.* 2004;48(6):1989-92. doi: 10.1128/AAC.48.6.1989-1992.2004.
64. Boonsarnsuk V, Niyompattama A, Teosirimongkol C, Sriwanichrak K. False-positive serum and bronchoalveolar lavage *Aspergillus* galactomannan assays caused by different

antibiotics. *Scand J Infect Dis.* 2010;42(6-7):461-8. doi: 10.3109/00365541003602064-

65. Mikulska M, Furfaro E, Del Bono V, Raiola AM, Ratto S, Bacigalupo A, et al. Piperacillin/tazobactam (TazocinTM) seems to be no longer responsible for false-positive results of the galactomannan assay. *J Antimicrob Chemother.* 2012;67(7):1746-8. doi: 10.1093/jac/dks111.
66. Penack O, Schwartz S, Thiel E, Wolfgang Blau I. Lack of evidence that false-positive *Aspergillus* galactomannan antigen test results are due to treatment with piperacillin-tazobactam. *Clin Infect Dis.* 2004;39(9):1401-2; author reply 1402-3. doi: 10.1086/425131.
67. Shin DW, Cho J, Choi KS, Lee J, Choi Y, Choi SJ, et al. False-positive results of galactomannan assays in patients administered glucose-containing solutions. *Sci Rep.* 2024;14(1):2552. doi: 10.1038/s41598-024-53116-x.
68. Hage CA, Reynolds JM, Durkin M, Wheat LJ, Knox KS. Plasmalyte as a cause of false-positive results for *Aspergillus* galactomannan in bronchoalveolar lavage fluid. *J Clin Microbiol.* 2007;45(2):676-7. doi: 10.1128/JCM.01940-06.
69. Van Der Veer J, Lewis RJ, Emtiazoo AM, Allen SD, Wheat LJ, Hage CA. Cross-reactivity in the PlateliaTM *Aspergillus* enzyme immunoassay caused by blastomycosis. *Med Mycol.* 2012;50(4):396-8. doi: 10.3109/13693786.2011.608172.
70. Wheat LJ, Hackett E, Durkin M, Connolly P, Petraitiene R, Walsh TJ, et al. Histoplasmosis-associated cross-reactivity in the BioRad Platelia *Aspergillus* enzyme immunoassay. *Clin Vaccine Immunol.* 2007;14(5):638-40. doi: 10.1128/CVI.00479-06.
71. Dalle F, Charles PE, Blanc K, Caillot D, Chavanet P, Dromer F, et al. *Cryptococcus neoformans* Galactoxylomannan contains an epitope(s) that is cross-reactive with *Aspergillus* Galactomannan. *J Clin Microbiol.* 2005;43(6):2929-31. doi: 10.1128/JCM.43.6.2929-2931.2005.
72. Aigner M, Wanner M, Kreidl P, Lass-Flörl C, Lackner M. *Candida* in the respiratory tract potentially triggers galactomannan positivity in nonhematological patients. *Antimicrob Agents Chemother.* 2019;63(6). doi: 10.1128/AAC.00138-19.
73. Asano-Mori Y, Kanda Y, Oshima K, Kako S, Shinohara A, Nakasone H, et al. False-positive *Aspergillus* galactomannan antigenaemia after haematopoietic stem cell transplantation. *J Antimicrob Chemother.* 2008;61(2):411-6. doi: 10.1093/jac/dkm463.
74. Mennink-Kersten MASH, Ruegebrink D, Klont RR, Warris A, Gavini F, Op den Camp HJM, et al. Bifidobacterial lipoglycan as a new cause for false-positive platelia *Aspergillus* enzyme-linked immunosorbent assay reactivity. *J Clin Microbiol.* 2005;43(8):3925-31. doi: 10.1128/JCM.43.8.3925-3931.2005.
75. Ansorg R, van den Boom R, Rath PM. Detection of *Aspergillus* galactomannan antigen in foods and antibiotics. *Mycoses.* 1997;40(9-10):353-7. doi: 10.1111/j.1439-0507.1997.tb00249.x.

Dynamická arteriální elastance – současný pohled

Klimovič A.¹⁻³, Smékalová O.¹⁻⁴, Kletečka J.¹⁻², Beneš J.^{1-3, 5}, Zatloukal J.¹⁻³

¹Klinika anesteziologie, resuscitace a intenzivní medicíny, Lékařská fakulta v Plzni, Univerzita Karlova

²Klinika anesteziologie, resuscitace a intenzivní medicíny, Fakultní nemocnice Plzeň

³Simulační centrum Plzeň (SIM/PL), Lékařská fakulta v Plzni, Univerzita Karlova

⁴Ústav simulační medicíny, Lékařská fakulta Masarykovy univerzity, Brno

⁵Biomedicínské centrum, Lékařská fakulta v Plzni, Univerzita Karlova

Arteriální hypotenze představuje významný rizikový faktor morbidity a mortality v perioperační i intenzivní péči. Zvýšení srdečního výdeje po tekutinové výzvě však nevede vždy k odpovídajícímu vzestupu arteriálního tlaku, což odráží komplexní interakci mezi srdečním výdejem a arteriálním řečištěm. Dynamická arteriální elastance, definovaná jako poměr variace pulzního tlaku a variace tepového objemu, byla navržena jako funkční parametr schopnosti arteriálního systému převádět změny srdečního výdeje do změn krevního tlaku. Představuje tak parametr schopný predikovat odpověď arteriálního řečiště na zvýšený srdeční výdej po navýšení preloadu. Cílem tohoto narativního přehledového článku je shrnout současné poznatky o fyziologickém podkladu dynamické arteriální elastance, metodice jejího měření, jejích limitacích a možnostech klinického využití.

Klíčová slova: dynamická arteriální elastance, intenzivní medicína, perioperační medicína, kardiovaskulární systém.

Dynamic arterial elastance – current perspectives

Arterial hypotension is a major risk factor for morbidity and mortality in perioperative and intensive care settings. However, an increase in cardiac output after a fluid challenge does not always result in a corresponding rise in arterial blood pressure, reflecting the complex interaction between cardiac output and the arterial system. Dynamic arterial elastance, defined as the ratio of pulse pressure variation to stroke volume variation, has been proposed as a functional parameter describing the ability of the arterial system to translate changes in cardiac output into changes in arterial pressure. Eadyn thus represents a parameter capable of predicting the arterial pressure response to an increase in cardiac output following preload augmentation. The aim of this narrative review is to summarize current knowledge on the physiological basis of dynamic arterial elastance, the methodology of its measurement, its limitations, and its potential clinical applications.

Key words: dynamic arterial elastance, intensive care medicine, perioperative medicine, cardiovascular system.

Úvod

Arteriální hypotenze patří mezi nejčastější stavy, které ohrožují pacienta jak v perioperační, tak intenzivní péči. Data ukazují, že každá minuta se středním arteriálním tlakem (MAP) < 65 mm Hg je spojena s vyšším rizikem komplikací (AKI, poškození myokardu, mortalita) [1–4]. Přestože kauzální vztah nebyl zatím v žádné práci prokázán, patofyziologické rationale vede k tomu, že je z těchto důvodů MAP $\geq$ 65 mm Hg doporučen jako minimální hodnota, kterou je třeba u dospělých pacientů udržovat jak v rámci perioperační péče [5], tak intenzivní péče. Výjimkou je hemoragický šok do chirurgické

kontroly krvácení a neurointenzivní péče, které vyžadují specifické cílení MAP [6, 7].

Přestože tekutinová resuscitace je často prvním terapeutickým krokem u pacientů s oběhovou nestabilitou, zvýšení srdečního výdeje (CO) po podání tekutin nevede nutně ke vzestupu středního arteriálního tlaku. Absence tlakové odpovědi se projevuje hlavně ve stavech s významnou distributivní složkou (např. seps, vazoplegie v důsledku celkové nebo neuroaxiální anestezie apod.). Pozitivní kumulativní bilance vede, podle recentní metaanalýzy [8] k vyšší mortalitě pacientů se sepsí a septickým šokem. Data pro perioperační péči v rámci

KORESPONDENČNÍ ADRESA AUTORA:

MUDr. Adam Klimovič, klimovica@fnplzen.cz

Článek přijat redakcí: 30. 3. 2026; Článek přijat k tisku: 15. 4. 2026

Cit. zkr.: Anest intenziv Med. 2026;37(2):101-105

nekardiokirurgických výkonů ukazují na nižší výskyt komplikací ve skupině goal directed therapy, která obdržela menší množství tekutin (krystaloidů, koloidů i transfuzí), mortalitní benefit však prokázán nebyl [9]. Podle recentní metaanalýzy zvyšuje u kardiokirurgických výkonů pozitivní kumulativní bilance mortalitu pacientů [10]. Testování tekutinové reaktivity jako hlavního způsobu prevence neindikovaného podání tekutin (a tedy pozitivní bilance) je doporučeno jak v perioperační [5], tak intenzivní péči [7]. Vzhledem ke komplexnímu vztahu mezi CO a krevním řečištěm nemusí ani u fluid responzivních pacientů dojít ke zvýšení MAP po bolusu tekutin. Tento nesoulad vedl k hledání funkčního parametru, který by umožnil předpovědět, zda zvýšení tepového objemu povede i k adekvátnímu zvýšení arteriálního tlaku. Jedním z nejvíce studovaných parametrů v tomto kontextu je dynamická arteriální elastance (Eadyn).

Cílem tohoto nesystematického přehledového článku je sumarizovat současný pohled na dynamickou arteriální elastanci, její výhody a limitace, a tím usnadnit čtenáři její využití/hodnocení v klinické praxi.

Metodika

Při vyhledání *dynamic arterial elastance OR Eadyn* poskytuje data-báze PubMed 239 publikací za posledních 5 let. Výsledky těchto studií sumarizují tři metaanalýzy [11–13] a recentně publikovaný editoria [14]. Pro účely této narrative review jsme pracovali dominantně s těmito sekundárními zdroji, nejvýznamnějšími odkazy a cíleně vyhledanými publikacemi.

Fyziologický základ

Arteriální zátěž (*arterial load*) představuje soubor mechanických vlastností arteriálního systému, které kladou odpor ejekci levé komory, a zahrnuje jak rezistivní, tak pulzatilní složku. Tradičně je arteriální zátěž v klinické praxi popisována pomocí systémové vaskulární rezistence (SVR), která ovšem zahrnuje i odpor proudění kapilárním a žilním řečištěm. Navíc reprezentuje pouze rezistivní složku a předpokládá ustálený, neoscilující laminární průtok. Tento předpoklad je splněn přibližně od úrovně arteriol, a proto SVR nedostatečně zohledňuje pulzatilní charakter arteriálního tlaku a průtoku – tedy impedanci aorty, arteriální compliance a fenomény odrazu tlakových vln [15].

Výsledkem mechanické práce srdce je tepový objem, který se během systoly dostává do aorty. Část kinetické energie, která je obsažena v tepovém objemu, je uložena ve formě potenciální energie ve stěně aorty, která distenduje díky své elasticitě. Tato energie je pak během diastoly navrátna krvi („smrštění“ aorty do původního rozměru), následkem toho pak vzniká nepřerušovaný tok krve. Moderní pojetí arteriální zátěže proto vychází z Windkessel modelu. Ten ve svém původním dvoukompartimentovém modelu rozlišuje rezistivní složku (odpovídá arteriolám) a compliantní složku (odpovídá elastickým arteriím). V rámci zdokonalování byl Windkessel model postupně doplněn o třetí (odpovídá charakteristické impedanci proximální aorty) a čtvrtý kompartiment (inertance – setrvačnost pohybu krve).

Jiný pohled na problematiku ventrikulo-arteriální interakce přináší koncept efektivní arteriální elastance (Ea). Ea bývá zjednodušeně definována jako poměr end-systolického tlaku levé komory (aproximujeme

jako 90 % systolického arteriálního tlaku) k tepovému objemu a představuje globální index arteriální zátěže, který v sobě zahrnuje jak rezistivní, tak pulzatilní vlastnosti arteriálního řečiště. Jde však o parametr statický, odvozený z jednoho srdečního cyklu, který nepostihuje okamžité změny ventrikulo-arteriální interakce při dynamických změnách preloadu či intratorakálního tlaku během respiračního cyklu.

V roce 2002 navrhl Pinsky hodnocení arteriálního tonu pomocí respiračně indukovaných změn pulzního tlaku a tepového objemu během mechanické ventilace [16]. Postuloval, že variace v tepovém objemu vzniklé na podkladě změn nitrohručních tlaků při přetlakové ventilaci (stroke volume variation, SVV) a její tlaková odezva (pulse pressure variation, PPV) může sloužit jako dynamický ukazatel funkční arteriální elastance. Na základě této fyziologické koncepce následně García a kol. klinicky ověřili schopnost nově definovaného parametru „dynamická arteriální elastance“ predikovat tlakovou odpověď na tekutinovou resuscitaci u hypotenzních preload-responzivních pacientů [17, 18].

Definice a fyziologický význam dynamické arteriální elastance

Dynamická arteriální elastance je definována jako poměr relativní variace pulzního tlaku k relativní variaci tepového objemu:

$$\text{Eadyn} = \text{PPV} / \text{SVV}$$

Jak bylo zmíněno, Eadyn vyjadřuje, jak velká změna amplitudy arteriálního tlaku (pulzní tlak) vznikne při dané variaci tepového objemu během respiračního cyklu. Jinými slovy popisuje sklon dynamického vztahu tlak–objem a představuje funkční analogii arteriální elastance [17].

Vysoká hodnota Eadyn indikuje, že relativně malá změna tepového objemu povede k významnému vzestupu pulzního tlaku. To odpovídá vyšší arteriální tuhosti nebo zvýšenému vazomotorickému tonu. Naopak nízká hodnota Eadyn odráží vysokou arteriální complianci, kdy zvýšení srdečního výdeje vede pouze k minimálnímu vzestupu arteriálního tlaku.

Důležité je zdůraznit, že Eadyn není čistým ukazatelem arteriálního tonu, ale komplexním parametrem odrážejícím ventrikulo-arteriální coupling a mechanickou efektivitu levé komory [19].

Metodika měření a podmínky validity

Podle původního konceptu je spolehlivé stanovení Eadyn možné pouze u fluid responzivního pacienta z parametrů PPV a SVV. Musí být tedy splněny předpoklady pro hodnocení dynamických parametrů preloadu známé jako „LIMITS“ [20, 21] (Obr. 1). V kontextu Eadyn se jako zásadní jeví absence arytmií, spontánní dechové aktivity a dechový objem alespoň 8 ml/kg ideální tělesné hmotnosti (ideal body weight, IBW). Jako u všech parametrů, které získáváme z hodnocení arteriální křivky, je nezbytná rovněž kvalitní a správně tlumená arteriální křivka [22, 23].

Eadyn se stanovuje z PPV a SVV, které jsou nejčastěji získány analýzou arteriální křivky. Zdrojem obou hodnot je pak jeden monitor, proto vyvstala obava z matematického „couplingu“ (tedy že SVV je pouze přepočtená PPV). Takovýto design měla původní validační studie od García a kol. [17]. Skupina pod vedením stejného autora proto

Obr. 1. LIMITS – nejčastější limitace pro hodnocení dynamických parametrů preloadu

		Falešně pozitivní	Falešně negativní
L	Low HR/RR ratio (extreme bradycardia or high frequency ventilation)	Nízký poměr HR/RR (extrémní bradykardie nebo ventilace s vysokou frekvencí)	✓
I	Irregular heart beats	Nepravidelná akce srdeční	✓
M	Mechanical ventilation with low tidal volume	Mechanická ventilace s nízkým dechovým objemem	✓
I	Increased abdominal pressure (pneumoperitoneum)	Zvýšený nitrobřišní tlak	✓
T	Thorax open	Otevřený hrudník	✓
S	Spontaneous breathing	Spontánní ventilace	✓

publikovala další práci [18] s odlišným uspořádáním – ke kalkulaci Eadyn použili PPV, jejímž zdroje byla analýza arteriální křivky, a SVV, jejímž zdrojem bylo jícnové Dopplerovské měření. Závěry obou studií stran výpovědní hodnoty Eadyn jsou shodné. Matematický coupling vyvrací i metaanalýza [12], jelikož zahrnuté studie se lišily ve zdroji SVV.

Jelikož je Eadyn poměr PPV/SVV, nabízí se otázka, zda je možné je hodnotit i u pacientů, kteří parametry „LIMITS“ nesplňují, neboť jejich nesplnění bude mít na oba parametry totožný vliv a neovlivní vzájemný poměr – například malý dechový objem, spontánní ventilace nebo arytmie. Cecconi a kol. prokázal možnost užití Eadyn u podskupiny spontánně ventilujících pacientů [24] – u pacientů v pooperační péči nejprve ověřil fluid rezpozivitu bolusem koloidního roztoku s tím, že pouze u pacientů s nárůstem CO $\geq 10\%$ byla vyšší Eadyn (s šedou zónou 0,9–1,15) před bolusem tekutin spojena s nárůstem MAP $\geq 10\%$. Je však otázkou, zda toto můžeme zobecnit a použít Eadyn u spontánně ventilujících pacientů, jejichž fluid rezpozivita byla ověřena jinak než bolusem tekutin – například změnou průměru dolní duté žíly při spontánní ventilaci či PLR. Aktuální závěr práce je, že Eadyn je relevantně možné hodnotit pouze u fluid rezpozivních pacientů.

Limitaci Eadyn představuje fakt, že je tento parametr dostupný na monitoru HemoSphere Alta (BD, Franklin Lakes, NJ, USA) (případně na předchozích verzích monitoru). Eadyn poskytuje také monitor MostCare Up (Vygon, Ecouen, France), u nějž je však označený jako „PPV/SVV“ („Dynamic elastance“). Dovolujeme si upozornit, že MostCare Up nabízí i parametr „Ea“ („Arterial elastance“) kalkulovaný však jako Dic/SV (Dic představuje dikrotický tlak – krevní tlak v okamžiku dikrotického zářezu, SV je tepový objem). Při užití jiných monitorů je potřeba Eadyn spočítat. V tomto případě je nutné brát zřetel na zdroj PPV a SVV – pokud každý prochází z jiného přístroje, je třeba ověřit, z jakého „plovoucího okna“ jsou stanoveny. Parametry totiž většinou nejsou poskytovány jako skutečně „beat-to-beat“, neboť výsledná vysoká variabilita v praxi znesnadňuje vlastní interpretaci, ale jsou kalkulovány právě z „plovoucího okna“, tedy určitého časového intervalu (cca 20 sekund, nastavitelný u některých výrobců). Různá délka „plovoucího okna“ PPV a SVV pak znemožní validní kalkulaci Eadyn.

Klinické využití parametru Eadyn

Predikce vzestupu krevního tlaku po bolusu tekutin

Prediktivní hodnota Eadyn pro vzestup MAP po tekutinové výzvě byla systematicky hodnocena v metaanalýze Zhou a kol. zahrnující mechanicky ventilované hypotenzní pacienty [11]. Přes velmi heterogenní tekutinovou výzvu a různě definovaný vzestup MAP (o 10 % nebo 15 %, případně jeho vzestup nad 65 mm Hg) mezi studii prokázala tato metaanalýza vynikající diagnostickou přesnost Eadyn s plochou pod hierarchickou ROC křivkou (AUHSROC) 0,92 (95% CI 0,89–0,94). Optimální cut-off hodnoty se ve studiích pohybovaly nejčastěji mezi 0,7 a 0,8, přičemž predikce Eadyn byla výrazně vyšší u pacientů na jednotkách intenzivní péče než v perioperačním prostředí. AUHSROC pro pacienty v intenzivní péči dosáhla 0,96 (95% CI 0,94–0,98) – u pacientů v intraoperační péči byla AUHSROC 0,72 (95% CI 0,67–0,75) pravděpodobně v důsledku odlišného hemodynamického kontextu a menší role arteriální vazoplegie ve srovnání s kriticky nemocnými pacienty na jednotkách intenzivní péče. Na pracovišti autorů byla Eadyn použita v rámci algoritmu studie, která se věnovala využití parametru Hypotension Prediction Index (HPI) peroperačně [25]. V rámci intervenční skupiny byla dávka noradrenalinu navyšována pouze při HPI indikujícím riziko hypotenze a současně Eadyn $\leq 0,8$. Studie prokázala nižší počet pacientů, u kterých byla zaznamenána hypotenze, a současně nižší kumulativní dávku noradrenalinu.

Doporučené využití:

Predikce zvýšení MAP po bolusu tekutin u fluid rezpozivních pacientů v intenzivní péči splňující kritéria hodnocení dynamických parametrů preloadu. Eadyn v rozmezí 0,7 až 0,8 představují zřejmě šedou zónu – pacienti s hodnotou $\geq 0,8$ budou s velkou mírou jistoty reagovat na bolus tekutin vzestupem MAP, naopak pacienti $\leq 0,7$ nejspíš reagovat nebudou. Po ověření tekutinové reaktivity je možné užití Eadyn i u pacientů se spontánní ventilací v intenzivní péči, zde se však hodnoty Eadyn posouvají výše (šedá zóna 0,9–1,15). Využití Eadyn u pacientů v intraoperační péči je spojeno s nižší mírou jistoty.

Predikce hypotenze při weaningu/titraci vazopresorů

Novější oblastí využití Eadyn je predikce tlakové odpovědi při snižování dávky noradrenalinu u pacientů s vazoplegií. Dvě recentní metaanalýzy (hodnotily však 5 stejných prospektivních studií) prokázaly velmi dobrou prediktivní hodnotu Eadyn pro pokles MAP během deeskalace vazopresorické terapie (opět různě definovanou hypotenzii i strategii snižování dávky vazopresorů) [12, 13]. Jednalo se o řízeně ventilované pacienty, většinou se septickým šokem (76 %). Pacienti však nemuseli být fluid rezpozivní pro zařazení. Toto podporuje i studie Andrei [26], která hodnotila výskyt hypotenze při snížení dávky noradrenalinu, jejíž výskyt nebyl ovlivněn tekutinovou reaktivitou hodnocenou pomocí passive leg raising testu (PLR). Vazopresorem je v rámci studií zahrnutých v metaanalýze myšlen noradrenalin – pacienti s kombinovanou podporou byli buď vyřazeni, nebo byl snižován pouze noradrenalin.

Hodnoty Eadyn pod 0,9 (s šedou zónou 0,80–0,98) byly asociovány s vyšším rizikem hypotenze/poklesu MAP při snižování dávky noradrenalinu. Hodnota Eadyn $\geq 0,9$ naopak umožňuje snižování noradrenalinu.

s nízkým rizikem rozvoje hypotenze/poklesu MAP. Uvedená hodnota svědčí pro zvýšený cévní tonus daný buď nadbytečnou dávkou vazopresoru, nebo spontánní obnovou tonu. Snižování dávky noradrenalinu je v tomto kontextu možnou a pravděpodobně bezpečnou možností léčby. Nízké riziko hypotenze/poklesu MAP při weaningu noradrenalinu nezávisí na tekutinové reaktivitě. Upozorňujeme, že je třeba jasně rozlišovat hypovolemii a pozitivní tekutinovou reaktivitu. Hypovolemický pacient bude reagovat na bolus tekutin zvýšením CO, avšak pozitivní tekutinová reaktivita neznamená automaticky hypovolemii. Zmiňované studie sledovaly vývoj Eadyn po redukci dávky noradrenalinu. Změny byly nekonzistentní – byl pozorován jak mírný vzestup, tak mírný pokles Eadyn po intervenci.

Doporučené využití:

Predikce poklesu MAP při snižování noradrenalinu u euolemických, řízeně ventilovaných (zejména septických) pacientů v intenzivní péči. Hodnota Eadyn $\geq 0,9$ umožňuje snižování noradrenalinu s nízkým rizikem rozvoje hypotenze.

Shrnutí

Dynamická arteriální elastance představuje fyziologicky ukotvený a potenciálně klinicky užitečný parametr umožňující předpověď tlakové odpovědi na změny srdečního výdeje. Největší přínos má u řízeně ventilovaných pacientů v intenzivní péči, a to jak při rozhodování o tekutinové resuscitaci, tak při deeskalaci vazopresorické terapie. Pomocí tohoto přístupu by mělo být možné snížit dávku hypotenze, kterou pacient v rámci intenzivní péče „obdrží“, a která je spojena s vyšším rizikem komplikací [2–4]. Limitací je možnost využít Eadyn pro predikci změny MAP po bolusu tekutin pouze u fluid responzivních pacientů, kteří splňují kritéria pro hodnocení dynamických parametrů preloadu. U predikce změny krevního tlaku při weaningu vazopresorů však nebyla fluid responzivita podmínkou. Vzhledem k nutnosti získat k výpočtu Eadyn kromě PPV i SVV, je také nutné rozšířené monitorování hemodynamiky. Navzdory slibným výsledkům zůstává většina dostupných dat observační povahy a chybí rozsáhlé randomizované studie hodnotící vliv terapie řízené pomocí Eadyn na klinické cíle.

