

ARTYKUŁ POGLĄDOWY/REVIEW PAPER

Otrzymano/Submitted: 01.08.2013. • Poprawiono/Corrected: 04.11.2013 • Zaakceptowano/Accepted: 19.11.2013

© Akademia Medycyny

Ultrasonografia na oddziale intensywnej terapii – przegląd protokołów badań

Ultrasonography at intensive care units – the review of protocol tests

**Dagmara Przymuszała-Staszak¹, Agata Milewska¹,
Mateusz Wykrętowicz², Przemysław Guzik¹**

¹ Katedra i Klinika Intensywnej Terapii Kardiologicznej i Chorób Wewnętrznych,
Uniwersytet Medyczny im. K. Marcinkowskiego w Poznaniu

² Zakład Neuroradiologii, Uniwersytet Medyczny im. K. Marcinkowskiego w Poznaniu



Streszczenie

Ultrasonografia jest coraz częściej wykorzystywana w pracy klinicznej na oddziałach intensywnej terapii czy medycyny ratunkowej. W ostatnich latach powstało wiele protokołów oceny ultrasonograficznej dedykowanych specjalnie dla lekarzy intensywnej terapii. Podstawową zasadą tych protokołów jest skrócenie i uproszczenie badania ultrasonograficznego pozwalające na jak najszybsze znalezienie lub wykluczenie potencjalnych przyczyn niestabilności hemodynamicznej. Wykorzystywane protokoły zawierają elementy echokardiografii i ultrasonografii tkanki płucnej, jamy brzusznej i miednicy, a także dużych naczyń tętniczych i żylnych. Poniższy artykuł stanowi przegląd najważniejszych protokołów ultrasonograficznych stosowanych na oddziałach intensywnej terapii. *Anestezjologia i Ratownictwo 2013; 7: 416-427.*

Słowa kluczowe: intensywna opieka, ultrasonografia przyłóżkowa, monitorowanie, niestabilność hemodynamiczna, hipotensja, wstrząs

Abstract

Ultrasound methods are more commonly applied in a daily clinical practice at intensive care units and emergency rooms. In the last few years a number of various protocols of ultrasound assessment has been developed especially for specialists working at the intensive or critical care units. The basic assumption of these protocols is the shortening and simplification of the ultrasound evaluation which allows quick finding or exclusion of potential causes of the haemodynamic instability. Such protocols include elements of echocardiography, pulmonary, abdominal, pelvic and vascular ultrasound evaluation. The current article presents the review of ultrasound protocols adapted for intensive care units requirements. *Anestezjologia i Ratownictwo 2013; 7: 416-427.*

Keywords: intensive care, bedside ultrasonography, monitoring, haemodynamic instability, hypotension, shock

Wstęp

Ciągłe monitorowanie różnych parametrów hemodynamicznych i wskaźników układuowego transportu tlenu jest możliwe od czasu wprowadzenia do praktyki klinicznej cewnika Swan-Ganz'a [1]. Diagnostyka i leczenie chorych niestabilnych hemodynamicznie, w oparciu o uzyskiwane dane w czasie rzeczywistym (np.: rzut serca, ośrodkowe ciśnienie żyłne, ciśnienie w tętnicy płucnej), stały się - zwłaszcza u pacjentów po zabiegach kardiologicznych i niektórych pacjentów kardiologicznych - złotym standardem postępowania klinicznego. Większość algorytmów terapeutycznych stosowanych w intensywnej terapii opierała się na informacjach pochodzących z pomiarów uzyskanych dzięki cewnikowaniu prawego serca. Przeprowadzane w kolejnych latach badania randomizowane nie potwierdziły jednak wyższości prognostycznej inwazyjnych pomiarów wykonywanych u chorych leczonych na oddziałach intensywnej terapii [2-6]. Jednocześnie w ostatnich latach pojawiło się coraz więcej badań wskazujących na przydatność echokardiografii w monitorowaniu układu sercowo-naczyniowego na oddziałach intensywnej terapii [7-11].

Echokardiografia jest badaniem nieinwazyjnym o kluczowym znaczeniu diagnostycznym i terapeutycznym. Badanie to niejednokrotnie identyfikuje bezpośrednią przyczynę zaburzeń hemodynamicznych, np. w przypadku tamponady osierdzia, ciężkiej dysfunkcji mięśnia sercowego, ostrej niedomykalności zastawkowej, zatorowości płucnej czy tętniaka rozwarstwiającego aortę. Dzięki coraz większej dostępności echokardiografia stała się obiecującą alternatywą dla cewnikowania prawego serca [12].

W ostatnim dziesięcioleciu, zainteresowanie echokardiografią i innymi metodami ultrasonograficznymi na oddziałach intensywnej terapii systematycznie wzrastało. Opracowano szereg protokołów badania ultrasonograficznego ukierunkowanego na zgromadzenie maksymalnej ilości informacji w jak najkrótszym czasie (tzw. „focus ultrasonography” - badanie zogniskowane na problem). Standardowe badania (zarówno echokardiograficzne czy ultrasonografii innych narządów) zostały skrócone a projekcje uporządkowane w określonych, łatwych do zapamiętania sekwencjach. Dzięki temu powstały protokoły badań ultrasonograficznych mające zastosowanie w zatrzymaniu krążenia, we wstrząsie i hipowolemii, w urazach czy niewydolności oddechowej. W poniż-

szym opracowaniu zostaną przedstawione aspekty echokardiograficzne takich protokołów.

Pierwsze protokoły ultrasonograficzne

■ PROTOKÓŁ FATE

W 1989 r. Eric Sloth opracował protokół FATE (Focus Assessment Transthoracic in Emergency), którego założeniem było wykonanie podstawowych projekcji echokardiograficznych - podmostkowej, koniuszkowej, przymostkowej oraz obustronnych projekcji opłucnowych (w liniach pachowych środkowych w okolicy łuku żebrowego). Takie badanie trwa kilka minut i często pozwala na identyfikację przyczyny zaburzeń hemodynamicznych [13,14]. W zależności od potrzeb klinicznych protokół wskazuje też na konieczność rozszerzenia badania o dodatkowe projekcje (będące pochodnymi z podstawowych, wspomnianych przyłożeń głowicy w wyniku jej rotacji oraz zastosowanie badania M-mode). Całość protokołu zawarta została w opisowej formie na niewielkich kartonikach wraz ze wskazówkami interpretacyjnymi (ryciny: 1-4), które obejmują 6 podstawowych kroków:

1. Wyklucz oczywistą patologię.
2. Oceń grubość ścian i wielkość jam serca.
3. Oceń funkcję komór.
4. Zobrazuj obustronnie opłucną.
5. Umieść uzyskane informacje w kontekście obrazu klinicznego.
6. Zastosuj dodatkowe funkcje ultrasonograficzne.

