

Rok 2022 v přehledu – Kardioanesteziologie a kardiochirurgická pooperační péče

Michálek P.¹, Říha H.^{1,2}, Pořízka M.¹

¹Klinika anesteziologie, resuscitace a intenzivní medicíny 1. LF UK a VFN Praha

²Klinika anesteziologie a resuscitace, IKEM, Praha

Kardioanesteziologie a pooperační péče v kardiochirurgii má svá specifika, která ji odlišují od ostatních oborů. Poslední dva roky poznamenané pandemií covidu-19 byly spojeny s útlumem kardiochirurgické elektivní operativy. V současnosti dochází opět ke zvýšení počtu operačních výkonů. Jsou testovány nové léky, publikovány nové doporučené postupy, jsou prováděny inovativní a hybridní operační postupy, které mají za cíl snížit invazivitu pro pacienta. Cílem tohoto přehledu je představit čtenářům důležité výstupy publikací týkajících se kardioanestezie, pooperační péče v kardiochirurgii a použití mimotělních podpor oběhu za poslední rok.

Klíčová slova: kardioanestezie, pooperační péče, podpory oběhu, monitorace.

Year 2022 in review – Cardiac anesthesia and postoperative care

Cardiac anesthesia and postoperative care in cardiac surgery have their specifics, which differ from other specialties. The last two years marked by the COVID-19 pandemic were associated with a slowdown in elective cardiac surgery. Currently, the number of procedures is increasing again. New drugs are tested, new guidelines are published, innovative and hybrid procedures are performed, with the goal of reducing invasiveness for the patients. The aim of this review is to present readers with the important outputs of publications related to cardiac anesthesia, postoperative care in cardiac surgery, and the use of extracorporeal circulatory support over the past year.

Key words: cardiac anesthesia, postoperative care, circulatory support, monitoring.

Úvod

Podle databáze PubMed bylo v roce 2022 publikováno 242 původních studií (RCT, kohortní studie) a metaanalýz, které se týkaly perioperační péče v kardiochirurgii a využití podpor oběhu u kardiochirurgických pacientů.

V následujících odstavcích jsou prezentovány podle jednotlivých kategorií – doporučené postupy, techniky a operační postupy, léčivé studie a nové léky, podpory oběhu a monitorace – výstupy nejzajímavějších publikací.

Metodologie

Autoři článku provedli manuální výběr relevantních článků od listopadu 2021 do současnosti, především metaanalýz a prospektivních randomizovaných studií, které se týkají kardioanestezie a pooperační péče v kardiochirurgii v anesteziologických časopisech – Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia, Anesthesiology, Anesthesia and Analgesia, Journal of Clinical Anesthesia, Canadian Journal of

Anaesthesia, European Journal of Anaesthesiology, British Journal of Anaesthesia, Anaesthesia, Acta Anaesthesiologica Scandinavica, Minerva Anestesiologica a Anesteziologie, intenzivní medicína. Pomocí termínů „cardiac surgery“, „anesthesia“, „postoperative care“, „extracorporeal oxygenation“ s Booleanskými operátory byly zkoumány relevantní výstupy v časopisech Critical Care, Lancet, New England Journal of Medicine, JAMA, Circulation a dalších vybraných periodik v Q1 a Q2.

Doporučené postupy

Klasifikace kardiogenního šoku podle SCAI (Society for Cardiovascular Angiography and Interventions), která byla zveřejněna v roce 2019 [1] a je v současnosti široce využívána, byla v letošním roce expertní skupinou aktualizována [2]. Základní rozdělení kardiogenního šoku do 5 stadií (A–E) zůstalo beze změny. Autoři zpřesnili definici jednotlivých stadií šoku, přidali model pro hodnocení a prognózu kardiogenního šoku, který zahrnuje tři základní osy (etiologie spolu s fenotypem šokového

KORESPONDENČNÍ ADRESA AUTORA:

prof. MUDr. Pavel Michálek, Ph.D., MBA, DESA, MSc, FEAMS, pavel.michalek@vfn.cz

Článek přijat k tisku: 10. 11. 2022

Cit. zkr: Anest intenziv Med. 2022;33(6):243-247

stavu, závažnost šoku a dále faktory modifikující riziko pacienta), a přidali detailní charakteristiku možného vývoje šoku ve smyslu zotavení anebo naopak deteriorace stavu pacienta.

