

# Az ICON<sup>®</sup> elektromos kardiometrián alapuló nem invazív hemodinamikai monitor használata a klinikumban

Zakariás Dávid dr.<sup>1</sup> ■ Marics Gábor dr.<sup>1, 2</sup> ■ Kovács Kata dr.<sup>1</sup>  
Jermendy Ágnes dr.<sup>1</sup> ■ Vatai Barbara dr.<sup>1</sup> ■ Schuster György dr.<sup>2, 3</sup>  
Tóth-Heyn Péter dr.<sup>1</sup> ■ Szabó J. Attila dr.<sup>1, 4</sup> ■ Lódi Csaba dr.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Semmelweis Egyetem, Általános Orvostudományi Kar, I. Gyermekgyógyászati Klinika, Budapest

<sup>2</sup>Jahn Ferenc Dél-pesti Kórház és Rendelőintézet, Aneszteziológiai és Intenzív Betegellátó Osztály, Budapest

<sup>3</sup>Óbudai Egyetem, Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar, Budapest

<sup>4</sup>MTA–SE Gyermekgyógyászati és Nephrológiai Kutatócsoport, Budapest

A kritikus állapotú betegek kezelésében elengedhetetlen fontosságú a hemodinamikai monitorozás. Az utóbbi években az intenzív osztályos ellátás a technika fejlődésének köszönhetően ezen a területen is egyre inkább a nem invazív irányt követi. A néhány évtizeddel ezelőtt rutinszerűen bevezetett invazív hemodinamikai monitorozás használata a gyermek intenzív, valamint egyre több helyen a felnőtt intenzív ellátásban is csökkenő tendenciát mutat. A nem invazív monitorozás elterjedésének oka a biztonságossága, szövődménymentessége mellett a költséghatékonysága is. Összefoglalónk témája az elektromos kardiometrián (electric cardiometry) alapuló ICON<sup>®</sup> betegmonitor ismertetése, amely egy újonnan kifejlesztett nem invazív, hemodinamikai paramétereket mérő és regisztráló eszköz. Klinikai alkalmazhatósága kiterjed a csecsemő-, gyermek- és felnőttosztályos gyakorlatra is. Az ICON<sup>®</sup> elektromos kardiometriai monitor működési elve egyszerű: az aortában a vér vezetőképessége az idő függvényében változást mutat, az aortabillentyű nyitása előtt a vörösvérsejtek random elhelyezkedést mutatnak, míg kamrai kontrakció hatására párhuzamos irányultságot vesznek fel. Négy elektróda felhelyezését követően az eszköz a két állapot közti vezetőképesség-változást rögzíti, majd a kapott értékekből a perctérfogatot és a verőtérfogatot méri, valamint más cardiovascularis paramétereket (például szisztémás vascularis rezisztencia) számol a mellkasi elektromos bioimpedancia szív ciklushoz kapcsolódó változásainak követésével. Az ICON<sup>®</sup> legfontosabb előnyei az azonnali és folyamatos mérési lehetőség, illetve a nem invazivitásból fakadó alacsony szövődményráta. Az ICON<sup>®</sup> új, ígéretes hemodinamikai eszköz az intenzív terápia területén. A nem invazív, valós idejű mérési módszerrel szinte azonnal felmérhető a betegek hemodinamikai statusa, így az optimális terápia indítása késlekedés nélkül elkezdhető. A pontosabb klinikai indikációk meghatározásához további kutatások folyamatban vannak.

Orv Hetil. 2018; 159(44): 1775–1781.

**Kulcsszavak:** intenzív terápia, elektromos kardiometria, hemodinamikai paraméterek, perctérfogat, verőtérfogat

## Clinical application of the electric cardiometry based non-invasive ICON<sup>®</sup> hemodynamic monitor

Establishment of a proper hemodynamic monitoring system in order to achieve optimal care among critically ill patients is fundamental. In contrast to invasive patient-checking systems, which were introduced decades ago and used in both adult and pediatric intensive care, the non-invasive methods have become more popular in recent years due to technical advancements in intensive care and patient monitoring. This increase in popularity can be attributed to the higher degree of safety and reduced complication rates as well as to its being more economical. Our summary focuses on the ICON<sup>®</sup> patient monitoring system. This newly engineered, non-invasive tool is based on electrical cardiometry, and uses hemodynamic parameters in both neonatal and pediatric care as well as in adults. The operating principle is simple: the conductivity of the blood in the aorta shows time-dependent changes. Prior to the opening of the aortic valve, the orientation of the red blood cells (RBCs) is random, and it is not until the contraction of the aorta that the RBCs and the opening of the aortic valve achieve a parallel position. The tool senses the conductivity between four placed electrodes, and measures the stroke volume (SV) and cardiac output (CO), before calculating other additional parameters (*eg.*: systemic vascular resistance) by tracing the variation of bioimpedance according to

changes in the heart cycle. The most important advantages of ICON® are the measurements that are made available immediately as well as continuously, and the low complication rate that originates from its non-invasive operation. ICON® is a new, promising hemodynamic device in the tool belt of intensive care. Due to the nature of the device, it is possible to evaluate the status of the patient on a continuous basis, allowing for optimal care. To identify the more accurate clinical indications further measures will be necessary.