PROHLÁŠENÍ AUTORŮ: Prohlášení o použití AI: Autoři prohlašují, že při psaní tohoto odborného článku nepoužili žádnou formu umělé inteligence. Všechny informace a analýzy jsou výsledkem jejich vlastního výzkumu, zkušeností a úsudku s důrazem na relevantní literaturu, primární zdroje a konzultace s odborníky v oboru. **Prohlášení o původnosti:** Práce je původní a nebyla publikována ani není zaslána k recenznímu řízení do jiného média. **Střet zájmů:** JB dlouhodobě spolupracuje s BD, CNSystems a Getinge, JZ spolupracuje s Getinge. AK a OS spolupracují s BD. **Podíl autorů:** Všichni autoři se podíleli na provedení literární rešerše, návrhu rukopisu. Finální verzi rukopisu všichni autoři četli, souhlasí s jeho zněním a zasláním do redakce časopisu Anesteziologie a intenzivní medicína. **Financování:** Práce podpořena programem rozvoje vědních oborů Karlovy Univerzity (COOPERACIO Anesteziologie a intenzivní medicína) a grantem Ministerstva zdravotnictví České republiky – Rozvoj vědeckovýzkumných organizací (Fakultní nemocnice Plzeň – FNPI, 00669806). **Poděkování:** N/A **Registrace v databázích:** N/A **Projednání etickou komisí:** N/A

LITERATURA

1. Ke JXC, George RB, Beattie WS. Making sense of the impact of intraoperative hypotension: from populations to the individual patient. *Br J Anaesth*. 2018;121(4):689–691. doi: <https://doi.org/10.1016/j.bja.2018.07.003>.
2. Gregory A, Stapelfeldt WH, Khanna AK, Smischney NJ, Boero IJ, Chen Q, et al. Intraoperative hypotension is associated with adverse clinical outcomes after noncardiac surgery. *Anesth Analg*. 2020;132(6):1654–1665. doi: <https://doi.org/10.1213/ane.00000000000005250>.
3. Maleczek M, Laxar D, Geroldinger A, Gleiss A, Lichtenegger P, Kimberger O. Definition of clinically relevant intraoperative hypotension: A data-driven approach. *PLoS One*. 2024;19(11):e0312966. doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0312966>.
4. Walsh M, Devereaux PJ, Garg AX, Kurz A, Turan A, Rodseth RN, et al. Relationship between Intraoperative Mean Arterial Pressure and Clinical Outcomes after Noncardiac Surgery. *Anesthesiology*. 2013;119(3):507–515. doi: <https://doi.org/10.1097/aln.0b013e3182a10e26>.
5. Saugel B, Annecke T, Bein B, Flick M, Goepfert M, Gruenewald M, et al. Intraoperative haemodynamic monitoring and management of adults having non-cardiac surgery: Guidelines of the German Society of Anaesthesiology and Intensive Care Medicine in collaboration with the German Association of the Scientific Medical Societies. *J Clin Monit Comput*. 2024;38(5):945–959. doi: <https://doi.org/10.1007/s10877-024-01132-7>.
6. Carney N, Totten AM, O'Reilly C, Ullman JS, Hawryluk GWJ, Bell MJ, et al. Guidelines for the Management of Severe Traumatic Brain Injury, Fourth Edition. *Neurosurgery*. 2017;80(1):6–15. doi: <https://doi.org/10.1227/neu.00000000000001432>.
7. Monnet X, Messina A, Greco M, Bakker J, Aissaoui N, Cecconi M, et al. ESICM guidelines on circulatory shock and hemodynamic monitoring 2025. *Intensive Care Med*. 2025;51(11):1971–2012. doi: <https://doi.org/10.1007/s00134-025-08137-z>.
8. Fonda F, Orso D, Comisso I, De Crignis E, Merioi F, Galioto B, et al. Fluid balance and mortality in adult ICU patients with sepsis or septic shock: a systematic review and meta-analysis of observational studies. *BMC Anesthesiol*. 2025;26(1):16. doi: <https://doi.org/10.1186/s12871-025-03518-9>.
9. Messina A, Robba C, Calabrò L, Zambelli D, Iannuzzi F, Molinari E, et al. Association between perioperative fluid administration and postoperative outcomes: a 20-year systematic review and a meta-analysis of randomized goal-directed trials in major visceral/noncardiac surgery. *Crit Care*. 2021;25(1):43. doi: <https://doi.org/10.1186/s13054-021-03464-1>.
10. Melo RH, Cappellaro AP, Galeano VG, Felicio APV, Wong A, Da Hora Passos R. Perioperative fluid accumulation and clinical outcomes after cardiac surgery: a systematic review and Bayesian meta-analysis. *J Anesth Analg Crit Care*. 2026;6(1):31. doi: <https://doi.org/10.1186/s44158-026-00346-2>.
11. Zhou X, Pan W, Chen B, Xu Z, Pan J. Predictive performance of dynamic arterial elastance for arterial pressure response to fluid expansion in mechanically ventilated hypotensive adults: a systematic review and meta-analysis of observational studies. *Ann Intensive Care*. 2021;11(1):119. doi: <https://doi.org/10.1186/s13613-021-00909-2>.
12. Zhou X, Hu C, Pan J, Xu Z, Pan J. Dynamic arterial elastance as a predictor of arterial pressure response to norepinephrine weaning in mechanically ventilated patients with vasoplegic syndrome—a systematic review and meta-analysis. *Front Cardiovasc Med*. 2024;11:1350847. doi: <https://doi.org/10.3389/fcvm.2024.1350847>.
13. Alvarado-Sánchez JJ, Salazar-Ruiz S, Caicedo-Ruiz JD, Diaztagle-Fernández JJ, Cárdenas-Bolívar YR, Carreño-Hernández FL, et al. Predictive value of dynamic arterial elastance for vasopressor withdrawal: a systematic review and meta-analysis. *Ann Intensive Care*. 2024;14(1):108. doi: <https://doi.org/10.1186/s13613-024-01345-8>.
14. Guinot PG. A plea for better understanding and appropriate use of dynamic arterial elastance. *Eur J Anaesthesiol*. 2026;43(3):199–201. doi: <https://doi.org/10.1097/eja.0000000000002300>.
15. Cholley B, Payen D. Left ventricular afterload and Ventriculo-Arterial coupling. In: *Update Intensive Care Emerg Med*. 1997;14:27. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-642-60696-0_2.
16. Pinsky MR. Functional hemodynamic monitoring: applied physiology at the bedside. In: *Intensive Care Med*. 2002;537–552. doi: https://doi.org/10.1007/978-1-4757-5551-0_49.
17. García MIM, Cano AG, Romero MG. Dynamic arterial elastance to predict arterial pressure response to volume loading in preload-dependent patients. *Crit Care*. 2011;15(1):R15. doi: <https://doi.org/10.1186/cc9420>.
18. García MIM, Romero MG, Cano AG, Aya HD, Rhodes A, Grounds RM, et al. Dynamic arterial elastance as a predictor of arterial pressure response to fluid administration: a validation study. *Crit Care*. 2014;18(6):626. doi: <https://doi.org/10.1186/s13054-014-0626-6>.
19. García MIM, Jian Z, Hatib F, Settels JJ, Cecconi M, Pinsky MR. Dynamic arterial elastance as a Ventriculo-Arterial Coupling Index: an Experimental animal study. *Front Physiol*. 2020;11:284. doi: <https://doi.org/10.3389/fphys.2020.00284>.
20. Michard F, Chemla D, Teboul JL. Applicability of pulse pressure variation: how many

shades of grey? Crit Care. 2015;19(1). doi: <https://doi.org/10.1186/s13054-015-0869-x>.

21. Shi R, Monnet X, Teboul JL. Parameters of fluid responsiveness. Curr Opin Crit Care. 2020;26(3):319-326. doi: <https://doi.org/10.1097/mcc.0000000000000723>.

22. Foti L, Michard F, Villa G, Ricci Z, Romagnoli S. The impact of arterial pressure waveform underdamping and resonance filters on cardiac output measurements with pulse wave analysis. Br J Anaesth. 2022;129(1):e6-e8. doi: <https://doi.org/10.1016/j.bja.2022.03.024>.

23. Saugel B, Kouz K, Meidert AS, Schulte-Uentrop L, Romagnoli S. How to measure blood pressure using an arterial catheter: a systematic 5-step approach. Crit Care. 2020;24(1):172. doi: <https://doi.org/10.1186/s13054-020-02859-w>.

24. Cecconi M, García MIM, Romero MG, Mellinghoff J, Caliendo F, Grounds RM, et al. The use of pulse pressure variation and stroke volume variation in spontaneously breathing

patients to assess dynamic arterial elastance and to predict arterial pressure response to fluid administration. Anesth Analg. 2014;120(1):76-84. doi: <https://doi.org/10.1213/ane.0000000000000442>.

25. Pouska J, Kletecka J, Zatloukal J, Cervený V, Benes J. A protocol based on hypotension probability indicator vs. standard care to prevent intraoperative hypotension during supratentorial brain surgery: a prospective randomized pilot trial. Minerva Anesthesiol. 2023;89(6):510-519. doi: <https://doi.org/10.23736/s0375-9393.23.17197-5>.

26. Andrei S, Nguyen M, Abou-Arab O, Bouhemad B, Guinot PG. Arterial hypotension following norepinephrine decrease in septic shock patients is not related to preload dependence: a prospective, observational cohort study. Front Med. 2022;9:818386. doi: <https://doi.org/10.3389/fmed.2022.818386>.

Nově vyšlo supplementum

Doporučené postupy pro resuscitaci ERC 2025: souhrn doporučení

- oficiální český překlad ERC Guidelines 2025
- pod odborným dohledem České resuscitační rady
- aktuální doporučení pro KPR a poresuscitační péči pro odbornou veřejnost
- bohatá obrazová dokumentace: schémata, algoritmy a ilustrace
- volně ke stažení na www.aimjournal.cz/archive.php →

PDF

Anesteziologie a intenzivní medicína 2026 / A

ISSN 079-80-7471-563-9

ROČNÍK 32, BOK 2026, Suppl. A (ČERVENEC)

Supplementum

Doporučené postupy pro resuscitaci ERC 2025: Souhrn doporučení

Prof. B. Rosal, J. Bilsandová, P. Černý, P. Pálková, B. Černý, V. Doležal, L. et al.
Doporučené postupy pro resuscitaci ERC 2025: Souhrn doporučení.
Anest. Intensive Med. 2026;37(Suppl. A): 84 s.

Griff R, Lauridsen MC, Doherty T, El Jil, Mennelly V, Mennelly R, et al.
European Resuscitation Council Guidelines 2021: Executive Summary. Resuscitation. 2021;215:Suppl 1:110770. doi: [10.1016/j.resuscitation.2021.110770](https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2021.110770).

Supplementum k časopisu Anesteziologie a intenzivní medicína, vydávanému v ČR od roku 1992. Vydává Česká resuscitační rada. Vydání je dostupné zdarma na webovské stránce www.aimjournal.cz. ISSN 079-80-7471-563-9. AKADÉMIKOVÉ ČASOPISY.



Arginin-vazopresin u dárců orgánů s diagnózou smrti mozku: patofyziologické zdůvodnění, mezinárodní doporučení a praktický postup

Píza P.¹, Kieslichová E.^{1,2}

¹Klinika anesteziologie, resuscitace a intenzivní péče, Transplantační centrum, Institut klinické a experimentální medicíny, Praha

²1. lékařská fakulta Univerzity Karlovy v Praze

Smrt mozku je provázena dramatickými hemodynamickými a endokrinními změnami, které mohou zásadně ohrozit perfuzi orgánů určených k transplantaci. Po krátké fázi sympatické hyperaktivity dochází k náhlé ztrátě sympatického tonu s rozvojem vazoplegie, relativní hypovolemie a hemodynamické nestability. Současně se často rozvíjí centrální diabetes insipidus v důsledku deficitu arginin-vazopresinu, manifestující se polyurií, hypernatremií a osmotickou dysbalancí. Arginin-vazopresin (AVP) představuje z patofyziologického hlediska racionální terapeutickou intervenci, neboť kombinuje vazopresorický účinek prostřednictvím receptorů V1a s antidiuretickým působením přes receptory V2. Jeho podání může vést ke snížení potřeby katecholaminů, stabilizaci arteriálního tlaku a současně ke korekci polyurie a hypernatremie. V mezinárodních doporučeních pro péči o dárce orgánů je nízkodávkovaný AVP často uváděn jako preferovaná nebo časně přidávaná léčba zejména při vazoplegické hypotenzii a při současně přítomném centrálním diabetu insipidu. Dostupná klinická evidence je však heterogenní a převážně observačního charakteru. Tento přehled shrnuje patofyziologické důvody užití AVP u dárců po smrti mozku, dostupná data o jeho účinnosti a bezpečnosti a navrhuje praktický algoritmus zahájení, titrace a monitorace léčby v prostředí jednotky intenzivní péče se zvláštním důrazem na odlišení situací vhodných pro AVP a pro desmopresin.

Klíčová slova: dárce orgánů, smrt mozku, vazoplegický šok, diabetes insipidus, arginin-vazopresin, noradrenalin, hemodynamická podpora.

Arginine vasopressin in brain dead organ donors: pathophysiological rationale, international recommendations, and a practical approach

Brain death is associated with profound hemodynamic and endocrine disturbances that may significantly compromise the perfusion of transplantable organs. Following an initial surge of sympathetic activity, a rapid loss of sympathetic tone ensues, leading to systemic vasodilation, relative hypovolemia, and hemodynamic instability. In parallel, central diabetes insipidus frequently develops due to arginine vasopressin deficiency, manifesting as polyuria, hypernatremia, and osmotic derangements. Arginine vasopressin (AVP) is a pathophysiologically sound therapeutic option in this context, as it exerts vasoconstrictive effects via V1a receptor activation while simultaneously providing antidiuretic action through V2 receptors. AVP administration may reduce catecholamine requirements, stabilize arterial pressure, and facilitate correction of polyuria and hypernatremia. Current donor-management guidelines commonly position low-dose AVP as a preferred or early adjunctive option in catecholamine-refractory or vasoplegic hypotension and/or in concomitant central diabetes insipidus. The supporting evidence remains heterogeneous and predominantly observational. This review summarizes the rationale for AVP use in brain-dead donors, critically appraises the available data on efficacy and safety, and proposes a practical framework for initiation, titration, monitoring, and selection between AVP and desmopressin in the intensive care setting.

Key words: organ donor, brain death, vasoplegic shock, diabetes insipidus, arginine vasopressin, noradrenaline, haemodynamic support.

KORESPONDENČNÍ ADRESA AUTORA:

MUDr. Petr Píza, MHA, petr.piza@ikem.cz

Článek přijat redakcí: 27. 2. 2026; Článek přijat k tisku: 22. 5. 2026

Cit. zkr.: Anest intenziv Med. 2026;37(2):106-110

Úvod

Celosvětově počet pacientů čekajících na transplantaci dlouhodobě převyšuje nabídku vhodných orgánů. Přestože se dárcovský pool rozšiřuje využitím dárců s rozšířenými kritérii, programy dárcovství po cirkulační zástavě a živým dárcovstvím zůstávají dárči po smrti mozku (DBD) klíčovým zdrojem transplantovatelných orgánů. Optimalizace jejich hemodynamické stability proto může zásadně ovlivnit počet i kvalitu odebraných štěpů [1].

Smrt mozku vede k typické posloupnosti hemodynamických a endokrinních změn: po přechodné sympatické bouři následuje ztráta cévního tonu, relativní hypovolemie a často i centrální diabetes insipidus (CDI). Právě kombinace vazoplegie a poruchy vodní rovnováhy činí z AVP klinicky atraktivní léčivo, protože současně zvyšuje systémovou cévní rezistenci a nahrazuje chybějící antidiuretickou aktivitu.

Cílem tohoto odborného přehledu je srozumitelně vysvětlit patofyziologické podklady pro použití AVP u DBD, shrnout rozdíly mezi vybranými mezinárodními doporučeními a převést dostupné poznatky do praktického bedside postupu použitelného v podmínkách dárcovských nemocnic v České republice a v souladu s domácím doporučeným a legislativním rámcem [2, 3]. Přehled vybraných doporučení shrnuje **Tabulka 1**.

Fyziologie a farmakologie

Antidiuretický hormon (ADH), označovaný také jako arginin-vazopresin (AVP), je napeptid uvolňovaný především při vzestupu plazmatické osmolality a při poklesu efektivního cirkulujícího objemu. Syntetizuje se v magnocelulárních neuronech hypothalamu a do systémové cirkulace je secernován ze zadního laloku hypofýzy.

Z klinického hlediska je zásadní, že AVP působí prostřednictvím více receptorových podtypů. Receptory V1a lokalizované na hladké svalovině cév mediují vazokonstrikci a zvýšení systémové cévní rezistence. Receptory V2 v distálních tubulech a sběrných kanálcích ledvin zprostředkovávají antidiuretický účinek, vedou k poklesu diurézy a stabilizaci osmolality a natremie. Receptory V1b (V3) se uplatňují zejména v regulaci osy hypothalamus-hypofýza-nadledviny, pro praktické rozhodování v péči o DBD však mají menší význam.

V léčbě izolovaného CDI je nejčastěji používán desmopresin (DDAVP), který je výrazně selektivní pro V2 receptory, a má proto silný antidiuretický účinek při minimálním vazokonstrikčním působení.

Mechanismy účinku AVP ve vazoplegii a relevance pro DBD

Hemodynamická nestabilita po smrti mozku má často výraznou vazoplegickou složku. Ztráta autonomní regulace vede k systémové vazodilataci a relativní hypovolemii, které mohou být dále zhoršeny hormonálním kolapsem s rozvojem CDI. V této situaci AVP představuje patofyziologicky racionální intervenci: obnovuje cévní tonus mechanismem odlišným od katecholaminů, snižuje potřebu vysokých dávek noradrenalinu nebo adrenalinu a současně pomáhá kontrolovat polyurii, hypernatremii a objemové ztráty [4, 5].

Z praktického hlediska tedy AVP nepředstavuje „silnější noradrenalin“, ale doplnění chybějící hormonální regulace. Tato logika vysvětluje, proč některé národní a regionální doporučené postupy řadí AVP mezi léky první volby a jiné jej doporučují k časnému přidání při vazoplegii nebo současném CDI [4–8].

Praktický klinický závěr je přímočarý: u hemodynamicky nestabilního dárce s vazoplegií a CDI je racionální volbou AVP, zatímco u hemodynamicky stabilního dárce s izolovaným CDI je obvykle vhodnější DDAVP.

Racionalita hormonální substituce u dárců

U dárců po smrti mozku dochází v důsledku primární mozkové léze a následné herniace k rozvoji komplexního řetězce neuroendokrinních poruch, které mohou rychle destabilizovat hemodynamiku i vnitřní prostředí [13, 15]. Z tohoto důvodu řada center využívá koncept tzv. hormonální resuscitace, jehož cílem je stabilizace perfuze, optimalizace metabolických parametrů a maximalizace využitelnosti orgánů [6, 10, 14, 15].

V klinické praxi tento přístup nejčastěji zahrnuje kontrolu glykemie kontinuálním podáváním inzulinu, podání kortikosteroidů při přetrvávající hemodynamické nestabilitě a podle lokální tradice i zvážení substituce tyreoidálních hormonů. Současné přístupy však AVP neomezuji pouze na součást „hormonálního balíčku“, často je využíván samostatně jako cílený hemodynamický nástroj, zatímco ostatní složky léčby jsou indikovány paralelně podle klinického obrazu.

Tab. 1. Přehled vybraných mezinárodních doporučení k použití vazopresinu u dárců po smrti mozku

Země/organizace	Rok	Pozice AVP	Dávkování (orientačně)	Poznámka
ČR – ČSARIM/SOT	2018	NA nebo AVP; AVP lze zvážit ke snížení dávky NA a při CDI	titrace dle MAP a perfuze	důraz na perfuzi, bilanci a natremii [2]
Kanada – CPG	2020	podmíněně AVP jako léčba 1. volby pro hypotenzi	0,01–0,04 U/min (≈0,6–2,4 IU/h)	nízká jistota důkazů, variabilita [4, 5]
Irsko – ICSI	2018	AVP jako vazopresor 1. volby; NA při nedostatečné odpovědi	0,5–2,4 IU/h; někdy 1 IU bolus + infuze	AVP-first, upozornění na vazokonstrikci [6]
Brazílie – AMIB/ABTO/BRICNet	2020	AVP časně kombinovat u dárců na NA/ dopaminu; AVP nebo DDAVP pro CDI	1 IU bolus + 0,5–2,4 IU/h; DDAVP 1–2 µg i. v.	důraz na catecholamine-sparing efekt a CDI [7]
UK – NHSBT	průběžně	časné zavedení AVP v donor optimisation; možnost odvykání katecholaminů	kontinuální nízká dávka dle lokálních protokolů	individualizace, perfuze, bezpečnost [8]
Španělsko – ONT	2020	AVP/DDAVP pro CDI; AVP také při hemodynamické nestabilitě	dle protokolu (bolus + infuze)	standardizace, natremie, bilance [12]

Legenda: AVP – arginin-vazopresin; NA – noradrenalin; CDI – centrální diabetes insipidus; CPG – clinical practice guideline; NHSBT – NHS Blood and Transplant; ONT – Organización Nacional de Trasplantes.

Klíčovým praktickým principem je časná identifikace hemodynamického fenotypu dárce (vazoplegie $\pm$ CDI $\pm$ myokardiální dysfunkce) a individualizace vasoaktivní strategie podle převažující patofyziologie.

Vliv AVP na hemodynamiku a orgánovou perfuzi

Z klinického hlediska jsou nejdůležitější tři účinky AVP:

1. Stabilizace systémové perfuze při vazoplegii: AVP zvyšuje cévní tonus aktivací V1a receptorů a umožňuje rychlejší dosažení cílového středního arteriálního tlaku při nižší adrenergní zátěži.
2. Redukce adrenergní zátěže (catecholamine-sparing efekt): podání AVP často umožní snížení dávek noradrenalinu či adrenalinu bez zhoršení perfuzních parametrů.
3. Kontrola CDI a nepřímá stabilizace objemu: snížením diurézy přes V2 receptory AVP omezuje progresi hypernatremie a potřebu agresivní tekutinové terapie.

Cíle péče o dárce s diagnózou smrti mozku a monitorace během vazopresorické podpory

Cílem péče o dárce po smrti mozku je dosažení hemodynamické a metabolické stability při zachování adekvátní orgánové perfuze. V praxi je vhodné opřít se o donor-management goals, které kombinují hemodynamické, respirační a metabolické parametry [7, 10].

Hemodynamické cíle

Pro většinu dárců lze za **primární cílové hodnoty** považovat MAP ≥ 65 mm Hg, systolický krevní tlak alespoň 90–100 mm Hg a známky zachované orgánové perfuze. **Akceptovatelné rozmezí** se následně individualizuje podle klinické situace, zejména u dárců s chronickou arteriální hypertenzí, při suspektní orgánové hypoperfuzi nebo při současně myokardiální dysfunkci.

U dětských dárců je vhodné cílit na MAP přibližně kolem 50. percentilu pro daný věk; orientačně lze použít výpočet MAP (mm Hg) = $55 + (1,5 \times \text{věk v letech})$ [11]. Adekvátnost dosažených tlakových hodnot musí být vždy hodnocena v kontextu klinických a laboratorních známek tkáňové perfuze.

Hodnocení perfuze a princip bezpečné vazokonstrikce

Samotná normalizace MAP nemusí znamenat skutečnou stabilizaci dárce. Stabilizace tlaku pomocí vazopresorů nesmí být dosažena na úkor regionální perfuze; cílem je dosažení adekvátní perfuze při co nejnižší nutné vazopresorické podpoře. Doporučuje se systematické sledování trendu laktátu a jeho clearance, periferní perfuze (kapilární návrat, teplota aker, mottling) a diurézy s odlišením CDI od osmotické polyurie často iatrogenní při osmoterapii edému mozku nebo v důsledku hyperglykemie při inzulinové rezistenci.

