



U perspektivi razvoja ehokardiografije, ukazuje se na pokušaje analize oblika atrija 3-D ehokardiografijom u komparaciji s magnetskom rezonancom i na analize funkcije atrija tkivnim Dopplerom atrijske stijenske.

Received: 23rd March 2008

E-mail: anton.smalcelj@mef.hr

Ehokardiografija u hemodinamskoj procjeni kritičnog bolesnika

Echocardiography in hemodynamic assessment of critically ill patient

Dušan Štajer

University Medical Centre Ljubljana, Ljubljana, Slovenia

Ehokardiografija se rutinski koristi kod kritično oboljelih osoba kao dijagnostička metoda. Razvojem doplerske tehnike ehokardiografija se sve više koristi i za procjenu hemodinamskog stanja bolesnika koje je podložno promjenama zbog kardijalne ili nekardijalne bolesti. Mogu se ocjenjivati svi osnovni hemodinamski pokazatelji uključujući desni i lijevi tlak punjena klijetki ("ventrikularno predopterećenje"), pulmonarni arterijski tlak i srčani minutni volumen. Ocjena srčane funkcije predstavlja dodatnu vrijednost budući da prognoza pacijenta uvelike ovisi o ozbiljnosti hemodinamskog poremećaja i kardijalne rezerve.

Hemodinamska procjena čini osnovu za liječenjem tekućinama (volumenom) i diureticima, te inotropnim i vazozaktivnim sredstvima, a hemodinamski podatci obično doprinose konačnoj dijagnozi i etiološkom liječenju. Ehokardiografska ocjena u kritičnim stanjima u novije vrijeme sve se više uspješno koristi, dok se invazivna procjena putem kateterizacije srca za stalno hemodinamsko praćenje koristi samo kod manjeg broja kritičnih bolesnika.

Predopterećenje je osnovna hemodinamska varijabla koji usmjerava liječenje volumenom u kritičnih bolesnika. Godinama se desno i lijevo ventrikularno predopterećenje ocjenjivalo mjerenjem tlakova u desnom i lijevom srcu tijekom kateterizacije. Kod kritičnih bolesnika ventrikularni tlak koji se mjeri kateterizacijom obično ne odgovara tlaku punjenja klijetki. Osim toga, tlak punjenja je samo jedna od varijabli koji definira ventrikularno predopterećenje. Za istu vrijednost tlaka punjenja predopterećenje se povećava s promjerom klijetke i smanjuje zadebljanjem stijenke, a bilo koja promjena mehaničkih svojstava miokarda utječe na diastoličku rastezljivost. Ehokardiografska ocjena predopterećenja temelji se na različitim rezultatima dvodimenzijskih i doplerskih mjerenja, ali budući da su ehokardiografske metode razvijene u odnosu na referentne rezultate mjerenja kateterizacije, ehokardiografska ocjena predopterećenja često se izražava kao tlak punjenja.

Predopterećenje desnog srca se najčešće ocjenjuje ispitivanjem promjera donje šuplje vene i njenog kolap-

sa s lijeve atrijalne nastavke slikanje je esencijalno u procjeni rizika od tromboembolijskih komplikacija.

Uzimajući u obzir buduće perspektive ehokardiografije, 3-D ehokardiografsko slikanje za analizu oblika atrija i volumena je opisano u usporedbi s MRI, kao i analiza gibanja zidova atrija pomoću Dopplerovog slikanja tkiva.

In critically ill, echocardiography is routinely used as a diagnostic tool. With development of Doppler techniques, echocardiography is increasingly used also for assessment of patient's hemodynamic condition, which may be altered due to cardiac or non-cardiac disease. All basic hemodynamic parameters can be evaluated, including right and left ventricular preload, pulmonary artery pressure and cardiac output. Appraisal of heart function is of additional value, since the patient's prognosis depends largely on severity of hemodynamic derangement and cardiac reserve.

Hemodynamic assessment is essential for management of fluid and diuretic treatment, treatment with inotropic and vasoactive agents, and hemodynamic data usually contribute to final diagnosis and etiologic treatment. Echocardiographic assessment of hemodynamics in critical conditions is increasingly used with success, and catheterisation is only reserved for continuous hemodynamic monitoring, which is indicated only in a minority of critically ill.

Preload is the basic hemodynamic parameter, which guides volume treatment of the critically ill. Over the years, right and left ventricular preload have been evaluated by measuring the right and left ventricular pressures by catheterisation. In critically ill, ventricular pressure as measured by catheterisation often does not correspond to filling (transmural) pressure. In addition, filling pressure is only one of parameters, which define ventricular preload. At the same filling pressure, preload increases with ventricular diameter and decreases with wall thickness, whereas any changes in mechanical characteristics of the muscle also affect the diastolic muscle stretch. Echocardiographic evaluation of preload is based on various two-dimensional and Doppler measurements, but since echocardiographic methods were developed with catheter measurements as the reference, echocardiographic evaluation of preload is also often expressed as filling pressure.