**Keywords:** intensive therapy, hemodynamic monitoring, electric cardiometry, cardiac output, stroke volume

Zakariás D, Marics G, Kovács K, Jermendy Á, Vatai B, Schuster Gy, Tóth-Hejn P, Szabó JA, Lódi Cs. [Clinical application of the electric cardiometry based non-invasive ICON® hemodynamic monitor]. *Orv Hetil.* 2018; 159(44): 1775–1781.

(Beérkezett: 2018. június 22.; elfogadva: 2018. július 30.)

### Rövidítések

CI = (cardiac index) perctérfogatindex; CO = (cardiac output) perctérfogat; EC = (electric cardiometry) elektromos kardiometria; HbSO<sub>2</sub> = hemoglobin-oxigéntelítettség; HR = (heart rate) pulzusszám; PAC = (pulmonary artery catheter) pulmonalis artériás katéter; RSV = respiratory syncytial virus; SQI = (signal quality index) a jel detektálásának minőségi indexe; SV = (stroke volume) verőtérfogat; SVR = szisztémás vasculáris rezisztencia; SVV = (stroke volume variation) verőtérfogat-ingadozás; TTE = transthoracalis echokardiográfia

A standard hemodinamikai monitorok mellett egyre növekvő igény mutatkozik az egyéb, nem invazív eljárásokon alapuló mérési technikákra a kritikus állapotú betegek kezelésében. A pulmonalis artériás katéternek (PAC) az 1970-es években a klinikai gyakorlatba történt bevezetése óta a verőtérfogat (stroke volume, SV) és a perctérfogat (cardiac output, CO) mérése klinikai gold standard módszerre vált [1]. Mára azonban ezen technika használata háttérbe szorult az általános intenzív osztályokon, és mérési hiányosságai miatt fakadóan a kompetenciája is egyre jobban megkérdőjeleződik, használata csökkenő tendenciát mutat [2, 3].

A vér oxigénszállító kapacitását három fő tényező határozza meg: a perctérfogat, a hemoglobinkoncentráció és a hemoglobin oxigénszaturációja (HbSO<sub>2</sub>) [4]. Nem szabad elfelejteni azonban, hogy az egyes szervrendszerek működéséhez, az optimális keringés fenntartásához megfelelő perfúziós nyomást is biztosítani kell [5]. A vérnyomás az egyik leggyakrabban monitorizált paraméter a kórházban kezelt betegeknél. Ez történhet invazív és nem invazív módon. Az invazív metodika legfontosabb előnye, hogy lehetővé teszi a vérnyomás folyamatos mérését, hátránya az invazivitás, ami különösen gyermekkorban jelenthet problémát. A hemoglobinkoncentráció és az oxigénszaturáció méréséhez laboratóriumi, vérgáz-analizátor vagy pulzoximéter segítségével juthatunk. A perctérfogat monitorozására szolgáló alternatívák száma a technikai újítások gyakorlatba helyezésével nőtt [1, 6–8]. Annak ellenére, hogy a hemodinamikai monitorozás eszközeinek összehasonlításáról szóló publikációk száma jelentősen megnövekedett, a különböző

módszerek megfelelő szerepe a klinikai gyakorlatban – több okból kifolyólag – továbbra is bizonytalan [9].

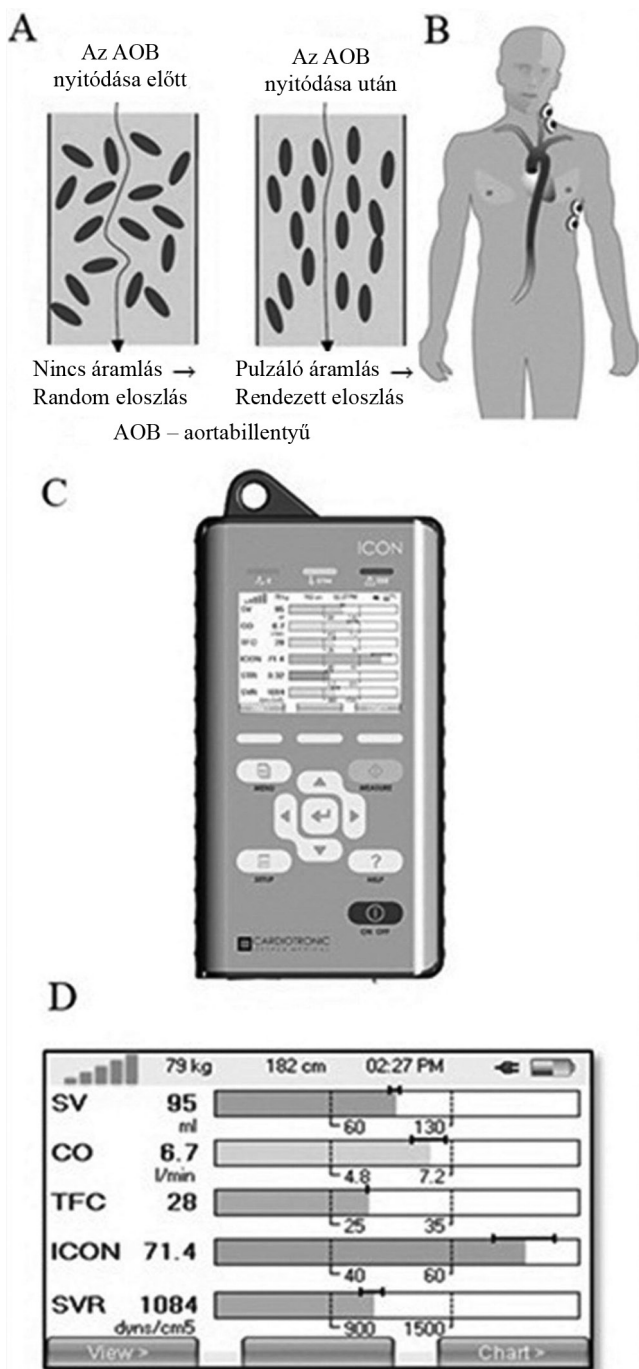
Összefoglalónk témája az elektromos kardiometria (electric cardiometry, EC) bemutatása, amely egy újonnan kifejlesztett nem invazív, hemodinamikai paramétereket mérő módszer. Gyakorlati használhatósága kiterjed a csecsemő, gyermek és felnőtt betegekre is [10–12].