Společnost kardiovaskulárních anesteziologů (SCA) publikovala aktualizaci klinického postupu u pacientů s akutním poškozením ledvin po kardiochirurgických výkonech [3], které patří mezi nejčastější komplikace těchto výkonů (výskyt u 5–42 % pacientů). Doporučení byla formulována na základě metaanalýzy 15 randomizovaných kontrolovaných studií. Mezi intervence, které nesnižují výskyt akutního poškození ledvin, patří udržování vyššího krevního tlaku během mimotělního oběhu, použití dopaminu a dexmedetomidinu a modifikace anebo stanovení transfuzního prahu. Mezi intervence snižující výskyt AKI patří především využití cílené strategie s dodávkou kyslíku $\geq 280\text{--}300\text{ ml/min/m}^2$ během mimotělního oběhu, aplikace tzv. KDIGO (Kidney Disease Improving Global Outcomes) balíčku opatření (optimalizace hemodynamiky a náplně cévního řečiště, funkční monitorace hemodynamiky, vyloučení nefrotoických látek a prevence hyperglykemie), a s nižší úrovní důkazů také použití vazopresinu.

British Heart Rhythm Society vydala doporučený postup pro perioperační péči u pacientů s implantovanými kardiologickými přístroji [4]. Zahrnuje detailní opatření k identifikaci přístroje, minimalizaci interference s chirurgickou diatermií, pokyny pro odbornou pomoc při poruše nebo změně v nastavení přístroje.

Techniky a operační postupy

Prospektivní kohortní mezinárodní studie zahrnující 13 862 pacientů zkoumala hodnotu hladiny troponinu I a její vztah k 30denní mortalitě u kardiochirurgických revaskularizací a výkonů na srdečních chlopních [5]. Výsledky ukazují, že hladiny troponinu I první pooperační den, které byly spojeny s rizikem úmrtí pacientů ($5\,670\text{ ng.l}^{-1}$) jsou u revaskularizací myokardu a náhrad aortální chlopně více než 200x vyšší než referenční limit pro klinicky významné perioperační poškození myokardu. Pro ostatní kardiochirurgické výkony byl tento práh ještě výrazně vyšší.

Výskyt předoperační anémie a její vliv na závažné komplikace byly sledovány u souboru více než 35 000 nizozemských kardiochirurgických pacientů [6]. Tato kohortní studie jednoznačně prokázala, že středně závažná i závažná (hemoglobin $< 110\text{ g.l}^{-1}$) anémie byly spojeny s významným zvýšením mortality do 120 dní po výkonu.

Fischer et al. srovnávali klasický a individualizovaný přístup k aplikaci resuspendované erytrocytární masy u 164 pacientů po kardiochirurgických výkonech [7]. V první skupině byly krevní deriváty podávány při poklesu hemoglobinu pod 90 g.l^{-1} , zatímco ve druhé pouze při současném poklesu hemoglobinu pod 90 g.l^{-1} a saturace v centrální žilní krvi (ScvO_2) pod 70 %. Četnost sledovaných komplikací byla srovnatelná v obou skupinách a autoři doporučují používat na pooperační JIP individualizovaný přístup.

Systematický přehled a meta-analýza Linassiho et al. [8] srovnávala vliv hypotermie při mimotělním oběhu na komplikace v pooperačním období. Autoři zjistili, že hypotermie nezvyšuje mortalitu ani riziko cévních mozkových příhod či pooperačního deliria. Udržení normotermie během mimotělního oběhu může snížit závažnost pooperační kognitivní dysfunkce.

Validita předoperačních hladin vitamínu B12 v plazmě ve vztahu k mortalitě pacientů po kardiochirurgických operacích byla retrospektivně hodnocena u 973 pacientů [9]. Nemocní s hodnotou více než 726 pg.ml^{-1} měli statisticky významně vyšší riziko úmrtí v nemocnici. Biomarkery zkoumané v jiné studii zahrnovaly adrenomedulin (ADM) a dipeptidyl-peptidázu 3 (DPP 3) u 203 kardiochirurgických pacientů [10]. Autoři prokázali, že zvýšené hodnoty ADM, klíčového regulátoru funkce endotelu byly 2. pooperační den spojeny se zvýšenou četností prodloužené závislosti na podpoře vazopresory, pooperačního selhání ledvin i prodloužení pobytu na JIP. Naopak zvýšené hladiny DPP 3 byly přítomny u více komplexních výkonů a nebyly spojeny se sledovanými komplikacemi. Dalším zajímavým mediátorem může být annexin V [11]. Jeho zvýšená hladina byla spojena s vyšší četností syndromu nízkého minutového srdečního výdeje. Současně nižší hladiny byly zaznamenány u pacientů, kteří dostali multimodální analgézi s nízkým množstvím opioidů ve srovnání s vysoce dávkovanou opioidní analgézi.

