

klinickým rozhodnutím [17]. PAC přináší i specifická rizika daná délkou katetru a jeho umístěním [1] – od komorových arytmií až po závažné stavy (ruptura plicnice, plicní infarkt), nicméně incidence fatálních komplikací je velmi nízká (0,02–1,5 %).

Přesnost měření CO může být ovlivněna zejména při přítomnosti zkratových nebo chlopenních vad (např. trikuspidální či pulmonální regurgitace) [18], případně přítomností V-V ECMO (veno-venózní extrakorporální membránová oxygenace), při klasickém mimotělním oběhu a centrálně zavedeném V-A ECMO nemá smysl CO měřit, neboť srdce se na CO podílí marginálně a CO je určen nastavením pumpy přístroje. Při periferním V-A ECMO (veno-arteriální extrakorporální membránová oxygenace) získáme pomocí termodiluce hodnotu CO, kterou generuje srdce pacienta. Při zavádění katetru, při již běžícím ECMO, je nutné použít skiaskopickou kontrolu a nenafouknout balonek, v opačném případě hrozí nasátí balonku do nasávací ECMO kanyly. Roli hraje i správná technika aplikace bolusu roztoku – důležité je nejen přesné odměření jeho objemu, ale i synchronizace s dechovým cyklem, aby podání probíhalo vždy na konci expirace [18].

Alternativu k opakovanému manuálnímu podávání bolusů studeného roztoku představuje použití tzv. kontinuálních PAC (Swan-Ganz IQ™ Catheter) s integrovaným vyhřívacím prvkem v oblasti pravé komory firmy BD (Franklin Lakes, NJ, USA, původně Edwards Lifesciences Corp), která recentně produktovou řadu „Critical Care“ od společnosti Edwards koupila. Vyhřívací element generuje krátké pulsy nárůstu teploty, které jsou snímány ultrasenzitivním termistorem na špičce katetru v plicním řečišti. Výhodou je snížení objemové zátěže (není potřeba aplikovat studený roztok), pohodlnější obsluha a kontinuita měření. I přesto však nejde o plně kontinuální metodu – jedná se o intermitentní měření s vysokou četností, což v klinické praxi plně postačuje. Vedle měření srdečního výdeje a průtokových parametrů katetr dále monitoruje hodnoty ejekční frakce pravé komory a její end-diastolický objem, katetr je též vybaven fiberoptickým vláknem měřícím saturaci smíšené žilní krve. Software je také schopen predikovat pokles saturace pod 60 % (trvající alespoň jednu minutu) až 15 minut předem (výrobce pojmenovává jako Global Hypoperfusion Index – GHI). V současnosti jsou tyto katetry bohužel hůře dostupné kvůli nedostatku vyhřívacích elementů (osobní komunikace autorů s producenty). Výrobce proto přichází s další alternativou založenou na kombinaci kalibrace CO zvyklým způsobem (tzn. studeným bolusem) s analýzou tlakové křivky pravé komory. Tou je nový design monitoru HemoSphere Alta, validace této technologie ovšem zatím nejsou veřejně dostupné.

Doporučené použití: Pacienti s kardiogenním šokem, perioperační zajištění některých kardiocirurgických výkonů, dále šokové stavy spojené s rizikem poškození plicní cirkulace a přetížením pravé komory (např. ARDS) vyjma pacientů na V-V ECMO [9].

Transpulmonální termodiluce

Metoda transpulmonální termodiluce (TPTD) využívá stejného principu měření CO pomocí termistoru, měření ale probíhá v systémové cirkulaci – v některé z proximálních větví aorty. Proti plicnicovému katetru je naopak nutné používat studený roztok (nejlépe s teplotou pod 10 °C), aby bylo dosaženo adekvátního ovlivnění teploty krve. U pacientů

Obr. 1. Getinge Pulsiocare, publikováno se souhlasem společnosti Getinge AB



vyžadujících vysoké dávky vazopresorů zavádíme speciální arteriální katetr s termistorem preferenčně do a. femoralis [19], alternativně je možné jej zavést cestou arteria brachialis či radialis. TPTD vyžaduje ke kalibraci pro aplikaci studeného indikátoru centrální žilní katetr (CVK) obvykle zavedený ve vena subclavia nebo jugularis, případně i vena femoralis. Při současném zavedení CVK a arteriálního katetru do stejnostranné vena a arteria femoralis je nezbytné, aby konec CVK ležel proximálněji než konec arteriálního katetru – jinak může arteriální katetr zaregistrovat pokles teploty již při aplikaci bolusu chladného roztoku. Shoda ve stanovení srdečního výdeje metodou TPTD s klasickou termodilucí pomocí PAC byla dostatečně prokázána [20–22]. Výhodou TPTD oproti PAC je nezávislost TPDP na dechovém cyklu [23] a nižší invazivita.

V současnosti je metoda dostupná ve dvou modalitách: PiCCO (Getinge AB, Göteborg, Sweden) (Obr. 1) a systém VolumeView (BD, Franklin Lakes, NJ, USA). Bohužel, monitory typu HemoSphere obsahující VolumeView algoritmus již aktuálně nejsou podle interních informací ve výrobě. Obě platformy kombinují bolusovou transpulmonální termodiluci s kontinuální analýzou arteriální tlakové křivky pro „beat-to-beat“ monitoraci tepového objemu (SV), který je pravidelně kalibrován daty z termodiluce. Kalibrace by měla být prováděna minimálně třikrát denně, ideálně vždy při významných změnách klinického stavu/hemodynamických parametrů pacienta. Obecně platí, že pokud od poslední kalibrace uplynula více než hodina, je vhodné data získaná kontinuální metodou interpretovat s opatrností a lépe je provést rekaliibraci.

Kontinuální analýza arteriální křivky umožňuje kromě kalkulace hodnot CO/srdečního indexu (CI) a systémové vaskulární rezistence (SVR) a její indexované hodnoty (SVRI) (při znalosti centrálního žilního tlaku – CVP) získání dynamických parametrů preloadu – variace pulzového tlaku (PPV) a variace tepového objemu (SVV), dále dPmx (sklon systolické části arteriální křivky) a cardiac power index (CPI) jako parametry kontraktility. Unikátní přínos TPTD spočívá v možnosti kvantifikace tzv. volumetrických parametrů – global end-diastolic volume index (GEDi), global ejection fraction (GEF), cardiac function index (CFI) – poslední dva jmenované jsou získány kombinací volumetrických parametrů a kontraktility. Významný přínos představují pulmonary vascular permeability index (PVPI) a zejména extravascular lung water index (ELWI) sloužící k velmi přesné kvantifikaci plicního edému a případně jeho etiologie [24]. Vyšší ELWI je současně asociované s mortalitou [25]