

Echokardiografie u kriticky nemocného

Balík M.

Klinika anesteziologie a resuscitace, Fakultní nemocnice Královské Vinohrady, Praha

Souhrn

Dostupnost echokardiografického přístroje na jednotkách intenzivní péče významně rozšiřuje diagnostiku a zefektivňuje management kriticky nemocných. Přibývající množství publikací potvrzuje fakt, že kvalifikovaní intenzivisté mohou zajistit přesnou, bezpečnou a obsažnou diagnostiku hemodynamiky pomocí echokardiografie. Intenzivisté zapojení do managementu kriticky nemocných si jsou vědomi všech klinických a laboratorních parametrů a měli by být schopni interpretovat echokardiografické vyšetření komplexním způsobem a s okamžitou aplikací pro další terapii. Provozování echokardiografie však vyžaduje dokonalou znalost instrumentária a principů srdečního ultrazvuku. Pracovní skupiny v rámci jednotlivých odborných společností ve světě navrhly v posledních třech letech postupy pro trénink v echokardiografii. Kompletní echokardiografické vyšetření kriticky nemocných by mělo zahrnout následující položky: preload, globální a segmentální kontraktilitu, diastolickou funkci, afterload, vyšetření chlopenního aparátu, srdeční výdej, pravé srdce, plicnici a plicnicový tlak, patologie aorty, perikardu a vyšetření pleurální dutiny. Rutinně vyšetřujeme minimálně 10–11 zobrazení transtorakálně a 12 zobrazení u transezofageálního vyšetření. Využití ultrazvukového přístroje na JIP by nemělo být limitováno pouze na echokardiografii. Vyšetření pleurální dutiny, kvantifikace pleurální tekutiny a případné vyloučení ventrálního pneumotoraxu s pomocí TTE by mělo být integrální součástí transtorakálního echokardiografického vyšetření. Multimodální ultrazvukový přístroj vybavený TEE sondou by měl být součástí všech větších jednotek intenzivní péče, kde jeho přítomnost bude zdůvodněna vysokým počtem diagnostikovaných a léčených pacientů. S tím souvisí úspory na plicnicových katétrech, rentgenovém materiálu a krevních destičkách bez ohledu na okamžitou a téměř kompletní diagnostiku kardiovaskulárního systému.

Klíčová slova: echokardiografie – transezofageální echokardiografie – monitorování – intenzivní péče

Abstract

Echocardiography in the critically ill patient

Availability of an ultrasound device in the critical care setting significantly extends diagnostic options and makes the management of critically ill patients more effective. A growing amount of papers confirm that qualified intensivists can provide accurate, safe and extensive diagnosis of the haemodynamic system with the aid of echocardiography. Intensivists involved in the management of the critically ill are fully aware of all patient's clinical and laboratory data and they should be able to interpret the echocardiographic examination in a complex manner and with immediate application for further therapy. Performing echocardiography in the intensive care unit requires on the other hand thorough knowledge of the devices and principles of heart ultrasound. Task forces within societies of intensive care and cardiology launched curricula for training and data acquisition in echocardiography in the last three years. A complex echocardiographic exam of the critically ill patient should include following items: preload, global and segmental contractility, diastolic function, afterload, examination of the valvular apparatus, cardiac output, right heart including the pulmonary artery and pulmonary artery pressure, aortic pathology, the pericardium and examination of the pleural space. 10–11 planes should be taken during a routine transthoracic examination and 12 planes during transesophageal echocardiography. Utilisation of an ultrasonic device should not be limited to echocardiography. Examination of the pleural space, quantification of the pleural fluid and an eventual exclusion of a ventral pneumothorax with the aid of a transthoracic probe should be an integral part of a transthoracic echocardiographic examination. A multimodal ultrasonic device equipped with a transesophageal probe should be available in all large intensive care units where its presence would be justified by a high number of diagnosed and treated patients. This is also related to savings on pulmonary artery catheters, X-ray material and platelet transfusions, besides the immediate and almost complete diagnosis of the cardiovascular system.

Key words: echocardiography – transesophageal echocardiography – monitoring – critical care

Anest. intenziv. Med., 17, 2006, č. 2, s. 116–122.

Úvod

Rutinní aplikace echokardiografie v intenzivní medicíně významně rozšiřuje diagnostické a následně terapeutické možnosti poruch hemodynamiky. Echokardiografie nabízí rychlou diagnostiku širokého spektra příčin oběhové nestability. Vyšetření může diagnostikovat ventrikulární systolickou a diastolickou funkci, přítomnost či absenci myokardiální ischemie, poruchu chlopenního aparátu, přítomnost vegetací,

patologie aorty, onemocnění perikardu, septální defekty, pleurální výpotky a nemoci mediastina. Echokardiografie může být prováděna u každého hemodynamicky nestabilního pacienta nebo v diferenciální diagnostice srdečního selhání, bolestí na hrudi, arytmií, šelestů, kardiomegalie nebo u podezření na centrální či periferní embolizace. Vyšetření je rychlé, neinvazivní a může být libovolně opakováno u lůžka pacienta. V praxi obvykle zahajujeme trans-