Výkony na mitrální chlopní se stále více provádějí z miniinvasivního přístupu. Retrospektivní analýza údajů 675 pacientů v univerzitním centru, kteří podstoupili elektivní izolovaný výkon na mitrální chlopní, se zaměřila na funkci pravé komory [12]. Autoři metodou „propensity score matching“ identifikovali 60 pacientů operovaných minimálně z pravostranné minitorakotomie a 58 pacientů operovaných standardně ze střední sternotomie. Doba naložení příčné svorky na aortu, délka mimotělního oběhu a pooperačního pobytu na jednotce intenzivní péče byly významně delší u pacientů operovaných minimálně, nicméně systolická funkce pravé komory hodnocená podle systolické exkurze anulu trikuspidální chlopně se mezi oběma skupinami nelišila časné po výkonu ani po třech měsících; to platí i pro ostatní sledované parametry (pooperační maximální koncentrace laktátu, inotropní skóre, centrální žilní tlak a index pulzatility v plicnici). Miniinvasivní přístup byl ale spojen s významně kratší dobou hospitalizace.

Podle recentní metaanalýzy by se CT plicnice mohlo stát metodou první volby při potvrzení chronické tromboembolické plicní hypertenze (CTEPH) [13]. CT plicnice má vysokou specifitu i senzitivitu pro diagnózu CTEPH, ale pouze v centrech, kde jsou dostupné radiologové se zkušeností s tímto zobrazením.

Lékové studie, nové léky

Prospektivní randomizovaná kontrolovaná studie u 192 pacientů v kardiogenním šoku (acronym DOREMI: DObutamine CompaREd with Milrinone) porovnávala dvě velmi často používané inotropní látky, a to dobutamin (catecholamin) a milrinon (inhibitor fosfodiesterázy III) [14]. Podle klasifikace kardiogenního šoku dle SCAI byla převážná většina pacientů zařazena do studie ve stadiu C, tzn. klasický kardiogenní šok s vyjádřenou hypoperfuzí a nutností farmakologické nebo mechanické podpory oběhu. Primární výsledný ukazatel, který se skládal z úmrtí během hospitalizace, srdeční zástavy s nutností resuscitace, transplantace srdce anebo zavedení mechanické podpory oběhu, nefatálního infarktu myokardu (IM), tranzitorní ischemické ataky a cévní mozkové příhody, a z nutnosti zahájit eliminační metodu, se mezi oběma skupinami významně nelišil. To samé platilo při samostatném porovnání výše uvedených jednotlivých parametrů.

Angiotensin-2 je silný vazokonstriktor, který může pomoci obnovit systémovou vaskulární rezistenci u vazoplegického šoku. V prospektivní randomizované studii [15] byl srovnáván s noradrenalinem u kardiochirurgických pacientů. Ačkoliv rozdíly v četnosti udržení středního arteriálního tlaku 70–80 mm Hg ani akutního selhání ledvin nebyly statisticky významné, studie byla na tyto parametry poddimenzovaná.

Lapere et al. provedli metaanalýzu publikovaných studií ke zjištění pozitivně inotropní účinnosti levosimendanu v dětské kardiochirurgii [16]. Zjistili, že profylaktická aplikace levosimendanu snižuje četnost výskytu syndromu nízkého minutového výdeje (LCOS) a zvyšuje srdeční index ve srovnání s placebem i ostatními pozitivně inotropními látkami. Mortalita i ostatní klinické parametry byly srovnatelné v obou skupinách.

Skupina finských autorů retrospektivně srovnávala riziko akutního selhání ledvin po aplikaci želatinových koloidů ve srovnání s krystaloidními roztoky u 1187 nemocných po kardiochirurgickém výkonu [17]. Podání želatiny nebylo spojeno s vyšším rizikem pooperačního selhání ledvin. Další ze série menších studií hodnotila účinnost metylénové modři u refrakterního vazoplegického šoku po kardiochirurgických výkonech [18]. Autoři prokázali, že metylénová modř kromě parametrů makrocirkulace (CI, SVRI) může zlepšit i parametry mikrocirkulace jako je index mikrovaskulárního průtoku (MFI) nebo rychlost resaturace tkáňového kyslíku.