■ PROTOKÓŁ FAST

W 1996 r. Rozycki i wsp. opublikowali protokół FAST (Focused Assessment with Sonography for Trauma), który przeznaczony był dla szybkiej oceny pacjentów po tępych urazach jamy brzusznej [15]. Protokół FAST przewiduje przyłożenia głowicy ultrasonograficznej w 4 lokalizacjach celem wykrycia wolnego płynu w jamie otrzewnowej/osierdziowej. Samo badanie trwa zaledwie kilka minut. Ocenia się przestrzeń okołowątrobową (zachyłek Morrisona) w prawym górnym kwadrancie, przestrzeń okołosiedzionową - zachyłek śledzionowo-nerkowy w lewym górnym kwadrancie, osierdzie w oknie podmostkowym oraz zachyłek pęcherzowo-odbytniczy (maciczno-odbytniczy) w oknie miednicznym (rycina 5). Wskazane jest zarówno podłużne, jak i poprzeczne przykładanie głowicy.

regionmidtjylland midt

Focus Assessed Transthoracic Echo (FATE)

Scanning through position 1-4 in the most favourable sequence

Basic FATE views

Pos 1: Subcostal 4-chamber
Pos 2: Apical 4-chamber
Pos 3: Parasternal long axis
Pos 3: Parasternal LV short axis
Pos 4: Pleural scanning

Focus Assessed Transthoracic Echo (FATE)

(European Journal of Anaesthesiology 2004; 21: 700-707)

1. Look for obvious pathology
2. Assess wall thickness + chamber dimensions
3. Assess bi-ventricular function
4. Image pleura on both sides
5. Relate the information to the clinical context
6. Apply additional ultrasound

Dimensions and contractility:

$$FS = \frac{(LVdD - LVsD)}{LVdD}$$

$$EF \sim 2 \times FS$$

RV-wall ~5 mm
 RV 2.0-3.0 cm
 IVS 6-10 mm
 LV LVdD 3.5-5.5 cm
 LVsD 2.0-4.0 cm
 MV MSS 1 cm
 Aorta AD diam. ~2.5 cm
 LA diam. ~2.5 cm
 PW 6-10 mm

Start of QRS (LVdD) Max. post wall contract (LVsD) time

The global function of the heart is determined by the interaction between:

Right ventricle		Left Ventricle	
Systole:	Diastole:	Systole:	Diastole:
Preload	Compliance	Preload	Compliance
Afterload	Relaxation	Afterload	Relaxation
Contractility	Heart rate	Contractility	Heart rate
Heart rate		Heart rate	

Hemodynamic instability, perform a systematic evaluation of these determinants plus concomitant pathology (e.g. pericardial effusion, pulmonary embolus, pleural effusion, pneumothorax, valvulopathy, dissection, defects)

Important pathology

1 □ **2** ▲ **3** ○

4 □ **5** ▲ **6** ○

7 □ **8** ▲ **9** ○

10 ○ **11** ■ **12** ■

Pos 1: Pericardial effusion **Pos 1: Dilated RA+RV** **Pos 1: Dilated LA+LV**
Pos 2: Pericardial effusion **Pos 2: Dilated RA+RV** **Pos 2: Dilated LA+LV**
Pos 3: Pericardial effusion **Pos 3: Dilated RV** **Pos 3: Dilated LV+LA**
Pos 3: Dilated LV **Pos 3: Hypertrophy LV+Dilated LA** **Pos 3: Hypertrophy LV**

PATHOLOGY TO BE CONSIDERED IN PARTICULAR:
 □ Post OP cardiac surgery, following cardiac catheterisation, trauma, renal failure, infection.
 ▲ Pulmonary embolus, RV infarction, pulmonary hypertension, volume overload.
 ○ Ischemic heart disease, dilated cardiomyopathy, sepsis, volume overload, aorta insufficiency.
 ■ Aorta stenosis, arterial hypertension, LV outflow tract obstruction, hypertrophic cardiomyopathy, myocardial deposit diseases.

Extended FATE views

Pos 1: Subcostal Vena Cava **Pos 2: Apical 2-Chamber**
Pos 2: Apical 1 long-axis **Pos 2: Apical 5-Chamber**
Pos 3: Parasternal short axis mitral plane **Pos 3: Parasternal aorta short axis**

CW: Peak pressure: V₁ x 4; AD < 2 m/s; PA < 1 m/s; TI < 2.5 m/s
 PW: Mitral Inflow desc. time 140-240 m/s; MAX E < 1.2 m/s; E/A > 1 (Age dependent)
 TV: E/e' < 8-10; IVC < 20 mm; 50% collaps during inspiration is normal

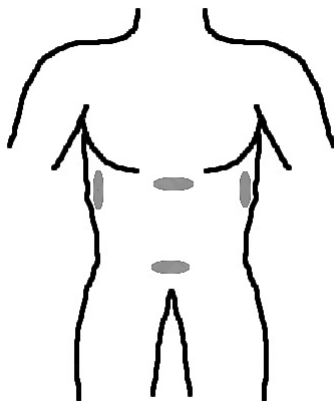
Systolic Ventricular Function

Ventricle	M-Mode	Normal	Mild ↓	Moderately ↓	Severely ↓
LV Pos 3, PS long	EF (%)	≥ 55	45-54	30-44	< 30
LV Pos 3, PS long	FS (%)	≥ 25	20-24	15-19	< 15
LV Pos 3, PS long	MSS (mm)	< 10	7-12	13-24	> 24
LV Pos 2, AP 4ch	Mapse (mm)	≥ 11	9-10	6-8	< 6
RV Pos 2, AP 4ch	Tapse (mm)	16-20	11-15	6-10	< 6

Right and left ventricle Eye Balling use all views

For additional information: www.usabcd.org

Ryciny 1-4. Kolejne strony wersji kieszonkowej protokołu FATE
 (Przedruk za zgodą dr Erica Slotha, Oddział Anestezjologii Szpitala Uniwersyteckiego Aarhus, Dania)
 Figures 1-4. The consecutive pages of the FATE protocol in small cards
 (Reprint with permission from Dr Eric Sloth, Department of Anaesthesiology, Aarhus University Hospital, Denmark)



Rycina 5. Miejsca przyłożenia głowicy według protokołu FAST

Figure 5. Positions of the probe in the FAST protocol

Protokół FAST został wprowadzony do algorytmów postępowania u pacjentów po urazach, we wstrząsie i z hipowolemią. Różnicował chorych, u których należało natychmiast wykonać laparotomię od tych, którym poszerzano diagnostykę o inne badanie obrazowe czy o diagnostyczne płukanie otrzewnej [16-18]. Co więcej, protokół został wykorzystany przez powstające później protokoły ultrasonograficzne przeznaczone do postępowania z pacjentami we wstrząsie i z hipowolemią.