Right heart preload is most often assessed by examination of inferior vena cava diameter and inspiratory



sa u inspiriju. Ovaj pristup ima i neka važna ograničenja. Kod umjetno ventiliranih pacijenata nema inspiracijskog kolapsa donje šuplje vene. Povišeni perikardijalni tlak (npr. zbog perikardijalnog izljeva) može dovesti do precjenjivanja, a povišeni abdominalni tlak može dovesti do podcjenjivanja predopterećenja desnog srca. Drugi jednostavan pristup je ocjena veličine šupljina desnog srca. Desni atrij i klijetka imaju tanke stijenke koje se povećavaju povećanjem transmuralnog tlaka više nego u slučaju lijeve klijetke. Zbog svog oblika teško je izmjeriti volumen desne klijetke, a moguća je samo polukvantitativna ocjena u hitnim stanjima. Konačno, položaj interatrijskog septuma se može koristiti za usporedbu tlaka desne i lijeve klijetke, a ukoliko nema prekapilarne plućne arterijske hipertenzije, plućni arterijski dijastolički tlak se može koristiti za ocjenu tlaka punjenja desnog srca.

Lijevo ventrikularno predopterećenje je teže kvantificirati. Predloženo je nekoliko metoda, neke od njih su vremenski zahtjevne, druge su manje pouzdane, a neke se mogu samo koristiti za mali broj pacijenata. Možda se najčešće koristi izračun tlaka punjenja lijeve klijetke putem doplerom izmjenjenog mitralnog E vala i E' vala izmjenjenog u području mitralnog prstena primjenom tkivnog doplera, pri čemu E/E' omogućava približni tlak lijeve klijetke na kraju dijastole. Dijastolički tlak lijeve klijetke može se ocijeniti putem brzine mlaza mitralne ili aortne regurgitacije i sistemskog arterijskog tlaka te plućnim venskim protokom što ukazuje na smanjenje S vala sa povišenom tlakom punjenja.

Plućni arterijski tlak se rutinski ocjenjuje svakim ehokardiografskim ispitivanjem. Za plućni sistolički tlak mjeri se maksimalna brzina mlaza trikuspidne regurgitacije iz koje se izračunava gradijent tlaka koji se dodaje izmjenjenom ili ocijenjenom centralnom venskom tlaku. Za plućni arterijski dijastolički tlak mjeri se brzina mlaza pulmonalne regurgitacije na kraju dijastole, izračunava se gradijent tlaka i dodaje centralnom venskom tlaku.

Ehokardiografska ocjena srčanog minutnog volumena temelji se na mjerenju udarnog volumena koji pomnožen sa srčanom frekvencijom daje vrijednost srčanog minutnog volumena. Mogu se koristiti dvodimenzijske metode; no one su ili nepouzdanе ili vremenski zahtjevne. Kod pacijenata bez značajne aortne regurgitacije, udarni volumen se izračunava pomoću doplerskog mjerenja integrala brzine regurgitacijskog mlaza i površine presjeka u izlaznom dijelu lijeve klijetke

Plućni i sistemski vaskularni otpor varijable su koje se mogu izračunati bilo pomoću katetera ili ehokardiografskim mjerenjem. Opskrba i potrošnja kisika može se mjeriti jedino kateterizacijom i oksimetrijom.

collapse. This approach has important limitations. In artificially ventilated patients, there is no inspiratory collapse of inferior vena cava. Increased pericardial pressure (e.g., due to pericardial effusion) can lead to overestimation, and increased abdominal pressure can lead to underestimation of right heart preload. Another simple approach is assessment of the size of right heart cavities. Right atrium and ventricle have thin walls and expand with increased transmural pressure more than left ventricle. Because of its shape, it is difficult to measure the volume of the right ventricle and only a semi-quantitative evaluation is possible in emergency conditions. Finally, the position of interatrial septum can be used for comparison of right and left ventricular pressure, and in absence of precapillary pulmonary arterial hypertension, pulmonary artery diastolic pressure can be used for evaluation of right heart filling pressure.

Left ventricular preload is more difficult to quantify. Several methods have been proposed, some of which are time-consuming, others are less reliable, and some can only be used in a small number of patients. Perhaps most often used is calculation of left ventricular filling pressure from mitral Doppler E wave and mitral ring tissue Doppler E' wave, with E/E' giving the approximate left ventricular end diastolic pressure. Left ventricular diastolic pressure can be assessed from mitral or aortic regurgitant jet velocity and systemic arterial pressure and from pulmonary venous flow, which shows a decrease of S wave with increased filling pressure.

Pulmonary artery pressure is routinely assessed in every echocardiographic examination. For pulmonary systolic pressure, maximal tricuspid regurgitation velocity is measured, pressure gradient calculated and added to measured or estimated central venous pressure. For pulmonary arterial diastolic pressure, end-diastolic pulmonary artery regurgitant velocity is measured, pressure gradient calculated and added to central venous pressure.

Echocardiographic evaluation of cardiac output is based on measurement of stroke volume, which multiplied by heart rate results in cardiac output. Two-dimensional methods can be used; however they are either unreliable or time-consuming. In patients without significant aortic regurgitation, stroke volume is calculated from Doppler-derived velocity time integral in left ventricular outflow tract and outflow tract cross sectional area.

Pulmonary and systemic vascular resistance are parameters that can be calculated from either catheter or echocardiographic measurements. Oxygen supply and consumption can, on the other hand, only be measured by catheterisation and oxymetry.

Received: 17th Mar 2008

E-mail: dusan.stajer@mf.uni-lj.si