Az eszköz működése során a CO-t és az SV-t méri közvetett módon, valamint más cardiovascularis paramétereket (például szisztémás vasculáris rezisztencia, SVR) számol ki a folyamatos adatrögzítés során. Az összefoglaló célja az EC használati igényének, illetve megalapozottságának ismertetése irodalmi adatok és saját tapasztalat alapján.

### Az ICON® működési elve, a mérés menete

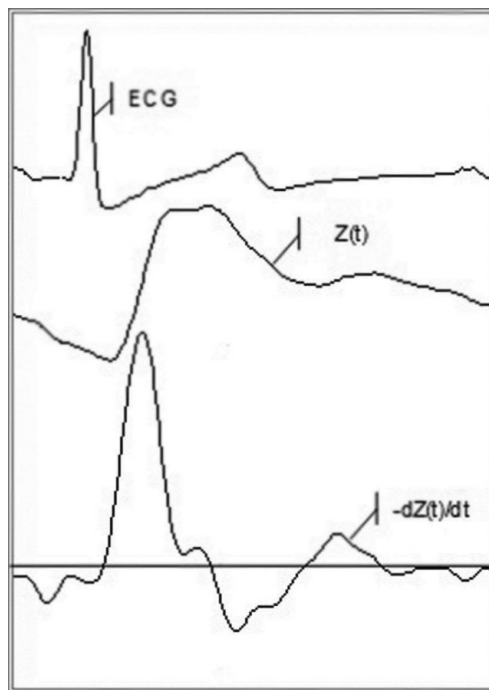
Az elektromos kardiometria monitorja, az AESCULON®, illetve annak egyszerűsített, hordozható változata, az ICON® (Cardiotronic Osypka Medical, San Diego, CA, Amerikai Egyesült Államok) a mellkasi elektromos bioimpedancia szívciklushoz kapcsolódó változásainak mérésével határozza meg az SV-t.

Az SV-mérés alapját az képezi, hogy az aortában a vér vezetőképessége szívciklusonként változást mutat az idő függvényében. Az aortabillentyű nyitása előtt a vörösvérsejtek orientációja random elrendezést mutat. A kamrai kontrakció hatására a vörösvérsejtek irányultsága párhuzamos lesz a felszálló aortáéval. A két állapot közötti vezetőképesség eltérésének méréséhez négy elektródát használunk, ebből kettő ingerlő elektródaként funkcionál (külső elektródák). A kis amplitúdójú váltakozó áram a legkisebb ellenállású szövet felé (aorta) halad a mellkasi kompartmentben. A belső elektródák a keletkező feszültséget érzékelik (1. ábra). A kettő hányadosa a mellkasi bioimpedancia, amely három tényezőtől áll, és felírható a következő formában:  $Z(t) = Z_0 + \Delta Z_R + \Delta Z_C$ , ahol  $Z_0$  a mellkasi folyadékterek által meghatározott alapimpedancia. A  $\Delta Z_R$  a légzés által létrehozott impedanciaváltozást, a  $\Delta Z_C$  a szívciklus által létrehozott impedanciaváltozást jelenti. A  $\Delta Z_R$  artefaktumként tekinthető az SV számításakor, így elhanyagolható.



1. ábra A) A mérés elve az aortában lévő lüktető véráramlásból fakadó vér vezetőképességének változásán alapszik. A vezetőképességbeli különbségek a vörösvértestek érpályában felvett orientációján alapulnak. B) A négy bőrszenzorok a nyak két oldalára, valamint a mellkas két oldalára történő felhelyezése lehetőséget biztosít a mellüregben belüli elektromos vezetőképesség folyamatos mérésére (EC: electrical cardiometry). Egy alacsony amplitúdójú, magas frekvenciájú elektromos jel mellüregben keresztüli küldésével mérjük az elektromos jellel szembeni ellenállást. C–D) Az ICON® monitorja és az eszköz által mért paraméterek láthatók. A beteg antropometriai adatainak ismeretében a normálértékeket is kijelzi az eszköz

Az SV számításához az inverz konduktancia-ideg függvény  $(-Z[t])$  első derivált függvényét  $(dZ[t] / dt)$  és azok abszolút értékeit használja fel az algoritmus.