W 2004 r. Kirkpatrick uwzględniając częstość powikłań hemodynamicznych wynikających z odmy opłucnowej powstającej po tępych urazach, poszerzył protokół o badanie klatki piersiowej (przyłożenie sondy obustronnie w trzeciej do piątej przestrzeni międzyżebrowej w linii pachowej przedniej) [19]. Ta wersja otrzymała akronim EFAST (Extended Focused Assessment with Sonography for Trauma).

Protokoły stosowane w resuscytacji (NZK)

■ PROTOKÓŁ FEER/FEEL

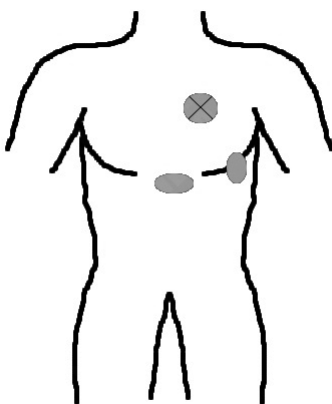
Pierwszym protokołem dedykowanym postępowaniu podczas zatrzymania krążenia było badanie FEER (Focused Echocardiographic Evaluation in Resuscitation Management), którego nazwę zmieniono później na FEEL (Focused Echocardiographic Evaluation in Life Support). Protokół FEER/FEEL, opracowany przez Breikreutz w 2007 r., obejmuje

4 klasyczne projekcje echokardiograficzne, tj., podmostkową, koniuszkową oraz przymostkową w osi podłużnej i poprzecznej (rycina 6) [20]. Na wykonanie badania przeznaczonych jest zaledwie 10 sekund, które pozostali członkowie przeprowadzający czynności resuscytacyjne przeznaczają na sprawdzenie obecności tętna. Breikreutz zaproponował 10 kroków postępowania, pozwalających na precyzyjną synchronizację cyklu resuscytacji z badaniem FEEL. Obejmują one m.in. poinformowanie członków zespołu o przygotowywaniu się do badania echokardiograficznego, dokładny komunikat o zamiarze rozpoczęcia badania i o powrocie do przerwanych czynności po 9 sekundach [20]. W badaniu prospektywnym oceniającym przydatność i praktyczną wykonalność protokołu w postępowaniu okołoresuscytacyjnym stwierdzono w 78% przypadkach zmianę diagnozy i postępowania terapeutycznego dzięki przeprowadzonej echokardiografii [21]. Obrazowanie serca z wykorzystaniem protokołu FEER/FEEL pozwala wykryć odwracalną przyczynę zatrzymania krążenia (na przykład u pacjentów z tamponadą osierdzia) i umożliwia zróżnicowanie prawdziwego od rzekomego zatrzymania krążenia bez czynności elektrycznej (pulseless electrical activity, PEA). W przypadku rzekomego PEA w badaniu echokardiograficznym stwierdza się znacznie obniżoną kurczliwość mięśnia sercowego, która jest niewystarczająca dla wygenerowania hemodynamicznie istotnego rzutu serca i fali tętna wyczuwalnej na dużych tętnicach. Najczęściej rzekome PEA spowodowane jest potencjalnie odwracalnymi przyczynami (tamponada, hipowolemia, ostra dysfunkcja mięśnia sercowego) i jego rozpoznanie wiąże się z lepszym rokowaniem u pacjentów [21,22]. Znaczenie badania echokardiograficznego zostało docenione m.in. w wytycznych European Resuscitation Council czy też American Heart Association z 2010 roku, które rekomendują prowadzenie resuscytacji krążeniowo-oddechowej z wykorzystaniem technik echokardiograficznych [23,24].

■ PROTOKÓŁ C.A.U.S.E

Akronim protokołu wprowadzonego w 2008 r. przez zespół Hernandez - C.A.U.S.E. - cardiac arrest ultra sound examination, wskazuje na główny cel badania - określenie odwracalnej przyczyny zatrzymania krążenia [25]. Poprzez obrazowanie z projekcji podmostkowej, koniuszkowej, przymostkowej i obustronnego obrazowania płuc badający może wykluczyć

tamponadę, hipowolemię, zatorowość płucną czy odmę. Zgodnie z zaproponowanym algorytmem badanie ultrasonograficzne przeprowadza się u chorych, u których nie stwierdza się arytmogennego pochodzenia zatrzymania krążenia. W pierwszej kolejności wykonywane są projekcje echokardiograficzne a przy prawidłowym obrazie serca obrazuje się płuca.



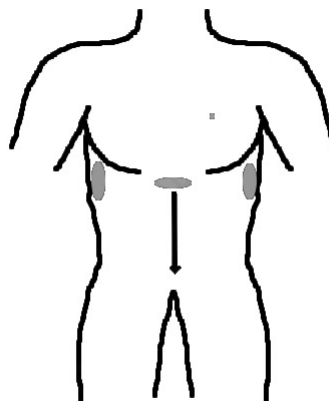
Rycina 6. Miejsca przyłożenia głowicy według protokołu FEEL (Focused Echocardiographic Evaluation in Life Support)

Figure 6. Positions of the probe in the FEEL (Focused Echocardiographic Evaluation in Life Support) protocol

▪ PROTOKÓŁ PEA

Zaproponowany w 2010 r. przez Testa i wsp. protokół PEA poszerza zakres diagnostyki obrazowej w poszukiwaniu odwracalnej przyczyny zatrzymania krążenia [26]. Akronim protokołu pochodzi od pierwszych liter zalecanych projekcji ultrasonograficznych, ułatwia zapamiętanie kolejności ich wykonania oraz stanowi wskazanie do ich zastosowania (zatrzymanie krążenia w mechanizmie PEA):

- P** - Pulmonary scans - obrazowanie płuc celem wykluczenia odmy, wysięku w opłucnej i charakterystykę tkanki płucnej (sucha/mokra);
- E** - Epigastric scans - obrazowanie w oknie podmostkowym celem oceny osierdzia, komór serca oraz żyły głównej dolnej;
- A** - Abdominal scans - obrazowanie jamy brzusznej w celu wykluczenia tętniaka/rozwarstwienia aorty brzusznej, wysięku w jamie otrzewnej, niedrożności czy perforacji jelit oraz zakrzepicy żył głębokich.