Tekutinová strategie jako podmínka účinné vazopresorické léčby

Hypotenze u dárců může být podmíněna nejen vazoplegií, ale i absolutní či relativní hypovolemií, zejména při současném CDI. Vazopresory

nemají nahrazovat adekvátní volumoterapii. Základním principem je rychlé dosažení normovolemie a následná stabilizace cévního tonu. Preferovány jsou balancované krystaloidní roztoky; při přítomném CDI je nezbytné průběžně kompenzovat ztráty s ohledem na natremii a sérovou osmolalitu.

Kortikosteroidy

Podávání kortikosteroidů není doporučováno plošně, ale může být zváženo jako rescue strategie u dárců s hemodynamickou nestabilitou nebo vysokou potřebou vazopresorů. V praxi bývá podáván hydrokortison 200–300 mg/24 h i. v., zejména při významné hemodynamické instabilitě.

Metabolické cíle

Součástí optimalizace dárce je kontrola natremie, glykemie a tělesné teploty. V kontextu léčby AVP je klíčová zejména kontrola natremie a CDI. Doporučené rozmezí natremie je obvykle 135–155 mmol/l, přičemž u rychle se zhoršující hypernatremie má význam sledovat nejen absolutní hodnotu, ale i rychlost změny.

Centrální diabetes insipidus a hypernatremie

CDI je u dárců po smrti mozku častý a klinicky významný. Vzniká v důsledku poruchy hypothalamo-hypofyzární osy s následným poklesem sekrece ADH/AVP. Výsledkem je produkce velkého objemu hypotonické moči, rychlá ztráta volné vody, progresivní hyperosmolalita a hypernatremie. Následná hypovolemie dále zhoršuje hemodynamiku a orgánovou perfuzi.

Diagnostika CDI

Praktický přístup vychází z klinické suspekce následované bezodkladnými terapeutickými opatřeními a opakovanou laboratorní kontrolou. Léčba by neměla být odkládána čekáním na kompletní laboratorní potvrzení, pokud je klinický obraz přesvědčivý.

Typickými znaky jsou polyurie (např. > 4 ml/kg/h), vzestup natremie > 145 mmol/l, sérová osmolalita > 300 mOsm/kg a současně nízká močová osmolalita (< 200 mOsm/kg) nebo nízká specifická hmotnost moči ($< 1,010$). Orientační diagnostické prahy a doporučené bezprostřední kroky shrnuje **Tabulka 2**.

Praktické terapeutické cíle lze shrnout následovně: diuréza 1–3 ml/kg/h; natremie ideálně 135–145 mmol/l (širší akceptovatelné rozmezí 135–155 mmol/l); a hemodynamická stabilita s adekvátní perfuzí bez eskalace vazopresorů při současné hypovolemii z CDI.

Léčbu CDI lze shrnout do dvou základních kroků: 1) náhrada ztrát volné vody a korekce objemového deficitu; 2) substituce chybějící ADH aktivity pomocí DDAVP nebo AVP.

Ztráty volné vody je vhodné nahrazovat kontinuálně hypotonickými roztoky podle předchozí hodinové diurézy při současné korekci intravaskulárního objemu. Při obtížně korigovatelné hypernatremii lze přejít na 5% glukózu, avšak s důrazem na riziko hyperglykemie a příliš rychlého poklesu natremie, zejména při souběžné terapii AVP nebo DDAVP.

Desmopresin je vhodný zejména u hemodynamicky stabilního dárce, kde převažuje polyurie a hypernatremie bez potřeby významné

Tab. 2. Praktické prahy pro diagnostiku a léčbu centrálního diabetu insipidu u dárce po smrti mozku

Oblast	Praktické prahy (orientačně)	Co udělat hned	Co monitorovat / rizika
Polyurie	typicky > 3–4 ml/kg/h nebo > 200–300 ml/h	zahájit průběžnou náhradu volné vody; zhodnotit hypovolemii; myslet na CDI	Bilance tekutin po 1 h, hemodynamika, dynamické parametry perfuze
Moč	nízká specifická hmotnost nebo nízká osmolalita	stabilní dárce → DDAVP; nestabilní dárce s vazoplegií → AVP	diuréza, Na ⁺ /K ⁺ , riziko přetížení tekutinami
Sérum Na	vzestup Na ⁺ , často > 145–150 mmol/l; cílit < 155 mmol/l	korigovat deficit volné vody; volit hypotonické roztoky dle stavu	trend Na ⁺ každé 4–6 h, rychlost korekce
Sérum osmolalita	> 300 mOsm/kg a/nebo stoupá	léčit CDI a současně rehydratovat; neřešit jen Na ⁺ bez náhrady ADH	osmolalita, acidobáze
Hemodynamika	hypotenze nebo vazoplegie + polyurie	časně zahájit AVP jako dvojí zásah: tlak + diuréza	MAP, perfuze (laktát), periferie/ischemie
Odpověď	pokles polyurie + stabilizace Na/MAP	redukce DDAVP/AVP + úprava tekutin; prevence hypo-/hypernatremie	diuréza, bilance, Na ⁺ , známky nadměrné vazokonstrikce

Legenda: CDI – centrální diabetes insipidus; DDAVP – desmopresin; AVP – arginin-vazopresin; MAP – střední arteriální tlak.

Tab. 3. Praktické odlišení situací, kdy preferovat AVP a kdy DDAVP

Klinická situace	Preferovaný lék	Racionální důvod	Praktická poznámka
Hemodynamicky nestabilní dárce s vazoplegií a CDI	AVP	kombinace V1a vazokonstrikce a V2 antidiuretického účinku	obvykle časně zahájení kontinuální infuze
Hemodynamicky nestabilní dárce bez zjevného CDI, ale s vysokou potřebou katecholaminů	AVP	catecholamine-sparing efekt a stabilizace cévního tonu	po stabilizaci zahájit postupnou deeskalaci NA
Hemodynamicky stabilní dárce s izolovaným CDI	DDAVP	cílená náhrada ADH aktivity bez významného vazokonstrikčního účinku	vhodné zejména při polyurii a hypernatremii bez hypotenze
Přetrvávající polyurie navzdory AVP při stabilizovaném tlaku	AVP + DDAVP	samotný AVP nemusí plně kontrolovat polyurii u každého dárce	nutná těsná monitorace diurézy a natremie

Legenda: CDI – centrální diabetes insipidus; DDAVP – desmopresin; AVP – arginin-vazopresin; NA – noradrenalin.

vazopresorické podpory. AVP je preferovaným řešením u hemodynamicky nestabilního dárce, protože kombinuje vazokonstrikční efekt a kontrolu CDI. Samotný AVP však nemusí vždy zajistit plnou kontrolu polyurie; v takovém případě lze zvážit kombinaci s DDAVP. Praktické odlišení situací, kdy preferovat AVP a kdy DDAVP, shrnuje **Tabulka 3**.

Praktický bedside algoritmus pro zavedení AVP

Současné strategie lze pragmaticky sjednotit do následujícího sledu kroků: korekce hypovolemie; identifikace a léčba CDI; zavedení AVP při přetrvávající vazoplegii nebo současně hemodynamické nestabilitě; a postupná deeskalace katecholaminů po stabilizaci perfuze.

Indikací k zahájení AVP jsou zejména vazodilatační hypotenze po optimalizaci volemie, kombinace CDI a hemodynamické nestability nebo potřeba snížit vysokou adrenergní zátěž při pokračující podpoře noradrenalinem.

Ukončení léčby AVP je vhodné při stabilní hemodynamice bez vysokých dávek katecholaminů nebo při kompenzovaném CDI. Dávku je vhodné snižovat postupně za současného sledování návratu polyurie, vzestupu natremie nebo poklesu MAP.

Preferovaným režimem je kontinuální nízkodávkovaná infuze 0,5–2,4 IU/h. U rychlé dekompenzace lze podle lokálního protokolu zvážit 1 IU i. v. bolus následovaný kontinuální infuzí 0,5–2,4 IU/h. Při již probíhající léčbě noradrenalinem je vhodné po stabilizaci MAP zahájit postupně snižování dávky katecholaminu.

Během rychlé titrace nebo kombinace s další vazopresorickou léčbou je nutné sledovat známky nadměrné vazokonstrikce, zhoršení periferní perfuze, vzestup laktátu, arytmie a případně i známky regionální ischemie. Praktický bedside protokol shrnuje **Tabulka 4**.

Diskuze

Vybraná doporučení se liší především v tom, zda je AVP chápán jako lék první volby, nebo jako časně přidávaná adjuvanční léčba. Tato variabilita neodráží neúčinnost AVP, ale spíše odlišný výchozí algoritmus a omezenou kvalitu dostupných klinických dat. Většina důkazů je observačního charakteru, a proto je nutné vyhnout se nadsazeným závěrům o dopadu AVP na dlouhodobé výsledky transplantací [4–8].

Z praktického hlediska je užitečné rozlišit alespoň tři základní hemodynamické fenotypy dárce.

- Vazoplegie + CDI + hypotenze:** zde je AVP nejlogičtější volbou, protože současně zlepšuje tlak i diurézu.
- Vazoplegie bez zjevného CDI:** AVP lze zvážit při vysoké potřebě katecholaminů nebo nedostatečné odpovědi na noradrenalin.
- Izolovaný CDI při stabilní hemodynamice:** v této situaci je obvykle vhodnější DDAVP. Takto členěný přístup je praktičtější než univerzální doporučení jednoho léku pro všechny DBD.

Současně je třeba zdůraznit, že léčba nesmí být vedena pouze podle hodnoty MAP. Skutečným cílem je perfuze orgánů, tedy stabilní diuréza bez progresivní hypernatremie, akceptovatelný laktát, dobrá periferní perfuze a přiměřená potřeba tekutin. AVP je proto vhodné chápat jako součást širší strategie donor managementu, nikoli jako izolované řešení hypotenze čísla.

V tomto kontextu se AVP jeví jako patofyziologicky konzistentní a pragmaticky využitelný nástroj. Jeho optimální postavení v algoritmu však nadále vyžaduje kvalitnější prospektivní data a případně i další debatu o začlenění do českých doporučených postupů.

Tab. 4. Praktický bedside protokol pro přípravu, zahájení a titraci AVP u dárce po smrti mozku

Krok	Co udělat	Dávka AVP (orientačně)	Cíl	Co sledovat
0. Předpoklad	objemová optimalizace, korekce hypoxie/acidózy, léčba hypotermie	—	vyvarovat se hypovolemii	balance, laktát, dynamické ukazatele perfuze
1. Spouštěč	vazoplegická hypotenze ± CDI, potřeba NA/ADR nebo CDI s eskalací tekutin	—	zahájit AVP časně	vyločit reverzibilní příčiny
2. Příprava	kontinuální infuze, ideálně samostatný vstup	—	bezpečná titrace	monitorace periferní perfuze a teploty aker
3. Start	bez bolusu u stabilnějších; bolus u rychlé dekompenzace dle protokolu	0,5–1,0 IU/h nebo 1 IU bolus + 0,5–1,0 IU/h	MAP 60–70 mm Hg (obvykle ≥ 65) + zlepšení perfuze	při chladných akrech nebo vzestupu laktátu zvážit snížení dávky
4. Titrace	upravit dle MAP/perfuze a dle diurézy/Na	typicky do 2,4 IU/h	stabilní MAP + pokles potřeby NA; diuréza 1–3 ml/kg/h	nepřehlédnout známky nadměrné vazokonstrikce nebo ischemie
5. Kombinace s NA	po zahájení AVP postupně snižovat NA (catecholamine-sparing)	AVP stabilně, NA po krocích dolů	nižší adrenergní zátěž při zachované perfuzi	u dysfunkce LK zvážit podání inotropika
6. Ukončení	při stabilizaci a nízké nebo nulové dávce NA	snížovat pomalu (0,2–0,5 IU/h)	bez rebound hypotenze nebo rebound CDI	při rebound polyurii přechod na DDAVP

Legenda: AVP – arginin-vazopresin; CDI – centrální diabetes insipidus; MAP – střední arteriální tlak; NA – noradrenalin; ADR – adrenalin; LK – levá komora.

Závěr

Arginin-vazopresin u dárců po smrti mozku cíleně zasahuje dvě klíčové patofyziologické složky – vazoplegii a centrální diabetes insipidus. Umožňuje stabilizaci perfuze při nižší adrenergní zátěži a současně přispívá ke kontrole polyurie a hypernatremie. Pragmatický klinický přístup spočívá v individualizaci léčby podle hemodynamického fenotypu dárce: AVP je racionální volbou zejména

u hemodynamicky nestabilního dárce s vazodilatační hypotenzí a současným CDI, zatímco u stabilního dárce s izolovaným CDI je vhodnější DDAVP. Primárním cílem zůstává zachování adekvátní orgánové perfuze při minimalizaci vysokých dávek katecholaminů. Takto formulovaná strategie je slučitelná s různými mezinárodními rámci a současně respektuje omezenou kvalitu dostupné evidence.

PROHLÁŠENÍ AUTORŮ: Prohlášení o použití AI: Autoři při přípravě rukopisu využili generativní umělou inteligenci (ChatGPT, OpenAI) výhradně k jazykovým a formálním úpravám textu a ke kontrole souladu struktury rukopisu s pokyny pro autory; odborný obsah, interpretace a závěry zůstaly plně v odpovědnosti autorů. **Prohlášení o původnosti:** Autoři prohlašují, že práce je původní, nebyla dosud publikována a není současně zaslána k recenznímu řízení do jiného média. **Střet zájmů:** Autoři prohlašují, že nemají střet zájmů v souvislosti s tématem práce. **Souhlas se zněním článku:** Autoři potvrzují, že všichni autoři rukopis četli, souhlasí s jeho zněním a se zasláním do redakce časopisu Anesteziologie a intenzivní medicína. **Podíl autorů:** PP – konceptualizace; metodologie; psaní (originální návrh); psaní (recenze a úpravy); vedení a koordinace. EK – psaní (recenze a úpravy); validace. **Financování:** Žádné.

LITERATURA

1. Tullius SG, Rabb H. Improving the supply and quality of deceased-donor organs for transplantation. N Engl J Med. 2018;378:1920-1929. doi: 10.1056/NEJMra1507080.

2. Česká společnost anesteziologie, resuscitace a intenzivní medicíny; Společnost pro orgánové transplantace ČLS JEP. Péče o zemřelého dárce orgánů po smrti mozku v intenzivní péči: doporučený postup [Internet]. 2018 [cited 2026-01-15]. Available from: https://sotcls.cz/wp-content/uploads/2018/08/DP_CSARIM_darce_organu_-060518_final.pdf.

3. Zákon č. 285/2002 Sb., o darování, odběrech a transplantacích tkání a orgánů a o změně některých zákonů (transplantační zákon) [Internet]. 2002 [cited 2026-01-15]. Available from: <https://www.e-sbirka.cz/sb/2002/285>.

4. Ball IM, Hornby L, Rochweg B, Weiss MJ, Gillrie C, Chassé M, et al. Management of the neurologically deceased organ donor: a Canadian clinical practice guideline. CMAJ. 2020;192(14):E361-E369. doi: 10.1503/cmaj.190631.

5. Ouerd S, Frenette AJ, Williamson D, Serri K, D'Aragon FD, Bichet DG, et al. Vasopressin use in the support of organ donors: physiological rationale and review of the literature. Crit Care Explor. 2023;5(4):e0907. doi: 10.1097/CCE.0000000000000907.

6. Intensive Care Society of Ireland. Management of the Potential Organ Donor. 2nd ed. [Internet]. 2018 [cited 2026-01-15]. Available from: <https://www.intensivecare.ie/wp-content/uploads/2024/06/ICSI-Management-of-the-Potential-Organ-Donor-Guidelines-2nd-Edition.pdf>.

7. Westphal GA, Robinson CC, Cavalcanti AB, Gonçalves ARR, Guterres CM, Teixeira C, et al. Brazilian guidelines for the management of brain-dead potential organ donors. Ann Intensive Care. 2020;10(1):169. doi: 10.1186/s13613-020-00787-0.

8. NHS Blood and Transplant. Donor optimisation. NHS Blood and Transplant [Internet]. [cited 2026-01-15]. Available from: <https://www.odt.nhs.uk/deceased-donation/best-practice-guidance/donor-optimisation/>.

9. Plurad DS, Bricker S, Neville A, Bongard F, Putnam B. Arginine vasopressin significantly increases the rate of successful organ procurement in potential donors. Am J Surg. 2012;204(6):856-860. doi: 10.1016/j.amjsurg.2012.05.011.

10. DuBose JJ, Salim A. Aggressive organ donor management protocol. J Intensive Care Med. 2008;23(6):367-375. doi: 10.1177/0885066608324208.

11. Katz K, Lawler J, Wax J, O'Connor R, Nadkarni V. Vasopressin pressor effects in critically ill children during evaluation for brain death and organ recovery. Resuscitation. 2000;47(1):33-40. doi: 10.1016/S0300-9572(00)00196-9.

12. Organización Nacional de Trasplantes; Sociedad Española de Medicina Intensiva, Crítica y Unidades Coronarias. Protocolo Nacional de Mantenimiento del Donante de Órganos. Febrero 2020 [Internet]. 2020 [cited 2026-01-15]. Available from: <https://www.ont.es/wp-content/uploads/2023/06/Protocolo-Nacional-de-Mantenimiento-del-Donante-de-Organos.-Febrero-2020.pdf>.

13. Anwar ASMT, Lee JM. Medical management of brain-dead organ donors. Acute Crit Care. 2019;34(1):14-29. doi: 10.4266/acc.2019.00430.

14. Rosendale JD, Kauffman HM, McBride MA, Chabalewsky FL, Zaroff JG, Garrity ER, et al. Hormonal resuscitation yields more transplanted hearts, with improved early function. Transplantation. 2003;75(8):1336-1341. doi: 10.1097/01.TP.0000062839.58826.6D.

15. Latif M, Bagherpour F, Rahban H, Pourhossein E, Dehghani S. Brain death hormone therapy and graft survival: a systematic review of the literature. Transplantation Reports. 2022;7(2):100098. doi: 10.1016/j.tpr.2022.100098.

Propofol – nové poznatky k fyziologii účinku a metabolické souvislosti

Skříšovská T.^{1,2}, Astapenko D.³⁻⁷, Černý V.^{4,6-9}

¹Klinika dětské anesteziologie a resuscitace, Fakultní nemocnice Brno a Lékařská fakulta Masarykovy univerzity Brno, Česká republika

²Ústav simulační medicíny, Lékařská fakulta Masarykovy univerzity Brno, Česká republika

³Klinika anesteziologie, resuscitace a intenzivní medicíny, Fakultní nemocnice Hradec Králové, Česká republika

⁴Lékařská fakulta v Hradci Králové, Univerzita Karlova, Česká republika

⁵Vojenská lékařská fakulta, Univerzita obrany v Brně, Česká republika

⁶Fakulta zdravotnických studií, Technická univerzita v Liberci, Česká republika

⁷Department of Anesthesia, Pain Management and Perioperative Medicine, Dalhousie University, Halifax, Nova Scotia, Canada

⁸Klinika anesteziologie, perioperační a intenzivní medicíny, Univerzita J. E. Purkyně v Ústí nad Labem, Masarykova nemocnice v Ústí nad Labem, Česká republika

⁹Klinika anesteziologie a resuscitace, Fakultní nemocnice Královské Vinohrady, Univerzita Karlova v Praze, 3. lékařská fakulta Univerzity Karlovy, Česká republika

Úvod

Propofol patří k nejpoužívanějším intravenózním anestetikům současnosti. Nachází uplatnění při úvodu i vedení celkové anestezie a zejména v kontinuální sedaci na jednotkách intenzivní péče. Přestože byl v Evropě zaveden do klinické praxe v roce 1986, řada otázek týkajících se jeho působení na lidský organismus zůstává otevřena. Popis mechanismu účinku a farmakokinetiky pochází z 90. let minulého století. Výzkum posledních dvaceti let přinesl nové informace o fyziologii účinku propofolu na centrální nervový systém, resp. přinesl nový pohled na koncept ztráty vědomí při propofolové anestezii. Krátké sdělení též předkládá nové poznatky o metabolismu a obávané komplikaci podávání propofolu, propofolovém infuzním syndromu.

Propofol jako chemická látka

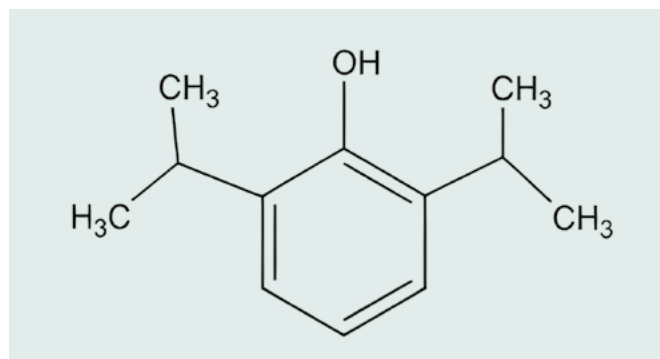
Chemicky se propofol řadí mezi substituované fenoly se systematickým názvem 2,6-diisopropylfenol (**Obr. 1**). Jedná se o relativně malou a strukturně jednoduchou sloučeninu, výrazně lipofilní a ve vodě prakticky nerozpustnou. Z tohoto důvodu nemůže být podávána jako běžný vodný roztok a je vyráběna ve formě lipidové emulze typu *oil-in-water* s využitím sojového oleje. Stabilitu emulze zajišťuje emulgátor ve formě fosfolipidů z vaječného žloutku (lecitin) a součástí roztoku je také glycerol, který pomáhá udržovat izotonii přípravku [1].

Fyzikálně-chemické uspořádání emulze se podílí například na rychlém nástupu účinku propofolu. Pouze malá frakce léčiva je přítomna ve vodné fázi emulze, odkud může okamžitě difundovat přes biologické membrány, včetně hematoencefalické bariéry. Jakmile tato frakce

difunduje do tkání, další molekuly se rychle uvolňují z lipidových kapének a rovnováha mezi lipidovou a vodnou fází se průběžně obnovuje [2].

Tento princip zároveň částečně vysvětluje bolest při intravenózní aplikaci propofolu, která patří mezi jeho typické nežádoucí účinky. Za tento jev je považována frakce propofolu přítomná ve vodné fázi emulze, protože právě tato část molekul může bezprostředně dráždit endotel cévních stěn a vést k uvolnění lokálních mediátorů bolesti. Dostupná data ukazují, že přípravky obsahující směs medium-chain a long-chain triglyceridů (MCT/LCT), například Propofol-Lipuro®, jsou spojeny s nižší incidencí a intenzitou bolesti při aplikaci ve srovnání se standardními formulacemi založenými převážně na long-chain triglyceridech (LCT), jako je Diprivan®. Předpokládá se, že MCT/LCT formule snižují množství propofolu přítomného ve vodné fázi emulze a tím omezují přímou expozici endotelu účinné látky [2, 3].

Obr. 1. Strukturní vzorec propofolu (zdroj: generováno ChatGPT-5.5)



KORESPONDENČNÍ ADRESA AUTORA:

doc. MUDr. David Astapenko, Ph.D., MBA, astapenko.d@seznam.cz

Článek přijat redakcí: 2. 6. 2026

Cit. zkr.: Anest intenziv Med. 2026;37(2):111-114

Farmakokinetika a metabolismus propofolu

Propofol charakterizuje rychlý nástup účinku a zároveň relativně časně zotavení po ukončení podávání. Tyto vlastnosti jsou důsledkem kombinace jeho vysoké lipofility, rychlé distribuce do centrálního nervového systému a vysoké metabolické clearance.