2. ábra Jelkeletkezés. A ICON® algoritmus az SV számításához az inverz konduktancia-ideg függvény  $[-Z(t)]$  első deriváltját  $(dZ[t] / dt)$ , illetve annak abszolút értékeit használja fel. A párhuzamosan készített EKG-nak fontos szerepe van az egyes paraméterek számításakor és az időzítéskor

A számítás meglehetősen összetett, részletes ismertetése meghaladja összefoglalónk keretét, így csak a legfontosabb elemeit ismertetjük.  $SV = C_p \times V_{FT} \times FT_c$ , ahol:  $C_p[ml]$  – páciensállandó;  $V_{FT} [l / s]$  – a vér átlagos sebességének indexe;  $FT_c [s]$  – korigált áramlási idő. A  $V_{FT}$  a  $|dZ(t) / dt|$ -ből és  $Z_0$ -ból számolható ki, míg az  $FT_c$  számításához a  $|dZ(t) / dt|$  függvényt és a párhuzamos EKG-görbét használja fel az algoritmus (2. ábra). Az ICON® működéséhez a beteg legfontosabb antropometriai adatait (testmagasság, súly, nem, kor) kell megadni a mérés előtt. Az ICON® által mért paramétereket a 3. ábra tartalmazza. A paraméterek részletes értelmezése nélkül néhány fontos gondolat A hemodinamikai mérés fontossága című fejezetben olvasható. A cikkben felhasznált ábrák az ICON® gépkönyvből származnak, felhasználásukra és módosításukra a gyártó engedélyt adott.

A mérés menete az elektródáknak a test megfelelő pontjaira történő felhelyezésével indul (az elektródák fel-

Véráramlás	Pulzustérfogat, stroke volume (SV)
	Pulzus (HR)
	Perctérfogat, cardiac output (CO)
Kontraktilitás	A kontraktilitási index (ICON)
	A kontraktilitási index változása (VIC)
Folyadékstatus	A mellkasi folyadék mennyisége (TFC)
	Pulzustérfogat-változások

3. ábra | Az ICON® által mért paraméterek

helyezési pontjait a 4. ábra ismerteti), majd a betegek megfelelő antropometriai adatainak megadása után (kor, nem, testmagasság, testtömeg) egy bevezető kalibrációt követően az eszköz automatikusan elindítja a mérést. Ahogy korábban említettük, az eszköz a mellkason belüli szöveti vezetőképesség-különbségekből, illetve a vvt-k elhelyezkedéséből fakadó ellenállás-változásból direkt módon érzékeli a vezetőképesség aktuális változását, majd egy saját algoritmus alapján számolja ki a megfelelő klinikai alapértékeket, illetve az antropometriai adatok segítségével a testméretre indexelt mutatókat. Fontos megemlíteni a jel detektálásának minőségi indexét (sig-

nal quality index, SQI). Ez a mérőszám a mérés megbízhatóságát jellemzi egy 0-tól 100-ig terjedő skálán; a 90-es érték alatt mért adatok konvencionálisan klinikailag „nem megbízhatónak” minősülnek.

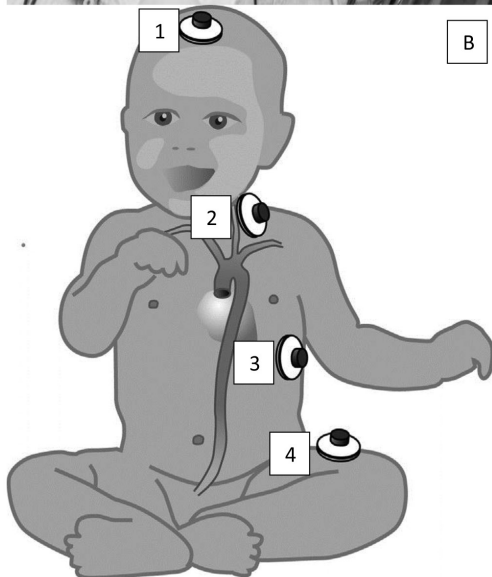
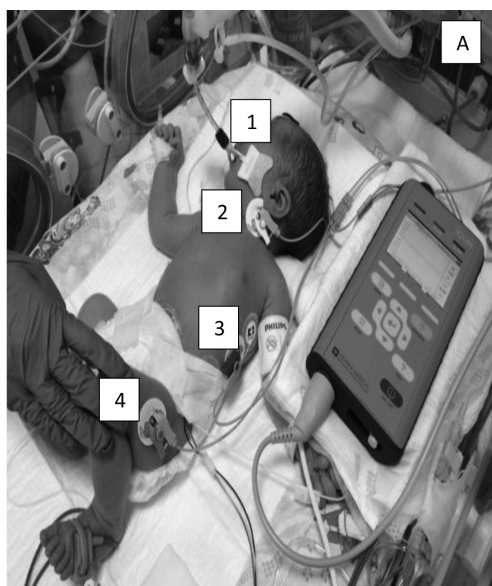
### Az eszköz használatának indokoltsága, tudományos megalapozottsága

Annak ellenére, hogy a hemodinamikai monitorozást illetően az irodalom az invazív eljárásokat tartja a mai napig a legjobban reprodukálhatónak, jelentős fejlődésen mentek keresztül a különböző nem invazív eljárások, közöttük az EC. Az alábbiakban összefoglaljuk a témában megjelent validáló és klinikai tapasztalatokat tartalmazó irodalmat.