Rycina 7. Miejsca przyłożenia głowicy według protokołu PEA

Figure 7. Positions of the probe in the PEA protocol

Protokoły stosowane w niewydolności oddechowej

▪ PROTOKÓŁ BLUE

Wprowadzony w 2008 r. przez Lichtensteina protokół BLUE (Bedside Lung Ultrasound in Emergency) jest poświęcony różnicowaniu przyczyny niewydolności oddechowej poprzez obrazowanie tkanki płucnej. Na podstawie charakterystycznego zespołu sygnałów i obrazów ultrasonograficznych w badaniu przezklatkowym płuc wraz z oceną obecności zakrzepów żylnych określa się tzw. profil ultrasonograficzny, który z dużą czułością i specyficznością wskazuje na określoną przyczynę niewydolności oddechowej (odma opłucnowa, obrzęk płuc, zespół śródmiąższowy, zatorowość płucna, zapalenie płuc, astma/przewlekła obturacyjna choroba płuc) [27, 28]. Badanie przeprowadza się w części górnej i dolnej przedniej, bocznej i tylnobocznej powierzchni klatki piersiowej. W obrębie opisanych 6 obszarów po obu stronach klatki piersiowej ocenia się obecność charakterystycznych obrazów i objawów ultrasonograficznych, wśród których wyróżnia się, m.in.: linie A i B, objaw „ślizgania” (lung sliding), „lung-point”, „tissue-like sign” i „shred sign” (część nazewnictwa funkcjonuje w oryginalnej pisowni, bez polskich odpowiedników). Szczegółowy opis badania przezklatkowego płuc wraz z opisem artefaktów i odpowiadającym poszczególnym profilom jednostek chorobowych można znaleźć w opracowaniach Wojciecha Kosiaka na łamach Anestezjologii i Ratownictwa [29,30].

▪ PROTOKÓŁ RADIUS

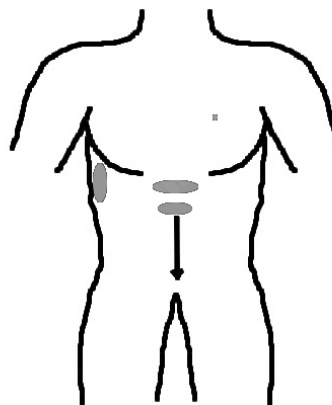
W 2011 r. Manson opracował protokół przeznaczony dla ultrasonograficznej oceny pacjentów z dusznością. W nowym schemacie podstawowe projekcje przezklatkowej oceny płuc zostały wzbogacone o skrócone badanie echokardiograficzne wraz z oceną żyły głównej dolnej [31]. W ten sposób uzyskiwane są dodatkowe informacje o potencjalnych przyczynach duszności, takich jak m.in. zaburzenia czynności komór serca, zatorowość płucna (echokardiograficzny objaw McConella – regionalne zaburzenia kurczliwości segmentów podstawnych i środkowych prawej komory, będące efektem przeciążenia prawej komory w przebiegu zatorowości płucnej) czy nieprawidłowy stan nawodnienia.

Protokoły stosowane we wstrząsie i hipowolemii

Jest to najliczniejsza grupa protokołów. Ze względu na rozstrzygające znaczenie natychmiastowego znalezienia przyczyny niestabilności hemodynamicznej oczywiste jest dążenie do opracowania badania, które w szybki i prosty sposób pozwoli na uwidocznienie potencjalnych nieprawidłowości odpowiedzialnych za stan chorego. W tym celu w poszczególnych schematach ultrasonograficznych akcentowana jest łatwość wykonania proponowanych projekcji, ich istotność diagnostyczna i mnemotechniczny charakter nazw protokołów, ułatwiający wykonywanie kolejnych etapów badania. Do tej grupy protokołów zalicza się również wcześniej opisane FATE i FAST (ten ostatni często stanowi fragment później opracowanych protokołów).

▪ PROTOKOŁY UHP i Trinity

Jeden z pierwszych protokołów, opisany przez Rose'a i wsp. w 2001 r., został przygotowany do oceny chorych z niewyjaśnioną hipotensją (UHP - Undifferentiated Hypotensive Patient) [32]. Protokół ten wymaga wykonania 3 krótkich przyłożeń głowicy ultrasonograficznej w celu identyfikacji wolnego płynu w jamie brzusznej, płynu w worku osierdziowym i tętniaka aorty brzusznej. Pierwsze przyłożenie głowicy ocenia okolicę wnęki wątroby (zachyłek Morrisona), kolejne worek osierdziowy i komory serca (projekcja podmostkowa) a następnie aortę brzuszna w przekroju poprzecznym (przesunięcie głowicy w dół wzdłuż linii pośrodkowej ciała do miednicy) (rycina 8).



Rycina 8. Miejsca przyłożenia głowicy według protokołu UHP (Undifferentiated Hypotensive Patient)

Figure 8. Positions of the probe in the UHP (Undifferentiated Hypotensive Patient) protocol

Podobną sekwencję projekcji obejmuje protokół Trinity opisany przez Bahnera w 2002 r. [33]. Szacunkowa ocena serca, aorty brzusznej oraz poszukiwanie wolnego płynu w jamie brzusznej pozwala na szybkie znalezienie najczęstszych przyczyn wstrząsu hipowolemicznego.

▪ PROTOKÓŁ RCT of US

Bardziej rozbudowany protokół został przedstawiony przez Jones'a w 2004 r. po przeprowadzonym randomizowanym badaniu klinicznym oceniającym przydatność ultrasonografii u chorych z nieurazową hipowolemią [34]. Badanie obejmuje kolejno: ocenę serca i żyły głównej dolnej w projekcji podmostkowej, następnie przymostkowej długiej i czterojamowej, uwidocznienie zachyłka Morrisona, okolicy pęcherzowo-odbytniczej oraz aorty brzusznej.

▪ PROTOKÓŁ RUSH

W 2009 r. Weingart zaproponował protokół przeznaczony do oceny chorych we wstrząsie oraz z hipowolemią (RUSH - Rapid Ultrasound in Shock and Hypotension) [35]. Schemat badania ultrasonograficznego został oparty na mnemotechnicznym skrócie HI-MAP, według którego wykonuje się sekwencję obrazów:

H - heart (serce);

I - inferior vena cava (żyła główna dolna);

M - zachyłek Morrisona;

A - aorta;

P - pneumothorax (odma).