Tab. 1. Přehled základních aplikovaných projekcí s výjimkou suprasternální projekce v rutinním transtorálním echokardiografickém vyšetření kriticky nemocného

Rovina vyšetření	Hlavní využití
Parasternální dlouhá osa	LK, PK, IVS, LS, zsLK, LVOT, aortální sinus, kontraktilita (septum, zadní stěna), end-diastolická separace ALL-septum, aortální M-mode, aortální a mitrální kinetika a CD, perikard
Parasternální PK inflow	trikuspidální chlopeň, PK inflow, CW v trikuspidální chlopni (PAPs)
Parasternální krátká osa – úroveň papilárních svalů	LK a PK kontraktilita, EDA, ESA, papilární svaly
Parasternální krátká osa – úroveň aortální chlopně	aortální chlopeň, pulmonální chlopeň, pulmonální PW, trikuspidální chlopeň
Apikální 4komorová	LK a PK kontraktilita (lat wall, septum), M-mode trikuspid. a mitrální prstenec, mitrální PW, trikuspid. CW
Apikální 5komorová	aortální CD a CW doppler, LVOT PW doppler
Apikální 2komorová	LK kontraktilita (spodní, přední, apex), mitrální chlopeň
Apikální dlouhá osa	LK kontraktilita (zadní, septum), aort a mitrální doppler
Suprasternální	aortální oblouk, velké tepny, pravá plicní tepna
Subkostální podélná a příčná	aorta, PK (inflow a outflow), plicnice vč. dopplera, perikard, kinetika LV, LK apex, IVC průměr a kolapsibilita
Pleurální dutiny	zadní axilární čára – výpotky, medioklav. čára – ventrální pneumothorax

Vysvětlivky: LK – levá komora, PK – pravá komora, IVS – interventrikulární septum, LS – levá síň, zsLK – zadní stěna levé komory, ALL – anterolaterální cíp mitrální chlopně, CD – barevný doppler, CW – kontinuální doppler, PAPs – systolický tlak v plicnici, EDA – end-diastolická plocha levé komory, ESA – end-systolická plocha levé komory, PW – pulzní doppler, LVOT – výtokový trakt levé komory, IVC – dolní dutá žíla

torakální echokardiografií (TTE). Obvykle okolo 40 % pacientů na umělé plicní ventilaci vyžaduje rozšíření vyšetření o transezofageální přístup (TEE). TEE je prováděno primárně pro diagnostiku endokarditidy, vyšetření aorty, zdroje embolie, vyloučení intrakardiálního zkratu, po kardiokirurgickém výkonu, při vyšetřování chlopenních protéz a někdy u dárcovského srdce před transplantací.

Dostupnost echokardiografického přístroje na jednotkách intenzivní péče významně rozšiřuje diagnostiku a zefektivňuje management kriticky nemocných. V akutních situacích může být kardiolog nebo sonografista obtížně dosažitelný po 24 hodin denně. Přibývajícím množstvím publikací potvrzuje fakt, že kvalifikovaní intenzivisté mohou zajistit přesnou, bezpečnou a obsažnou diagnostiku hemodynamiky pomocí TEE a TTE. Intenzivisté zapojení do managementu kriticky nemocných si jsou vědomi všech klinických a laboratorních parametrů a měli by být schopni interpretovat echokardiografické vyšetření komplexním způsobem a s okamžitou aplikací pro další terapii. Sběr dat a jejich interpretace jsou však na druhou stranu zatíženy určitým rizikem. Provozování echokardiografie vyžaduje dokonalou znalost instrumentária a principů srdečního ultrazvuku. Pracovní skupiny doporučily určité postupy pro trénink lékařů v echokardiografii. American Society of Echocardiography a Society of Cardiovascular Anesthesiologists definovaly směrnice pro provozování komplexního perioperativního TEE [1] a směrnice pro trénink v perioperativním TEE [2]. Univerzita v Melbourne a Australian and New Zealand Intensive Care Society zavedly v roce 2004 postup pro trénink v perioperativní echokardiografii a echokardiografii u kriticky nemocných, které je ukončováno „multiple choice“

testem. Spojená pracovní skupina British Society of Echocardiography a Association of Cardiothoracic Anaesthetists definovala povinný trénink a zkoušku v perioperační echokardiografii. Spojeným úsilím European Society of Cardiology a European Society of Cardiothoracic Anaesthetists vznikly v roce 2004 postupy pro trénink v transtorakální a transezofageální echokardiografii, podmínkou získání akreditace je v obou případech splnění předepsaného log-book a echo-praxe po dobu 1 roku, dále „multiple choice“ test a videotest. Všechny tyto snahy – umožnit nejen kardiologům kvalifikační zkoušku z echokardiografie – by měly stimulovat trénink intenzivistů v aplikaci srdečního ultrazvuku.