Pro pooperační sedaci kardiochirurgických pacientů je často využíván dexmedetomidin. V prospektivní randomizované studii byl u 67 pacientů starších 75 let využit k pooperační sedaci buď propofol anebo dexmedetomidin, jejichž podávání bylo zahájeno již na operačním sále v závěru výkonu [19]. Kvalita zotavení byla hodnocena dotazníkem QoR-40 („Quality of Recovery“) třetí pooperační den. Sekundární výsledné ukazatele zahrnovaly výskyt deliria, čas do extubace, délku hospitalizace, mortalitu a další parametry. Obě skupiny se ve výsledných parametrech nelišily; jedinou výjimkou byly neurokognitivní schopnosti hodnocené speciálním dotazníkem (Minnesota Cognitive Acuity Screen), kdy pátý pooperační den byl u pacientů sedovaných propofolem zaznamenán větší pokles oproti výchozímu stavu v porovnání s pacienty sedovanými dexmedetomidinem.

Podpory oběhu

Prospektivní randomizovaná klinická studie, realizovaná v Praze v letech 2013–2020, porovnávala dva přístupy k refrakterní mimonemocniční srdeční zástavě (out-of-hospital cardiac arrest, OHCA): invazivní přístup zahrnující transport pacienta za probíhající resuscitace do kardiocentra s následným zahájením extrakorporální kardiopulmonální resuscitace (ECPR) spočívající v zavedení periferní veno-arteriální extrakorporální membránové oxygenace (VA ECMO) a invazivní diagnostiku a léčbu se standardním postupem, který zahrnoval pokračování ve standardní rozšířené kardiopulmonální resuscitaci na místě srdeční zástavy [20]. Studie byla zastavena po zařazení 256 pacientů, protože primární výsledný ukazatel, kterým bylo 180denní přežití s dobrým neurologickým výsledkem, se mezi oběma skupinami významně nelišilo na hladině 5 %, přestože na hladině 10 % byl rozdíl významný (31,5 % v invazivní skupině vs. 22 % ve standardní skupině).

Další prospektivní randomizovaná studie sledovala časné versus oddálené individualizované připojení na VA ECMO u pacientů v kardiogenním šoku [21]. Celkem 122 pacientů bylo randomizováno v průběhu let 2014–2022. Časné zahájení VA ECMO podpory u těchto pacientů nesnížilo významně 30denní mortalitu ani sledované ukazatele závažné morbidit.

Americká společnost kardiovaskulárních anesteziologů (Society of Cardiovascular Anesthesiologists, SCA) vydala expertní stanovisko k péči o dospělé pacienty, kteří mají zavedeno ECMO (ať už ve veno-arteriální [VA] nebo veno-venózní [VV] konfiguraci), během chirurgických výkonů na operačním sále [22, 23]. Stanovisko popisuje technické aspekty ECMO a shrnuje intraoperační postupy a řešení různých problémů, se kterými je možné se setkat. Transport těchto pacientů mezi operačním sálem a jednotkou intenzivní péče musí být zajišťován adekvátním počtem kvalifikovaných osob včetně ECMO specialisty anebo perfuzionisty. V případě výskytu heparinem indukované trombocytopenie II. typu (HIT II) při heparinizaci pacienta je doporučeno použít k antikoagulaci přímé inhibitory trombinu (např. argatroban, bivalirudin). Invazivní měření krevního tlaku při periferně zavedeném VA ECMO má probíhat na pravé horní končetině, aby odráželo oxygenaci krve vypuzované levou komorou, která protéká přes plicní řečiště. U celkové anestezie je u pacientů na VV ECMO, a v případě VA ECMO s dominantním krevním průtokem přes ECMO, striktně doporučena totální intravenózní anestezie (TIVA). Dávkování řady léčiv je nezbytné upravit z důvodu většího distribučního objemu a adsorpce na membráně oxygenátoru.