Propofol se ve významné míře distribuuje do plic, kde dochází k výraznému first-pass efektu. Během prvního průchodu plicním řečištěm může být zachyceno 28–30 % intravenózně podané dávky. Tento záchyt je však dočasný, protože většina léčiva se následně uvolňuje zpět do systémové cirkulace zpětnou difuzí a pouze malá část je v plicích metabolizována a na eliminaci se plice podílí pouze minimálně. Nicméně propofol se plicemi může vylučovat ve vydechovaném vzduchu v nezměněné podobě. Tento fakt je využíván v analýze koncentrace propofolu ve vydechovaném vzduchu a k experimentálnímu stanovení jeho koncentrace v oběhu neinvazivní metodou (hmotnostní spektrometrie, nově i tzv. fotoakustickým senzorem). Tato metoda by v klinické praxi mohla efektivně doplnit vedení totální intravenózní anestezie (TIVA) propofolem zpřesněním jeho koncentrace v oběhu obdobně jako měření vydechované koncentrace volatilních anestetik [4, 5].

Propofol je charakterizován rychlým metabolismem a vysokou clearance, která je částečně závislá na jaterní perfuzi. Skutečnost, že celková clearance může převyšovat samotný jaterní průtok, však svědčí pro významný podíl extrahepatálního metabolismu, zejména v plicích a ledvinách. Hlavním místem metabolismu zůstávají játra, kde je propofol metabolizován především glukuronidací katalyzovanou enzymy uridin-difosfát-glukuronyltransferázy (UGT). Menší část metabolismu probíhá prostřednictvím oxidativních reakcí cytochromu P450, zejména izoenzymů CYP2B6 a CYP2C9, po nichž následuje konjugace vzniklých metabolitů. Výsledné metabolity, především propofol-glukuronid a chinolové deriváty, jsou farmakologicky neaktivní a jsou vylučovány převážně ledvinami močí, zatímco pouze zanedbatelné množství propofolu se vylučuje v nezměněné formě. Propofol a jeho metabolity mohou být v moči detekovány až 60 hodin po ukončení infuzního podávání [6].

Zelené zbarvení moči je způsobeno přítomností derivátů fenolu vznikajících při jeho metabolismu a nemá patologický význam. Jedná

se o benigní fenomén, který je reverzibilní, není spojen s poškozením ledvin ani toxicitou léčiva a může být pozorován v některých případech i po ukončení jeho podávání [7]. Nález zbarvení moči by neměl klinika vést k úvahám o vysazení propofolu, nejsou-li k této změně jiné závažné důvody.

Účinek propofolu na centrální nervový systém

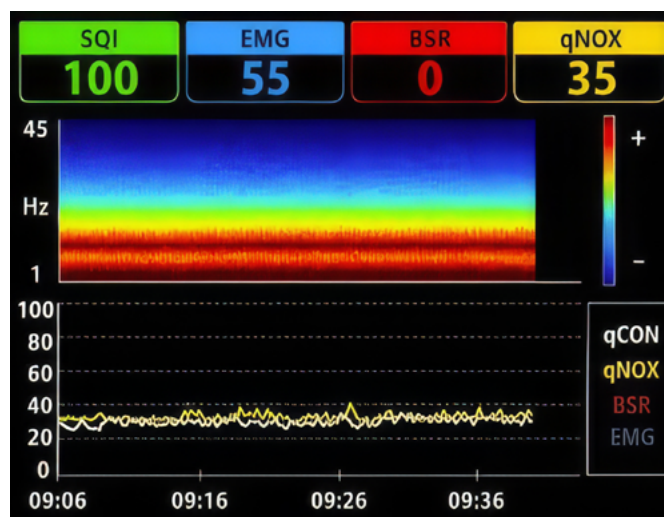
GABA A receptory představují ligandem řízené iontové kanály propustné pro chloridové ionty. Propofol na tyto receptory působí jako pozitivní alosterický modulátor, váže se na specifické vazebné místo na receptoru, které je odlišné od vazebného místa pro endogenní neurotransmitter GABA. Tato modulace vede k častějšímu a delšímu otevírání chloridového kanálu spojeného s receptorem. Výsledkem je zvýšený vstup chloridových iontů do neuronu, což způsobuje hyperpolarizaci buněčné membrány. Hyperpolarizovaný neuron je méně citlivý na excitační podněty a jeho schopnost generovat akční potenciál je výrazně snížena. Tímto mechanismem zesiluje inhibiční účinek GABA a přispívá k útlumu neuronální aktivity v centrálním nervovém systému. Experimentální studie ukazují, že hypnotický účinek propofolu je úzce spojen především s interakcí s $\beta 2$ a $\beta 3$ podjednotkami GABA A receptoru. Zejména $\beta 3$ podjednotka se zdá být klíčová pro vznik ztráty vědomí a $\beta 2$ podjednotka za sedativní a anxiolytické účinky, což bylo prokázáno i v genetických modelech s mutacemi snižujícími citlivost receptoru na propofol [9, 10].

Ztráta vědomí při anestezii není zřejmě pouze důsledkem globálního útlumu neuronální aktivity, ale spíše výsledkem narušení komunikace mezi jednotlivými oblastmi mozku. Klíčovou roli v tomto procesu pravděpodobně hraje thalamokortikální systém, který je zásadní pro integraci senzorických informací a udržení vědomého vnímání. Thalamus přenáší informace mezi periferií, subkortikálními strukturami a mozkovou kůrou. Propofol výrazně ovlivňuje aktivitu neuronů v thalamu i v kortexu a vede ke změně jejich vzájemné synchronizace, podobně jako ketamin. Během propofolové anestezie dochází k výraznému oslabení funkční konektivity mezi thalamem a mozkovou kůrou, což narušuje schopnost mozku integrovat informace do jednotného vědomého vjemu [11].

Obr. 2. Nazelenalý odstín moči u pacienta sedovaného propofolem [8].



Obr. 3. Typický EEG vzorec při TIVA vedené na propofolu (zdroj: archiv autorů)



Tyto změny jsou dobře patrné i na elektroencefalografii (EEG). Propofolová anestezie je typicky charakterizována vznikem pomalých oscilací (slow oscillations, < 1 Hz) a současně zvýšenou aktivitou v alfa pásmu (8–12 Hz), zejména nad frontálními oblastmi. Tento vzorec odráží synchronizovanou aktivitu thalamokortikálních okruhů, která však paradoxně vede k funkční izolaci jednotlivých kortikálních oblastí. Výsledkem je stav, ve kterém jsou lokální neuronální okruhy relativně aktivní, zatímco globální integrace informací napříč mozkovými oblastmi je zásadně narušena. Právě tato ztráta efektivní komunikace mezi jednotlivými částmi mozku je dnes považována za jeden z hlavních mechanismů, kterým propofol navozuje reverzibilní ztrátu vědomí [11–13].

Propofol ovlivňuje také další neurotransmiterové systémy, včetně glycinových, N-metyl-D-aspartátových (NMDA), nikotinových acetylcholinových a serotoninových (5-HT₃) receptorů a rovněž některé napěťově řízené iontové kanály. Tyto účinky pravděpodobně přispívají k jeho komplexnímu farmakologickému profilu.

Podávání propofolu v rámci TIVA je spojeno se snížením výskytu PONV ve srovnání s technikami využívajícími inhalační anestetika [14]. Tato asociace je však obtížně interpretovatelná. Klíčová metaanalýza Tramèra et al. upozornila, že většina studií srovnávala propofol TIVA v kombinaci s vynecháním oxidu dusného, takže příspěvek samotného propofolu nebylo možné spolehlivě oddělit [15]. Nejpersvědčivější důkazy pocházejí z konkrétních populací: dětí po tonzilektomii, pacientů po tyreoidektomii a rodiček po císařském řezu [16].

Propofolový infuzní syndrom (PRIS)

PRIS je vzácná, avšak potenciálně fatální komplikace spojená zejména s prolongovaným podáváním propofolu v intenzivní péči. Klinicky se manifestuje metabolickou acidózou, rhabdomyolýzou, akutním poškozením ledvin, hepatomegalií a poruchami srdečního rytmu. Mortalita při rozvinutém PRIS dosahuje 30–50 %. Diagnostika je náročná. Řada typických příznaků včetně hypertriglyceridemie, horečky nebo srdečního selhání chybí v době stanovení diagnózy u více než 95 % případů a arytmie se objevují až v pozdější fázi [17].

Patofyziologie zahrnuje pravděpodobně více souběžných mechanismů: narušení funkce mitochondriálního dýchacího řetězce s následnou redukcí produkce ATP a buněčnou hypoxií, inhibicí karnitinpalmitoyltransferázy I a II blokující beta-oxidaci mastných kyselin a blokádu beta-adrenoreceptorů a srdečních kalciových kanálů vysvětlující kardiální složku syndromu [18, 19]. Klinické projevy nejsou homogenní: srdeční selhání a laktátová acidóza nastupují časně a dávkově závislým způsobem, arytmie závisí na délce infuze, rhabdomyolýza a hypertriglyceridemie na kumulativní dávce, zatímco akutní poškození ledvin a hepatomegalie se jeví jako převážně idiosynkratické [17].

Tradiční hranici rizika (dávka > 4 mg/kg/h po dobu > 48 hodin) je třeba chápat pouze jako orientační. Novější kazuistiky popisují rozvoj PRIS i při nižších dávkách a zdůrazňují roli individuální vulnerability: kritické onemocnění s katabolismem, deplece sacharidů, vrozené poruchy oxidace mastných kyselin a souběžné podávání katecholaminů nebo kortikosteroidů jsou stejně důležitými prediktory jako výše dávky [17, 19]. Obraz PRIS se v literatuře v čase proměňuje. Novější kazuistiky ve srovnání s těmi z 90. let popisují starší pacienty s rozvojem syndromu při nižších dávkách propofolu, u nichž jsou arytmie, hypertriglyceridemie a horečka méně časté a přežití pravděpodobnější, což může odrážet jak odlišnou populaci pacientů, tak časnější rozpoznání PRIS [17]. Děti jsou obzvláště vulnerabilní, a to i při nižší expozici.

Koncept pre-PRIS (subklinického stadia předcházejícího plnému rozvoji syndromu) podporují jak starší, tak recentní data. Prospektivní sledování ukázalo, že až 22 % kriticky nemocných vykazovalo souběžný vzestup kreatinkinázy a triglyceridů při relativně nízkých dávkách propofolu [20]. Studie z roku 2025 u chirurgických pacientů potvrdila signifikantní vzestup triglyceridů již po čtyřech hodinách vysoko-dávkové infuze propofolu, zatímco ostatní biochemické parametry zůstaly beze změny, což triglyceridy potvrzuje jako nejcitlivější marker [21]. Desetiletá francouzská kohortová studie u pacientů se status epilepticus navíc popsala asociaci propofolu s prozánětlivým profilem – elevací CRP, prokalcitoninu a leukocytózy nezávisle na klinickém stavu a naznačuje, že spektrum časných markerů pre-PRIS může být širší, než se dosud předpokládalo [22].

Shrnutí pro praxi

- Ztráta vědomí při propofolové anestezii není pouze důsledkem útlumu mozkové aktivity, ale především narušení komunikace mezi thalamem a mozkovou kůrou. Současné poznatky posouvají chápání účinku propofolu od konceptu „vypnutí mozku“ ke konceptu poruchy mozkové konektivity.
- Propofolový infuzní syndrom (PRIS) může vzniknout i při dávkách a délkách podávání nižších než uvádějí tradičně doporučované rizikové hranice.
- Hypertriglyceridemie a vzestup kreatinkinázy patří mezi nejčasnější známky rozvoje syndromu pre-PRIS. U pacientů sedovaných propofolem déle než 24 hodin by mělo být jejich pravidelné sledování standardní součástí monitorace.
- Monitorace koncentrace propofolu ve vydechovaném vzduchu představuje perspektivní směr dalšího rozvoje TIVA. V budoucnu by mohla umožnit přesnější titraci intravenózní anestezie obdobně jako dnes monitorace vydechovaných koncentrací volatilních anestetik.

PROHLÁŠENÍ AUTORŮ: Prohlášení o použití AI: Autoři prohlašují, že při psaní tohoto odborného článku byla použita umělá inteligence: chatGPT pro vytvoření Obrázku 1. Všechny další informace a analýzy jsou výsledkem jejich vlastního výzkumu, zkušeností a úsudku s důrazem na relevantní literaturu, primární zdroje a konzultace s odborníky v oboru. **Prohlášení o původnosti:** Práce je původní a nebyla publikována ani není zaslána k recenznímu řízení do jiného média. **Střet zájmů:** Autoři prohlašují, že nemají střet zájmů v souvislosti s tématem práce. **Podíl autorů:** Všichni autoři rukopis četli, souhlasí s jeho zněním a zasláním do redakce časopisu Anesteziologie a intenzivní medicína. **Konceptualizace:** VC, psaní (originální návrh): TS, DA, psaní (recenze a úpravy): VC, TS, DA, vedení a koordinace: VC, formální analýza, správa dat: VC, administrace projektu: VC. **Financování:** Podpořeno grantem SV Lékařské fakulty Masarykovy univerzity: MUNI/A/1781/2025; MUNI/A/1831/2025 a Fakultní nemocnicí Brno, grantem MZ ČR - RVO (FNBr, 65269705). **Registrace:** Práce nebyla registrována. **Projednání etickou komisí:** Nebylo nutné.

LITERATURA

1. Trapani G, Altomare C, Sanna E, Biggio G, Liso G. Propofol in anesthesia: mechanism of action, structure-activity relationships, and drug delivery. *Curr Med Chem*. 2000;7(2):249-271. doi: 10.2174/0929867003375335.
2. Sun NCH, Wong AYC, Irwin MG. A comparison of pain on intravenous injection between two preparations of propofol. *Anesth Analg*. 2005;101(3):675-678. doi: 10.1213/01.ANE.0000157564.91910.04.
3. Liljeroth E, Åkeson J. Less local pain on intravenous infusion of a new propofol emulsion. *Acta Anaesthesiol Scand*. 2005;49(2):248-251. doi: 10.1111/j.1399-6576.2004.00573.x.
4. Meidert AS, Rucz P, Angster J, Esser J, Miklós A, Schelling G. Photoacoustic detection of propofol in breath gas for monitoring depth of anaesthesia: from bench to bedside. *Br J Anaesth*. 2025;135(5):1203-1211. doi: 10.1016/j.bja.2025.07.080.
5. Kuck K, Hornuss C. Propofol is in the air: can exhaled gas monitoring illuminate intravenous dosing? *Br J Anaesth*. 2025;135(5):1144-1146. doi: 10.1016/j.bja.2025.08.006.
6. Bleeker C, Vree T, Lagerwerf A, Willems-van Bree E. Recovery and long-term renal excretion of propofol, its glucuronide, and two di-isopropylquinol glucuronides after propofol infusion during surgery. *Br J Anaesth*. 2008;101(2):207-212. doi: 10.1093/bja/aen134.
7. Lasica A, Cortesi C, Milani GP, Bianchetti MG, Schera FM, Camozzi P, et al. Propofol-associated urine discoloration: systematic literature review. *Pharmacology*. 2023;108(5):415-422. doi: 10.1159/000533327.
8. Astapenko D, Černý V. Barva moči z pohledu klinické fyziologie. *Anest intenziv Med*. 2022;33(3-4):177-178. doi: 10.36290/aim.2022.031.
9. Sears S, Hewett SJ. Influence of glutamate and GABA transport on brain excitatory/inhibitory balance. *Exp Biol Med (Maywood)*. 2021;246(9):1069-1083. doi: 10.1177/1535370221989263.
10. Jiang J, Jiao Y, Gao PO, Yin W, Zhou W, Zhang Y, et al. Propofol differentially induces unconsciousness and respiratory depression through distinct interactions between GABAA receptor and GABAergic neuron in corresponding nuclei. *Acta Biochim Biophys Sin*. 2021;53(8):1076-1087. doi: 10.1093/abbs/gmab084.
11. Huang Z, Mashour GA, Hudetz AG. Propofol disrupts the functional core-matrix architecture of the thalamus in humans. *figshare [Internet]*. 2024 [cited 2026 May 25]. doi: 10.6084/M9.FIGSHARE.25927939.
12. Malekmohammadi M, Price CM, Hudson AE, DiCesare JAT, Pouratian N. Propofol-induced loss of consciousness is associated with a decrease in thalamocortical connectivity in humans. *Brain*. 2019;142(8):2288-2302. doi: 10.1093/brain/awz169.
13. Song XX, Yu BW. Anesthetic effects of propofol in the healthy human brain: functional imaging evidence. *J Anesth*. 2015;29(2):279-288. doi: 10.1007/s00540-014-1889-4.
14. Gupta A, Stierer T, Zuckerman R, Sakima N, Parker SD, Fleisher LA. Comparison of recovery profile after ambulatory anesthesia with propofol, isoflurane, sevoflurane and desflurane: a systematic review. *Anesth Analg*. 2004;98(3):632-641. doi: 10.1213/01.ANE.0000103187.70627.57.
15. Tramèr M, Moore A, McQuay H. Meta-analytic comparison of prophylactic antiemetic efficacy for postoperative nausea and vomiting: propofol anaesthesia vs omitting nitrous oxide vs total i.v. anaesthesia with propofol. *Br J Anaesth*. 1997;78(3):256-259. doi: 10.1093/bja/78.3.256.
16. Kampo S, Afful AP, Mohammed S, Ntim M, Buunaaim ADB, Anabah TW. Sub-hypnotic dose of propofol as antiemetic prophylaxis attenuates intrathecal morphine-induced postoperative nausea and vomiting, and pruritus in parturient undergoing cesarean section: a randomized control trial. *BMC Anesthesiol*. 2019;19(1):177. doi: 10.1186/s12871-019-0847-y.
17. Krajčová A, Waldauf P, Anděl M, Duška F. Propofol infusion syndrome: a structured review of experimental studies and 153 published case reports. *Crit Care*. 2015;19:398. doi: 10.1186/s13054-015-1112-5.
18. Hemphill S, McMenamin L, Bellamy MC, Hopkins PM. Propofol infusion syndrome: a structured literature review and analysis of published case reports. *Br J Anaesth*. 2019;122(4):448-459. doi: 10.1016/j.bja.2018.12.025.
19. Mirrakhimov AE, Voore P, Halytskyy O, Khan M, Ali AM. Propofol infusion syndrome in adults: a clinical update. *Crit Care Res Pract*. 2015;2015:260385. doi: 10.1155/2015/260385.
20. Stovell M, Smith S, Udberg M, Loh W, Nair P. Pre-PRIS? Prospective monitoring for early markers of propofol infusion syndrome. *Crit Care*. 2013;17(Suppl 2):P391. doi: 10.1186/cc12329.
21. Khodadadi M, Mohsenzadeh M, Eghbalian M, Pouladkhay F. Biochemical and pharmacological characterization of propofol infusion syndrome risk markers following high-dose propofol. *Sci Rep*. 2026;16:2038. doi: 10.1038/s41598-025-31739-y.
22. Djahel C, Marois C, Cosme L, Hayatou Z, Braham Ghedira N, Calonge Q, et al. Propofol-related biological alterations and incidence of propofol infusion syndrome in status epilepticus: a 10-year cohort study. *Front Neurol*. 2026;16:1753979. doi: 10.3389/fneur.2025.1753979.

Stanovisko výboru ČSARIM k otázce minimální doby poanestetické péče

Balík M., Beneš J., Bláha J., Černá Pařízková R., Černý V.*, Duška F., Dostál P., Gabrhelík T., Mach D., Michálek P., Stern M., Ševčík P., Štourač P., Truhlář A., Vymazal T.

Členové výboru ČSARIM jsou uváděni v abecedním pořadí

*editor textu

Úvod a kontext

Poanestetická péče (PAP) je nedílnou součástí anesteziologické péče (AP). Jejím cílem je zajistit bezpečné zotavení pacienta z účinku anestezie a včasné rozpoznání či léčbu případných komplikací. Poskytování PAP je v ČR definováno v dokumentu „Zásady bezpečné anesteziologické péče – Doporučený postup ČSARIM (2017)“, a odpovídá mezinárodním doporučením (např. Association of Anaesthetists, ASA, Helsinki Declaration on Patient Safety in Anaesthesiology). Stanovisko výboru ČSARIM reaguje na dotazy z odborné komunity k otázce minimální doby poanestetické péče.

Kritériem ukončení poanestetické péče a otázka minimální doby pobytu na dospávací jednotce (DJ) není uplynutí pevně stanoveného časového intervalu, ale dosažení klinicky prokazatelného zotavení z účinku anestezie v rozsahu, který umožňuje bezpečné předání pacienta na standardní lůžkové oddělení nebo propuštění z ambulantní péče. K objektivnímu posouzení lze využít validované hodnotící systémy, např. Aldreteho skóre nebo jiné lokálně zavedené validované hodnotící nástroje. Délka pobytu pacienta na dospávací jednotce je individuální a závisí na řadě faktorů se vztahem ke zdravotnímu stavu pacienta,

použité technice AP, typu a průběhu výkonu a dalších. Z tohoto důvodu nelze stanovit minimální časový limit, který by univerzálně určoval dobu pobytu na DJ. O ukončení PAP rozhoduje pověřený zdravotnický pracovník.

Stanovisko

1. Poanestetická péče je nedílnou součástí AP a musí být zajištěna po každém typu anestezie bez ohledu na zvolenou anesteziologickou techniku (včetně analgosedace) a povahu pracoviště, kde je výkon v některém z typů AP prováděn.
2. Délka pobytu pacienta na DJ (nebo jejím ekvivalentu) je individuální, ukončení poanestetické péče se řídí klinickými kritérii zotavení, nikoliv pevně stanovenou časovou hranicí, tj. minimální doba PAP není určena.
3. Průběh PAP a splnění kritérií zotavení pacienta umožňující propuštění pacienta z PAP musí být průkazně dokumentovány v záznamu o anestezii nebo v samostatném záznamu o PAP.

Stanovisko bylo schváleno výborem ČSARIM dne 11. 2. 2026

KORESPONDENČNÍ ADRESA AUTORA:

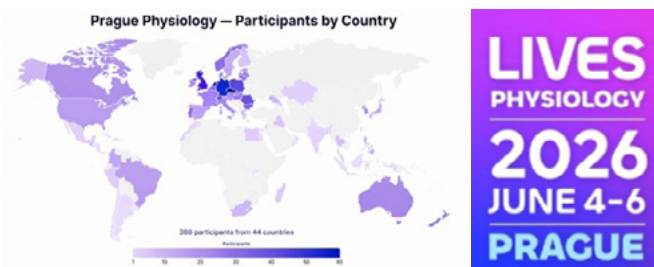
prof. MUDr. Vladimír Černý, Ph.D., FCCM, FESAIC, FGIN, cernyvla1960@icloud.com

Článek přijat redakcí: 1. 4. 2026

Cit. zkr.: Anest intenziv Med. 2026;37(2):115

(LIVES) Physiology is the only polar star we have – unikátní akce proběhla již potřetí v Praze

Ve dnech 4.–6. června se v Praze již potřetí uskutečnil kongres LIVES Physiology, společně organizovaný Českou společností intenzivní medicíny a European Society of Intensive Care Medicine. Zcela ojedinělá třídní akce má za cíl diskutovat do hloubky fyziologické principy a jejich aplikaci u lůžka kriticky nemocného spíše než randomizované kontrolované studie, probírané na tradičních kongresech. Ráno se začíná Fyziologickým esprem, edukační „power point free“ lekcí zopakující základy. Následuje vyzvaná čestná přednáška, shrnující fyziologické principy, jejichž aplikace u lůžka je následně probírána v sérii kratších praktických tutorialů. Následuje kazuistická výzva, kdy se prezentují praktické problémy a auditorium diskutuje s experty jejich řešení – vše v jedné místnosti a přátelské atmosféře, za plného soustředění a bez paralelního programu. Kromě hvězdných jmen intenzivní medicíny a fyziologie, jako Jukka Takala, Jean-Louis Teboul, Xavier Monnet, John Laffey, Julia Wendon, Can Ince, Manu Malbrain, Martin Balík, Nicole Juffermans nebo Jan Bělohávek se na programu podílelo celkem 25 přednášejících a 24 autorek a autorů abstraktů, která jsou publikována v tomto čísle časopisu Anesteziologie a intenzivní medicína. Akce byla zcela vyprodána a přivedla do Prahy 388 účastníků ze 44 zemí pěti kontinentů.



Mezi mé osobní favority patřila sekce extrémní fyziologie, moderovaná Dr. Lenkou Horákovou a konkrétně přednáška Maryam Khoshravi o expedici na Mt. Everest s analýzou krevních plynů v 8400 mnm a zkoumání hranic lidské adaptability. Překvapila mě rovněž kvalita a originalita původních sdělení – ostatně posuďte sami v tomto čísle. LIVES Physiology se konala v Praze již potřetí – jedná se již o etablovanou akci – příští ročník se bude konat v Aténách 3.–5. června 2027. Můj díky patří všem, kteří se na organizaci akce podíleli, zejména Martinu Hornovi a nemnoha sponzorům, kterých si vážíme o to více.

