

Pregledni prispevek/Review article

OCENA SRČNE FUNKCIJE IN STANJA CIRKULACIJE PRI KRITIČNO BOLNIH

ASSESSMENT OF CARDIAC FUNCTION AND CIRCULATORY STATUS IN
CRITICALLY ILL PATIENTS

Gorazd Voga

Oddelek za intenzivno interno medicino, Splošna bolnišnica Celje, Oblakova 5, 3000 Celje

Izvleček

- Izhodišča** *Ocena srčne funkcije in stanja obtočil je temeljnega pomena pri praktično vseh kritično bolnih, saj moramo pri mnogih ugotoviti sedanje ali prejšnje srčne bolezni in njihove funkcijske posledice.*
- Metode** *Srčno funkcijo lahko ocenimo z več neinvazivnimi in invazivnimi metodami, s katerimi moramo ugotoviti zadostnost srčne polnitve, minutni srčni iztis in njegovo zadostnost glede na trenutne presnovne potrebe. Pri hemodinamsko nestabilnih bolnikih moramo meritve pogosto ponavljati, zato moramo imeti vse metode nepretrgano na voljo. V praksi je najbolj koristno sočasno uporabljati več metod, saj lahko le tako za vsakega bolnika izberemo najustreznejšo. Za začetno hemodinamsko oceno zadostujejo klinični pregled, elektrokardiogram, rentgenogram prsnih organov, temeljne laboratorijske preiskave in transtorakalna ehokardiografija. Nepretrgano neinvazivno nadzorujemo vsaj srčno frekvenco, frekvenco dihanja, s pulznim oksimetrom merimo zasičenje arterijske krvi s kisikom, pogosto merimo arterijski krvni tlak. Če potrebujemo nepretrgan invazivni nadzor, uporabimo novejšo različico Swan-Ganzovega katetra, ki omogoča neprekinjeno merjenje tlakov v pljučni arteriji, minutnega srčnega iztisa, zasičenja krvi s kisikom v pljučni arteriji ter prostornine in iztisnega dela desnega prekata. Arterijski krvni tlak pa merimo invazivno z arterijskim katetrom. Pri bolnikih z okvarjeno pljučno kapilarno prepustnostjo merimo minutni srčni iztis z metodo analize arterijskega pulznega vala in transpulmonalno termodilucijo, ki omogoča merjenje prostornine krvi v prsnem košu in količine zunajžilne pljučne vode, hkrati pa vedno določamo zadostnost minutnega srčnega iztisa z merjenjem zasičenja krvi s kisikom v zgornji votli veni.*
- Zaključki** *Ocena srčne funkcije in hemodinamskega stanja z racionalno uporabo različnih neinvazivnih ter invazivnih metod je ena temeljnih nalog pri zdravljenju kritično bolnih.*
- Ključne besede** *kritično bolni; srčna funkcija; neinvazivne metode; invazivne metode*

Abstract

- Background** *Assessment of cardiac function and circulation is mandatory in almost all critically ill patients. In many patients morphological diagnosis of actual or pre-existing cardiac diseases and their functional consequences should be obtained.*
- Methods** *Cardiac function can be assessed by various non-invasive and invasive methods. The value of every method should be assessed according to its ability and reliability to assess preload, cardiac output and the adequacy of flow. In hemodynamically unstable patients frequent reassessment must be performed, because of rapid changes of patients' conditions. Therefore, all methods for hemodynamic assessment in the ICU must be available on the 24 hours basis. Combined non-invasive and invasive approach to the assessment of cardiac function and circulation is preferred. After initial assessment of cardiac function according to clinical*
-

examination, electrocardiogram, chest X-ray and blood gas analysis, echocardiography is routinely used. When continuous monitoring of cardiac function is mandatory, complete invasive monitoring with pulmonary artery catheter and arterial line is employed. Monitoring of pulmonary pressures, continuous cardiac output, mixed venous blood oxygen saturation, and parameters of right ventricular function is the best choice to obtain complete information of hemodynamic situation. In patients with increased pulmonary vascular permeability the monitoring of cardiac output by pulse contour method together with measurement of intrathoracic blood volume and extravascular lung water could be even better choice.

Conclusions *Assessment of cardiac function and circulatory status by rational use of various non-invasive and invasive methods is one of the essential components of critical care management.*

Key words *critically ill patients; cardiac function; noninvasive methods; invasive methods*

Pri katerih bolnikih je potrebna ocena hemodinamskega stanja in zakaj?

Temeljna naloga srca in krvnega ožilja je zagotoviti zadostno tkivno prekrvitev. Pri cirkulacijski odpovedi prenos kisika ni zadosten glede na trenutne potrebe tkiv. Prenos kisika je odvisen od vsebnosti kisika v arterijski krvi in minutnega srčnega iztisa (MVS). Koncentracijo hemoglobina in njegovo zasičenost s kisikom merimo na preprost način in razmeroma lahko normaliziramo s transfuzijami ter mehanskim predihavanjem. Srčna funkcija, ki zagotavlja zadosten MVS, je torej temeljnega pomena pri večini kritično bolnih in jo moramo zato natančno in pogosto ocenjevati.¹ Pri bolnikih s katerokoli vrsto šoka moramo srčno funkcijo in stanje obtoka natančno in pravilno oceniti za hemodinamsko opredelitev šoka in za pravilno uporabo ter odmerjanje zdravljenja (tekočina, vazoaktivna zdravila, inotropna zdravila, mehansko predihavanje). Pri srčnih bolnikih moramo čim prej oceniti celokupno in področno kontraktilnost srčne mišice ter ugotoviti vzrok za srčno popuščanje, ki ga lahko povzročijo različne srčne in tudi druge bolezni (koronarna bolezen, kardiomiopatije, motnje ritma, srčna tamponada, pljučna embolija, sepsa, krvavitev z anemijo itd). Nekatere bolezni in stanja zahtevajo takojšnje specifično zdravljenje (perikardiocenteza, tromboliza, elektrostimulacija, kardioverzija), ki brez natančne diagnoze nikakor ni mogoče in bi lahko bilo celo škodljivo. Pri vseh ostalih bolnikih moramo opredeliti zadostnost polnitve levega in desnega prekata ter zadostnost minutnega srčnega iztisa.

Ocena srčne funkcije in zadostnosti polnitve levega prekata je ključna tudi za razlikovanje kardiogenega in nekardiogenega pljučnega edema. Bolniki z dihalno stisko imajo pogosto pridružene srčne bolezni, zato moramo tudi pri njih vedno opredeliti srčno funkcijo. Do srčnega popuščanja pride pogosto predvsem pri odvajanju od mehanskega predihavanja, zato takšni bolniki za ustrezno zdravljenje pogosto potrebujejo nepretrgan invazivni nadzor. Tudi pri bolnikih z akutno ledvično odpovedjo moramo opredeliti hemodinamsko stanje, da lahko zagotovimo ustrezno polnitev srca ter ledvični pretok. Natančnejši hemodinamski nadzor in zgodnja ter ustrezna hemodinam-

ska podpora tudi zmanjšujeta verjetnost nastanka akutne ledvične odpovedi pri kritično bolnih. Hemodinamske spremembe pri septičnih stanjih so odvisne od zadostnosti polnitve, zmanjšane kontraktilnosti zaradi delovanja posrednikov vnetnega odgovora ter od morebitnih prejšnjih srčnih in žilnih bolezni (koronarna bolezen, bolezen zaklopk, miokardiopatije, periferna obliterativna arterijska bolezen), ki lahko prav tako spremenijo kontraktilnost in polnitvene tlake v srcu. Pri bolnikih s hudo sepsa in septičnim šokom pogosto pride do reverzibilne dilatacije srca z oslabiljeno sposobnostjo krčenja, ki jo zaradi visokih odmerkov vazoaktivnih in inotropnih zdravil lahko spregledamo. Hemodinamske spremembe (hipotenzija, tahikardija, sistemska vazodilatacija) so poleg respiracijskih zelo zgodnji znak sepe in zato pomembne tudi za zgodnjo diagnozo.² Do hemodinamskih sprememb lahko pride tudi v oboperativnem obdobju ali med samo operacijo. Takšne spremembe moramo pravočasno ugotoviti in jih ustrezno zdraviti, saj tako izboljšamo verjetnost za preživetje in hitrejšo ozdravitev.^{3,4}

Kaj moramo oceniti ali izmeriti?