Komplexní echokardiografické vyšetření kriticky nemocného

Kompletní echokardiografické vyšetření kriticky nemocných by mělo zahrnout následující položky: preload, globální a segmentální kontraktilitu, diastolickou funkci, afterload, poruchy chlopenního aparátu, srdeční výdej, pravé srdce, plicnici a plicnicový tlak, patologie aorty, perikardu a vyšetření pleurální dutiny. Rutinně vyšetřujeme minimálně 10–11 zobrazení transtorakálně (tab. 1) a 12 zobrazení u transezofageálního vyšetření (tab. 2). Transtorakální vyšetření nemá kontraindikace, u jícnového vyšetření jsou relativními kontraindikacemi: krvácení z úst a horního gastrointestinálního traktu, stavy po jícnové a žlučední chirurgii, jícnové varixy, cervikální spinální trauma a nestabilita; dále je vyšetření třeba zvážit u endoskopicky zavedené nazojejunální sondy.

Přístup k získávání rutinních hemodynamických parametrů lze rozdělit do dvou skupin. Objemy srdečních komor lze odhadnout pomocí planárních měření

Tab. 2. Minimum 12 projekcí jako součást rutinního jícnového echokardiografického vyšetření

Rovina vyšetření	Hloubka endoskopu (cm)	Anatomická úroveň	Rotace sondy	Hlavní využití
Mid-papilární krátká osa	38–50	mid-ventrikulární	0–15°	kontraktilita, preload, afterload
Mid-papilární 2komorová	38–50	mid-ventrikulární	80–100°	kontraktilita, přední stěna, spodní stěna, mitrální aparát
Mid-papilární dlouhá osa	38–50	mid-ventrikulární	110–130°	kontraktilita, zadní stěna, septum, AR, AS, CO
Apikální příčná rovina	40–50	apex	0–30°	LVOT, AS, AR, TR, CO
Ezofageální 4komorová	28–35	mitrální chlopeč	0–15°	kontraktilita, MV, mitral PW, LS, PK, TV doppler, EDVLK, LK apex
Ezofageální 2komorová	28–35	mitrální chlopeč	80–100°	kontraktilita LK, MV, LAA, LUPV
Ezofageální dlouhá osa	28–35	mitrální chlopeč	110–140°	kontraktilita LK, LAA, AR, Ao sinus
Aortální příčná	28–32	aortální chlopeč	25–40°	aortální chlopeč, AS, AR, AVA
VCS v dlouhé ose	28–32	aortální chlopeč	90–120°	VCS, VCI, PS, IA septum, CZK
PK inflow a outflow	28–32	aortální chlopeč	80–110°	TR, TV doppler pro stanovení tlaku v plicnici
RVOT v dlouhé ose	28–32	aortální chlopeč	70–90°	plicnice, PAC
Aorta v dlouhé ose	28–32	aortální chlopeč	90–130°	sinus ao, asc. aorta, desc. aorta

Kromě hloubky zavedení endoskopu a rotace sondy je důležité i správné natočení v dlouhé ose přístroje a angulace distální části endoskopu.

Vysvětlivky: LK – levá komora, AR – aortální regurgitace, AS – aortální stenóza, CO – cardiac output, LVOT – výtokový trakt LK, TR – trikuspidální regurgitace, LA – levá síň, PK – pravá komora, EDVLK – end-diastolický objem, LAA – ouško levé síně, LUPV – levá horní plicní žíla, AVA – separační plocha Ao chlopně v mid-systole, VCS – vena cava superior, VCI – vena cava inferior, PS – pravá síň, IA – interatrial, CZK – centrální žilní katétr, RVOT – výtokový trakt PK, PAC – plicnicový katétr

v 2D zobrazení nebo pomocí volumetrických metod u prostorového zobrazení (3D echo). Volumetrické metody pro měření preload a srdečního výdeje mohou být dostatečné pro sledování trendů, ale měření absolutních hodnot je zatíženo významnou chybou, zvláště při derivaci volumetrických dat z planárních měření v 2D zobrazení. Metody na podkladě dopplerovského měření jsou druhou skupinou. Jsou nejčastěji aplikovány v měření plnění LK, tlaku v plicnici a srdečního výdeje [3, 4, 5].

Preload (tab. 3) je obvykle odhadován v 2D zobrazení a pomocí dopplerovských metod. „Enddiastolic area“ (EDA) v mid-papilární transgastrické projekci, resp. transversální parasternální projekci, koreluje s intravaskulárním objemem, nikoliv však s okluzním tlakem v plicnici. Dynamické monitorování preload spočívá v monitorování EDA během nálože tekutin (preload reserve volume), cílem volumoterapie je odpověď v EDA a tepovém objemu. Dopplerovské techniky využívají pulzní dopplerovské měření transmitrálně, současně s měřením v plicních žilách v případě TEE. Dopplerovské měření je závislé na sinusovém rytmu, frekvenci mezi 50–130/min a absenci signifikantní dysfunkce mitrální chlopně. Vyšetření je vhodné kombinovat s měřením příčného rozměru dolní duté žíly a její kolapsibility v inspiriu [6]. Globální kontraktilita je většinou odhadována pomocí ventrikulární ejekční frakce, která je obvykle kalkulována z frakční změny plochy LK v diastole a systole (FAC) v 2D zobrazení. Interpretace musí brát v potaz afterload, preload, raménkové blokády, kardiostimulaci, paradoxní pohyb septa u přetížení pravé komory

srdeční nebo onemocnění perikardu (výpotek, konstriktce). Afterload je nejlépe odhadován pomocí kalkulovaného napětí komorové stěny v end-systole (ESWS, endsystolic wall stress). Vztah je založen na Laplaceově zákonu, je poněkud komplikovaný pro rutinní použití, proto se více využívá v experimentu. Častěji jsou hodnoceny: plocha levé komory v end-systole (ESA), end-systolický průměr levé komory a end-systolická tloušťka stěny. Transmitrální doppler je nepostradatelný i pro hodnocení afterload.

