

nezbytné invazivní měření. Může se jednat například o případy, kdy není žádoucí arteriální kanylace (kvůli riziku komplikací či nezbytnosti rychlého zahájení operace), nebo není potřeba krevních odběrů. Indikace ke kontinuální monitoraci je vhodné zvážit zejména u rozsáhlejších výkonů a pacientů se zvýšeným rizikem rozvoje hypotenze. Studie ukazují, že každá minuta s MAP < 65 mm Hg má nepříznivý dopad na pacienty [44–47], přičemž právě s pomocí kontinuálního měření lze těmto propadům účinněji předcházet.

Elektrická bioimpedance, bioreaktance a kardiometrie

Tyto metody využívají změny charakteristik vysokofrekvenčního proudu při průchodu hrudníkem pacienta, které vznikají v důsledku pulzatilních změn intrathorakálního objemu krve během srdečního cyklu. Signál je snímán pomocí několika elektrod umístěných v oblasti hrudníku (obvykle dvou párů elektrod v oblasti krku nebo horního hrudníku a epigastria), což umožňuje kalkulovat SV a CO. Bioimpedance pracuje se změnou elektrického odporu (impedance) tkání, která mění amplitudu procházejícího proudu. Bioreaktance naproti tomu vyhodnocuje fázový posun signálu, který vzniká při průchodu proudu hrudníkem v důsledku změn v krevním objemu. Elektrická kardiometrie sleduje pokles impedance způsobený orientací erytrocytů rovnoběžně s proudem krve během systoly (v diastole se erytrocyty opět chaoticky uspořádají a impedance stoupá).

Všechny metody jsou do značné míry limitovány při pohybu pacienta, arytmiích, plicním edému, fluidothoraxu/fluidoperikardu, přítomnosti kovového materiálu v hrudníku a také při elektrokauterizaci během operačních výkonů [48–50]. Bioreaktance byla vyvinuta jako reakce na limitace klasické bioimpedance, neboť měření fázového posunu umožňuje selektivně zachytit změny spojené výhradně s pulzatilním prouděním krve. V několika studiích bylo prokázáno zlepšení bioreaktance oproti bioimpedanci, zejména intraoperačně [51]. V rámci intenzivní péče zůstávají výsledky stále neuspokojivé [38, 52].

Dostupné systémy

- **High Definition Impedance CardioGraphy** ve spojení s monitorem TrueVue (Deltex Medical, Greenville, SC, USA) využívá bioimpedanci k měření CO, SV a také k hodnocení kontraktility. Do výpočtu musí být externě zadána hodnota krevního tlaku, protože pulzový tlak je součástí algoritmu pro výpočet CO. Monitor umožňuje monitoraci CO také esophageálním Dopplerem a PWA, jak je zmíněno výše.
- **Starling Monitor** (Baxter, Deerfield, IL, USA) využívá bioreaktanci k měření CO a dalších parametrů: SVI, SVV, dále total peripheral resistance index (TPRI – odpovídá SVRI a k jeho stanovení je potřeba externího zadání MAP), cardiac power index (CPI), thoracic fluid content (TFC) – jako neinvazivní a méně přesná obdoba ELWI. Všechny tyto parametry jsou v režimu „beat-to-beat“. Mezi kontraindikace pro užití monitoru patří významná insuficience aortální chlopně, výrazné anatomické abnormality hrudní aorty (disekce, aneurysma, cévní náhrady), přítomnost starších unipolárních typů kardiostimulátorů a zevní stimulace.

- Monitory **ICON** od společnosti Osypka Medical (Berlin, Germany) využívají elektrickou kardiometrii. Výhodou tohoto systému je možnost jeho využití u všech věkových kategorií včetně novorozenců. Monitor umožňuje stanovení dalších parametrů kromě SV a CO v režimu „beat-to-beat“ (případně v plujícím okně) – corrected flow time (FTc) a variation in contractility (VIC) k hodnocení volemie, thoracic fluid content (TFC) – opět jako neinvazivní a méně přesná obdoba ELWI. Dále pak contractility index (ICON), pre-ejection period (PEP), left ventricular ejection time (LVET) a systolic time ratio (STR) k hodnocení kontraktility.

Doporučené použití: Shodné s indikacemi pro neinvazivní metody s vědomím pravděpodobně nižší přesnosti měření a ovlivnění pohyby či kauterizací. Limitující faktor může představovat poloha elektrod v oblasti hrudníku a epigastria při hrudní nebo břišní chirurgii (lze obejít umístěním na záda). Zmíněné metody také neumožňují kontinuální monitoraci krevního tlaku a je tedy nezbytné využít kombinaci s jinou technikou. Přes omezenou přesnost mají tyto technologie své místo v kontextu individualizované péče.

Shrnutí

Současné možnosti rozšířené hemodynamické monitorace poskytují široké spektrum technologií. Optimální techniku pro konkrétního pacienta je třeba volit s ohledem na potřebnou přesnost a rozsah získaných dat na jedné straně a stupněm invazivity a zátěže pro pacienta na straně druhé, ale též na jejich dostupnosti a erudici zdravotnického personálu. Pro nestabilního pacienta vždy platí, že iniciální metodu v rámci diagnostiky představuje echokardiografie [9, 10].

Zlatým standardem přesného monitorování hemodynamiky zůstávají metody založené na termodiluci – plicnicový katetr a transpulmonální termodiluce [32, 37]. Toto potvrzuje recentně publikovaná metaanalýza u pacientů v septickém šoku [38], která předkládá důkazy, že by u těchto pacientů měly být využívány pouze zmíněné kalibrované metody. Indikace PAC jsou dnes vyhrazeny hlavně pro pacienty s kardiologickou/kardiochirurgickou problematikou nebo pravostranným srdečním selháním při těžkém ARDS [9]. Trend monitorace se v rámci intenzivní péče posunul k TPTD. Díky nižší invazivitě je její použití častější, zkušenost a expozice metodě zdravotnickým personálem větší a rizika pro pacienta tedy menší ve srovnání s PAC.

V rámci perioperační péče vede rozšířená monitorace hemodynamiky ke snížení pooperační morbidit a mortality vysoce rizikových pacientů. Důležité je, aby zvolená technika umožňovala sledování tepového objemu a ideálně i kontinuální měření krevního tlaku. Některé práce naznačují, že udržování CO během výkonu alespoň na úrovni klidového předoperačního CO snižuje morbiditu a mortalitu u rizikových pacientů [53]. Naopak není doporučeno rutinně maximalizovat CO pacienta v rámci perioperační péče – hodnotu cílového CO bychom měli určit individuálně pro každého pacienta [54].

Významné je také včasné rozpoznání a léčba hypotenze. Data ukazují, že každá minuta s MAP < 65 mm Hg zvyšuje riziko komplikací [44–47]. Při použití metod, které neumožňují kontinuální měření tlaku, může dojít k opožděné detekci hypotenze. Proto je vhodné upřednostnit systémy