Temeljna vprašanja, na katera moramo odgovoriti pri hemodinamski oceni kritično bolnih, so:

- ali je polnitev srca zadostna,
- ali je MVS zadosten,
- ali je tkivna prekrvitev ustrezna,
- ali je za ustrezen MVS potrebna prevelika polnitev,
- ali je ustrezen arterijski tlak ohranjen s pretirano vazokonstrikcijo?

Arterijski krvni tlak je hemodinamska spremenljivka, ki jo merimo pri vseh kritično bolnih, vendar na temelju teh meritev ne moremo sklepati ničesar o pretokih. Zato moramo poleg arterijskega tlaka oceniti ali izmeriti polnitev (preload), pretok (MVS) in zadostnost pretoka glede na presnovne potrebe. Ocena polnitve je pri kritično bolnih izjemno pomembna, saj hemodinamsko nestabilne bolnike običajno najprej zdravimo s tekočinami. Meritve MVS so pomembne, ker ga z različnimi načini zdravljenja spreminjamo (nadomeščanje tekočin, inotropna in vazoaktivna zdravila, mehansko predihavanje). Spremembe ob

zdravljenju moramo meriti, saj so učinki zdravljenja pogosto nepredvidljivi. Seveda moramo pri vseh bolnikih hkrati in nepretrgano (ali vsaj čim bolj pogosto) oceniti tudi njegovo zadostnost glede na trenutne potrebe tkiv. Meritve MVS nam pri tej oceni žal le malo pomagajo. Zato za oceno zadostnosti pretoka uporabljamo posredne kazalce, ki kažejo bodisi povečano ekstrakcijo kisika zaradi nezadostnega prenosa le-tega (zasičenost s kisikom v pljučni arteriji – SvO₂ ali zgornji votli veni – ScvO₂) ali anaerobno tkivno presnovo (raven serumskega laktata).^{5,6}

Pri večini bolnikov z normalno vrednostjo SvO₂, ScvO₂ in laktata lahko sklepamo, da je njihova celokupna prekrvitev normalna. Vsi trije kazalci zrcalijo le ravnotežje med celokupno porabo in prenosom kisika in so odvisni od vrste različnih dejavnikov, ki vplivajo na prenos in porabo kisika. Zato normalne vrednosti teh spremenljivk nikakor ne zagotavljajo, da je normalna tudi področna prekrvitev, nenormalne vrednosti pa nikakor ne opredeljujejo vzroka za nezadostno prekrvitev. Kadar torej pri bolnikih izmerimo nizke vrednosti SvO₂ ali ScvO₂ in povišane vrednosti laktata, moramo z dodatnimi preiskavami ugotoviti vzrok zanje in se šele potem odločiti za zdravljenje.

Kako ocenjujemo hemodinamsko stanje pri kritično bolnih?

Srčno funkcijo in stanje obtoka lahko ocenimo z več neinvazivnimi ali invazivnimi metodami. Zaradi hemodinamske nestabilnosti moramo pri kritično bolnih hemodinamske spremenljivke meriti nepretrgano ali pa meritve pogosto ponavljati. Pomen in vrednost posamezne metode ocenjujemo po tem, kako zanesljivo in natančno lahko z njo opredelimo polnitev, MVS in njegovo zadostnost.

Začetna hemodinamska ocena temelji na anamnestičnih podatkih, kliničnem pregledu, elektrokardiogramu, rentgenogramu prsnih organov in plinski analizi arterijske krvi, vse bolj pogosto pa zelo zgodaj napravimo tudi orientacijski transtorakalni ultrazvočni pregled srca. Vsakega bolnika moramo natančno in popolno klinično pregledati. Ugotovimo lahko znake zastojnega srčnega popuščanja (prekatni galop, inspiracijske pike nad pljuči, čezmerno polne vratne vene, periferne otekline), znake kompenzacijskih mehanizmov (tahikardija, vazokonstrikcija) in znake nezadostne tkivne prekrvitve (akrocianoza, hladna potna koža, podaljšana kapilarna polnitev). Navedeni znaki žal niso specifični za hemodinamsko oceno kritično bolnih in ne sovpadajo s hkrati izmerjenimi hemodinamskimi spremenljivkami.⁷⁻¹⁰

Rentgenogram prsnih organov napravimo vsakemu bolniku na intenzivnem oddelku in tako pridobimo nekaj podatkov o velikosti in obliki srca ter o napoljenosti pljučnih žil. Na temelju izvida te preiskave pa lahko sklepamo le o trenutnem stanju prsnih organov, poleg tega pa spremembe na rentgenogramu ne sovpadajo s kliničnim stanjem in hemodinamskimi spremenljivkami.^{11, 12}

Elektrokardiogram, ki ga prav tako posnamemo pri vsakem bolniku, nam ne daje nikakršnih neposrednih

podatkov o srčni funkciji in stanju obtoka. Preiskava je koristna za natančno ugotavljanje srčne frekvence, spremembe srčne električne osi, motenj srčnega ritma in sprememb v okviru akutnega koronarnega sindroma, ki so pogosto vzrok za hemodinamsko nestabilnost pri kritično bolnih.

Ocena hemodinamskega stanja na temelju kliničnega pregleda ter rentgenograma prsnih organov je pogosto nezadostna in napačna, tudi če jo opravijo starejši in bolj izkušeni zdravniki.^{13, 14} Kljub temu je klinični pregled temeljna preiskava za oceno hemodinamskega stanja, ki je ne smemo nikoli opustiti, saj omogoča racionalno uporabo drugih, bolj zapletenih metod.

Poleg začetne hemodinamske ocene pri kritično bolnih lahko srčno funkcijo in stanje obtoka ocenimo z dodatnimi neinvazivnimi in invazivnimi metodami. Vse metode na vseh intenzivnih oddelkih niso enako koristne in dostopne, zato se mora intenzivist odločiti za najbolj ustrezno metodo pri posameznem bolniku. Pri izbiri je potrebno upoštevati tveganje in korist za bolnika, potrebo po takojšnjem zdravljenju, verjetnost za bolezen, ki bo potrebovala specifično zdravljenje, možnost etiološke diagnoze in potrebo po nepretrganem nadzoru. Ker idealne metode še vedno nimamo, se raje odločamo za sočasno uporabo dveh ali več metod, katerih rezultati se medsebojno dopolnjujejo.