Vyhodnocení segmentálních poruch kinetiky komor (SWMA) umožňuje časnou diagnózu myokardiální ischemie. Regionální SWMA se ukazuje do 15 s od redukce průtoku koronární arterií. Senzitivita je 90% a specifita je 97% *versus* senzitivita 52% a specifita 84% u ST změn na EKG [7]. Jakákoliv redukce koronárního průtoku v rozmezí 20–80% normálu vede k SWMA do 15 s. Změnám obvykle předcházejí alterace diastolické funkce. Stejně závažné změny koronárního průtoku mohou vést k ST změně na EKG během 10 minut nebo nemusí navodit vůbec žádné změny. Těžší redukce koronárního průtoku (pod 20 %) vedou k výraznější SWMA a zvyšují senzitivitu EKG [8]. V diferenciální diagnóze SWMA zvažujeme fázový posun ventrikulární kontrakce u raménkové blokády nebo kardiostimulace, myokarditidu, kardiomyopatii, zvýšený afterload a preload, paradoxní pohyb septa. Dobře ověřen je přínos echokardiografie pro diagnózu aneurysmatu, perikardiálního výpotku, mitrální regurgitace, trombů, ruptury srdeční stěny a infarktu pravé komory.

Kombinace echokardiografie a EKG změn umož-

Tab. 3. Přehled metod odhadu preload

2D zobrazení (planární)	
EDA v mid-papilární transgastrické projekci (TEE) nebo v mid-papilární parasternální krátké ose (TTE)	Korelát 0,3 cm ² a 1% intravaskulárního objemu. Hypovolemie při EDA < 5,5–6,0 cm ² /m ² BSA. Objemová výzva: vzestup EDA a tepového objemu alespoň o 10–20 %.
Dopplerovské metody	
Transmitrální doppler (PW)	Peak E koreluje s PAWP nejvíce při LVEF > 40 %. E/A > 2,0 odpovídá PAWP > 18 mm Hg. Decelerační čas E vlny (DT) je v nepřímém vztahu k PAWP: < 150 ms odp. PAWP > 25 mm Hg. Pokles E v relaci k A a prodloužení DT může souviset s hypovolémií. Domin. E vůči A a zkrácení DT nacházíme u vyšších LVEDP.
Doppler v plicní žíle (PW)	Domin. S vlna, eventuálně s rozštěpem, odpovídá PAWP < 10 mm Hg. S/D ≥ 1 společně s výraznou A vlnou transmitrálně odpovídá hypovolémii. Pokles S vlny, vzestup D vlny a současný pokles A vlny transmitrálně nacházíme u vyššího preload (S/D < 1 odpovídá přibližně PAWP > 15 mm Hg) Diastolický reversal u výraznějších vzestupů preload, jeho trvání delší než trvání A vlny odpovídá PAWP > 15 mm Hg.
Doppler mitrálního prstence (TVI)	Poměr E transmitrálně a E' mitrálního anulu: • E/E' < 8 predikuje normální LVEDP • E/E' > 15 predikuje zvýšený LVEDP
Měření IVC subkostálně	
IVC < 1,5 cm, kolabuje v inspiriu. IVC 1,5–2,5 cm, v inspiriu kolaps > 50 % IVC 1.5-2.5 cm, kolaps v inspiriu < 50 % IVC > 2,5 cm, kolaps v inspiriu < 50 % IVC dilatována, bez změny v inspiriu	RAP 0–5 mm Hg RAP 5–10 mm Hg RAP 10–15 mm Hg RAP 15–20 mm Hg RAP > 20 mm Hg

Odhad preload pomocí echokardiografie u kriticky nemocného – v diferenciální diagnostice uvažujeme především diastolickou funkci komor a afterload.

Vysvětlivky: EDA – end-diastolická plocha LK, PW – pulzní doppler, E – časné plnění LK v diastole, A – atriální komponenta plnění LK v diastole, DT – decelerační čas E vlny, S – systolická vlna v plicní žíle, D – diastolická vlna v plicní žíle, PAWP – okluzní tlak v plicnici, TVI – tkáňový doppler, E' – vrcholová časné diastolická rychlost relaxace mitrálního prstence, IVC – dolní dutá žíla, RAP – tlak v pravé síni

ňuje stanovit i časnou indikaci ke koronarografii. Úspěšný management koronární okluze závisí na efektivní spolupráci intenzivisty (anesteziologa) a kardiologa. Zachování myokardu je optimální při rekanalizaci do 40 minut, efekt klesá exponenciálně po 4–6 hodinách. Indikace k urgentní koronarografii je ST elevace nebo nová raménková blokáda a klinické příznaky do 6 hodin od nástupu obtíží, ale koronarografie by měla být zvažována u SWMA a klinických příznaků do 6 hodin také u pacientů bez specifických změn na EKG. Myokardiální enzymy pouze potvrzují nebo vylučují diagnózu a jejich důležitost spočívá ve vyloučení či potvrzení recentní subakutní ischemie myokardu.