Rozpoczynając od **H** - heart, uzyskujemy projekcje przymostkową i koniuszkowe celem oceny worka osierdziowego i czynności obu komór. Następnie obrazujemy żyłę główną dolną w oknie podmostkowym (**I** - inferior vena cava). Litera **M** oznacza zachyłek Morrisona, jednak na tym etapie oceniamy oba kwadranty górne (wątrobowy i śledzionowy z obustronną oceną opłucnej) oraz przestrzeń nadpęcherzową celem wykluczenia wolnego płynu w jamie otrzewnowej, pęknięcia pęcherza, czy pękniętej ciąży ektopowej (elementy badania z protokołu FAST). Następnie obrazujemy poprzeczny przekrój aorty (którą symbolizuje litera **A**), przesuwając sondę ultrasonograficzną od przestrzeni podmostkowej do rozwidlenia aorty. Ostatni etap protokołu obejmuje obrazowanie płuc celem wykluczenia odmy (**P** - pneumothorax)

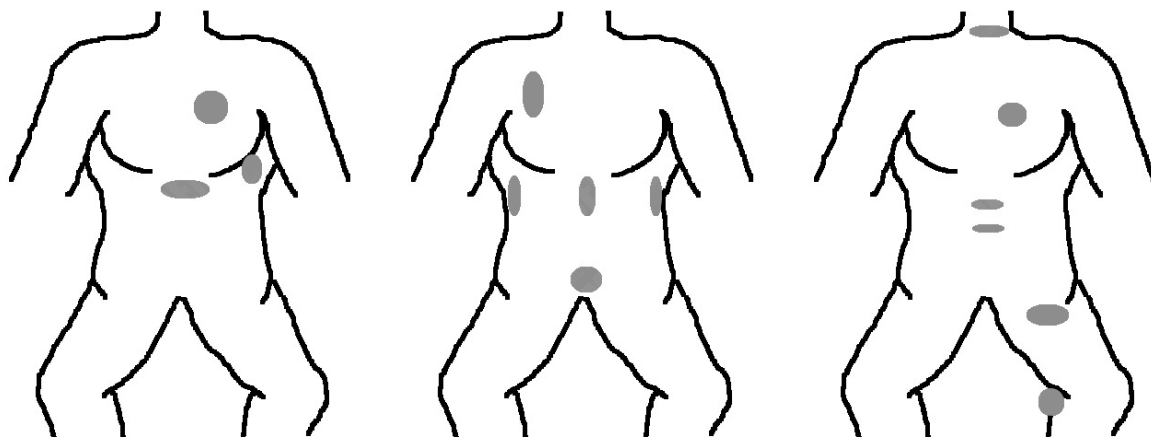
■ PROTOKÓŁ ACES

Również w 2009 r. Atkinson opracował protokół dedykowany ocenie chorych z niskim ciśnieniem tętniczym [36]. Opiera się on na 6 przyłożeniach głowicy, tak by zminimalizować czas potrzebny dla znalezienia przyczyny hipotensji. Badanie rozpoczyna się od projekcji podmostkowej, w której oceniana jest ogólna kurczliwość komór i ich wymiar oraz obecność płynu w worku osierdziowym. Opcjonalnie (przy niedostępności okna podmostkowego) można w tym celu

zastosować projekcje przymostkowe lub koniuszkowe. Następnie, nadal w oknie podmostkowym, oceniamy żyłę główną dolną, jej średnicę i zmienność oddechową. Trzecim etapem jest ocena aorty brzusznej w przekroju poprzecznym od poziomu przepony do rozwidlenia aorty. Czwarty i piąty etap dotyczą oceny kwadrantów górnych prawego i lewego wraz z oceną podstawy płuc (poszukiwanie obecności płynu w jamach otrzewnowej i opłucnowej). Ostatnie, szóste przyłożenie głowicy w okolicy nadłonowej ma na celu wykluczenie obecności wolnego płynu oraz ocenę wypełnienia pęcherza.

■ PROTOKÓŁ RUSH - „PUMP - TANK - PIPES”

W 2010 r. Perera przedstawił wersję protokołu RUSH - Rapid Ultrasound in Shock wraz z odniesieniem do patofizjologicznych mechanizmów wstrząsu (wstrząs kardiogeny, hipowolemiczny, dystrybucyjny, obstrukcyjny). Posłużyło temu hydrauliczne ujęcie układu krążenia w postaci trzech elementów: pompy (serce), zbiornika (stan nawodnienia) oraz rur (ocena dużych naczyń) [37,38]. W pierwszej kolejności wykonując ocenę „pompy”, koncentrujemy się na trzech głównych problemach - obecności wysięku/cech tamponady osierdzia, kurczliwości lewej komory oraz wielkości i funkcji prawej komory (poszukiwanie cech zatorowości płucnej). W tym celu posługujemy się projekcjami przymostkową (w osiach długiej i krótkiej), koniuszkową oraz podmostkową. Ocena „zbiornika” również dotyczy trzech zagadnień – jego wypełnienia, szczelności i kompresji. W celu oszaco-



A. Badanie „pompy”

A. Evaluation of „the pump”

B. Badanie „zbiornika”

B. Evaluation of „the tank”

C. Badanie „rur”

C. Evaluation of „the pipes”

Rycina 9. Miejsca przyłożenia głowicy według protokołu RUSH (Rapid Ultrasound in Shock)

Figure 9. Positions of the probe in the RUSH (Rapid Ultrasound in Shock) protocol

wania wypełnienia łóżyska naczyniowego badamy żyłę główną dolną (projekcja podmostkowa) - jej średnicę oraz zmienność oddechową. Można przeprowadzić w określonych sytuacjach (nadmierne wypełnienie gazami żołądka i jelit utrudniające obrazowanie) ocenę żyły szyjnej wewnętrznej (obrazowanie naczyń bocznie od mięśnia mostkowo-obożczykowo-sutkowego). Przyczyną zaburzeń hemodynamicznych może być też „nieszczelność zbiornika”, dla której wykrycia przeprowadzamy badanie wg protokołu FAST oraz ultrasonografię klatki piersiowej (poszukiwanie wolnego płynu w jamach otrzewnowej, opłucnowej, obrzęk płuc, infiltracja śródmiąższowa). Ostatnią część „hydrauliki” stanowią „rury” - duże naczynia. Ta część badania polega na poszukiwaniu pęknięcia rozwarstwienia lub tętniaka aorty. W tym celu wykonujemy projekcję nadmostkową, przymostkową, podmostkową oraz aorty brzusznej nad żołądkiem i podpępkowo. Drugim elementem oceny patologii „rur” są zakrzepice naczyń żylnych, w głównej mierze z obszaru kończyn dolnych, w których ważnym elementem jest przeprowadzenie testu uciskowego naczyń żylnych podejrzanych o obecność skrzeplin.