Radioizotopska ventrikulografija omogoča oceno celokupnega in področnega iztisnega dela obeh prekatov, vendar zaradi zapletenih naprav in sevanja ni primerna za vsakdanjo uporabo na intenzivnih oddelkih.¹⁵

Transtorakalna ehokardiografija (TTE) je neinvazivna in ponovljiva preiskava, ki jo lahko napravimo ob bolniški postelji in omogoča neposreden prikaz morfoloških sprememb na srcu in velikih žilah, oceno sistolične in diastolične funkcije levega prekata, funkcije desnega prekata in delovanja srčnih zaklopk. Kadar s TTE zaradi različnih razlogov (predvsem pri mehansko ventiliranih bolnikih) ne moremo zadovoljivo prikazati srca, jo lahko nadomestimo s transezofagealno ehokardiografijo (TEE).¹⁶ Najbolj pogosta indikacija za TTE/TEE pri kritično bolnih je ocena srčne funkcije, TEE pa vse bolj pogosto uporabljamo za nepretrgan nadzor med srčnimi in tudi ostalimi operacijami (npr. obsežne operacije trebušnih organov, presaditve organov, operacije na trebušni aorti).¹⁷⁻²¹ TTE ponavadi zadošča za oceno celokupne in področne sistolične funkcije pri večini kritično bolnih. Globalno sistolično funkcijo lahko kvalitativno hitro ocenimo, lahko pa izračunamo tudi kvantitativne kazalce srčne funkcije, kot so iztisni del, delež skrajšave in delež spremembe površine.²²⁻²⁴ Če dodatno uporabimo še doplersko metodo, lahko iz izmerjenih pretokov preko aortne, mitralne in pulmonalne zaklopke izračunamo tudi MVS, ki dobro sovпада z MVS, izmerjenim s termodilucijsko metodo.²⁵⁻³⁰ TTE, še posebej pa TEE omogočata oceno prostornine in funkcije desnega prekata.³¹ Z obema metodama lahko zanesljivo ugotovimo tudi področne motnje krčljivosti, ki so najzgodnejši znak miokardne ishemije.^{32, 33} Za oceno polnitve srca lahko s TTE ali TEE, ponavadi v kratki osi in v višini papilarnih mišic, izmerimo povr-

šino levega prekata ob koncu diastole. Tako izmerjena površina je boljše merilo polnitve levega prekata in dobro sovпада z izmerjeno prostornino prekata z radionuklidno metodo ter s prostornino krvi v prsnem košu, izmerjeno z metodo barvne transpulmonalne dilucije.³⁴⁻³⁶ Končna diastolična površina levega prekata, manjša kot 5,5 cm²/m², značilno opredeli hipovolemijo, če bolnik nima diastolične disfunkcije ali hiperkontraktilnega levega prekata.

Diastolične disfunkcije levega prekata, ki je pogosto razlog za srčno popuščanje pri kritično bolnih, z večino metod ne moremo zanesljivo potrditi. STTE in TEE lahko analiziramo pretok skozi mitralno zaklopko in pljučne vene ter tako ocenimo tlak v levem atriju in polnitev levega prekata.³⁷⁻⁴¹ Z dodatno uporabo tkivnega dopplerskega pregleda pa lahko diastolično funkcijo levega prekata ocenimo še bolj zanesljivo.⁴² Analiza pretoka skozi pljučne vene je koristna tudi za oceno stopnje mitralne regurgitacije.⁴³

Kot merilo upora proti iztisu (afterload) pri kritično bolnih pogosto neustrezno uporabljamo sistemski žilni upor, ki ga izračunamo iz hemodinamskih spremenljivk. Bolj zanesljivo merilo upora proti iztisu je končna sistolična napetost prekatne stene, ki jo izračunamo s hemodinamskimi spremenljivkami in ehokardiografskimi meritvami (premer levega prekata, debelina sten levega prekata in arterijski tlak).^{44, 45}

Z ehokardiografijo lahko ob bolnikovi postelji enostavno, neinvazivno in hitro opredelimo hemodinamske značilnosti in medsebojno razlikujemo najpomembnejša klinična stanja pri kritično bolnih (Razpr. 1).

Razpr. 1. Ehokardiografske značilnosti pri nekaterih stanjih v intenzivni medicini.

LP – levi prekat, DP – desni prekat, EDA – končna diastolična površina, FAC – delež spremembe površine, N – normalno, RWMA – področne motnje kontraktilnosti, Ao – aortna, M – mitralna.

Table 1. Echocardiographic characteristics of some common conditions in critically ill patients.

LV – left ventricle, RV – right ventricle, EDA – end-diastolic area, FAC – fractional area change, N – normal, RWMA – regional wall motion abnormalities, Ao – aortic, M – mitral.

Stanje Condition	Polnitev LP LV preload (EDA)	Kontraktilnost LP LV contractility (FAC)	Velikost DP RV size
Hipovolemija/sepsa Hypovolemia/sepsis	↓	↑	↓
Vazodilatacija Vasodilation	N	↑	N
Odpoved LP LV failure	↑	↓	↓, N, ↑
Tamponada Cardiac tamponade	↓ (diastolični kolaps) (diastolic collapse)	N	↓, diastolični kolaps) (diastolic collapse)
Akutno pljučno srce Acute cor pulmonale	↓	N, ↑	↑, ↑
Ishemija LP LV ischemia	↑, N	RWMA	N
Ao, M, regurgitacija Ao, M, regurgitation	N, ↑	N, ↑	N, ↑

Razpr. 2. Pregled metod, ki jih uporabljamo za oceno hemodinamskega stanja pri kritično bolnih. Za razlago glej tekst. (NICO = merjenje MVS z metodo delnega ponovnega predihavanja, Ezofagealni Doppler = metoda merjenja MVS z ezofagealnim doplerjem, LiDCO = nepretrgano merjenje MVS z analizo arterijske pulzne krivulje in litijevo dilucijsko metodo, PiCCO = nepretrgano merjenje MVS z analizo arterijske pulzne krivulje in transpulmonalno termodilucijo, SvcO₂ = nasičenje krvi s kisikom v zgornji votli veni, Vigileo = nepretrgano merjenje MVS z analizo arterijske pulzne krivulje, Vigileo (PreSep) = nepretrgano merjenje MVS z analizo arterijske pulzne krivulje in neprekinjeno merjenje nasičenja krvi s kisikom v zgornji votli veni, PAC = pljučni arterijski kateter, RVEDV = končna diastolna prostornina desnega prekata, ne = ne omogoča, + = omogoča, nezanesljivo, ++ = omogoča, zadovoljivo, +++ = omogoča, zanesljivo, ? = nezanesljivo.

Table 2. Overview of the methods used for the hemodynamic assessment in critically ill. See text for detailed explanation (NICO = cardiac output monitoring by partial rebreathing method, Eso Dop = esophageal doppler, LiDCO = continuous CO monitoring by pulse contour analysis & lithium dilution method, PiCCO = continuous CO monitoring by pulse contour analysis & transpulmonary thermodilution method, SvcO₂ = saturation in superior vena cava, Vigileo = continuous CO monitoring by pulse contour analysis, Vigileo (PreSep) = continuous CO monitoring by pulse contour analysis and continuous measurement of saturation in superior vena cava, PAC = pulmonary artery catheter, RVEDV = right ventricular enddiastolic volume, no = not possible, + = possible, ++ = possible, satisfactory, +++ = possible, reliable, ? = not reliable.