Diferenciální diagnóza diastolické funkce je proveditelná prakticky pouze pomocí echokardiografie. Kombinace 2D zobrazení a dopplerovského měření transmitrálně a v plicních žilách umožňuje klasifikaci 1. stupně (abnormální relaxace), 2. stupně (pseudonormalizace) a stupňů 3–4 (restriktivní plnění) [9 3]. Vyšetření jde ruku v ruce s vyšetřením hemodynamiky, protože proměnné jsou paralelně ovlivněny preload, kontraktilitou a afterload.

Indikace k elektrické kardioverzi u pacienta s neznámou anamnézou může být podložena výsled-

kem echokardiografického vyšetření. Důležité nálezy u pacientů s arytmiemi jsou: přítomnost poruch chlopního aparátu (mitrální stenóza a regurgitace, aortální stenóza s významným gradientem), dilatovaná levá síň (zvláště s přítomností spontánního echokontastu, viditelné tromby). Transmitrální doppler po elektrické kardioverzi může potvrdit síňový příspěvek k diastolickému plnění komory, a tím i restauraci mechanického sinusového rytmu.

Vyšetření pravého srdce a plicnice sestává z parametrů získaných v 2D zobrazení a dopplerem. Incidence trikuspidální regurgitace je až 95% u pacientů s plicní hypertenzí a nad 90 % dosahuje u pacientů na umělé plicní ventilaci [10]. Trikuspidální CW doppler umožňuje kvantifikovat systolický gradient mezi pravou komorou a síní. Přičtením tohoto gradientu k síňovému tlaku (CVP) získáme komorový, respektive plicnicový systolický tlak. Semikvantitativním měřítkem tlaku v plicnici je akcelerační čas plicnicového průtoku. Trikuspidální doppler je obtížně vyšetřitelný až u 24–25 % ventilovaných pacientů pomocí TEE [11] a vyšetření je často doplněno TTE. Zavádění pravostranné externí kardiostimulace nebo plicnicového katétru je možné usnadnit pomocí echokardiografie.

Vyšetření srdečních chlopní je integrální součástí hemodynamického monitorování. Přítomnost a závažnost případné dysfunkce mitrální nebo aortální chlopně mohou ovlivnit nebo změnit priority hemodynamického managementu. Vysoké průtoky (2–5 m/s) srdečními oddíly u kriticky nemocných pacientů navozené – ať už hyperkinetickou cirkulací nebo podávanými vazoaktivními látkami – mohou způsobit zvýšené gradienty měřené zvláště pomocí kontinuálního dopplera. Zde je třeba interpretovat gradienty velice obezřetně. Typickým příkladem je dynamická obstrukce výtokového traktu levé komory u hypertrofických srdcí, zvláště v případě nízké systémové vaskulární rezistence. Průtoky a gradienty mají naopak omezený význam v případě snížené kontraktility komor. Určitým řešením je v případě aortální chlopně indexace průtoku chlopní (CW doppler) vůči průtoku výtokovým traktem levé komory (PW doppler). Přítomnost aortální regurgitace znehodnocuje vyšetření srdečního výdeje (tepového objemu) v aortální chlopni (TEE) nebo v LVOT (TTE). Nález závažného stupně trikuspidální regurgitace omezuje využití klasické bolusové termodiluce [12, 13]. Vyšetřování pacientů se sepsí neznámé etiologie zahrnuje vyloučení endokarditidy; zde hraje nezastupitelnou roli TEE.