*Rajput és mtsai* összehasonlító tanulmányt végeztek 25 felnőtt betegen abból a célból, hogy validálják az ICON®-t. Az összehasonlítás alapja a bypassműtétek során gold standardként használt PAC volt [13]. A 150 mérésből értékelt eredmények alapján a vizsgálat eredménye egyértelműen az volt, hogy az EC-n alapuló eszköz alternatívaként használható az invazív perctérfigatmáló eljárások helyett olyan esetekben, amikor a beteg állapota, a műtét típusa vagy a rendelkezésre álló eszközök tekintetében kerülendők vagy nem választhatók (például súlyos szepszis, politraumas sürgősségi állapotú betegek esetén).

*Noori és mtsai* az oklahomai gyermekkorházban szintén párhuzamos összehasonlító tanulmányt készítettek a bal kamrai perctérfigat mérésében a nem invazív EC elvén működő AESCULON® monitorja és a klinikai protokollban is használatos transthoracalis echokardiográfia (TTE), vagyis a hagyományos szívultrahang vizsgálatával. A szerzők 20 újszülöttet vizsgáltak, és 115 mérést készítettek a gyermekek születését követő első két napban. Eredményeik alapján az AESCULON® monitorral mért adatok szignifikánsan nem térnek el a szívultrahanggal mért értékektől, azaz jól alkalmazható alternatív mérési módszernek bizonyult újszülöttek esetén [14].

A bal kamrai pulzustérfigat mérésében végeztek validáló tanulmányt a hamburgi University Medical Centerben, melynek során a standard TTE segítségével határozták meg az AESCULON® monitor mérési pontosságát a gyermek intenzív terápiás gyakorlatban 72 gyermek és csecsemő betegnél. A tanulmány erejét tovább növeli, hogy az echokardiográfiával készített méréseket kétféleképpen kiviteleztek (az egyik módszer során a bal kamrai SV-t az aortaszájadék felett echokardiográfiával mért sebesség- $\int$  integrál és az aortaszájadék átmérőjéből eredeztették, míg a másik mérési technika az úgynevezett M mérési módszer volt, melynek során a pulzustérfigat kiszámítása a parasternalis hosszszmetriai képből a gép saját algoritmusára szorított történt). Összesen 855 mérést végeztek az AESCULON® monitorjával és a TTE gyakorlatban használt két módszerrel. A mérések között szignifikáns eltérések nem mutatkoznak, a két módszer



4. ábra

A) Az eszköz használat közben. B) Az elektródák felhelyezési pontjait számokkal jelölve (a gyártó javaslatának megfelelően újszülöttek esetén) a mellékelt séma mutatja

*Megjegyzés:* A cikkben felhasznált ábrák az ICON® gépkönyvből származnak, felhasználásra és módosításokra a gyártó engedélyt adott. Az illusztrációként szolgáló fotó vizsgálatunk során készült, a hozzátartozók beleegyezésével

egymással ekvivalens és felcserélhető az intenzív terápiás ellátásban [15].

*Schubert és mtsai* a TTE-vel mért adatokat vetették össze a minimálinvazív transoesophagealis Doppler- és az AESCULON® EC-n alapuló eszközök által rögzített értékekkel. A vizsgált 26 csecsemő és kisgyermek mindegyike valamilyen korrekciós szívműtéten esett át, életkoruk az 1 hónaptól egészen a 17 éves korúig terjedt. A megbízható, de folyamatos mérésre nem alkalmas TTE mellett mindkét másik módszer eredményei pontosak és megbízhatóak voltak, habár hangsúlyozzák, hogy mindkét módszer esetében vizsgálatok szükségesek az eredmények reprodukálhatóságának megerősítésére [16].

*Caplow és mtsai* a perctérfogóban és a pulzustérfogóban bekövetkező változásokat próbálták megfigyelni az AESCULON® monitorjával olyan csecsemőkön, akiket respiratory syncytial virus (RSV) okozta bronchiolitisszel kezeltek a kórházi osztályokon. Az RSV-fertőzés összefüggésbe hozható olyan betegségek kialakulásával, mint a myocarditis, az aritmia és a vírus által okozott szepszis. A fenti okokból kifolyólag szükséges, hogy a betegséget és a szövődmények kialakulására utaló korai hemodinamikai változásokat minél hamarabb detektálni lehessen, a korai célirányos terápia megkezdése érdekében. Ebben az esetben problémába ütközik a perctérfogó mérésében gold standardként használatos thermodilúció alapú eszközök használata, hiszen az invazív eszközök tartós használata számos kockázattal jár a csecsemők esetében, továbbá az intenzív terápiás osztályokra korlátozódik felhasználhatóságuk.

A tanulmány hangsúlyozza a folyamatos nem invazív hemodinamikai monitorozás szerepét a bronchiolitissben szenvedő csecsemők kezelésének effektívebbé és gyorsabbá tételében a jelenlegi intenzív osztályokon használatos standard monitorozási technikák mellett [17].

A hemodinamikai monitorozás nehéz feladat elé állítja a klinikusokat a kis súlyú és az extrém kis súlyú csecsemők esetében. *Grollmuss* tanulmánya során 228 perctérfogó-mérést végeztek 28 koraszülött bevonásával, akiket két alcsoportra osztottak súlyuk szerint. Az echokardiográfiával és az EC-vel végzett mérések értékei között nem volt szignifikáns különbség, egymással helyettesíthető technikáknak tekinthetők a vizsgált populációban [18].