	Polnitev Preload	Pretok Flow	Zadostnost pretoka Flow adequacy
Klinična ocena Clinical assessment	?	?	?
Ehokardiografija Echocardiography	++	++	ne
NICO NICO	ne	++	ne
Ezofagealni Doppler Esophageal Doppler	+	++	ne
LiDCO LiDCO	+	+++	ne
PiCCO PiCCO	++	+++	ne
PiCCO (SvcO ₂) PiCCO (SvcO ₂)	++	+++	++
Vigileo Vigileo	+	++	ne
Vigileo (PreSep) Vigileo (PreSep)	+	++	++
PAC PAC	+	+++	+++
PAC (RVEDV) PAC (RVEDV)	++	+++	+++

Glede na podatke, ki jih pridobimo z ultrazvočno preiskavo, pri 30 do 50 % bolnikov spremenimo zdravljenje, zato naj bi bila metoda neprekinjeno na voljo na vseh intenzivnih oddelkih.⁴⁶⁻⁵⁴

Z ultrazvočnima metodama ne moremo meriti ali oceniti zadostnosti MVS, lahko pa to pomanjkljivost nadomestimo s pogostimi in zaporednimi meritvami serumskega laktata.

Kljub mnogim kritikam v zadnjih letih ostajata *desnostranska srčna kateterizacija* s Swan-Ganzovim kate-trom (SGK) in sočasno invazivno merjenje arterijskega krvnega tlaka še vedno standardni metodi za hemodinamsko oceno pri kritično bolnih.⁵⁵⁻⁵⁷ Z analizo krivulje arterijskega krvnega tlaka lahko merimo spremembe sistoličnega tlaka, spremembe pulznega tlaka in spremembe utripnega volumna, ki so enostavne in koristne spremenljivke, s katerimi lahko napovemo hemodinamsko odzivnost na dodajanje tekočin pri mehansko ventiliranih bolnikih v sinusnem ritmu.⁵⁸⁻⁶¹ Vstavitev katetra v pljučno arterijo je razmerna enostaven in varen poseg, omogoča pa zanesljivo in nepretrgano merjenje tlakov v desnem atriju in pljučni arteriji ter občasne meritve zagozditvenega tlaka v pljučni arteriji in MVS s termodilucijsko metodo. Čeprav zagozditveni tlak v pljučni arteriji ni zelo dobro merilo za polnitev levega prekata, pa hkrati z meritvami MVS omogoča, da s tekočinami, diuretiki in vazodilatacijskimi zdravili pri bolnikih dosežemo optimalno polnitev. Z novejšimi različicami katetrov lahko zanesljivo in nepretrgano merimo MVS, zasičenje krvi s kisikom v pljučni arteriji (SvO₂) in končno diastolično prostornino desnega prekata (RVEDV) ter njegov iztiski del (REF).^{62,63} RVEDV je boljše merilo polnitve srca kot zagozditveni tlak v pljučni arteriji in z njegovo uporabo pomembno izboljšamo oceno polnitve srca.⁶⁴

Merjenje zgoraj navedenih spremenljivk nam omogoča celovito oceno bolnikovega hemodinamskega stanja. Še posebej velja poudariti, da neprekinjeno merjenje SvO₂ omogoča nepretrgano oceno zadostnosti minutnega srčnega iztisa, ki je ključnega pomena za uravnavanje zdravljenja. Z doseganjem normalnih vrednosti SvO₂ in s tem zadostnega MVS in transporta kisika so izboljšali preživetje in skrajšali čas zdravljenja na intenzivnem oddelku pri poškodovanih in bolnikih po srčnih operacijah.^{4,65} Namesto merjenja SvO₂ lahko merimo tudi nasičenje krvi s kisikom v zgornji votli veni (SvcO₂). Če so pri bolnikih v zgodnjem obdobju hude sepse z nadomeščanjem tekočin, inotropnimi zdravili in transfuzijami rdečih krvničk čim bolj zgodaj dosegli normalne vrednosti SvcO₂, so izboljšali preživetje, skrajšali čas hospitalizacije in zmanjšali stroške zdravljenja.⁶⁶ Pomembno je poudariti, da le celovita ocena hemodinamskega stanja, ki poleg ocene polnitve in meritev minutnega srčnega iztisa vključuje tudi oceno zadostnosti minutnega srčnega iztisa z merjenjem SvO₂ ali SvcO₂, omogoča pravilno zdravljenje. Invazivni hemodinamski nadzor je koristen predvsem pri zelo hudo prizadetih in hemodinamsko nestabilnih bolnikih.⁶⁷

Minutni srčni iztis lahko merimo tudi z drugimi, manj invazivnimi ali neinvazivnimi metodami. *Analiza krivulje arterijskega pulznega vala* temelji na izhodišču, da je površina pod krivuljo sorazmerna z utripnim volumnom.⁶⁸ Zaradi spremenljive arterijske elastičnosti je potrebno te meritve pogosto umerjati z drugimi, natančnejšimi metodami. Pri napravi PiCCO (Pul-

sion Medical Systems AG, Germany) za takšno umerjanje uporabljamo transpulmonalno termodilucijo. Za hemodinamski nadzor potrebujemo le osrednji venski kanal in termodilucijski kateter, ki ga vstavimo v femoralno arterijo, in hkrati omogoča invazivno merjenje arterijskega krvnega tlaka. Po vbrizganju znane količine hladne vode v zgornjo votlo veno naprava glede na spremembe temperature v femoralni arteriji izračuna MVS. Ta vrednost je nato temelj za izračun utripnega volumna in MVS z nepretrgano analizo krivulje arterijskega pulznega vala. Tako izmerjeni MVS dobro sovpadajo z MVS, izmerjenim s SGK.⁶⁹ Ob meritvah MVS s transpulmonalno termodilucijo lahko izračunamo tudi prostornino krvi v prsnem košu (ITBV), ki je dobro merilo polnitve, in količino zunajžilne vode v pljučih (EVLW), ki je merilo za stopnjo pljučnega edema.⁷⁰⁻⁷³ Količina zunajžilne vode v pljučih je tudi dober napovedni kazalec za preživetje pri kritično bolnih.⁷⁴ Zaradi teh lastnosti je metoda posebej koristna za nepretrgani hemodinamski nadzor pri bolnikih z okvarjeno alveolokapilarno prepustnostjo. Zadostnosti minutnega srčnega iztisa s to metodo ne moremo oceniti, zato jo moramo dopolniti z občasnimi meritvami ali neprekinjenim merjenjem SvcO₂.

Z napravo LiDCO (LiDCO Ltd., UK) merimo MVS z analizo energije arterijskega pulznega vala, za umerjanje pa uporabljamo litijevo dilucijsko metodo.⁷⁵ Za meritve potrebujemo le periferni venski kanal, v katerega občasno vbrizgamo majhno količino litija, njegovo koncentracijo pa merimo z odvzemi krvi iz katetra v radialni arteriji.^{76,77} Tako izmerjen MVS je temelj za nepretrgano oceno utripnega volumna in MVS z analizo krivulje arterijskega pulznega vala, ki dobro sovpadajo z MVS, izmerjenim s termodilucijsko metodo. Metoda je še manj invazivna kot PiCCO in zato primerna za medoperativni in oboperativni nadzor, žal pa z njo ne moremo oceniti polnitve srca in zadostnosti minutnega srčnega iztisa. Merjenje variabilnosti sistoličnega arterijskega tlaka znotraj dihalnega ciklusa, s katerim lahko zaznamo hipovolemijo, je koristno in uporabno le pri kontrolirano umetno ventiliranih bolnikih, ki imajo sinusni ritem.