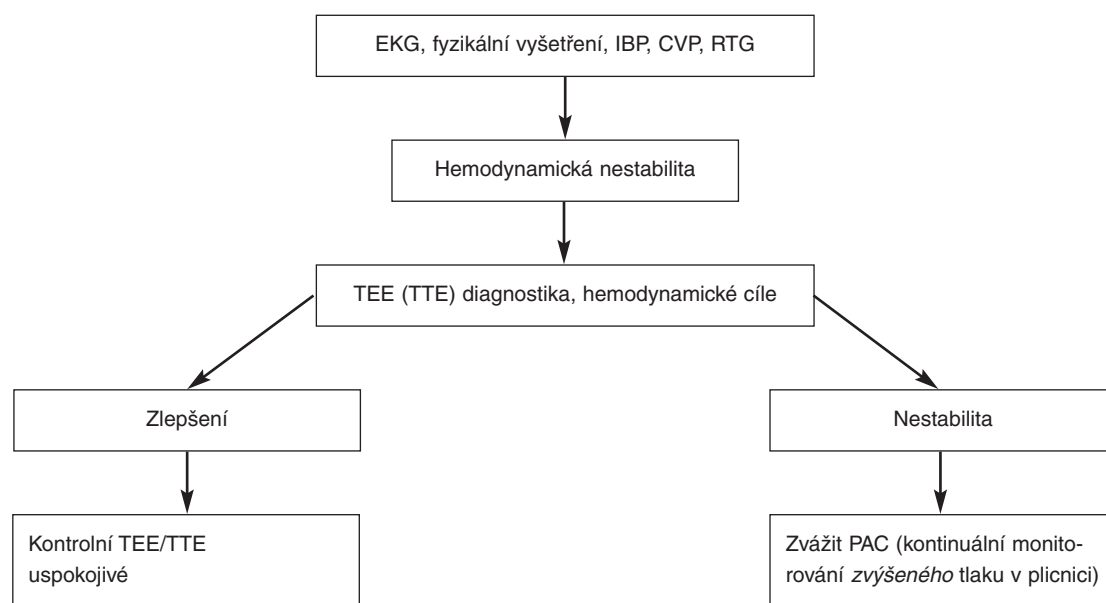
Echokardiografické měření srdečního výdeje je obvykle provedeno pomocí TEE a CW dopplera v aortální chlopni [14]. Je to především díky průtokové charakteristice aortální chlopně a relativně nekomplikovanému vyšetření výtokového traktu a chlopně samotné. Stanovení je limitováno patologií aortální chlopně. Byl nalezen velmi dobrý korelát s termodilucí („mean“ rozdíl 0,20–0,89 l/min) [12, 14].

2D zobrazení aorty je důležité pro diagnózu disk-

ce nebo traumatické aortální léze. Intimální trhliny jsou popisovány až u 5–15 % těžkých traumat hrudníku vyžadujících intubaci. TEE by proto mělo být indikováno u každého traumatu s klinickým nebo CT podezřením na poškození aorty. Výsledek může změnit priority managementu traumatu a vést k urgentnímu stentingu aorty nebo k chirurgickému výkonu na aortě.

Z novějších postupů v echokardiografii se jeví jako velmi perspektivní tkáňový doppler (TVI) a strain rate imaging. Jde o režim s možností zachycovat a odfiltrovat relativně pomalé rychlosti s vyšší amplitudou, které jsou produkovány nikoliv srdcem protékající krví, ale samotným srdečním svalem (TVI). Diference rychlostí mezi 2 body myokardu podél dopplerovského paprsku je základem odhadu deformace myokardiálního segmentu (strain) a rychlosti této deformace (strain rate). Výhodou těchto postupů je možnost diferencovat lépe změny preload a afterload od segmentálních i globálních změn diastolické a systolické funkce myokardu. Další výhodou je např. poměrně nízká náročnost na kvalitu signálu, což je aktuální u ventilovaných pacientů.

Využití ultrazvukového přístroje na JIP by nemělo být limitováno pouze na echokardiografii. Odhad stupně a rozsahu alveolární konsolidace je možný pomocí TEE [15]. Vyšetření pleurální dutiny, kvantifikace pleurální tekutiny a případné vyloučení ventrálního pneumotoraxu pomocí TTE by mělo být integrální součástí transtorakálního echokardiografického vyšetření. Adekvátní drenáž pleurální dutiny lze považovat za součást „open lung concept“ a může být velmi efektivně iniciována a provedena na podkladě ultrazvukového vyšetření [16, 17]. U pacientů s rizikem krvácení je vhodné před rizikovou kanylací využít



Obr. 1. Algoritmus hemodynamického monitorování – aplikace vstupní echokardiografie a následné katetrizaci plicnice
Z algoritmu vyplývá, že PAC by neměl být zaváděn za účelem diagnózy či vyloučení plicní hypertenze, ale pouze pro její monitorování v rámci terapie.

možnosti zaměření centrální žíly, např. pomocí lineární sondy. V ideálním případě takový postup ušetří pacienta od transfuze destiček.

Závěry

V rámci rutinního hemodynamického monitorování je echokardiografie nejpřínosnější pro diagnostiku a terapii u nejasné hemodynamické nestability. Aplikace echokardiografie objasnila 70 % příčin a vedla k okamžitému chirurgickému výkonu u 22 % pacientů. Frekvence následné katetrizace plicnice byla 35 % u všech hypotenzních pacientů [18]. Příspěvek echokardiografie pro diagnostiku byl popsán nejen pro změny terapie u 40 % pacientů bez plicnicového katétru (PAC), ale i u 40–50% pacientů s již zavedeným PAC bez ohledu na základní diagnózu [19, 20]. Zdá se, že provozování echokardiografie u všech hemodynamicky nestabilních pacientů redukuje potřebu zavádět PAC, která může být přibližně na polovině průměrné frekvence zavádění PAC v evropských jednotkách intenzivní péče [21, 22]. Potřeba zavádění PAC a kontinuálního monitorování tlaků v plicnici může být limitována pro stavy hemodynamické nestability kardiálního původu, jiné příčiny mohou být zvládnuty jen pomocí echokardiografie. Tento postup (obr. 1) může na druhou stranu přinést zvýšení morbidit a mortality ve skupině monitorované pomocí PAC [21], protože méně závažně nemocní pacienti budou zvládnuti jen pomocí intermitentní echokardiografie. Echokardiografie jako rutinní postup je lacinější než PAC. Multimodální ultrazukový přístroj vybavený TEE sondou by měl být součástí všech větších jednotek intenzivní péče, kde jeho přítomnost bude zdůvodněna vysokým počtem diagnostikovaných a léčených pacientů. S tím souvisejí úspory na plicnicových katétrech, rentgenovém materiálu a krevních destičkách bez ohledu na okamžitou a téměř kompletní diagnostiku kardiovaskulárního systému.

