

Dostupné systémy

- Pro transthorakální měření se zejména v dětské populaci využívá monitor **USCOM 1 A** (Uscom Ltd, Sydney, Australia) umožňující stanovení VTI z prekordia. Jedná se o intermitentní metodu vyžadující přiložení specifické simplifikované USG sondy přístroje do jugulárního zářezu.
- **Esophageal Doppler Monitoring (EDM+)** spolu s TrueVue monitorem (Deltex Medical, Greenville, SC, USA) představuje kombinaci jícnového Dopplerovského měření a PWA (analýza pulzového tlaku dle Liljestrand-Zander) při současně zavedeném arteriálním katetru. Systém poskytuje hodnoty SV, CO, SVV, PPV a další kalkulované parametry hemodynamiky. Výhodou je možnost kalibrace PWA pomocí dat z Dopplerovského měření. Doppler i PWA pracují v režimu „beat-to-beat“. Kromě základních výstupů jsou dostupné i další parametry derivované z Dopplerovského signálu – korigovaný průtokový čas (flow time corrected, FTc) jako marker preloadu a parametry kontraktility – akcelerace toku (mean acceleration, MA) a špičková rychlost (peak velocity, PV). Esofageální sondy mohou být zavedeny nasálně i orálně. Výhodou systému je možnost jeho použití u pediatrických pacientů s hmotností od 3 kg a výšky od 50 cm.

Doporučené použití: Vzhledem k výše uvedeným limitacím [9] je metoda alternativou především pro použití v perioperační péči, zejména u pacientů podstupujících vysoce rizikové, nekardiochirurgické výkony v situacích, kde je důraz kladen na rychlost zahájení monitorace, jednoduchost obsluhy a minimalizaci invazivity.

Neinvazivní metody měření srdečního výdeje

Neinvazivní metody měření srdečního výdeje se díky rozvoji výpočetní techniky a miniaturizace stávají stále dostupnější alternativou zejména v perioperační a ambulantní praxi. V principu se jedná o techniky, které nevyžadují žádný cévní vstup – většinou pracují s daty získanými z povrchových senzorů nebo neinvazivních manžet. V klinické praxi se nejčastěji uplatňují metody založené na PWA pomocí volume clampu a propagaci pulzové vlny podle Moens-Kortewega. Další skupinu tvoří metody využívající změny elektrických vlastností hrudníku během srdečního cyklu – bioimpedance, bioreaktance a tzv. elektrická kardiometrie. Formálně bychom mezi tyto techniky měli řadit i transthorakální sonografické metody a aplikaci Fickova principu prostřednictvím tzv. parciálního rebreathingu, těm se ale článek nevěnuje.

Volume clamp/vascular unloading

Základem metody jsou experimenty profesora Peňáze na Lékařské fakultě Masarykovy univerzity v 70. letech 20. století [41]. Princip spočívá v použití prstové manžety vybavené fotopletysmografickým senzorem, která rychle mění tlak aplikovaný na prst tak, aby udržela konstantní objem arteriálního kompartmentu během celého srdečního cyklu (princip objemového zámku, volume clamp). Metoda dále využívá Mareyho princip, podle něhož je přenos oscilací mezi pulzujícími arterií a tlakovou manžetou nejučinnější ve stavu shodného tlaku intraarteriálně a extravaskulárně (tzv. vascular unloading). Kombinací těchto principů je dosaženo kontinuálně derivované arteriální křivky na úrovni

prstu na základě určitého tlaku v manžetě, který je potřebný pro udržení konstantního arteriálního průměru. Ta je následně převedena na křivku odpovídající brachiální arterii a může být analyzována podobně jako v invazivních metodách – pomocí PWA algoritmů lze kalkulovat SV, CO a další parametry (např. SVV, PPV, Ea_{dyn} , dP/dt).

Díky neinvazivnímu charakteru je metoda vhodná především pro perioperační nebo intraoperační monitoraci. Kontinuální neinvazivní měření krevního tlaku prokazatelně snižuje výskyt intraoperační hypotenze až o polovinu proti intermitentnímu měření [42]. Další výhodou je rychlé zahájení monitorace bez nutnosti arteriální kanylace.

Dostupné systémy

- Systém **ClearSight** dostupný pro monitorovou řadu firmy BD (Franklin Lakes, NJ, USA) je jedním z dostupných zařízení využívajících výše popsany princip. Umožňuje kontinuální stanovení SV, CO a odvozené parametry (SVV, PPV, SVRI, Ea_{dyn} , dP/dt) ve formátu průměrovaného „beat-to-beat“. ClearSight využívá ke kalibraci na úroveň brachiální arterie algoritmus (tzv. reverse function) založený na demografických parametrech a informacích z vnitřní kalibrace systému. Poloha senzoru je také korigována vůči flebostatické ose pomocí pozičního čidla, které umožňuje přesné „nulování“ hodnot vůči atmosférickému tlaku. Validace metody ukázala, že přestože ClearSight nedosahuje požadované zaměnitelnosti s invazivními metodami, poskytuje relevantní odhad CO a velmi dobrou korelaci parametrů SVV a PPV, včetně jejich změn. Novější verze označená Acumen IQ cuff (Obr. 4) navíc obsahuje predikční algoritmus pro rozvoj hypotenze (HPI).
- **CNAP Monitor** (CNSystems Medizintechnik GmbH, Graz, Austria) představuje další systém na bázi volume clamp/vascular unloading metody. I tento monitor poskytuje „beat-to-beat“ parametry CO, SV, SVV, PPV, SVR. Na rozdíl od předchozího systému však systém CNAP HD využívá ke kalibraci hodnot arteriálního tlaku klasickou neinvazivní tlakovou manžetu (NIBP). Srovnání CNAP a PiCCO přináší obdobné výsledky jako u systému ClearSight [43].

Doporučené použití: Metoda je indikována především v rámci perioperační péče u pacientů, u nichž je požadováno kontinuální sledování krevního tlaku a objemových parametrů, ale současně není

Obr. 4. BD Acumen IQ cuff, publikováno se souhlasem společnosti BD

