

a chronické renální selhání. Z pohledu typu výkonu hraje roli jeho rozsah a urgencye [7, 8].

V intenzivní péči je rozšířená monitorace indikovaná u pacientů s rozvíjejícím se či existujícím šokem, pokud nereagují na iniciační terapii [9]. Nová doporučení Evropské společnosti intenzivní medicíny (ESICM) [10] ohledně diagnostiky šokových stavů a hemodynamického monitoringu pacientů v intenzivní péči jsou ve fázi přípravy. Podle dostupných dat tvoří pacienti splňující kritéria šoku až třetinu pacientů přijímaných do intenzivní péče, přičemž až ze dvou třetin se jedná o pacienty se septickým šokem [9].

Cílem tohoto nesystematického přehledového článku je sumarizovat současné metody rozšířené monitorace hemodynamiky, jejich výhody, limitace, a tím usnadnit čtenáři jejich výběr v klinické praxi, hlavně v oblasti nekardiologické anestezie a intenzivní péče.

Metodika

S ohledem na rozsah potenciálně dostupné literatury k problematice – při vyhledávání *hemodynamic OR monitoring OR cardiac output* poskytuje databáze PubMed více než 500 tisíc publikací za posledních 5 let – jsme omezili zdroje pro sepsání tohoto nesystematického přehledového článku na cíleně vyhledanou literaturu popisující příslušné metody a z nich navazující odkazy. Pro detailnější informace např. o přesnosti měření a jejich vzájemném porovnání odkazujeme čtenáře na námi citované recentní přehledové články v příslušných pasážích.

Monitorace hemodynamiky „včera a dnes“

První metoda měření srdečního výdeje byla do klinické praxe zavedena v 70. letech minulého století, kdy Swan a Ganz (mj. košícký rodák, který medicínu vystudoval na Lékařské fakultě Univerzity Karlovy a od roku 1966 působil v USA) představili plicnicový katetr (PAC) [11] umožňující měření CO na základě termodiluční metody. Přestože od jeho zavedení uplynulo více než půl století, PAC nadále zůstává „zlatým standardem“ monitorace CO, zejména díky své schopnosti poskytovat unikátní informace o plicní cirkulaci, plicních tlacích levé komory a funkci pravé komory, které jiné metody neposkytují. V posledních desetiletích došlo k významnému posunu směrem k méně invazivním či zcela neinvazivním metodám [12], které snižují riziko komplikací a zároveň jsou pro pacienty méně zatěžující.

Současné s nástupem méně invazivních metod se na jednotky intenzivní péče rozšířila i sonografie. Tzv. critical care ultrasound představuje rychlou a neinvazivní metodu zhodnocení hemodynamického stavu a je v současnosti doporučena jako preferovaná iniciační metoda v rámci diagnostiky typu šoku [9]. Point-of-care ultrasonografie (POCUS) umožňuje posouzení funkce srdce i dalších orgánů, hodnocení volemie, detekci volné tekutiny a také identifikaci zásadních komplikací, jako je srdeční tamponáda nebo masivní plicní embolie. Základní kompetence v ultrazvukovém vyšetření pro intenzivisty sumarizovala v roce 2021 ESICM [13]. Pro snadnou dostupnost a rychlost detekovat reverzibilní příčiny zástavy oběhu má POCUS místo i v rámci rozšířené kardiopulmonální resuscitace [14].

Echokardiografie má ale při vyšetření hemodynamiky jisté limity – měření srdečního výdeje není kontinuální a je značně závislé na

vyšetřujícím. U části pacientů není transthorakální vyšetření technicky možné a jícnová echokardiografie je mimo specializované kardiologické/kardiokirurgické jednotky omezeně dostupná. Rovněž není reálné provádět vyšetření opakovaně při každé změně klinického stavu. Proto je vhodné echokardiografii v indikovaných případech doplnit o invazivní nebo minimálně invazivní kontinuální monitoraci, která umožňuje sledovat vývoj v čase nezávisle na vyšetřujícím. Volba konkrétní technologie by měla vycházet z klinického kontextu, stavu pacienta a dostupnosti přístrojového vybavení.

V současnosti používané metody rozšířené monitorace lze rozdělit na kalibrované, které jsou přesnější, ale většinou více invazivní, protože vyžadují podání indikátoru do krevního řečiště. Druhou skupinu tvoří nekalibrované metody, které podání indikátoru nevyžadují – proto mohou být méně až plně neinvazivní a jsou i jednodušší na obsluhu. Současné většinou umožní i rychlejší zahájení monitorace. Daní za tyto výhody je nižší přesnost. Z časového pohledu nabízí naprostá většina dnešních přístrojů monitoraci kontinuální, a to buď plně, nebo v podobě frekventního intermitentního měření.

Kalibrované metody měření srdečního výdeje

Kalibrované metody měření srdečního výdeje jsou v současnosti považovány za nejpreciznější dostupné techniky pro rozšířenou hemodynamickou monitoraci. Na základě modifikace Stewart-Hamiltonovy rovnice je srdeční výdej kalkulován z plochy pod křivkou změny koncentrace indikátoru v krevním řečišti. Jako indikátor se dnes používá prakticky výhradně chladný roztok (případně roztok pokojové teploty) definovaného objemu a jím ovlivněná změna teploty krve (termodiluce). V minulosti využívané alternativní látky (indocyaninová zeleň, lithium) [15, 16] se dnes již rutinně neuplatňují. Výhodou tohoto přístupu je vysoká přesnost měření, nevýhodou naopak absence kontinuální monitorace a složitější provedení termodiluce. Ke stanovení validní hodnoty CO je třeba provést alespoň tři aplikace bolusu (10–20 ml) fyziologického roztoku, což v závislosti na počtu opakování může představovat významný objem tekutin. Problém s intermitentní kalibrací se jednotliví výrobci snaží vyřešit různými způsoby – např. využitím vyhřívacího elementu v PAC nebo kontinuální analýzou pulsově křivky mezi kalibracemi.

Plicnicový katetr

Plicnicový katetr představuje nejinvazivnější, ale zároveň nejkomplexnější metodu měření srdečního výdeje. Umožňuje kromě CO také měření tlaků v plicní arterii, plicních tlacích levé komory (při inflaci balonku na konci katetru – tedy tlak v zaklínění, pulmonary capillary wedge pressure, PCWP) a parametrů funkce pravé komory. V současnosti je jeho použití indikováno především u pacientů s kardiogenním šokem nebo při významné dysfunkci pravé komory, například u těžkých forem syndromu akutní dechové tísně (acute/adult respiratory distress syndrome, ARDS) [9]. Vzhledem ke krátké vzdálenosti mezi místem aplikace bolusu roztoku k termistoru je možné k termodiluci použít roztok pokojové teploty bez ztráty přesnosti.

S významným poklesem rutinního využívání PAC [12] klesá i zkušenost personálu s interpretací získaných dat, což může vést k nesprávným