Poznámka: V době psaní této práce autor splnil všechny podmínky udělení Evropské akreditace z transtorakální echokardiografie udělované European Society of Cardiology.

Literatura

1. Shanewise, J. S., Cheung, A. T., Aronson, S., Stewart, W. J., Weiss, R. L., Jonathan, B., Savage, R., Sears-Rogan, P., Mathew, J. P., Quinones, M. A., Cahalan, M. K., Savino, J. S. ASE/SCA Guidelines for Performing a Comprehensive Intraoperative Multiplane Transesophageal Echocardiography Examination: Recommendations of the American Society of Echocardiography Council for Intraoperative Echocardiography and the Society of Cardiovascular Anesthesiologists Task Force for Certification in Perioperative Transesophageal Echocardiography. *Anesth. Analg.*, 1999, 89, p. 870–897.
2. Cahalan, M. K., Abel, M., Goldman, M., Pearlman, A., Sears-Rogan, P., Russell, I., Shanewise, J., Stewart, W., Troianos, C. American Society of Echocardiography and Society of Cardiovascular Anesthesiologists Task Force Guidelines for Training in Perioperative Echocardiography. *Anesth. Analg.*, 2002, 94, p. 1384–1388.
3. Brown, J. M. Use of echocardiography for haemodynamic monitoring. *Crit. Care Med.*, 2002, 30, p. 1361–1364.
4. Boussuges, A., Blanc, P., Molenat, F., Burnet, H., Habib, G., Sainty, J. M. Evaluation of left ventricular filling pressure by transthoracic Doppler echocardiography in the intensive care unit. *Crit. Care Med.*, 2002, 30, p. 362–367.
5. Nishimura, R. A., Tajik, A. J. Quantitative Hemodynamics by Doppler Echocardiography: A Noninvasive Alternative to Cardiac Catheterization. *Progress in Cardiovascular Diseases*, 1994, 34, p. 309–342.
6. Otto, C. *Echocardiographic Evaluation of Left and Right Ventricular Systolic Function*. In Otto, C. M. (ed.) *Textbook of Clinical Echocardiography*, 2nd ed., Saunders 2000, p. 100–131.
7. Smith, J. S., Cahalan, M. K., Benefiel, D. J., Byrd, B. F., Luiz, F. W., Shapiro, W. A., Roizen, M. F., Bouchard, A., Schiller, N. B. Intraoperative detection of myocardial ischemia in high-risk patients: electrocardiography versus two-dimensional echocardiography. *Circulation*, 1985, 72, p. 1015–1021.
8. Clements, F. M., De Bruyn, N. P. *Electrocardiography: Monitoring for ischemia*. In Lake, C. L. (ed.) *Clinical Monitoring*, Philadelphia : Saunders 1990, p. 41.
9. Nishimura, R. A., Tajik, A. J. Evaluation of diastolic filling of left ventricle in health and disease: Doppler echocardiography is the clinician's Rosetta Stone. *J. Am. Coll. Cardiol.*, 1997, 30, p. 8–18.
10. Jullien, T., Valtier, B., Hongnat, J. M., Dubourg, O., Bourdarias, J. P., Jardin, F. Incidence of tricuspid regurgitation and vena caval backward flow in mechanically ventilated patients. A color Doppler and contrast echocardiographic study. *Chest*, 1995, 107, p. 488–493.
11. Poelaert, J., Schmidt, C., Colardyn, F. Transesophageal echocardiography in the critically ill. *Anaesthesia*, 1998, 53, p. 55–68.
12. Balik, M., Pachi, J., Hendl, J. Influence of the degree of tricuspid regurgitation on cardiac output measurements by thermodilution. *Intensive Care Med.*, 2002, 28, p. 1117–1121; erratum in *Intensive Care Med*, 2002, 28, p. 1689.
13. Balik, M., Plášil, P., Pažout, J., Otáhal, M., Fric, M., Pachi, J. Korelace měření srdečního výdeje transezofageální echokardiografií a bolusovou termomodulací u pacientů s různým stupněm trikuspidální regurgitace. *Anest. intenziv. Med.*, 2004, 15, s. 204–208.
14. Darmon, P. L., Hillel, Z., Mogtader, A., Mindich, B., Thys, D. Cardiac Output by Transesophageal Echocardiography Using Continuous-wave Doppler across the Aortic Valve. *Anesthesiology*, 1994, 80, p. 796–805.
15. Lichtenstein, D., Lascols, N., Meziere, G., Gepner, A. Ultrasound diagnosis of alveolar consolidation in critically ill. *Intensive Care Med.*, 2004, 30, p. 276–281.
16. Lichtenstein, D., Menu, Y. A bedside ultrasound sign ruling out pneumothorax in the critically ill: lung sliding. *Chest*, 1995, 108, p. 1345–1348.
17. Balik, M., Plášil, P., Waldauf, P., Pazout, J., Fric, M., Otáhal, M., Pachi, J. Ultrasound estimation of volume of pleural fluid in mechanically ventilated patients. *Intensive Care Med.*, 2006, accepted, in press.
18. Colreavy, F. B., Donovan, K., Lee, K. Y., Weekes, J. Transesophageal echocardiography in critically ill patients. *Crit. Care Med.*, 2002, 30, p. 989–996.
19. Poelaert, J., Trouerbach, J., De Buyzere, M., Everaert, J., Colardyn, F. A. Evaluation of Transesophageal Echocardiography as a Diagnostic and Therapeutic Aid in a Critical Care Setting. *Chest*, 1995, 107, p. 774–779.
20. Benjamin, E., Griffin, K., Leibowitz, A. B., Manasia, A., Oro-