Pacienti připojení na VV ECMO vyžadují antikoagulační léčbu. Retrospektivní analýza 42 pacientů (10 pacientů s covidem-19 a 32 pacientů s ARDS jiné etiologie) upozornila na to, že v případě antikoagulace bivalirudinem (přímý inhibitor trombinu) jsou u pacientů s covidem-19 potřeba vyšší dávky než u pacientů s ARDS jiné etiologie [24]. Výskyt komplikací spojených s antikoagulací (krvácení a tromboembolické komplikace) se mezi skupinami nelišil.

Monitorace

Kardiochirurgické výkony bývají spojeny s výskytem hypotenze. Rozsáhlá retrospektivní studie z terciárního kardiochirurgického centra, která zahrnula 4984 pacientů, analyzovala spojitost mezi hypotenzí na operačním sále a výskytem cévní mozkové příhody, akutního poškození ledvin a úmrtím během hospitalizace [25]. Tento složený primární výsledný ukazatel se vyskytl u 5,1 % pacientů; 1,3 % pacientů mělo cévní mozkovou příhodu, 2,5 % akutní poškození ledvin a 2,2 % pacientů zemřelo. Analýza prokázala souvislost mezi celkovou délkou hypotenze (střední arteriální krevní tlak < 65 mm Hg) během výkonu a primárním výsledným ukazatelem; každých 10 minut trvání hypotenze, ať už před, během nebo po mimotělním oběhu, bylo spojeno se zvýšeným poměrem šancí pro výskyt výsledného ukazatele.

U více než 42 000 pacientů z amerického registru kardiochirurgických výkonů byla zkoumána souvislost mezi použitím monitorace mozku procesovanou elektroencefalografií (pEEG) a výskytem pooperačních neurologických komplikací [26]. pEEG bylo použito u 32,8 % pacientů a překvapivě tato větev pacientů byla zatížena vyšší mortalitou

a srovnatelným výskytem cévní mozkové příhody, encefalopatie nebo pooperačního deliria.

Index středního průtoku („mean flow index“ – MFI) na transkraniální dopplerovské sonografii a index mozkové oxymetrie indikovaly spolehlivě dolní limit autoregulace mozkové perfuze [27]. Nižší hodnoty MAP byly spojeny s významně vyšší incidencí akutního selhání ledvin, závažné morbiditě i mortality.

V prospektivní randomizované studii byla srovnávána výtěžnost viskoelastografie ROTEM versus Sonoclot s konvenčními biochemickými vyšetřeními hemokoagulace [28]. Obě „point of care testing“ metody korelovaly dobře se závažností koagulační dysfunkce, ale nikoli s vyvolávající příčinou. ROTEM koreloval lépe s konvenčním laboratorním vyšetřením.

Skupina německých autorů srovnávala údaje komplexní hemodynamiky získané novým neinvazivním monitorem NICCI, který získává parametry srdečního výdeje z pulzního oxymetru s plicnicovým katétre [29]. Podle výsledků této studie data získaná z NICCI nekorelují u kardiochirurgických pacientů s plicnicovým katétre jako „zlatým standardem“. Naproti tomu zajímavých výsledků bylo dosaženo s pou-

žitím pulzního dopplerovského ultrazvuku průtoku v portální žíle před zahájením mimotělního oběhu [30]. V souboru 373 vysoce rizikových kardiochirurgických pacientů byla prokázána korelace mezi abnormálně sníženým portálním průtokem a četností pooperačních komplikací včetně nutnosti podpory vitálních funkcí.

Přehledový článek analyzoval dostupné i experimentální metody rezpozitivity na objemový bolus („fluid responsiveness“) u pacientů s akutním selháním oběhu [31]. Poukázal na větší výtěžnost dynamických testů ve srovnání s tradičně používanými statickými hodnotami typu centrální žilní tlak a tlak v zaklínění a. pulmonalis.

Závěr

V oblasti kardiochirurgické perioperační a pooperační péče bylo v roce 2022 publikováno větší množství zajímavých a klinicky přínosných prací. Trendy ve výzkumu i v klinické praxi se dále posouvají směrem k více komplexnímu, méně invazivnímu monitorování, přesnějšímu vymezení spektra pacientů, kteří potřebují orgánové podpory a k využití hybridních nebo miniinvazivních operačních postupů.

PROHLÁŠENÍ AUTORŮ: Prohlášení o původnosti: Práce je původní a nebyla publikována ani není zaslána k recenznímu řízení do jiného média.