Merjenje MVS z analizo arterijske krivulje omogoča tudi naprava Vigileo (Edwards Lifesciences, ZDA). Naprava ima drugačen algoritem za izračun minutnega srčnega iztisa in ne potrebuje umerjanja z drugo referenčno metodo. Začetne raziskave so pokazale, da izmerjene vrednosti razmeroma zadovoljivo sovpadajo z vrednostmi MVS, izmerjenimi s termodilucijsko metodo.⁷⁸ Aparatura sama po sebi omogoča samo merjenje MVS, z uporabo posebnega fiberoptičnega osrednjega venskega katetra pa lahko dodatno nepretrgano merimo SvcO₂ kot kazalec zadostnosti minutnega srčnega iztisa. Zaradi preproste uporabe bo verjetno metoda koristna za hitro orientacijsko hemodinamsko oceno pa tudi za nepretrgan hemodinamski nadzor, predvsem v oboperativnem obdobju. Njen pomen in vrednost pri nadzoru kritično bolnih bo potrebno šele potrditi z dodatnimi raziskavami.

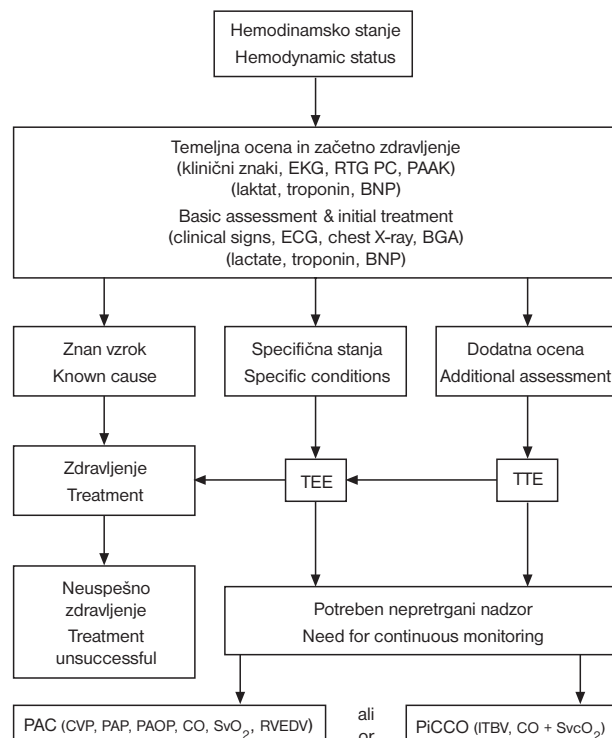
MVS lahko merimo tudi s *polinvazivno dopplersko metodo*. Hitrost pretoka v descendentni aorti merimo s posebno sondo, ki jo slepo vstavimo v požiral-

nik. Izračun MVS temelji na izmerjeni hitrosti pretoka, premera aorte in srčne frekvence, izračunane vrednosti pa razmeroma dobro sovpadajo z vrednostmi MVS, izmerjenega s termodilucijsko metodo.^{79,80} S to metodo ne moremo oceniti zadostnosti MVS, pa tudi ocena polnitve na temelju merjenja časa pretoka je razmeroma nezanesljiva in orientacijska.⁸⁰ Čeprav je metoda zelo enostavna, je uporabna le pri mehansko predihavanih in uspavanih bolnikih, ne moremo pa je uporabiti pri bolnikih z boleznimi požiralnika, umetno aortno zaklopko in vstavljeno aortno črpalko.

Z metodo NICO (merjenje MVS z metodo delnega ponovnega predihavanja) merimo vsebnost ogljikovega dvokisa v izdihanem zraku, MVS pa izračunamo s pomočjo indirektna Fickove enačbe. Tako izmerjen MVS razmeroma dobro sovpada s termodilucijsko izmerjenim, vendar lahko metodo uporabljamo le pri umetno ventiliranih bolnikih, ob meritvah pa pride tudi do manjšega porasta delnega tlaka ogljikovega dvokisa v arterijski krvi.⁸¹⁻⁸⁴ Zadostnosti MVS in polnitve s to metodo ne moremo oceniti, zato ni primerna za hemodinamsko oceno pri kritično bolnih.

V Razpredelnici 1 so prikazane različne metode za hemodinamsko oceno in njihova zanesljivost za oceno polnitve, MVS in njegove zadostnosti. MVS lahko dokaj zanesljivo ocenimo praktično z vsako metodo, za oceno polnitve pa sta najprimernejši ehokardiografija in transpulmonalna termodilucija. Meritve polnilnih tlakov so nezanesljive za oceno polnitve, zato je koristno uporabiti novejša različice SGK, ki omogočajo merjenje RVEDV. Zadostnost minutnega srčnega iztisa lahko neprekinjeno ocenjujemo le z invazivnimi metodami (merjenje SvO₂ in SvcO₂). Neprekinjeno ocenjevanje zadostnosti lahko deloma nadomestimo z zaporednimi meritvami serumskega laktata, ki je označevalec anaerobne presnove ob nezadostni tkivni prekrvitvi.⁸⁵⁻⁸⁷ Pri oceni hemodinamskega stanja je koristna tudi določitev troponina I ali T, ki je označevalec miokardne poškodbe in BNP (možganski natriuretični peptid), ki je povišan pri zastojnem srčnem popuščanju.⁸⁸⁻⁹²

Pri vsakdanjem delu na Oddelku za intenzivno interno medicino Splošne bolnišnice v Celju poleg klinične ocene uporabljamo neinvazivne in invazivne metode (Sl. 1) Po začetni oceni na temelju klinične slike, elektrokardiograma, rentgenograma prsnih organov, plinske analize arterijske krvi in serumskega laktata pri večini bolnikov srčno funkcijo in hemodinamsko stanje dodatno ocenimo še s transtorakalno ehokardiografijo, ki je na oddelku vedno izvedljiva. Transzofagealno ehokardiografijo uporabimo pri bolnikih, pri katerih transtorakalni ultrazvočni pregled zaradi slabe vidljivosti ni zadosti poveden, in pri bolnikih s posebnimi boleznimi, ki jih lahko s to metodo diagnosticiramo in funkcijsko opredelimo (pljučna embolija s šokom, aortna disekcija, endokarditis itd). Dodatne koristne informacije lahko pridobimo tudi z določitvami troponina in BNP. Na temelju neinvazivne ocene lahko pri večini bolnikov začnemo ustrezno začetno zdravljenje. Če je zaradi bolnikove hemodinamske nestabilnosti ali neodzivnosti na zdravljenje



Sl. 1. Način ocene hemodinamskega stanja, ki ga uporabljamo na Oddelku za intenzivno interno medicino Splošne bolnišnice v Celju. Natančnejša razlaga v tekstu. (RTG = rentgenogram pljuč in srca, PAAK = plinska analiza arterijske krvi, BNP = možganski natriuretični peptid, TEE = transezofagealna ehokardiografija; TTE = transtorakalna ehokardiografija, CVP = centralni venski tlak, PAP = tlak v pljučni arteriji; PAOP = zagozditveni tlak v pljučni arteriji, MVS = minutni srčni iztis; SvO₂ = nasičenje krvi s kisikom v pljučni arteriji; RVEDV = končna diastolna prostornina desnega prekata; ITBV = prostornina krvi v prsnem košu; SvcO₂ = nasičenje krvi s kisikom v zgornji votli veni).