Fontos további kérdés, hogy congenitalis szívbetegséggel kezelt gyermek páciensek esetén megbízható-e az EC az invazív Fick-elven működő technikával szemben. Egy 32 gyermek (11 nap–17 év) bevonásával készített vizsgálat konklúziója ebben az esetben is az volt, hogy a standard hemodinamikai eszközökhöz képest nem marad alul az AESCULON® monitorja, emellett pedig azon tulajdonságai, hogy gyorsan felszerelhető, könnyen értelmezhető és legfőképpen nem invazív, széles körűvé teszik a felhasználhatóságát [19].

Kérdéses, hogy a gyermekek súlya, életkora befolyásolja-e az EC pontosságát. 402, anesztézián átesett gyermek adatai alapján az 1 kg-os testsúlytól egészen az ext-

rém 107 kg-os páciensekig biztonsággal és pontos mérési adatokkal lehet használni a műszert [10].

Az ICON® szülészeti-nőgyógyászati létjogosultságát volt hivatott alátámasztani az a kutatás, amely az elektív császármetszések során gyakran fellépő hipotenziót vizsgálta. Ezt azért is fontos kiemelni, mert az anyai hatásokon kívül a tartós hipotenzió csökkenti az uteroplacentalis keringést, és kedvezőtlen hatással lehet a magzatra. A vizsgálatok igazolták, hogy a hemodinamikai monitorozással szignifikáns mértékben gyorsabban és hatékonyabban lehet rendezni a neuroaxialis anesztézia következtében fellépő hipotenziót [20].

Az eszköz felnőttanestéziában, traumatológiai, illetve sürgősségi ellátásban történő vizsgálatának irodalma jelenleg még rendkívül szűkös, ennek fényében kutatási céljaink első lépéseként az eszközvalidálást végezzük, és reményeink szerint validálási eredményeink jelentősen hozzájárulnak az elektromos kardiometrián alapuló eszközök használatának klinikai terjedéséhez.

## A hemodinamikai mérés fontossága

Kritikus állapotú betegek ellátása során az elsődleges célpont a megfelelő szöveti oxigenizáció biztosítása. A szervezet oxigénellátottságát a kereslet és a kínálat viszonya szabja meg. Akut betegség esetén a legtöbbször a kínálati oldalon jelentkezik jelentős deficit. A bevezetőben említett összefüggés alapján ezt három komponens szabja meg. A betegség etiológiájából lehet arra következtetni, hogy melyik okozza a jelentősebb hiányt. Súlyos, akut trauma során a vértér fogat és a vérvesztés rendezésével állítható helyre a lehető leghamarabb a szervezet oxigénellátottsága [21].

A legtöbb klinikai eset azonban nem ilyen egyszerű. Vegyünk példaként egy pneumóniás gyermeket. Itt a betegség első szakaszában az alveolusok ventilációja csökken, sőt keringés alakul ki. Megoldást a többletoxigén biztosítása jelenti az alapbetegség kezelésén túl. Súlyos vagy elhúzódó esetben a pneumóniát többszervi elégtelenség képe színezi, intenzív osztályokon a legtöbb esetben ilyen betegekkel találkozunk [22]. Szeptikus sokkos állapotban elsődlegesen a keringési rendszer érintett, amit kórélettani értelemben abszolút és relatív hypovolæmia és vasoplegia jellemez [23, 24]. A legfontosabb ezeknél a betegknél a megfelelő előterhelés biztosítása folyadékresuscitatio segítségével, ami a klinikai gyakorlatban egy 20 ml/ttkg-os folyadékbolusszal kezdődik [25–27]. Sok esetben ez nem elégséges, így további folyadéktöltésre kényszerülünk, ami megfelelő kontroll nélkül folyadéktúltöltéshez vezethet [28]. Az optimális folyadékpótlási séma nem ismert, de az SV-variabilitás (SVV) kiválóan használható a folyadék-válaszkészség meghatározására [29–31]. Pozitív nyomású lélegeztetés során a belégzés alatt csökken a szív előterhelése, ezzel párhuzamosan pedig az SV is. A kilégzés során az ellenkező irányban zajlik a folyamat, így egy „belső” folyadékboluszt kap a szív. Amennyiben az SVV értéke meg-

haladja a 10–15%-ot, akkor a beteg további töltésre szorul [31]. Ha lélegeztetett betegünk a kezdeti folyadékresuscitatio ellenére is hipotenziós, a perifériás ellenállása (SVR) csökkent, és az SVV normális, akkor vasoactív szert kell indítani. Ha a beteg normotenziós, megfelelően töltött, de az SV alacsony, akkor a szív teljesítményének fokozása indikált inotrop szer segítségével [32]. A fenti döntési algoritmus csak egy teoretikus példa (a betegágy mellett több egyéb tényező is befolyásolja a klinikus döntését), de mindenképpen jól reprezentálja, hogy a hemodinamikai monitorozás lehetősége miként befolyásolja a kritikus állapotú betegek ellátását. Az ICON® az általa nem invazív módon mért és számolt paraméterek segítségével segíti a klinikust az optimális terápia kiválasztásában.