■ PROTOKÓŁ EGLS

Nieco odmienny wydaje się być protokół zaproponowany przez Lancetot'a i współautorów w 2011 r. [39]. EGLS - Echo-guided Life Support przedstawia algorytm postępowania u pacjentów we wstrząsie oparty na kolejno stawianych pytaniach:

1. Czy występuje odma pętna? W tym celu przeprowadza się ultrasonografię klatki piersiowej w poszukiwaniu specyficznych dla tej patologii artefaktów.
2. Czy jest obecna tamponada? W oknie podmostkowym oceniamy worek osierdziowy, prawe jamy serca, żyłę główną dolną.
W obu powyższych sytuacjach pozytywna odpowiedź zobowiązuje do przeprowadzenia drenażu oraz poszerzenia badania u pacjentów urazowych o badanie wg protokołu EFAST.
3. Czy chory ma cechy hipowolemii? Nadal w oknie podmostkowym oceniamy dynamikę skurczu lewej komory; o hipowolemii może świadczyć zapadanie się jej światła, wynikające z nadmiernej kurczliwości jej ścian (tzw. objaw „kissing walls”), wąska bądź zapadnięta żyła główna dolna, bez wykładników zastoju w płucach.
Przy twierdzącej odpowiedzi na powyższe pytanie

można rozważyć utratę krwi, wstrząs dystrybucyjny (septyczny, neurogeny, anafilaktyczny)

4. Jeśli funkcja lewej komory jest upośledzona - czy jest to główna przyczyna niskiego ciśnienia? Zaburzenia kurczliwości lewej komory z dużym prawdopodobieństwem będą przyczyną wstrząsu przy współistniejącym profilu B tkanki płucnej (artefakty linii B, objaw „lung rockets”) świadczącym o zastoju/obrzęku płuc oraz przy jednoczesnym poszerzeniu żyły głównej dolnej wraz z upośledzeniem jej zmienności oddechowej.
W tym przypadku przyczyną wstrząsu może być zawał mięśnia sercowego, zaburzenia elektrolitowe, zaburzenia gospodarki kwasowo-zasadowej, zatrucia, itp.
5. Czy są wykładniki przeciążenia prawej komory? Na ostatnim etapie badania oceniamy obecność poszerzenia prawej komory, zniekształcenie lewej komory w osi krótkiej na kształt litery D, paradoksalny ruch przegrody międzykomorowej oraz poszerzenie żyły głównej dolnej z upośledzeniem jej zmienności oddechowej. Powyższe objawy mogą wskazywać na zatorowość płucną lub zawał prawej komory.

■ PROTOKÓŁ POCUS

W 2012 r. Liteplo i wsp. przedstawili protokół badania pacjentów z hipotensją POCUS (point-of-care ultrasound), który zawiera w sobie akronimy FAST i RELIABLE [40]. Stanowią one ponownie skrót mnemotechniczny dla sekwencji wykonywanych projekcji. FAST to oryginalny protokół opisany przez Rozycki'ego [15]. W tym zakresie oceniamy więc kwadranty górne prawy i lewy, opłucną oraz okolicę miedniczną. Kolejne litery RELIABLE naprowadzają nas na serię projekcji:

- R** (right ventricle) - ocenę prawej komory autorzy zalecają w projekcji koniuszkowej czterojamowej (poszukujemy wykładników zatorowości płucnej);
- E** (effusion, pericardial) - sprawdzamy obecność płynu w osierdziu, najlepiej w oknie podmostkowym, ale również w koniuszkowym;
- L** (left ventricular function) - oceniamy czynność lewej komory najlepiej w projekcjach przymostkowych ale dopuszczalne są wszystkie projekcje kardiologiczne;
- I** (inferior vena cava) - w oknie podmostkowym oceniamy średnicę i zmienność oddechową żyły głównej dolnej;

Tabela I. Podsumowanie projekcji echokardiograficznych i okolic stosowanych w poszczególnych protokołach PLAX (parasternal long axis view) - projekcja przymostkowa w osi długiej; SAX (short axis view) - projekcja przymostkowa w osi krótkiej; A4CH (apical 4-chamber view) - projekcja koniuszkowa czteroizomowa; subc (subcostal) - projekcja podmostkowa; IVC (inferior vena cava) - żyła główna dolna;

Table I. Summary of echocardiographic views and areas used in particular protocols

PROTOKÓŁ	SERCE I ŻGD				
	PLAX	SAX	A4CH	subc	IVC
FATE	X	X	X	X	
FAST				X	
EFAST				X	
FEEL/FEER	X	X	X	X	
CAUSE	X	X	X	X	
PEA				X	X
BLUE					
RADIUS	X	X	X	X	
UHP				X	
Trinity				X	
RCT of US	X	X	X	X	X
RUSH-HIMAP	X	X	X	X	X
ACES				X	X
RUSH	X	X	X	X	X
EGLS		X		X	X
POCUS	X	X	X	X	X

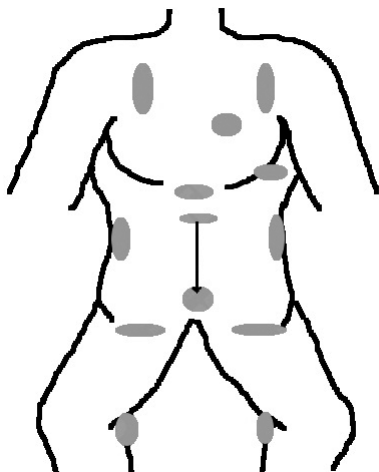
Tabela II. Podsumowanie projekcji ultrasonograficznych innych niż UKG i okolic stosowanych w poszczególnych protokołach

PTX (pneumothorax) - odma płuca; eff (effusion) - wysięk opłucnowy; oed (oedema) - zastój/obrzęk płuca; RUQ (right upper quadrant) - prawy górny kwadrant, odpowiadający zachyłkowi wątrobowemu; LUQ (left upper quadrant) - lewy górny kwadrant, odpowiadający zachyłkowi śledzionowemu; AO - aorta; pelv (pelvis) - okolica odpowiadająca zachyłkowi pęcherzowo/maciczo-odbytniczemu; ut (uterus) - macica i przydatki