František Duška a Martin Balík,
za organizační tým LIVES Physiology 2026

Texty abstraktů neprošly redakční/editorskou úpravou.

How can TEE help in cardiac arrest? Case challenge, physiology and literature review

Julien Higny¹, Martin Benoît¹, Jean-Philippe Henry¹, Marco Natile², Francis Ntwali², Frédéric Forêt²

¹CHU UCL Namur, Cardiovascular Disease, 5530 Yvoir, Belgium

²CHU UCL Namur, Intensive Care Medicine, 5500 Dinant, Belgium

Introduction: Emergency ultrasound has become fundamental for the management of critically ill patients. POCUS is commonly used in the emergency department (ED) because it allows rapid bedside diagnosis. Its utilization is increasing during cardiopulmonary resuscitation (CPR) and has the potential to improve Advanced Life Support (ALS) outcomes. Meanwhile, transesophageal echocardiography (TEE) has gained importance in critical care and may benefit the resuscitation of cardiac arrest for several reasons. Future research is warranted to confirm the added value of TEE in ALS and its clinical feasibility during CPR. Case presentation: A

68-year-old man was admitted to our ED after out-of-hospital cardiac arrest. After breakfast and taking his antihypertensive medication, he developed sudden severe chest pain and collapsed when the Emergency Medical Services arrived. The first ECG showed pulseless electrical activity. ROSC was not achieved at home and the patient was intubated and transferred to hospital under mechanical chest compression device ("LUCAS") and norepinephrine infusion. Bedside POCUS was inconclusive due to technical limitations and poor image quality, but raised suspicion for pericardial effusion. TEE was performed because the patient had a history of ascending aortic aneurysm. The mid-esophageal 2-chamber view demonstrated a severe (> 20 mm) loculated pericardial effusion along the anterior wall of the left ventricle (Figure 1A). The mid-esophageal long-axis view showed an intimal flap in the proximal ascending aorta, consistent with a Stanford Type A dissection (Figure 1B). Unfortunately, we only observed agonal twitching with no organized cardiac activity on ultrasound. Finally, considering persistent pulseless electrical activity with cardiac standstill, we decided to discontinue resuscitation efforts. Discussion: Emergency ultrasound represents a fundamental skill in the

current practice of emergency medicine. Recommendations for education, training experience and quality improvement in the emergency setting are well described in the literature. POCUS can reliably be used to identify reversible causes of CA [1]. However, POCUS use during cardiac arrest management may be associated with prolonged CPR pauses [2]. TEE could be used to diagnose reversible causes of collapse, optimize the quality of chest compressions, guide therapies, and identify cardiac activity [3]. Despite potential advantages during resuscitation, TEE is not currently widely adopted in the routine practice of ED. As described in the « 2025 European Resuscitation Council Guidelines », further studies are needed to better define the diagnostic value of TEE in identifying reversible pathology and myocardial contractility in cardiac arrest patients [4]. Development of a comprehensive guide is also essential to define the minimum training requirement for an effective implementation of TEE into emergency medicine practice. In the meantime, developing local CPR protocols in collaboration with TEE-proficient specialists may offer crucial information to physicians involved in cardiac arrest management (Figure 2). Conclusion: Focused cardiac ultrasound during resuscitation represents an increasingly important skill for the modern critical care physician. Understanding cellular physiology and its integration into the management of cardiac arrest may facilitate decision-making during resuscitation. Our experience demonstrates that point-of-care TEE can be instrumental in the diagnosis and treatment guidance of cardiac arrest and acute aortic syndrome. Further studies are required to validate the clinical benefit and feasibility of implementing TEE during CPR.

Sodium bicarbonate for hospitalized patients with metabolic acidosis: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials

Muralie Vignarajah¹, Jason Vaillancourt¹, Tessa Anzai², Garrett McDougall², Spencer Fansollato¹, Zuhail Mohmand¹, Akira Kuriyama³, Gloria Vasquez-Grande⁴, Bram Rochweg^{3, 5, 6}

¹Department of Medicine, Queen's University, Kingston, Ontario, Canada

²Department of Emergency Medicine, McMaster University, Hamilton, Ontario, Canada

³Population Health Research Institute, McMaster University and Hamilton Health Sciences, Hamilton, Ontario, Canada

⁴Department of Medicine, University of Manitoba, Winnipeg, Manitoba, Canada

⁵Department of Medicine, McMaster University, Hamilton, ON, Canada

⁶Knowledge Centre, Hamilton Health Sciences, Hamilton, ON, Canada

Introduction: Intravenous bicarbonate is a commonly used agent in the management of acute metabolic acidosis. However, its clinical benefit and safety is largely uncertain. We summarized the existing randomized controlled data and examined whether the use of intravenous bicarbonate, as compared to control or an alternate type of fluid without

bicarbonate, leads to improvements in patient-important outcomes in those hospitalized with acute metabolic acidosis. Methods: We searched Ovid MEDLINE, Embase, the Cochrane library, and Clinicaltrials.gov, from inception until Jan 2nd 2026 and included randomized controlled trials of hospitalized adult participants who received intravenous bicarbonate, as compared to control or an alternate type of fluid without bicarbonate, for metabolic acidosis. We excluded studies examining oral bicarbonate. We pooled data using a random-effects model and present risk ratios (RRs) or mean differences (MDs), along with 95% confidence intervals (CIs). We assessed individual study risk of bias using the modified Cochrane tool, and certainty of evidence using the Grading of Recommendations Assessment, Development and Evaluation (GRADE) approach. Results: Of 1066 citations, we included 9 RCTs (n = 1331 patients), three of which focused on patients exclusively with severe diabetic ketoacidosis, with initial pH values ranging from 7.00 -7.06. Pooled analysis showed that bicarbonate may be associated with decreased mortality (RR 0.93, 95% CI: 0.82–1.05, low certainty), and decreased need for renal replacement therapy (RR 0.69, 95% CI 0.60 to 0.80, low certainty) compared to not using bicarbonate. Bicarbonate may have no effect on length of hospital stay (MD of 0.41 days longer, 95% CI 3.54 fewer to 4.36 days longer, low certainty). Conclusion: Bicarbonate may reduce mortality and need for renal replacement therapy in hospitalized patients with metabolic acidosis, but further data is needed to increase precision in effect estimates and further assess the impact of bicarbonate on other patient-important outcomes.

Physiology at the edge: septic shock in BiVAD-supported patients. What happens to shock physiology when the heart is no longer the pump?

Lyuboslava Vladimirova Pampulova¹, Stanislav Hristov Georgiev²

¹Department of Anesthesiology and Intensive Care, St. Ekaterina University Hospital, Sofia, Bulgaria

²Department of Cardiac Surgery, St. Ekaterina University Hospital, Sofia, Bulgaria

Introduction: Mechanical circulatory support devices have become an integral component of modern cardiac intensive care, significantly improving survival in advanced heart failure. Implantation of a biventricular assist device (BiVAD) profoundly alters cardiovascular physiology, creating a state of device-dependent circulation in which pump flow, rather than intrinsic myocardial performance, determines cardiac output. With Frank–Starling mechanism no longer functioning adequately, and the presence of concomitant autonomic and endothelial dysfunction, the heart's capacity to respond to physiological stressors is substantially compromised. In this context, the onset of septic shock may generate metabolic and hemodynamic demands that exceed the adaptive capacity of device-supported circulation. Methods: We analyzed the pathophysiological mechanisms underlying septic shock in BiVAD supported patients, with particular focus on hemodynamic responses to pump flow adjustments and on laboratory parameters reflecting tissue perfusion, inflammation, and organ dysfunction. In order to respond

to the higher metabolic needs and improve the systemic perfusion an echocardiography-guided optimization of BiVAD pump parameters was performed. Results: In BiVAD-supported patients, the increased metabolic and circulatory demands associated with sepsis cannot be adequately met due to limited or absent native cardiac reserve. Compensatory mechanisms as tachycardia and enhanced myocardial contractility are absent or markedly blunted. Moreover, the absence of pulsatile blood flow leads to impaired regulation of vascular tone. This results in a dissociation between pump flow, arterial pressure, and tissue perfusion. Sepsis-induced systemic vasodilation further aggravates the imbalance between fixed or semi-fixed cardiac output and reduced systemic vascular resistance, creating a complex hemodynamic state characterized by features of both cardiogenic and distributive shock. Even though an integrated therapeutic approach incorporating pump flow optimization and multimodal organ support in this case was associated with favorable clinical outcome, the treatment is significantly prolonged. Conclusion: The coexistence of constrained cardiac output and sepsis-induced vasodilation in a patient supported with BiVAD produces a mixed form of cardiogenic and distributive shock with impaired compensatory mechanisms. Recognition of this unique hemodynamic profile is essential for appropriate monitoring and therapeutic strategies. To achieve a hyperdynamic response, a multimodal management strategy is required, in which pump flow may be adjusted, with careful consideration of the associated risk of suction events.

Haemodynamic-energetic mechanism of sudden cardiac death in severe aortic stenosis: A modelling study

Martin Dvouletý¹, Michal Šitina^{1, 2, 3, 4}

¹Department of Pathological Physiology, Faculty of Medicine, Masaryk University, Brno, Czech Republic

²Department of Internal Medicine I, Cardiology and Intensive Care Medicine, Landesklinikum Mistelbach-Gänserndorf, Mistelbach, Austria

³Biostatistics, International Clinical Research Center, St. Anne's University Hospital Brno, Czech Republic

⁴2nd Department of Internal Medicine, St. Anne's University Hospital in Brno, Czech Republic

Introduction: Severe aortic stenosis (AS) is a recognized risk factor for sudden cardiac death (SCD). While ventricular tachyarrhythmias are the most common immediate cause of SCD, the majority of cases of SCD in patients with severe AS exhibited bradyarrhythmia as the primary rhythm. Enhanced activation of left ventricular baroreceptors (Bezold-Jarisch reflex) has been implicated in the pathogenesis of syncope in patients with AS. However, the precise mechanism by which an otherwise benign circulatory syncope can progress to cardiac arrest in severe AS remains unclear. We propose a hemodynamic-energetic mechanism to explain this progression and demonstrate its plausibility using a mathematical model of cardiac hemodynamics and energetics. **Methods:** The mathematical model of cardiac hemodynamics and energetics developed in this work is based on the two-element Windkessel model of arterial hemodynamics, the

ventriculoarterial coupling model, and ventricular energetics model. The model quantifies energy delivered to the heart by the coronary circulation and energy expenditure of the heart. Under physiological conditions, energy delivery is higher than energy expenditure. Using the model, we examined whether and under which circumstances the opposite situation can arise where energy expenditure is higher than energy delivery. Such a situation does not allow more than very short-term cardiac function and leads inevitably to cardiac arrest. To analyze the model, the influence of individual independent model variables on energies, pressures and stroke volume was assessed, and global sensitivity analysis was performed using Sobol indices. Simulations of syncopal episodes were performed for individuals with a normal aortic valve and with severe AS. Four scenarios were assessed: resting state, isolated pronounced reduction in total peripheral resistance (TPR), TPR reduction with compensatory response, and TPR reduction with concomitant bradycardia. The model was validated against published clinical data to ensure physiological plausibility and consistency. **Results:** The model identifies states of cardiac energetic imbalance, wherein the energy expenditure of the heart exceeds the energy delivered to it. Analysis of individual independent variable influence indicates that an energy imbalance in AS is precipitated by low aortic valve area (Sao), low TPR, high left ventricular end-diastolic volume (EDV), high end-systolic elastance, high heart rate (HR), low arterial compliance and high coronary vascular resistance (Rcor). Global sensitivity analysis shows that in normal aortic valve or non-severe AS, energy balance is primarily determined by Rcor, TPR and HR, with Rcor being dominant. In severe AS with preserved coronary vasodilatory reserve, Rcor remains most influential, while TPR, Sao and EDV also contribute significantly. When coronary vasodilation is impaired in severe AS, Rcor loses relevance, and energy balance depends mainly on Sao, EDV, and TPR. Other variables have minimal impact. The results of simulation of syncopal episode reveal that in an individual with a normal aortic valve, an isolated profound reduction in TPR results in energy destabilization. However, the compensatory response as well as the concomitant bradycardia serve to reverse this imbalance. In contrast, only the resting situation is energetically stable in case of AS. As in the normal case, an isolated profound reduction in TPR results in energy destabilization. However, neither compensatory response nor concomitant bradycardia can reverse the imbalance. **Conclusions:** This study proposes a hemodynamic-energetic mechanism to explain how otherwise benign circulatory syncope can progress to cardiac arrest in patients with severe AS and demonstrates the plausibility of this concept. In individuals with a normal aortic valve, compensatory mechanisms can restore energetic balance during syncope. In contrast, only resting state is energetically stable in severe AS; all conditions involving low TPR are energetically unstable, regardless of compensatory response. As energy imbalance is incompatible with sustained cardiac function, it inevitably leads to death. The proposed mechanism does not require an exaggerated Bezold-Jarisch reflex, although this reflex likely acts as a trigger of syncope.

REFERENCES

1. Dvoulety, M. and Šitina, M. (2026). Haemodynamic-energetic mechanism of sudden cardiac death in severe aortic stenosis: A modelling study. *J Physiol*. <https://doi.org/10.1113/JP288423>.

Hyponatremia and fluid shifts in diabetic hyperglycemia; secondary analysis of a prospective clinical trial

Robert Svensson, Robert G. Hahn, Joachim H. Zdolsek

Abstract Background: Hyponatremia is a common feature of severe hyperglycemia in diabetic patients. We studied whether it is due to plasma dilution, a sodium deficit, or both. **Methods:** In 17 patients with diabetes-induced severe hyperglycemia, blood hemoglobin and the concentrations of glucose, sodium, and other electrolytes in plasma and urine were measured during and after an intravenous infusion of 1 L of 0.9% saline over 30 min on two consecutive days. Fluid volume and electrolyte kinetics were applied to study relationships between the glucose and electrolyte levels and to estimate the sizes of the body fluid compartments. **Results:** There was a statistically significant inverse linear relationship between plasma glucose (highest value 53 mmol/L) and plasma sodium (lowest 120 mmol/L). The correction factor was 1.6 or 2.2 depending on how the comparison was made. The hyperglycemia on admission corresponded to a fluid shift from the intracellular space of 350 mL, which was sufficient to explain the difference in baseline plasma sodium between the two study days. However, this dilution co-existed with a 20% reduction of the plasma and extracellular fluid volumes, and the body contents of sodium and chloride were 26% and 30% below normal, corresponding to deficits of 400 mmol. Restoration of the acid-base balance and the kidney function, rather than decreasing plasma glucose levels, seemed to drive the normalization of plasma sodium. **Conclusions:** Hyponatremia in severe diabetic hyperglycemia can be explained both by dilution and a sodium deficit. The medical treatment should consider both factors. **Key words:** Dehydration, diagnosis, urine, physiopathology, diabetes mellitus, physiology; normal saline; pharmacokinetics.

The physicochemical theory of gas bubble formation-triggered microcirculatory dysfunction in the critically ill with supporting evidence from retrospective observational study

Irena Grad¹, Pia Vovk Racman^{1,2}, Primož Gradišek^{1,2}, Maja Šoštarič^{1,2}, Juš Kšela^{1,2}, Petja Fister^{1,2}, Matevž Tomaževič^{1,2}, Radko Komadina^{2,3}

¹University Medical Centre Ljubljana, Slovenia

²Faculty of Medicine University of Ljubljana, Slovenia

³General and Teaching Hospital Celje, Slovenia

Background: There is growing evidence of microcirculatory dysfunction being a major factor in determining the extent of multiorgan failure and, so, the outcome of critically ill patients. Quick acidification of a bicarbonate anion (HCO₃⁻)-containing solution causes carbon dioxide (CO₂) supersaturation-triggered gas bubble formation in that solution. Blood is a HCO₃⁻-containing solution as well. Accordingly, we believe that rapid occurrence of profound metabolic acidosis could result in gas bubble formation in the critically ill. Gas bubbles form due to CO₂ supersaturation at first, then other gases diffuse into bubbles in proportional amounts.

Gas bubble-blood interface-triggered platelet adhesion and activation with consequent capillary occlusion could explain microcirculatory dysfunction. **Methods:** With a retrospective observational study including all admitted patients to our ICU in 2020 we investigated if there exists a correlation between the severity of metabolic acidosis in patients upon their admission to the ICU and their platelet count trend in the following two days. Base excess (BE) from blood gas analysis with the lowest pH around ICU admission was used as a marker of the severity of metabolic acidosis. Platelet count in patients upon admission and lowest platelet count on their second day were used to calculate patient's relative platelet count decline after ICU admission; $\Delta P = ((P_2 - P_0) / P_0) \times 100$. **Results:** Comparison of ΔP in all six groups of BE showed a statistically significant difference (Kruskal-Wallis test; $p < 0.001$). Patients from groups with more negative BE values tend to have more negative ΔP . **Conclusions:** Patients with more profound metabolic acidosis upon their ICU admission tend to have larger relative platelet count decline in the following days. Although in a very indirect way, these findings support our theory of gas bubble-blood interface-triggered platelet consumption with resulting microcirculatory dysfunction in most severely ill ICU patients.

REFERENCES

1. Tachon G, Harrois A, Tanaka S, Kato H, Huet O, Pottecher J, Vicaute E, Duranseau J. Microcirculatory alterations in traumatic hemorrhagic shock. *Crit Care Med.* 2014;42(6):1433-41. doi: 10.1097/CCM.0000000000000223.
2. Merdji H, Levy B, Jung C, Ince C, Siegemund M, Meziani F. Microcirculatory dysfunction in cardiogenic shock. *Ann Intensive Care.* 2023;13(1):38. doi: 10.1186/s13613-023-01130-z.
3. den Uil CA, Lagrand WK, van der Ent M, Jewbali LS, Cheng JM, Spronk PE, et al. Impaired microcirculation predicts poor outcome of patients with acute myocardial infarction complicated by cardiogenic shock. *Eur Heart J.* 2010;31(24):3032-9. doi: 10.1093/eurheartj/ehq324.
4. Damiani E, Carsetti A, Casarotta E, Domizi R, Scorcella C, Donati A, et al. Microcirculation guided resuscitation in sepsis: the next frontier? *Front Med (Lausanne).* 2023;10:1212321. doi: 10.3389/fmed.2023.1212321.
5. De Backer D, Orbegozo Cortes D, Donadello K, Vincent JL. Pathophysiology of microcirculatory dysfunction and the pathogenesis of septic shock. *Virulence.* 2014;5(1):73-9. doi: 10.4161/viru.26482.
6. De Backer D, Donadello K, Sakr Y, Ospina-Tascon G, Salgado D, Scolletta S, et al. Microcirculatory alterations in patients with severe sepsis: impact of time of assessment and relationship with outcome. *Crit Care Med.* 2013;41(3):791-9. doi: 10.1097/CCM.0b013e3182742e8b.
7. Scardina P, Edwards MA. Prediction and measurement of bubble formation in water treatment. *Journal of Environmental Engineering.* 2001;127(11):968-73.
8. Levi M, Opal SM. Coagulation abnormalities in critically ill patients. *Crit Care.* 2006;10(4):222. doi: 10.1186/cc4975.
9. Pontier JM, Blatteau JE, Vallée N. Blood platelet count and severity of decompression sickness in rats after a provocative dive. *Aviat Space Environ Med.* 2008;79(8):761-4. doi: 10.3357/ASEM.2299.2008.
10. Pontier JM, Jimenez C, Blatteau JE. Blood platelet count and bubble formation after a dive to 30 msw for 30 min. *Aviat Space Environ Med.* 2008;79(12):1096-9. doi: 10.3357/ASEM.2352.2008.
11. Pontier JM, Vallée N, Bourdon L. Bubble-induced platelet aggregation in a rat model of decompression sickness. *J Appl Physiol.* 2009;107:1825-9. doi:10.1152/japplphysiol.91644.2008.

Patient-specific in silico lung modelling: simulating the effect of a severe lung injury on alveolar recruitment

Ruby Dunphy¹, Sjeng Quicken¹, Jur van Kimmenade¹, Julianna Mangold², Mehdi Shekarnabi^{2,3}, Vicente Estopier Castillo², Maciej Orkisz³, Ashley De Bie Dekker⁴, Igor Paulussen⁴, Jean-Christophe Richard^{3,5}, Wouter Huberts¹, Sam Bayat^{2,6}

¹Department of Biomedical Engineering, Eindhoven University of Technology, Eindhoven, The Netherlands

²Grenoble Alpes University, STROBE laboratory, Inserm UA07, Grenoble, France

³Université Claude Bernard Lyon, INSA-Lyon, CNRS, Inserm, CREATIS UMR 5220, U1294, Lyon, France

⁴Department of Intensive Care, Catharina Hospital Eindhoven, Eindhoven, The Netherlands

⁵Hospices Civils de Lyon, Croix Rousse Hospital, Department of Intensive Care, Lyon, France

⁶Grenoble University Hospital, Department of Pulmonology and Clinical Physiology, Grenoble, France

Background: Ventilator-induced lung injury (VILI) remains a major challenge associated with mechanical ventilation. A primary mechanism underlying VILI is cyclic alveolar recruitment and derecruitment (R/D) (atelectrauma). To minimise its development, ventilator settings, such as Positive End-Expiratory Pressure (PEEP), must be carefully optimised for each patient. Despite this need for personalisation, current bedside techniques cannot continuously measure local alveolar dynamics. Consequently, clinicians must rely on global parameters, which may not fully capture the heterogeneity of regional lung behaviour. In silico modelling offers a promising solution by linking local alveolar mechanics with global lung function. We sought to investigate whether our in silico modelling framework could simulate the effect of an impaired lung on R/D behaviour. Methods: This work leverages a lumped-parameter model presented in [1], which estimates patient-specific regional elastance and recruitment information derived from dual-volume CT in a mechanically ventilated ARDS patient. The model was used to simulate mechanical ventilation during an incremental PEEP trial consisting of 30-second steps at 5, 10, and 15 cmH₂O. Next, the mean critical pressures were shifted by +5cmH₂O to mimic a severe lung injury, and the trial was repeated. Results: The shifted-critical-pressure trial demanded higher PEEP to maintain alveolar aeration throughout the respiratory cycle. It was observed that tidal recruitment remained high and unstable at 10cmH₂O and was significantly reduced only at the higher PEEP of 15cmH₂O, while it was already reduced at 10cmH₂O in the control simulation. Conclusion: In this study we utilised a methodology that infers local lung properties derived from dual-volume CT. A proof-of-concept simulation shows that the model can reproduce the effect of conventional changes in ventilator settings, such as PEEP, as well as can simulate an impaired lung with worsening biomechanics. As such, this scalable strategy provides a mechanistic foundation for future personalised ventilator optimisation to reduce atelectrauma.

REFERENCES

1. Quicken et al., ESB 2025 conference.

Beyond pulmonary embolism: right ventricular failure and cardiac arrest in decompensated portopulmonary hypertension

Shi Ying Victoria Leong¹

¹Department of Respiratory and Critical Care Medicine, Tan Tock Seng Hospital, Singapore

Introduction: Acute right ventricular (RV) failure is a challenging condition in critical care associated with significant morbidity. Portopulmonary hypertension, a severe and under-recognized complication of liver cirrhosis, is an important cause of right-sided heart failure in chronic liver disease. We present the case of a 69-year-old female with cirrhosis who developed cardiac arrest secondary to acute decompensated right ventricular (RV) failure likely due to underlying portopulmonary hypertension. Case report: A 69-year-old female with Child Pugh B7 Hepatitis B cirrhosis and recurrent hepatic hydrothorax presented with syncope and exertional dyspnea. Imaging demonstrated a massive right pleural effusion, which was drained uneventfully. Computed tomography pulmonary angiography excluded pulmonary embolism but revealed right heart strain. The following day, while straining during defecation, she developed sinus bradycardia progressing to pulseless electrical activity arrest. Return of spontaneous circulation was achieved after 14 minutes. Bedside echocardiography demonstrated severe RV dilation with impaired systolic function (TAPSE 11 mm), septal flattening with left ventricular cavity obliteration, severe tricuspid regurgitation, and (estimated) elevated pulmonary vascular resistance. Lactate exceeded 10 mmol/L despite a preserved indirect Fick cardiac index, consistent with acute RV failure and obstructive shock physiology. Acute decompensated RV failure, likely secondary to portopulmonary hypertension, was diagnosed. She required escalating vasopressor support and developed multi-system organ failure. Management targeted RV physiology: preload reduction with continuous renal replacement therapy, inotropic agents, pulmonary vasodilators, preferential vasopressin use, and ventilatory strategies avoiding high PEEP and hypercapnia. Despite transient echocardiographic improvement, she experienced recurrent arrests. Care was subsequently re-directed to palliation. Conclusion: This case underscores the importance of early recognition of RV-predominant shock physiology in cirrhosis and reinforces the need for timely identification of portopulmonary hypertension to mitigate the risk of acute decompensation.