Klinikánk a kedvező irodalmi fogadtatás után 2016-ban elkezdte az ICON®-nal kapcsolatos vizsgálatait (TUKEB: 000870/2016/OTIG). Kutatásaink több szálon futnak. Egyrészt saját betegeinken is szeretnénk szívultrahang segítségével validálni az eszközt, másrészt olyan dinamikus folyamatokat kívánunk elemezni, mint a folyadékresuscitatio vagy a veseótló kezelések hatása a beteg klinikai állapotára és hemodinamikai paramétereire.

## Következtetés

Az ICON® egy új, ígéretes nem invazív hemodinamikai eszköz a neonatalis, gyermek és felnőtt intenzív terápia eszköztárában. Segítségével a lehető leghamarabb felmérhető a betegek hemodinamikai statusa, így az adekvát kezelés indítása jelentős késés nélkül elkezdhető. Továbbá kiemelt jelentőségű a monitor gyermekosztályos alkalmazásának bevezetése az eszköz azonnali, folyamatos mérései sajátossága mellett a korábbi invazív hemodinamikai monitorozás szövődményeinek kiküszöbölése miatt.

A pontosabb klinikai indikációk meghatározásához azonban a további kutatások elkerülhetetlenek, és klinikai vizsgálataink eredménye első lépésként az eszköz standard klinikai alkalmazásának magyarországi bevezetését vonja magával.

*Anyagi támogatás:* A közlemény megírása anyagi támogatásban nem részesült.

*Szerzői munkamegosztás:* Z. D., M. G.: A kutatási hipotézis kialakítása, a publikáció megszövegezése. K. K.: A betegágy melletti vizsgálat elindítása, a klinikai irodalom megvitatása. J. Á.: Klinikai irodalomkutatás. V. B.: A betegágy melletti vizsgálat elindítása, a klinikai irodalom megvitatása. S. Gy.: Az eszköz működésének műszaki értékelése. T.-H. P. és Sz. J. A.: A hipotézis ellenőrzése és a publikáció pilléreinek értékelése. L. Cs.: A hipotézis kidolgozása, a kutatás témavezetője.

*Érdekltségek:* A szerzőknek nincsenek érdekltségeik.

## Köszönetnyilvánítás

Köszönjük a Semmelweis Egyetem I. Gyermekklinikájának intenzív osztályain dolgozó nővérek munkáját, akik segítettek a mérések során.

## Irodalom

- [1] Swan HJ, Ganz W, Forrester J, et al. Catheterization of the heart in man with use of a flow-directed balloon-tipped catheter. *N Engl J Med.* 1970; 283: 447–451.
- [2] Critchley LA, Critchley JA. A meta-analysis of studies using bias and precision statistics to compare cardiac output measurement techniques. *J Clin Monit Comput.* 1999; 15: 85–91.
- [3] Critchley LA, Lee A, Ho AM. A critical review of the ability of continuous cardiac output monitors to measure trends in cardiac output. *Anesth Analg.* 2010; 111: 1180–1192.
- [4] Vermeij CG, Feenstra BW, Adrichem WJ, et al. Independent oxygen uptake and oxygen delivery in septic and postoperative patients. *Chest* 1991; 99: 1438–1443.
- [5] Bersten AD, Holt AW. Vasoactive drugs and the importance of renal perfusion pressure. *New Horiz.* 1995; 3: 650–661.
- [6] de Waal EE, Kalkman CJ, Rex S, et al. Validation of a new arterial pulse contour-based cardiac output device. *Crit Care Med.* 2007; 35: 1904–1909.
- [7] Tan HL, Pinder M, Parsons R, et al. Clinical evaluation of USCOM ultrasonic cardiac output monitor in cardiac surgical patients in intensive care unit. *Br J Anaesth.* 2005; 94: 287–291.
- [8] Proulx F, Lemson J, Choker G, et al. Hemodynamic monitoring by transpulmonary thermodilution and pulse contour analysis in critically ill children. *Pediatr Crit Care Med.* 2011; 12: 459–466.
- [9] Marik PE. Noninvasive cardiac output monitors: a state-of-the-art review. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 2013; 27: 121–134.
- [10] Coté CJ, Sui J, Anderson TA, et al. Continuous noninvasive cardiac output in children: is this the next generation of operating room monitors? Initial experience in 402 pediatric patients. *Pediatr Anaesth.* 2015; 25: 150–159.
- [11] Grollmuss O, Demontoux S, Capderou A, et al. Electrical velocimetry as a tool for measuring cardiac output in small infants after heart surgery. *Intensive Care Med.* 2012; 38: 1032–1039.
- [12] Zoremba N, Bickenbach J, Krauss B, et al. Comparison of electrical velocimetry and thermodilution techniques for the measurement of cardiac output. *Acta Anaesthesiol Scand.* 2007; 51: 1314–1319.
- [13] Rajput RS, Das S, Chauhan S, et al. Comparison of cardiac output measurement by noninvasive method with electrical cardiometry and invasive method with thermodilution technique in patients undergoing coronary artery bypass grafting. *World J Cardiovasc Surg.* 2014; 4: 123–130.
- [14] Noori S, Drabu B, Soleymani S, et al. Continuous non-invasive cardiac output measurements in the neonate by electrical velocimetry: a comparison with echocardiography. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed.* 2012; 97: F340–F343.
- [15] Blohm ME, Obrecht D, Hartwich J, et al. Impedance cardiography (electrical velocimetry) and transthoracic echocardiography for non-invasive cardiac output monitoring in pediatric intensive care patients: a prospective single-center observational study. *Crit Care* 2014; 18: 603.
- [16] Schubert S, Schmitz T, Weiss M, et al. Continuous, non-invasive techniques to determine cardiac output in children after cardiac surgery: evaluation of transesophageal Doppler and electric velocimetry. *J Clin Monit Comput.* 2008; 22: 299–307.
- [17] Caplow J, McBride SC, Steil GM, et al. Changes in cardiac output and stroke volume as measured by non-invasive CO monitoring in infants with RSV bronchiolitis. *J Clin Monit Comput.* 2012; 26: 197–205.