Table II. Summary of non-echocardiographic views and areas used in particular protocols

PROTOKÓŁ	PŁUCA			JAMA BRZUSZNA I MIEDNICA					ŻYŁY
	PTX	eff	oed	RUQ	LUQ	AO	pelv	ut	
FATE		X							
FAST				X	X		X		
EFAST	X			X	X		X		
FEEL/FEER									
CAUSE	X								
PEA	X	X	X						
BLUE	X	X	X						
RADIUS	X	X	X						
UHP				X		X			
Trinity				X		X			
RCT of US				X		X	X		
RUSH-HIMAP	X			X	X	X			
ACES				X	X	X	X		
RUSH				X	X	X	X		X
EGLS	X		X						
POCUS	X					X		X	X

- A (aorta) - wzdłuż przebiegu aorty brzusznej oceniamy jej światło w przekroju poprzecznym i podłużnym;
- B (blood clot, venous) - oceniamy żyły kończyn dolnych pod kątem zakrzepicy głębokiej;
- L (lungs - pneumothorax) - przeprowadzamy ultrasonografię tkanki płucnej poszukując wykładników odmy;
- E (ectopic pregnancy) - w przekrojach poprzecznym i strzałkowym w okolicy nadłonowej obrazujemy macicę i przydatki. Brak ech zarodka u kobiet będących w ciąży przynajmniej 8 tygodni może świadczyć o ciąży ektopowej (konieczne badanie przezochwowe, konsultacja ginekologiczna). Pęknięcie ciąży ektopowej może być przyczyną wstrząsu.



Rycina 10. Miejsca przyłożenia głowicy według protokołu POCUS (point-of-care ultrasound)

Figure 10. Positions of the probe in the POCUS (point-of-care ultrasound) protocol

Podsumowanie

Szybkie postawienie rozpoznania i powiązana z nim odpowiednia terapia decyduje w dużej mierze o losach chorego w stanach zagrożenia życia. Ultrasonografia przyłóżkowa skraca czas postawienia rozpoznania, dostarcza informacji o mechanizmach warunkujących ciężki stan pacjenta i parametrach niezbędnych dla jego monitorowania. Spełnienie powyższych założeń jest możliwe dzięki zebraniu najistotniejszych elementów diagnostyki ultrasonograficznej lekarzy różnych specjalności – radiologów, kardiologów, chirurgów naczyniowych, pulmonologów czy gastroenterologów. Ponieważ badanie w warunkach zagrożenia życia pacjenta ma odmienny charakter, pozbawione jest szczegółowych analiz, ukierunkowane na pewne problemy w poszukiwaniu konkretnych odpowiedzi, stąd oczywista staje się potrzeba uproszczenia procedury, jak również przedstawienia jej w sposób łatwy do wykorzystania w trudnych warunkach intensywnej terapii. Wiele z przedstawionych protokołów zawiera te same elementy a sekwencja poszczególnych projekcji zależna jest od zastosowanej metody (tabele: I i II). Z całą pewnością istniejące protokoły ułatwiają przeprowadzenie badania, przyspieszają postawienie diagnozy i wdrożenie właściwej terapii u pacjentów w stanie zagrożenia życia na oddziałach ratowniczych i intensywnej terapii.

Konflikt interesów / Conflict of interest

Brak/None

Adres do korespondencji:

✉ Przemysław Guzik

Katedra i Klinika Intensywnej Terapii Kardiologicznej i Chorób Wewnętrznych w Poznaniu

ul. Przybyszewskiego 49; 60-355 Poznań

☎ (+48 61) 869 13 91

✉ dagmaraprzymuszala@wp.pl

Piśmiennictwo

1. Swan HJC, Ganz W, Forrester J, Marcus H, Diamond G, Chonette D. Catheterization of the heart in man with use of a flow-directed balloon-tipped catheter. *N Engl J Med* 1970;283:447-51.
2. 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. SUPPORT Investigators. *JAMA* 1996;276:889-97.
3. Yu DT, Platt R, Lanken PN, Black E, Sands KE, Schwartz JS, et al. Relationship of pulmonary artery catheter use to mortality and resource utilization in patients with severe sepsis. *Crit Care Med* 2003;31:2734-41.