Sřet zájmů: Autoři prohlašují, že nemají sřet 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, Podíl autorů na vytvoření článku: PM – vyhledání zdrojů, příprava první verze rukopisu, HR – vyhledání zdrojů, příprava první verze rukopisu, MP – příprava a kontrola finální verze rukopisu. **Financování:** Institucionální podpora – MZ ČR-RVO – VFN 00064165.

Poděkování: N/A. **Registrace v databázích:** N/A. **Projednání etikou komisí:** N/A.

LITERATURA

- Baran DA, Grines CL, Bailey S, et al. SCAI clinical expert consensus statement on the classification of cardiogenic shock. *Catheter. Cardiovasc. Interv.* 2019;94:29-37.
- Naidu SS, Baran DA, Jentzer JC, et al. SCAI SHOCK stage classification expert consensus update: A review and incorporation of validation studies. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2022;79:933-946.
- Peng K, McIlroy DR, Bollen BA, et al. Society of Cardiovascular Anesthesiologists Clinical practice update for management of acute kidney injury associated with cardiac surgery. *Anesth. Analg.* 2022;135:744-756.
- Thomas H, Plummer C, Wright IJ, Foley P, Turley AJ. Guidelines for the peri-operative management of people with cardiac implantable electronic devices. Guidelines from the British Heart Rhythm Society. *Anaesthesia* 2022;77:808-817.
- Devereaux PJ, Lamy A, Chan MT, Allard RV, Lomivorotov VV, Landoni G, et al. High-sensitivity troponin I after cardiac surgery and 30-day mortality. *New Eng. J. Med.* 2022;386:827-836.
- Hazen YJ, Noordzij PG, Gerritse BM, Scohy TV, Houterman S, Bramer S, et al. Preoperative anaemia and outcome after elective cardiac surgery: a Dutch national registry analysis. *Br. J. Anaesth.* 2022;128:636-643.
- Fischer MO, Guinot PG, Debrocz S, Hanouz JL, Diouf M, Abou-Arab O, et al. Individualized or liberal red blood cell transfusion after cardiac surgery: a randomized controlled trial. *Br. J. Anaesth.* 2022;128:37-44.
- Linassi F, Maran E, De Laurenzis A, Tellaroli P, Kreuzer M, Schneider G, et al. Targeted temperature management in cardiac surgery: a systematic review and meta-analysis on postoperative cognitive outcomes. *Br. J. Anaesth.* 2022;128:11-25.
- Lee S, Nam K, Jung SY, Park D, Ju JW, Bae J, et al. Increased preoperative serum vitamin B12 level as a predictor of postoperative mortality in patients undergoing cardiac surgery. *Minerva Anestesiologica.* 2022;88:771-779.
- Van Lier D, Beunders R, Kox M, Pickers P. The value of bioactive adrenomedullin and dipeptidyl peptidase 3 to predict short-term unfavourable outcomes after cardiac surgery. *Eur. J. Anaesthesiol.* 2022;39:342-351.
- Maruniak SR, Loskutov OA, Druzhyna OM, Malysh IR, Korotchuk NV. The effect of two different anesthesia regimens on annexin V levels and early postoperative complications in CABG. *Anest. intenziv. Med.* 2022;33:135-140.
- Pirola S, Montisci A, Mastroiacovo G, et al. Right ventricular function after minimally invasive mitral valve surgery. *J. Cardiothorac. Vasc. Anesth.* 2022;36:1073-1080.
- Lambert L, Michalek P, Burgetova A. The diagnostic performance of CT pulmonary angiography in the detection of chronic thromboembolic pulmonary hypertension – systematic review and meta-analysis. *Eur. J. Radiol.* 2022; doi: 10.1007/s00330-022-08804-5.
- Mathew R, Di Santo P, Jung RG, et al. Milrinone as compared with dobutamine in the treatment of cardiogenic shock. *N. Engl. J. Med.* 2021;385:516-525.
- Coulson TG, Miles LF, Serpa Neto A, Pilcher D, Weinberg D, Landoni G, et al. A double-blind randomised feasibility trial of angiotensin-2 in cardiac surgery. *Anaesthesia* 2022;77:999-1009.
- Lapere M, Rega F, Rex S. Levosimendan in paediatric cardiac anaesthesiology. *Eur. J. Anaesthesiol.* 2022;39:646-655.
- Koponen T, Musialowicz T, Lahtinen P. Gelatin and the risk of acute kidney injury after cardiac surgery. *Acta Anaesthesiol. Scand.* 2022;66:215-222.
- Maurin C, Portran P, Schweizer R, Allaoudiche B, Junot S, Jacquet-Lagrez M, Fellahi JL. Effects of methylene blue on microcirculatory alterations following cardiac surgery: a prospective cohort study. *Eur. J. Anaesthesiol.* 2022;39:333-341.
- Chitnis S, Mullane D, Brohan J, et al. Dexmedetomidine use in intensive care unit sedation and postoperative recovery in elderly patients post-cardiac surgery (DIRECT). *J. Cardiothorac. Vasc. Anesth.* 2022;36:880-892.
- Belohlavek J, Smalcova J, Rob D, et al. Effect of intra-arrest transport, extracorporeal cardiopulmonary resuscitation, and immediate invasive assessment and treatment on functional neurologic outcome in refractory out-of-hospital cardiac arrest: A randomized clinical trial. *JAMA.* 2022;327:737-747.
- Ostadal P, Rokyta R, Karasek J, Vondrakova D, Janotka M, et al. Extracorporeal membrane oxygenation in the therapy of cardiogenic shock: results of the ECMO-CS randomized clinical trial. *Circulation.* 2022; doi: 10.1161/circulationaha.122.062949.
- Mazzeffi MA, Rao VK, Dodd OJ, et al. Intraoperative management of adult patients on extracorporeal membrane oxygenation: An expert consensus statement from the Society of Cardiovascular Anesthesiologists—Part I: Technical aspects of extracorporeal membrane oxygenation. *J. Cardiothorac. Vasc. Anesth.* 2021;35:3496-3512.
- Mazzeffi MA, Rao VK, Dodd OJ, et al. Intraoperative management of adult patients on extracorporeal membrane oxygenation: An expert consensus statement from the Society of Cardiovascular Anesthesiologists—Part II: Intraoperative management and troubleshooting. *J. Cardiothorac. Vasc. Anesth.* 2021;35:3513-3527.
- Trigonis R, Smith N, Porter S, et al. Efficacy of bivalirudin for therapeutic anticoagulation in COVID-19 patients requiring ECMO support. *J. Cardiothorac. Vasc. Anesth.* 2022;36:414-418.
- de la Hoz MA, Rangasamy V, Bastos AB, et al. Intraoperative hypotension and acute kidney injury, stroke, and mortality during and outside cardiopulmonary bypass: A retrospective observational cohort study. *Anesthesiology.* 2022;136:927-939.