Cultural sensitive interventions and physiological parameters in intensive care unit: a narrative review

Nursemin Unal¹, Betul Tosun²

¹Ankara University, Faculty of Nursing, Midwifery Department

²Hacettepe University, Faculty of Nursing

Introduction: Recovery processes in intensive care units (ICUs) interact with patients' cultural values, belief systems, and lifestyles. The increase in global migration and multicultural societies has heightened the importance of culturally sensitive care practices in ICUs. This narrative review aims to examine the effects of cultural practices on physiological parameters in critically ill patients. **Methodology:** In this narrative review, studies indexed in the Web of Science and Scopus databases between January 2016 and February 2026 were systematically examined. The search strategy incorporated keywords related to cultural care („cultural care,” „spiritual care,” „family-centered care”), intensive care settings („intensive care unit,” „ICU,” „critical care”), and physiological outcomes („vital signs,” „hemodynamic parameters,” „cortisol”). **Results:** The findings were structured into three main categories corresponding to patients' cultural frameworks, including family-based, spiritual/religious, and mind–body interventions. Flexible visiting policies have been shown to reduce blood pressure and heart rate while stabilizing respiratory rates and improving oxygen saturation. Additionally, the involvement of family members in supportive care practices, such as touch and massage, improves vital signs, shortens weaning duration, reduces reintubation rates, and decreases adverse events associated with physiological fluctuations. Spiritual interventions, including listening to the Holy Qur'an, prayer, and structured spiritual care practices, have been reported to suppress sympathetic activity, thereby reducing respiratory rate, blood pressure, and pulse, lowering mean arterial pressure, increasing oxygen saturation, and producing a significant reduction in cortisol levels. Guided meditation, a mind–body intervention originating from Eastern traditions, has also been reported to support hemodynamic stability by increasing parasympathetic activity. **Conclusion:** Current evidence suggests that culturally sensitive interventions may be associated with measurable physiological parameters in critically ill patients. However, well-designed studies are needed to clarify the underlying causal mechanisms and to support their integration into clinical practice. **Key words:** Cultural care, Family-centered care; Intensive care unit; Mind–body interventions; Physiological outcomes, Spiritual care.

Liraglutide modulates the hypothalamic lipid profile, improves mitochondrial respiration, and attenuates hypothalamic neuroinflammation in obese mice

Gabriel Cardoso Santos¹, Hellen Veida¹, Patrik Saul Zarpellon Barbosa¹, Juliana Gebenlian¹, Thiago V. D. Felipe³, Giulia Covolo Spegiorim², Carlos Arterio Sorgi³, Luciane Carla Alberici², José Antunes-Rodrigues¹, Lucila Leico Kagohara Elias¹

¹Ribeirão Preto Medical School, University of São Paulo, Brazil

²Graduate Program in Biochemistry, Ribeirão Preto Medical School, University of São Paulo, Brazil

³Department of Chemistry (DQ), Faculty of Philosophy, Sciences and Letters of Ribeirão Preto, University of São Paulo, Brazil

Introduction: Obesity-associated neuroinflammation is characterized by increased levels of saturated fatty acids (SFAs) and other lipids, along with the recruitment and activation of astrocytes and microglia, which actively contribute to the initiation and spread of the inflammatory response. Among the therapeutic strategies for obesity, glucagon-like peptide-1 (GLP-1) analogs have gained attention due to their anti-inflammatory, antidiabetic, and anti-obesity properties. This study aimed to investigate the effects of peripheral liraglutide treatment on lipid metabolism, mitochondrial function, and hypothalamic neuroinflammation induced by a high-fat diet (HFD). **Methods:** Male C57BL/6 mice were fed with either standard chow or HFD for 14 weeks. At the end of this period, the animals received daily injection of liraglutide (200 µg/kg, sc) for ten consecutive days. Body composition was assessed using the MiniSPEC NMR system before and after the treatment period. For histological analyses, immunofluorescence to detect hypothalamic and brainstem astrocyte activation through glial fibrillary acidic protein (GFAP) expression. The hypothalamic lipid profile was determined by high-performance liquid chromatography coupled with tandem mass spectrometry (LC–MS/MS), and mitochondrial function was assessed by high-resolution respirometry using the Oroboros O2k Oxygraph. **Results:** Liraglutide treatment significantly reduced food intake, body weight, fasting glucose levels, plasma triglycerides, total cholesterol, and leptin levels in HFD-fed mice ($p < 0.05$). In addition, liraglutide decreased both fat and lean mass ($p < 0.05$) and reduced GFAP expression in the hypothalamus and nucleus tractus solitarius (NTS). Furthermore, peripheral liraglutide administration altered the hypothalamic lipid profile and improved mitochondrial respiratory capacity (OXPHOS) in obese mice ($p < 0.05$; $R^2 = 0.42$). **Conclusion:** In conclusion, peripheral liraglutide treatment improves metabolic parameters, modulates hypothalamic lipid composition, enhances mitochondrial function, and attenuates hypothalamic neuroinflammation in diet-induced obese mice.

Acute-onset, difficult to manage post-hypoxic myoclonus: how far can we go with antiepileptics? A case report

Anna Gkiouliava¹, Alexandra Tsankof¹, Evangelos Papatolis¹, Pinelopi Amoiridou¹, Stella-Niki Primikiri¹, Helena Argiriadou¹

¹Department of Anaesthesia and Intensive Care, School of Medicine, Faculty of Health Sciences, Aristotle University of Thessaloniki, Greece

Introduction: Post-Hypoxic Myoclonus (PHM) can present early after cardiac arrest and indicates poor neurologic outcome. Its management may be challenging and EEG may aid to guide clinical management. We present the management of a patient suffering from acute, persistent PHM in absence of bedside EEG. **Methodology:** This is the case of a 46 year old man who survived after cardiac arrest due to a STEMI. After primary PCI the patient was initially admitted in the Coronary Care Unit, intubated under sedation with propofol infusion. Shortly after cessation of the sedative medication he developed bilateral asymmetrical (right prominent side) myoclonus of the limbs which was treated with levetiracetam. A brain CT

was performed which revealed diffuse brain edema and then at day 4 the patient was transferred to the ICU for further management under sedation with propofol, fentanyl and midazolam continuous infusion. Mannitol was also administered and sedation was withheld after 48 h to allow for assessment of the neurologic status. Myoclonus was evident within 15 minutes, sedation was reinitiated and valproic acid as a continuous infusion was added along with an increase of levetiracetam. The following days as guided by neurologic consultation, antiepileptic medication had to be titrated until day 23 due to persistent myoclonus activity up to levetiracetam 6g, valproic acid 4g, clonazepam 3mg, lacosamide 200mg and perampanel 8mg. He also received continuous infusion of 1.5mg/kg/h ketamine for 24 hours to allow for therapeutic levels of the accompanying treatment. Management of antiepileptic medication was based on clinical manifestations of myoclonus due to lack of portable EEG. Results: On day 23 of hospitalisation the patient status allowed for his transfer to the EEG laboratory where despite demonstrating myoclonus, this was not associated with epileptiform abnormalities in the EEG. The EEG performed was asymmetrical, with θ waves in the left hemisphere, lack of basal activity was recorded in the other hemisphere and myoclonic status epilepticus of cortical origin was excluded. Gradually, the frequency of myoclonus decreased and antiepileptic treatment was reduced to 2.4g valproic acid, lacosamide 100mg, clonazepam 1mg, perampanel 8mg and levetiracetam 4g. No ECG changes were recorded during the course of treatment. The patient died after 58 days of hospitalisation due to complications of sepsis. Conclusion: PHM can be a challenging phenomenon that occurs after cardiac arrest. EEG data may not be indicative of clinical manifestations while thorough, step by step titration is necessary to manage such demanding and persistent cases.

Cardiac conduction disturbances following high-dose antiepileptic therapy for refractory status epilepticus: a case report

Alexandra Tsankof¹, Anna Gkiouliava¹, Georgios Tziomalos¹, Giannoula Thoma¹, Ioanna Soultati¹, Aikaterini Efthymiou¹, Helena Argiriadou¹

¹Department of Anaesthesia and Intensive Care, School of Medicine, Faculty of Health Sciences, Aristotle University of Thessaloniki, Greece

Background: The management of refractory status epilepticus (RSE) often requires high doses of sodium- channel blocking antiepileptics. While effective for seizure control, these agents, particularly phenytoin, are associated with significant cardiotoxicity. We report a case of severe cardiac conduction disturbances and hemodynamic instability following the administration of a multi-drug antiepileptic regimen. Methods: A 79-year-old female with a history of meningioma resection presented with focal-to-bilateral tonic-clonic SE. Initial management included 4g of levetiracetam, 20mg of diazepam, and 250mg of phenytoin. Due to persistent seizure activity, the patient was intubated and started on propofol and remifentanyl sedation. Upon Intensive Care Unit (ICU) admission, an additional dose of phenytoin was administered, and maintenance

therapy with levetiracetam (1g BID) was initiated. Empirical coverage with ceftriaxone and acyclovir was provided due to a recent history of a vesicular rash. Results: Within hours of ICU admission and following antiepileptic loading, the patient developed nystagmus and significant QTc prolongation, progressing to long QT syndrome accompanied by acute hemodynamic instability. Despite initial stabilization, the following day the patient manifested transient Mobitz Type II atrioventricular block. A temporary transvenous pacemaker was inserted; however, sinus rhythm was restored within the next hour. The patient was successfully weaned from mechanical ventilation and vasopressors, and subsequently transferred to the neurology ward. Maintenance therapy continued with phenytoin (125mg TID) and levetiracetam (1.5g BID). Regrettably, on the 38th hospital day, the patient died due to septic shock and multi-organ failure caused by a multidrug-resistant Gram-negative infection. Conclusion: This case highlights the critical need for continuous cardiac monitoring during the aggressive treatment of SE. The synergy of high-dose antiepileptics can trigger life-threatening arrhythmias and conduction blocks, even in patients without prior cardiac history. Clinicians must remain vigilant for iatrogenic cardiotoxicity, as these complications may necessitate invasive interventions.

Predicting the impact of mechanical ventilation on central venous pressure

Ivelin Karageorgiev^{1,3}, Ralitsa Petrova^{1,3}, Sevil Ahmed-Shieva¹, Vasil Popov¹, Aneesha Bhambra², Ivaylo Minev^{2,3}

¹Technical University of Sofia, Plovdiv Branch, Bulgaria

²Medical University of Plovdiv, Bulgaria

³Center for Competence PERIMED 2, Plovdiv, Bulgaria

Background: Mechanical ventilation could affect the central venous pressure via changes in intrathoracic pressures. Objective: To predict the transmission ratio of the airway pressures changes on central venous pressure (CVP). Methods and analysis: A retrospective analysis of mechanically ventilated patients from the AmsterdamUMC ICU database was conducted. For each patient, variables describing mechanical ventilation (PEEP, DP, PPlat, I:E ratio, RR, VT, PAW mean) and CVP were extracted. These sub-sets were used to determine optimal combinations of input features for identifying nonlinear patterns. Exclusion criteria for the factors compromising the accuracy of central venous pressure measurements were applied. We applied XGBoost as a predictor, for its interpretable decision tree characteristics that captures non-linear relations well, as it harnesses methods to mitigate overfitting while training. It optimizes a global objective function combining a loss term and regularization to control model complexity. Using second - order gradient, tree splits are selected to maximize loss reduction while maintaining regularization. Trees are sequentially added with a learning rate to ensure stable model improvement and strong generalization. As a cross-reference means to study the generalization properties and mitigate overfitting with XGBoost, a two-stage predictor is set in a series of four ensemble based learners: XGBoost, LightGBM, CatBoost, and Random Forest to lend insights for change in performance and narrow the best performing method. Results and Discussion: The evaluation benchmarks

of the models yielded sufficient accuracy, indicating its generalizability supporting its predictive capability to unseen samples. Studying the samples, we've noticed that not alone airway pressure has influence on venous pressure levels, yet also a small increase in PEEP contributes to increase in CVP. Conclusions: Adjustments in mechanical ventilation parameters influence CVP. To support personalized approach, a data driven approximator was trained to predict CVP levels.

Rescuing the failing circulation via humoral reset: total plasma exchange in refractory post-cardiopulmonary bypass mixed shock. A case series

Tudor Florin Borjog^{1,2}, Adelina Iacob¹, Mihai Popescu^{1,2}, Mihaela Livia Agapie^{1,2}, Angelica Bratu^{1,2}, Catalin Constantin Badiu³, Carmen Orban^{1,2}

¹Clinical Department of Anesthesia and Intensive Care, University Emergency Hospital Bucharest

²Department of Anesthesia and Intensive Care, University Emergency Hospital Bucharest, „Carol Davila” University of Medicine and Pharmacy, Bucharest

³Clinical Department of Cardiovascular Surgery, University Emergency Hospital Bucharest

Background: Cardiopulmonary bypass-associated inflammation can produce mixed cardiogenic–vasodilatory shock, characterized by myocardial dysfunction and hypotension, often refractory to conventional vasoactive agents. We report successful rescue use of total plasma exchange (TPE) in three patients with this specific type of shock. Methods: The first patient underwent CABG and PFO closure, and required the institution of V–A ECMO for separation from CPB, with pharmacological requirements reaching a peak Vasoactive-Inotropic Score (VIS) of 136. The second received aortic and mitral valve replacement for severe regurgitation secondary to infectious endocarditis; discontinuation of extracorporeal circulation was only achievable through VA–ECMO support amidst a profound catecholamine requirement, peaking at a VIS of 306. The third patient underwent aortic and mitral valve replacement for combined valvular stenosis. CPB separation was achieved with vasoactive support reaching a peak VIS of 78. Adjunctive therapy including hydrocortisone hemisuccinate and hydroxocobalamin 5g were uniformly administered across the entire patient series. Results: Renal replacement therapy with an in-line hemadsorption filter was initiated upon admission of the first patient, with a suboptimal clinical response; given the persistent hemodynamic collapse, a salvage intervention with therapeutic plasma exchange was commenced. Serial IL-6 assays confirmed a marked reduction in the systemic inflammatory burden, with the expeditious down-titration of vasoactive support and the discontinuation of VA–ECMO. This prompted the early deployment of TPE in the subsequent cases, with comparable outcomes: a significant reduction in IL-6 assays and the concurrent weaning of multimodal vasoactive support to the point of sustained hemodynamic stability. Conclusion: TPE provides a potentially effective salvage therapy for refractory post-cardiopulmonary bypass mixed shock, facilitating quantifiable humoral reset and rapid

hemodynamic stabilization. Controlled studies are needed in order to formally define standardized indications, optimal timing and biomarker-guided endpoints.

Does protective mechanical ventilation protect the brain?

Ralitsa Petrova^{1,3}, Ivelin Karageorgiev^{1,3}, Sevil Ahmed-Shieva¹, Vasil Popov¹, Aneesha Bhambra², Ivaylo Minev^{2,3}

¹Technical University of Sofia, Plovdiv Branch, Bulgaria

²Medical University of Plovdiv, Bulgaria

³Center for Competence PERIMED 2, Plovdiv, Bulgaria

Background: Protective mechanical ventilation (PMV) is recommended in severe traumatic brain injury (TBI) due to increased risk of ventilator-induced lung injury and ARDS. However, low tidal volumes and higher PEEP may induce hypercapnia and impair cerebral venous drainage, potentially worsening secondary brain injury. Objective: Machine learning recognition of the interdependence between cerebral perfusion pressure and mechanical ventilation. Methods and materials: A retrospective analysis of TBI patients from the AmsterdamUMC ICU Database was conducted. Intracranial pressure (ICP) and cerebral perfusion pressure (CPP), along with mechanical ventilation parameters (PEEP, DP, Pplat, I:E ratio, RR, VT, Paw mean, FiO₂, pO₂, pCO₂, P/F ratio) and central venous pressure, were extracted. These datasets were used to determine optimal combinations of input features for identifying nonlinear patterns. To model such time series rich data, we attempt to predict CPP recordings with a TCN-Transformer hybrid approach. It is an architecture that combines one-dimensional convolutional networks (CNN) and a parallel transformer. This pipeline model can process raw sequences to extract hierarchical temporal features and conveys the data to global relational mapping, which is suitable for processing of nonlinearity in bio-signals. Results and Discussion: Analysis of the available patient datasets suggests a seasonal inversely proportional trend in airway pressure levels and the corresponding cerebral perfusion levels during mechanical ventilation. Such a time series trend could be a subject of contribution to a secondary brain injury. The evaluation benchmarks of the deep learning model yielded sufficient accuracy, indicating its generalizability, supporting its predictive capability to unseen samples. Conclusions: Adjustments in PMV parameters may influence CPP and have clinically relevant effects on brain injury. To support personalized mechanical ventilation and make it protective not only to the lungs but also to the brain, a data driven approximator was trained to predict CPP and ICP levels.

A distinct phenotype of critical illness? Clinical profile and outcomes of hematological patients admitted to the ICU

Matilde da Silva Drumond¹, Dúlio Teixeira Passos², Teresa Silva³, Mariana Silva⁴, Maria Aguiar⁵, Lisandra Gouveia⁶, Gonçalo Faro Silva⁷, Guilherme Coelho⁸, Francisco Calisto⁹

Background: Patients with hematological diseases admitted to the intensive care unit (ICU) represent a high-risk subgroup characterized by profound immunosuppression, disease-specific emergencies, and treatment-related toxicity. Despite advances in hematology and critical care, a lingering perception of poor prognosis may still influence ICU triage and escalation decisions. **Objectives:** To characterize the clinical profile, admission etiologies, organ support requirements, complications and outcomes of hematological patients admitted to a tertiary ICU over 5 years, and to identify factors associated with mortality. **Methods:** We conducted a retrospective observational study including adult patients with hematological diseases admitted to a single tertiary ICU over five years. Baseline demographics, hematologic diagnoses, treatment lines, and illness-severity scores at admission were recorded. We analyzed causes for ICU admission, infectious complications and microbiology, hematologic emergencies, organ support therapies - including invasive mechanical ventilation (IMV), vasopressors, renal replacement therapy (RRT), and plasmapheresis. Primary outcomes were ICU and 28-day mortality; secondary outcomes included ICU readmission. Survivors and non-survivors were compared. **Results:** Ninety-four patients were included. The average age was 58.9 ± 15.2 years and 57% were male. Acute leukemias and aggressive lymphomas were the most frequent underlying diseases. Respiratory failure and sepsis were the leading causes of ICU admission. Gram-negative bacteria were the most frequently isolated pathogens, particularly *Escherichia coli* and *Pseudomonas aeruginosa*. More than 50% of the patients required IMV and most required vasopressor support; a subset received RRT and plasmapheresis. ICU mortality was 35%, increasing to 56% at day 28. Non-survivors had higher severity scores, lower PaO₂/FIO₂ ratios, and required more invasive organ support. ICU readmission occurred in approximately 25% of cases. **Conclusions:** Critically ill patients with hematological diseases frequently present with infection-driven organ failure requiring aggressive organ support, yet meaningful survival is achievable even in severe cases. Outcomes appear primarily determined by the severity of acute organ dysfunction – particularly hypoxemic respiratory failure requiring IMV - rather than the underlying malignancy per se. These findings support early ICU involvement, proactive escalation of organ support and multidisciplinary management, reinforcing the concept of a distinct critical-illness phenotype within hematology.

Mortality outcomes of targeted temperature management in specific patient subgroups after cardiac arrest

Mariana Silva¹, Matilde Drumond¹, Lisandra Gouveia¹, Mariana Rodrigues², Ana Marta Mota¹, Gonçalo Faro Silva¹

¹Intensive Care Unit, Hospital Central do Funchal, Dr. Nélío Mendonça

²Dr. Maria Isabel Mendonça Research Center, Hospital Central do Funchal, Dr. Nélío Mendonça

Introduction: Targeted temperature management (TTM) has historically been recommended to mitigate neurological injury following

cardiac arrest. However, recent evidence has failed to demonstrate a survival benefit of therapeutic hypothermia compared with normothermia. Uncertainty remains regarding its potential benefit in specific patient subgroups. This study aimed to investigate whether TTM improves mortality outcomes in selected subgroups of patients after cardiac arrest. **Methods:** We conducted a retrospective observational study including all adult patients admitted to the intensive care unit (ICU) of a tertiary hospital between January 2021 and December 2024 following cardiac arrest with sustained return of spontaneous circulation (ROSC). Exclusion criteria were ICU length of stay <72 hours, absence of clinical records, and severe hypoxic-ischemic brain injury at admission. Clinical variables included arrest location, initial rhythm, duration of cardiac arrest, SOFA and APACHE scores, and temperature profile during the first 72 hours. Patients were categorized into seven subgroups according to cardiac arrest etiology. TTM was defined as active temperature control targeting 32–36°C. The primary outcome was mortality, analyzed using Pearson's chi-square test across predefined patient subgroups. **Results:** A total of 166 patients were included in the study. The predominant etiologies of cardiac arrest were respiratory (33.7%) and cardiac (43.4%), while the remaining etiologies (septic, hypovolemic, neurological, metabolic, and traumatic) were underrepresented and did not reach statistical significance. Targeted temperature management (TTM) was significantly associated with increased mortality in respiratory patients (94.4% vs. 27.3%, $p < 0.001$; OR 0.024, 95% CI 0.005–0.124). Similarly, among cardiac patients—historically considered the subgroup most likely to benefit from TTM—no benefit was observed, with a potential signal of harm (62.5% vs. 11.1%, $p = 0.013$; OR 0.230, 95% CI 0.077–0.689). Furthermore, in patients without fever within the first 72 hours, TTM was associated with significantly higher mortality in both respiratory and cardiac subgroups. These findings should be interpreted with caution, as they may reflect confounding by indication, with more severely ill patients being preferentially selected for TTM. **Conclusions:** In this cohort, TTM was not associated with improved survival and was linked to higher mortality in both respiratory and cardiac etiologies. These findings reinforce the uncertainty surrounding the benefit of TTM in specific patient populations and highlight the need for careful patient selection. However, given the observational design, the potential for confounding by indication must be acknowledged, and further prospective studies are warranted to clarify its role across different etiologies of cardiac arrest.

Health impacts of micro- and nanoplastics in humans: systematic review of in vivo evidence

Andrew Ho¹, Hien Anh Anna Tran², Cai Ting Yong², Daniel Hengyi Tang², John Joson Ng³

¹Department of Emergency Medicine, Singapore General Hospital

²Lee Kong Chian School of Medicine, Nanyang Technological University, Singapore

³Duke-NUS Medical School, Singapore

Background: Microplastics and nanoplastics (MNPs) are pervasive environmental contaminants with potential human health implications. Although laboratory models implicate MNPs in oxidative stress, inflammation, and endocrine disruption, a comprehensive synthesis of direct in vivo human evidence is lacking. We aimed to systematically review studies measuring MNPs in living human subjects and summarise associated health findings. **Methods:** We systematically searched PubMed, Web of Science, Scopus, Cochrane and Embase through 26 December 2024. Two investigators independently screened and selected original research articles that quantified MNPs in biological samples from living humans. We excluded animal, in vitro, cell-line, and injection-based studies, as well as reports on non-plastic micro- and nanoparticles. Data extraction, performed in duplicate, included study design, participant characteristics, detection methods, polymer types, and reported health outcomes. Methodological quality was appraised using Risk Of Bias in Non-Randomized Studies – of Exposures (ROBINS-E). The primary outcome was the presence and burden of MNPs; secondary outcomes were clinical or biomarker associations. No metaanalysis was performed due to heterogeneity. **Results:** From 5 522 records, 25 studies met inclusion. Studies employed pyrolysis–gas chromatography/mass spectrometry (n=9), Raman spectroscopy (n=8), infrared spectroscopy (n=7), and Fourier-transform infrared spectroscopy (n=3), often combined with microscopy for MNP detection. Predominant polymers were polyethylene, polypropylene, polyvinyl chloride, polyethylene terephthalate, and polystyrene. In cardiovascular research (5 studies; n=454), higher thrombus and plasma MNP burdens correlated with inflammatory markers and adverse cardiac events. Reproductive research (seven studies; n=327) linked semen and tissue MNPs to reduced sperm quality and accumulation in tumor and placental samples. Gastrointestinal research (9 studies; n=537) associated fecal MNPs with liver enzyme elevations and gut dysbiosis. Respiratory (3 studies; n=171) and ocular (1 study; n=49) research detected MNPs in airway fluids and vitreous humor respectively, with links to airway inflammation and increased intraocular pressure. ROBINS-E assessments indicated moderate to high risk of confounding and exposure-measurement bias; consistency across detection modalities was limited. **Conclusion:** Human in vivo evidence confirms that MNPs accumulate in multiple organ systems and are associated with inflammation and functional impairment. Methodological heterogeneity and bias constrain causal inference. Prospective cohort studies with rigorous exposure assessment and confounder control are needed to advance understanding and guide policy.