4. Richard C, Warszawski J, Anguel N, Deye N, Combes A, Barnoud D, et al. Early use of the pulmonary artery catheter and outcomes in patients with shock and acute respiratory distress syndrome: a randomized controlled trial. *JAMA* 2003;290:2713-20.
5. Rhodes A, Cusack RJ, Newman PJ, Grounds RM, Bennett ED. A randomized, controlled trial of the pulmonary artery catheter in critically ill patients. *Intensive Care Med* 2002;28:256-64.
6. Sandham JD, Hull RD, Brant RF, Knox L, Pineo GF, Doig CJ, et al. Canadian Critical Care Clinical Trials Group. A randomized, controlled trial of the use of pulmonary-artery catheters in high-risk surgical patients. *N Engl J Med* 2003;348:5-14.
7. Pearson AC, Castello R, Labovitz AJ. Safety and utility of transesophageal echocardiography in the critically ill patient. *Am Heart J* 1990;119:1083-9.
8. Jardin F, Valtier B, Beauchet A, Dubourg O, Bourdarias JP. Invasive monitoring combined with two-dimensional echocardiographic study in septic shock. *Intensive Care Med* 1994;20:550-4.
9. 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.
10. Sohn DW, Shin GJ, Oh JK, Tajik AJ, Click RL, Miller FA, et al. Role of transesophageal echocardiography in hemodynamically unstable patients. *Mayo Clin Proc* 1995;70:925-31.
11. Cheitlin MD, Alpert JS, Armstrong WF, Aurigemma GP, Beller GA, Bierman FZ, et al. ACC/AHA Guidelines for the Clinical Application of Echocardiography (1997) A report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice guidelines (Committee on Clinical Application of Echocardiography). *Circulation* 1997;95(6):1686-744.
12. Jain S, Allins A, Salim A, Vafa A, Wilson MT, Margulies DR. Noninvasive Doppler ultrasonography for assessing cardiac function: can it replace the Swan-Ganz catheter? *Am J Surg* 2008;196(6):961-7.
13. Jensen M, Sloth E, Larsen K, Schmidt M. Transthoracic echocardiography for cardiopulmonary monitoring in intensive care. *Eur J Anaesthesiol* 2004;21:700-7.
15. Frederiksen CA, Knudsen L, Juhl-Olsen P, Sloth E. Focus-assessed transthoracic echocardiography in the sitting position: two life-saving cases. *Acta Anaesthesiol Scand* 2011;55:126-9.
16. Rozycki GS, Ochsner MG, Schmidt JA, Frankel HL, Davis TP, Wang D, et al. A prospective study of surgeon-performed ultrasound as the primary adjuvant modality for injured patient assessment. *J Trauma* 1995;39(3):492-8.
17. Scalea TM, Rodriguez A, Chiu WC, Brenneman FD, Fallon WF Jr, Kato K, et al. Focused assessment with sonography for trauma (FAST): results from an international consensus conference. *J Trauma* 1999;46(3):466-72.
18. Ingeman JE, Plewa MC, Okasinski RE, King RW, Knotts FB. Emergency physician use of ultrasonography in blunt abdominal trauma. *Acad Emerg Med* 1996;3(10):931-7.
19. Rozycki GS, Ochsner MG, Feliciano DV, Thomas B, Boulanger BR, Davis FE, et al. Early detection of hemoperitoneum by ultrasound examination of the right upper quadrant: a multicenter study. *J Trauma* 1998;45(5):878-83.
20. Kirkpatrick AW, Sirois M, Laupland KB, Liu D, Rowan K, Ball CG, et al. Hand-held thoracic sonography for detecting post-traumatic pneumothoraces: the Extended Focused Assessment with Sonography for Trauma (EFAST). *J Trauma* 2004;57(2):288-95.
21. Breitzkreutz R, Walcher F, Seeger F. Focused echocardiographic evaluation in resuscitation management: concept of advanced life support-conformed algorithm. *Crit Care Med* 2007;35(5 Suppl): S150-61.
22. Bocka JJ, Overton DT, Hauser A. Electromechanical dissociation in human beings: An echocardiographic evaluation. *Ann Emerg Med* 1988;17:450-2.
23. Salen P, Melniker L, Chooljian C, Rose JS, Altevier J, Reed J, et al. Does the presence or absence of sonographically identified cardiac activity predict resuscitation outcomes of cardiac arrest patients? *Am J Emerg Med* 2005;23:459-62.
24. Nolan JP, Soar J, Zideman DA, Biarent D, Bossaert LL, Deakin C, et al. European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2010 Section 1. Executive summary. *Resuscitation* 2010;81:1219-76.
25. Neumar RW, Otto CW, Link MS, Kronick SL, Shuster M, Callaway CW, et al. Part 8: adult advanced cardiovascular life support: 2010 American Heart Association Guidelines for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care. *Circulation* 2010;122 (Suppl 3): S729-67.
26. Hernandez C, Shuler K, Hannan H, Sonyika C, Likourezos A, Marshall J. C.A.U.S.E.: cardiac arrest ultrasound exam – a better approach to managing patients in primary non-arrhythmogenic cardiac arrest. *Resuscitation* 2008;76:198-206.
27. Testa A, Cibinel GA, Portale G, Forte P, Giannuzzi R, Pignataro G, et al. The proposal of an integrated ultrasonographic approach into the ALS algorithm for cardiac arrest: the PEA protocol. *Eur Rev Med Pharmacol Sci* 2010;14(2):77-88.
28. Lichtenstein DA, Mezière GA. Relevance of lung ultrasound in the diagnosis of acute respiratory failure: The BLUE Protocol. *CHEST* 2008;134:117-25.
29. Lichtenstein DA. Lung ultrasound in acute respiratory failure: an introduction to the BLUE-protocol. *Minerva Anesthesiol* 2009;75:313-7.
30. Kosiak W. Ultrasonograf stetoskopem w anestezjologii i medycynie ratunkowej: mit czy rzeczywistość? Część 1. Obraz prawidłowy i podstawy diagnostyki ultrasonograficznej płuc. *Anest Ratow* 2010;4:99-110.
31. Kosiak W. Ultrasonograf stetoskopem w anestezjologii i medycynie ratunkowej: mit czy rzeczywistość? Część 2. Możliwości wykorzystania przeklatkowego badania ultrasonograficznego płuc w diagnostyce odmy opłucnowej, obrzęku płuc, zatorowości płucnej i chorób zapalnych płuc w medycynie ratunkowej. *Anest Ratow* 2010;4:361-72.

32. Manson W, Hafez NM. The rapid assessment of dyspnea with ultrasound: RADiUS. *Ultrasound Clin* 2011;6:261-76.
33. Rose JS, Bair AE, Mandavia D, Kinser DJ. The UHP ultrasound protocol: a novel ultrasound approach to the empiric evaluation of the undifferentiated hypotensive patient. *Am J Emerg Med* 2001;19:299-302.
34. Bahner DP. Trinity: a hypotensive ultrasound protocol. *JDMS* 2002;18(4):193-8.
35. Jones AE, Tayal VS, Sullivan DM, Kline JA. Randomized, controlled trial of immediate versus delayed goal-directed ultrasound to identify the cause of nontraumatic hypotension in emergency department patients. *Crit Care Med* 2004;32:1703-8.
36. Weingart SD, Duque D, Nelson B. Rapid ultrasound for shock and hypotension (RUSH-HIMAPP), 2009; <http://emedhome.com/>.
37. Atkinson PR, McAuley DJ, Kendall RJ, Abeyakoon O, Reid CG, Conolly J, et al. Abdominal and Cardiac Evaluation with Sonography in Shock (ACES): an approach by emergency physicians for the use of ultrasound in patients with undifferentiated hypotension. *Emerg Med J* 2009;26:87-91.
38. Perera P, Mailhot T, Riley D, Mandavia D. The RUSH Exam: Rapid Ultrasound in SHock in the evaluation of the critically ill. *Emerg Med Clin North Am* 2010;28(1):29-56.
39. Seif D, Perera P, Mailhot T, Riley D, Mandavia D. Bedside ultrasound in resuscitation and the rapid ultrasound in shock protocol. *Crit Care Res Pract* 2012;2012:503254.
40. Lanctot YF, Valois M, Bealieu Y. EGLS: echo guided life support. An algorithmic approach to undifferentiated shock. *Crit Ultrasound J* 2011;3:123-9.
41. Liteplo A, Noble V, Atkinson P. My patient has no blood pressure: point of care ultrasound in the hypotensive patient - FAST and RELIABLE. *Ultrasound* 2012;20:64-8.