26. Lombard FW, Roy S, Shah AS, Feng X, Shotwell MS, Kertai MD. Processed electroencephalographic use during anesthesia and outcomes: analysis of The Society of Thoracic Surgeons Adult Cardiac Surgery Database. *Ann. Thorac. Surg.* 2022;114:1688-1694.
27. Liu X, Donnelly J, Brady KM, Czosnyka M, Smielewski P, Brown CH IV, et al. Comparison of different metrics of cerebral autoregulation in association with major morbidity and mortality after cardiac surgery. *Br. J. Anaesth.* 2022;129:22-32.
28. Vandenheuvél M, van Gompel C, Vandewiele K, De Kesel PM, Wyffels P, De Somer F, et al. Comparison of coagulation monitoring using ROTEM and Sonoclot devices in cardiac surgery: a single-center prospective observational study. *Minerva Anestesiol* 2022;88:680-689.
29. Flick M, Jobeir A, Hoppe P, Kubik M, Rogge DE, Schulte-Uentrop L, et al. A new noninvasive finger sensor (NICCI system) for cardiac output monitoring. A method comparison study in patients after cardiac surgery. *Eur. J. Anaesthesiol.* 2022;39:695-700.
30. Derault A, Couture EJ, De Medicis E, Deschamps A, Desiardins G, Beaubien-Souligny W, et al. Perioperative Doppler ultrasound assessment of portal vein flow pulsatility in high-risk cardiac surgery patients: a multicentre prospective cohort study. *Br. J. Anaesth.* 2022;129:659-669.
31. Horejsek J, Kunstýr J, Michalek P, Porizka M. Novel methods for predicting fluid responsiveness in critically ill patients – a narrative review. *Diagnostics.* 2022;12:513.