Figure 1. Assessment of cardiac function in critically ill – diagnostic and monitoring approach in the medical ICU (General Hospital Celje – Slovenia). See text for detailed explanation. (CXR = chest X ray, BGA = blood gas analysis, BNP = brain natriuretic peptide, TEE = transesophageal echocardiography; TTE = transthoracic echocardiography, PAC = pulmonary artery catheter, PiCCO = pulse induced contour cardiac output, CVP = central venous pressure, PAP = pulmonary artery pressure; PAOP = pulmonary artery occlusion pressure, CO = cardiac output; SvO₂ = mixed venous oxygen saturation; RVEDV = right ventricular enddiastolic volume; ITBV = intrathoracic blood volume, SvcO₂ = central venous oxygen saturation).

potreben nepretrgan hemodinamski nadzor, pri večini bolnikov vstavimo kateter v pljučno arterijo in neprekinjeno merimo tlake v pljučni arteriji, minutni srčni iztis, SvO₂, RVEDV in REF, občasno pa PKP. Poleg popolnega neprekinjenega nadzora s takšno metodo tudi hitro zaznamo morebitne hemodinamske

spremembe in odziv na zdravljenje. Pri bolnikih s povečano alveolokapilarno prepustnostjo v pljučih vse pogosteje uporabimo PICCO, ki nam omogoča oceno ITBV in EVLW, hkrati pa nepretrgano merimo ali občasno določamo SvcO_2 .

Literatura

- Societe de Reanimation de Langue Francais. 9th Consensus Conference on Intensive Care and Emergency Medicine: Bedside evaluation of ventricular function in adults. *Intensive & Critical Care Digest* 1993; 12: 53-4.
- Metrangolo L, Fiorillo M, Friedman G, Silance PG, Kahn RJ, Novelli GP, et al. Early hemodynamic course of septic shock. *Crit Care Med* 1995; 23: 1971-5.
- Shoemaker WC, Appel PL, Kram HB, Waxman K, Lee TS. Prospective trial of supranormal values of survivors as therapeutic goals in high-risk surgical patients. *Chest* 1988; 94: 1176-86.
- Polonen P, Ruokonen E, Hippelainen M, Poyhonen M, Takala J. A prospective, randomized study of goal-oriented hemodynamic therapy in cardiac surgical patients. *Anesth Analg* 2000; 90: 1052-9.
- Reinhart K, Kuhn HJ, Hartog C, Brede DL. Continuous central venous and pulmonary artery oxygen saturation monitoring in the critically ill. *Intensive Care Med* 2004; 30: 1572-8.
- Suistomaa M, Ruokonen E, Kari A, Takala J. Time-pattern of lactate and lactate to pyruvate ratio in the first 24 hours of intensive care emergency admissions. *Shock* 2000; 14: 8-12.
- McGee SR. Physical examination of venous pressure: a critical review. *Am Heart J* 1998; 136: 10-8.
- Lok CE, Morgan CD, Ranganathan N. The accuracy and interobserver agreement in detecting the 'gallop sounds' by cardiac auscultation. *Chest* 1998; 114: 1283-8.
- Bailey JM, Levy JH, Kopel MA, Tobia V, Grabenkort WR. Relationship between clinical evaluation of peripheral perfusion and global hemodynamics in adults after cardiac surgery. *Crit Care Med* 1990; 18: 1353-6.
- Staudinger T, Locker GJ, Laczka K, Knapp S, Burgmann H, Wagner A, et al. Diagnostic validity of pulmonary artery catheterization for residents at an intensive care unit. *J Trauma* 1998; 44: 902-6.
- Herman PG, Khan A, Kallman CE, Rojas KA, Carmody DP, Bodenheimer MM. Limited correlation of left ventricular end-diastolic pressure with radiographic assessment of pulmonary hemodynamics. *Radiology* 1990; 174: 721-4.
- Chakko S, Woska D, Martinez H, de Marchena E, Futterman L, Kessler KM, et al. Clinical, radiographic, and hemodynamic correlations in chronic congestive heart failure: conflicting results may lead to inappropriate care. *Am J Med* 1991; 90: 353-9.
- Connors AF, McCaree DR, Gray BA. Evaluation of right-heart catheterisation in critically ill patient without acute myocardial infarction. *New Engl J Med* 1983; 308: 263-7.
- Dawson NV, Connors AF, Speroff T, Kemka A, Shaw P, Arkes HR. Hemodynamic assessment in managing the critically ill: Is the physician confidence warranted. *Med Dec Making* 1993; 13: 258-66.
- Itti R, Bontemps J, Damien J, Egroizard P. Place des methodes isotopiques pour l'evaluation de la fonction cardiaque aux soins intensifs. *Schweiz Med Wschr* 1993; 123: 359-63.
- Voga G, Krivec B. Echocardiography in the intensive care unit. *Curr Opin Crit Care* 2000; 6: 207-13.
- Kozakova M, Palombo C, Benanti CF, Giunta F, Distante A, L'Abbate A. Intra-operative assessment of myocardial ischemia during general surgery by transesophageal echocardiography: present state and future perspectives. *Clin Intensive Med* 1993; 4: 232-34.
- Oh JK, Seward JB, Khandheria BK, Gersh BJ, McGregor CG, Freeman WK, et al. Transesophageal echocardiography in critically ill patients. *Am J Cardiol* 1990; 66: 1492-5.
- Brandt RR, Oh JK, Abel MD, Click RL, Orszulak TA, Seward JB. Role of emergency intraoperative transesophageal echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr* 1998; 11: 972-7.
- Suriani RJ, Neustein S, Shore-Lesserson L, Konstadt S. Intraoperative transesophageal echocardiography during noncardiac surgery. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 1998; 12: 274-80.
- Yamaura K, Okamoto H, Maekawa T, Kanna T, Irita K, Takahashi S. Detection of retroperitoneal hemorrhage by transesophageal echocardiography during cardiac surgery. *Can J Anaesth* 1999; 46: 169-72.
- Ryan T, Burwash I, Lu J, Otto C, Graham M, Verrier E, Spiess BD. The agreement between ventricular volumes and ejection fraction by transesophageal echocardiography or a combined radionuclear and thermodilution technique in patients after coronary artery surgery. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 1996; 10: 323-8.
- Liu N, Darmon PL, Saada M, Catoire P, Rosso J, Berger G, et al. Comparison between radionuclide ejection fraction and fractional area changes derived from transesophageal echocardiography using automated border detection. *Anesthesiology* 1996; 85: 468-74.
- Mueller X, Stauffer JC, Jaussi A, Goy JJ, Kappenberger L. Subjective visual echocardiographic estimate of left ventricular ejection fraction as an alternative to conventional echocardiographic methods: comparison with contrast angiography. *Clin Cardiol* 1991; 14: 898-902.
- Savino JS, Troianos CA, Aukburg S, Weiss R, Reichel N. Measurement of pulmonary blood flow with transesophageal two-dimensional and Doppler echocardiography. *Anesthesiology* 1991; 75: 445-51.
- Darmon PL, Hillel Z, Mogtader A, Mindich B, Thys D. Cardiac output by transesophageal echocardiography using continuous-wave Doppler across the aortic valve. *Anesthesiology* 1994; 80: 796-805.
- Poelaert J, Schmidt C, Van-Aken H, Hinder F, Mollhoff T, Loick HM. A comparison of transoesophageal echocardiographic Doppler across the aortic valve and the thermodilution technique for estimating cardiac output. *Anaesthesia* 1999; 54: 128-36.
- Feinberg M, Hopkins W, Davila-Raman V, Barzilai B. Multiplane transesophageal echocardiographic Doppler imaging accurately determines cardiac output measurements in critically ill patients. *Chest* 1995; 107: 769-73.
- McLean AS, Needham A, Stewart D, Parkin R. Estimation of cardiac output by noninvasive echocardiographic techniques in the critically ill subject. *Anaesth Intensive Care* 1997; 25: 250-4.
- Estagnasie P, Djedaini K, Mier L, Coste F, Dreyfuss D. Measurement of cardiac output by transesophageal echocardiography in mechanically ventilated patients. Comparison with thermodilution. *Intensive Care Med* 1997; 23: 753-9.
- Ochiai Y, Morita S, Tanoue Y, Kawachi Y, Tominaga R, Yasui H. Use of transesophageal echocardiography for postoperative evaluation of right ventricular function. *Ann Thorac Surg* 1999; 67: 146-52.
- Smith JS, Cahalan MK, Benefiel DJ, Byrd BF, Lurz FW, Shapiro WA, et al. Intraoperative detection of myocardial ischemia in high-risk patients: electrocardiography versus two-dimensional transesophageal echocardiography. *Circulation* 1985; 72: 1015-21.
- Comunale ME, Body SC, Ley C, Koch C, Roach G, Mathew JP, et al. The concordance of intraoperative left ventricular wall-motion abnormalities and electrocardiographic S-T segment changes: association with outcome after coronary revascularization. Multicenter Study of Perioperative Ischemia (McSPI) Research Group. *Anesthesiology* 1998; 88: 945-54.
- Hinder F, Poelaert JI, Schmidt C, Hoefl A, Mollhoff T, Loick HM et al. Assessment of cardiovascular volume status by transoesophageal echocardiography and dye dilution during cardiac surgery. *Eu J Anaesthesiol* 1998; 15: 633-40.
- Cheung AT, Savino JS, Weiss SJ, Aukburg SJ, Berlin JA. Echocardiographic and hemodynamic indexes of left ventricular preload in patients with normal and abnormal ventricular function. *Anesthesiology* 1994; 81: 376-87.
- Clements FM, Harpole DH, Quill T, Jones RH, McCann RL. Estimation of left ventricular volume and ejection fraction by two-dimensional transoesophageal echocardiography: comparison of short axis imaging and simultaneous radionuclide angiography. *Br J Anaesth* 1990; 64: 331-6.
- Akamatsu S, Terazawa E, Kagawa K, Arakawa M, Dohi S. Transesophageal Doppler echocardiographic assessment of pulmonary venous flow pattern in subjects without cardiovascular disease. *Int J Card Imaging* 1993; 9: 195-200.
- Kuecherer HF, Foster E. Hemodynamics by transesophageal echocardiography. *Cardiol Clin* 1993; 11: 475-87.