- [18] Grollmuss O, Gonzalez P. Non-invasive cardiac output measurement in low and very low birth weight infants: a method comparison. *Front Pediatr.* 2014; 2: 16.
- [19] Norozi K, Beck C, Osthaus WA, et al. Electrical velocimetry for measuring cardiac output in children with congenital heart disease. *Br J Anaesth.* 2008; 100: 88–94.
- [20] Liu Y, Pian-Smith MC, Leffert LR, et al. Continuous measurement of cardiac output with the electrical velocimetry method in patients under spinal anesthesia for cesarean delivery. *J Clin Monit Comput.* 2015; 29: 627–634.
- [21] Glen J, Constanti M, Brohi K. Assessment and initial management of major trauma: summary of NICE guidance. *BMJ* 2016; 353: i3051.
- [22] Bilevicius E, Dragosavac D, Dragosavac S, et al. Multiple organ failure in septic patients. *Braz J Infect Dis.* 2001; 5: 103–110.
- [23] Vincent JL, Zhang H, Szabo C, et al. Effects of nitric oxide in septic shock. *Am J Respir Crit Care Med.* 2000; 161: 1781–1785.
- [24] Vincent JL, De Backer D. Circulatory shock. *N Engl J Med.* 2013; 369: 1726–1734.
- [25] Davis AL, Carcillo JA, Aneja RK, et al. American College of Critical Care Medicine clinical practice parameters for hemodynamic support of pediatric and neonatal septic shock. *Crit Care Med.* 2017; 45: 1061–1093.
- [26] Kleinman ME, de Caen AR, Chameides L, et al. Pediatric basic and advanced life support: 2010 international consensus on cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care science with treatment recommendations. *Pediatrics* 2010; 126: e1261–e1318.
- [27] Rhodes A, Evans LE, Alhazzani W, et al. Surviving sepsis campaign: international guidelines for management of sepsis and septic shock: 2016. *Crit Care Med.* 2017; 45: 486–552.
- [28] Claure-Del Granado R, Mehta RL. Fluid overload in the ICU: evaluation and management. *BMC Nephrol.* 2016; 17: 109.
- [29] Li C, Lin FQ, Fu SK, et al. Stroke volume variation for prediction of fluid responsiveness in patients undergoing gastrointestinal surgery. *Int J Med Sci.* 2013; 10: 148–155.
- [30] Cherpanath TG, Geerts BF, Lagrand WK, et al. Basic concepts of fluid responsiveness. *Neth Heart J.* 2013; 21: 530–536.
- [31] Yi L, Liu Z, Qiao L, et al. Does stroke volume variation predict fluid responsiveness in children: A systematic review and meta-analysis. *PLOS ONE* 2017; 12: e0177590.
- [32] Gutierrez MC, Moore PG, Liu H. Goal-directed therapy in intraoperative fluid and hemodynamic management. *J Biomed Res.* 2013; 27: 357–365.

(Zakariás Dávid dr.,

Budapest, Bókay János u. 53–54., 1083

e-mail: david.zakarias@yahoo.com)

## MEGHÍVÓ

**3<sup>rd</sup> International Symposium on Scientific and Regulatory Advances  
in Biological and Non-Biological Complex Drugs:  
A to Z in Bioequivalence (SRACD 2018)  
2018. november 12–14, Budapest, Margitsziget,  
Hotel Danubius Health Spa Resort Margitsziget\*\*\*\*Superior**

Az angol nyelvű szimpóziummal kapcsolatos minden információ letölthető az SRACD 2018 honlapjáról:  
**www.sracd.hu**

**A Semmelweis Egyetem Továbbképzési Központja orvosok és gyógyszerészek részére az OFTEX és GYOFTEX portálokon akkreditálta a SRACD 2018 Szimpóziumot.**

**Megszerezhető: „Szabadon választható” típusú továbbképzési pontszám 42.**  
(Tesztvizsga nélkül.)

A 3 teljes napig tartó Szimpóziumra eddig 5 kontinens 33 országából regisztráltak.

**Európa ez évi legjelentősebb gyógyszerkutató konferenciájára minden érdeklődőt  
sok szeretettel várunk.**

A cikk a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) feltételei szerint publikált Open Access közlemény, melynek szellemében a cikk nem kereskedelmi célból bármilyen médiumban szabadon felhasználható, megosztható és újraközölhető, feltéve, hogy az eredeti szerző és a közlés helye, illetve a CC License linkje és az esetlegesen végrehajtott módosítások feltüntetésre kerülnek.