Haemodynamic monitoring and blood pressure management in severe traumatic brain injury: outcomes from a resource-limited neurotrauma ICU

Ishan Gamage¹

¹Ishan Gamage, Consultant Intensivist, TH Anuradhapura, Sri Lanka

Introduction: Severe traumatic brain injury (TBI) remains a leading cause of mortality and long-term disability worldwide, particularly in low- and middle-income countries. Prevention of secondary brain injury through optimization of haemodynamic parameters is a cornerstone of neurocritical care. Although international guidelines emphasize maintaining adequate cerebral perfusion pressure and avoiding hypotension, real-world implementation of blood pressure (BP) monitoring and management strategies varies considerably, especially in resource-limited settings. There is limited evidence evaluating how these practices influence outcomes in such environments. This study aimed to assess the effectiveness of haemodynamic monitoring and BP management strategies on short-term outcomes in patients with severe TBI admitted to a tertiary neurotrauma ICU. **Methods:** A cross-sectional analytical study was conducted among 362 adult patients with severe TBI (Glasgow Coma Scale <8) admitted to neurotrauma intensive care units at the National Hospital of Sri Lanka. Data were extracted from clinical records, including demographic characteristics, comorbidities, type of injury, BP monitoring methods, haemodynamic fluctuations, management strategies, and clinical outcomes. Patients were followed up to 30 days after injury. Statistical analysis included descriptive methods, chi-square testing for associations, and multivariate logistic regression to identify independent predictors of survival. **Results:** The study population had a mean age of 48.2±19.2 years and was predominantly male (69.9%). Non-invasive BP monitoring was used in 72.1% of patients, while invasive monitoring was utilized in only 27.9%, reflecting resource constraints. Hypotensive BP fluctuations were more frequent than hypertensive episodes (52.8% vs 42.3%), with a small proportion experiencing both. ICU mortality was 36.2%, with an additional 13.3% mortality observed within 30 days among ICU survivors. Significant associations with poor outcomes included hypotensive BP fluctuations, combined BP instability, and the use of vasopressors, inotropes, and blood transfusions (p<0.05). These findings likely reflect greater illness severity in these patient groups. Positive fluid balance at ICU discharge was strongly associated with increased mortality (p<0.001), while negative fluid balance was associated with improved survival. Patients with combined hypotensive and hypertensive fluctuations demonstrated the worst outcomes, suggesting that haemodynamic variability may be an important prognostic marker. Improvement in GCS during ICU stay was significantly associated with survival (p<0.001). On multivariate analysis, negative fluid balance at ICU discharge remained the only independent predictor of improved 30-day survival (OR 2.76, p=0.008), while other haemodynamic variables lost statistical significance after adjustment for confounders. **Conclusion(s):** Haemodynamic instability, particularly hypotension and fluid overload, is closely associated with adverse outcomes in severe TBI. In this resource-limited setting, fluid balance emerged as the most consistent independent predictor of short-term survival. These findings underscore the importance of individualized fluid management and early stabilization of haemodynamic parameters. Strengthening haemodynamic monitoring capabilities and developing context-specific management protocols may improve outcomes in neurotrauma ICUs in similar settings.

Zajímavosti z literatury

Horáček M.^{1,2} (1, 3a–3d, 4–7, 9–11, 20)

Klučka J.³, Skříšvská T.^{4,5} (2, 3e, 8, 12–19)

¹Klinika anesteziologie, resuscitace a intenzivní medicíny, 2. lékařská fakulta Univerzity Karlovy, Praha

²Katedra anesteziologie a intenzivní medicíny, Institut postgraduálního vzdělávání ve zdravotnictví, Praha

³Výukový a publikační portál AKUTNĚ.CZ [ISSN 1803-179X], Lékařská fakulta Masarykovy univerzity, Brno

⁴Klinika dětské anesteziologie a resuscitace, Lékařská fakulta, Masarykova univerzita, Fakultní nemocnice Brno

⁵Ústav simulační medicíny, Lékařská fakulta, Masarykova univerzita, Brno

1 Doporučení ESICM k oběhovému šoku a hemodynamickému monitorování

Monnet X, Messina A, Greco M, Bakker J, Aissaoui N, Cecconi M, et al. *ESICM guidelines on circulatory shock and hemodynamic monitoring 2025. Intensive Care Med.* 2025 Nov;51(11):1971-2012. doi: [10.1007/s00134-025-08137-z](https://doi.org/10.1007/s00134-025-08137-z).

Mezinárodní panel 24 expertů formuloval ve formátu PICO (Population – Intervention – Comparator – Outcome) 50 doporučení různé síly podle klasifikace GRADE (Grading of Recommendations Assessment, Development and Evaluation) k monitorování hemodynamiky a pro případ oběhového šoku. Zdůrazňuje se měření kapilárního návratu, teploty kůže a sledování mramoráže. Opakovaně by se měla měřit saturace Hb kyslíkem v centrální žíle a veno-arteriální rozdíl pCO₂. Po počátečním podání tekutin se doporučuje posuzovat reakci na

ně (fluid responsiveness) prostřednictvím dynamických parametrů, u nereagujících pacientů pak monitorovat srdeční výdej, resp. tepový objem. Echokardiografie by se měla používat jako zobrazovací vyšetření první linie, definované fenotypy dysfunkce levé, resp. pravé komory mají prognostický význam. Pokud krevní tlak nereaguje na počáteční léčbu, měl by se měřit invazivně, u pacientů se zavedeným centrálním žilním katétrelem by se měl sledovat centrální žilní tlak.

2 Klinická kritéria pro definici refrakterního septického šoku: společný Delphi konsenzus Society of Critical Care Medicine (SCCM) a European Society of Intensive Care Medicine (ESICM)

Leone M, Myatra SN, Dugar S, Wieruszewski PM, Russell L, Evans L, et al. *Clinical Criteria for the Definition of Refractory Septic Shock: A Joint Delphi Consensus from the Society of Critical Care Medicine (SCCM) and European Society of Intensive Care Medicine (ESICM). Crit Care Med.* 2026 May 1;54(5):1073-1091. doi: [10.1097/CCM.0000000000007124](https://doi.org/10.1097/CCM.0000000000007124).

Cílem bylo dosáhnout konsenzu ohledně klinických kritérií, která by byla použita k definování refrakterního septického šoku. Konsenzus byl definován jako shoda nebo neshoda alespoň 75 % panelistů na třech nejvyšších nebo nejnižších úrovních 7bodové Likertovy škály nebo na základě odpovědí na otázky s jednou či více možnostmi.

Výsledky: Byl proveden pětikolový Delphi proces pro dosažení konsenzu a stability. Z 29 prohlášení vybraných z osmi domén bylo dosaženo konsenzu pro 13 z nich. Panel se shodl na potřebě komplexního konsenzuálního souboru klinických kritérií pro refrakterní septický šok. Jako klinická kritéria refrakterního septického šoku byly vybrány markery orgánové dysfunkce (75 %, 2 kola), tkáňové perfuze (91,1 %, 2 kola) včetně laktátu (94,6 %, 2 kola) a času kapilárního návratu

(76,8 %, 2 kola), posouzení fluidní responsibility po iniciální resuscitaci (92,9 %, 5 kol) a použití vazoaktivních léků v ekvivalentech noradrenalinu vyšších než 0,5 µg/kg/min (75,0 %, 3 kola). Použití ultrazvuku v kritické péči (CCUS) (92,9 %, 3 kola) byla jediná diagnostická modalita, která dosáhla dohody založené na konsenzu.

Závěr: Bylo dosaženo konsenzu pro 13 kritérií k vymezení definice refrakterního septického šoku. Refrakterní septický šok je charakterizován trvale zvýšenými koncentracemi laktátu a/nebo prodlouženým časem kapilárního návratu u pacientů se septickým šokem, kteří nereagují na objemovou terapii, vyžadují ekvivalentní dávku noradrenalinu vyšší než 0,5 µg na kilogram za minutu a podstupují hodnocení pomocí CCUS, je-li podezření na smíšený šok.

3a Surviving Sepsis Campaign: Mezinárodní doporučení pro léčbu sepse a septického šoku 2026

Prescott HC, Antonelli M, Alhazzani W, Møller MH, Alshamsi F, Azevedo LC, et al. *Surviving Sepsis Campaign: International Guidelines for Management of Sepsis and Septic Shock 2026. Crit Care Med.* 2026 Apr 1;54(4):725-812. doi: [10.1097/CCM.0000000000007075](https://doi.org/10.1097/CCM.0000000000007075).

3b Souhrn Mezinárodních doporučení pro léčbu sepse a septického šoku

Prescott HC, Antonelli M, Alhazzani W, Møller MH, Alshamsi F, Azevedo LCP, et al. Executive Summary: Surviving Sepsis Campaign: International Guidelines for Management of Sepsis and Septic Shock 2026. *Crit Care Med.* 2026 Apr 1;54(4):715-724. doi: 10.1097/CCM.0000000000007089.

3c Použití doporučení Surviving Sepsis Campaign 2026 v praxi

Azevedo LCP, Myatra SN, Hammond N. Using the 2026 Surviving Sepsis Campaign Guidelines in Practice. *Crit Care Sci.* 2026 May 11;38:e20260036. doi: 10.62675/2965-2774.20260036.

Doporučení Surviving Sepsis Campaign byla publikována poprvé v 2004 (early goal-directed therapy, časná ATB), jejich aktualizace pak 2008 (metodika GRADE), 2012, 2016 (2017, změna po definici SEPSIS-3, odklon od SIRS), 2021 (individualizace tekutin) a naposledy v dubnu 2026 (nikoliv již „rychle a agresivně“, nýbrž „rychle, ale selektivně a přesně“). Aktuální verze obsahuje 129 doporučení, většinou (61 %) podmíněných („conditional“),

nových oproti roku 2021 je 46. Screening sepse se má provádět již v přednemocniční péči, tekutiny a cílový krevní tlak ordinovat individualizovaně, nikoliv paušálně 30 ml/kg a MAP 65 mm Hg u všech, aplikaci noradrenalinu (i do periferní žíly) zahájit u nestabilních pacientů časně, bez čekání na účinek tekutin. Nová jsou též doporučení pro de-resuscitaci. Sepsis není jen akutní problém, vyžaduje i důslednou navazující péči.

3d Současný standard péče u septického šoku

Delaney A, Borges-Sa M, Chew MS, De Waele JJ, Dye J, Khanna AK. Current standard of care for septic shock. *Intensive Care Med.* 2026 Jan;52(1):89-103. doi: 10.1007/s00134-025-08211-6.

3e Surviving Sepsis Campaign: mezinárodní doporučení pro management sepse a septického šoku u dětí 2026

Weiss SL, Peters MJ, Oczkowski SJW, Belley-Cote E, Buysse C, Choong KLM, et al. Surviving Sepsis Campaign International Guidelines for the Management of Sepsis and Septic Shock in Children 2026. *Intensive Care Med.* 2026. doi: 10.1007/s00134-026-08360-2.

Cílem bylo aktualizovat doporučení pro léčbu sepse a septického šoku u dětí založená na důkazech, určená pro klinické lékaře pečující o děti (včetně kojenců, školních dětí a dospívajících). Na doporučeních se podílel panel 68 mezinárodních expertů zastupujících 13 mezinárodních organizací, spolu se šesti metodology.

Výsledky: Panel formuloval 61 výroků týkajících se léčby dětí se sepsí nebo septickým šokem. Celkem bylo vydáno pět silných doporučení, 24 podmíněných doporučení a deset výroků správné praxe. U 22 PICO otázek nebylo možné formulovat žádné doporučení, avšak u sedmi z nich byly uvedeny výroky typu „v naší praxi“. Ve srovnání s doporučeními z roku 2020 bylo 20 doporučení nových, 13 bylo aktualizováno (pro větší srozumitelnost a/nebo na základě nových důkazů), šest bylo přehodnoceno bez změny a 22 bylo převzato na základě konsenzu panelu, že nejsou k dispozici nové důkazy. Pouze tři doporučení byla založena na důkazech s vysokou nebo střední jistotou.

V aktualizovaných doporučeních SSC 2026 došlo k několika změnám v oblasti rozpoznání sepse, diagnostiky i léčby. V rámci screeningu sepse u akutně nemocných dětí není k dispozici dostatek důkazů pro doporučení rutinního systematického screeningu nad rámec běžné klinické praxe. Naopak bylo posíleno doporučení měřit hladinu laktátu u dětí s podezřením na sepsi nebo septický šok jako součást iniciačního

vyšetření. Dále se zdůrazňuje význam zavádění programů zlepšování kvality péče ve zdravotnických zařízeních, včetně standardizovaných postupů pro léčbu sepse.

Mezi nová doporučení patří například skutečnost, že v současnosti není dostatek důkazů ani pro, ani proti rutinnímu využití molekulárních metod k detekci patogenů u dětí se sepsí nebo septickým šokem.

V oblasti antimikrobiální léčby zůstává klíčové časné podání antibiotik – u dětí se septickým šokem by měla být léčba zahájena co nejdříve, ideálně do jedné hodiny od rozpoznání stavu. Nově se také doporučuje každodenní přehodnocení antimikrobiální léčby s cílem její možné deeskalace. Naopak není dostatek důkazů pro preferenci kontinuální či prodloužené infuze betalaktamových antibiotik oproti intermitentnímu podání.

Další nové či upravené oblasti se týkají podpůrné léčby. U dětí se sepsí a metabolickou acidózou není dostatek důkazů pro doporučení podávání hydrogenuhličitanu sodného. Stejně tak není jasné, zda by měla být aktivně cílená normotermie nebo je možné tolerovat horečku. V oblasti eliminačních metod se nedoporučuje použití vysokobjemové hemofiltrace oproti standardní terapii.

Závěr: Celkově tato aktualizace ukazuje posun směrem k opatrnějším doporučením, častějšímu zdůraznění nedostatku důkazů a většímu důrazu na individualizaci léčby a racionální používání antibiotik.

4 Srovnání oscilometrického monitorování arteriálního krevního tlaku v průběhu nekardiochirurgických výkonů v intervalu po 2,5, nebo po 5 minutách: randomizovaná klinická studie

Kouz K, Sierzputowski P, Turan A, Flick M, Müller DX, Thomsen KK, et al. Intervals For Oscillometric Arterial Pressure Monitoring During Noncardiac Surgery: the '2.5-Minute Versus 5-Minute' Randomized Clinical Trial. *Anesthesiology*. 2026 May 8. doi: 10.1097/ALN.00000000000006140.

Arteriální krevní tlak v průběhu nekardiochirurgických operací by se měl podle směrnic mnoha odborných společností měřit nejdéle po pěti minutách. Není však známo, zda by častější měření mohlo snížit počet epizod peroperační hypotenze (MAP < 65 mm Hg) nebo jejich trvání

zkrátit. U 264 pacientů podstupujících výkony s nízkým až středním rizikem hypotenze autoři zjistili, že krevní tlak noradrenalinem dobře kontrolovali a že míra hypotenze byla nízká. Monitorování po 2,5 minutách by snad mohlo snížit výskyt hluboké hypotenze.

5a Kontinuální, nebo bolusové podávání noradrenalinu a stabilita krevního tlaku v úvodu do celkové anestezie u vysoce rizikových nekardiochirurgických pacientů: randomizovaná studie

Vokuhl C, Kouz K, Flick M, Krause L, Kröker A, Moll-Khosrawi P, et al. Continuous versus bolus norepinephrine administration and arterial blood pressure stability during induction of general anaesthesia in high-risk noncardiac surgery patients: a randomised trial. *Br J Anaesth*. 2025 Oct;135(4):878-885. doi: 10.1016/j.bja.2025.06.025.

Hypotenze po úvodu do celkové anestezie je u vysoce rizikových pacientů častá. Léčí se bolusy noradrenalinu o krátkém poločasu. U 71

pacientů autoři prokázali, že kontinuální podávání noradrenalinu již při úvodu zlepšilo stabilitu krevního tlaku monitorovaného invazivně.

5b Kontinuální, nebo bolusové podávání noradrenalinu k léčbě hypotenze po úvodu do celkové anestezie u nekardiochirurgických pacientů s nízkým až středním rizikem: randomizovaná studie

Thomsen KK, Külls F, Vokuhl Ch, Zöllner Ch, Sessler DI, Saugel B, et al. Continuous versus bolus norepinephrine administration to treat hypotension after induction of general anaesthesia in low-to-moderate risk noncardiac surgery patients: a randomised trial. *Brit J Anaesth* 2026;136(4):1137-1144. doi: 10.1016/j.bja.2025.03.017.

I v této studii autoři podávali noradrenalin do periferní kanyly buď kontinuálně dávkovačem, nebo manuálně bolusy. Krevní tlak měřili tentokrát oscilometricky, současně však i kontinuálně neinvazivně. Hlavním výsledným ukazatelem byla hypotenze po úvodu definovaná

plochou pod křivkou MAP 65 mm Hg do 15 minut po úvodu. Analyzovali 261 pacientů s mediánem věku 62 let, většinou (60 %) mužů. Kontinuální podávání noradrenalinu u těchto pacientů s nízkým až středním rizikem výskyt hypotenze na rozdíl od pacientů s vysokým rizikem nesnížilo.

6 Hemodynamické změny po profylaktických dávkách efedrinu, fenylefrinu, noradrenalinu ve srovnání s placebem při úvodu do celkové anestezie: randomizovaná studie

Sjøen GH, Hauge TH, Falk RS, Tønnessen TI, Langesæter E. Haemodynamic Changes After Prophylactic Doses of Ephedrine, Phenylephrine, Norepinephrine Versus Placebo During Induction of General Anaesthesia: A Randomised Trial. *Acta Anaesthesiol Scand*. 2026 Jan;70(1):e70138. doi: 10.1111/aas.70138.

Autoři randomizovali 128 zdravých žen podstupujících gynekologické výkony do čtyř skupin, v nichž jim profylakticky podali efedrin (0,1 mg.kg⁻¹), fenylefrin (1 µg.kg⁻¹), noradrenalin (0,1 µg.kg⁻¹) nebo placebo (0,9% NaCl v dávce 0,1 ml.kg⁻¹). Anestezovali je technikou TCI s propofolem a remifentanilem, monitorovali systémem LiDCOplus.

Zjistili, že profylaktické podání efedrinu úspěšně udrželo systolický tlak, srdeční frekvenci i srdeční výdej po dobu prvních pěti minut po úvodu, kdežto účinek bolu noradrenalinu, resp. fenylefrinu byl jen krátký, systolický tlak v pěti minutách byl po nich stejný jako po podání placeba.

7a Léčba kyslíkem s vysokým průtokem, nebo standardním způsobem u akutního hypoxemického respiračního selhání

Frat J-P, Quenot J-P, Guittou Ch, Coudroy R, Gacouin A, Badie J, et al. jménem výzkumné skupiny SOHO a sítě REVA. High-Flow or Standard Oxygen in Acute Hypoxemic Respiratory Failure. *N Engl J Med*. 2026 Mar 17. doi: 10.1056/NEJMoa2516087.

7b Přehodnocení léčby vysokým průtokem kyslíku u akutního hypoxemického respiračního selhání (doprovodný úvodník)

Neto AS. *Rethinking High-Flow Oxygen in Acute Hypoxemic Respiratory Failure* *N Engl J Med.* 2026 Mar 17.

doi: [10.1056/NEJMe2602037](https://doi.org/10.1056/NEJMe2602037).

1116 pacientů s akutním hypoxemickým selháním bylo v této otevřené multicentrické studii léčeno buď kyslíkem s vysokým průtokem, nebo standardně. Mortalita 28. den byla v obou skupinách stejná (14,6 %), ale intubaci do téhož dne vyžadovalo 42,4 % pacientů v první skupině,

resp. 48,4 % ve standardní skupině, přičemž medián doby do intubace byl v obou skupinách stejný. Zdá se tedy, že léčba kyslíkem s vysokým průtokem u určité skupiny pacientů selektivně brání intubaci, což může zlepšit prožitek pacientů, funkční výsledky a snížit náklady na péči.

8 Konzervativní cílové hodnoty oxygenace u mechanicky ventilovaných pacientů (OXY-BREATHES): systematický přehled a metaanalýza randomizovaných kontrolovaných studií

Nguyen N, Tran NB, de Barros E Lyra NA, Zawam Y, Downes D, et al. *Conservative Oxygen Targets in Mechanically Ventilated Patients (OXY-BREATHES): A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials.* *Crit Care Med.* 2026 May 1;54(5):1225-1236. doi: [10.1097/CCM.0000000000007031](https://doi.org/10.1097/CCM.0000000000007031).

Tento systematický přehled a metaanalýza randomizovaných kontrolovaných studií porovnávali konzervativní cíle oxygenace (SpO_2 88–94 % nebo $\text{PaO}_2 < 80$ mm Hg) vs. liberální cíle ($\text{SpO}_2 \geq 94$ % nebo $\text{PaO}_2 \geq 90$ mm Hg) u kriticky nemocných dospělých pacientů na umělé plicní ventilaci. Primárními sledovanými parametry byly 90denní mortalita a délka hospitalizace na JIP. Sekundárními parametry byly dny bez ventilátoru a bez vazopresorů, potřeba náhrady funkce ledvin, nozokomiální pneumonie a ischemické příhody srdce nebo mozku. Hodnoceny byly i podskupiny pacientů se sepsí/septickým šokem a po srdeční zástavě. Výsledky: Do analýzy bylo zahrnuto 9 randomizovaných studií s celkovým počtem 20447 pacientů. Mezi konzervativním a liberálním přístupem nebyl zjištěn žádný významný rozdíl v 90denní mortalitě (RR 1,01; 95% CI 0,94–1,09) ani

v délce hospitalizace na JIP (MD -0,17; 95% CI -0,41 až 0,06). Počet dní bez orgánové podpory a výskyt nežádoucích účinků byly mezi oběma skupinami srovnatelné. U septických pacientů vedly konzervativní cíle k vyššímu počtu dní bez vazopresorů (MD 2,0 dne; $p = 0,008$). U pacientů po srdeční zástavě byl zaznamenán potenciální benefit pro přežití (RR 0,89; $p = 0,05$). Jistota důkazů byla hodnocena jako střední pro mortalitu a délku hospitalizace, avšak velmi nízká pro orgánové ischemie (kvůli nezaslepenému designu původních studií). Závěr: Konzervativní oxygenoterapie je u kriticky nemocných dospělých pacientů na umělé plicní ventilaci srovnatelná s liberálním přístupem. Může však přinášet specifické výhody u pacientů se sepsí a u stavů po srdeční zástavě. K přesnějšímu definování optimální strategie budou zapotřebí další studie zaměřené na konkrétní klinické stavy.

9 Souhrn aktualizovaných doporučení ACC/AHA k předoperačnímu vyšetření a léčbě pacientů podstupujících nekardiochirurgické výkony

Sweitzer BJ, Thompson A, Blitz J. *Executive Summary of the American College of Cardiology/American Heart Association Joint Committee (2024) on Clinical Practice for Cardiac Evaluation and Management of Patients Having Noncardiac Surgeries.* *Anesthesia & Analgesia.* 142(4):697-708. doi: [10.1213/ANE.0000000000007857](https://doi.org/10.1213/ANE.0000000000007857).