39. Kuecherer HF, Kusumoto F, Muhiudeen IA, Cahalan MK, Schiller NB. Pulmonary venous flow patterns by transesophageal pulsed Doppler echocardiography: relation to parameters of left ventricular systolic and diastolic function. *Am Heart J* 1991; 122: 1683-93.
40. Nishimura RA, Abel MD, Hatle LK, Tajik AJ. Relation of pulmonary vein to mitral flow velocities by transesophageal Doppler echocardiography. Effect of different loading conditions. *Circulation* 1990; 81: 1488-97.
41. Munt B, Jue J, Gin K, Fenwick J, Tweeddale M. Diastolic filling in human severe sepsis: an echocardiographic study. *Crit Care Med* 1998; 26: 1829-33.
42. Sohn DW, Chai IH, Lee DJ, Kim HC, Kim HS, Oh BH. Assessment of mitral annulus velocity by Doppler tissue imaging in the evaluation of left ventricular diastolic function. *J Am Coll Cardiol* 1997; 30: 474-80.
43. Pu M, Griffin BP, Vandervoort PM, Stewart WJ, Fan X, Cosgrove DM, et al. The value of assessing pulmonary venous flow velocity for predicting severity of mitral regurgitation: A quantitative assessment integrating left ventricular function. *J Am Soc Echocardiogr* 1999; 12: 736-43.
44. Reichek N, Wilson J, St John Sutton M, Plappert TA, Goldberg S, Hirshfeld JW. Noninvasive determination of left ventricular end-systolic stress: validation of the method and initial application. *Circulation* 1982; 65: 99-108.
45. Greim CA, Roewer N, Schulte A. Assessment of changes in left ventricular wall stress from the end-systolic pressure area product. *Br J Anesth* 1995; 75: 583-7.
46. Fuchs JB, Goerge G, Morschel C, Bruch C, Erbel R. Wert der Echokardiographie auf einer Allgemeininternistischen Intensivstation. *Intensivmed* 1997; 34: 549-55.
47. Tamm JW, Nichol J, MacDiarmid AL, Lazarow N, Wolfe K. What is the real clinical utility of echocardiography? A prospective observational study. *J Am Soc Echocardiogr* 1999; 12: 689-97.
48. Vignon P, Mentec H, Terre S, Gastinne H, Gueret P, Lemaire F. Diagnostic accuracy and therapeutic impact of transthoracic and transesophageal echocardiography in mechanically ventilated patients in the ICU. *Chest* 1994; 106: 1829-34.
49. Slama MA, Novara A, Van de Putte P, Diebold B, Safavian A, Safar M. Diagnostic and therapeutic implications of transesophageal echocardiography in medical ICU patients with unexplained shock, hypoxemia, or suspected endocarditis. *Intensive Care Med* 1996; 22: 916-22.
50. Poelaert JL, Trouerbach J, De Buyzere M, Everaert J, Colardyn FA. Evaluation of transesophageal echocardiography as a diagnostic and therapeutic aid in a critical care setting. *Chest* 1995; 107: 774-9.
51. Heidenreich PA, Stainback RF, Redberg RF, Schiller NB, Cohen NH, Foster E. Transesophageal echocardiography predicts mortality in critically ill patients with unexplained hypotension. *J Am Coll Cardiol* 1995; 26: 152-8.
52. Chenzbraun A, Pinto FJ, Schnitger I. Transesophageal echocardiography in the intensive care unit: impact on diagnosis and decision-making. *Clin Cardiol* 1994; 17: 438-4.
53. Falter F, Kuhlén R, Janssens U, Max M, Walbert E, Rossaint R. The necessity of performing transesophageal echocardiography in patients with acute respiratory distress syndrome. *Intensive Care Med* 1999; 25: 637.
54. Vidmar J, Brilej D, Voga G, Kovacic N, Smrkolj V. Aortic valve insufficiency due to rupture of the cusp in a patient with multiple trauma. *Unfallchirurg* 2003; 106: 514-8.
55. Eisenberg PR, Allan SJ, Schuster DP. Clinical evaluation compared to pulmonary artery catheterisation in the hemodynamic assessment of critically ill patients. *Crit Care Med* 1984; 12: 549-53.
56. Ontario Intensive Care study Group. Evaluation of right heart catheterisation in critically ill patients. *Crit Care Med* 1992; 20: 928-33.
57. Connors AF Jr, Speroff T, Dawson NV, Thomas C, Harrell FE Jr, Wagner D, et al. The effectiveness of right heart catheterization in the initial care of critically ill patients. *JAMA* 1996; 276: 889-97.
58. Michard F, Teboul JL. Predicting fluid responsiveness in ICU patients: a critical analysis of the evidence. *Chest* 2002; 121: 2000-8.
59. Michard F, Boussat S, Chemla D, Anguel N, Mercat A, Lecarpentier Y. Relation between respiratory changes in arterial pulse pressure and fluid responsiveness in septic patients with acute circulatory failure. *Am J Respir Crit Care Med* 2000; 162: 134-8.
60. Perel A. Assessing fluid responsiveness by the systolic pressure variation in mechanically ventilated patients. Systolic pressure variation as a guide to fluid therapy in patients with sepsis-induced hypotension. *Anesthesiology* 1998; 89: 1309-10.
61. Perel A, Minkovich L, Preisman S, Abiad M, Segal E, Coriat P. Assessing fluid-responsiveness by a standardized ventilatory maneuver: the respiratory systolic variation test. *Anesth Analg* 2005; 100: 942-5.
62. Munro HM, Wood CE, Taylor BL, Smith GB. Continuous invasive cardiac output monitoring - the Baxter/Edwards Critical-Care Swan Ganz IntelliCath and Vigilance system. *Clin Intensive Care* 1994; 5: 54-5.
63. Nimmo SM, Douglar JR. Advances in monitoring in intensive care: continuous mixed venous oxygen saturation and right ventricular ejection fraction. *Intensive Care World* 1994; 11: 16-20.
64. Chang MC, Blinman TA, Rutherford EJ, Nelson LD, Morris JA Jr. Preload assessment in trauma patients during large-volume shock resuscitation. *Arch Surg* 1996; 131: 728-31.
65. Kremžar B, Špec-Marn A, Kompan L, Cerović O. Normal values of SvO₂ as therapeutic goal in patients with multiple injuries. *Intensive Care Med* 1997; 23: 65-70.
66. Rivers E, Nguyen B, Havstad S, Ressler J, Muzzin A, Knoblich B et al. Early Goal-Directed Therapy Collaborative Group. Early goal-directed therapy in the treatment of severe sepsis and septic shock. *N Engl J Med* 2001; 345: 1368-77.
67. Chittock DR, Dhingra VK, Ronco JJ, Russell JA, Forrest DM, Tweeddale M, et al. Severity of illness and risk of death associated with pulmonary artery catheter use. *Crit Care Med* 2004; 32: 911-5.
68. Wesseling KH, De Wit B, Weber JAP, Smith NT. A simple device for the continuous measurement of cardiac output. *Adv Cardiovasc Phys* 1983; 5: 16-52.
69. Goedje O, Hoeke K, Lichtwarck-Aschoff M, Faltchauser A, Lamm P, Reichart B. Continuous cardiac output by femoral arterial thermodilution calibrated pulse contour analysis: comparison with pulmonary arterial thermodilution. *Crit Care Med* 1999; 27: 2407-12.
70. Sakka SG, Bredle DL, Reinhart K, Meier-Hellmann A. Comparison between intrathoracic blood volume and cardiac filling pressures in the early phase of hemodynamic instability of patients with sepsis or septic shock. *J Crit Care* 1999; 14: 78-83.
71. Buhre W, Buhre K, Kazmaier S, Sonntag H, Weyland A. Assessment of cardiac preload by indicator dilution and transoesophageal echocardiography. *Eur J Anaesthesiol* 2001; 18: 662-7.
72. Della Rocca G, Costa GM, Coccia C, Pompei L, Di Marco P, Pietropaoli P. Preload index: pulmonary artery occlusion pressure versus intrathoracic blood volume monitoring during lung transplantation. *Anesth Analg* 2002; 95: 835-43.
73. Katzenelson R, Perel A, Berkenstadt H, Preisman S, Kogan S, Sternik L, Segal E. Accuracy of transpulmonary thermodilution versus gravimetric measurement of extravascular lung water. *Crit Care Med* 2004; 32: 1550-4.
74. Sakka SG, Klein M, Reinhart K, Meier-Hellmann A. Prognostic value of extravascular lung water in critically ill patients. *Chest* 2002; 122: 2080-6.
75. Linton R, Band D, O'Brien T, Jonas M, Leach R. Lithium dilution cardiac output measurement: a comparison with thermodilution. *Crit Care Med* 1997; 25: 1796-800.
76. Garcia-Rodriguez C, Pittman J, Cassell CH, Sum-Ping J, El-Moalem H, Young C, Mark JB. Lithium dilution cardiac output measurement: a clinical assessment of central venous and peripheral venous indicator injection. *Crit Care Med* 2002; 30: 2199-204.
77. Costa MG, Lugano M, Coccia C, Della Rocca G. Continuous and intermittent lithium dilution cardiac output measurements. *Eur J Anaesthesiol* 2004; 21 Suppl 32: A-88.
78. Manecke GR. Edwards FloTrac sensor and Vigileo monitor: easy, accurate, reliable cardiac output assessment using the arterial pulse wave. *Expert Rev Med Devices* 2005; 2: 523-7.