- pello, J. M., Geffroy, V., DelGiudice, R., Hufanda, J., Rosen, S., Goldman, M. Goal-directed Transesophageal echocardiography performed by intensivists to assess left ventricular function: comparison with pulmonary artery catheterization. *J. Cardiothorac. Vasc. Anesth.*, 1998, 12, p. 10–15.
21. Balík, M., Pazout, J., Fric, M., Sidák, M. Echokardiografie jako součást managementu hemodynamiky v intenzivní péči. *Anest. neodkl. Péče*, 2001, 12, p. 120–124.
22. Vincent, J. L., Dhainaut, J. F., Petret, C., Suter, P. Is the

pulmonary artery catheter misused? A European view. *Crit. Care Med.*, 1998, 26, p. 1283–1287.

Adresa pro korespondenci:

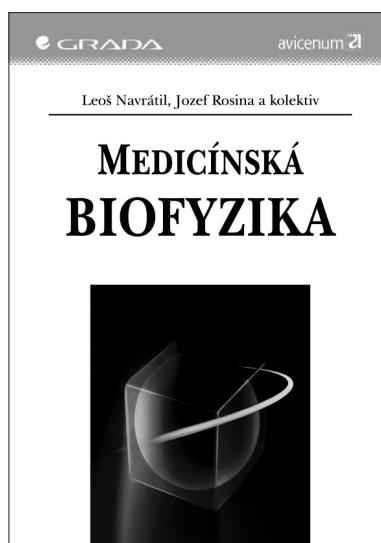
MUDr. Martin Balík

Klinika anesteziologie a resuscitace FNKV

Šrobárova 50

100 34 Praha 10

e-mail: balik@fnkv.cz



MEDICÍNSKÁ BIOFYZIKA

Leoš Navrátil, Jozef Rosina a kolektiv

Lékařská biofyzika vznikla jako důsledek integračních tendencí ve vývoji vědeckého poznání. Jako interdisciplinární obor obsahuje prvky mnohých disciplín, na rozhraní kterých vzniká anebo využívá jejich metodické přístupy. V systému teoretických disciplín lékařského studia zaujímá lékařská biofyzika specifické místo. Tvoří spojovací článek mezi matematikou a fyzikou na straně jedné a biologickými vědami na straně druhé. Specifikou biofyzikální analýzy je skutečnost, že objektem zkoumání jsou živé systémy a výsledky analýzy jsou použity na řešení konkrétních problémů v jednotlivých lékařských oborech za použití moderní přístrojové techniky. Lékařská biofyzika tvoří nejenom integrální součást funkčních oborů teoretické a preklinické části lékařského studia, ale i teoretický základ mnohých klinických oborů. Obrovský posun ve všech

oblastech medicíny vyžaduje i po odbornících lékařské biofyziky přijímat tyto změny a předložit je v kompetenci svého oboru studentům lékařských fakult. Proto je potřeba neustále inovovat učebnice lékařské biofyziky. Je logické, že si napsání takové učebnice žádá spolupráci vysoce kvalifikovaných a zkušených odborníků technického i lékařského zaměření. Jde o kooperaci velmi cennou a nenahraditelnou. Jak je zřejmé z předpokládaného kolektivu autorů, podařilo se dát dohromady právě takovou pracovní skupinu; jsou to odborníci, ovládající společnou řeč a chápající dokonale i společnou problematiku.

Vydala Grada Publishing v roce 2005. ISBN 80-247-1152-4, kat. číslo 1631, 170 x 230, šitá vazba, 528 str., cena 495 Kč.

Objednávku můžete poslat na adresu: Nakladatelské a tiskové středisko ČLS JEP, Sokolská 31, 120 26 Praha 2, fax: 224 266 226, e-mail: nts@cls.cz