Oproti verzi z roku 2014 se v současnosti posiluje význam biomarkerů BNP/NT-proBNP a troponinů, upozorňuje se na diagnózu MINS (Myocardial Injury after Noncardiac Surgery, až u 20 % pacientů), k hodnocení zdatnosti se doporučuje používat spíše dotazník DASI než

subjektivní údaje. U seniorů je nezbytné hodnotit křehkost, kognici, respektovat jejich preference a stanovovat realistické cíle péče. Uvedeny jsou podrobnější instrukce týkající se přímých orálních antikoagulancií, bridgingu antikoagulace a antidiabetik.

10 Spojení mezi poměrem distribuční šíře červených krvinek (RDW) a koncentrace hemoglobinu (RDW/Hb) a pooperační mortalitou u dospělých kardiochirurgických pacientů

Kida H, Takaki S, Takahashi K. *Association Between Preoperative Red Cell Distribution Width-to-hemoglobin Concentration Ratio and Postoperative Mortality in Adult Cardiac Surgery Patients.* *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 2026 May;40(5):1355-1361. doi: [10.1053/j.jvca.2025.04.020](https://doi.org/10.1053/j.jvca.2025.04.020).

Pooperační komplikace významně ovlivňují dlouhodobou prognózu. Identifikace pacientů se zvýšeným rizikem již před operací by mohla pomoci zlepšit výsledky. Autoři této retrospektivní studie u 293 pacientů zjistili, že poměr RDW/Hb (g.dl^{-1}), tzn. poměr dvou jednoduchých,

rutinně měřených hematologických parametrů, je při prahové hodnotě 1,38 těsně spojen s 30denní a jednoroční mortalitou, která je 6x, resp. 7x vyšší než u pacientů s poměrem RDW/Hb pod 1,38. Vyšší je i výskyt komplikací kardiovaskulárních, renálních a ranných infekcí.

11 Konsenzuální dokument o edukaci anesteziologů v elektroencefalografii, definice cílů edukace: modifikovaná čtyřkolová Delphi studie

Berger-Estilita J, Baron Shahaf D, Barreto Chang OL, Bonhomme V, Crisan I, Fernández-Candil JL. Consensus document on electroencephalography education in anaesthesiology: defining learning outcomes: A modified four-round Delphi study. *Eur J Anaesthesiol.* 2026 Feb 19. doi: 10.1097/EJA.0000000000002346.

Po čtyřech kolech Delphi metody dosáhlo 33 expertů shody u 58 ze 191 cílů edukace v EEG monitorování pro základní i pokročilou úroveň znalostí. Definovali tím rámec strukturovaného vzdělávání, jelikož

potřeba kompetence anesteziologů v EEG monitorování stoupá kvůli zlepšení bezpečnosti pacientů.

12 Ultrazvukem naváděná punkce podklíčkové žíly technikou „in-plane“ vs. technika s předchozím ultrazvukovým vyšetřením a orientací podle anatomických struktur: randomizovaná kontrolovaná studie

Conrad D, Schneider SO, Beller S, Wagenpfeil G, Volk T, Müller-Wirtz LM, et al. Ultrasound-Guided In-Plane Subclavian Vein Puncture versus Prior Ultrasound and Landmark Technique: A Randomized Controlled Trial. *Anesth Analg.* 2026 May 1;142(5):857-865. doi: 10.1213/ANE.0000000000007841.

Tato randomizovaná kontrolovaná studie porovnávala úspěšnost a komplikace ultrazvukem naváděné punkce vena subclavia technikou „in-plane“ s mikrokonvexní sondou (MISP) s technikou po předchozím ultrazvukovém vyšetření (prescan) a orientací pomocí anatomických struktur. Primárním sledovaným parametrem bylo a priori definované složené skóre rizika zahrnující počet pokusů o punkci, čas výkonu, poranění zadní stěny žíly, arteriální punkce, vznik hematomu, hemo/pneumothorax a malpozici katétru. Sekundárními parametry byly celková úspěšnost, míra komplikací a délka výkonu.

Výsledky: Do studie bylo zařazeno 101 pacientů plánovaných k elektivnímu chirurgickému výkonu. Průměrné složené skóre rizika bylo

signifikantně nižší ve skupině MISP ($6,4 \pm 5,9$ vs. $11,6 \pm 10,8$; průměrný rozdíl 5,21; 95% CI 1,71–8,71; $p = 0,028$). MISP dosáhla vyšší celkové úspěšnosti (86 % [95% CI 74,6–93,9 %] vs. 71 % [95% CI 56,2–82,5 %]; $p = 0,046$) a snížila riziko arteriální punkce (1,9 % vs. 12 %; NNH 10 punkcí; $p = 0,047$). Pneumothorax se vyskytl v obou skupinách u jednoho pacienta (2 %). Průměrná doba výkonu byla ve skupině MISP o 5 minut delší ($p < 0,001$).

Závěr: Ve srovnání s orientační technikou ultrazvukové naváděná technika MISP významně snížila riziko komplikací. Prodloužená doba výkonu může být ospravedlněna nižší mírou komplikací. Další studie by měly zhodnotit zavedení techniky MISP jako standardního přístupu pro kanylaci podklíčkové žíly.

13 Propofol versus ketamin při rychlém úvodu do anestezie u kriticky nemocných pacientů

Schmidt RC, Godinho Zampieri F, da Silva Ramos FJ, Santos Cavatoni Serra F, Maccagnan Pinheiro Besen BA, Fonseca Nunes N, et al; PROMINE Investigators. Propofol versus ketamine in rapid sequence intubation in critically ill patients: a prospective, randomized, controlled trial. *Intensive Care Med.* 2026 Mar;52(3):476–489. doi: 10.1007/s00134-026-08351-3.

Cílem této investigátorem iniciované, prospektivní, randomizované, kontrolované, open-label studie provedené na dvou smíšených jednotkách intenzivní péče (JIP) byli dospělí pacienti (≥ 18 let) vyžadující rychlý úvod do anestezie (RSI) randomizováni v poměru 1 : 1 k podání ketaminu nebo propofolu. Primárním sledovaným parametrem byla nejnižší hodnota středního arteriálního tlaku (MAP) během prvních 10 minut po indukci, analyzovaná pomocí lineárního regresního modelu upraveného o věk, výchozí MAP a celkovou dávku vazopresorů podanou během prvních 10 minut.

Výsledky: Bylo randomizováno 207 pacientů a 175 bylo zahrnuto do modifikované analýzy intention-to-treat. Nejnižší MAP během prvních 10 minut byl 66 (55–79) mm Hg u ketaminu a 60 (48–72) mm Hg u propofolu (průměrný rozdíl 6,0 [95% CI -0,0 až 11,9]; $p = 0,050$).

Průměrný rozdíl MAP během první hodiny byl 1,67 (95% CI -1,98 až 5,31). Kardiovaskulární kolaps se vyskytl u 20/91 (22 %) pacientů léčených ketaminem a u 28/84 (33 %) pacientů léčených propofolem, převážně v souvislosti se zvýšením dávky vazopresorů během 2 minut. Mortalita 7. den byla 33 % u ketaminu a 23,8 % u propofolu (OR 1,38; 95% CI 0,86–2,24). Nemocniční mortalita činila 60,4 %, respektive 50,0 % (OR 1,21; 95% CI 0,92–1,58).

Závěry: U kriticky nemocných pacientů podstupujících RSI vedl ketamin k méně výraznému poklesu MAP během prvních 10 minut ve srovnání s propofolem, avšak tento rozdíl nebyl klinicky významný ani dlouhodobě udržitelný. Tato zjištění zpochybňují volbu sedativa založenou výhradně na předpokládaném riziku hypotenze a poukazují na potřebu větších studií k určení optimálního indukčního agens.

14 Ketamin, nebo etomidát při tracheální intubaci kriticky nemocných dospělých

Casey JD, Seitz KP, Driver BE, Gibbs KW, Ginde AA, Trent SA, et al. Ketamine or Etomidate for Tracheal Intubation of Critically Ill Adults. *N Engl J Med.* 2026;394(16):1608–1620. doi: 10.1056/NEJMoa2511420.

Tato randomizovaná studie provedená na 14 urgentních příjmech a JIP v USA hodnotila, zda použití ketaminu místo etomidátu k úvodu do anestezie snižuje mortalitu u kriticky nemocných dospělých podstupujících tracheální intubaci. Observační studie naznačovaly možné zvýšení mortality při podání etomidátu. Tato RCT si kladla za cíl tuto hypotézu ověřit. Primárním sledovaným parametrem byla nemocniční mortalita do 28. dne. Sekundárním parametrem byl kardiovaskulární kolaps během intubace (systolický TK < 65 mm Hg, zahájení nebo navýšení vazopresorů nebo srdeční zástava).

Výsledky: Do studie bylo zařazeno 2365 pacientů; 1176 bylo randomizováno do skupiny s ketaminem a 1189 do skupiny

s etomidátem. Nemocniční mortalita do 28. dne byla 28,1 % ve skupině s ketaminem a 29,1 % ve skupině s etomidátem (rozdíl rizik adjustovaný podle centra -0,8procentního bodu; 95% CI -4,5 až 2,9; $p = 0,65$). Kardiovaskulární kolaps během intubace se vyskytl u 22,1 % pacientů ve skupině s ketaminem a u 17,0 % pacientů ve skupině s etomidátem (rozdíl rizik 5,1procentního bodu; 95% CI 1,9–8,3). Předem definované bezpečnostní parametry byly v obou skupinách srovnatelné.

Závěr: U kriticky nemocných dospělých pacientů podstupujících tracheální intubaci nevedlo použití ketaminu k úvodu do anestezie k nižší nemocniční mortalitě do 28. dne ve srovnání s etomidátem.

15 Krátkodobá sedace remimazolam-besylátem versus propofolem na JIP (SHOSREB): multicentrická, randomizovaná, jednoduše zaslepená, kontrolovaná studie

Yang X, Pan J, Gong X, Lv A, Liang F, Liu J, et al. Short-term light sedation with remimazolam besylate versus propofol in the ICU (SHOSREB): a multicentre, randomized, single-blind, controlled trial. *Intensive Care Med.* 2026. doi: 10.1007/s00134-026-08381-x.

Cílem této multicentrické, randomizované, jednoduše zaslepené studie non-inferiority bylo zhodnotit účinnost a bezpečnost remimazolam-besylátu při krátkodobé sedaci na jednotce intenzivní péče (JIP) ve srovnání s propofolem u pacientů na umělé plicní ventilaci, kteří vyžadovali lehkou sedaci, definovanou jako skóre na škále Richmond Agitation-Sedation Scale (RASS) v rozmezí -2 až +1. Primárním sledovaným parametrem byla úspěšná sedace, definovaná jako absence potřeby podání záchranného sedativa během infuze studovaného léčiva při současném udržení RASS mezi -2 a +1 po alespoň 70 % celkové doby infuze.

Výsledky: Celkem bylo zařazeno 164 pacientů, kteří byli randomizováni v poměru 1 : 1 do skupiny s remimazolamem a do skupiny

s propofolem. Remimazolam byl kontinuálně podáván po dobu 10,5 [8,1–14,7] hodin a propofol po dobu 11,0 [7,0–14,3] hodin ($p = 0,534$). Medián průměrné udržovací dávky remimazolamu a propofolu byl 0,20 [0,19–0,30] mg·kg⁻¹·h⁻¹, respektive 0,61 [0,30–1,17] mg·kg⁻¹·h⁻¹. Podíl pacientů s úspěšnou sedací byl v obou skupinách 97,5 % ($p = 0,497$), s rozdílem 0 (95% CI -6,5 % až 6,4 %), což je nad předem stanovenou hranicí non-inferiority (-8 %). Nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl v průměrném podílu času stráveného v cílovém rozmezí RASS mezi skupinou s remimazolamem (88,6 %; 95% CI 84,2–92,9 %) a skupinou s propofolem (89,4 %; 95% CI 85,0–93,8 %) ($p = 0,543$).

Závěr: Remimazolam-besylát je z hlediska dosažení úspěšné krátkodobé lehké sedace na JIP non-inferiorní ve srovnání s propofolem.

16 Remimazolam besylát ve srovnání s dexmedetomidinem jako sedativum u pacientů na JIP podstupujících umělou plicní ventilaci: multicentrická, jednoduše zaslepená, randomizovaná studie non-inferiority

Cheng W, Chen Y, He F, Zhao J, Mao Z, Qin B, et al. Remimazolam Besylate Versus Dexmedetomidine As a Sedative in ICU Patients Undergoing Mechanical Ventilation: A Multicenter, Single-blinded, Randomized, Noninferiority Trial. *Crit Care Med.* 2026 Mar 1;54(3):496-506. doi: 10.1097/CCM.0000000000007011.

Cílem této multicentrické, jednoduše zaslepené a randomizované studie bylo posoudit, zda remimazolam besylát dokáže poskytnout non-inferiorní úroveň sedace ve srovnání s dexmedetomidinem u pacientů na umělé plicní ventilaci (UPV) v prostředí jednotky intenzivní péče. Studie zahrnovala dospělé intubované pacienty na UPV s předpokládanou potřebou sedace po dobu 8 až 48 hodin. Pacienti byli randomizováni v poměru 1 : 1 k léčbě remimazolamem, nebo dexmedetomidinem. Analgezie byla zajištěna kontinuální i. v. infuzí remifentanilu.

Výsledky: Z 314 zařazených pacientů dokončilo studii 299 osob. Pokud jde o primární endpoint, úspěšnost sedace v rámci per-protocol analýzy (PPS) dosáhla 82,6 % ve skupině s remimazolamem besylátem

a 83,2 % ve skupině s dexmedetomidinem, zatímco v „intention-to-treat“ (ITT) souboru byla tato míra u obou skupin 72,9 %. Hranice non-inferiority byla nastavena na 10 % a spodní meze oboustranného 95% intervalu spolehlivosti pro meziskupinový rozdíl činily -3,0 % v PPS analýze a -2,6 % v ITT populaci. U skupiny s dexmedetomidinem se vyskytla vyšší incidence bradykardie ve srovnání s remimazolamem (4,7 % vs. 0,7 %; $p = 0,029$), avšak u dalších sekundárních parametrů a jiných nežádoucích příhod nebyly zaznamenány žádné rozdíly mezi skupinami.

Závěr: Remimazolam poskytuje u pacientů na umělé plicní ventilaci po dobu 48 hodin non-inferiorní sedaci oproti dexmedetomidinu a pojí se s nižším rizikem bradykardie.

17 Opioid-free vs. opioidová anestezie s, nebo bez regionální anestezie v léčbě pooperační bolesti: systematický přehled a network metaanalýza randomizovaných kontrolovaných studií

de Carvalho CC, El-Boghdady K, Guedes IHL, Dantas MVM, Tomé DPB, Ramos IB, Gomes CSH, et al. Opioid-free vs. opioid-inclusive anaesthesia with or without regional anaesthesia for postoperative pain: a systematic review with network meta-analysis of randomised controlled trials. *Anaesthesia*. 2026 May;81(5):702-712. doi: 10.1111/anae.70121.

Cílem tohoto systematického přehledu a network metaanalýzy RCT bylo zhodnotit přínosy opioid-free anestezie ve srovnání s technikami zahrnujícími opioidy, a to zejména v přítomnosti regionální anestezie. Studie porovnávala šest strategií u dospělých pacientů: bezopioidovou anestezii a opioidovou anestezii (s použitím samotného remifentanilu nebo jiných opioidů), přičemž každá z těchto strategií byla analyzována s použitím regionální anestezie nebo bez ní. Primárním sledovaným parametrem byla pooperační bolest. Sekundární parametry zahrnovaly pooperační spotřebu opioidů, čas do propuštění z dšpávacího pokoje (PACU), délku hospitalizace a výskyt komplikací.

Výsledky: Do analýzy bylo zahrnuto 885 studií z 59 zemí. Techniky zahrnující regionální anestezii se konzistentně umístily nejvýše z hlediska kontroly pooperační bolesti. Regionální anestezie v kombinaci s bezopioidovou intraoperační strategií dosáhla jedné z nejlepších výsledků pro kontrolu bolesti po 2, 12 a 48 hodinách (nízká jistota důkazů). Pokud byla použita regionální anestezie, rozdíly mezi bezopioidovými

a opioidovými technikami byly minimální (střední jistota důkazů). Z hlediska pooperační spotřeby opioidů se regionální anestezie s bezopioidovou strategií umístila nejlépe po 2 h (střední jistota), 12 h i 48 h (nízká jistota). Techniky bez regionální anestezie byly spojeny s vyšším skóre bolesti a větší potřebou opioidů. Bezopioidové přístupy (zejména v kombinaci s regionálními technikami) byly zároveň spojeny s nižší mírou pooperační nauzey a zvracení (PONV).

Závěr: Regionální anestezie byla klíčovým determinanem pro lepší kontrolu pooperační bolesti, přičemž intraoperační podávání opioidů přineslo jen malý dodatečný benefit v případech, kdy regionální techniky poskytovaly adekvátní analgezii. Bez použití regionální anestezie nevykázala ani opioid-free ani opioidová strategie konzistentní analgetickou převahu. Opioid-free techniky však snižují výskyt pooperační nauzey a zvracení. Tato zjištění podporují preferenční využití regionální anestezie všude tam, kde je to možné, a naznačují, že vynechání intraoperačních opioidů může usnadnit pooperační zotavení pacienta.

18 Doporučení Society of Critical Care Medicine pro péči o starší dospělé pacienty na JIP

Ferrante LE, Chaudhuri D, Laiya Carayannopoulos K, Jain S, Tate JA, Álvarez-Espinoza E, et al. Society of Critical Care Medicine Guidelines on Caring for Older Adults in the ICU. *Crit Care Med*. 2026 May 1;54(5):1060-1072. doi: 10.1097/CCM.0000000000007085.

Jedná se o evidence-based doporučení sestavená 22členným multi-profesním panelem American College of Critical Care Medicine (lékaři, sestry, farmaceut, fyzioterapeut, ergoterapeut, zástupce pacientů, metodologičtí experti pro GRADE). Panel zpracoval pět klinických otázek PICO; pro každou byl proveden systematický přehled a hodnocení kvality důkazů dle GRADE.

Primárním cílem bylo vytvořit doporučení zaměřená na péči o starší dospělé (≥ 65 let) během kritického onemocnění i po něm.

Výsledky: SCCM guidelines 2026 doporučují pro všechny starší dospělé pacienty (≥ 65 let) přijaté na JIP zavést geriatrický model péče postavený na principu „4M“ – What Matters, Medications, Mentation a Mobility. V praxi to znamená kompenzaci sluchového postižení,

odstranění zbytečných omezovačů a katétrů a ergoterapii zaměřenou na dlouhodobé funkční zotavení. Co se týče deliria, panel jednoznačně nedoporučuje profylaktické podávání antipsychotik (haloperidol, kvetiapin) – jejich účinnost není prokázána a u starších pacientů převažuje riziko poškození včetně nevhodné dlouhodobé preskripce. Ohledně cílového středního arteriálního tlaku při vazodilatačním šoku (MAP 60–65 mm Hg vs. > 65 mm Hg) panel žádné doporučení nevydal – nižší cíle mohou snižovat expozici vazopresorům, dostupné důkazy však zatím nejsou dostatečné.

Závěr: Panel vytvořil doporučení pro geriatrickou péči na JIP s důrazem na geriatrický model péče a opatrnost při podávání antipsychotik. Identifikované oblasti s nedostatečnými důkazy vyžadují další výzkum.

19 Přednemocniční zahájení mimotělní podpory oběhu u refrakterní mimonemocniční srdeční zástavy

Lunz D, Philipp A, Petermichl W, Graf B, Lubnow M, Schmid Ch, et al. Prehospital initiation of extracorporeal life support for refractory out-of-hospital cardiac arrest—results of a prospective observational study. *Crit Care*. 2026;30:163. doi: 10.1186/s13054-026-05958-2.

Cílem této prospektivní observační studie bylo zhodnotit vliv zavedení ECPR přímo na místě zásahu na míru propuštění z nemocnice a neurologický stav pacientů a rovněž analyzovat prediktory nepříznivého klinického výsledku. Zahájení VA ECMO na místě zásahu probíhalo podle

předem definovaných indikačních a vylučovacích kritérií. Pacienti byli následně transportováni do univerzitního centra k postresuscitační péči dle doporučených postupů. Byla zaznamenávána a analyzována klinická data včetně parametrů KPR, vstupních fyziologických hodnot a výsledků léčby.

Výsledky: Během deseti let vedlo 11 235 výjezdů k 2 655 (23,6 %) případům, kdy byla na místě zahájena KPR pro OHCA. VA ECMO byla indikována u 213 pacientů s refrakterní OHCA (8,0 % případů KPR na místě). Medián času od zahájení KPR do spuštění VA ECMO byl 45 minut (IQR 35–63). Medián trvání ECMO byl 2 dny (IQR 1–4). Přežití do propuštění z nemocnice dosáhlo 34,7 % (74/213), přičemž 89,2 % (66/74) pacientů mělo dobrý neurologický výsledek a bylo soběstačných v běžných denních aktivitách.

Multivariační analýza omezená na parametry dostupné na místě zásahu identifikovala jako nezávislé prediktory nepříznivého výsledku: bilaterálně dilatované zornice (OR 5,79 [1,85– 19,8]; $p = 0,003$), absence

laické KPR (OR 4,38 [1,23–18,2]; $p = 0,029$), použití mechanických kompresních zařízení (OR 5,53 [2,09–15,9]; $p < 0,001$), asystolie jako inciální rytmus (OR 35,0 [5,24–731]; $p = 0,002$) a interval od zahájení KPR do ECMO > 45 minut (OR 3,07 [1,09–9,14]; $p = 0,037$).

Závěr: Přednemocniční ECPR je proveditelná a může být integrována do regionálního systému urgentní medicíny, pokud je prováděna vysoce zkušeným týmem. Míra přežití v této selektované kohortě převyšovala běžné výsledky u OHCA, přičemž vysoký podíl pacientů dosáhl příznivého neurologického zotavení. Časná iniciace VA ECMO a několik faktorů zjištěných na místě zásahu jsou klíčovými determinanty prognózy.

20 Konzervativní, nebo liberální oxygenoterapie u pacientů v bezvědomí po zástavě oběhu

The LOGICAL Investigators and the Australian and New Zealand Intensive Care Society Clinical Trials Group. Conservative Oxygen for Unresponsive Patients after Cardiac Arrest. New Engl J Med. Publikováno elektronicky předem 10. 6. 2026. doi: 10.1056/NEJMoa2513814.

U pacientů, kteří po obnovení spontánního krevního oběhu zůstávají v bezvědomí, může hyperoxie zhoršovat ischemicko-reperfuční poškození. Autoři proto zkoumali, zda konzervativní strategie oxygenoterapie zaměřená na prevenci nadměrné oxygenace zlepší neurologický výsledek ve srovnání s liberální strategií.

Do multicentrické randomizované studie zařadili 1 840 pacientů z 53 jednotek intenzivní péče na umělé plicní ventilaci. V konzervativní skupině byla cílová saturace hemoglobinu kyslíkem měřená pulzní oxymetrií (SpO_2) v pásmu 90–95 %; při překročení horní hranice frakci vdechovaného kyslíku (FiO_2) snížili až na 21 %, pokud SpO_2 zůstávala nad 90 %. V liberální skupině horní hranici SpO_2 nestanovili, ale FiO_2 nesměla klesnout pod 30 %.

Primárním výsledným ukazatelem byl příznivý neurologický výsledek po 180 dnech, definovaný hodnotou ≥ 5 na škále Extended Glasgow Outcome Scale (GOS-E; 1 = smrt, 8 = úplné zotavení). Příznivého neurologického výsledku dosáhlo 313 z 819 pacientů (38,2 %) v konzervativní skupině a 353 z 890 pacientů (39,7 %) v liberální skupině (relativní riziko 0,97; 95% interval spolehlivosti 0,87–1,09; $p = 0,65$). Závažné nežádoucí účinky související s léčbou nezaznamenali.

Konzervativní oxygenoterapie tedy ve srovnání s liberálním přístupem nevedla ke zlepšení dlouhodobého neurologického výsledku u pacientů s přetrvávající poruchou vědomí po zástavě oběhu.

Anesteziologie a intenzivní medicína

www.aimjournal.cz