79. Valtier B, Cholley BP, Belot JP, de la Coussaye JE, Mateo J, Payen DM. Noninvasive monitoring of cardiac output in critically ill patients using transesophageal Doppler. *Am J Respir Crit Care Med* 1998; 158: 77–83.
80. Dark PM, Singer M. The validity of trans-esophageal Doppler ultrasonography as a measure of cardiac output in critically ill adults. *Intensive Care Med* 2004; 30: 2060–6.
81. Van Heerden PV, Baker S, Lim SI, Weidman C, Bulsara M. Clinical evaluation of the non-invasive cardiac output (NICO) monitor in the intensive care unit. *Anaesth Intensive Care* 2000; 28: 427–30.
82. Haryadi DG, Orr JA, Kuck K, McJames S, Westenskow DR. Partial CO₂ rebreathing indirect Fick technique for non-invasive measurement of cardiac output. *J Clin Monit Comput* 2000; 16: 361–374.
83. Johnson KB, Haryadi DG, Orr JA, McJames S, Kuck K, Westenskow DR. Influence of pulmonary edema on noninvasive measurements of cardiac output using partial CO₂ rebreathing in a canine model. *Anesthesiology* 1998; 89(3A): A535.
84. Kuck K, Haryadi DG, Orr JA, Bailey PL. Evaluation of partial rebreathing cardiac output measurement during surgery. *Anesthesiology* 1998; 89(3A): A542.
85. Abramson D, Scalea TM, Hitchcock R, Trooskin SZ, Henry SM, Greenspan J. Lactate clearance and survival following injury. *J Trauma* 1993; 35: 584–8.
86. Bakker J, Gris P, Coffernils M, Kahn RJ, Vincent JL. Serial blood lactate levels can predict the development of multiple organ failure following septic shock. *Am J Surg* 1996; 171: 221–6.
87. Levy B, Sadoune LO, Gelot AM, Bollaert PE, Nabet P, Larcan A. Evolution of lactate/pyruvate and arterial ketone body ratios in the early course of catecholamine-treated septic shock. *Crit Care Med* 2000; 28: 114–9.
88. Guest TM, Ramanathan AV, Tuteur PG, Schechtman KB, Ladenson JH, Jaffe AS. Myocardial injury in critically ill patients. A frequently unrecognized complication. *JAMA* 1995; 273: 1945–9.
89. Fernandes CJ Jr, Akamine N, Knobel E. Cardiac troponin: a new serum marker of myocardial injury in sepsis. *Intensive Care Med* 1999; 25: 1165–8.
90. Ammann P, Maggiorini M, Bertel O, Haenseler E, Joller-Jemelka HI, Oechslin E. Troponin as a risk factor for mortality in critically ill patients without acute coronary syndromes. *J Am Coll Cardiol* 2003; 41: 2004–9.
91. McLean AS, Tang B, Nalos M, Huang SJ, Stewart DE. Increased B-type natriuretic peptide (BNP) level is a strong predictor for cardiac dysfunction in intensive care unit patients. *Anaesth Intensive Care* 2003; 31: 21–7.
92. Charpentier J, Luyt CE, Fulla Y, Vinsonneau C, Cariou A, Grabar S. Brain natriuretic peptide: A marker of myocardial dysfunction and prognosis during severe sepsis. *Crit Care Med*; 32: 660.

Prispelo 2006-12-18, sprejeto 2007-04-10